

An aerial photograph of the Loviisa Nuclear Power Plant, a large industrial facility with two prominent cooling towers, situated on a small island in the middle of a vast, deep blue lake. The lake is surrounded by numerous smaller, forested islands and peninsulas. In the far distance, another industrial facility is visible on the horizon under a blue sky with scattered white clouds.

Loviisan ydinvoimalaitos

Ympäristövaikutusten arviointiselostus

Syyskuu 2021

 **fortum**

Alkusanat

Ilmastonmuutos ja siirtyminen vähähiiliseen energiajärjestelmään tarkoittavat, että luotettava ja päästötön sähköntuotanto on entistäkin tärkeämpää. Myös sähkön tasainen saanti on tärkeää. Visiomme mukaisesti haluamme jatkossakin edistää kehitystä kohti puhtaampaa maailmaa.

Me Fortumissa uskomme, että ydinvoimaa tarvitaan myös tässä uudessa maailmassa vielä pitkään. Hiilidioksidipäästöttömänä, luotettavana ja sääoloista riippumattomana energianlähteenä ydinvoima auttaa osaltaan vastaamaan nykypäivän energian-tarpeisiimme ja hillitsemään ilmastonmuutosta – yhdessä uusiutuvan energian kanssa.

Loviisan ydinvoimalaitos on tuottanut puhdasta sähköä jo yli 40 vuoden ajan ja meillä on pitkä kokemus vastuullisena ydinvoiman tuottajana. Toimintamme vaikutukset ja niiden mukanaan tuoma lisäarvo näkyvät niin paikallisesti, alueellisesti kuin globaalistikin. Pyrimme jatkuvasti vähentämään toimintamme vaikutuksia ympäristöön hyödyntämällä parhaita käytäntöjä ja teknologioita.

Fortum käynnisti Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutusten arviointi-menettelyn (YVA-menettely) elokuussa 2020. Menettelyssä tarkasteltiin voimalaitoksen käytön jatkamista enintään noin 20 vuodella sekä kahta erilaista käytöstäpoistovaihtoehtoa. YVA-menettelyn yhteydessä toteutetaan myös Espoon sopimuksen mukainen kansainvälinen kuuleminen.

Käsissäsi oleva YVA-selostus sisältää Fortumin Loviisan voimalaitoksen ympäristö-vaikutusten arvioinnin tulokset. YVA-selostus on laadittu yhteistyössä Ramboll Finland Oy:n kanssa.

Tämä YVA-menettely päättyy, kun työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) antaa perustellun päätelmän YVA-selostuksesta. YVA-selostus ja siitä annettava yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä liitetään osaksi mahdollisia lupahakemuksia.

Hankkeen YVA-menettelyn yhteysviranomaisena toimii TEM ja kansainvälisen kuulemisen osalta ympäristöministeriö (YM).

Simon-Erik Ollus
johtaja, Generation

Yhteystiedot

Hankkeesta vastaava:

Postiosoite
Puhelin
Yhteyshenkilöt
Sähköposti

Fortum Power and Heat Oy

PL 100, 00048 FORTUM
010 4511
Mira Salmi, Satu Ojala
etunimi.sukunimi@fortum.com



Yhteysviranomainen:

Postiosoite
Puhelin
Yhteyshenkilöt
Sähköposti

Työ- ja elinkeinoministeriö

PL 32, 00023 VALTIONEUVOSTO
0295 048274, 0295 060125
Jaakko Louvanto, Linda Kumpula
etunimi.sukunimi@tem.fi



Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet

Kansainvälinen kuuleminen:

Postiosoite
Puhelin
Yhteyshenkilö
Sähköposti

Ympäristöministeriö

PL 35, 00023 VALTIONEUVOSTO
0295 250 246
Seija Rantakallio
etunimi.sukunimi@ym.fi



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

YVA-konsultti:

Postiosoite
Puhelin
Yhteyshenkilö
Sähköposti

Ramboll Finland Oy

PL 25, 02601 ESPOO
020 755 611
Antti Lepola
etunimi.sukunimi@ramboll.fi



Pohjakartat: Maanmittauslaitos 2021
Käännökset: AAC Global Oy
Ulkoasu ja taitto: Creative Peak
Paino: Print Mill

Sisältö

TIIVISTELMÄ..... 8	
1. HANKKEESTA VASTAAVA JA HANKKEEN TAUSTA ...20	
1.1 Hankkeesta vastaava.....21	
1.2 Hankkeen tausta.....21	
1.3 Voimalaitoksen nykyinen toiminta..... 22	
2. ARVIOITAVAT VAIHTOEHDOT..... 32	
2.1 Käytön jatkaminen (VE1).....34	
2.2 Käytöstäpoisto (VE0).....34	
2.3 käytöstäpoisto (VE0+).....34	
3. HANKKEEN VAIHEET JA AIKATAULU 36	
4. VE1: KÄYTÖN JATKAMINEN40	
4.1 Ikääntymisen hallinta ja kunnossapito41	
4.2 Jäähdytysvesi42	
4.3 Käyttövesi44	
4.4 Jätevedet46	
4.5 Ydinpolttoaineen hankinta48	
4.6 Käytetty ydinpolttoaine48	
4.7 Ydinlaitosjätteet50	
4.8 Konventionaaliset jätteet 55	
4.9 Kemikaalit55	
4.10 Rakentamistyöt sekä melu, värinä ja liikenne ...56	
4.11 Konventionaaliset päästöt ilmaan 57	
4.12 Radioaktiivisten aineiden päästöt ja niiden rajoittaminen58	
4.13 Yhteenveto käytön jatkamisen ympäristönäkökohdista61	
5. VE0:KÄYTÖSTÄPOISTO..... 66	
5.1 Käytöstäpoiston vaiheet ja aikataulu 67	
5.2 VLJ-luolan laajennus ja muu rakentaminen69	
5.3 Käytöstäpoistoon valmistautuminen ja purkutyöt.....70	
5.4 Itsenäistettävät laitososat 76	
5.5 Loppusijoitustilojen ja VLJ-luolansulkeminen ..78	
5.6 Alueen jatkokäyttö 78	
5.7 Käytetty ydinpolttoaine.....78	
5.8 Käytöstäpoiston ympäristönäkökohdat.....79	
5.9 Käytöstäpoiston erot eri vaihtoehdoissa.....90	
6. VE0+ LOVIISAN VOIMALAITOKSELLE VASTAANOTETTAVAT MUUALLA SUOMESSA MUODOSTUNEET RADIOAKTIIVISET JÄTTEET 92	
6.1 Toiminnan yleiskuvaus93	
6.2 Jätteiden alkuperä ja määrä93	
6.3 Jätteiden käsittely Loviisan voimalaitoksella96	
6.4 Ympäristönäkökohdat..... 97	
7. SÄTEILYTURVALLISUUS 100	
7.1 Ydinlaitoksia koskevat vaatimukset ja Viranomaisvalvonta.....101	
7.2 Säteily 102	
7.3 Säteilysuojelu..... 105	
7.4 Häiriö- ja onnettomuustilanteiden luokittelu ja niitä koskevat vaatimukset.....106	
7.5 Ydinturvallisuus110	
7.6 Valmiustoiminta115	
7.7 Turvajärjestelyt.....116	
7.8 Turvallisuuden arviointi ja parantaminen.....116	
7.9 Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitus VLJ-luolaan..... 117	
8. YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETTELY JA OSALLISTUMINEN122	
8.1 Lähtökohdat..... 123	
8.2 Osapuolet..... 123	
8.3 Vaiheet ja sisältö 124	
8.4 YVA-menettelyn aikataulu 126	
8.5 Osallistuminen ja vuorovaikutus.....127	
8.6 Yhteysviranomaisen lausunto YVA-ohjelmasta ja sen huomioon ottaminen..... 128	
8.7 Lausunnot ja mielipiteet YVA-ohjelmasta..... 128	
8.8 YVA-menettelyn huomioon ottaminen suunnittelussa ja päätöksenteossa..... 128	
9. YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI 130	
9.1 Arvioinnin lähtökohdat.....131	
9.2 Maankäyttö ja kaavoitus sekä rakennettu ympäristö 134	
9.3 Maisema ja kulttuuriympäristö141	
9.4 Liikenne 148	
9.5 Melu 154	
9.6 Värinä157	
9.7 Ilmanlaatu.....161	
9.8 Radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus..... 164	
9.9 Luonnonvarojen hyödyntäminen..... 170	
9.10 Jätteet ja niiden käsittely.....176	
9.11 Energiamarkkinat ja huoltovarmuus187	
9.12 Kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastomuutos.190	
9.13 Aluetalous 196	
9.14 Maa- ja kallioperä..... 206	
9.15 Pohjavedet208	
9.16 Pintavedet213	
9.17 Kalasto ja kalastus260	
9.18 Kasvillisuus, eläimistö ja suojelualueet.....267	
9.19 Ihmisten elinolot ja viihtyvyys275	
9.20 Ihmisten terveys.....292	
9.21 Vakava reaktorionnettomuus.....298	
9.22 Muut poikkeus- ja onnettomuustilanteet..... 306	
9.23 Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa 313	
9.24 Suomen valtion rajat ylittävät vaikutukset 313	
10. YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN MERKITTÄVYYS JA VAIHTOEHTOJEN VERTAILU318	
10.1 Yhteenveto ympäristövaikutusten merkittävyydestä..... 319	
10.2 Vaihtoehtojen vertailu.....322	
10.3 Johtopäätökset merkittävimmistä ympäristövaikutuksista.....324	
11. VAIKUTUSTEN SEURANTA JA TARKKAILU 328	
11.1 Radioaktiivisten päästöjen tarkkailu ja säteilyvalvonta329	
11.2 Jäähdytys- ja jätevesien tarkkailu 331	
11.3 Vaikutustarkkailu..... 331	
11.4 Savukaasupäästöjen tarkkailu 331	
11.5 Melutarkkailu 331	
11.6 Jätekirjanpito331	
11.7 Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten seuranta 331	
11.8 VLJ-luolan seurantaohjelmat 331	
12. HANKKEEN LUVITUS SEKÄ HANKKEEN SUHDE SUUNNITELMIIN JA OHJELMIIN334	
12.1 Ydinenergiain mukaiset päätökset ja luvat...335	
12.2 Säteilylain mukaiset luvat336	
12.3 Muualla Suomessa muodostunut radioaktiivinen jäte336	
12.4 Radioaktiivisten aineiden kuljetusten edellyttämät luvat 337	
12.5 Kaavoitus..... 337	
12.6 Maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset luvat... 337	
12.7 Ympäristö- ja vesitalouslupa..... 337	
12.8 Kemikaalilain mukaiset luvat ja asiakirjat.....338	
12.9 Muut luvat ja suunnitelmat.....339	
12.10 Hankkeen suhde luonnonvarojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin ja ohjelmiin339	
LÄHDELUETTELO.....346	
SANASTO JA LYHENTEET356	
LIITE 1 YVA-SELOSTUKSEN ASiantuntijat362	
LIITE 2 TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖN LAUSUNTO KOSKIE N LOVIISAN YDINVOIMALAITOKSEN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIOHJELMAA366	
LIITE 3 YHTEYSVIRANOMAISEN LAUSUNNON HUOMIOON OTTAMINEN ARVIOINTISELOSTUSTA LAADITTAESSA.....386	
LIITE 4 LOVIISAN VOIMALAITOKSEN JÄÄHDYTYSVEDEN OTON JA PURUN VAIKUTUKSET MERIALUEELLA394	



Loviisan ydinvoimalaitos

Ympäristövaikutusten arviointiselostus

Tiivistelmä

HANKKEESTA VASTAAVA JA HANKKEEN TAUSTA

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA-menettelyn) hankkeesta vastaava on Fortum-konserniin kuuluva Fortum Power and Heat Oy (myöhemmin Fortum), joka on Fortum Oyj:n kokonaan omistama tytäryhtiö. Pohjoismaissa Fortum-konserni on toiseksi suurin sähköntuottaja ja suurin sähkönmyyjä. Ydinenergialla on merkittävä rooli Fortum-konsernin hiilidioksidipäästöttömässä sähköntuotannossa.

Fortumin omistama ja operoima Loviisan ydinvoimalaitos tuottaa vuosittain sähköä valtakunnan verkkoon yhteensä noin 8 terawattituntia (TWh). Se vastaa noin 10 % Suomen sähkönkulutuksesta. Loviisan ydinvoimalaitos tukee osaltaan Suomen ja EU:n ilmastotavoitteita sekä sähkön toimitusvarmuutta.

Loviisan ydinvoimalaitos koostuu kahdesta voimalaitosyksiköstä, Loviisa 1 ja Loviisa 2, sekä näihin kuuluvista ydinpoltoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisista rakennuksista ja varastoista. Loviisa 1 otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1977 ja Loviisa 2 vuonna 1980. Loviisan voimalaitos on tuottanut sähköä luotettavasti jo yli 40 vuoden ajan. Loviisa 1:n nykyinen valtioneuvoston myöntämä käyttö lupa on voimassa vuoden 2027 loppuun ja Loviisa 2:n käyttö lupa vuoden 2030 loppuun.

Fortum arvioi Loviisan ydinvoimalaitoksen kaupallisen käytön jatkamista enintään noin 20 vuodella nykyisen käyttö lupajakson jälkeen. Fortum tekee päätöksen voimalaitoksen käytön mahdollisesta jatkamisesta ja uusien käyttö lupien hakemisesta myöhemmin. Toisena vaihtoehtona on eteneminen käytöstäpoistovaiheeseen voimalaitoksen nykyisten käyttö lupien päättyessä.

Fortum on panostanut Loviisan voimalaitoksen ikääntymisen hallintaan ja tehnyt parannustoimenpiteitä koko

voimalaitoksen käytön ajan. Jo suunnitteluvaiheessa voimalaitosyksiköitä muokattiin vastaamaan länsimaisia turvallisuusvaatimuksia. Vuosien saatossa Loviisan voimalaitoksella on toteutettu lukuisia ydinturvallisuutta parantavia hankkeita. Viime vuosina voimalaitoksella on tehty muun muassa mittavia automaatiouudistuksia ja modernisoitu ikääntyviä järjestelmiä ja laitteita. Vuosina 2014–2018 Loviisan voimalaitoksella toteutettiin laitoshistorian laajin modernisointiohjelma, johon Fortum investoi noin 500 miljoonaa euroa. Tehtyjen investointien ja osaavan henkilöstön ansiosta Loviisan voimalaitoksella on erinomaiset tekniset ja turvallisuuteen liittyvien vaatimusten mukaiset edellytykset jatkaa toimintaansa nykyisen käyttö lupajakson jälkeen.

VOIMALAITOKSEN NYKYINEN TOIMINTA

Loviisan ydinvoimalaitos on sähköä tuottava lauhdevoimalaitos, jonka voimalaitosyksiköt ovat painevesilaitoksia. Sähkön tuotanto ydinvoimalaitoksessa perustuu hallitun fissioketjureaktion synnyttämän lämpöenergian hyödyntämiseen.

Loviisan voimalaitosta käytetään sähkön peruskuorman tuotantoon. Molempien voimalaitosyksiköiden nimellislämpöteho on 1 500 MW ja nettosähköteho on 507 MW. Voimalaitosyksiköiden kokonaishyötysuhde on noin 34 %. Loviisan voimalaitoksen käytettävyyttä ja käyttö kertomukset ovat olleet erinomaiset.

Voimalaitoksen käytön aikana muodostuvat matala- ja keskiaktiiviset jätteet käsitellään voimalaitoksella ja loppusijoitetaan voimalaitosalueella 110 metrin syvyydessä sijaitsevaan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitokseen (VLJ-luolaan). Käytetty ydinpolttoaine välivarastoidaan

voimalaitosalueella käytetyn ydinpolttoaineen välivarastojen vesialtaissa. Käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan aikanaan Posiva Oy:n kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle Eurajoen Olkiluotoon.

Loviisan voimalaitos käyttää keskimäärin 44 m³/s merivettä jäähdytykseen. Jäähdytysvesi otetaan merestä rantaotтона Hästholmenin saaren länsipuolelta ja noin 10 °C lämmennyt jäähdytysvesi puretaan takaisin mereen saaren itäpuolelle. Loviisan voimalaitoksen nykyisen toiminnan merkittävin ympäristövaikutus aiheutuu jäähdytysveden lämpökuormasta mereen. Lämmittävä vaikutus keskittyy lähinnä jäähdytysveden purkupaikan läheisyyteen.

HANKKEEN KUVAAUS JA TARKASTELTAVAT VAIHTOEHDOT

YVA-menettelyssä hankkeen toteutusvaihtoehtona tarkastellaan voimalaitoksen käytön jatkamista nykyisen käyttölu-pajakson jälkeen enintään noin 20 vuodella (vaihtoehto VE1) sekä kahta erilaista voimalaitoksen käytöstäpoistoon liitty-vää nollavaihtoehtoa (vaihtoehto VE0 ja vaihtoehto VE0+).

KÄYTÖN JATKAMINEN (VE1)

Vaihtoehto VE1 käsittää Loviisan voimalaitoksen kaupallisen käytön jatkamisen nykyisen käyttölu-pajakson jälkeen (v. 2027/2030) enintään noin 20 vuodella. Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen toiminta on saman tyyppistä kuin nykyisinkin. Voimalaitoksen termisen tehon korotusta ei ole suunnitteilla. Jos voimalaitoksen käyttöä jatketaan, on mahdollista, että voimalaitosalueelle rakennetaan uusia rakennuksia ja rakenteita sekä tehdään modernisointeja.

Käytön jatkamiseen liittyviä mahdollisia muutoksia ovat esimerkiksi voimalaitosalueella joidenkin vanhojen raken-nusten korvaaminen uusilla, voimalaitoksen käyttöveden hankinta kunnallisesta vesilaitoksesta ja talousjätevesien joh-taminen kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon sekä käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin kasvattaminen.

Loviisan voimalaitoksen YVA-ohjelmassa tarkasteltiin vaihtoehdossa VE1 mahdollisuutta vesistörakentamistoihin jäähdytysveden ottoaukon edustalla ja lähimerialueella. Teknis-taloudellisiin selvityksiin perustuen vesistörakenta-mistöitä ei suunnitella toteutettavan ja tämän vuoksi niistä aiheutuvia vaikutuksia ei tarkastella YVA-selostuksessa.

Vaihtoehdon VE1 kokonaisuuteen kuuluu voimalaitoksen käytöstäpoisto kaupallisen käytön jälkeen. Yhtenä osana käytön jatkamisen vaihtoehtoa tarkastellaan myös mahdol-lisuutta vastaanottaa, käsitellä, välivarastoida ja loppusi-joittaa Loviisan voimalaitosalueella pieniä määriä muualla Suomessa muodostunutta matala- ja keskiaktiivista jätettä. Näitä toimintoja on kuvattu tarkemmin seuraavassa.

KÄYTÖSTÄPOISTO (VE0 JA VE0+)

Vaihtoehdossa VE0 tarkastellaan voimalaitoksen käytöstä-poistoa nykyisen käyttölu-pajakson jälkeen (v.2027/2030).

Käytöstäpoisto sisältää Loviisan voimalaitoksen radioak-tiivisten järjestelmien ja laitteiden purkamisen sekä radioak-tiivisten käytöstäpoistojätteiden loppusijoittamisen VLJ-luo-laan. Lisäksi käytöstäpoistoon sisältyy tiettyjen jätehuoltoon liittyvien toimintojen ja laitososien itsenäistäminen siten, että kyseiset itsenäistetyt laitososat voivat toimia ilman voimalaitosyksiköitä.

Voimalaitoksen käytön aikana valmistaudutaan käytöstä-poistoon, johon kuuluvat muun muassa VLJ-luolan laajenta-minen radioaktiivisen käytöstäpoistojätteen loppusijoitusta varten sekä itsenäistettävien laitososien edellyttämät valmistelutyöt ja käyttö.

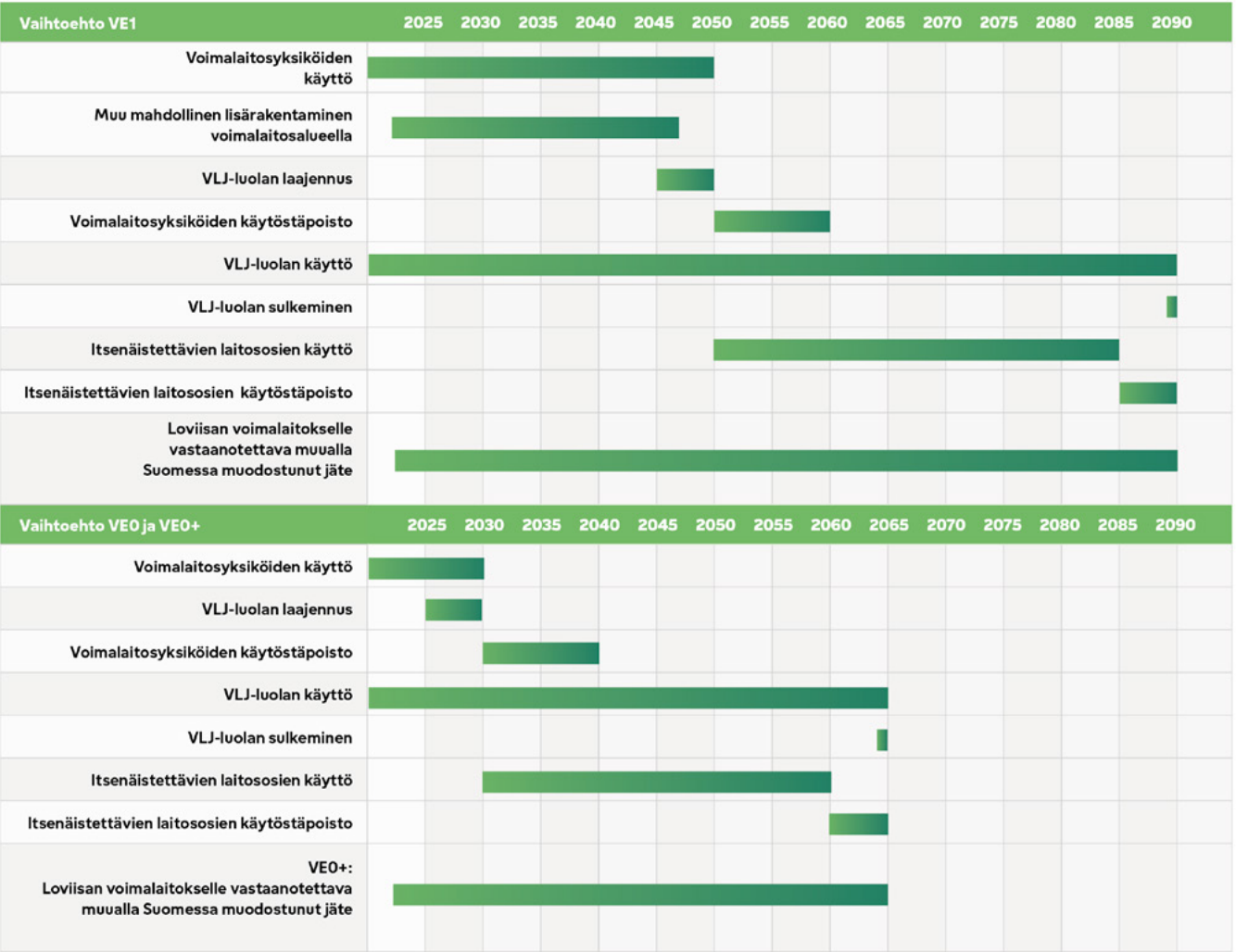
Käytöstäpoistovaiheeseen kuuluvia toimintoja ovat mm. VLJ-luolan laajennus, voimalaitoksen 1. purkuvaihe, itse-näistettävien laitososien käyttö, 2. purkuvaihe ja VLJ-luolan sulkeminen.

Käytöstäpoistovaiheen aikana toteutetaan myös käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset Olkiluotoon, jossa käytetty ydinpolttoaine kapseloidaan ja loppusijoitetaan Posiva Oy:n kapselointi- ja loppusijoituslaitoksessa.

Käytöstäpoisto perustuu ensisijaisesti viimeisimpään, vuonna 2018 valmistuneeseen Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelmaan, joka kattaa radioaktiivisten laitososien purkamisen, jätteiden käsittelemisen ja radioaktii-visen jätteen loppusijoituksen. Suunnitelma perustuu ns. bro-wnfield-periaatteeseen, jossa voimalaitosalueen rakennuksia ei pureta vaan purku käsittää pelkästään radioaktiiviset osat.

Käytöstäpoiston osalta vaihtoehto VE0+ on samanlainen kuin vaihtoehto VE0, mutta tässä vaihtoehdossa huomioi-daan myös Loviisan voimalaitokselle mahdollisesti vastaan-otettavien muualla Suomessa muodostuneiden matala- ja keskiaktiivisten jätteiden käsittely, välivarastointi ja loppusi-joitus.

Osana YVA-menettelyssä tarkasteltavia vaihtoehtoja har-kitaan työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) asettaman kansalli-sen ydinjätehuollon yhteistyöryhmän suositusten mukaisesti mahdollisuutta vastaanottaa, käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa Loviisan voimalaitosalueella pieniä määriä muualla Suomessa muodostunutta matala- ja keskiaktiivista jätettä. Tämä radioaktiivinen jäte voi olla peräisin esimer-kiksi tutkimuslaitoksista, teollisuudesta, sairaaloista tai yliopistoista. Koska Loviisan voimalaitoksella on jo olemassa radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn ja loppusijoittamiseen soveltuvat toiminnot sekä tilat, olisi luontevaa ja ydinjä-tehuollon yhteistyöryhmän kannan mukaista, että nämä olisivat käytettävissä osana yhteiskunnallista radioaktiivisen jätteen huollon kokonaisratkaisua.



Kuva 1. Hankevaihtoehtojen suuntaa-antavat aikatauluarviot, jotka tarkentuvat suunnitelmien edetessä.

HANKKEEN AIKATAULU

YVA-menettelyssä käsiteltävien hankevaihtoehtojen suun-taa-antavat aikatauluarviot on esitetty Kuvassa 1.

YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETTELY

YVA-menettelyn tarve perustuu Suomessa lakiin ympäristövai-kutusten arviointimenettelystä (252/2017). Lisäksi tässä hank-keessa sovelletaan Espoon sopimusta valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista (kansainvälinen kuuleminen).

Suomen YVA-lain hankeluettelon 7b-kohdan nojalla YVA-lain mukainen arviointimenettely koskee muun muassa ydin-voimalaitoksia, mukaan lukien näiden laitosten purkaminen tai käytöstäpoistaminen. Lisäksi YVA-menettelyä sovelletaan laitoksiin, jotka on suunniteltu muun muassa käytetyn ydin-polttoaineen, ydinjätteen tai muun radioaktiivisen jätteen loppusijoittamiseen tai niiden pitkäaikaiseen varastointiseen muualla kuin tuotantopaikassa.

YVA-menettelyn tarkoituksena on paitsi edistää ympäris-tövaikutusten arviointia ja ympäristövaikutusten huomioon ottamista jo suunnitteluvaiheessa, myös lisätä tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia hankkeen suunnitteluun.

YVA-menettely on kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa laadittiin YVA-ohjelma, josta tässä hankkees-sa yhteysviranomaisena toimiva TEM antoi lausuntonsa 23.11.2020. YVA-menettelyn toisessa vaiheessa laadittiin ympäristövaikutusten arviointiselostus YVA-ohjelman ja siitä saadun yhteysviranomaisen lausunnon pohjalta. Yhteysviran-omainen asettaa arviointiselostuksen YVA-ohjelman tavoin julkisesti nähtäville ja pyytää lausuntoja eri tahoilta. Myös YVA-selostusvaiheessa toteutetaan kansainvälinen kuulemi-nen kuten YVA-ohjelmavaiheessa.

YVA-menettely on toteutettu vuorovaikutteisesti, jotta eri osapuolet saivat mahdollisuuden keskustella ja ilmaista mielipiteensä hankkeesta ja sen vaikutuksista:

- Ennen YVA-menettelyn aloittamista sekä sen aikana järjestettiin ennakkuuvotteluita hankkeesta vastaavan, YVA-yhteysviranomaisen ja muiden keskeisten viran-omaisten välillä.

- YVA-ohjelman yleisötilaisuus järjestettiin 3.9.2020 ja vastaava tilaisuus järjestetään YVA-selostuksen kuulemisen aikana.
- Arviointimenettelyä varten perustettiin seurantaryhmä, joka koostui viranomaisista ja alueen keskeisistä sidosryhmistä. Seurantaryhmä kokoontui kaksi kertaa.
- YVA-selostusvaiheessa toteutettiin asukaskysely, jolla kartoitettiin alueen asukkaiden suhtautumista hankkeeseen.
- YVA-selostusvaiheessa järjestettiin pienryhmätilaisuus, joissa jaettiin tietoa hankkeesta ja YVA-menettelystä sekä kuultiin hankkeesta kiinnostuneita.

YVA-ohjelma ja -selostus ovat nähtävillä TEMin internetsivuilla yhteysviranomaisen kuulutuksessa mainitun mukaisesti. YVA-ohjelma ja -selostus ovat myös saatavilla Fortumin internetsivuilla, jossa esitetään lisäksi muun muassa ajantasaista tietoa hankkeesta, ympäristövaikutusten arviointimenettelystä ja luvituksesta. Lisäksi Fortum tiedottaa hankkeen etenemisestä sekä esimerkiksi järjestettävistä tiedotus- ja yleisötilaisuuksista.

YVA-menettely päättyy, kun yhteysviranomainen on antanut YVA-selostuksesta perustellun päätelmän.

HANKEALUEEN JA SEN YMPÄRISTÖN KUVAAUS

Loviisan ydinvoimalaitos sijaitsee noin 12 km päässä Loviisan kaupungin keskustasta Hästholmenin saarella, Suomenlahden sisä- ja ulkosaariston rajalla. Etäisyys voimalaitokselta Helsinkiin on noin 100 km. Hästholmenin saarella sijaitsee voimalaitos ja siihen kiinteästi liittyvät toiminnot, kuten VLJ-luola ja muita jätehuoltoon liittyviä rakennuksia, jäähdytysveden otto- ja purkurakenteet sekä toimisto- ja varastorakennukset. Mantereen puolella sijaitsee muun muassa majoituskylä. YVA-menettelyssä tarkasteltavaan voimalaitoksen käytön jatkamiseen ja käytöstäpoistoon liittyvät toiminnot tulevat sijaitsemaan nykyisellä voimalaitosalueella ja sen lähiympäristössä.

Hästholmenin saari sijoittuu taajamarakenteen ulkopuolelle. Voimalaitosalue on Uusimaa-kaava 2050 alueella. Uusimaa-kaavassa 2050 Hästholmeniin on osoitettu kohdemerkinnällä energiahuollon alue, jolle saa osoittaa ydinvoimaloita. Ydinvoimalalla on kaavaan osoitettu 5 km suojavyöhyke. Yleiskaavaan Hästholmenin alue on osoitettu energiahuollon alueeksi. Voimalaitosalue kuuluu maisemallisessa maakuntajaossa eteläisen rantamaan maisemamaa-

kuntaan ja Suomenlahden rannikkoseutuun. Selvän poikkeaman luonnontilaisuudesta tekee voimalaitoksen lisäksi maisemassa erottuva Valkon satama. Loviisan väkiluku vuonna 2019 oli 14 772. Kahdenkymmenen kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta asuu noin 12 400 henkilöä. Hästholmenin lähiympäristössä on runsaasti vapaa-ajan asutusta.

Voimalaitoksen sisäntulotien (Atomitie) keskimääräinen vuorokausiliikenne on ollut noin 693 ajoneuvoa, josta raskaiden ajoneuvojen osuus on noin 5 %. Voimalaitosalueen ympäristön nykyiseen melutilanteeseen vaikuttaa voimalaitoksen lisäksi yleinen liikennemelu sekä luonnon äänet. Melutasot ovat olleet ympäristöluvan vaatimusten mukaiset. Voimalaitosalueella tärinää aiheutuu lähinnä liikenteestä ja se on hyvin paikallista. Ilmaan kohdistuvat päästöt (mm. rikin ja typen oksidit sekä pöly) Hästholmenin saarella ovat vähäisiä ja ilmanlaatu on Loviisassa hyvä. Voimalaitoksen toiminnasta ei synny suoria kasvihuonekaasupäästöjä. Voimalaitokselta päästetään pieniä määriä radioaktiivisia aineita hallitusti puhdistuksen jälkeen ilmaan ja vesistöön. Radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan ja vesistöön ovat olleet selvästi alle päästörajojen. Voimalaitoksen normaalikäytön radioaktiiviset päästöt ovat niin pienet, että niistä aiheutuvaa väestön säteilyannosta on mahdotonta mitata.

Voimalaitosalue on ollut nykyisessä käytössä 1970-luvulta saakka, joten alueella ei ole suoraa luonnonvarojen käyttöä. VLJ-luolan louhinnasta syntynyt kiviaines on hyödynnetty voimalaitosalueen ulkopuolella. Ydinpolttoaine hankitaan ydinpolttoainetoimittajalta. Suomessa sovelletaan avoimen polttoainekierron periaatetta, jossa käytetty ydinpolttoaineloppusijoitetaan kestäviin kapseluihin suljettuna syvälle kallioperään. Luonnonuraani on uusiutumaton luonnonvara ja tämänhetkisillä globaaleilla kulutustasoilla uraanivarojen on arvioitu riittävän avoimessa polttoainekierossa noin 100–200 vuodeksi. Loviisan ydinvoimalaitoksen aluetaloudellinen merkitys Loviisan seudun elinvoimaisuuteen on merkittävä ja Loviisan seutukunnassa kaikista uusista investoinneista jopa 70,6 % tapahtuu energiatoimialalla.

Hästholmenin alueen maaperä muodostuu pääasiassa kivistä ja lohkareisesta moreenista ja kallioperä on Loviisan alueelle tyypillistä rapakivigraniittia. Hästholmenin läheisyydessä ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. VLJ-luolan rakentamisen yhteydessä on todettu eriasteista pohjavedenpinnan alenemista koko saarella.

Tarkkailutulosten perusteella jäähdytysvesi nostaa meriveden lämpötilaa erityisesti Hästholmsfjärdenillä purkualueen lähellä, jossa on havaittu normaalia voimakkaampaa lämpötilakerrostuneisuutta. Hästholmenin lähimerialueen vesimuo-

dostumien ekologinen tila vaihtelee huonosta tyydyttävään.

Hästholmenia ympäröivän merialueen kalasto koostuu sekä merikaloista että murtoveteen sopeutuneesta makeanveden kalalajistosta eikä kalaston rakenne poikkea merkittävästi muualla Suomenlahdella tehdyistä havainnoista. Loviisan seutu kuuluu eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen. Voimalaitosaluetta lähin Natura 2000 -verkoston kohde on luoteeseen sijoittuva Källaudden–Virstholmenin alue.

YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETELMÄT

ARVIOITAVAT VAIKUTUKSET

Ympäristövaikutusten arvioinnissa arvioidaan tarkasteltavan hankkeen ympäristövaikutukset YVA-lain ja -asetuksen edellyttämällä tavalla ja tarkkuudella. YVA-lain mukaan YVA-menettelyssä arvioidaan hankkeeseen liittyvien toimintojen välittömiä ja välillisiä vaikutuksia, jotka kohdistuvat:

- väestöön sekä ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen
- maahan, maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvilisuuteen sekä eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen, erityisesti suojeltuihin lajeihin ja luontotyypeihin
- yhdyskuntarakenteeseen, aineelliseen omaisuuteen, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön
- luonnonvarojen hyödyntämiseen sekä
- edellä mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin.

YVA–asetuksen 4 §:n mukaan arviointiselostuksessa esitetään arvio ja kuvaus hankkeen sekä sen kohtuullisten vaihtoehtojen todennäköisesti merkittävistä ympäristövaikutuksista sekä vaihtoehtojen ympäristövaikutusten vertailu.

VAIKUTUSTEN AJOITTUMINEN JA VAIHTOEHTOJEN TARKASTELU

YVA-selostuksessa on tarkasteltu vaihtoehtoihin sisältyviä toimintavaiheita, joita ovat käytön jatkaminen enintään 20 vuodella nykyisten käyttölopuien jälkeen, käytöstäpoisto ja muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteidenvastaanotto.

Käytön jatkaminen sisältyy ainoastaan vaihtoehtoon VE1. Käytöstäpoiston toimintavaihe on osa kaikkia vaihto-

ehtoja (VE1, VE0 ja VE0+). Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto voi toteutua vaihtoehdossa VE1 ja VE0+, ja sitä on tarkasteltu erillisenä toimintana.

Käytön jatkamisen toimintavaihe vaihtoehdossa VE1 ulottuu noin vuoteen 2050 saakka. Käytöstäpoistoon liittyvät toimintavaiheet voivat toteutua noin vuosina 2025–2065 (VE0, VE0+) tai 2045–2090 (VE1). Muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle niin kauan kuin jätteen käsittelyyn tarvittavat järjestelmät ovat käytettävissä. Vaihtoehdossa VE1 tämä on mahdollista enintään vuoteen 2090 saakka ja vaihtoehdossa VE0+ enintään vuoteen 2065 saakka.

VAIKUTUSTEN ARVIOINNIN LÄHESTYMISTAPA JA MENETELMÄT

Ympäristövaikutusten arvioinnin tarkoituksena on järjestelmällisesti tunnistaa syntyvät vaikutukset sekä niiden merkittävyys. Vaikutuksella tarkoitetaan hankkeen, sen vaihtoehton tai vaihtoehtoon liittyvän toimintavaiheen aiheuttamaa muutosta ympäristön tilaan. Ympäristövaikutukset voivat olla joko kielteisiä tai myönteisiä tai niissä ei ilmene muutoksia lainkaan ympäristön tilaan verrattuna.

YVA-selostuksessa nykytilalla on tarkoitettu voimalaitosalueen ympäristön tämänhetkistä tilaa, jossa voimalaitos on käytössä. Muutoksen suuruuteen voivat vaikuttaa muun muassa sen laajuus, ajallinen kesto tai voimakkuus. Näin ollen muutos voi olla toiminnassa tapahtuvasta muutoksesta aiheutuva suora vaikutus ympäristöön tai ajallisesti pitkään jatkuva toiminta, joka ylläpitää ympäristöön kohdistuvaa vaikutusta.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa vaikutuksen merkittävyys määräytyy vaikutuskohteen kyvystä sietää tarkasteltavaa vaikutusta eli sen herkkyydestä sekä muutoksen suu-ruudesta. Vaikutuksen merkittävyys määritettiin arvioinnissa ristiintaulukoimalla vaikutuskohteen herkkyy- ja muutoksen suuruus eri toimintavaiheiden osalta kunkin vaikutuksen arvioinnin yhteydessä. Vaikutuksen merkittävyys määräytyy neliportaisella asteikolla: vähäinen, kohtalainen, suuri ja erittäin suuri. Vaikutuksen merkittävyys voi olla kielteinen tai myönteinen, tai vaikutuksia ei ilmene lainkaan.

SELVITYKSET JA MUU ARVIOINNISSA KÄYTETTY AINEISTO

Loviisan voimalaitosalueen läheisyydessä on tehty ympäristöselvityksiä ja –tarkkailuja jo 1960-luvulta alkaen. YVA-selostuksen laadinnassa on hyödynnetty alueella tehtyjä tarkkailuja, tutkimuksia ja selvityksiä. Arviointityön tueksi on lisäksi laadittu erillisselvityksiä.

YHTEENVETO HANKKEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

TOIMINTAVAIHEIDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Vaikutusten arvioinnissa on tarkasteltu voimalaitoksen nykyisten lupajaksojen jälkeen tapahtuvia toimintavaiheita, joita ovat joko käytön jatkaminen enintään 20 vuodella tai käytöstäpoisto sekä niistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Lisäksi on tarkasteltu erillisenä toimintana muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden käsittelyä, välivarastointia ja loppusijoitusta. Tarkastelussa on vaikutuskohteisesti huomioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella. Käytön jatkamisen toimintavaiheen vaikutukset on arvioitu enintään vuoteen 2050 saakka. Käytöstäpoiston toimintavaiheen osalta on huomioitu siihen kuuluvat toiminnot aina VLJ-luolan sulkemiseen saakka.

KÄYTÖN JATKAMISEN TOIMINTAVAIHE

Käytön jatkamisen toimintavaiheessa merkittävyydeltään suurimmat myönteiset vaikutukset ovat aluetaloudellisia. Loviisan voimalaitoksen aluetaloudelliset vaikutukset ovat Loviisan seutukunnan tasolla erittäin suuria ja vaikutukset näkyvät myös koko Suomen tasolla.

Myös energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen arvioidaan kohdistuvan merkittävyydeltään suuria myönteisiä vaikutuksia. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Suomen energijärjestelmän huoltovarmuutta ja vähentää sähkön tuontitarvetta sähkön käytön kasvaessa tulevaisuudessa.

Kasvihuonekaasupäästöihin ja ilmastomuutokseen kohdistuvat vaikutukset ovat merkittävyydeltään kohtalaisia myönteisiä. Loviisan voimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035, koska ydinvoiman käytöstä sähköntuotannossa ei synny kasvihuonekaasupäästöjä.

Kasvillisuuteen, eläimistöön ja luonnonsuojelualueisiin kohdistuvien vaikutuksien arvioidaan olevan vähäisiä myönteisiä erityisesti linnuston osalta, kun käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen jäähdytysvesi ylläpitää Hästholmsfjärdenin merkitystä maakunnallisesti tärkeänä vesilintujen talvehtimispaikkana.

Pintavesiin kohdistuva lämpökuormitus jatkuu käytön jatkamisen toimintavaiheessa nykyisellä tasolla. Ilmaston mahdollinen lämpeneminen yhdistettynä jäähdytysveden lämpökuormaan voi lisätä lämpövaikutusta purkupaikan läheisyydessä. Tällä arvioidaan olevan enintään kohtalainen paikallinen kielteinen vaikutus Hästholmsfjärdenillä. Lämpövaikutuksen ja ravinteiden hajakuormituksen yhteisvaikutuksena aiheutuvaa lievää tilan heikkenemistä Klobbfjärdenin vesimuodostumassa ei voida poissulkea.

Kalastoon kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan kohtalaisia kielteisiä. Voimalaitoksen lämpökuorman jatkuminen ylläpitää merialueella tilannetta, joka suosii lämpimään veteen sopeutuneita kalalajeja, kuten kuhaa ja särkikaloja. Lämpimämmät vedet voivat myös mahdollistaa vieraslajien runsastumista alueella. Vaikutus kalastukseen arvioidaan vähäiseksi kielteiseksi.

Voimalaitoksen käytön jatkamisen toimintavaiheella arvioitiin olevan merkittävyydeltään vähäisiä kielteisiä vaikutuksia maankäyttöön, kaavoitukseen, maisemaan, liikenteeseen sekä ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen. Radioaktiivisten aineiden päästöt, säteilyaltistus, käytetyn ydinpolttoaineen sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen kertymänopeus pysyvät nykyisellään ollen merkittävyydeltään vähäisiä kielteisiä. Loviisan ydinvoimalaitoksen aiheuttama säteilyannos ympäristön asukkaille on ollut selvästi alle prosentin valtioneuvoston asettamasta annosrajoituksesta, joka on 0,1 mSv vuodessa.

KÄYTÖSTÄPOISTON TOIMINTAVAIHE

Voimalaitoksen käytön loputtua sen aikana syntyneet erittäin suuret myönteiset aluetalousvaikutukset lakkaavat. Käytöstäpoiston toimintavaiheen aikana eri toimijoille ja toimialoille syntyy kuitenkin tämän osittain korvaavia aluetaloudellisia vaikutuksia. Vaikutukset Loviisaan seutukuntaan ovat merkittävyydeltään suuria myönteisiä. Aluetalousvaikutukset lakkaavat kokonaan, kun käytöstäpoisto on päättynyt.

Pintavesiin kohdistuu merkittävyydeltään kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia Klobbfjärdenin vesimuodostumassa jäähdytysveden purkupaikan lähellä, kun lämpökuorma merialueelle lakkaa. Tällöin pintaveden lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteet sekä kasvukauden pituus palautuvat luontaisiksi. Myönteiset vaikutukset voivat ilmetä viiveellä. Käytöstäpoisto ei heikennä ekologisen tilan laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.

Kalastoon arvioidaan kohdistuvan merkittävyydeltään kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia, kun lämpökuorman vaikutus meriekosysteemiin loppuu. Talvikauden kalastusmahdollisuudet palautuvat paremmalle tasolle, jolloin kalastukselle arvioidaan aiheutuvan vähäinen myönteinen vaikutus.

Käytöstäpoistolla arvioidaan lisäksi olevan vähäisiä myönteisiä vaikutuksia maankäyttöön, kaavoitukseen, maisemaan ja luonnonvarojen hyödyntämiseen.

Voimalaitoksen käytöstäpoistolla on suuri kielteinen vaikutus energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen. Voima-

laitoksen käytöstäpoisto merkitsisi korvaavan hiilidioksidipäästöttömän sähkön hankintatarvetta Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi. Tämä vaatisi mm. uuden sähköntuotantokapasiteetin rakentamista Suomeen sekä lisääntyvää sähkön tuontia. Lisäksi sähkön vientimahdollisuudet Suomesta pienenisivät.

Kasvihuonekaasupäästöihin ja ilmastomuutokseen kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan kohtalainen kielteinen. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoisto johtaisi tarpeeseen lisätä vastaavasti muuta päästötöntä sähköntuotantokapasiteettia.

Liikennevaikutusten arvioidaan olevan enimmillään kohtalaisia kielteisiä. Liikennemäärät lisääntyvät hetkellisesti purkuvaiheiden aikana mahdollisesti heikentäen liikenteen sujuvuutta. Liikennemäärän lisäys erityisesti Atomitiellä ja Saaristotiellä voi lisätä liikenneturvallisuusriskiä.

Ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan kohtalaisia kielteisiä, koska voimalaitoksen käytöstäpoisto aiheuttaa selkeän ja havaittavan muutoksen voimalaitosalueella tapahtuviin toimintoihin. Voimalaitoksen käytöstäpoisto ja sähköntuotannon päättymisen voi aiheuttaa muutoksia paikalliseen identiteettiin sekä huolta muutoksen vaikutuksesta että konkreettisia vaikutuksia Loviisan seudun elinvoimaisuuteen. Kokonaisuudessaan käytöstäpoiston eri vaiheet kestävät useita vuosikymmeniä.

Käytöstäpoistolla arvioidaan lisäksi olevan vähäisiä kielteisiä vaikutuksia meluun, tärinään, ilmanlaatuun sekä kasvillisuuteen, eläimistöön ja luonnonsuojelualueisiin.

VLJ-luolan laajennuksesta maa- ja kallioperään sekä pohjaveteen kohdistuvat vaikutukset ovat vähäisiä. Käytöstäpoiston radioaktiivisten osien purkutöistä sekä käytöstäpoistojätteen käsittelystä aiheutuu säteilyaltistusta, joka jää annosrajojen alapuolelle. VLJ-luolan sulkemisen jälkeen loppusijoitus täyttää pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset.

MUUALLA SUOMESSA MUODOSTUNEET RADIOAKTIIVISET JÄTTEET

Muualla Suomessa muodostuneiden matala- ja keskiaktiivisten jätteiden vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus Loviisan voimalaitoksella ei pääosin aiheuta vaikutuksia.

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteen vastaanotolla arvioidaan kuitenkin olevan koko Suomen tasolla kohtalainen myönteinen vaikutus. Loviisan voimalaitoksen olemassa olevat radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn sekä loppusijoittamiseen soveltuvien toimintojen ja tilojen käyttö tukevat yhteiskunnallista kokonaisratkaisua ja turvallisen jätehuollon kehittämistä Suomen tasolla.

Muualla Suomessa muodostuvien radioaktiivisten jätteen käsittely aiheuttaa vähäistä säteilyaltistusta. Jätteiden käsittely ja loppusijoitus toteutetaan siten, että niiden vaikutukset henkilöstön ja ympäristön väestön säteilyannoksiin ovat vähäisiä ja että pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset

täytetään. Vähäisiä kielteisiä vaikutuksia voi kohdistua myös ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen.

VAIHTOEHTOJEN VERTAILU JA JOHTOPÄÄTÖKSET MERKITTÄVIMMISTÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

Tarkasteltaessa ja vertailtaessa hankkeen vaihtoehtoja (VE1, VE0 ja VE0+), tulee ottaa huomioon, että käytön jatkamiseen (VE1) kuuluu myös myöhemmin toteutettava käytöstäpoisto sekä muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanottaminen.

Merkittävin ero vaihtoehtojen välillä on voimalaitosalueella tapahtuvien toimintavaiheiden toteutusajankohta (Kuva 1).

Ympäristövaikutusten merkittävyys eroaa toisistaan eri toimintavaiheissa. Kaikissa vaihtoehdossa päädytään lopulta samaan tilanteeseen, jossa nykyisenlainen toiminta voimalaitosalueella on päättynyt.

Käytön jatkamisen vaihtoehdossa (VE1) ympäristövaikutukset ovat kokonaisuudessaan suuremmat kuin muissa vaihtoehdossa, sillä vaihtoehtoon sisältyy pidempi ydinvoimalaitoksen käyttöaika sekä lisäksi voimalaitoksen käytöstäpoisto ja muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen vaihtoehto (VE1) tukee pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaista Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035. Käytön jatkaminen tuo merkittävää taloudellista hyötyä arvoketjun ja kulutuksen kerrannaisvaikutuksen kautta erityisesti paikallisesti ja alueellisesti. Vaihtoehdossa VE1 merkittävin kielteinen ympäristövaikutus vuoteen 2050 asti on jäähdytysveden purkupuolen merialuetta lämmittävä vaikutus, joka on arvioitu merkittävyydeltään enintään kohtalaisen kielteiseksi.

Vaihtoehdossa VE1 voimalaitoksen kaupallisen käytön lopettamisen myötä jäähdytysveden vaikutukset, kuten myös voimalaitoksen käytön jatkamisen mukana tuomat suuret myönteiset vaikutukset aluetalouteen loppuvat vuonna 2050. Voimalaitoksen kaupallisen käytön lopettamisen suuri kielteinen vaikutus energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen realisoituu myös vuonna 2050. Voimalaitoksen käytöstäpoiston aikana eri toimijoille ja toimialoille syntyy osittain korvaavia aluetaloudellisia vaikutuksia, mutta ne jäävät kaupallisen käytön vaikutuksia pienemmiksi.

Vaihtoehdossa VE1 voimalaitoksen toiminta jatkuu nykyisen kaltaisena seuraavat 20 vuotta, jolloin lisäkäyttövuosien aikana kertyy merkittäviä suoria aluetaloudellisia vaikutuksia. Lisäksi kerrannaisvaikutuksina syntyy muille toimialoille Loviisan seutukunnassa liikevaihtoa vuosina 2030–2090 (aluetaloudsmallinuksessa vuodet 2030–2080) yli 800 M€, arvonlisäystä yli 460 M€ ja työvoimantarvetta yli 8 900 htv. Vastaavasti aluetalouden kerrannaisvaikutukset ovat koko Suomessa liikevaihtona yli 5 800 M€, arvonlisäyksenä

yli 2 900 M€ ja työvoimantarpeena yli 44 200 htv. Selvästi yli puolet aluetaloudellisista vaikutuksista ajoittuu vuosille 2030–2050. Aluetalousvaikutukset lakkaavat vaihtoehdossa VE1 noin vuonna 2090, kun käytöstäpoisto loppuu.

Vaihtoehdossa VE1 muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle enintään noin vuoteen 2090 saakka. Tällä ei ole merkittäviä ympäristövaikutuksia, mutta muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotamisella on kohtalainen myönteinen vaikutus koko Suomen tasolla. Tämä edistäisi koko yhteiskunnan etua tarjoamalla turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille.

Käytöstäpoiston vaihtoehdossa (VE0/VE0+) Loviisan ydinvoimalaitoksen kaupallinen käyttö loppuu nykyisten käyttö lupien päättyessä, jolloin jäähdytysveden purkupuolen merialuetta lämmittävä enintään kohtalainen kielteinen vaikutus loppuu, voimalaitoksen käytön aikaiset suuret aluetalousvaikutukset lakkaavat ja suuri kielteinen vaikutus energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen realisoituu vuosina 2027 ja 2030.

Vaihtoehdossa VE0/VE0+ 2020-luvun loppupuolelta alkaen vuoteen noin 2065 tapahtuva voimalaitoksen käytöstäpoisto muodostaa Loviisan seutukunnalle uutta kysyntää kerrannaisvaikutuksina yli 300 M€, arvonlisäystä yli 170 M€ ja työvoimantarvetta yli 3 800 htv. Vastaavasti aluetalousvaikutukset ovat kokonaisuudessaan Suomessa liikevaihtona yli 2 200 M€, arvonlisäyksenä yli 1 100 M€ ja työvoimantarpeena yli 17 500 htv. Vaihtoehdossa VE0 alue-talousvaikutukset painottuvat 2030- luvulle.

Vaihtoehdossa VE0+ muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle enintään noin vuoteen 2065 saakka. Kuten VE1:ssä, tällä ei ole merkittäviä ympäristövaikutuksia, mutta edistäisi koko yhteiskunnan etua.

Hankkeen vaihtoehdot VE1, VE0 ja VE0+ ovat tehtyjen arviointien perusteella ympäristövaikutuksiltaan toteuttamiskelpoisia. Arviointiselostuksessa esitetyillä haitallisten vaikutusten ehkäisemis- ja lieventämiskeinoilla voidaan mahdollisia ympäristövaikutuksia lieventää, kun ne otetaan mahdollisuuksien mukaan huomioon hankkeen jatkosuunnittelussa ja toteutuksessa.

Loviisan ydinvoimalaitoksen toiminta on hyvin vakiintunutta ja sen ympäristövaikutukset tunnetaan hyvin. Tekniikat, prosessit sekä vaikutusten lieventämiskeinot ovat hyvin tunnettuja. Käytön jatkamisen vaihtoehdossa laitoksen ikääntymisen hallintaan kiinnitetään huomiota. Näiden toimenpiteiden avulla varmistetaan voimalaitoksen turvallinen jatkokäyttö. Toiminnassa seurataan parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) kehittymistä, alan lainsäädännön vaatimuksia sekä kokemuksia muista ydinvoimalaitoksista. Käytöstäpoistosuunnitelmaa tullaan päivittämään ja tarkentamaan hankkeen edetessä.

POIKKEUS- JA ONNETTOMUUSTILANTEET

Ydinvoimalaitoksen poikkeus- ja onnettomuustilanteessa ympäristöön voi päästä terveydelle haitallisia radioaktiivisia aineita. Käytön jatkamisen tapauksessa on arvioitu vakavan reaktorionnettomuuden lisäksi myös suuri vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin, joka on kansainvälisen ydinlaitostapahtumien ja ydinonnettomuuksien luokitusasteikon mukaisesti luokan INES 4 tapaus. Tämän lisäksi on arvioitu tapauksia, joissa vähäinen määrä radioaktiivisia aineita voi levitä ympäristöön.

Vakava reaktorionnettomuus on ydinvoimalaitoksella erittäin epätodennäköinen äärimmäinen tapahtuma, johon laitoksen suunnittelussa ja toiminnassa on myös varauduttu. Vakavan reaktorionnettomuuden ympäristövaikutusten arvio pohjautuu oletukseen, jossa ympäristöön vapautuu ydinenergia-asetuksen 161/1988 § 22 b mukaisesti 100 terabequereliä (TBq) cesium-137 (Cs-137) -nuklidia. Tarkasteltu kuvitteellinen vakava reaktorionnettomuus vastaa INES 6 -luokan onnettomuutta. Väestönsuojelullisia toimenpiteitä, kuten esimerkiksi sisälle suojautumista ja ravinnon nautinnan muutosta, ei tarkastelussa huomioida.

Vakavan reaktorionnettomuuden mallinnuksen tulosten perusteella suurin säteilyannos kilometrin etäisyydellä kaikki ikäryhmät huomioiden on ensimmäisen viikon aikana noin 27 mSv. Annokset pienenevät etäisyyden kasvaessa. Tarkastelun vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena säteilyn aiheuttamat terveysvaikutukset ihmisille ovat erittäin epätodennäköisiä. Suomalaisen keskimääräisen vuotuisen säteilyannoksen suuruus on noin 5,9 mSv.

Päästön vaikutuksia voidaan alkuvaiheessa lieventää erilaisilla väestönsuojelutoimenpiteillä, kuten joditablettien ottamisella, sisälle suojautumisella ja eri aikaan toteutettavilla evakuoinneilla. Pitkällä aikavälillä laskeumasta aiheutuvina seurauksina olisi muun muassa rakennetun ympäristön puhdistamista, luonnontilaisten alueiden virkistyskäytön rajoittamista sekä alueella asuvien ihmisten kontaminaatiomittausten järjestämistä alle 15 km säteellä voimalaitoksesta. Lisäksi rakennettujen virkistyspaikkojen käyttöä tulisi rajoittaa 80 km etäisyydelle saakka. Viranomaisten toimesta asetettaisiin rajoituksia myös ravinnoiksi käytettäville tuotteille.

Muissa poikkeus- ja onnettomuustilanteissa vaikutukset ovat selvästi vakavaa reaktorionnettomuutta lievemmat.

VAIKUTUSTEN SEURANTA JA TARKKAILU

Hankkeesta vastaavalla on olemassa erilaisia ympäristövaikutusten seuranta- ja tarkkailuohjelmia. Edellytykset ohjelmille tulee ympäristölainsäädännöstä ja ydinenergielain perusteella annetuista säädöksistä ja ohjeista. Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa toiminta tulee olemaan

saman tyyppistä kuin nykyisinkin, minkä vuoksi seurannan ja tarkkailun arvioidaan jatkuvan samanlaisena.

Radioaktiivisten aineiden tarkoilla päästömittauksilla varmistutaan siitä, että voimalaitoksen yhteenlasketut päästöt ilmaan tai veteen eivät ylitä STUKin vahvistamia päästörajoja ja ympäristön säteilyannokset alittavat ydinenergia-asetuksen rajat.

Fortum valvoo Loviisan voimalaitoksen ympäristöä ympäristön säteilyvalvontaohjelman mukaisesti. Ympäristön radioaktiivisten aineiden tilaa on seurattu jo pitkään. Ympäristön säteilyvalvonnan tarkoituksena on varmistaa, että ydinvoimalaitoksesta aiheutuva väestön säteilyaltistus pidetään niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista ja että määräyksissä esitettyjä raja-arvoja ei ylitetä. Lisäksi STUK toteuttaa Loviisan voimalaitoksen ympäristössä omaa riippumatonta säteilyvalvontaa.

Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmän meteorologisten mittausten avulla arvioidaan ilmaan pääsevien radioaktiivisten aineiden leviämistä voimalaitoksen normaaliikäytön ja mahdollisten onnettomuustilanteiden aikana. Ydinvoimalaitoksen käytön aikana arvioidaan vuosittain meteorologisten mittausten ja päästöjen perusteella ympäristön väestölle aiheutunut säteilyaltistus.

Voimalaitokselta mereen johdettavien jäähdytys- ja jätevesien määrää ja laatua tarkkaillaan voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaisesti. Loviisan voimalaitoksen lähimeri-alueen vaikutustarkkailu pitää sisällään meriveden laadun tarkkailua (fysikaalis-kemiallinen laatu) sekä biologista että kalataloudellista tarkkailua.

Lisäksi tarkkaillaan toiminnasta aiheutuvia savukaasupäästöjä ja melua, pidetään kirjaa radioaktiivisista ja konventionaalisista jätteistä, tehdään säännöllisesti VLJ-luolan kalliomekaniikan, hydrologian ja pohjavesikemian seurantaa sekä seurataan ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia esimerkiksi keskustelutilaisuuksin ja asukaskyselyin.

HANKKEEN LUVITUS

Loviisan ydinvoimalaitoksen voimalaitosyksiköillä on ydinenergielain mukaiset käyttöluvut, jotka ovat voimassa vuosien 2027 ja 2030 loppuun. VLJ-luolan käyttö lupa on voimassa vuoden 2055 loppuun. VLJ-luola tarvitsee uuden käyttöluvan molemmissa vaihtoehdoissa (VE1 ja VE0/VE0+). Voimalaitoksen käytön jatkamiseksi tulee voimalaitosyksiköille hakea uudet käyttöluvut. Voimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto edellyttää käytöstäpoistoluvan hakemista. Käyttöluvan ja käytöstäpoistoluvan myöntää valtioneuvosto. Itsenäistettävät laitososat tarvitsevat erillisen käyttöluvan, kun voimalaitosyksiköiden käyttö lupa päättyy ja niitä aletaan purkaa käytöstäpoistoluvan tullessa voimaan. Käyttöluvan ja käytös-

täpoistoluvan lisäksi hankevaihtoehdot saattavat edellyttää myös muita ydinenergielain mukaisia lupia.

Loviisan ydinvoimalaitoksen muu säteilytoiminta kuin ydinenergian käyttö edellyttää säteilylain mukaista turvallisuusalupaa. Ydinpolttoaineen kuljetukseen tarvitaan ydinenergielain mukainen kuljetuslupa, jonka edellytyksinä ovat mm. kuljetussuunnitelma, turvasuunnitelma ja eräissä tapauksissa valmiussuunnitelma. Käytetyn polttoaineen kuljetuksista kapselointiin ja loppusijoitukseen Eurajoen Olkiluotoon vastaa Posiva. Kaikista ydinjätteiden tai radioaktiivisten aineiden kuljetuksista joko tehdään ilmoitus STUKille tai niille haetaan kuljetus- tai turvallisuusalupaa siten kuin laki kulloinkin edellyttää.

Mahdolliset voimalaitosalueen rakennusten muutostyöt tai tarpeellisen infrastruktuurin ja tilojen rakentaminen edellyttää rakennuslupaa. Ydinvoimalaitoksen toiminta edellyttää ympäristönsuojelulain mukaisen ympäristöluvan sekä vesilain mukaista vesitalouslupaa vedenotto- ja purkurakenteille. Fortumilla on voimassa olevat ympäristö- ja vesitalousluvut.

Kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia harjoittavat laitokset tarvitsevat Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) myöntämän kemikaaliluvan. Loviisan voimalaitoksella on olemassa oleva lupa kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia varten ja voimalaitos on Tukesin valvoma turvallisuusselvityslaitos. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosta on tehtävä ilmoitus Tukesin valvon-taviranomaiselle kemikaaliturvallisuuslain mukaisesti.

Lisäksi voimalaitoksen käytön jatkaminen ja käytöstäpoisto voivat edellyttää muita lupia ja suunnitelmia.



1. Hankkeesta vastaava ja hankkeen tausta

1.1 HANKKEESTA VASTAAVA

YVA-menettelyn hankkeesta vastaava on Fortum-konserniin kuuluva Fortum Power and Heat Oy, joka on Fortum Oyj:n kokonaan omistama tytäryhtiö. Suomen valtio omistaa Fortum Oyj:n osakkeista 50,8 %. Keväällä 2020 Fortum hankki enemmistön saksalaisesta Uniper SE:stä, jonka myötä Fortum-konsernista tuli yksi Euroopan suurimmista energia-yhtiöistä. Uniper on konsolidoitu Fortum-konserniin huhtikuusta 2020 lähtien, mutta jatkaa operatiivisesti erillisenä pörssiyhtiönä.

Fortum Oyj tytäryhtiöineen työllistää yhteensä lähes 20 000 henkilöä, joista reilut 2 000 henkilöä työskentelee Suomessa. Pohjoismaissa Fortum on toiseksi suurin sähköntuottaja ja suurin sähkönmyyjä. Lämmöntuottajana Fortum-konserni lukeutuu maailman suurimpiin. Fortum tarjoaa myös kaukojäähdytystä, energiatehokkuuspalveluita, kierrätys- ja jäteratkaisuja sekä Pohjoismaiden kattavimman sähköautojen latausverkoston. Fortumin tytäryhtiö Uniper harjoittaa laajaa kansainvälistä trading-toimintaa ja omistaa maakaasun varastointiterminaaleja sekä muuta kaasuinfrastruktuuria.

Ydinenergialla on merkittävä rooli Fortumin hiilidioksidipäästöttömässä sähköntuotannossa. Yhdessä Uniperin kanssa Fortum on Euroopan kolmanneksi suurin ydinvoimayhtiö. Vuonna 2020 Fortumin ja Uniperin yhteenlaskettu sähköntuotanto oli noin 142 TWh, josta 20 % perustui ydinvoiman tuotantoon. Mittavan ydin-, vesi- ja tuulivoimansa ansiosta Fortum on Euroopan kolmanneksi suurin päästöttömän sähköntuottaja. Vuonna 2020 hiilidioksidipäästöttömän sähköntuotannon osuus Euroopassa oli 73 % ja globaalisti 45 %.

Fortum Power and Heat Oy:n omistaman ja operoiman Loviisan ydinvoimalaitoksen tuottamaa sähköä käytetään keskeytyksettömänä, ympärivuotisena energianlähteenä. Loviisan voimalaitos tuottaa vuosittain sähköä valtakunnan verkkoon yhteensä noin 8 terawattituntia (TWh). Se vastaa noin 10 % Suomen sähkökulutuksesta. Loviisan ydinvoimalaitos tukee osaltaan Suomen ja EU:n ilmastotavoitteita sekä sähköntoimitusvarmuutta.

Suomessa Fortumilla on myös 26 % osuus Teollisuuden Voima Oyj:n nykyisestä ydinvoimalaitoksesta (Olkiluoto 1 ja 2) ja 25 % osuus käyttöönottoaiheessa olevasta ydinvoimalaitosyksiköstä (Olkiluoto 3). Lisäksi Fortum osallistuu 6,6 % osuudella Fennovoima Oy:n ydinvoimalaitoshankkeeseen. Fortum omistaa yhdessä Teollisuuden Voima Oyj:n kanssa Posiva Oy:n, jonka tehtävänä on huolehtia omistajiensa käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustutkimuksista, loppusijoituslaitoksen rakentamisesta ja käytöstä sekä sen sulkemisesta. Fortumin omistusosuus Posiva Oy:stä on 40 %.

1.2 HANKKEEN TAUSTA

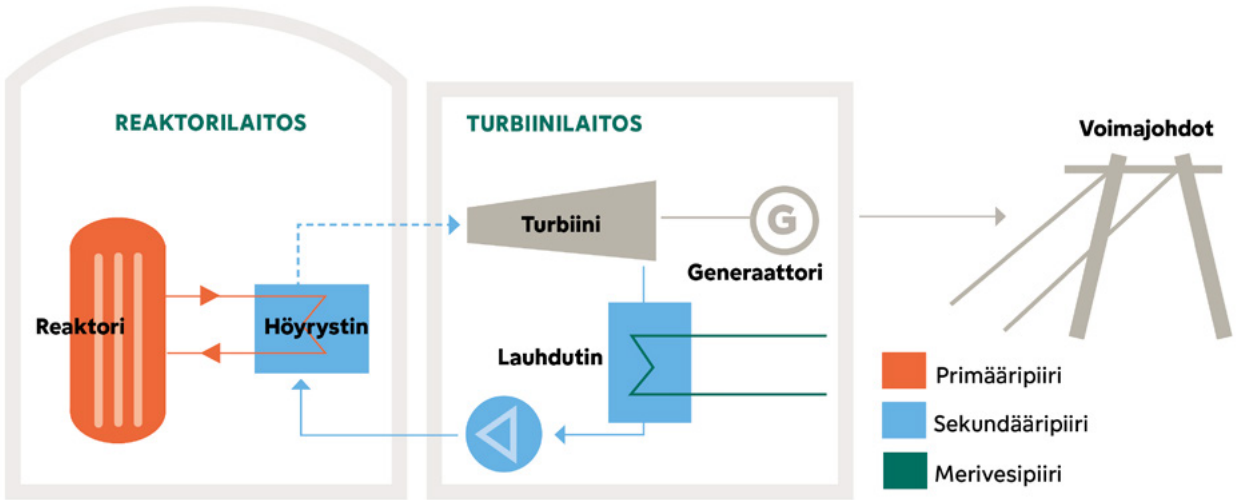
Fortumin Loviisan ydinvoimalaitos on rakennettu vuosina 1971–1980. Loviisan voimalaitos koostuu kahdesta voimalaitosyksiköstä, Loviisa 1 ja Loviisa 2, sekä näihin kuuluvista ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisista rakennuksista ja varastoista. Loviisa 1 otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1977 ja Loviisa 2 vuonna 1980. Loviisan voimalaitos on tuottanut sähköä luotettavasti jo yli 40 vuoden ajan. Loviisa 1:n nykyinen valtioneuvoston myöntämä käyttö lupa on voimassa vuoden 2027 loppuun ja Loviisa 2:n käyttö lupa vuoden 2030 loppuun.

Fortum arvioi Loviisan ydinvoimalaitoksen kaupallisen käytön jatkamista enintään noin 20 vuodella nykyisen käyttö-lupajakson jälkeen. Fortum tekee päätöksen voimalaitoksen käytön mahdollisesta jatkamisesta ja uusien käyttö lupien hakemisesta myöhemmin. Toisena vaihtoehtona on etene-minen käytöstäpoistovaiheeseen voimalaitoksen nykyisten käyttö lupien päättyessä.

Fortum panostaa Loviisan voimalaitoksen ikääntymisen hallintaan ja on tehnyt parannustoimenpiteitä koko voimalaitoksen käytön ajan. Vuosien saatossa Loviisan voimalaitoksella on toteutettu lukuisia ydinturvallisuutta parantavia hankkeita. Viime vuosina voimalaitoksella on tehty muun muassa mittavia automaatiouudistuksia ja modernisoitu ikääntyviä järjestelmiä ja laitteita. Vuosina 2014–2018 Loviisan voimalaitoksella toteutettiin laitoshistorian laajin modernisointiohjelma, johon Fortum investoi noin 500 miljoonaa euroa. Investointien ja osaavan henkilöstön ansiosta Loviisan voimalaitoksella on erinomaiset tekniset ja turvallisuuteen liittyvien vaatimusten mukaiset edellytykset jatkaa toimintaansa nykyisen käyttö lupajakson jälkeen.

Lisäksi Loviisan voimalaitoksen käytön aikana syntyvän radioaktiivisen loppusijoitettavan jätteen määrää on saatu pienennettyä merkittävästi, ja ydinpolttoaineen käyttöä on saatu tehostettua. Voimalaitoksen radioaktiiviset jätteet käsitellään ja loppusijoitetaan voimalaitosalueella sijaitsevaan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitokseen (VLJ-luolaan). Voimalaitoksen tuottama käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan aikanaan Posiva Oy:n Eurajoen Olkiluodossa sijaitsevaan loppusijoituslaitokseen, joka on edennyt rakentamisvaiheeseen. Näin ollen kaikelle Loviisan voimalaitoksen tuottamalle ydinjätteelle on käsittely- ja loppusijoitusratkaisut olemassa.

Tässä ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (YVA-menettely) tarkastellaan Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamista ja vaihtoehtoisesti käytöstäpoistoa. Hanke edellyttää kummassakin tapauksessa ydinenergialain mukaista luvitusmenettelyä ja ympäristövaikutusten arviointimenettelyä YVA-lain mukaisesti (YVA-laki 3 § 1 momentti, hankeluettelon kohdat 7 b ja d). YVA-selostus ja siitä annettava yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä liitetään osaksi mahdollisia lupahakemuksia. YVA-yhteysviranomaisena tässä hankkeessa toimii työ- ja elinkeinoministeriö (TEM).



Kuva 1-1. Painevesilaitoksen toimintaperiaate.

1.3 VOIMALAITOKSEN NYKYINEN TOIMINTA

1.3.1 Toimintaperiaate

Loviisan ydinvoimalaitos on sähköä tuottava lauhdevoimalaitos. Fossiilisen polttoaineen (esimerkiksi hiili, maakaasu tai turve) sijaan Loviisan ydinvoimalaitoksessa käytetään polttoaineena väkevöidystä uraanista valmistettua uraanidioksidia (UO₂). Uraanin käyttäminen polttoaineena perustuu pääosin sen isotoopin uraani-235 atomiydinten halkeamisreaktioon eli fissioon. Fissioreaktiossa raskas atomiydin hajoaa kahdeksi tai useammaksi kevyemmäksi atomiytimeksi vapaan neutronin osuessa siihen. Reaktiossa vapautuu lisäksi muutamia neutroneita sekä energiaa. Sähköntuotanto ydinvoimalaitoksessa perustuu hallitun ketjureaktion synnyttämän lämpöenergian hyödyntämiseen.

Ydinvoimalaitoksissa lämpö tuotetaan reaktorissa. Loviisan voimalaitoksen reaktoreissa ydinpolttoaine on pieninä, läpimitaltaan vajaan senttimetrin suuruisina pelletteinä, jotka on suljettu noin 2,5 metriä pitkiin kaasutiiviisiin polttoainesauvoihin. Polttoainesauvat on koottu polttoainenipuiksi, joissa kussakin on 126 kappaletta polttoainesauvoja. Polttoainenippuja reaktorissa on 313 kappaletta.

Loviisan voimalaitoksen reaktorit ovat kevytvesireaktoreita, joiden reaktorisydämissä käytetään jäähdytys- ja hidastinaineena vettä. Tyypiltään voimalaitosyksiköt ovat painevesilaitoksia, eli reaktorin jäähdytteenä ja hidasteena käytettävän veden paine pidetään niin korkeana, jotta se ei kiehu.

Loviisan ydinvoimalaitoksen voimalaitosyksiköt pohjautuvat venäläiseen VVER-440-painevesilaitokseen. Voimalaitoksen suunnitteluvaiheessa tehtiin monia muutoksia,

jotta peruseriaatteet vastaisivat länsimaisia vaatimuksia. Lisäksi vuosien saatossa on toteutettu lukuisia ydinturvallisuutta parantavia hankkeita. Fortumia edeltänyt Imatran Voima Oy toimi pääsuunnittelijana ja projektin koordinaattorina sovittaen yhteen päätoimittajan V/O Atomenergoexportin ja muiden oleellisten toimittajien kuten Westinghousen ja Siemensin/KWUn työt.

Painevesilaitos jakautuu erillisiin primääri-, sekundääri- ja merivesipiireihin. Primääripiirin reaktorisydämessä tapahtuva hallittu fissioketjureaktio tuottaa lämpöä ja reaktorissa kiertävä korkeassa paineessa oleva vesi jäähdyttää reaktorisydämen polttoainenippuja. Reaktorissa kuumentunut vesi johdetaan höyrystimiin, joissa lämpö siirtyy sekundääripiirin alemmassa paineessa olevaan veteen, höyrystäen sen. Syntynyt höyry johdetaan turbiineille. Turbiinien kanssa samalla akselilla oleva generaattori tuottaa sähköä valtakunnan kantaverkkoon ja voimalaitoksen omaan käyttöön. Turbiinista höyry johdetaan lauhduttimeen, jossa höyry lauhtuu vedeksi, ja lauhtunut vesi pumpataan takaisin höyrystimiin. Lauhdutinta jäähdytetään erillisen merivesipiirin avulla. Jäähdytyksessä käytetty merivesi johdetaan lämmentyneenä takaisin mereen. Jäähdytysveteen ei missään vaiheessa sekoitu primääripiirin radioaktiivisia vesiä. Kuva 1-1 on periaatekuva painevesilaitoksen toimintaperiaatteesta ja taulukossa 1-1 on esitetty Loviisan voimalaitosyksiköiden tietoja ja tunnuslukuja.

1.3.2 Tuotanto

Loviisan voimalaitosta käytetään sähkön peruskuorman tuotantoon, eli voimalaitosyksiköitä käytetään yleensä tasaisesti täydellä teholla sähköenergian jatkuvan vähimmäistarpeen tyydyttämiseksi. Voimalaitosyksiköiden alkuperäinen nimel-

Taulukko 1-1. Loviisan voimalaitoksen laitosyksikkökohtaisia tietoja ja tunnuslukuja.

Voimalaitosyksiköiden tietoja	
Käynnistys / kaupallinen käyttö	1977 / 1977 (Loviisa 1) 1980 / 1981 (Loviisa 2)
Reaktorityyppi	Painevesireaktori (VVER-440)
Sähköteho (netto)	507 MW
Lämpöteho	1500 MW
Hyötysuhde	34 %
Vuosittainen sähköntuotanto	noin 4 TWh
Vesistöön johdettava lämpöteho	noin 1000 MW
Primääripiirin paine	122,5 bar
Sekundääripiirin paine	44 bar
Jäähdytysveden tarve	22 m³/s
Polttoaineen määrä	37,4 tonnia uraania
Polttoainenippujen lukumäärä	313
Reaktorisydämen korkeus ja halkaisija	2,42 m ja 2,73 m
Höyrystimien lukumäärä	6
Turbogeneraattoreiden lukumäärä	2

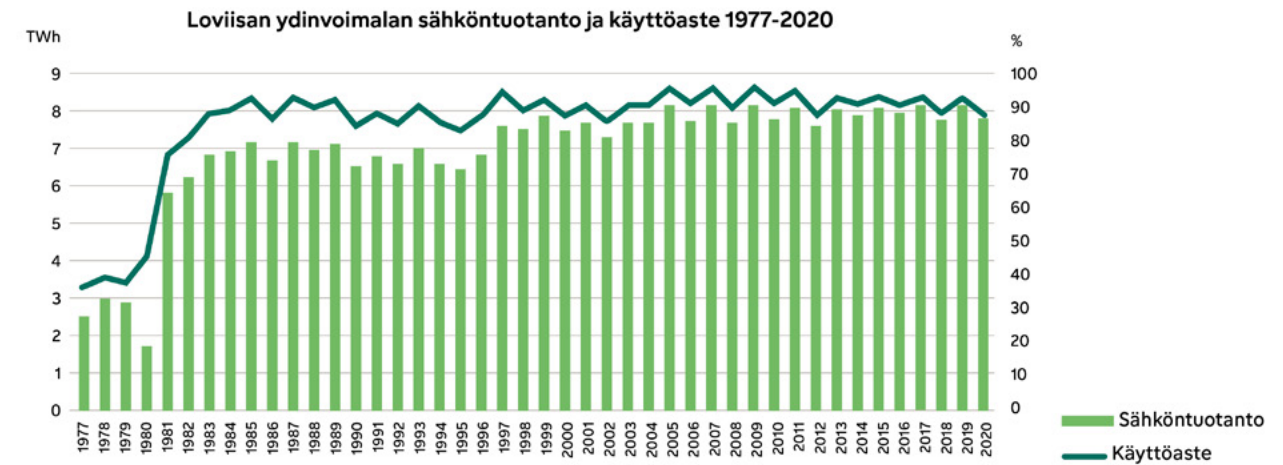
lissähköteho oli 440 MW. Vuonna 1997 Loviisan voimalaitoksella toteutettiin modernisaatiahankkeen yhteydessä voimalaitoksen tehonkorotus, jolloin reaktorien nimellislämpöteho kasvoi 1 375 MW:sta 1 500 MW:iin. Tällöin laitosyksiköiden

nimellissähköteho nousi 488 MW:iin. Voimalaitosyksiköiden hyötysuhdetta on parannettu useaan otteeseen, ja nykyään kummankin laitosyksikön nettosähköteho on 507 MW. Voimalaitosyksiköiden kokonaishyötysuhde on noin 34 %. Loviisan voimalaitoksen tuotanto on vuoden 1997 tehonkorotuksen jälkeen ollut noin 8 TWh vuodessa. Tämä vastaa noin kymmenesosaa Suomen vuotuisesta sähkönkulutuksesta.

Voimalaitoksen suunniteltu käyntiaika vuodessa on noin 8 000 tuntia. Voimalaitosyksiköt pyritään pitämään käynnissä täydellä teholla yhtäjaksoisesti. Laitosyksiköitä voidaan myös ajaa pienemmällä teholla, mikäli tähän ilmenee tarvetta. Tavallisesti käyttöjakson katkaisee kerran vuodessa heinä- ja lokakuun välillä pidettävä vuosihuolto. Vuosihuollossa tehdään muutos- ja huoltotöitä, tarkastuksia sekä polttoaineen lataus. Huolto tehdään yhdelle voimalaitosyksikölle kerrallaan, ja se kestää 2–8 viikkoa. Tyypillisesti yhden voimalaitosyksikön huoltojakson aikana toinen yksiköistä pidetään käynnissä. Molemmilla voimalaitosyksiköillä on laajemmat vuosihuollot neljän vuoden välein. Laajimmat ja kestoaltaan pisimmät vuosihuollot tehdään kahdeksan vuoden välein.

Loviisan voimalaitoksen käytettävyyttä ja käyttökertoimet ovat olleet erinomaiset. Esimerkiksi vuonna 2020 käyttökerroin oli Loviisa 1:lle 83,8 % ja Loviisa 2:lle 91,7 %. Käyttökerroin kuvaa todellisen tuotannon osuutta teoreettisesta maksimista eli sellaisesta tilanteesta, jossa voimalaitosta käytettäisiin täydellä teholla koko vuosi. Kuvassa 1-2 esitetään käyttökerroin ja sähköntuotanto voimalaitoksen käyttöhistorian aikana.

Loviisan voimalaitos kuuluu turvallisuudeltaan ja käytettävyydeltään maailman parhaiden ydinvoimalaitosten joukkoon. Turvallisuutta ja toimintavarmuutta mittaavat tunnusluvut ovat olleet Loviisan voimalaitoksella koko käyttöhistorian ajan hyviä. Loviisan voimalaitoksen toiminta on sertifioitu ISO 14001 -ympäristöstandardin ja ISO 45001 -työterveys- ja turvallisuusjärjestelmästandardin mukaisesti.

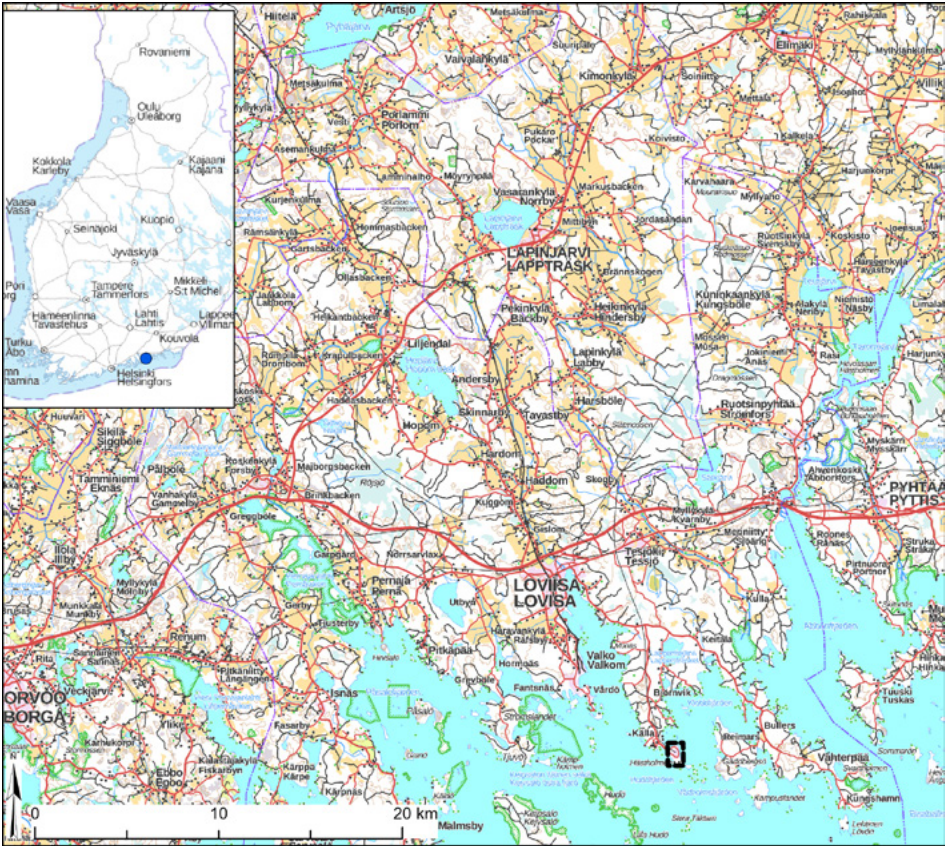


Kuva 1-2. Loviisan voimalaitoksen sähköntuotanto ja käyttökerroin voimalaitoksen historian aikana.

1.3.3 Sijainti

Fortumin Loviisan voimalaitos sijaitsee noin 12 km päässä Loviisan kaupungin keskustasta Lappomin kylässä Hästholmenin saarella (Kuva 1-3 ja Kuva 1-4). Mantereen puolella sijaitsevat voimalaitoksen tukitoimintaan, muun muassa

vartiointiin ja vuosihuollon työvoiman tilapäiseen majoitukseen, tarvittavat rakennukset ja rakenteet. YVA-menettelyssä tarkasteltavaan voimalaitoksen käytön jatkamiseen ja käytöstäpoistoon liittyvät toiminnot sijaitsevat nykyisellä voimalaitosalueella ja sen lähiympäristössä.



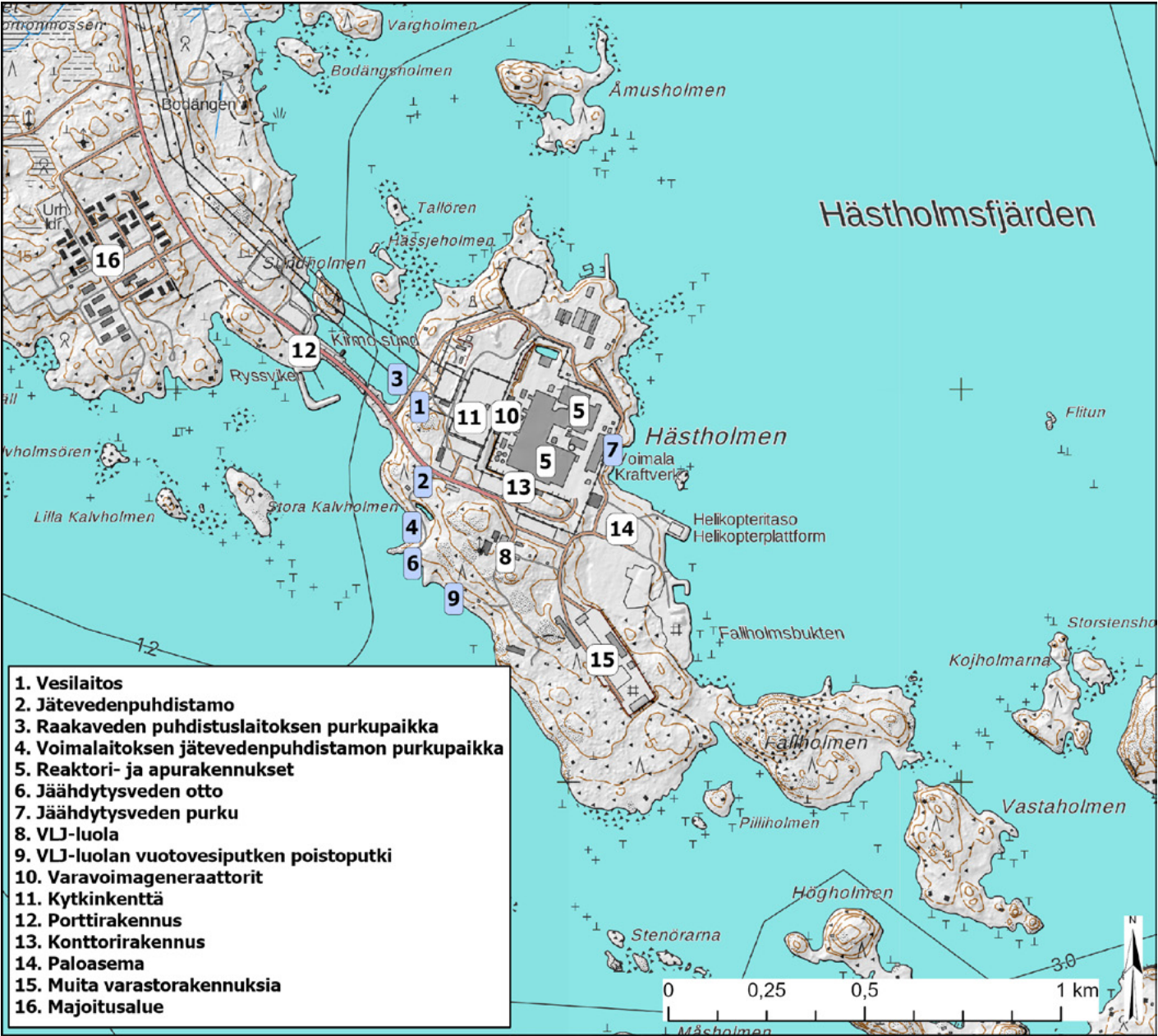
Kuva 1-3. Loviisan voimalaitoksen sijainti.



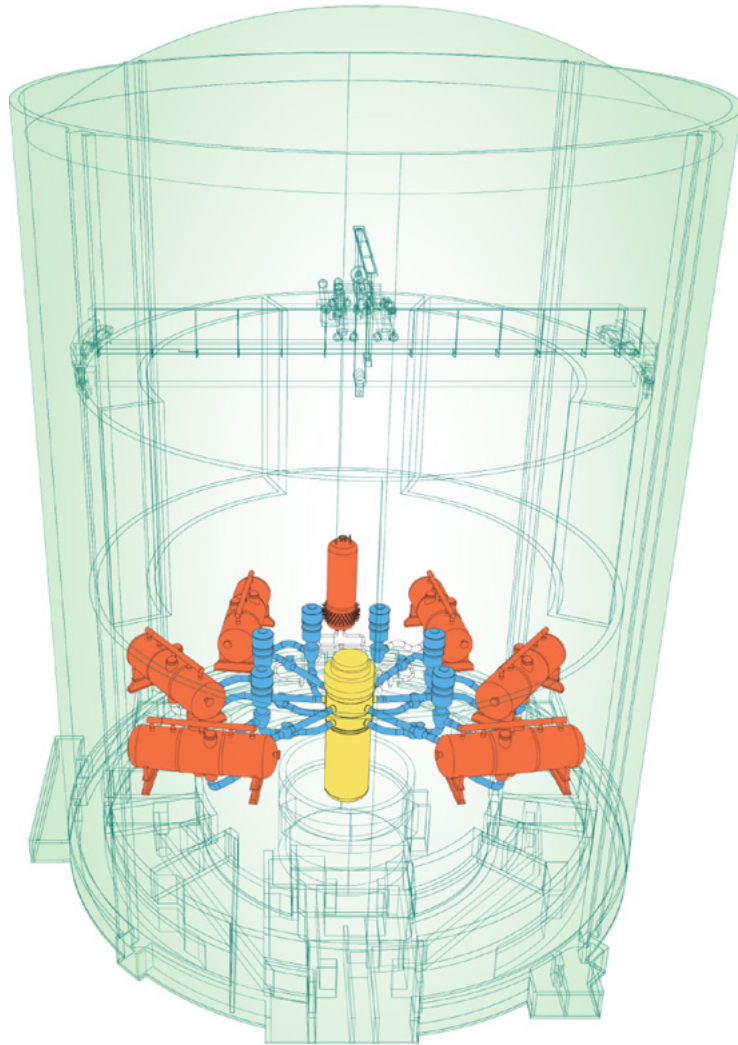
Kuva 1-4. Ilmakuva Loviisan voimalaitosalueesta.

1.3.4 Voimalaitosalueen toiminnot

Loviisan voimalaitosalueutta esittävässä havainnekuvassa (Kuva 1-5) on esitetty alueella sijaitsevat keskeisimmät rakennukset ja toiminnot.



Kuva 1-5. Loviisan voimalaitosalueen keskeisimmät rakennukset ja toiminnot.



Kuva 1-6. Reaktorirakennuksen havainnekuva ja primääripiirin pääkomponenttien sijainti. Reaktoripainesäiliö on merkitty keltaisella, kuusi höyrytintä sekä paineistin punaisella ja reaktorin jäähdytysjärjestelmän pääkiertopiirit sinisellä.

1.3.4.1 Reaktori- ja suojarakennus

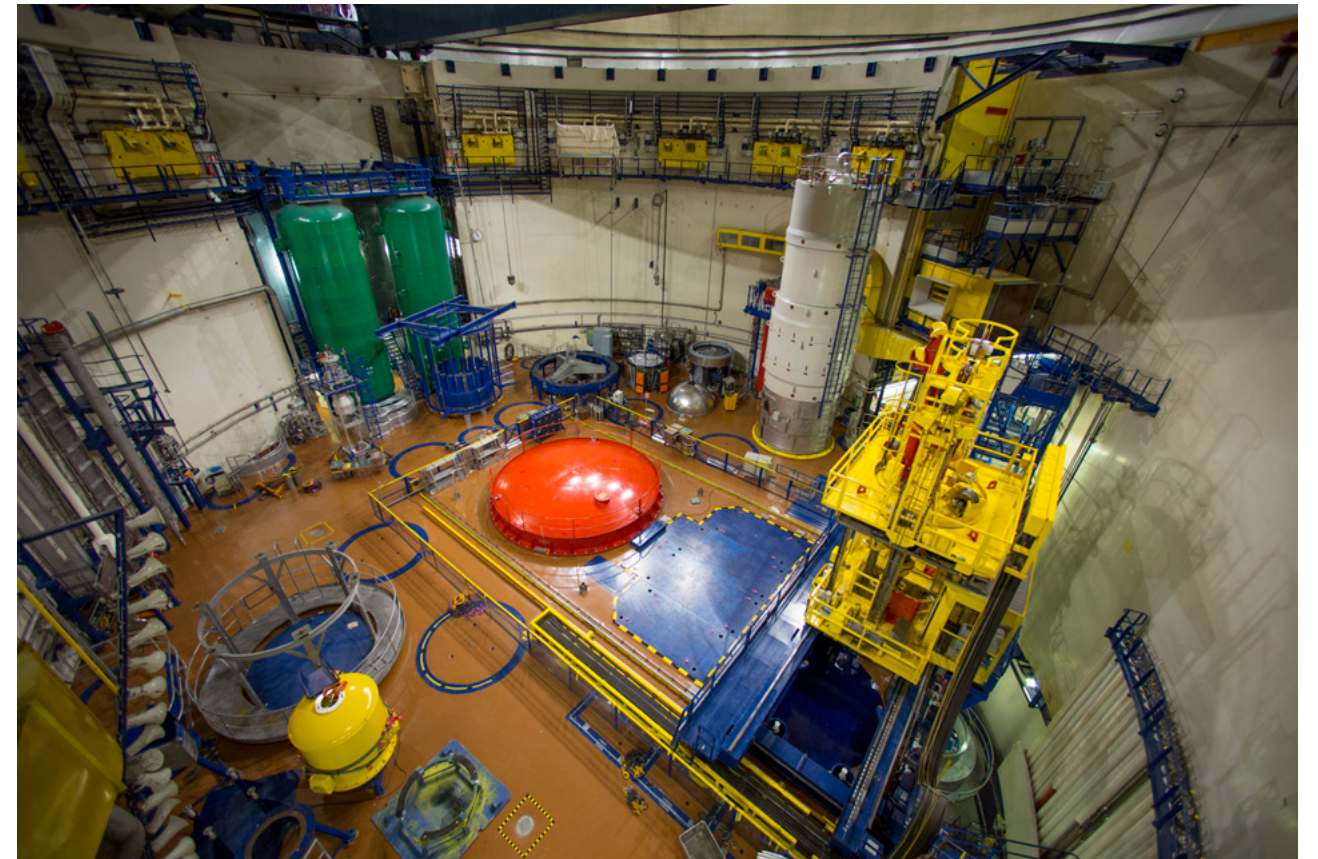
Molemmilla voimalaitosyksiköillä on omat reaktori- ja suojarakennukset, joissa sijaitsevat muun muassa pääkiertopiiri (primääripiiri) ja siihen kuuluvat komponentit kuten reaktoripainesäiliö, höyrytimet sekä paineistin.

Suojarakennus, jossa reaktorin primääripiiri sijaitsee, on painetta kestävä ja kaasutiivis. Suojarakennus koostuu puolipallon muotoisesta kupolista, sylinterimäisestä keskiosasta sekä tasopohjasta. Tasopohjan keskiosassa on syvennys, nk. reaktorikuoppa, jonka seinärakenteet kannattelevat reaktoripainesäiliötä. Suojarakennus jakautuu ylä- ja alatilaan sekä niitä erottavaan päätasoon. Kuvassa 1-6 esitetään havainnekuva reaktorirakennuksesta ja sen sisällä olevasta suojarakennuksesta pääkomponentteineen. Kuvassa 1-7 on esitetty suojarakennuksen sisätilat.

Suojarakennukseen on sijoitettu primääripiirin lisäksi

esimerkiksi primääriveden puhdistusjärjestelmä, matalapaineisen hätäjäähdytysjärjestelmän painehätäsisävesisäiliöt, ilmastointilaitteita, jäälauhdutin, ydinpolttoaineen vaihtolatasallas, latauskone sekä nosto- ja kuljetusvälineet huoltotöitä ja polttoaineen kuljetusta varten. Suojarakennusta ympäröi reaktorirakennus, joka suojaa suojarakennusta ulkoisilta ilmiöiltä ja toimisi onnettomuudessa säteilysuojana. Reaktorirakennuksen sylinteriosa on teräsbetonirakenteinen. Reaktorirakennukseen on suojarakennuksen lisäksi sijoitettu esimerkiksi hätäjäähdytysjärjestelmät sekä suojarakennuksen vaihtolatasaltaan jäähdytysjärjestelmä.

Materiaali- ja henkilöliikenne suojarakennukseen tapahtuu materiaali- ja henkilökulkuaukkojen kautta ja lisäksi varalla on yksi hätäkuuaukko. Kulkuaukot ovat kahdella erillisellä ovella varustettuja ilmalukkoja.



Kuva 1-7. Suojarakennuksen sisätilat. Kuvan vasemmassa laidassa näkyvät vihreät painehätäsisävesisäiliöt. Kuvan keskellä näkyy punainen reaktorin suojakansi, ja sen vieressä sinisillä kansilla peitetty polttoaineen vaihtolatasallas. Latauskone näkyy kuvan oikeassa laidassa keltaisena.

1.3.4.2 Apurakennus ja katettu säiliöalue

Molemmilla voimalaitosyksiköillä on omat apurakennuksen, joissa sijaitsevat muun muassa primääripiirin uloslaskuvesien puhdistusjärjestelmät, osa ilmastointijärjestelmistä, radioaktiivisten poistokaasujen käsittelyjärjestelmät, puhdas ja aktiivinen välijäähdytyspiiri, osa sivumerivesipiiristä, osa näytteenotoista, lisävesijärjestelmät muiden järjestelmien putkistoja ja laitteita, korjaamoita ja varastoja. Loviisa 1:n ja Loviisa 2:n apurakennuksia yhdistää yhdyskäytävä, josta pääsee yksiköiden yhteiseen sosiaalirakennukseen. Yhdyskäytävän välittömässä läheisyydessä sijaitsee noin 100 metriä korkea ilmanvaihtopiippu, johon kaikki valvonta-alueen ilmastointijärjestelmien poistoilmat ohjataan.

Loviisa 1:n ja Loviisa 2:n apurakennuksien vieressä sijaitsevat katetut säiliöalueet. Katetulla säiliöalueella sijaitsevat

mm. booriliuossäiliöt sekä aktiivisen veden säiliöhuoneet.

Loviisa 1:n ja Loviisa 2:n apurakennukset eroavat toisistaan jonkin verran siellä olevien järjestelmien osalta. Loviisa 1:n apurakennuksessa sijaitsee esimerkiksi tuoreen polttoaineen varasto, kun taas Loviisa 2:n apurakennuksessa sijaitsee yksiköiden yhteiset käytetyn polttoaineen välivarastot. Loviisa 2:n apurakennuksen yhteyteen on myös sijoitettu vakavan reaktorionnettomuuden valvomorakennus.

1.3.4.3 Turbiini- ja valvomorakennus sekä muut sekundääripiiriin liittyvät rakennukset

Turbiinirakennukseen on sijoitettu molempien laitossyksiköiden höyryturbiinit, generaattorit ja lauhduttimet apujärjestelmiseen. Turbiinit on sijoitettu pitkittäin reaktorirakennukseen

nähdén. Generaattorit sijaitsevat turbiinien jatkona samassa linjassa, ja lauhduttimet sijaitsevat turbiinien alapuolisissa tiloissa. Turbiinirakennuksen yhteydessä sijaitsee myös Loviisa 1:n merivesipumppaamo, jonka läheisyydessä pihalla sijaitsevat laitoslisävesijärjestelmän neljä säiliötä. Loviisa 2:n laitosyksikön merivesipumppaamo on turbiinirakennuksesta erillinen rakennus voimalaitosalueella. Merivesipumppaamoissa sijaitsevat päämerivesipiirien sekä sivumerivesipiirien pumput.

Turbiinirakennuksen yhteydessä olevassa valvomorakennuksessa ovat yksiköiden päävalvomot sekä tilat yksiköiden sähkö- ja automaatiolaitteille. Päävalvomoista valvotaan ja ohjataan primääri- ja sekundääripiirin sekä sähköntuotantoon liittyviä toimintoja, ja ne toimivat myös koko voimalaitoksen viestikeskuksena. Päävalvomoiden yläpuolella sijaitsevat voimalaitoksen syöttövesisäiliöt, joista pääsyöttövesipumput pumppaavat vettä esilämmittimien kautta höyrystimille. Valvomorakennuksen yhteyteen on rakennettu uudet automaatorakennukset.

Valvomorakennuksen läheisyydessä sijaitsee varajälkilämpönpoistojärjestelmän pumppaamorakennus ja rakennuksen yläpuolelle on rakennettu ilmajäähdytysjärjestelmä eli nk. jäähdytystornit. Järjestelmällä voidaan tarvittaessa siirtää reaktorilaitoksessa syntynyt jälkilämpö ilmakehään tilanteessa, jossa ensisijainen lämpönielu eli merivesi ei jostakin syystä olisi käytettävissä reaktorin jäähdytykseen.

1.3.4.4 Jäähdytysveden otto ja purku

Loviisan voimalaitoksella käytetään merivettä erilaisiin jäähdytyksiin. Pääasiallinen käyttö on turbiinien höyryn lauhduttaminen. Jäähdytysvesi otetaan voimalaitokselle rantaottona Hästholmenin saaren länsipuolelta Hudöfjärdeniltä ja puretaan takaisin mereen saaren itäpuolelle Hästholmsfjärdenille. Jäähdytysveden ottoa ja purkua on kuvattu tarkemmin luvussa 4.2.

1.3.4.5 Käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto

Reaktorista poistettua käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan ensin reaktorirakennuksen vaihtolatausaltaassa 1-3 vuotta ja sen jälkeen loppusijoitukseen saakka vesialtaissa käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoissa (KPA varastot). Käytetyn polttoaineen välivarastot 1 ja 2 (KPA1 ja KPA2) sijaitsevat Loviisa 2:n apurakennuksessa. Polttoaineen siirrot reaktorirakennuksen ja polttoainevaraston välillä tehdään säteilysuojatulla vesitäytteisellä siirtosäiliöllä.

Käytetyn polttoaineen välivarastointiajaksi Loviisan voimalaitoksella oli alun perin suunniteltu kolme vuotta ennen polttoaineen palautusta takaisin Neuvostoliittoon/Venäjälle. Tämän takia voimalaitokselle suunniteltiin alun perin yksi käytetyn polttoaineen välivarasto. Myöhemmin varastointiajaksi sovittiin vähintään viisi vuotta, minkä vuoksi

käytetyn polttoaineen välivarastointikapasiteettia lisättiin rakentamalla vuonna 1984 toinen käytetyn polttoaineen välivarasto. Ydinenergialakiin 1994 tehdyn muutoksen jälkeen kaikki Suomessa syntynyt ydinjäte on varastoitava ja loppusijoitettava Suomeen. Tästä lakimuutoksesta johtuen käytetyn polttoaineen välivarastoa 2 laajennettiin neljällä lisäaltaalla vuonna 2000.

Toiminnan kannalta käytetyn polttoaineen välivarastoissa on kaksi aluetta; polttoaineen käsittelyalue ja varsinainen varastointialue. Molemmissa varastoissa siirtosäiliö nostetaan käsittelyalueelle ja kuormausaltaaseen nosturilla. Käytetyn polttoaineen välivarastossa 1 varastoaltaita on kaksi ja niissä polttoaineniput varastoidaan siirtokoreissa. Polttoaineen siirtokorit nostetaan kokonaisina siirtosäiliöstä nosturilla ja siirretään varastoaltaaseen. Käytetyn polttoaineen välivarastossa 2 on seitsemän varastoallasta ja polttoaineniput varastoidaan polttoainetelineissä. Siirtosäiliöstä polttoaineniput siirretään yksitellen polttoaineen siirtokoneella polttoainetelineeseen.

1.3.4.6 Nestemäisten jätteiden varasto ja kiinteytyslaitos sekä kuivien jätteiden käsittelytilat

Nestemäisiä radioaktiivisia jätteitä välivarastoidaan aluksi nestemäisten jätteiden varastossa, jossa on kahdeksan 300 m³ varastosäiliötä. Sieltä ne siirretään putkilinjoja pitkin kiinteytyslaitokselle. Kiinteytyslaitoksella nestemäiset radioaktiiviset jätteet käsitellään ja kiinteytetään tiiviiksi jätepakkaukseksi, joka loppusijoitetaan voimalaitosalueella sijaitsevaan matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen (VLJ-luola) kiinteytetyn jätteen tilaan.

Kuivien jätteiden käsittelytilat sijaitsevat apurakennuksessa. Kuivien jätteiden välivarastotiloja on sekä voimalaitoksella, VLJ-luolassa että voimalaitosalueella sijaitsevilla erillisissä halleissa. Halleja käytetään lähinnä valvonnasta vapautettavan jätteen välivarastointiin.

1.3.4.7 Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitos (VLJ-luola)

Voimalaitoksen käytön aikana muodostuu matala- ja keskiaktiivista jätettä, jotka loppusijoitetaan Hästholmenin saarella voimalaitosalueen kallioperään noin 110 metrin syvyyteen louhittuun VLJ-luolaan. VLJ-luola on erillinen ydinenergialain ja -asetuksen tarkoittama ydinlaitos, mutta sitä käytetään kiinteästi Loviisan voimalaitoksen yhteydessä ja voimalaitoksen toimintoihin integroituna. VLJ-luolan tilat sijaitsevat saarella siten, etteivät ne missään kohdassa sijoitu meren eikä olemassa olevien voimalaitosyksiköiden tai laitospaikkavarausten alle. Loppusijoitustilat on suunniteltu siten, että merkittävät kallioperässä luonnollisesti esiintyvät vettä johtavat rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja. VLJ-luola on rakennettu 1990-luvulla, ja sitä on laajennettu vuosina 2010-2012.

VLJ-luola koostuu tällä hetkellä seuraavista tiloista ja niihin liittyvistä toiminnoista (Kuva 1-8):

- 1. tilat huoltojätteille (3 kpl)
- 2. kiinteytetyn jätteen tila
- 3. ajotunneli
- 4. yhdystunneli
- 5. henkilökuilu
- 6. ilmanvaihtokuilu.

Loppusijoitustilojen yhteyteen on suunniteltu louhittaviksi myös Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistojätteen loppusijoitustilat, jonne kaikki voimalaitoksen käytöstäpoistosta syntyvä radioaktiivinen jäte voidaan aikanaan loppusijoittaa. Käytöstäpoistoa ja VLJ-luolan laajentamista on tarkemmin kuvattu luvussa 5.

1.3.4.8 Dieselgeneraattorit ja -moottorit

Kummankin voimalaitosyksikön turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden vaihtosähkönsyöttöä varmentaa neljä toisistaan eroteltua sähköteholtaan 2,8 megawatin (MW) hätädiezelgeneraattoria. Hätädiezelgeneraattoreiden käyttö rajoittuu viikoittaisiin koeajoihin ja vuosihuollon yhteydessä

tehtävään 10 tunnin koeajoon.

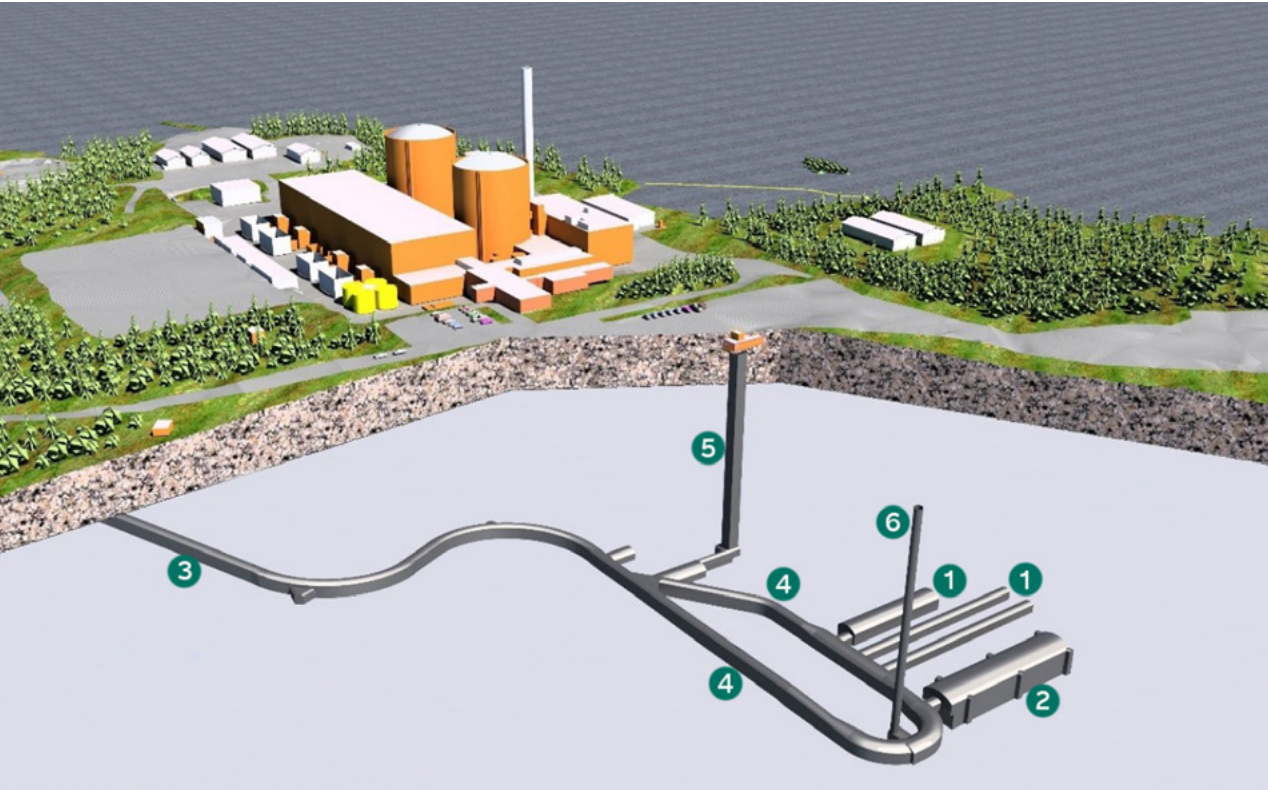
Voimalaitosalueella sijaitseva erillinen sähköteholtaan 9,7 MW dieselvaravoimalaitos toimii Loviisan voimalaitoksen ulkoisista verkkoyhteyksistä riippumattomana varasyöttöyhteytenä. Yksiköllä turvataan ydinvoimalaitoksen turvallisuustoimintoja silloin, jos hätädiezelgeneraattorit ja sähkön syöttö valtakunnallisista sähkönsiirtoverkoista eivät olisi käytettävissä. Dieselvaravoimalaitosta koekäytetään kuuden viikon välein noin tunnin ajan kerrallaan.

Voimalaitosalueella sijaitsee edellä mainittujen lisäksi vakavan reaktorionnettomuuden dieselgeneraattorit ja pieniä dieselmoottoreita varahätäsyöttövesijärjestelmässä ja palovesipumppaamossa.

Vaihtoehtoisena sähkölähteenä hätädiezelgeneraattoreille toimii lisäksi 20 kilovoltin (kV) yhteys läheiseltä Ahvenkosken vesivoimalaitokselta.

1.3.4.9 Vesilaitos ja jätevedenpuhdistamo

Voimalaitoksen käyttövesi valmistetaan voimalaitosalueella sijaitsevalla raakavedenpuhdistuslaitoksella eli ns. vesilaitoksella. Raakavedestä valmistettua käyttövettä käytetään voimalaitoksen prosessi-, palo-, pesu- ja huuhteluvetenä



Kuva 1-8. Loviisan voimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitos (VLJ-luola) nykyisessä laajuudessaan. Layout: Timo Kirkkomäki, Fortum.

sekä talousvetenä. Vedenpuhdistus vesilaitoksella perustuu kemikalointiin, flotaatioselkeytykseen ja hiekkasuodatukseen. Puhdistettua vettä on kahdessa talousvesialtaassa, joiden tilavuudet ovat 140 m³ ja 160 m³, sekä kahdessa kallio-vesialtaassa, joiden molempien tilavuus on 1500 m³.

Voimalaitosalueella sijaitsee myös kemiallis-biologinen jätevedenpuhdistamo, jossa käsitellään voimalaitosalueen ja siihen liittyvän majoitusalueen talousjätevedet. Puhdistamolla käsitelty talousjätevedet johdetaan purkuviemäriä pitkin Hudöfjärdeniin.

Vesilaitoksella valmistettua käyttövettä johdetaan pieniä määriä myös Oy Loviisan Smoltti Ab:n ja Svartholman linnoituksen käyttöön, sekä niiden jätevesiä otetaan vastaan käsiteltäväksi voimalaitosalueen jätevedenpuhdistamolle.

1.3.4.10 Muita alueen rakennuksia ja toimintoja

Loviisa 1:n **laboratoriorakennuksessa** sijaitsevat radioke-mian laboratorio, vesi- ja öljylaboratorio sekä laittiloja. Molempien laitossyksiköiden prosesseista otetaan näytteitä, joista tehdään kemiallisia ja radiokemiallisia analyysejä, joiden perusteella ohjataan laitoksen vesikemiaa sekä seurataan ja valvotaan laitoksen prosessien, päästöjen ja jätteiden tilaa. Vastaavassa kohtaa Loviisa 2:lla sijaitsee **huoltorakennus**. Huoltorakennuksessa sijaitsevat varasto, korjaamo ja laittiloja.

Henkilökulku voimalaitokselle tapahtuu **konttori- ja toimis-torakennuksen** kautta. Rakennuksessa on voimalaitoksen henkilökunnan työskentelytilojen lisäksi myös tiloja erilaisia palvelutoimintoja varten, kuten keittiö ja ruokala, kokous-tiloja, arkistoja sekä valmiuskeskus. Alueella sijaitsee myös

muita toimistorakennuksia. **Koulutusrakennuksessa** ja sen läheisyydessä sijaitsevissa simulaattorirakennuksissa sijaitsevat koulutukseen soveltuvat tilat.

Voimalaitossyksiköiden apurakennuksien välissä sijaitsee **sosiaalirakennus**. Vuosihuollon aikana rakennuksessa sijaitsee runsaasti urakoitsijoiden työpisteitä ja rakennuksessa on myös kulkuyhteys valvonta alueelle, jossa radioaktiivisia aineita sisältävät järjestelmät sijaitsevat.

Loviisan voimalaitoksen **paloasemalla** toimii voimalaitoksen oma palokunta, joka on jatkuvasti hälytysvalmiudessa. Hälytystilanteessa palokunnan tehtävänä on sammutus- ja pelastustoiminnan käynnistäminen ja johtaminen, kunnes pelastusviranomainen ilmoittaa ottavansa johtovastuun. Voimalaitosalueella sijaitsevat myös erilliset palovesi-pumppaamot.

Turbiinirakennuksen takana sijaitsevat muuntajat sekä **kytkinkenttä**. Kytinkentän kautta voimalaitoksella tuotettu sähkö siirretään valtakunnan verkkoon. Sähkönsiirto kantaverkkoon toteutetaan 400 kV:n voimalinjoilla. Sähkön syöttöön kantaverkosta voimalaitokselle käytetään 110 kV voimalinjayhteyttä.

Voimalaitoksen **porttirakennus** sijaitsee mantereen puolella Kirmussalmen tiepenkereen ja sillan kupeessa. Portilla valvotaan kulkua voimalaitosalueelle. Voimalaitoksen porttirakennuksen luona sijaitsee voimalaitoksella työskentelevien käyttöön tarkoitettu pienvenesatama.

Voimalaitoksen **majoitusalue** sijaitsee mantereen puolella porttirakennuksesta luoteeseen. Majoitusalue on tarkoitettu voimalaitosalueella tilapäisesti esimerkiksi vuosihuoltojen aikaan työskenteleville henkilöille.

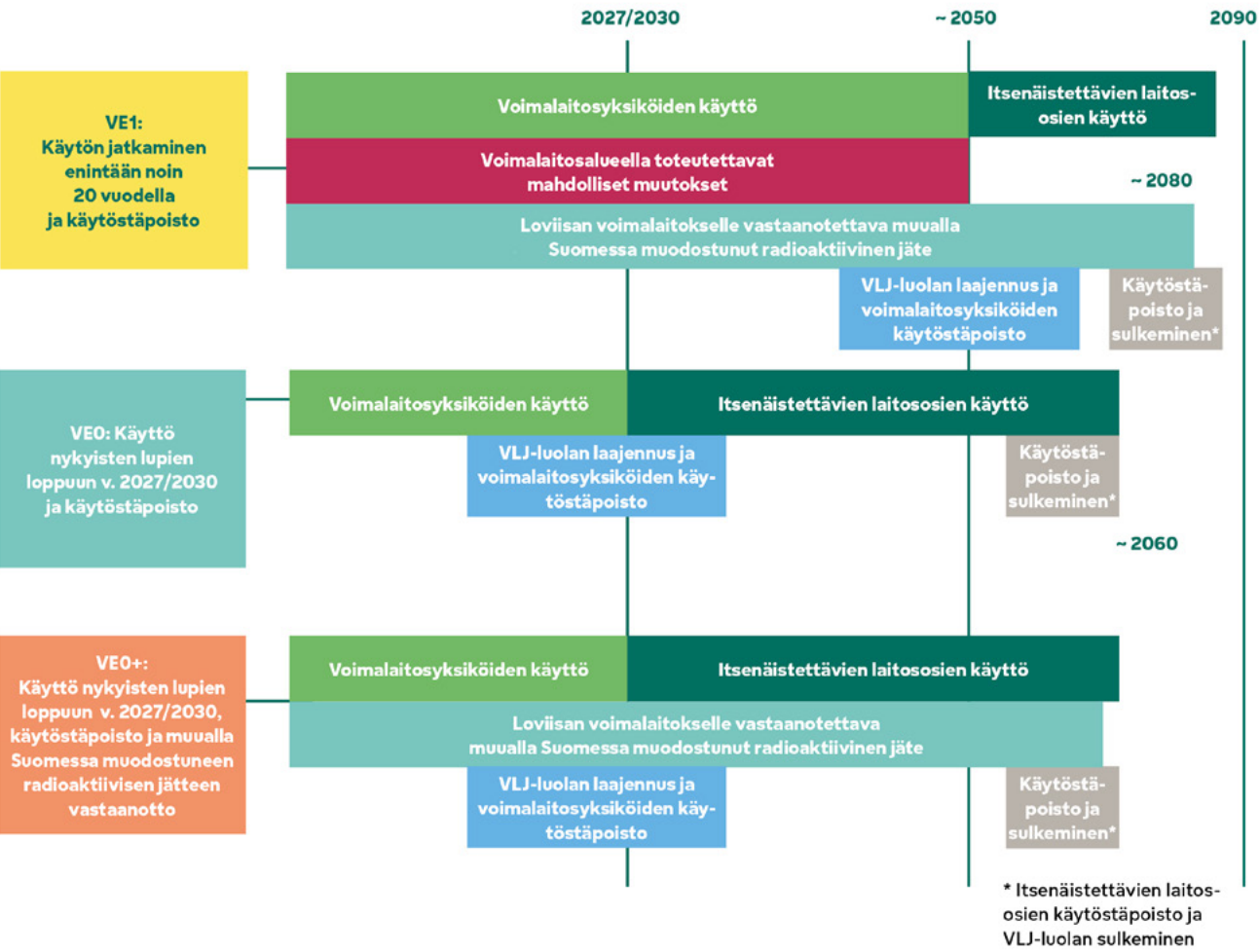


2. Arvioitavat vaihtoehdot

Hankkeen toteutusvaihtoehtona tarkastellaan voimalaitoksen käytön jatkamista nykyisen käyttölupajakson jälkeen enintään noin 20 vuodella (vaihtoehto VE1) sekä kahta erilaista voimalaitoksen käytöstäpoistoon liittyvää nollavaihtoehtoa (vaihtoehto VE0 ja vaihtoehto VE0+). Useimmissa YVA-menettelyissä nollavaihtoehtona on hankkeen toteuttamatta jättäminen, mutta koska tässä YVA-menettelyssä tarkastellaan jo olemassa olevaa toimintaa, toteuttamatta jättäminen ei ole mahdollista. Tämän YVA-menettelyn nollavaihtoehtoisissa voimalaitoksen käyttöä ei jatketaisi, vaan voimalaitosyksiköt poistetaan käytöstä nykyisen käyttölupajakson jälkeen. Tarkasteltavat vaihtoehdot on kuvattu lyhyesti taulukossa 2-1 ja kuvassa 2-1.

Taulukko 2-1. YVA-menettelyssä tarkasteltavat vaihtoehdot.

Vaihtoehto	Kuvaus
Käytön jatkaminen (VE1)	Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen enintään noin 20 vuodella nykyisen käyttölupajakson jälkeen, minkä jälkeen käytöstäpoisto. Vaihtoehtoon kuuluu lisäksi: • Käytön jatkamiseen liittyvät muutokset (mm. voimalaitosalueen uudet rakennukset, käyttö- ja jätevesiyhteydet, käytetyn polttoaineen välivarastojen kapasiteetin kasvattaminen tai toisen varaston (KPA2) laajentaminen). • Käytöstäpoistoon liittyvät toiminnot kuten VE0 ja VE0+. • Mahdollisesti muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus.
Käytöstäpoisto (VE0)	Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto nykyisen lupajakson (v. 2027/2030) jälkeen.
Käytöstäpoisto (VE0+)	Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto nykyisen lupajakson (v. 2027/2030) jälkeen. • Mahdollisesti muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus.



Kuva 2-1. YVA-menettelyssä tarkasteltavat vaihtoehdot ja niiden alustava aikataulu.

2.1 KÄYTÖN JATKAMINEN (VE1)

Vaihtoehto VE1 käsittää Loviisan voimalaitoksen kaupallisen käytön jatkamisen nykyisen käyttöluopajakson jälkeen (v. 2027/2030) enintään noin 20 vuodella. Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana voimalaitoksen toiminta on saman tyyppistä kuin nykyisinkin, esimerkiksi voimalaitoksen termin tehon korotusta ei ole suunnitteilla. Jos voimalaitoksen käyttöä jatketaan, on mahdollista, että voimalaitosalueelle rakennetaan uusia rakennuksia ja rakenteita sekä tehdään modernisointeja.

Käytön jatkamiseen liittyviä mahdollisia muutoksia ovat esimerkiksi:

- Voimalaitosalueella joidenkin vanhojen rakennusten korvaaminen uusilla. Näitä ovat esimerkiksi tarkastus- tai vastaanottovarasto, ruokalarakennus, jätevesilaitos, hitsaushalli ja jätteiden varastointihalli.
- Voimalaitoksen käyttöveden hankinta kunnallisesta vesilaitoksesta ja talousjätevesien johtaminen kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon. Voimalaitoksen nykyiset käyttö- ja jätevesiyhteydet säilyisivät kuitenkin mahdollisen uuden järjestelyn rinnalla.
- Käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston laajentaminen tai vaihtoehtoisesti nykyisen välivaraston kapasiteetin kasvattaminen (esimerkiksi ydinpolttoaineen sijoittaminen nykyisen välivaraston altaisiin tiheimmin).

Loviisan voimalaitoksen YVA-ohjelmassa tarkasteltiin osana käytön jatkamisen vaihtoehtoa VE1 mahdollisuutta vesistö-rakentamistöihin Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden ottoaukon edustalla ja lähimerialueella. Teknistaloudellisiin selvityksiin perustuen vesistörakentamistöitä ei suunnitella toteutettavan ja tämän vuoksi niitä ei tarkastella ympäristö-vaikutusten arviointimenettelystä.

Vaihtoehtoon VE1 kokonaisuuteen kuuluu voimalaitoksen käytöstäpoisto kaupallisen käytön jälkeen. Käytöstäpoistoon liittyvät toiminnot toteutettaisiin noin vuosina 2045–2090. Luvussa 2.2 on kuvattu käytöstäpoistoon kuuluvat toiminnot.

Yhtenä osana käytön jatkamisen vaihtoehtoa (VE1) har- kitaan työ- ja elinkeinoministeriön asettaman kansallisen ydinjätehuollon yhteistyöryhmän suositusten mukaisesti (TEM 2019) mahdollisuutta vastaanottaa, käsitellä, väliva- rastoida ja loppusijoittaa pieniä määriä muualla Suomessa, esimerkiksi tutkimuslaitoksissa, teollisuudessa, sairaaloissa tai yliopistoissa, syntynyttä radioaktiivista jätettä Loviisan voimalaitosalueella. Koska Loviisan voimalaitoksella on jo olemassa radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn ja loppusi- joittamiseen soveltuvat toiminnot sekä tilat, olisi luontevaa ja ydinjätehuollon yhteistyöryhmän kannan mukaista, että nämä olisivat käytettävissä osana yhteiskunnallista koko- naisratkaisua.

Muualla Suomessa syntyneen jätteen vastaanottoa Lovi- san voimalaitoksella arvioidaan jäte-eräkohtaisesti ottaen huomioon jätteen vaatimat ja käytettävissä olevat käsittely-, pakkaus-, varastointi- ja loppusijoitusmenetelmät. Lähtö- kohtaisesti menetelmät soveltuvat sellaiselle jätteelle, jotka radioaktiivisuudeltaan ja muilta ominaisuuksiltaan muistutta- vat matala- ja keskiaktiivista ydinlaitosjätettä.

2.2 KÄYTÖSTÄPOISTO (VE0)

Vaihtoehdossa VE0 tarkastellaan voimalaitoksen käytöstä- poistoa nykyisen käyttöluopajakson jälkeen (v.2027/2030).

Käytöstäpoisto sisältää Loviisan voimalaitoksen radioaktii- visten järjestelmien ja laitteiden purkamisen sekä radioaktii- visten käytöstäpoistojätteiden loppusijoittamisen VLJ-luolan nykyisiin ja tarpeen mukaan rakennettaviin uusiin tiloihin. Lisäksi käytöstäpoistoon sisältyy tiettyjen jätehuoltoon liit- tyvien toimintojen ja laitososien itsenäistäminen siten, että kyseiset itsenäistetyt laitososat voivat toimia ilman voima- laitosyksiköitä. Vaihtoehtoon VE0 tapauksessa VLJ-luolan käyttö jatkuisi noin 2060-luvulle.

Voimalaitoksen käytön aikana valmistaudutaan käytöstä- poistoon, johon kuuluvat muun muassa seuraavat toiminnot:

- VLJ-luolan käyttö ja laajentaminen siten, että voimalai- toksen käytöstäpoistossa muodostuva radioaktiivinen käytöstäpoistojäte voidaan loppusijoittaa VLJ-luolaan.
- Itsenäistettävien rakennusten ja rakenteiden (mm. käy- tetyn ydinpolttoaineen välivarasto, nestemäisen jätteen varasto ja kiinteytyslaitos) edellyttämät valmistelutyöt ja käyttö.

Käytöstäpoistovaiheeseen kuuluvat muun muassa seuraavat toiminnot:

- Voimalaitoksen purkutyöt, joiden osalta päähuomio on radioaktiivisten laitososien ja järjestelmien purkamisessa.
- Radioaktiivisten käytöstäpoistojätteiden käsittely ja loppusijoittaminen VLJ-luolaan.
- Tavanomaisten purkujätteiden käsittely ja jatko- hyödyntäminen.
- Itsenäistettyjen laitososien käyttö ja purkaminen.
- VLJ-luolan sulkeminen.

Käytöstäpoistovaiheen aikana toteutetaan myös käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset Eurajoen Olkiluotoon, jossa käytetty ydinpolttoaine kapseloidaan ja loppusijoitetaan Posiva Oy:n kapselointi- ja loppusijoituslaitoksessa (Posiva Oy 2008).

Käytöstäpoisto perustuu ensisijaisesti viimeisimpään, vuonna 2018 valmistuneeseen Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelmaan, joka kattaa radioaktiivisten laitososien purkamisen, jätteiden käsittelemisen ja radioak- tiivisen jätteen loppusijoituksen (ns. brownfield-periaate).

2.3 KÄYTÖSTÄPOISTO (VE0+)

Vaihtoehto VE0+ on muuten sama kuin vaihtoehto VE0, mut- ta tässä vaihtoehdossa huomioidaan myös Loviisan voimalai- tokselle mahdollisesti vastaanotettavien muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden käsittely, väliva- rastointi ja loppusijoitus (ks. luku 2.2).



3. Hankkeen vaiheet ja aikataulu

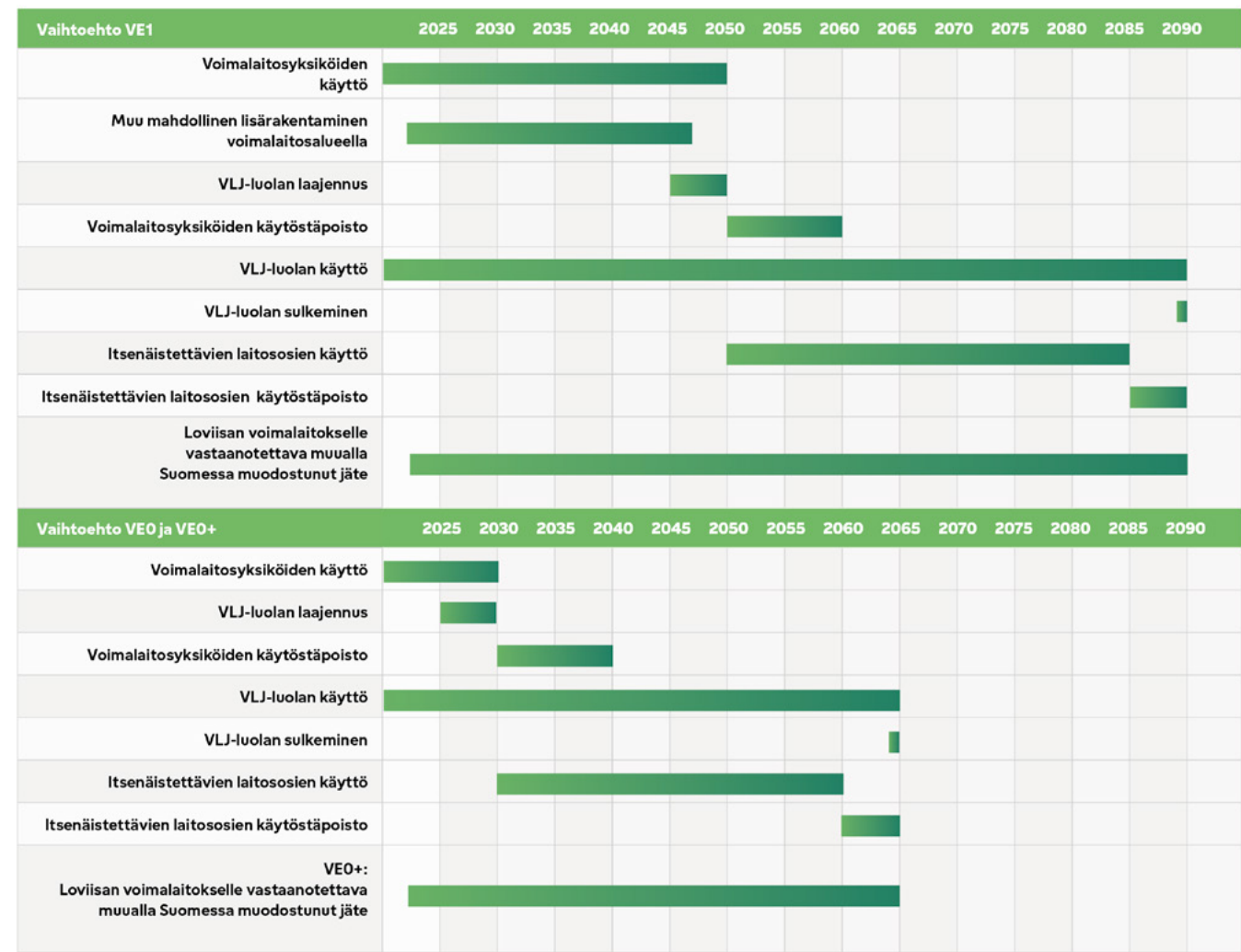
YVA-menettelyssä käsiteltävien hankevaihtoehtojen suuntaa-antavat aikatauluarviot on esitetty kuvassa 3-1. Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa (vaihtoehto VE1) kaupallista käyttöä jatkettaisiin enintään noin 20 vuodella, jolloin voimalaitosyksiköiden kokonaiskäyttöikä olisi noin 70 vuotta. Tällöin voimalaitoksen käytöstäpoiston valmisteluun liittyvä VLJ-luolan laajennus toteutettaisiin 2040-luvulla. Lisäksi tehdään valmistelevia toimenpiteitä liittyen voimalaitoksesta itsenäistettäviin laitosiin (käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto, nestemäisten jätteiden varasto ja kiinteytyslaitos). Voimalaitoksen käytöstäpoisto ajoittuisi noin vuosille 2050–2060. Itsenäistettävien laitosten käyttö jatkuisi noin 2080-luvulle, jolloin aloitetaan niiden käytöstäpoisto ja radioaktiiviset käytöstäpoistojätteet loppusijoitetaan VLJ-luolaan. VLJ-luolan käyttö jatkuisi noin vuoteen 2090.

Jos Loviisan voimalaitoksen käyttö loppuu nykyisten käytölupajaksojen päättyessä vuosina 2027 (Loviisa 1) ja 2030 (Loviisa 2), tulee lähivuosina aloittaa voimalaitoksen käytöstäpoistoon valmistautuminen (vaihtoehdot VE0 ja VE0+). Nolla-vaihtoehdoissa VLJ-luolan laajennus käytöstäpoistojätteelle on suunniteltu aloitettavan 2020-luvun puolivälissä. Tällöin

toteutetaan myös valmistelut ja tarvittavat laitosmuutokset itsenäistettävien laitosten käyttöä varten.

Itsenäistettävien laitosten käyttöaika riippuu muun muassa siitä, milloin Loviisan voimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus aloitetaan Posiva Oy:n kapselointi- ja loppusijoituslaitoksella Eurajoen Olkiluodossa. Tämänhetkisen arvion mukaan nykyisen käytölupajakson puitteissa Loviisan voimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus alkaisi 2040-luvulla, joten itsenäistettävien laitosten käyttö jatkuisi 2060-luvulle asti. Tämän jälkeen aloitetaan itsenäistettävien laitosten käytöstäpoisto, josta syntyvät radioaktiiviset käytöstäpoistojätteet loppusijoitetaan VLJ-luolaan. VLJ-luola suljetaan sen jälkeen, kun kaikki radioaktiivinen käytöstäpoistojäte on loppusijoitettu luolaan.

Muually Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan vaihtoehdoissa VE1 ja VE0+ Loviisan voimalaitokselle vielä itsenäistettävien laitosten käytön ja purkamisen aikana niin kauan kuin jätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen tarvittavat toiminnot ovat käytettävissä.



Kuva 3-1. Hankevaihtoehtojen suuntaa-antavat aikatauluarviot, jotka tarkentuvat suunnitelmien edetessä.



4.

VE1: Käytön jatkaminen

Hankevaihtoehto VE1 käsittelee Loviisan voimalaitoksen käytön jatkamista enintään noin 20 vuodella nykyisen käyttö-lupajakson jälkeen. Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana voimalaitoksen toiminta olisi saman tyyppistä kuin nykyisin-kin, esimerkiksi voimalaitoksen termisen tehon korotusta ei ole suunnitteilla. Voimalaitoksen toimintaperiaate ja tuotanto jatkuvat samanlaisina kuin nykyisen toiminnan tapaukses-sa (ks. luku 1.3). Käytön jatkamiseen liittyviä muutoksia on kuvattu seuraavissa luvuissa.

Vaihtoehtoon VE1 sisältyy myös voimalaitoksen käytöstä-poisto käytön jatkamisen jälkeen. Käytöstäpoisto on kuvattu luvussa 5, ja niiltä osin kuin käytöstäpoisto eroaa käytön jatkamisen tapauksessa on tämä kuvattu luvussa 5.9. Lisäksi vaihtoehtoon VE1 sisältyy myös luvussa 6 kuvattu muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vas-taanotto, käsittely, varastointi ja loppusijoitus.

Loviisan voimalaitoksen käytön jatkaminen edellyttää muun muassa ydinenergiain mukaista käyttölopua. Luvitus-ta on kuvattu tarkemmin luvussa 12.

4.1 IKÄÄNTYMISEN HALLINTA JA KUNNOSSAPITO

Loviisan voimalaitoksen ikääntymisen hallintaan on kiinnitetty huomioita koko voimalaitoksen käytön ajan. Hyvin johdet-tu ja korkealla ammattitaidolla suoritettu ikääntymisen hal-linta sekä kunnossapito ovat edellytyksiä ydinvoimalaitoksen turvallisen, luotettavan ja kannattavan käytön turvaamiseksi. Ikääntymisen hallintaohjelma ja menettelyt kattavat koko Loviisan voimalaitoksen. Laitososat on jaettu ikääntymisen hallinnan luokkiin perustuen niiden turvallisuusmerkitykseen, merkitykseen laitoksen käyttöikää rajoittavina osina sekä merkitykseen käytettävyydelle. Näiden laitososien laitteet on kriittisyysluokiteltu. Kriittisyysluokkien ja laitteiden vi-kaantumis- ja ikääntymismekanismien perusteella määäräyty-vät laitteelle tehtävät toimenpiteet ja seurantamenetelmät. Korkean luokan laitososien ja laitteiden toiminnan seuranta, kunnossapito-ohjelmat ja tehtävät ovat laajimmat. Ikäänty-misen hallinnan osana on myös teknologisen ikääntymisen seuranta ja riittävän varaosavarannon varmistaminen.

Lähtökohtaisesti laitteet pidetään kunnossa ja mikäli laite kuitenkin vikaantuu, se korjataan. Loviisan voimalai-toksen kunnossapito-organisaatio ja kunnossapitotoimin-to huolehtivat siitä, että käytössä tai käyttövalmiudessa oleva järjestelmä, laite tai rakenne täyttää normaalitoi-minnan käyttökuntoisuusvaatimukset. Lisäksi niiden tulee täyttää turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukaiset käyttökuntoisuusvaatimukset, joilla varaudutaan häiriö- ja onnettomuustilanteisiin. Laitteen vikataajuuden kas-vaessa, havaintojen tai muiden huomioiden perusteella määritellään toimenpiteet ja tällöin yhtenä vaihtoehtona on laitteen korvaaminen uudella. Vikataajuuden kasvu voi vaikuttaa myös todennäköisyyspohjaiseen turvallisuusa-nalyysiin, jota kuvataan luvussa 7.8.

Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana ikääntymisen hallinta ja siihen liittyvät menettelyt sekä kunnossapito jatkuvat Säteilyturvakeskuksen (STUK) valvonnassa vastaa-vanlaisesti kuin voimalaitoksen nykyisen käytön aikana. Toi-menpiteet tehdään pääosin vuosihuollon aikana siten, että työnaikainen turvallisuusvaikutus on mahdollisimman pieni.

Voimalaitoksen käytön ja ikääntymisen hallinnan perus-teella on tunnistettu seuraavat selvitys-, kehitys- ja paran-nuskohteet:

- tiettyjen automaatiojärjestelmien ikääntymisen aiheut-tamat toimenpiteet, esimerkiksi varaosien saatavuuden varmistaminen tai järjestelmän modernisointi
- primääripiirin ja varsinkin reaktoripainesäiliön käytön aikaisten turvallisuusmarginaalien varmistaminen
- rakennusten peruskorjaaminen ja mahdollisten uusien rakennuksien rakentaminen voimalaitosalueelle
- matalapaineturbiinien mahdollinen modernisointi, jolla voidaan myös kasvattaa voimalaitoksen hyötysuhdetta.

Näihin liittyvät mahdolliset toimenpiteet ja ajoitus päätetään myöhemmin.

Yllä mainittu reaktoripainesäiliön ikääntymisen hallinta on tunnistettu keskeiseksi toimenpiteeksi voimalaitoksen käyttöiän jatkamiseksi. Ajan mittaan säteily haurastuttaa reaktoripainesäiliön sydämen alaosan korkeudella olevaa hitsausliitosta. Hitsausliitoksen haurasmurtuminen voisi ta-pahtua, jos reaktoripainesäiliön hitsausliitos altistuisi suurelle lämpötilamuutokselle häiriö- tai onnettomuustilanteessa. Hitsausliitoksen haurasmurtumiselle on määritetty turvalli-suusmarginaalit, joiden pienenemistä arvioidaan kattavan tutkimusohjelman ja analyysien perusteella. Tähän liittyen esimerkiksi käytössä olleita reaktoripainesäiliön materiaaleja tutkitaan säteilyttämällä niitä ja tutkimalla niiden ominai-suuksia turvallisuuden kannalta.

Käytön jatkamisen tapauksessa reaktoripainesäiliön hit-sausliitoksen säteilyhaurastumisen estämiseksi tulee tehdä toimenpiteitä. Näitä ovat esimerkiksi:

- hitsausliitoksen säteilyannoksen rajoittaminen säteily-haurastumisen hidastamiseksi
- hitsausliitoksen hehkutus
- häiriö- ja onnettomuustilanteessa hitsausliitokselle tule-vien lämpökuormien pienentäminen.

Hitsausliitoksen säteilyannoksen kertymää voidaan hidastaa eri tavoin, esimerkiksi polttoaineen sijoittelulla ja suojaale-menttien lisäämisellä reaktorisydämeen.

Loviisan voimalaitoksella on kokemusta reaktoripai-nesäiliön hitsausliitoksen hehkutuksesta, sillä kyseinen toimenpide suoritettiin vuonna 1996 Loviisa 1:n reaktori-painesäiliölle. Hehkutuksen seurauksena haurastuneen hit-sausliitosalueen materiaaliominaisuudet palautuivat lähes alkuuperäiselle tasolle.

Hitsausliitokselle kohdistuvia lämpökuormia pienennettiin vuonna 2019 tehdyllä automaatiomuutoksella, jolla pyritään

Taulukko 4-1. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat jäähdytysveden osalta.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Jäähdytysvesi	Käyttö keskimäärin 1 300 milj. m³ (max. 1 800 milj. m³)	Ei muutosta
	Lämpökuorma keskimäärin 57 000 TJ (max. 60 000 TJ)	Ei muutosta

välttämään suojarakennuksen paineenhallintaan käytettävän ruiskutusjärjestelmän osalta kylmän veden käyttö ruisku-
tuksen alkaessa. Lämpökuormia voidaan pienentää edelleen
esimerkiksi eristeillä.

Yllä esitetyt toimenpiteen ovat esimerkkejä keinoista,
joiden avulla voidaan hallita reaktoripainesäiliön ikääntymis-
tä ja näin varmistaa voimalaitoksen turvallinen jatkokäyttö.
Toimenpiteisiin liittyviä selvityksiä jatketaan ja toimenpiteet
määritellään myöhemmin.

4.2 JÄÄHDYTYSVESI

Loviisan voimalaitoksella käytetään merivettä erilaisiin
jäähdytyksiin. Pääasiallinen käyttö on turbiinien höyryn
lauhuttaminen. Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauk-
sessa jäähdytysveden käyttö jatkuu samankaltaisena kuin
nykyisinkin. Jäähdytysvesi otetaan voimalaitokselle rantaot-
tona Hästholmenin saaren länsipuolelta Hudöfjärdeniltä ja
puretaan takaisin mereen saaren itäpuolelle Hästholmsfjär-
denille (Kuva 1-5). Merialueelle kohdistuvaan jäähdytysveden
aiheuttamaan lämpökuormaan ei tule muutosta. Taulukossa
4-1 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristö-
näkökohdat jäähdytysveden osalta.

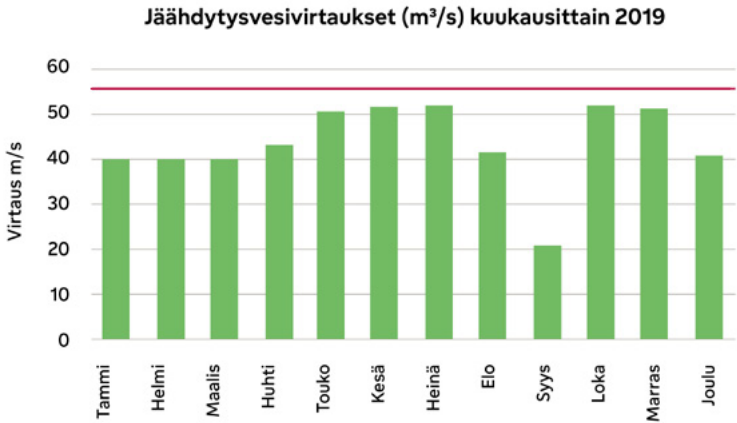
4.2.1 Jäähdytysveden otto

Jäähdytysveden ottoon ei ole suunnitteilla muutoksia.
Jäähdytysvesi otetaan merestä kuten nykyisinkin ja otettava
määrä säilyy samana.
Jäähdytysveden ottoaukkojen yläreuna sijaitsee 8,5 metrin
ja alareuna 11,0 metrin syvyydessä. Aukkojen yhteinen
poikkipinta-ala on noin 80 m². Laskennallinen virtausnopeus
ottoaukolla vaihtelee ollen talvella noin 0,5 m/s ja kesällä
noin 0,63 m/s. Ottoaukon jälkeen merivesi johdetaan voima-
laitosyksiköille yhteistä kalliotunnelia pitkin, joka haarautuu
edelleen kahdeksi eri laitosyksiköille johtavaksi erilliseksi
tunneliksi.
Loviisan voimalaitos käyttää jäähdytysvettä keskimäärin
44 m³/s. Jäähdytysveden maksimivirtaama ajoittuu loppuke-
sään, jolloin otettavan jäähdytysveden lämpötila on korkeim-
millaan (Kuva 4-1). Tällöin jäähdytysvesivirtaama voi olla noin
55 m³/s. Voimalaitoksen ympäristöluvan mukainen raja-arvo

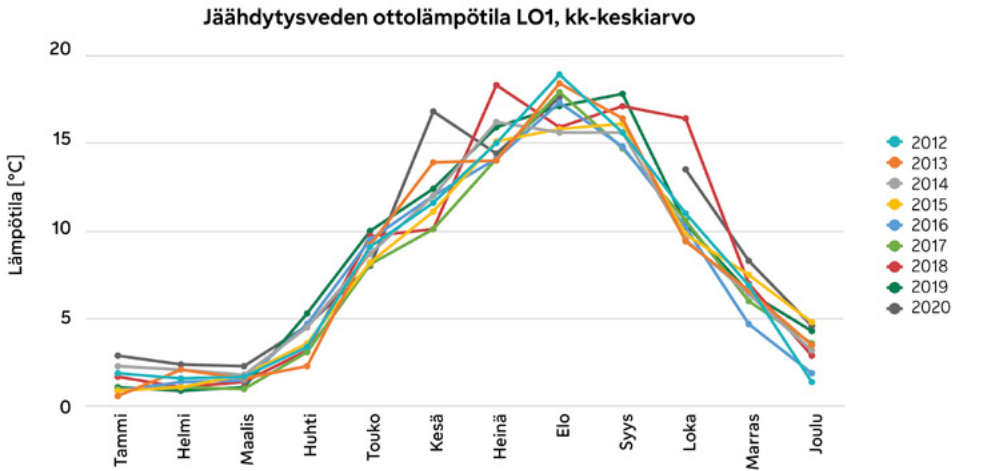
virtaamalle on 56 m³/s. Ympäristö- ja vesitalousluvan mukaan
jäähdytysvettä saa käyttää enintään 1800 milj. m³ vuodessa.
Vuonna 2019 jäähdytysvettä käytettiin yhteensä 1 380 milj.m³.
Loviisan voimalaitokselle otettavan jäähdytysveden
lämpötila vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Laitosyksikölle
Loviisa 1 otettavan jäähdytysveden lämpötilojen kuukausi-
keskiarvot vuosina 2012-2020 on esitetty kuvassa 4-2. Jääh-
dytysvesi on kylmimmillään tammi-maaliskuussa, jolloin se
on keskimäärin noin 1,5 °C. Jäähdytysveden lämpötila nousee
kesäkuukausia kohti, lämpimimmillään se on elokuussa ollen
keskimäärin 17,3 °C. Elokuun jälkeen lämpötila laskee kohti
vuoden loppua.
Jäähdytysveden mukana voimalaitokselle kulkeutuneet
kalat, levä ja muu välpe poistetaan vedestä karkea- ja hieno-
välppien sekä ketjukorisuodattimien avulla. Jäähdytysveden
mukana voimalaitokselle kertyvän välppeen määrä on noin
25-30 tonnia vuodessa, josta kalaa on noin 10–20 tonnia.
Välpe on pääasiassa orgaanista biojätettä, ja se toimitetaan
asianmukaiseen käsittelyyn ulkopuoliselle jätehuoltoyhtiölle.

4.2.2 Jäähdytysveden purku

Jäähdytysveden purkuun ei ole suunnitteilla muutoksia.
Jäähdytysvesi puretaan mereen kuten nykyisinkin ja mereen
johdettava määrä säilyy samana.
Voimalaitokselle otettu jäähdytysvesi lämpenee turbii-
nilauhuttimissa 8–12 °C, keskimäärin 9,8 °C. Lämmennyt
jäähdytysvesi johdetaan jäähdytysveden purkuun, jossa
virtaus jakautuu lähellä vedenpintaa (tasolla -0,5 m) olevan
noin 90 m pohjapadon ylitse (Kuva 4-3). Pohjapadon avulla
jäähdytysvesi leviää meren pintakerrokseen, ja näin ylimää-
räisen lämpöenergian siirtyminen ilmakehään nopeutuu. Täs-
tä huolimatta ottopuolelle kulkeutuu jonkin verran lämmintä
jäähdytysvettä jälleenkierro seurauksena.
Purettavan jäähdytysveden lämpötilaa samoin kuin meri-
veden lämpötilaa purkupaikan edustalla tarkkaillaan jatku-
vatoimisesti. Meriveden lämpötilan mittauspoijut sijaitsevat
500 metrin etäisyydellä purkuaukosta. Mereen johdettavan
jäähdytysveden lämpötila saa olla tuntikeskiarvona enintään
34 °C. Mikäli mereen johdettavan jäähdytysveden lämpötilan
tuntikeskiarvo ylittää vähintään 24 tunnin ajan arvon 32 °C,
tulee tehdä selvitys ylityksen vaikutuksista merialueen tilaan.



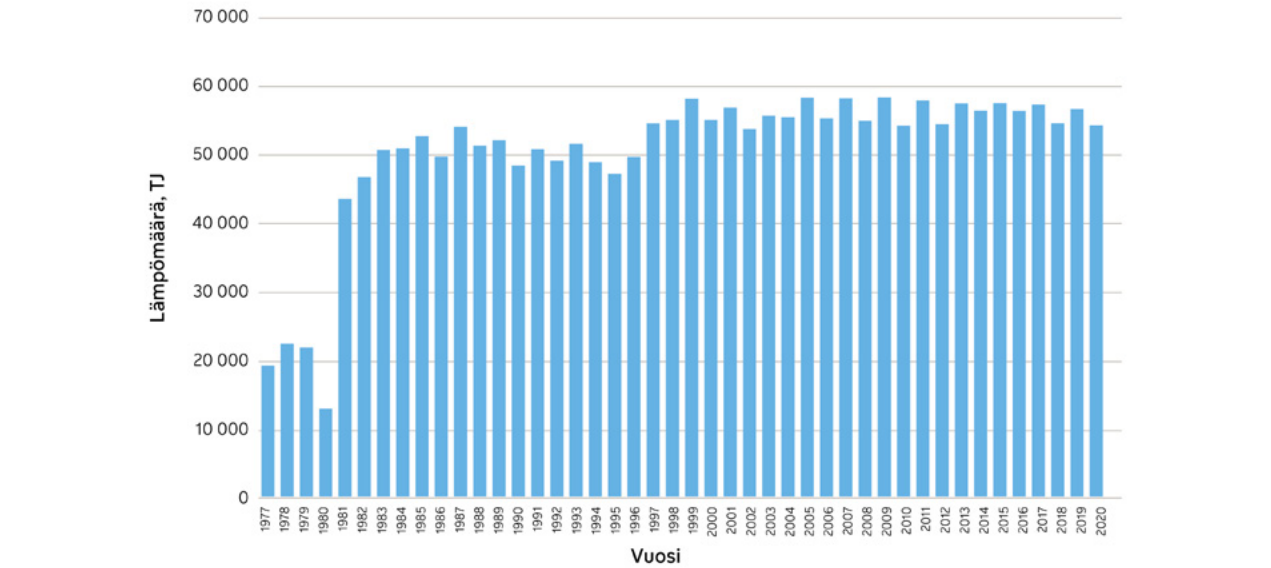
Kuva 4-1. Jäähdytysvesivirtaukset kuukausittain vuonna 2019. Ympäristöluvan raja-arvo 56 m³/s merkitty punaisella viivalla.



Kuva 4-2. Voimalaitosyksikön Loviisa 1 otettavan jäähdytysveden lämpötilojen kuukausikeskiarvot vuosina 2012-2020.



Kuva 4-3. Jäähdytysveden purku Hästholmsfjärdeniin.



Kuva 4-4. Loviisan voimalaitoksen lämpökuorma (TJ) mereen vuosina 1977-2020.

Voimalaitoksen tehonkorotuksen jälkeen keskimääräinen lämpökuorma mereen on ollut noin 57 000 terajoulea (TJ) vuodessa (Kuva 4-4). Ympäristöluvan lämpökuorman raja-arvo on 60 000 TJ vuodessa. Näin ollen keskimääräinen vuorokauden aikana mereen johdettu lämpömäärä on noin 156 TJ/käyntivuorokausi.

4.3 KÄYTTÖVESI

Jäähdytysveden lisäksi voimalaitos tarvitsee myös raakavettä voimalaitosprosessin käyttöön sekä talous- ja palovedeksi. Raakavesi hankitaan Lappominjärvestä (Kuva 9-30), joka sijaitsee noin viiden kilometrin päässä voimalaitokselta pohjoiseen. Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa käyttöveden hankinta säilyy nykyisellään. Vaihtoehtona nykyiselle hankinnalle on alustavasti selvitetty mahdollisuutta hankkia käyttövesi kunnalliselta vesilaitokselta. Tässäkin tapauksessa

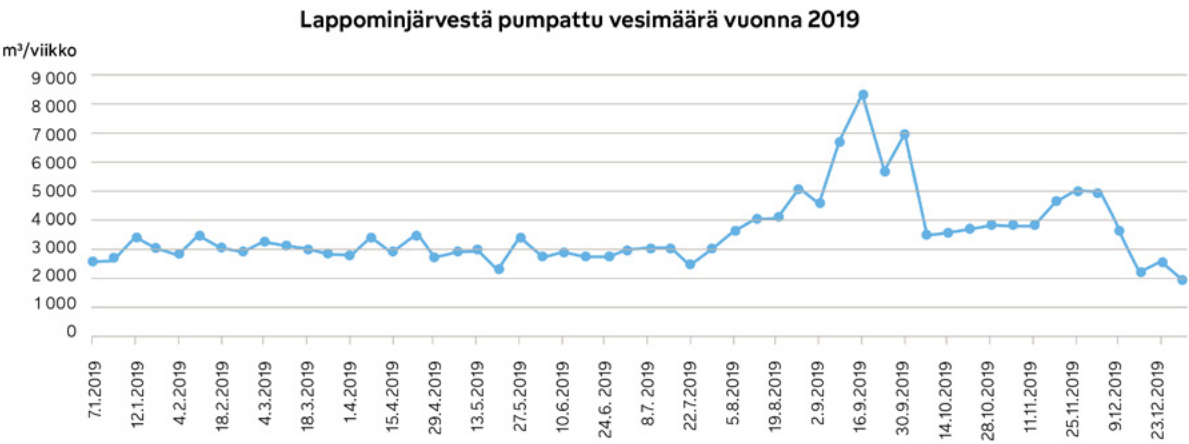
käyttöveden nykyinen hankintatapa säilyisi uuden vesiyhteyden rinnalla. Myös muita vaihtoehtoisia vedenhankintatapoja selvitetään tulevaisuudessa tekniikan edelleen kehittyessä. Taulukossa 4-2 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat käyttöveden tarpeen ja hankinnan osalta.

4.3.1 Käyttöveden nykyinen hankinta

Lappominjärvestä pumpatusta raakavedestä valmistetaan voimalaitoksella tarvittava käyttövesi. Vettä käytetään voimalaitoksen prosessi-, palo-, pesu- ja huuhteluvetenä sekä talousvetenä. Lappominjärveä säännöstellään, ja säännöstelyn tarkoituksena on varastoida Loviisan voimalaitoksen raakaveden tarpeeseen riittävä määrä vettä. Raakaveden ottoon Lappominjärvestä on Länsi-Suomen vesioikeuden päätöksellään 27.12.1976 myöntämä vesilain

Taulukko 4-2. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat käyttöveden tarpeen ja hankinnan osalta.

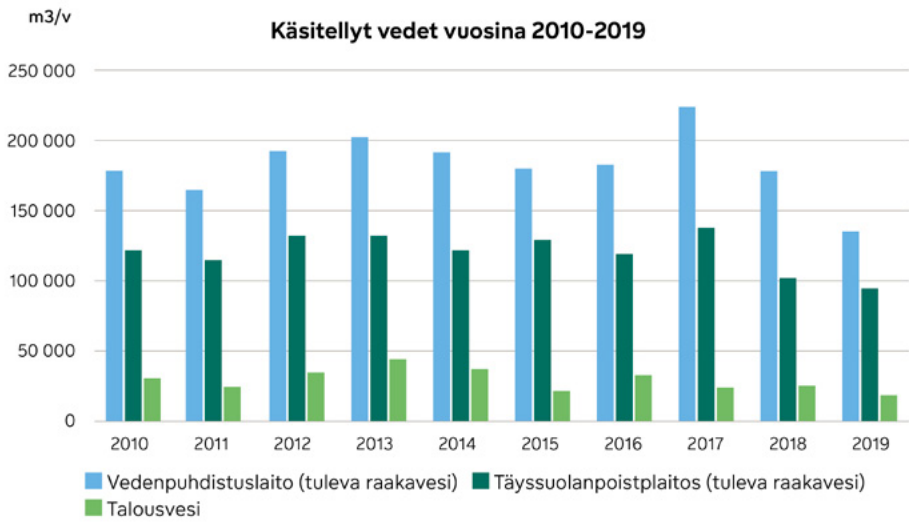
Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Käyttöveden tarve ja hankinta		
Määrä	Prosessivesi 100 000 - 200 000 m³/v Talousvesi 25 000 - 75 000 m³/v	Ei merkittäviä muutoksia.
Käyttöveden otto	Lappominjärvi Lappominjärven pintaa säännöstellään vesitalousluvan lupaehtojen mukaisesti.	Vaihtoehtona selvitetty käyttöveden hankintaa Loviisan kaupungin vesijohtoverkostosta. Lappominjärven osalta vesitalousluvassa määritellyt säännöstelymääräykset eivät muutu.



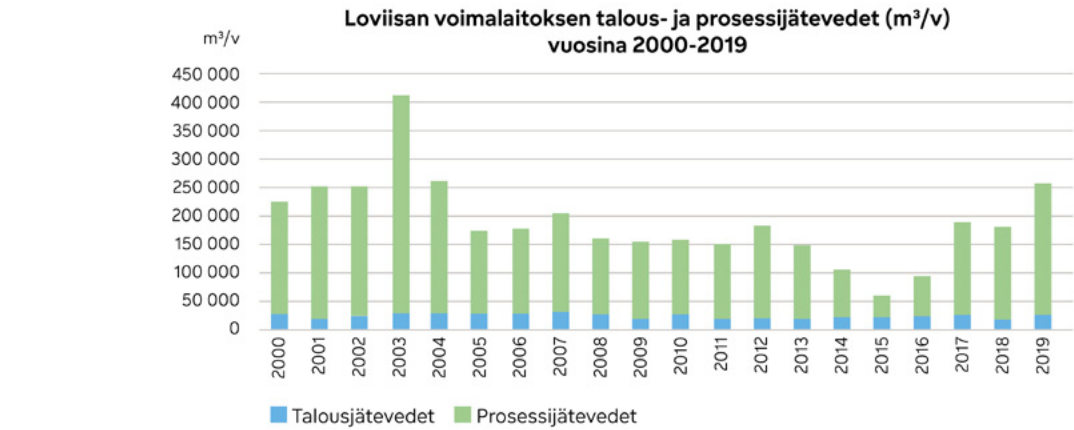
Kuva 4-5. Lappominjärvestä voimalaitokselle otettu raakavesimäärä vuonna 2019.

(264/1961) mukainen käyttöveden ottolupa. Kyseinen lupa koskee veden johtamista Lappominjärvestä ja veden pinnan säännöstelyä. Lupaehtojen mukaan vettä voidaan ottaa järvestä lyhytaikaisesti 180 m³/h ja neljännesvuosittain enintään 150 m³/h. Säännöstelyn yläraja on +3,25 m ja alaraja +2,3 m, ja jos vedenpinta on alle alarajan, ei järvestä saa johtaa vettä lainkaan. Näiden lupaehtojen lisäksi luvassa määritetään myös muun muassa tarkkailuvelvoitteet. Vettä pumpataan voimalaitoksen käyttötarpeisiin keskimäärin 20-30 m³/h. Vuotuinen vedenotto Lappominjärvestä on ollut noin 200 000 m³. Kuvassa 4-5 on esitetty vedenoton viikoittainen vaihtelu vuodelta 2019. Kuvasta huomataan, miten vedenotto lisääntyy voimalaitoksen vuosihuoltojen aikana (elo-syyskuu) prosessiveden ja talousveden kulutuksen kasvaessa huomattavasti tasaisen tehokäytön tilanteeseen verrattuna. Vuosihuoltojen aikainen suurempi vedenkulutus johtuu prosessien täytöistä ja tyhjennyksistä, sekä voimalaitosalueella olevasta suuremmasta työntekijämäärästä ja

heidän oleskelustaan aiheutuvasta talousveden kulutuksen kasvusta. Järvestä otettu vesi puhdistetaan voimalaitosalueen raakavedenpuhdistuslaitoksella ennen sen johtamista vesivastoihin ja prosessiin. Vedenpuhdistus perustuu kemikaalointiin, selkeytykseen ja hiekkasuodatukseseen. Puhdistettua vettä on kahdessa talousvesialtaassa, joiden tilavuudet ovat 140 m³ ja 160 m³, sekä kahdessa kalliovesialtaassa, joiden molempien tilavuus on 1500 m³. Voimalaitoksella tarvittava suolaton prosessivesi valmistetaan täyssuolanpoistolaitoksella ioninvaihtotekniikalla voimalaitoksen käyttövedestä. Täyssuolanpoistolaitoksella valmistettu suolaton vesi varastoidaan yhteensä neljässä 1000 m³:n säiliössä, kummallakin laitosyksiköllä on kaksi säiliötä. Kuvassa 4-6 on esitetty, miten vedenpuhdistuslaitokselle tuleva raakavesi jakaantuu täyssuolanpoistolaitokselle käsiteltäväksi menevään prosessiveteen ja talousveteen.



Kuva 4-6. Vesilaitoksella, täyssuolanpoistolaitoksella ja jätevedenpuhdistamolla (talousvesi) käsiteltyjen vesien määrä vuosina 2010-2019.



Kuva 4-7. Loviisan voimalaitoksen talous- ja prosessijätevesien määrät vuosina 2000-2019.

4.3.2 Käyttöveden hankinnan muutokset

Voimalaitoksen käyttövesi hankitaan tulevaisuudessa edelleen Lappominjärvestä joko kokonaan kuten nykyisin tai Lappominjärven vedenotto korvataan osittain muulla käyttöveden hankinnalla. Vaihtoehtona voimalaitoksen omalle käyttövedenhankinnalle ja vedenkäsittelylle on alustavasti selvitetty yhteistyömahdollisuutta Loviisan kaupungin (Loviisan Vesiliikelaitos) kanssa. Tämä tarkoittaisi talousveden ja mahdollisesti myös prosessiveden hankintaa Loviisan kaupungin vedenjakeluverkostosta. Mikäli käyttövettä hankitaan Loviisan kaupungilta, säilyy nykyinen voimalaitoksen raaka-vedenhankintajärjestelmä ja vedenkäsittelylaitos kuitenkin varmuussyistä voimalaitoksen prosessi- ja talousveden käytössä ja Lappominjärveä säännöstellään edelleen. Vaih-toehdon toteutuskelpoisuutta tarkastellaan yhdessä Loviisan kaupungin kanssa.

4.4 JÄTEVEDET

Voimalaitoksella muodostuu erilaisia jätevesiä, joita ovat mm. talous-, prosessi- ja pesuvedet. Jätevedet käsitellään asianmukaisesti voimalaitosalueella ja käsiteltyjen jätevesien purkupaikat on esitetty kuvassa 1-5.

Nykyisellään talousjätevedet käsitellään voimalaitosalueen jätevedenpuhdistamolla. Käytön jatkamisen tapauksessa vaihtoehtona on jatkaa voimalaitosalueen jätevedenpuh-distamon käyttöä talousjätevesien käsittelyyn. Toisena vaihtoehtona nykyiselle talousjätevesien käsittelytavalle on harkittu osana mahdollista käyttöveden hankinnan muutosta talousjätevesien johtamista käsiteltäväksi Loviisan kaupun-gin (Loviisan Vesiliikelaitos) Vårdön jätevedenpuhdistamolle. Taulukossa 4-3 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat jätevesien osalta.

4.4.1 Talousjätevedet

Käytön jatkamisen tapauksessa talousjätevedet käsitellään kuten nykyisinkin tai vaihtoehtoisesti Loviisan kaupungin Vårdön jätevedenpuhdistamolla.

Tällä hetkellä talousjätevedet käsitellään voimalaitos-alueella sijaitsevassa jätevedenpuhdistamossa, jonne on johdettu käsiteltävää talousjätevettä vuosina 2000–2019

keskimäärin noin 24 000 m³ vuodessa (Kuva 4-7). Jäteveden kokonaismäärään sisältyvät voimalaitosalueen talousjäteve-sien lisäksi Loviisan Smoltti Oy:n kalaviljelylaitoksen lieteve-det (noin 240 m³/v) ja raakaveden puhdistamon lietevedet, joiden sisältämä alumiinihydroksidisakka hyödynnetään jätevedenpuhdistamon saostuskemikaalina. Lisäksi puhdis-tamolla on käsitelty Svartholman merilannoituksen jätevedet, joita johdetaan puhdistamolle keskimäärin 0,5 m³/vrk. Voi-malaitoksen jätevedenpuhdistamolla käsitelty talousjätevesi on johdettu Hudöfjärdenin purkupaikkaan.

Voimalaitoksen jätevedenpuhdistamolta mereen johdet-tavat jätevedet käsitellään siten, että jäteveden kokonais-fosforipitoisuus vuosikeskiarvona laskettuna on lupaehtojen mukaisesti enintään 0,7 mg/l ja jäteveden biologinen hapen-kulutus (BOD_{7ATU}) enintään 15 mg O₂/l. Puhdistustehon on oltava molempien suureiden osalta vähintään 90 %. Talous-jäteveden keskimääräinen kokonaistyyppikuormitus on ollut noin 840 kg vuodessa ja kokonaisfosforikuormitus noin 9 kg vuodessa. Vuosina 2000-2019 talousjätevesien biologinen hapenkulutus (BHK7-arvo) oli keskimäärin 171 kg vuodessa, kemiallinen hapenkulutus (KHT-arvo) keskimäärin 413 kg vuo-dessa ja kiintoainekuormitus keskimäärin 496 kg vuodessa. Käytön jatkamisen tapauksessa talousjätevesien aiheuttama kuormitus säilyy nykyisen kaltaisena.

Vaihtoehtona nykyiselle talousjätevesien käsittelytaval-le on harkittu osana mahdollista käyttöveden hankinnan muutosta talousjätevesien johtamista käsiteltäväksi Loviisan kaupungin (Loviisan Vesiliikelaitos) Vårdön jätevedenpuh-distamolle. Vårdön jätevedenpuhdistuslaitoksen purkupiste sijaitsee Loviisanlahdella noin 4 km päässä voimalaitoksen purkupisteestä. Tässä tapauksessa voimalaitoksella muo-dostuvat jätevesimäärät eivät muutu nykyisestä. Loviisan voimalaitoksen talousjätevesien kuormitus huomioidaan Vå-rdön jätevedenpuhdistamon lupaehdoissa. Voimalaitoksella jäteveden käsittelyn tarve jatkuu niin kauan, kuin voimalaito-salueella harjoitetaan mitä tahansa kiinteää toimintaa.

4.4.2 Prosessijätevedet

Käytön jatkamisen tapauksessa prosessijätevesien määrät ja käsittelytavat säilyvät samanlaisina kuin nykyisessä toiminnassa.

Taulukko 4-3. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat jätevesien osalta.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Talousjätevedet		
Määrä	20 000 - 30 000 m³/v Keskimäärin 60 m³/vrk (enintään 120 m³/vrk)	Ei merkittäviä muutoksia.
Purkupaikka	Hudöfjärdenin purkupiste.	Hudöfjärden tai Loviisan Veden Vårdön jätevedenpuhdistamon purkupiste Loviisanlahdella (noin 4 km päässä voimalaitoksen purkupisteestä).
Kuormitus	Kokonaistyyppi keskimäärin 840 kg/v Kokonaisfosfori keskimäärin 9 kg/v Voimalaitoksen nykyisten lupaehtojen mukaisesti: - kokonaisfosforipitoisuus vuosikeskiarvona enintään 0,7 mg/l - biologinen hapenkulutus enintään 15 mg O ₂ /l - Puhdistusteho vähintään 90 %.	Ei merkittäviä muutoksia. Säilyy nykyisellään tai huomioidaan Vårdön jätevedenpuhdistamon lupaehdoissa.
Liete	Jätevedenkäsittelyssä syntyvä liete johdetaan turvealtaisiin. Syntyvä komposti käytetään voimalaitosalueen maanrakennukseen tehtävissä maisemoinneissa.	Säilyy nykyisellään tai siirtyy käsiteltäväksi Vårdön jätevedenpuhdistamolle.
Prosessijätevedet		
Määrä	Keskimäärin 160 000 m³/v.	Ei merkittäviä muutoksia.
Purkupaikka	Johdetaan jäähdytysvesikanavaan ja sitä kautta purkuaukon kautta Hästholmsfjärdenin puolelle.	Säilyy samana.
Kuormitus	Kokonaistyyppi keskimäärin 800 kg/v Kokonaisfosfori keskimäärin 9 kg/v	Ei merkittäviä muutoksia.
Muut mereen johdettavat vedet		
	Mm. huuhteluvesiä, öljyisiä vesiä, VLJ-luolan vuotovesiä, sade- ja perusvesiä, jotka käsitellään asianmukaisesti.	Ei merkittäviä muutoksia.

Voimalaitoksen toiminnassa muodostuu erilaisia pro-sessijätevesiä täyssuolanpoistolaitoksen ja lauhteenpuh-distuslaitoksien elvytysvesistä, turbiinihallin vuotovesistä, höyrystimien ulospuhallusveden käsittelylaitoksen vesistä sekä neutralointisäiliöiden tyhjennysvesistä. Lisäksi voima-laitoksen primääripiirin prosessijärjestelmistä sekä valvon-ta-alueen viemärijärjestelmästä syntyy radioaktiivisia vesiä, jotka johdetaan aktiivisten vesien käsittelyjärjestelmiin. Valvonta-alueen laboratorion ja pesulan jätevedet johde-taan tarkistussäiliöiden kautta jäähdytysveden joukkoon tai käsittelyjärjestelmiin aktiivisuuden mukaan. Kemikaaliase-malla kerätään kaikki vuodot, lattiavedet, näytteenottojen valutukset ja muut jätevedet neutralointisäiliöön, jossa vedet

neutraloidaan natriumhydroksidilla tai typpihapolla (pH 6-9) ennen mereen laskua. Lähes kaikki voimalaitoksella muodostuvat prosessijäteve-det johdetaan lopulta jäähdytysveden mukana mereen. Lo-viisan voimalaitoksen vuosittaiset prosessijätevesien määrät (m³/v) vuosina 2000-2019 on esitetty kuvassa 4-7. Prosessi-jätevesiä on muodostunut kyseisenä aikana keskimäärin noin 160 000 m³ vuodessa. Prosessijäteveden keskimääräinen kokonaistyyppikuormitus on ollut noin 800 kg vuodessa ja kokonaisfosforikuormitus noin 9 kg vuodessa. Prosessijä-tevesien ravinnekuormituksessa näkyy noin kolmen-neljän vuoden välein tehtävä cesium-erotetun haihdutuskonsent-raatin hallittu uloslasku mereen (ks. luku 4.12.2).

4.4.3 Muut mereen johdettavat vedet

Käytön jatkamisen tapauksessa talous- ja prosessijätevesien lisäksi muodostuu muita vesiä, joita ovat esimerkiksi:

- merivesipumppaamojen ketjukorisuodattimien huuhteluun käytettävä merivesi, joka johdetaan Håstholmsfjärdeniin jäähdytysveden mukana
- vesilaitoksen hiekkasuodattimien huuhteluvesi
- öljyiset jätevedet johdetaan öljynerotukseen, josta käsitelty vesi voimalaitoksen jäähdytysvesitunneliin ja edelleen Håstholmsfjärdeniin
- VLJ-luolan vuotovedet (noin 20 000 - 40 000 m³/v), pumpataan mereen Hudöfjärdeniin (ks. luku 5.2)
- sade- ja sulamisvesiä eli hulevesiä sekä perusvesiä.



Kuva 4-8. VVER-440-polttoainenippu.

4.5 YDINPOLTTOAINEEN HANKINTA

Loviisan voimalaitos käyttää polttoaineena uraanimalmista valmistettua ydinpolttoainetta, joka on pakattu polttoainenipuiksi (Kuva 4-8). Voimalaitoksen vuotuinen polttoainetarve on yhteensä noin 24 tonnia uraanidioksidia (UO₂) ja yhteensä voimalaitoksen reaktoreissa on noin 89 tonnia uraanidioksidia. Käytön jatkamisen tapauksessa polttoainetarve pysyy samana.

Loviisan voimalaitoksen kummankin voimalaitosyksikön reaktorissa on polttoainenippuja yhteensä 313 kpl. Polttoaineen vaihtoseisokin yhteydessä reaktorista poistetaan nykyisin noin neljännes polttoaineesta vuosittain, ja ne korvataan tuoreilla polttoainenipuilla. Lisäksi reaktoriin jäävien polttoainenippujen paikkoja vaihdetaan optimaalisen tehotiheyden saavuttamiseksi. Käyttämätön tuore polttoaine on vain lievästi radioaktiivista, korkea-aktiiviseksi polttoaine muuttuu reaktorissa, jolloin se säteilee hyvin voimakkaasti.

Fortum hankkii Loviisan voimalaitoksen ydinpolttoaineen nykyisen käyttöluvan loppuun asti valmiina nippuina venäläiseltä TVEL Fuel Companylta (TVEL). Mikäli Loviisan voimalaitoksen käyttöikää jatketaan, käsitellään polttoaineen hankinta uudelleen Fortumin yleisten hankintamenettelyjen mukaisesti. Polttoainenippujen suunnittelussa huomioidaan varsinaisen käytön lisäksi niille käsittelystä ja kuljetuksesta aiheutuvat rasitukset, mukaan lukien pitkäaikaisvarastointiin ja loppusijoittamiseen liittyvät käsittelyvaiheet.

Loviisan käyttöön tuleva ydinpolttoaine toimitetaan Suomeen rautateitse tai laivakuljetuksin ja voimalaitokselle se kuljetetaan maanteitse. Vuosittain tuoreen polttoaineen kuljetuksia tehdään keskimäärin kaksi. Loviisan voimalaitoksella tuoretta polttoainetta varastoidaan kuivavarastossa normaalisti noin vuoden tai kahden tarpeisiin. Taulukossa 4-4 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat ydinpolttoaineen hankinnan osalta.

4.6 KÄYTETTY YDINPOLTTOAINE

Ydinpolttoaine muuttuu reaktorissa käytön aikana voimakkaasti säteileväksi, jolloin sen käsittely ja säilyttäminen vaativat erityistoimenpiteitä. Voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa reaktorirakennuksista siirretään keskimäärin 168 polttoainenippua käytetyn polttoaineen välivarastoihin vuosittain. Nykyisen käyttöiän aikana käytettyä ydinpolttoainetta kertyy noin 7 700 nippua.

Käytön jatkaminen ei lisää muodostuvan käytetyn ydinpolttoaineen määrää vuositasolla, mutta käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärä kasvaa lisäkäyttövuosien myötä. Polttoainetta kehittämällä pyritään parantamaan polttoainetaloutta. Polttoainetalous on jo hyvin pitkälle optimoitu, mutta mahdollisuuksia tehostaa polttoaineen käyttöä edelleen tutkitaan.

Käytön jatkamisen tapauksessa (noin 20 vuotta) polttoainenippuja kertyy noin 3 700 kpl lisää, jolloin kokonaiskertymä on noin 11 400 nippua. Varautumalla mm. mahdollisiin polttoaineen lataustavan muutoksiin ja polttoaineen suunnittelumuutoksiin, sekä mahdolliseen suojaelementtien määrän kasvattamiseen, on käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärä enintään 12 800 nippua.

Taulukko 4-4. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat ydinpolttoaineen hankinnan osalta.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Ydinpolttoaineen hankinta	Vuotuinen polttoainetarve noin 24 tonnia uraanidioksidia.	Ei muutosta.

Taulukko 4-5. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat käytetyn ydinpolttoaineen osalta.

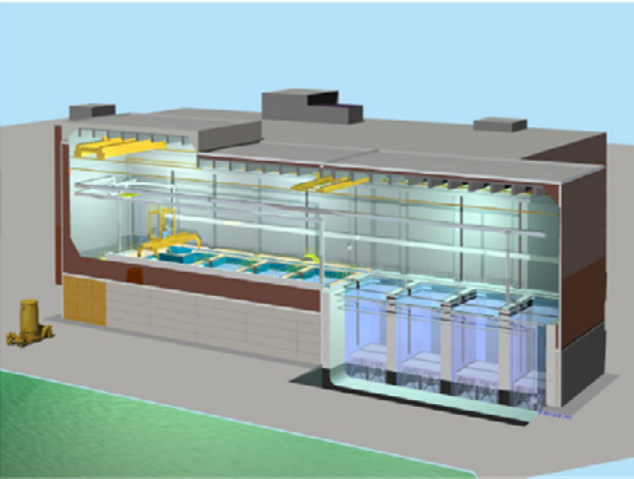
Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Käytetty ydinpolttoaine		
Polttoainekertymä	Vuosikertymä noin 168 polttoainenippua. Kokonaiskertymä nykyisten käyttöluvien loppuun noin 7700 polttoainenippua.	Ei lisää vuosikertymää, mutta kokonaismäärä kasvaa kun käyttöaika pitenee. Käytön jatkamisen (noin 20 v.) aikana nippuja kertyy noin 3 700 kpl, eli kokonaiskertymä olisi yhteensä noin 11 400 kpl, kuitenkin enintään noin 12 800 kpl.
Välivarastointi	Nykyisin kaksi käytetyn polttoaineen välivarastoa.	Joko toisen nykyisen välivaraston laajennus enintään kahdella uudella vesialtaalla tai polttoainenippujen sijoittaminen tiheämmin nykyisten varastojen vesialtaisiin.

Käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärän kasvu lisää voimalaitosalueen välivarastointikapasiteetin tarvetta. Tämän vuoksi on tarpeen joko laajentaa nykyistä käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoa tai lisätä nykyistä varastointikapasiteettia muilla tavoin. Taulukossa 4-5 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat käytetyn ydinpolttoaineen osalta.

Loviisan voimalaitoksella reaktorista poiston jälkeen käytettyä polttoainenippua jäähdytetään muutama vuosi reaktorirakennuksen vaihtolatausaltaassa, jolloin suurin osa radioaktiivisista fissiotuotteista hajoaa ja lämmöntuotto vähenee. Polttoainenippujen jäähdyttyä tarpeeksi ne siirretään säteilysuojan sisällä erilliseen käytetyn polttoaineen välivarastoon voimalaitosalueelle vesialtaaseen (Kuva 4-9). Vesi toimii säteilysuojana ja jäähdyttää käytettyä ydinpolttoainetta. Välivarasto on suunniteltu niin, että käytetyn polttoaineen jäähdytys on riittävä eikä kriittisyys ole mahdollista. Käytetyn polttoaineen jäähdyttämistä jatketaan välivarastossa, kunnes sen aktiivisuus ja lämmöntuotto ovat riittävän alhaiset, jotta se voidaan siirtää käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitokselle Olkiluotoon. Loviisan voimalaitosyksiköiden käytettyä ydinpolttoainetta on välivarastoitava ennen loppusijoitusta vähintään 20 vuotta.

Välivarastoinnin aikana käytetyn polttoaineen kuntoa seurataan säännöllisesti toteuttamalla mm. pitkäaikaisvarastoinnin kunnonvalvontaohjelmaa seurantaan valittujen nippujen osalta. Tarkoituksena on varmistaa, että käytetyn

polttoaineen kunto säilyy pitkäaikaisvarastoinnissa riittävänä myös loppusijoituksen edellyttämän polttoaineen käsittelyn kannalta. Myös varastoaltaiden kemiallisella ympäristöllä on merkitystä mm. polttoaineen eheyden ylläpitämisessä. Varastoaltaiden veden kemiallista tilaa seurataan Loviisan laitosyksiköiden turvallisuusteknisten käyttöehtojen (TTKE) mukaisesti. Sen lisäksi seurataan myös allasveden aktiivisuutta.



Kuva 4-9. Loviisan voimalaitoksen käytetyn polttoaineen varasto 2.

Taulukko 4-6. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat ydinlaitosjätteiden osalta.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Ydinlaitosjätteet		
Matala-aktiivinen jäte	Nykyinen kertymänopeus 20-30 m³/v. Nykyisten käyttölopuien loppuun muodostuva määrä noin 2 700 m³.	Vuosikertymä sama, mutta kokonaismäärä kasvaa, kun käyttöaika pitenee. Noin 20 vuoden jatko tuottaa noin 600 m³ matala-aktiivista jätettä, eli yhteensä noin 3 300 m³. Selvitetään betoniastoidien käyttöä osana huoltojätteiden loppusijoitusta.
Keskiaktiivinen jäte	Nykyinen kertymänopeus 15-30 m³/v, kiinteytettynä ja pakattuna 60-120 m³/v. Nykyisten käyttölopuien loppuun muodostuva määrä noin 4 900 m³.	Vuosikertymä sama, mutta kokonaismäärä kasvaa, kun käyttöaika pitenee. Noin 20 vuoden jatko tuottaa noin 2400 m³ keskiaktiivista jätettä pakattuna, eli yhteensä noin 7 300 m³.
VLJ-luolan kapasiteetti	Tällä hetkellä louhittuna ja varusteltuna kolme kalliotilaa matala-aktiiviselle huoltojätteelle ja yksi keskiaktiiviselle kiinteytetyille jätteille.	Kapasiteetti riittää myös voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana syntyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen.

Voimalaitoksen käyttöiän jatkaminen edellyttää käytetyn ydinpolttoaineen varastointikapasiteetin lisäämistä. Varasto-kapasiteetin tarve riippuu polttoainekertymän, eli voimalai-toksen käyttöiän lisäksi myös loppusijoituksen alkamisajan-kohdasta. Mikäli polttoaineen loppusijoitusta ei aloiteta ennen vuotta 2050, varastopaikkoja tarvitaan enintään 12800 nipulle vuonna 2050. Varastointikapasiteetin lisääminen voidaan tehdä esimerkiksi varastoimalla käytettyä ydin-polttoainetta tiheämmin nykyisen välivaraston altaisiin tai rakentamalla lisää varastoaltaita. Tiheämmin varastoiminen tarkoittaa alkuperäisten ns. avoimien polttoainetelineiden korvaamista tiheämmillä telineillä. Altaiden lisärakentaminen tehtäisiin käytetyn polttoaineen varastoon (KPA2) nykyisten altaiden jatkoksi ja altaita rakennettaisiin enintään kaksi. Lisäaltaiden rakentamisen aikana viimeisen polttoainealtaan on oltava tyhjä, jotta rakennukset voidaan yhdistää. Sen vuoksi mahdollinen laajentamispäätös on tehtävä hyvissä ajoin ennen kuin varstokapasiteetti on täynnä KPA2:ssa. Muissa polttoainealtaissa voi olla polttoainetta rakentamisen aikana. Vastaava työ on tehty KPA2-varaston ensimmäisen laajennuksen yhteydessä, joka valmistui vuonna 2000. Valinta välivarastointikapasiteetin lisäämistavasta tehdään myö-hemmin, mm. polttoainekuljetusten alkamisajankohdan ja voimalaitoksen käyttöiän perusteella.

Käytetyn ydinpolttoaineen lämmöntuotto alenee väliva-rastoinnin aikana. Tämä kompensoi välivaraston jäähdys-tarpeen kasvua välivarastoitavan polttoaineen kokonais-määrän kasvaessa. Välivaraston jäähdytyskapasiteettia on mahdollista lisätä kasvattamalla jäähdytysveden virtausta lämmönvaihtimiin tai kasvattamalla lämmönvaihtimien kokoa. Käytöstäpoistovaiheessa käytetyn ydinpolttoaineen varasto itsenäistetään ja siihen vaiheeseen liittyvä jäähdytysjärjestel-mää kuvataan tarkemmin luvussa 5.4.

Käyttöiän jatko ei vaikuta polttoaineen käsittelyyn reaktori-sta poistamisen jälkeen. Polttoainevarastoinnin turvallisuut-ta ylläpidetään samoin kuin voimalaitoksen käytön aikana, varmistamalla polttoaineen riittävä jäähdytys, alikriittisyys, säteilysuojaus ja turvaamalla polttoaineen eheys.

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetus, kapselointi ja loppusi-joitus on kuvattu luvussa 5.7.

4.7 YDINLAITOSJÄTTEET

Käytetyn ydinpolttoaineen lisäksi ydinvoimalaitoksen toi-minnassa syntyy matala- ja keskiaktiivisia ydinlaitosjätteitä. Matala-aktiivisella jätteellä tarkoitetaan ydinjätettä, jonka aktiivisuus on niin pieni, että sitä voidaan käsitellä ilman eri-tyisiä säteilysuojausjärjestelyjä, kun taas keskiaktiivisen jät-teen aktiivisuus on niin suuri, että sitä käsiteltäessä tarvitaan tehokkaita säteilysuojausjärjestelyjä. Matala- ja keskiaktii-visten jätteiden lisäksi ydinvoimalaitoksen valvonta-alueella muodostuu myös jätettä, joka voidaan matalan radioaktii-visuutensa ansiosta vapauttaa ydinenergialainsäädännön mukaisesta valvonnasta ydinenergialain 27 c § mukaisesti ja jatkokäsitellä kuten konventionaalinen teollisuusjäte. Valvon-nasta vapauttamista koskevia yksityiskohtaisia turvallisuus-vaatimuksia on esitetty STUKn YVL-ohjeessa D.4.

Nykyisessä toiminnassa matala-aktiivista jätettä muodos-tuu noin 20-30 m³ vuodessa ja keskiaktiivista jätettä noin 15-30 m³ vuodessa (kiinteytettynä ja pakattuna noin 60-120 m³ vuodessa). Voimalaitoksen käytön jatkaminen ei oleellisesti vaikuta vuosittain syntyvän radioaktiivisen jät-teen kertymänopeuteen. Noin 20 vuoden jatko tuottaa noin 600 m³ matala-aktiivista ja noin 2400 m³ keskiaktiivista jätettä pakattuna.

Jätehuollon menetelmät pysyvät voimalaitoksen käyttöä jatkettaessa pääsääntöisesti samoina kuin nykyään. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen kapasiteetti riittää myös voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana syntyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen. Merkit-tävimpänä käytön jatkamisen aikana tapahtuvana mahdollisena muutoksena selvitetään mm. betoniastoidien käyttöä osana huoltojätetynnyrien loppusijoituskonseptia työ- ja säteilyturvalli-suuden varmistamiseksi loppusijoituslaitoksen pitkän käyttövai-heen aikana. Taulukossa 4-6 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat ydinlaitosjätteiden osalta.



Kuva 4-10. Huoltojätteiden jakautuminen valvonnasta vapautettaviin ja loppusijoitettaviin jätteisiin.

4.7.1 Jätehuollon peruseriaatteen

Ydinjätteiden huollossa lähtökohtana on, että jätteet eriste-tään ihmisten elinympäristöstä. Ydinenergialain (990/1987) mukaan ydinjätteet on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen, ja ydinenergia-ase-tus (161/1988) määrittelee tarkemmin ydinjätteet sijoitetta-viksi Suomen maa- tai kallioperään. STUKin määräys ydinjät-teiden loppusijoituksen turvallisuudesta (Y/4/2018) ja STUKin YVL-ohjeet (ydinturvallisuusohjeet) asettavat tarkempia vaatimuksia ydinjätteiden loppusijoitukselle.

Ydinjätteiden loppusijoittamisen turvallisuus kallioperään perustuu jätteen radioaktiivisuuden mukaan suunniteltuihin vapautumisesteisiin, joiden avulla ydinjäte eristetään elollises-ta luonnosta ja ihmisen elinympäristöstä. Kallioperä itsessään toimii yhtenä vapautumisesteenä. Lisäksi teknisiä vapautu-misesteitä voivat olla esimerkiksi jätematriisi (kiinteytystuote eli jätettä sisältävä betoni), johon radioaktiiviset aineet ovat sitoutuneet, jätepakkaus, jätepakkausta suojaava puskurima-teriaali sekä loppusijoitustilojen täyttö- ja sulkumateriaalit.

Ydinjätteiden loppusijoitus suunnitellaan ja toteutetaan siten, että pitkäaikaisturvallisuuden varmistaminen ei edellytä loppusijoituspaikan valvontaa sen jälkeen, kun tilat on suljettu. Pitkäaikaisturvallisuus tarkoittaa VLJ-luolan sulkemisen jälkeistä turvallisuutta, jossa päätavoitteena on rajoittaa loppusijoitetun jätteen aiheuttamaa säteilyaltistusta suljettujen tilojen läheisyydessä asuville ihmisille sekä muulle elolliselle luonnolle. Kansainvälisten ja Suomessa tehtyjen selvitysten mukaan tarvittavat ydinjätehuollon toimenpiteet voidaan toteuttaa hallitusti ja turvallisesti.

4.7.2 Määrä ja laatu

4.7.2.1 Matala-aktiivinen jäte

Voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa, kuten myös käytön jatkamisen tapauksessa, suurin osa voimalaitoksen val-vonta-alueella syntyvästä radioaktiivisesta jätteestä on matala-aktiivista jätettä. Tämä jäte koostuu lähinnä huolto-

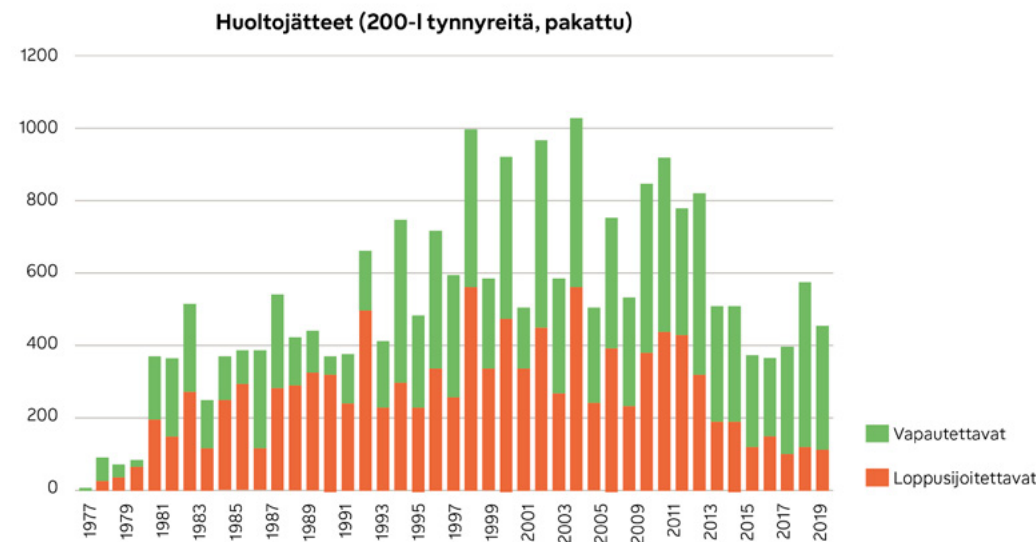
jätteestä (mm. eristemateriaali, vanhat työvaatteet, koneiden ja laitteiden osat, käytetyt työkalut ja pakkausmateriaali).

Valvonta-alueella syntyvät matala-aktiiviset huoltojätteet esilajitellaan jo jätteen syntykohteessa. Tämän jälkeen ne lajitellaan erillisissä jätteenkäsittelytiloissa ja lukuun ottamatta vapauttamiskelpoista metalliromua pakataan tavallisiin 200 litran terästynnyreihin. Tynnyrien aktiivisuus analysoidaan gammaspektrometrilla. Vapauttamiskelpoisen metalliromun aktiivisuus tarkistetaan usealla peräkkäisellä käsimittauksella ja ajoneuvojen säteilymittauslaitteella. Aktiivisuussisällön perusteella huoltojätteet joko loppusijoitetaan niitä varten ra-kennettuihin loppusijoitustiloihin VLJ-luolaan tai vapautetaan ydinenergialain mukaisesta valvonnasta, kun niiden aktiivisuus on alle STUKin asettamien vapauttamisrajojen (Kuva 4-10). Jä-tettä voidaan myös välivarastoida voimalaitosalueen varastoti-loissa ennen loppusijoittamista tai valvonnasta vapauttamista.

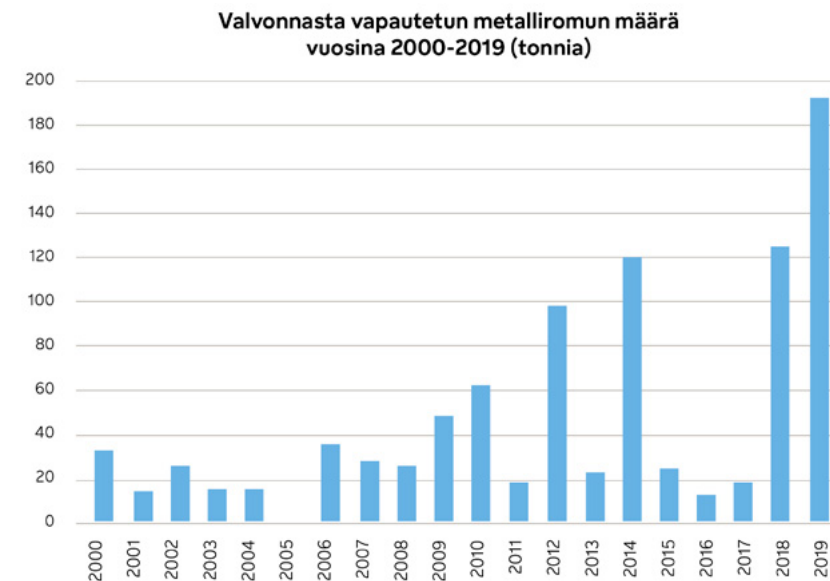
Vuosittain valvonta-alueella kertyvistä huoltojätetynny-reistä vain noin neljäsosa päättyy loppusijoitettavaksi, ja loput siitä voidaan vapauttaa valvonnasta (Kuva 4-11). Viime vuosina loppusijoitukseen on päättynyt vuosittain runsaat sata tynnyriä. Valvonnasta vapautetun metalliromun määrä viime vuosina on esitetty kuvassa 4-12. Vapautettavan metal-liromun vuosittainen määrä vaihtelee voimakkaasti tehtyjen huoltotöiden ja laiteusintojen mukaan.

Matala-aktiivisen, loppusijoitettavan jätteen kertymänope-us on noin 20-30 m³/v ja nykyisten käyttölopuien loppuun muodostuva määrä on noin 2700 m³. Käytön jatkamisen tapauksessa matala-aktiivisen jätteen vuosikertymä on sama kuin nykyisin, mutta kokonaismäärä kasvaa, kun käyttöaika pitenee. Noin 20 vuoden jatkokäyttö tuottaa noin 600 m³ matala-aktiivista jätettä, jolloin sen kokonaismäärä on yh-teensä noin 3300 m³. Matala-aktiivisen jätteen kokonaisaktii-visuus on suuruusluokaltaan alle 1 terabecquerel (TBq).

Valvonnasta vapautettavat jätteet käsitellään konventio-naalisena jätteenä, ja ne toimitetaan käsittelyyn voimalaitok-sen ulkopuolelle (luku 4.8).



Kuva 4-11. Loviisan voimalaitoksella syntyneiden jätetynnyrien määrä jaettuna valvonnasta vapautettaviin ja loppusijoitettaviin tynnyreihin vuosina 1977–2019.



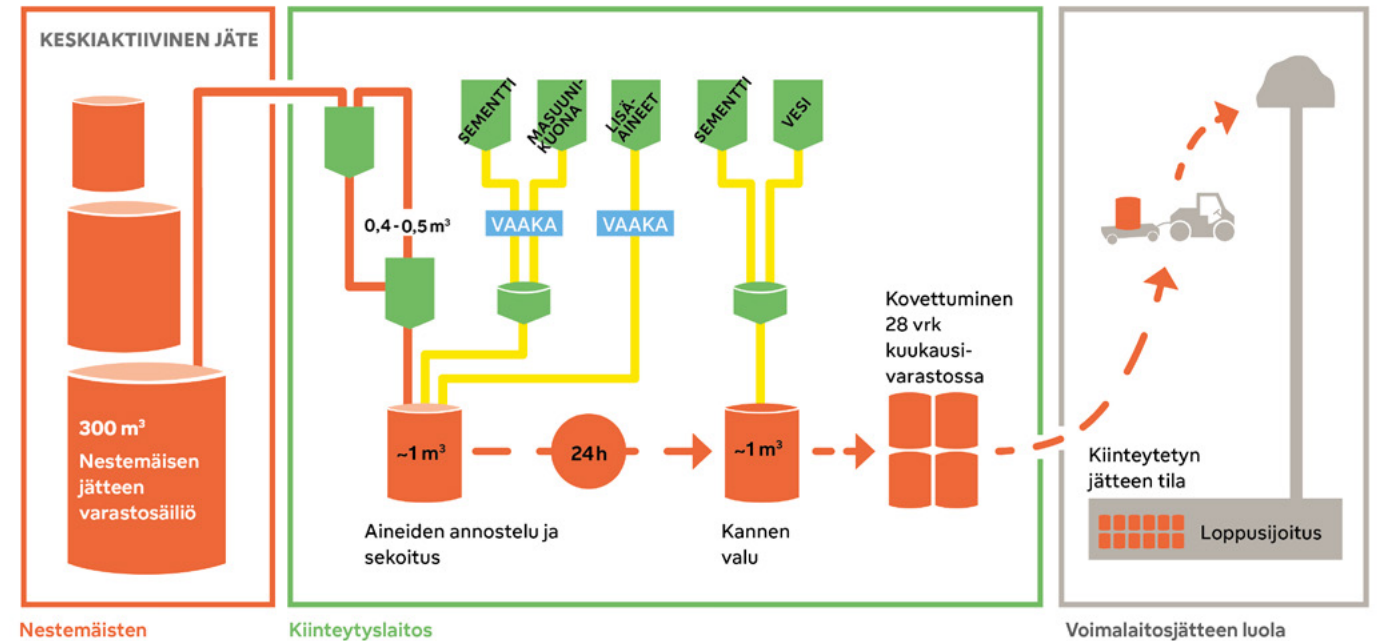
Kuva 4-12. Valvonnasta vapautetun metalliromun määrä vuosina 2000-2019.

4.7.2.2 Keskiaktiivinen jäte

Voimalaitoksella syntyvät keskiaktiiviset jätteet ovat pääosin nestemäisiä radioaktiivisia jätteitä, joita syntyy voimalaitoksen käytön aikana radioaktiivisista prosessi- ja viemärijärjestelmistä. Nestemäisiä jätteitä ovat prosessijärjestelmien puhdistukseen käytettävät ioninvaihtomassat, viemäriverien haihdutuskonsentraatti sekä erilaiset lietteet ja sakat, jotka syntyvät muun muassa säiliöiden puhdistustöistä. Keskiaktiivisten jätteiden nykyinen kertymänopeus on 15-30 m³ vuodessa ja kiinteytettynä ja pakattuna niiden määrä on 60-120 m³ vuodessa. Nykyisten käyttöluopien loppuun mennessä keskiaktiivisen jätteen kokonaismäärä on noin 4 900 m³. Käytön jatkamisen tapauksessa keskiaktiivisen jätteen vuosikertymä on sama, mutta kokonaismäärä kasvaa, kun käyttöaika pitenee. Noin 20 vuoden jatkokäyttö tuottaa noin 2 400 m³ keskiaktiivista jätettä pakattuna, eli yhteensä noin 7 300 m³. Keskiaktiivisten jätteiden kokonaissiivisyys

on suuruusluokaltaan 10-100 TBq.

Nestemäisiä radioaktiivisia jätteitä välivarastoidaan aluksi nestemäisten jätteiden varastossa, jossa on kahdeksan 300 m³:n kokoista varastosäiliötä. Voimalaitoksen radioaktiivisten prosessi- ja viemäriverien käsittelystä muodostuu nestemäistä haihdutuskonsentraattia. Haihdutuskonsentraatista erotetaan radioaktiivinen cesium selektiivisellä CsTreat®-ioninvaihtomassalla. Erotuksen jälkeen puhdistetun haihdutuskonsentraatin aktiivisuuspitoisuus on niin matala, että se voidaan laskea mereen ja cesiuminerotussuodattimet siirretään kiinteytyslaitokselle, jossa ne pakataan suodattimille varattuun betoniseen loppusijoitusastiaan. Kiinteytettävät nestemäiset jätteet, kuten ioninvaihtohartsit ja haihdutuskonsentraattisäiliöiden pohjasaostumat, siirretään nestemäisten jätteiden varastosta putkilinjoja pitkin kiinteytyslaitokselle. Kiinteytyslaitoksella nestemäiset radioaktiiviset jätteet käsitellään teräsbetonisessa loppusijoitusastiasa



Kuva 4-13. Nestemäisten jätteiden käsittely.

sementin, masuunikuonan ja lisäaineiden avulla lujaksi kiinteytystuotteeksi. Käsittelyprosessin lopputuotteena syntyy tiivis jätepakkaus, jossa radioaktiiviset aineet on sidottu kiinteään jätematriisiin, mikä hidastaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Kiinteitä jätepakkauksia on myös helpompi ja turvallisempi käsitellä, varastoida, kuljettaa ja loppusijoittaa kuin nestemäistä kiinteyttämätöntä jätettä. Yksinkertaistettu kaavio nestemäisten jätteiden käsittelystä on esitetty kuvassa 4-13.

4.7.2.3 Muut radioaktiiviset jätteet

Edellä kuvattujen nestemäisten jätteiden ja huoltojätteiden lisäksi voimalaitoksen valvonta-alueella syntyy pieniä määriä muita radioaktiivisia jätteitä, joita ovat esimerkiksi erilaiset suodattimet ja keskiaktiivinen kuiva jäte. Näille ovat olemassa kunkin jätetyypin mukaan suunnitellut käsittelymenetelmät, ja ne loppusijoitetaan VLJ-luolaan.

Voimalaitoksen käytön aikana on muodostunut myös hyvin

pieniä määriä urania sisältäviä jätteitä (esimerkiksi eräät reaktorin valvonnassa käytettävät mittalaitteet), joita ei vielä toistaiseksi ole loppusijoitettu VLJ-luolaan. Loppusijoituslaitoksen luvituksen yhteydessä voidaan hakea myös lupaa näiden jätteiden loppusijoittamiselle VLJ-luolaan.

4.7.3 Loppusijoitus

Loviisan voimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksessa (VLJ-luola, ks. luku 1.3.4.7) on tällä hetkellä louhittuna ja varusteltuna kolme kalliotilaa huoltojätteille ja yksi kiinteytetyille jätteille. VLJ-luolan kapasiteetti riittää myös voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana syntyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen.

VLJ-luola on saanut käyttöluvan vuonna 1998, jolloin aloitettiin terästynnyreihin pakattun kuivan huoltojätteen loppusijoitus (Kuva 4-14). Vuoden 2019 lopussa laitoksessa oli noin 10 000 tynnyriä eli noin 2 000 m³ huoltojätettä. Kiinteytetyn nestemäisen jätteen loppusijoitus alkoi loppuvuodesta 2019 (Kuva 4-15).



Kuva 4-14. Loppusijoitustilaan pinottuja huoltojätetynnyreitä.



Kuva 4-15. Ensimmäisen kiinteytetyn jätteen pakkauksen siirto kiinteytetyn jätteen tilan betonikaukaloön joulukuussa 2019.

Taulukko 4-7. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat konventionaalisten jätteiden osalta.

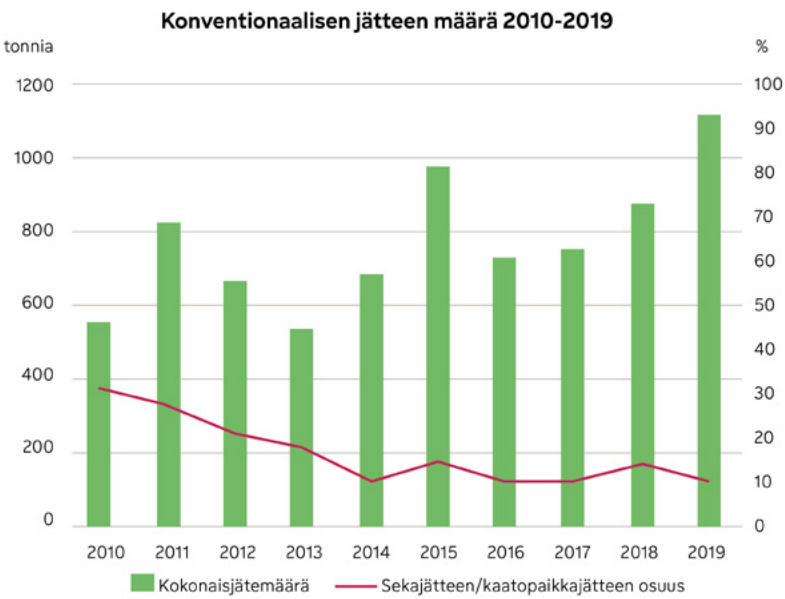
Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Konventionaaliset jätteet		
Tavanomainen jäte	400-1 000 t/v, josta enintään 15 % menee kaatopaikalle ja loput hyötykäyttöön.	Ei merkittäviä muutoksia.
Vaarallinen jäte	20-100 t/v	Ei merkittäviä muutoksia.

Jätehuollon menetelmät pysyvät voimalaitoksen käyttöä jatkettaessa pääsääntöisesti samoina kuin nykyään.

Voimalaitokselta loppusijoitettavat matala- ja keskiaktiiviset jätepakkaukset siirretään voimalaitoksen tiloista VLJ-luolaan kampanjanomaisesti. Siirto VLJ-luolaan tehdään traktorivetoisilla kuljetusalustoilla. VLJ-luolassa huoltojätteet viedään niille varattuihin huoltojätetiloihin. Kahdessa huoltojätetilassa huoltojätetynnyrit asetetaan trukkien avulla pinoihin, joita on tuettu vanerilevyillä. Kolmannessa huoltojätetilassa voidaan käyttää erillisiä, pukkinosturilla nostettavia tynnyrikehikoita. Kiinteytetty jätepakkaukset sijoitetaan kalliotilaan rakennettuun betoniseen kiinteytetyn jätteen kaukaloon, jonka seinämän paksuus on 60 cm. Jätepakkaukset nostetaan kaukalo siltanosturin avulla, ja jätepakkausten välinen tila täytetään sementtipohjaisella täyttövalulla.

Merkittävin käytön jatkamiseen liittyvä muutos jätehuollon toimenpiteissä on tynnyreihin pakattujen huoltojätteiden loppusijoituskonseptin muutos. Tämän osalta on aloitettu selvitykset, joissa tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja, mm. betoniastioiden käyttöä osana jätetynnyrien loppusijoituskonseptia. Alun perin huoltojätteiden loppusijoituskonsepti oli suunniteltu loppusijoituslaitoksen selvästi nykyisiä suunnitelmia lyhyemmälle käyttövaiheelle. Konseptimuutoksella varmistetaan kontaminaation hallintaa ja huoltojätetynnyripinojen riittävä vakaus työturvallisuuden kannalta aikaisempaa pidemmän käyttövaiheen aikana. Konseptin muutoksella ei ole merkittäviä vaikutuksia loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen.

Pitkän käyttöiän aikana loppusijoitustilassa olevien huoltojätteiden radioaktiivisuus myös alenee radioaktiivisen hajoamisen seurauksena, jolloin pitkä käyttöikä voi



Kuva 4-16. Loviisan voimalaitoksen konventionaalisen jätteen kokonaismäärä ja kaatopaikattavan jätteen osuus vuosina 2010-2019.

Taulukko 4-8. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat kemikaalien osalta.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Kemikaalit		
Käyttö ja varastointi	Loviisan voimalaitoksen kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi on laajamittaista. Loviisan voimalaitos on vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun asetuksen (855/2012) mukainen turvallisuusselvityslaitos, velvoitteen perustana on hydratsiini (käyttö noin 2 t/vuosi).	Kemikaalien varastointi- ja käyttömäärät vuositasolla pysyvät samana. On mahdollista, että joitakin kemikaaleja korvataan toisilla (esim. hydratsiini vähemmän haitallisella aineella/aineilla).

myös mahdollistaa sen, että merkittävä osa huoltojätteistä voidaan vapauttaa valvonnasta ja käsitellä konventionaalisena jätteenä.

VLJ-luolan päästöjä valvotaan mittaamalla poistoilman ja jätetilojen lattioille mahdollisesti valuneiden vesien aktiivisuutta. Mikäli vesissä havaitaan merkittävää aktiivisuutta, ne voidaan puhdistaa erikseen. Jätetilojen lattiavesiä esiintyy kuitenkin vain harvoin, eikä VLJ-luolan käyttöhistorian aikana ole ollut tarvetta niiden puhdistamiselle. VLJ-luolan kunnossapito ja ikääntymisen hallinta ja monitorointi on ohjeistettu voimalaitoksen ohjeissa. Näihin kuuluvat muun muassa säännölliset tarkastuskierrokset sekä useat kalliomekaniikan, pohjavesikemian ja hydrologian mittaukset.

VLJ-luola on tarkoitus sulkea sen jälkeen, kun kaikki Loviisan voimalaitosalueella syntyneet matala- ja keskiaktiiviset jätteet (ml. käytöstäpoistojätteet) on loppusijoitettu sinne. Sulkemista kuvataan tarkemmin luvussa 5.5. VLJ-luolalle on laadittu sen elinkaaren kaikissa vaiheissa STUKin vaatimusten mukaisia pitkäaikaisturvallisuusperusteluja, viimeksi vuonna 2018, joiden avulla osoitetaan, että pitkäaikaisturvallisuusvaikutukset ovat hyväksyttävällä tasolla loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeen.

Ydinvoimalaitoksella, kuten muissakin teollisuuslaitoksissa, syntyy tavanomaisia jätteitä (esimerkiksi paperi-, muov- ja ruokajätettä sekä metalliromua) sekä vaarallisia jätteitä (esimerkiksi loisteputkia ja jäteöljyjä), jotka eivät ole radioaktiivisia. Voimalaitoksen käytön jatkaminen ei juurikaan muuta syntyvän konventionaalisen jätteen määrää vuositasolla. Kuten nykyisinkin, jätemäärissä saattaa vuosien välillä olla vaihtelua riippuen mm. voimalaitosalueella tehtävistä rakennus-, kunnossapito- tai huoltotöistä. Taulukossa 4-7 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat konventionaalisten jätteiden osalta.

Suurin osa tavanomaisista jätteistä hyödynnetään uudelleen joko materiaalina tai energiana, vain pieni osa vuosittain syntyvästä jätteestä päättyy kaatopaikalle (Kuva 4-16). Vuosittaiset jätemäärät vaihtelevat vuosihuollossa

toteutettavien töiden laajuuden mukaan. Jätteistä huolehditaan voimalaitoksen ympäristöluvan edellyttämällä tavalla. Konventionaaliset jätteet käsitellään samalla tavoin kuin vastaavat jätteet muualla teollisuudessa.

4.9 KEMIKAALIT

Loviisan voimalaitoksella käytetään erilaisia kemikaaleja mm. prosessiveden valmistuksessa ja vesikemian säätelyssä. Kemikaalien käyttö- ja varastointimäärät pysyvät samana käytön jatkamisen tapauksessa verrattuna nykyiseen.

Fortum seuraa ydinvoimalaitosten vesikemiaan tehtäviä tutkimuksia ja alalta saatuja käyttökokemuksia. Tiedon ja käyttökokemusten lisääntyessä on mahdollista, että käytön jatkamisen aikana prosessijärjestelmissä käytettäviä kemikaaleja vaihdetaan vähemmän haitallisiin tai vesikemiaa muutetaan korroosio-olosuhteiden kannalta paremmaksi. Taulukossa 4-8 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat kemikaalien osalta.

Loviisan voimalaitoksen kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi on laajamittaista. Loviisan voimalaitos on vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun asetuksen (855/2012) mukainen turvallisuusselvityslaitos. Turvallisuusselvityslaitos on velvollinen laatimaan turvallisuusselvityksen ja toimittamaan sen Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle (Tukes). Turvallisuusselvityksessä selvitetään muun muassa vaarallisten kemikaalien aiheuttamat suuronnettomuusvaarat ja niihin varautuminen. Velvollisuus perustuu aineiden määriin ja ominaisuuksiin. Loviisan voimalaitoksella turvallisuusselvitysvelvoitteen perustana on hydratsiini, joka on luokiteltu myrkylliseksi ja ympäristölle vaaralliseksi kemikaaliksi.

Kemikaaleja käytetään prosessiveden valmistuksessa ja laitoksen eri järjestelmien vesikemian säätelyyn. Lisäksi kemikaaleja käytetään muun muassa laitteiden ja putkistojen puhdistukseen, primääripiirin poistokaasujen käsittelyyn ja reaktorirakennuksen jäälahduttimien jään valmistukseen.

Eniten käytettyjä prosessikemikaaleja ovat ammoniakivesi, hydratsiini, boorihappo, natriumhydroksidi, typpihappo ja rikkihappo. Keskeisimpien nykyisten kemikaalien

Taulukko 4-9. Loviisan voimalaitoksen keskeisimpien kemikaalien nykyiset käyttö- ja varastointimäärät vuositasolla.

Kemikaali	Keskimääräinen käyttömäärä vuodessa	Varastointimäärä, maksimi
Ammoniakki	0,2 t	0,5 t
Ammoniakkivesi, 24,5 %	6,5 t	16 t
Boorihappo	4 t	135 t
Hydratsiini, 35 %	2 t	5 t
Kevyt polttoöljy	260 t	595 t
Natriumhydroksidi, 50 %	55 t	50 t
Natriumhypokloriitti, 10-15 %	1 t	1,6 t
Polyalumiinikloridi, 30-40 %	9 t	15 t
Rikkihappo, 98 %	25 t	28 t
Typpihappo, 60 %	5 t	19 t
Vety	2,5 t	0,25 t

käyttömäärät ja varastointimäärät vuositasolla on esitetty taulukossa 4-9.

Ammoniakkivettä käytetään voimalaitoksella sekundääripiirissä ja primääripiirissä veden pH:n säätöön. Ammoniakkivettä käytetään primääripiirissä myös pelkistävien olosuhteiden muodostamiseen. Käytön jatkamisen tapauksessa ammo- niakkiveden käyttömäärissä ei tapahdu muutosta, mutta on mahdollista, että ammoniakkivesi vaihdetaan osittain toiseen alkaloivaan kemikaaliin, esimerkiksi etanoliamiiniin.

Hydratsiinia käytetään muun muassa prosessiveden hapenpoistokemikaalina korroosion ehkäisemiseksi. Hydrat- siinin käyttö voimalaitoksella tapahtuu suljettujen järjestel- mien kautta. Hydratsiinia ei voi tällä hetkellä korvata muilla kemikaaleilla, mutta Fortum tukee tutkimusta, jonka tavoit- teena on löytää hydratsiinin tilalle turvallisempi ja vähemmän haitallinen kemikaali.

Reaktorin tehon (reaktiivisuuden) säätämiseen käytetään boorihappoa. Natriumhydroksidia ja typpihappoa käytetään niin prosessivesien kuin jätevesien pH:n säätöön. Säiliöautol- la toimitettavien natriumhydroksidin ja typpihapon purku tapahtuu kemikaalien purkupaikalla suoraan TB-aseman 14,35 m³ varastosäiliöihin, joissa on ylitäytönestimet. Säiliöi- den ympärillä on vuotoaltaat.

Rikkihappoa ja natriumhydroksidia käytetään ioninvaihti- mien regenerointiin sekä jätevesien pH:n säätöön. Rikkihap- po toimitetaan voimalaitokselle säiliöautolla ja varastoidaan UA-laitoksen 15 m³ säiliöissä. Rikkihapon purku tapahtuu kemikaalien purkupaikalla suoraan varastosäiliöön, jossa on ylitäytönestimet. Säiliöiden ympärillä on vuotoallas.

Raakaveden puhdistuksessa talousvedeksi ja edelleen pro-

sessivedeksi käytetään muun muassa polyalumiinikloridia ja natriumhypokloriittia. Käytön jatkamisen tapauksessa vesilai- toskemikaalien käyttömäärissä ei tapahdu muutosta.

Voimalaitoksen prosesseissa käytetään myös palavia nesteitä ja kaasuja. Vetykaasua käytetään turbiinien gene- raattoreiden roottorien jäähdytykseen ja ammoniakkikaasua jäähdytysaineena ja prosessiveden pH:n säätäjänä.

Kevyttä polttoöljyä käytetään voimalaitoksen dieselgene- raattoreissa ja -moottoreissa. Kevyttä polttoöljyä varastoi- daan pääasiassa 120-130 m³ säiliöissä.

Lisäksi voimalaitoksella käytetään monia muita kemikaali- luvan mukaisia kemikaaleja.

Kiinteiden kemikaalien varastointi tapahtuu alkuperäisissä astioissa erillisessä kemikaalivarastossa. Nestemäiset kemi- kaalit varastoidaan pääasiassa prosessitiloissa tynnyreissä tai konteissa sekä varastosäiliöissä. Nestemäisten kemikaali- en mahdolliset vuodot kerätään vuotokaukaloihin ja -säiliöi- hin. Kemikaalien purkupaikoilla on myös vuotosäiliöt.

4.10 RAKENTAMISTYÖT SEKÄ MELU, TÄRINÄ JA LIIKENNE

Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana rakennettavia mah- dollisia uusia lisärakennuksia voimalaitosalueelle ovat muun muassa ruokalarakennus toimistorakennuksen läheisyyteen, tarkastus- tai vastaanottovarasto, jätevesilaitos, jätteiden varastointihalli ja hitsaushalli. Nämä rakennukset sijoittuvat jo rakennetuille alueille tai vanhojen rakennusten tilalle, joten Hästholmenin saarelta ei ole tarvetta ottaa käyttöön raken- netuksi alueeksi uutta maa-aluetta.

Taulukko 4-10. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat melun, värinän, liikenteen ja tavanomaisten ilmapäästöjen osalta.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Melu ja värinä	Merkittävimmät voimalaitoksen melulähteet ovat muuntajat, ilmastointilaitteet, ejektorit ja liikenne. Vuosihuoltojen aikaan varoventtiilien koestukset.	Ei merkittäviä muutoksia, mutta mahdollisista muutos- ja rakentamistöistä voi aiheutua tilapäistä melua ja värinää.
Liikenne	Keskimääräinen vuorokausiliikenne voimalaitokselle on noin 500 ajoneuvoa, joista raskaita ajoneuvoja on noin 40. Vuosihuollot nostavat liikennemääriä hetkellisesti arviolta enintään noin 1000 ajoneuvoon vuorokaudessa, joista enintään noin 100 on raskaita ajoneuvoja.	Ei merkittäviä muutoksia, mutta mahdolliset rakentamistyöt voivat lisätä ajoittain liikennemääriä, erityisesti raskasta liikennettä.

Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa melu, tä- rinä ja liikenne ovat samankaltaisia kuin nykyisinkin. Ainoas- taan mahdolliset muutos- ja rakentamistyöt voivat aiheuttaa tilapäistä melua ja värinää sekä liikennemäärät voivat tällöin ajoittaisesti kasvaa. Taulukossa 4-10 on esitetty voimalaitok- sen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat melun, värinän ja liikenteen osalta.

4.10.1 Melu

Nykyisessä normaalitoiminnassa, kuten käytön jatkamisenkin tapauksessa, voimalaitoksen merkittävimmät melulähteet ovat muun muassa muuntajat ja ilmastointilaitteet, joiden melu on mittauksissa tehtyjen havaintojen mukaan tasaista vaimeaa huminaa tai kohinaa. Lisäksi voimalaitoksen ejek- toreista syntyy syklistä ääntä. Poikkeuksen muodostavat kerran vuodessa ennen vuosihuoltoa tehtävät tuorehöyryjär- jestelmän varoventtiilien koestukset.

Voimalaitoksen ympäristön melua on kartoitettu ympäristö- melumittauksilla, joissa ympäristömelu on mittauspisteissä ollut korkeimmillaan yö- (40 dB) ja päiväraja-arvojen (45 dB) tasalla.

4.10.2 Tärinä

Voimalaitosyksiköiden käytöstä ei aiheudu ihmisaistein havaittavaa värinää voimalaitosalueen ulkopuolella. Voimalai- toksen lähiympäristön ainoana värinän lähteenä toimii voima- laitoksen liikenne. Liikenteestä nykytilanteessa ympäristöön aiheutuvaa värinää ei ole mitattu, mutta liikenne- ja maape- rätietoihin perustuen sen arvioidaan olevan vähäistä. Käytön jatkamisen aikana mahdollisista muutos- ja rakentamistöistä voi aiheutua tilapäistä värinää.

4.10.3 Liikenne

Voimalaitoksen nykyisen käytön sekä käytön jatkamisen ai- kainen liikenne koostuu pääasiassa työmatka- ja huoltoliiken- teestä sekä tuoreen ydinpolttoaineen, erilaisten laitteiden,

kemikaalien, polttoöljyn, kaasujen ja jätehuollon kuljetuksista. Voimalaitoksen käyttöön liittyvät kemikaalit ja polttoöljy kuljetetaan muun tavaraliikenteen tavoin voimalaitokselle maanteitse. Voimalaitosalueella kuljetukset tapahtuvat opas- tettua kuljetusreittiä pitkin.

Pääosa työmatkaliikenteestä tapahtuu henkilöautoilla, mutta myös linja-autoja käytetään liikkumiseen. Voimalaitoksella on pysyvää henkilökuntaa noin 500 henkilöä ja noin 100 alihankki- jaa. Tämän lisäksi vuosihuollot ja projektit työllistävät vuosittain 700-1300 urakoitsijoiden työntekijää, riippuen kulloinkin toteu- tettavien hankkeiden laajuudesta. Keskimääräinen vuorokausi- liikenne voimalaitokselle on noin 500 ajoneuvoa, joista raskaita ajoneuvoja on noin 40. Vuosihuollot nostavat liikennemääriä hetkellisesti arviolta enintään noin 1000 ajoneuvoon vuorokau- dessa, joista enintään noin 100 on raskaita ajoneuvoja.

4.11 KONVENTIONAALISET PÄÄSTÖT ILMAAN

Loviisan voimalaitoksen sähkönsaanti ja turvallisuustoimin- not turvataan poikkeustilanteissa dieselgeneraattoreiden- ja moottoreiden avulla.

Voimalaitosalueella sijaitsevista dieselgeneraattoreista ja -moottoreista muodostuu päästöjä ilmaan, eli käytännössä hiilidioksidia, typen oksideja, rikin oksideja ja hiukkaspäästö- jä. Näiden käyttö rajoittuu koeajoihin ja on siten hyvin vähäis- tä. Hätädieselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen päästöt lasketaan kevyen polttoöljyn kulutuksen mukaan ja raportoidaan vuosittain ympäristönsuojeluviranomaisille. Hätädieselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen keskimääräiset päästöt ovat pieniä. Vuosina 2014-2020 keskimääräiset vuosittaiset hiilidioksidipäästöt ovat olleet 724 t, typen oksidipäästöt 19,4 t, rikin oksidipäästöt 0,46 t ja hiukkaspäästöt 0,023 t.

Voimalaitosalueella sijaitsee edellä mainittujen lisäksi pienet vakavan reaktorionnettomuuden dieselgeneraattorit ja pieniä dieselmoottoreita varahätäsyöttövesijärjestelmässä ja palovesipumppaamossa. Näiden polttoaineen kulutus on erittäin pientä hätädieselgeneraattoreihin ja dieselvaravoi-

Taulukko 4-11. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat konventionaalisten ilmapäästöjen osalta.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Konventionaaliset päästöt ilmaan	Dieselgeneraattorit ja -moottorit: jonkin verran typen oksidien, hiilidioksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä koestustoiminnasta.	Dieselgeneraattoreiden ja -moottoreiden päästöt ilmaan tulevat pysymään samalla tasolla kun nykyisin.

malaitokseen verrattuna.

Voimalaitoksen kuljetuksista ja henkilöliikenteestä syntyy pakokaasupäästöjä ilmaan. Lisäksi alueella tapahtuvista mahdollisista muutos- ja rakentamistöistä voi aiheutua paikallista pölyämistä. Taulukossa 4-11 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat konventionaalisten ilmapäästöjen osalta.

4.12 RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN PÄÄSTÖT JA NIIDEN RAJOITTAMINEN

Ydinvoimalaitoksessa syntyy käytön aikana radioaktiivisia aineita. Pieniä määriä radioaktiivisia aineita päästetään hallitusti ilmaan ja mereen lainsäädännön, toimintaa koske-

vien lupien ja määräysten ehtoja noudattaen. Ympäristöön päästettävien radioaktiivisten aineiden määrää rajoitetaan tehokkaasti viivästämällä ja suodattamalla päästöjä. Loviisan voimalaitoksen normaalitoiminnasta muodostuvat radioaktiiviset päästöt pysyvät käytön jatkamisen tapauksessa nykyisellä tasolla. Taulukossa 4-12 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat radioaktiivisten aineiden päästöjen osalta.

Radioaktiivisten aineiden päästöjä ilmaan ja mereen tarkkaillaan jatkuvasti. Loviisan voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt mereen ja ilmaan ovat jääneet murto-osaan niille asetetuista päästörajoista. Päästöjen vaikutus lähi-alueen ihmisiin ja ympäröivään luontoon on hyvin vähäinen (ks. luku 9.8.3).

Taulukko 4-12. Voimalaitoksen käytön jatkamisen ympäristönäkökohdat radioaktiivisten aineiden päästöjen osalta. Voimalaitoksen nykyisten päästöjen lukuarvot perustuvat vuosien 2009-2019 toteutuneisiin päästöihin.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Radioaktiiviset päästöt ilmaan	Jalokaasut (Kr-87ekv.) vaihteluväli: 4,7-8 TBq/v keskiarvo: 5,8 TBq/v <i>Päästöraja on 14 000 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.
	Jodit (I-131ekv.) vaihteluväli: 0,0000002-0,00005 TBq/v keskiarvo: 0,00001 TBq/v <i>Päästöraja on 0,22 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.
	Aerosolit*) vaihteluväli: 0,00003-0,0008 TBq/a keskiarvo: 0,00014 TBq/a	Ei merkittäviä muutoksia.
	Tritium (H-3*) vaihteluväli: 0,1-0,4 TBq/v keskiarvo: 0,2 TBq/v	Ei merkittäviä muutoksia.
	Hiili-14 (C-14*) vaihteluväli: 0,3-0,5 TBq/v keskiarvo: 0,4 TBq/v	Ei merkittäviä muutoksia.
Radioaktiiviset päästöt mereen	Tritium (H-3) vaihteluväli: 13-21 TBq/v keskiarvo: 16,0 TBq/v <i>Päästöraja on 150 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.
	Muut fissio- ja aktivoitumistuotteet vaihteluväli: 0,0001-0,002 TBq/v keskiarvo: 0,0006 TBq/v <i>Päästöraja on 0,89 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.

*) Päästörajille ei ole määritelty erillistä päästörajaa.

Taulukko 4-13. Päästöt ilmaan vuosina 2009-2019.

Päästölaji	Maksimi [GBq]	Maksimin osuus päästö-rajasta [%]	Minimi [GBq]	Keskiarvo [GBq/a]
Jalokaasut	8,0E+03 (2009)	0,06	4,7E+03 (2018)	5,8E+03
Jodi	4,8E-02 (2010)	0,02	2,3E-04 (2012)	1,0E-02
Aerosolit	8,4E-01 (2013)	-	2,6E-02 (2019)	1,4E-01
Tritium	4,4E+02 (2009)	-	1,3E+02 (2014)	2,0E+02
Hiili-14	4,6E+02 (2013)	-	3,2E+02 (2010 ja 2011)	3,7E+02

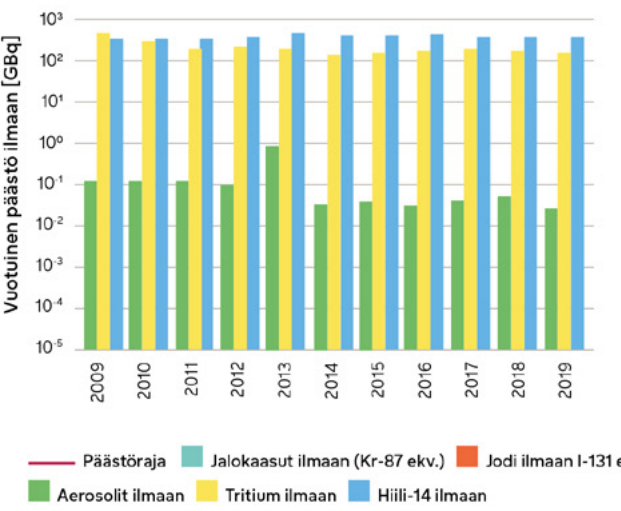
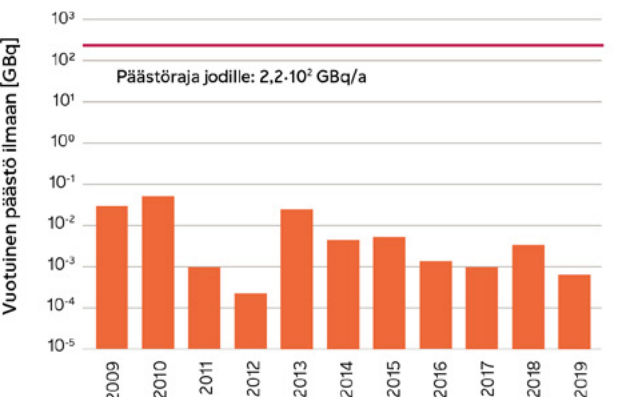
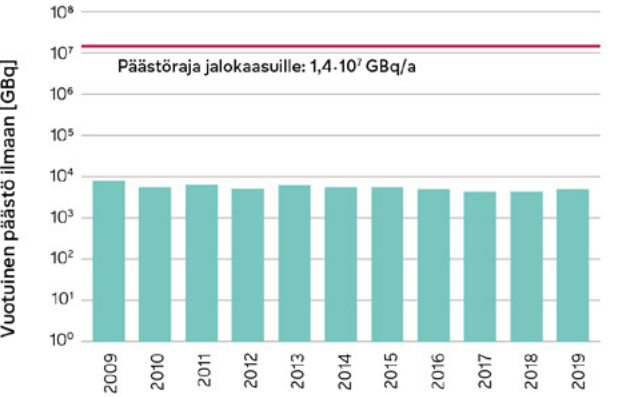
4.12.1 Päästöt ilmaan

Voimalaitoksen käytön aikaiset radioaktiiviset päästöt ilmaan koostuvat lähinnä jalokaasuista, aerosoleista, halogeeneistä ja aktivoitumistuotteista. Suurin osa ympäristöön pääsevistä radionuklideista on lyhytikäisiä, ja niitä havaitaan ympäristön säteilyvalvonnan yhteydessä voimalaitoksen lähiympäristössä vain satunnaisesti.

Voimalaitoksella syntyvien radioaktiivisten kaasujen käsittelyssä kaasut kerätään, suodatetaan ja viivästetään radioaktiivisuuden alentamiseksi ja päästön rajoittamiseksi. Pieniä määriä radioaktiivisia aineita sisältäviä kaasuja johdetaan hallitusti ilmanvaihtopiipun kautta ilmaan yli 100 m korkeudelle, missä kaasut sekoittuvat ja laimenevat ilmakehään. Loviisan voimalaitoksen radioaktiiviset päästöt ilmaan vuosina 2009–2019 ja päästörajat on esitetty kuvassa 4-17. Päästörajat on asetettu jalokaasu- ja jodipäästöille, joiden määriin voidaan viivästys- ja suodatustoimenpitein vaikuttaa. Muiden päästölajien osalta niiden päästömäärät ovat verrannollisia voimalaitoksen energiantuotantoon eikä niiden määriin pystytä juurikaan vaikuttamaan. Suurimmillaan voimalaitoksen vuosien 2009–2019 radioaktiivisten jalokaasujen päästöt ilmaan olivat noin 0,06 % päästörajasta (vuonna 2009) ja jodipäästöt noin 0,02 % päästörajasta (vuonna 2010). Voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan ovat olleet selvästi alle niille asetettujen päästörajojen.

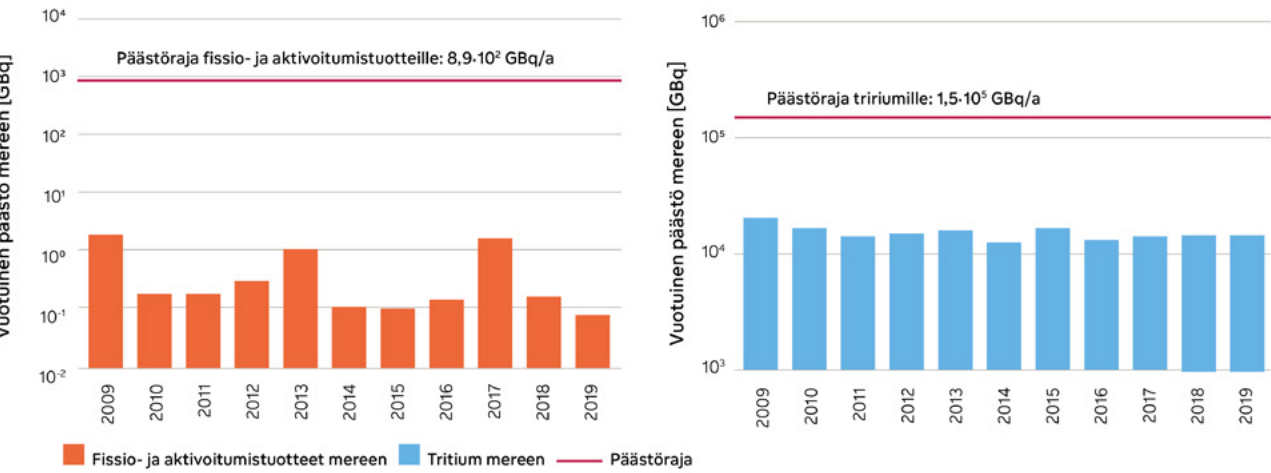
4.12.2 Päästöt vesistöön

Voimalaitoksen käytön aikaiset radioaktiiviset päästöt mereen muodostuvat pääasiassa prosessiveden uloslasku- vesistä, valvonta-alueen viemärintivesistä, valvonta-alueen suojavaatteiden pesulan jätevesistä ja puhdistetun haihdutuskonsentraatin uloslasku- vesistä. Ennen hallittua uloslaskua mereen vedet käsitellään ja viivästetään radioaktiivisuuden alentamiseksi ja päästön rajoittamiseksi. Aktiivisuus



Kuva 4-17. Loviisan voimalaitoksen radioaktiiviset päästöt ilmaan vuosina 2009-2019 sekä päästörajat jalokaasuille ja jodille.

mitataan, ja uloslasku on mahdollista vain aktiivisuusrajojen alittuessa. Voimalaitokselta mereen kontrolloidusti päästettävä pieniä määriä radioaktiivisuutta sisältävä vesi sekoittuu jäähdytysveden purkukanavassa jäähdytysvesivirtaukseen ja laimenee merkittävästi.



Kuva 4-18. Loviisan voimalaitoksen radioaktiiviset päästöt mereen vuosina 2009-2019 sekä päästörajat tritiumille ja fissio- ja aktivoitumistuotteille.

Taulukko 4-14. Loviisan voimalaitoksen radioaktiiviset päästöt mereen vuosina 2009-2019 sekä päästörajat tritiumille ja fissio- ja aktivoitumistuotteille.

Päästöläji	Maksimi [GBq]	Maksimin osuus päästörajasta [%]	Minimi [GBq]	Keskiarvo [GBq/a]
Tritium	2,1E+04 (2009)	13,8	1,3E+04 (2018)	1,6E+04
Fissio- ja aktivoitumistuotteet	1,9E+00 (2009)	0,22	1,0E-01 (2012)	0,6E+00

Loviisan voimalaitoksen radioaktiiviset päästöt mereen vuosina 2009–2019 ja päästörajat on esitetty kuvassa 4-18. Suurimmillaan voimalaitoksen vuosien 2009–2019 tritium (H-3) -päästöt mereen olivat noin 14 % päästörajasta sekä muiden fissio- ja aktivoitumistuotteiden päästöt noin 0,2 % päästörajasta (vuonna 2009). Voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt mereen ovat olleet selkeästi alle niille asetettujen päästörajojen.

Loviisan voimalaitoksella on tehty parannustoimenpiteitä ympäristön asukkaille aiheutuvan säteilyannoksen pienentämiseksi. Näistä toimenpiteistä eräs merkittävimmistä on nestemäisten jätteiden käsittelyyn liittyvän cesium-erotusmenetelmän käyttöönotto. Järjestelmän avulla nestemäisten jätteiden varaston haihdutuskonsentraattisäiliöiden matala-aktiivisista pintavesistä saadaan poistettua merkittävä osa (tyypillisesti yli 99 %) cesiumista ennen uloslaskua. Cesium-erotettujen vesien uloslasku suoritetaan yleensä noin kolmen-neljän vuoden välein, ja tällöinkin päästöt pysyvät selvästi päästörajojen alapuolella. Kuvassa 4-18 fissio- ja aktivoitumistuotteiden osalta vuosien 2009, 2013 ja 2017 hieman muita vuosia suuremmat päästömäärät johtuivat cesium-erotetun haihdutuskonsentraatin suunnitellusta uloslaskusta.

4.12.3 Paras käyttökelpoinen tekniikka

Loviisan voimalaitoksella on tehty parannustoimenpiteitä ympäristön asukkaille aiheutuvan säteilyannoksen pien-

tämiseksi. Loviisan voimalaitoksella seurataan tekniikan kehittymistä ja jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti päästömäärien pienentämiseen tähtäviä toimia tehdään myös voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana. Tekniikan kehittymistä seurataan Loviisan voimalaitoksella myös BAT-periaatteen (Best Available Technique) toteuttamisen varmistamiseksi. Päästöjen rajoittamisen yhteydessä BAT-periaatteen lähtökohta on hyödyntää päästöjen rajoittamiseksi teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia, kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa olevia, parhaita käyttökelpoisia tekniikoita. BAT-periaatteen tavoittelussa tulee kuitenkin huomioida myös säteilysuojelun optimointiperiaatteen ALARA:n (As Low As Reasonably Achievable) kattavampi näkökulma. ALARA-periaatteen mukaan eri tekniikoita tarkasteltaessa tulee ympäristön asukkaiden säteilyaltistuksen lisäksi huomioida myös voimalaitoksen työntekijöiden säteilyaltistus, ja hankkeen toteuttamiskelpoisuus riippuu näistä muodostuvasta kokonaiskuvasta.

Aikavälillä 2010-2019 Loviisan voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöistä ympäristön asukkaalle aiheutunut laskennallinen säteilyannos vuodessa on ollut 0,00014...0,00029 mSv.Säteilyturvakeskuksen vuoden 2018 tietojen perusteella laskettu suomalaisen keskimääräinen vuotuinen säteilyannos on noin 5,9 mSv. Näin ollen vuosina 2010-2019 Loviisan voimalaitoksen lähialueen asukkaan vuotuisesta säteilyannoksesta noin 0,002...0,005 % on aiheutunut voimalaitoksen toiminnasta. Tämä on osoitus siitä, että Loviisan voimalaitok-

sen radioaktiivisten aineiden päästöt ovat jo nykyiselläänkin varsin alhaisella tasolla. Tämä myös tarkoittaa sitä, että päästömäärien alentaminen entisestään vaatii jatkuvasti suurempia toimenpiteitä, ja toisaalta niistä saatavat hyödyt eivät välttämättä ole kovinkaan suuria. Lisäksi ympäristön asukkaiden säteilyannosten pienikin alentaminen voi lähestymistavasta tai tekniikasta riippuen kasvattaa voimalaitoksen työntekijöiden säteilyannoksia, jolloin tilannetta tulee tarkastella ALARA-periaatteen näkökulmasta.

Loviisan voimalaitoksen käyttöhistorian aikana on BAT-periaatteen mukaisesti toteutettu lukuisia päästöjen rajoittamiseen ja henkilökunnan säteilyannosten alentamiseen tähtäviä hankkeita. Näistä voidaan esimerkkinä mainita vaikkapa primääripiirin poistovesien esipuhdistusjärjestelmän varoventtiilien hopeakalvojen korvaaminen hopeasta vapailla murtokalvoilla (kalvoista ei päädy enää hopeaa primääripiiriin, joka aktivoituessaan muuttuu säteileväksi) ja pääkiertopumppujen antimonia sisältävien tiivisteiden korvaaminen antimonivapailla tiivisteillä (vähentää aktivoituvan

antimonin määrää ja näin ollen siitä aiheutuvia henkilöstön säteilyannoksia ja radioaktiivisia päästöjä). Loviisan voimalaitoksella on suunnitteilla tai tutkimuksen alla seuraavia BAT-periaatteen mukaisia päästöjen rajoittamiseen tähtäviä hankkeita:

- selvitystyö aktiivisten kaasujen käsittelyjärjestelmän päästövähennysparannusten kartoittamiseksi
- selvitystyö analysaattoreiden poistovesien johtamiseksi viemäriinjan vesilukon taakse arseeni-76 -isotoopin ilmapäästöjen pienentämiseksi
- primääripiirin näytteenoton vetokaappien uusinta
- pääkiertopumppujen tiivistevesilinjojen hopealähteen poistaminen.

4.13 YHTEENVETO KÄYTÖN JATKAMISEN YMPÄRISTÖNÄKÖKOHDISTA

Taulukossa 4-15 on esitetty yhteenveto käytön jatkamisen ympäristönäkökohdista.

Taulukko 4-15. Yhteenveto käytön jatkamisen ympäristönäkökohdista.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Jäähdytysvesi		
Jäähdytysveden käyttö ja lämpökuorma	Käyttö keskimäärin 1 300 milj. m³ (max. 1 800 milj. m³)	Ei muutosta.
	Lämpökuorma keskimäärin 57 000 TJ (max. 60 000 TJ)	Ei muutosta.
Käyttöveden tarve ja hankinta		
Määrä	Prosessivesi 100 000 - 200 000 m³/v Talousvesi 25 000 - 75 000 m³/v	Ei merkittäviä muutoksia.
Käyttöveden otto	Lappominjärvi. Lappominjärven pintaa säännöstellään vesitalousluvan lupaehtojen mukaisesti.	Vaihtoehtona selvitetty käyttöveden hankintaa Loviisan kaupungin vesijohtoverkostosta. Lappominjärven osalta vesitalousluvassa määritellyt säännöstelymääräykset eivät muutu.
Talousjätevedet		
Määrä	20 000 - 30 000 m³/v Keskimäärin 60 m³/vrk (enintään 120 m³/vrk)	Ei merkittäviä muutoksia.
Purkupaikka	Hudöfjärdenin purkupiste.	Hudöfjärden tai Loviisan Veden Vårdön jätevedenpuhdistuslaitoksen purkupiste Loviisanlahdella (noin 4 km päässä voimalaitoksen purkupisteestä).
Kuormitus	Kokonaistyyppi keskimäärin 840 kg/v Kokonaisfosfori keskimäärin 9 kg/v Voimalaitoksen nykyisten lupaehtojen mukaisesti: - kokonaisfosforipitoisuus vuosikeskiarvona enintään 0,7 mg/l - biologinen hapenkulutus enintään 15 mg O₂/l - Puhdistusteho vähintään 90 %.	Ei merkittäviä muutoksia. Säilyy nykyisellään tai huomioidaan Vårdön jätevedenpuhdistamon lupaehdoissa.
Liete	Jätevedenkäsittelyssä syntyvä liete johdetaan turvealtaisiin. Syntyvä komposti käytetään voimalaitosalueen maanrakennukseen tehtävissä maisemoinneissa.	Säilyy nykyisellään tai siirtyy käsiteltäväksi Vårdön jätevedenpuhdistamolle.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Prosessijätevedet		
Määrä	Keskimäärin 160 000 m³/v.	Ei merkittäviä muutoksia.
Purkupaikka	Johdetaan jäähdytysvesikanavaan ja sitä kautta purkuaukon kautta Hästholmsfjärdenin puolelle.	Säilyy samana.
Kuormitus	Kokonaistyyppi keskimäärin 800 kg/v Kokonaisfosfori keskimäärin 9 kg/v	Ei merkittäviä muutoksia.
Muut mereen johdettavat vedet		
	Mm. huuhteluvesiä, öljyisiä vesiä, VLJ-luolan vuotovesiä, sade- ja perusvesiä, jotka käsitellään asianmukaisesti.	Ei merkittäviä muutoksia.
Ydinpolttoaine		
Ydinpolttoaineen hankinta	Vuotuinen polttoainetarve noin 24 tonnia uraanidioksidia.	Ei muutosta.
Käytetty ydinpolttoaine		
Polttoainekertymä	Vuosikertymä noin 168 polttoaineniippua. Kokonaiskertymä nykyisten käyttölupien loppuun noin 7700 polttoaineniippua.	Ei lisää vuosikertymää, mutta kokonaismäärä kasvaa kun käyttöaika pitenee. Käytön jatkamisen (20 v.) aikana nippuja kertyy noin 3700 kpl, eli kokonaiskertymä olisi yhteensä noin 11 400 kpl, kuitenkin enintään noin 12 800 kpl.
Välivarastointi	Nykyisin kaksi käytetyn polttoaineen varastoa.	Joko toisen varaston laajennus enintään kahdella uudella vesialtaalla tai polttoaineniippujen sijoittaminen tiheämmin nykyisten varastojen vesialtaisiin.
Ydinlaitosjätteet		
Matala-aktiivinen jäte	Nykyinen kertymänopeus 20-30 m³/v. Nykyisten käyttölupien loppuun muodostuva määrä noin 2700 m³.	Vuosikertymä sama, mutta kokonaismäärä kasvaa, kun käyttöaika pitenee. Noin 20 vuoden jatko tuottaa noin 600 m³ matala-aktiivista jätettä, eli yhteensä noin 3300 m³. Selvitetään betoniastioiden käyttöä osana huoltojätteiden loppusijoitusta.
Keskiaktiivinen jäte	Nykyinen kertymänopeus 15-30 m³/v, kiinteytettynä ja pakattuna 60-120 m³/v. Nykyisten käyttölupien loppuun muodostuva määrä noin 4900 m³.	Vuosikertymä sama, mutta kokonaismäärä kasvaa, kun käyttöaika pitenee. Noin 20 vuoden jatko tuottaa noin 2400 m³ keskiaktiivista jätettä pakattuna, eli yhteensä noin 7300 m³.
VLJ-luolan kapasiteetti	Tällä hetkellä louhittuna ja varusteltuna kolme kalliotilaa matala-aktiiviselle huoltojätteelle ja yksi keskiaktiiviselle kiinteytetyille jätteille.	Kapasiteetti riittää myös voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana syntyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen.
Konventionaaliset jätteet		
Tavanomainen jäte	400-1000 t/v, josta enintään 15 % menee kaatopaikalle ja loput hyötykäyttöön.	Ei merkittäviä muutoksia.
Vaarallinen jäte	20-100 t/v	Ei merkittäviä muutoksia.

Ympäristönäkökohta	Nykyinen voimalaitoksen toiminta	Käytön jatkaminen
Kemikaalit		
Käyttö ja varastointi	Loviisan voimalaitoksen kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi on laajamittaista. Loviisan voimalaitos on vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun asetuksen (855/2012) mukainen turvallisuusselvityslaitos, velvoitteen perustana on hydratsiini (käyttö noin 2 t/vuosi).	Kemikaalien varastointi- ja käyttömäärät vuositasolla pysyvät samana. On mahdollista, että joitakin kemikaaleja korvataan toisilla (esim. hydratsiini vähemmän haitallisella aineella/ aineilla).
Melu, värinä ja liikenne		
Melu ja värinä	Merkittävimmät voimalaitoksen melulähteet ovat muuntajat, ilmastointilaitteet, ejektorit ja liikenne. Vuosihuoltojen aikaan varoventtiilien koestukset.	Ei merkittäviä muutoksia, mutta mahdollisista muutos- ja rakentamistöistä voi aiheutua tilapäistä melua ja värinää.
Liikenne	Keskimääräinen vuorokausiliikenne voimalaitokselle on noin 500 ajoneuvoa, joista raskaita ajoneuvoja on noin 40. Vuosihuollot nostavat liikennemääriä hetkellisesti arviolta enintään noin 1000 ajoneuvoon vuorokaudessa, joista enintään noin 100 on raskaita ajoneuvoja.	Ei merkittäviä muutoksia, mutta mahdolliset rakentamistyöt voivat lisätä ajoittain liikennemääriä, erityisesti raskasta liikennettä.
Konventionaaliset ilmapäästöt		
Päästöt ilmaan	Dieselgeneraattorit ja -moottorit: jonkin verran typen oksidien, hiilidioksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä koestustoiminnasta.	Dieselgeneraattoreiden ja -moottoreiden päästöt ilmaan tulevat pysymään samalla tasolla kun nykyisin.
Radioaktiiviset päästöt		
Päästöt ilmaan	Jalokaasut (Kr-87ekv.) vaihteluväli: 4,7-8 TBq/v keskiarvo: 5,8 TBq/v <i>Päästöraja on 14 000 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.
	Jodit (I-131ekv.) vaihteluväli: 0,0000002-0,00005 TBq/v keskiarvo: 0,00001 TBq/v <i>Päästöraja on 0,22 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.
	Aerosolit*) vaihteluväli: 0,00003-0,0008 TBq/v keskiarvo: 0,00014 TBq/v	Ei merkittäviä muutoksia.
	Tritium (H-3*) vaihteluväli: 0,1-0,4 TBq/v keskiarvo: 0,2 TBq/v	Ei merkittäviä muutoksia.
	Hiili-14 (C-14*) vaihteluväli: 0,3-0,5 TBq/v keskiarvo: 0,4 TBq/v	Ei merkittäviä muutoksia.
Päästöt mereen	Tritium (H-3) vaihteluväli: 13-21 TBq/v keskiarvo: 16,0 TBq/v <i>Päästöraja on 150 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.
	Muut fissio- ja aktivoitumistuotteet vaihteluväli: 0,0001-0,002 TBq/v keskiarvo: 0,0006 TBq/v <i>Päästöraja on 0,89 TBq/v</i>	Ei merkittäviä muutoksia.

*) Päästörajalle ei ole määritelty erillistä päästörajaa



5. VEO: Käytöstäpoisto

Vaihtoehto VEO on Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto nykyisen käyttöluopajakson päättymisen jälkeen. Käytöstäpoistolle tulee hakea mm. ydinenergialain mukainen käytöstäpoistolupa ja itsenäistettävälle laitoksille tulee hakea uutta käyttöilupaa sähkön tuotannon päättymisen jälkeiselle ajalle (ks. luku 12). Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosta on laadittu suunnitelma, joka on viimeksi päivitetty vuonna 2018. Tämän hetkinen käytöstäpoistosuunnitelma, joka on tehty ns. brownfield-periaatteen (ks. luku 5.6) mukaan, koskee nykyisen käyttöluopajakson jälkeen (2027/2030) tehtävää käytöstäpoistoa kattaen radioaktiivisten laitossien purkamisen, jätteiden käsittelyn ja radioaktiivisen jätteen loppusijoituksen. Esitetyt purkuaikataulut, jätemäärät, kuljetusten määrät ja muut suureet koskevat ensisijaisesti vain radioaktiivisia laitossia ja niiden purkua. Toimenpiteitä nykyisen käytöstäpoistosuunnitelman ulkopuolella, eli ei-radioaktiivisten laitossien purkua eli ns. greenfield-periaatetta (ks. luku 5.6) ja voimalaitosalueen jatkokäyttöä käsitellään erikseen luvuissa 5.3.3, 5.6 ja 5.8.6.

Jos voimalaitoksen käyttöä jatketaan, käytöstäpoistosuunnitelmaa päivitetään koskemaan myöhemmin toteutettavaa käytöstäpoistoa (2050-luvulla vaihtoehtoon VE1 mukaan). Tällöin käytöstäpoisto toteutetaan pääosin vastaavasti kuten tässä luvussa vaihtoehtoon VEO osalta on kuvattu. Luvussa 5.9 on kuvattu keskeisimpiä eroja VEO:n ja VE1:n välillä liittyen käytöstäpoiston toteutukseen.

5.1 KÄYTÖSTÄPOISTON VAIHEET JA AIKATAULU

Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto on viranomaisäännösten mukaista toimintaa, josta on säädetty ydinenergialaissa ja -asetuksessa, sekä niiden pohjalta annetuissa STUKin määräyksissä ja YVL-ohjeissa. Fortumin suunnitelmissa käytöstäpoisto käsittää radioaktiivisten järjestelmien, rakenteiden ja komponenttien purkamisen ja syntyvän käytöstäpoistojätteen loppusijoittamisen. Käytöstäpoiston luvitukseen varaudutaan hyvissä ajoin ennen varsinaisten käytöstäpoistotoiden aloittamista. Käytöstäpoisto edellyttää muun muassa ydinenergialain mukaista käytöstäpoistolupaa. Lisäksi tulee hakea käyttöluvut VLJ-luolalle ja itsenäistettävälle laitoksille joiden käytöstäpoisto ja sulkeminen tapahtuu myöhemmin käytetyn polttoaineen varastoinnin päätyttyä. Luvituksesta kerrotaan tarkemmin luvussa 12.

Käytöstäpoistosta on laadittu jo käytön aikana suunnitelma, jonka päivitys toimitetaan ydinenergialain mukaisesti

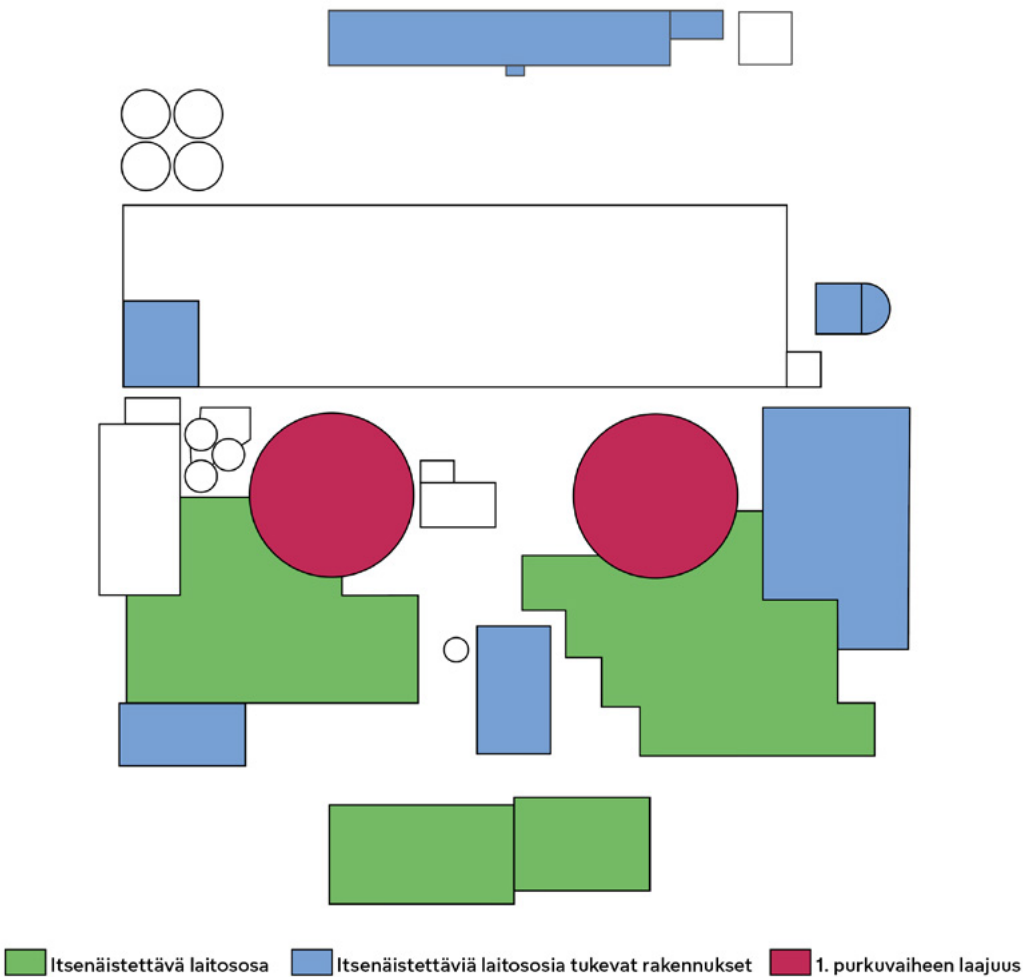
vähintään kuuden vuoden välein viranomaiselle. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelma on viimeksi päivitetty vuonna 2018. Nykyisenä käytöstäpoistostrategiana on voimalaitoksen välitön purku ja purkujätteen loppusijoitus. Käytöstäpoistosuunnitelmassa esitetään kaikki käytöstäpoistoon liittyvät vaiheet ja niiden sen hetkiset suunnitelmat. Suunnitelmia päivitetään ja tarkennetaan askeleittain voimalaitoksen käytöstä saatujen kokemusten, viranomaisilta saatujen kommenttien ja vaatimusten sekä kansainvälisten hankkeiden seurannan mukaan. Lopullinen käytöstäpoistosuunnitelma toimitetaan viranomaisille hyväksyttäväksi hyvissä ajoin ennen käytöstäpoistoluvan hakemista.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistoon liittyy seuraavia vaiheita:

- valmisteluvaihe ja VLJ-luolan laajennus
- 1. purkuvaihe
- purkuvaiheiden välinen itsenäistettävien laitossien ja VLJ-luolan käytön vaihe
- 2. purkuvaihe, joka päättyy VLJ-luolan sulkemiseen.

Loviisan voimalaitoksen sähköntuotantovaiheen jälkeen tehdään voimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto, joka alkaa muutaman vuoden mittaisella purkutöiden **valmisteluvaiheella**. Ennen sähköntuotannon loppumista laajennetaan VLJ-luolaa käytöstäpoistojätteiden loppusijoitusta varten. Sähköntuotanto loppuu ensin Loviisa 1-laitosyksiköllä ja noin kolme vuotta myöhemmin Loviisa 2 -laitosyksiköllä.

Valmisteluvaiheen jälkeen suoritetaan **purkuvaihe 1**, jossa puretaan reaktorirakennuksen aktivoituneet ja kontaminoituneet osat. Nykysuunnitelman mukaan valmisteluvaiheet ja ensimmäiset purkuvaiheet toteutetaan vaiheistetusti siten että Loviisa 1:n purkuvaihe 1 ja Loviisa 2:n valmisteluvaihe tapahtuvat samaan aikaan. Valmistelu- ja purkuvaiheen 1 aikana sekä niiden jälkeen käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan KPA-varastoilla. Viimeistään ennen Loviisa 2 -laitosyksikön sammuttamista käytetyn polttoaineen välivarastointiin, nestemäisten jätteiden varastointiin ja kiinteytykseen sekä jätteiden loppusijoitukseen tarvittavat **laitososat itsenäistetään**, jotta ne voivat toimia turvallisesti ilman purkuvaiheessa 1 purettavia voimalaitoksen järjestelmiä. Voimalaitoksesta itsenäistettävät laitosesat ovat käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto, nestemäisten jätteiden varasto ja kiinteytyslaitos sekä tarvittavat osat voimalaitoksen apurakennuksista. Itsenäistämällä tarkoitetaan tiettyjen toimintojen, kuten jäähdytyksen ja ilmastoinnin, erottamista voimalaitosyksiköiden järjestelmistä, jotta itsenäistettävät



Kuva 5-1. Punaisella merkittyjen reaktorirakennusten aktivoituneet ja kontaminoituneet osat puretaan purkuvaiheessa 1, vihreällä merkityt laitososat itsenäistetään ja niiden toimintaa itsenäisen käytön aikana tukevat sinisellä merkityt rakennukset.

laitososat voivat toimia ilman voimalaitosyksiköitä. Lisäksi VLJ-luola toimii itsenäisenä laitoksena. Itsenäistettävät laitososat, niitä tukevat laitososat ja reaktorirakennukset, joiden radioaktiiviset osat puretaan purkuvaiheessa 1, on merkitty kuvaan 5-1.

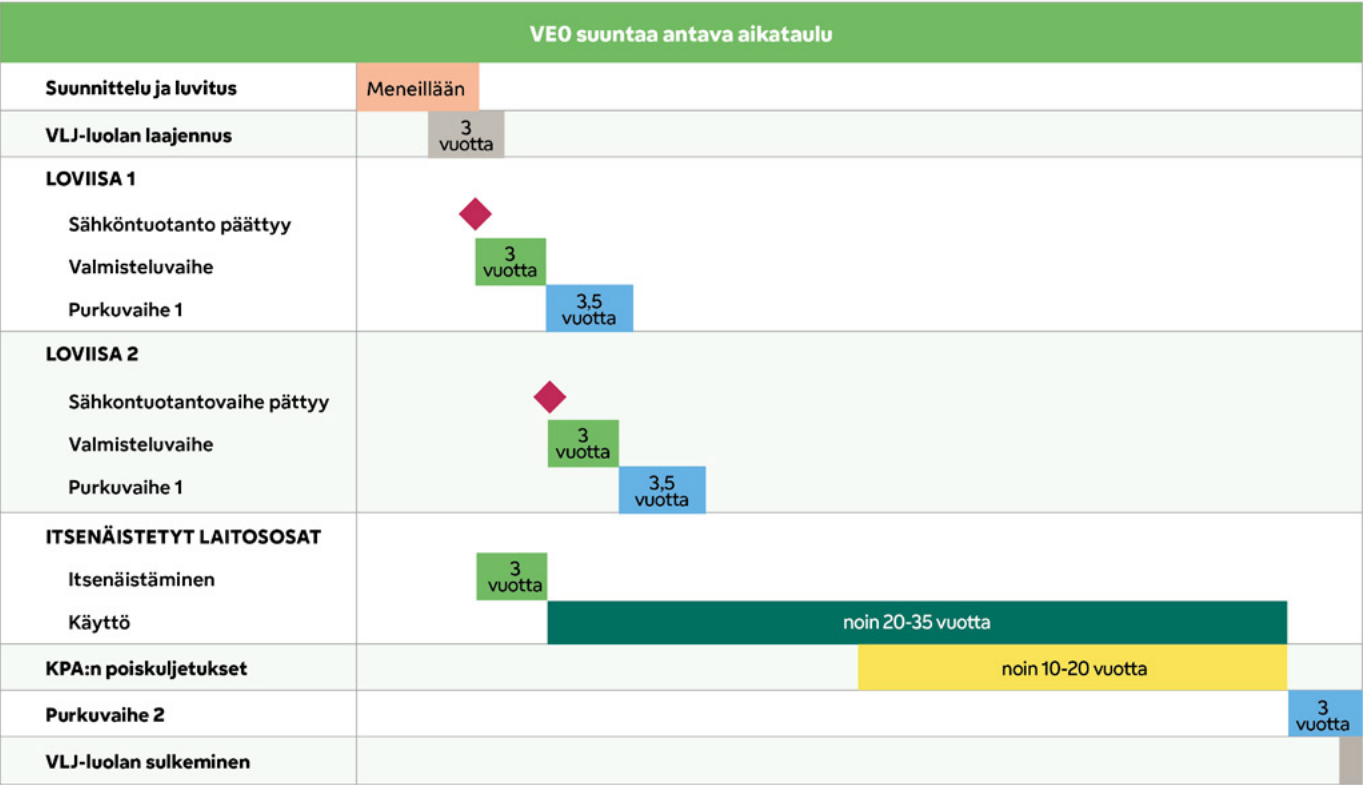
Käytettyä ydinpolttoainetta välivarastoidaan KPA-varastolla, kunnes käytetyn polttoaineen kuljetukset loppusijoitukseen saadaan päätökseen. Kun kaikki käytetty ydinpolttoaine on kuljetettu loppusijoitukseen, voidaan suorittaa **purkuvaihe 2**, jossa itsenäistetyt laitososat poistetaan käytöstä. Kun purkuvaiheen 2 radioaktiiviset jätteet on loppusijoitettu, VLJ-luola suljetaan pysyvästi. Sulkemisen tarkoituksena on osaltaan varmistaa jätteiden loppusijoituksen pitkäaikaistur-

vallisuus.

Lopulliset yksityiskohtaiset purkusuunnitelmat laaditaan hyvissä ajoin ennen purkutöiden alkamista.

Kuvassa 5-2 on esitetty VEO:n mukaiseen käytöstäpoistoon liittyvien vaiheiden suuntaa-antava aikataulu.

Käytöstäpoiston aikana henkilökunta voimalaitosalueella koostuu Fortumin omasta henkilökunnasta ja ulkopuolisista urakoitsijoista. Henkilökunnan vahvuus on arviolta suurimmillaan noin 400 henkilöä. Työvoiman tarve Loviisan kahden yksikön purkutöissä on noin 5 miljoonaa työtuntia eli noin 3 000 henkilötyövuotta, joka jakaantuu tasan oman henkilöstön ja urakoitsijoiden kesken.



Kuva 5-2. Käytöstäpoistoon liittyvien vaiheiden eteneminen suunnitelmien ja luvitusprosessin viimeistelystä VLJ-luolan sulkemiseen VEO aikataulun mukaan (KPA = käytetty ydinpolttoaine).

5.2 VLJ-LUOLAN LAAJENNUS JA MUU RAKENTAMINEN

5.2.1 VLJ-luolan laajennus

Matala- ja keskiaktiiviselle jätteelle tarkoitettu VLJ-luola on jo suurelta osin rakennettu ja sinne on loppusijoitettu käytön aikaista huoltojätettä sekä kiinteytettyä nestemäistä jätettä. Käytöstäpoistojätettä varten VLJ-luolaa laajennetaan uusilla jätetiloilla. Käytöstäpoistojätteen tarvitsemat uudet jätetilat rakennetaan nykyisen suunnitelman mukaan VLJ-luolan yhteyteen kuvan 5-3 osoittamalla tavalla.

Purkujätteen tila 1:een (PJT-1) on tarkoitus loppusijoittaa molempien laitosyksiköiden aktivoituneet jätteet (pois lukien reaktoripainesäiliöt ja niiden sisäosat) sekä osa kontaminoituneesta jätteestä soveltuviissa pakkauksissa. Lisäksi tilaan sijoitetaan pakkaamattomana keski-suuret kontaminoituneet laitteet. Purkujätteen tila 1:n hallimaisessa tilassa jätteet sijoitetaan betonikaukaloon, joka on noin 94 m pitkä, 16 m leveä ja 10 m syvä. Nykyisten suunnitelmien mukaan purkujätteen tila 1 on louhintatilavuudeltaan noin 31 000 m³.

Purkujätteen tila 2:een (PJT-2) loppusijoitetaan voimalaitoksen rakenteista irrotetut kontaminoituneet betonilohkot pakkaamattomina ja muuta kontaminoitunutta jätettä loppusijoituspakkausissa. Tilassa sijaitseva betonikaukalo on nykyisen suunnitelman mukaan yhtä leveä ja syvä kuin purkujätteen tila 1:een suunniteltu kaukalo, mutta pituudeltaan se on 60 m. Purkujät-

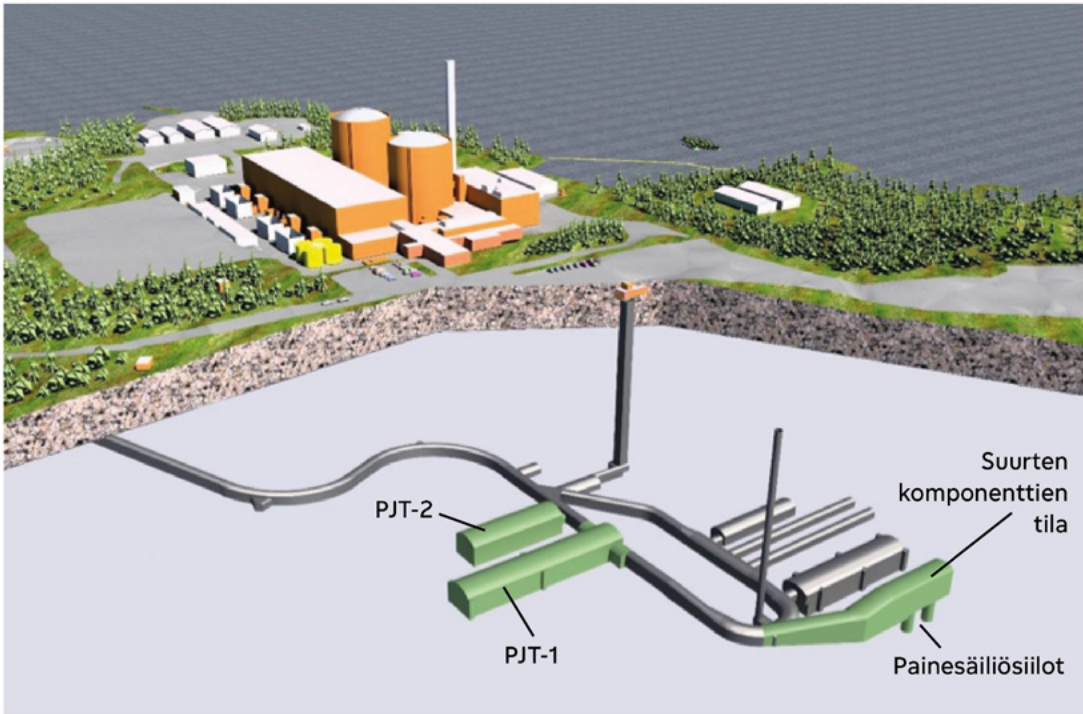
teen tila 2:n suunniteltu louhintatilavuus on noin 17 000 m³.

Suurten komponenttien tilan yhteydessä sijaitsevat painesäiliösiilot. Siiloihin sijoitetaan reaktoripainesäiliöt sisäosineen, jolloin painesäiliöt toimivat samalla loppusijoituspakkauksina. Nykyisten suunnitelmien mukaan yhden siilon louhintatilavuus on noin 600 m³ ja siilot ulottuvat 127 metrin syvyyteen merenpinnasta. Siilojen yläpuoliseen suurten komponenttien tilaan sijoitetaan primääripiirien suurimmat komponentit kokonaisina. Suurten komponenttien tilan ja painesäiliösiilojen tilavuus on yhteensä noin 9 000 m³. Halliin johtavan ajotunnelin ja komponenttien lastaushallin louhintatilavuus on tämän hetkisessä suunnitelmassa noin 14 000 m³.

VLJ-luolan laajennussuunnitelmassa varsinaisten jätetilojen laajennusten yhteenlaskettu tilavuus on näin ollen 57 000 m³ ja muun louhittavan tilan kanssa yhteenlaskettu laajennustilavuus on 71 000 m³. Jätetilojen suunnitelluilla paikoilla tehdään vielä tutkimusta kallioperän soveltuvuudesta, joten suunnitelman yksityiskohdat voivat muuttua.

VLJ-luolan nykyisen laajennussuunnitelman loppusijoituskapasiteetin on arvioitu riittävän kaikelle jätteelle myös siinä tapauksessa, että voimalaitoksen käyttöikää jatketaan VE1 mukaisesti. Tämä johtuu lähinnä siitä, että käytön aikana syntyvän ydinlaitosjätteen kertymisnopeutta on saatu pienennettyä, ja siitä, että käyttöiän jatko ei merkittävästi lisää käytöstäpoistojätteen määrää.

Nykyisten suunnitelmien mukaan VLJ-luolan laajennuksen



Kuva 5-3. Havainnekuva Loviisan voimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksesta. Kuvassa on esitetty olemassa olevien tilojen lisäksi suunnitellut käytöstäpoistojätteen loppusijoitustilat vihreällä. Kuvassa PJT-1 ja PJT-2 tarkoittavat purkujätteen tiloja 1 ja 2.

rakennustyöt on tarkoitus aloittaa viimeistään kaksi vuotta ennen Loviisa 1:n käytöstäpoiston valmisteluvaiheen aloittamista ja niiden on arvioitu kestävän noin kolme vuotta. Näin VLJ-luolaan voidaan loppusijoittaa käytöstäpoistojätteitä purkuvaiheen alkaessa. Laajennuksen yhteydessä louhitaan noin 71 000 m³ kalliota (rapakivigraniittia), jonka tilavuus louheena on noin 100 000 m³. Laajennuksen jälkeen VLJ-luolan kokonaistilavuus on noin 188 000 m³.

5.2.2 Muut käytöstäpoiston rakennustyöt

Reaktorirakennuksissa sijaitsevien suurten komponenttien kuljetusta varten rakennetaan valmisteluvaiheen aikana ajoluiska voimalaitosalueen pihatasolta molempiin reaktorirakennuksiin. Luiskaa pitkin reaktoripainesäiliö, sisäosat, höyrystimet ja muut suuret komponentit saadaan kuljetettua ulos reaktorirakennuksista. Kuljetusreittien rakentamisen osana suojarakennuksiin ja reaktorirakennusten seinämiin puhkaistaan aukot. Itsenäistettävän käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston tarpeisiin rakennetaan uusi nykyistä pienempi merivesipumppaamo, jonka kapasiteetti on sopivampi pienenevään jäähdytysveden tarpeeseen. Käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyä suunniteltaessa on myös harkittu lisätilan rakentamista, jossa käytetty ydinpolttoaine voidaan siirtää kuljetussäiliöihin. Tämän laajennuksen tarpeellisuutta arvioidaan kuitenkin vielä tarkemmin myöhemmin.

Muuten käytöstäpoiston aikana pyritään lähtökohtaisesti hyödyntämään jo olemassa olevia rakennuksia. Kaikki tarvittava jätteenkäsittely- ja varastokapasiteetti pyritään sijoittamaan voimalaitoksen käytön aikana käytössä olleisiin voimalaitos-

alueen rakennuksiin, joihin tehdään vain tarvittavia muutoksia kuten väliseinien purkutöitä. Purkutöitä varten voidaan tarvittaessa rakentaa väliaikaista hallitilaa voimalaitosalueelle.

5.3 KÄYTÖSTÄPOISTOON VALMISTAUTUMINEN JA PURKUTYÖT

5.3.1 Valmisteluvaihe

Käytöstäpoiston valmisteluvaihe alkaa tuotannollisen käytön päätyttyä kullakin laitossyksiköllä ja kestää varsinaisten purkuiden alkamiseen asti. Laitossyksiköiden sähköntuotannon päättymisen ja valmisteluvaiheen alkaminen on porrastettu kolmella vuodella siten, että valmisteluvaihe suoritetaan ensin Loviisa 1 -laitossyksiköllä, kun Loviisa 2 -laitossyksikkö tuottaa vielä sähköä. Kun Loviisa 2 -laitossyksikkökin ajetaan alas ja sen valmisteluvaihe alkaa, Loviisa 1 -laitossyksikön on tarkoitus siirtyä valmisteluvaiheesta purkuvaiheeseen 1 (ks. Kuva 5-2). Valmisteluvaiheen kesto on noin kolme vuotta kummankin voimalaitossyksikön osalta ja valmisteluvaihe on molemmilla laitossyksiköillä samankaltainen. Nykyiselle käyttöiälle tehtyjen suunnitelmien mukaisesti Loviisa 2:n valmisteluvaiheessa voidaan kuitenkin hyödyntää jo Loviisa 1:n valmisteluvaiheen aikana tehtäviä hankintoja ja rakennettavia jätteenkäsittelytiloja. Tämä todennäköisesti lyhentää Loviisa 2:n valmisteluvaiheen kestoa hieman.

Vaihtoehdon VE1 tapauksessa molemmat laitossyksiköt ajetaan mahdollisesti alas samanaikaisesti. Jos laitossyksiköiden valmisteluvaiheita ei porrasteta, ei edellä mainittua eroavaisuutta aikataulussa ole.

Valmisteluvaiheen aikana toteutettavia tärkeimpiä töitä ovat mm.:

- reaktorin avaus sekä reaktorin sisäosien ja käytetyn polttoaineen siirtäminen vaihtolatasaltaaseen jäähdytymään ja sen jälkeen siirto käytetyn polttoaineen välivarastoon
- prosessijärjestelmien tyhjennys ja huuhtelu sekä jäälauhduttimen sulatus ja tyhjennys
- aktiivisten jätevesien käsittely haihdutusta ja ioninvaihtojärjestelmiä hyödyntäen
- primääripiirin dekontaminointi käytöstäpoiston aikaisten säteilytasojen sitä vaatiessa
- käytöstäpoistossa tarvittavien prosessien huolto ja valmistelu
- tilanmuutokset ja alueiden raivaaminen
- jätteenkäsittelytilojen rakentaminen pääosin muusta käytöstä vapautuviin tiloihin
- suurten komponenttien kuljetusjärjestelyjen valmistelu
- laitehankinnat.

Kaikki käytetty ydinpolttoaine siirretään KPA-varastoihin reaktorin pysäyttämistä seuraavan 18 kuukauden jäähdytysjakson aikana. Käytetyn polttoaineen siirtoja reaktorihallista KPA-varastoille joudutaan suorittamaan määrällisesti normaalia käyttöaikaa enemmän, sillä polttoaineen siirtosäiliötä ei voida pakata yhtä täyteen polttoaineen lyhyemmän jäähdytysajan takia. Käytetyn polttoaineen siirtämisen jälkeen myös reaktorin suojaelementit ja säätösauvojen absorbaattorit siirretään KPA-varastojen altaisiin odottamaan jatkokaasittelytoimenpiteitä. Tämän jälkeen reaktorirakennuksessa sijaitseva polttoaineallas tyhjenetään, polttoainetelineet puretaan ja allas puhdistetaan kontaminaatiosta, jotta allasta voidaan hyödyntää myöhemmissä käytöstäpoiston työvaiheissa käytöstäpoistojätteiden välivarastointi- ja käsittelytarkoituksissa.

Käytöstäpoiston aikana käsiteltäväksi tulee paljon suurempia ja monimuotoisempia jätevirtoja kuin voimalaitoksen normaalin käytön aikana. Jätevirtojen tehokkaan ja sujuvan käsittelyn mahdollistamiseksi voimalaitoksen tiloihin rakennetaan asianmukaiset jätteiden mittaus-, pakkaus- ja dekontaminointipisteet.

Kaikki purettavat prosessijärjestelmät tyhjenetään ja huuhdellaan prosessivesistä. Järjestelmien tyhjennyksen yhteydessä suoritetaan mahdollisesti myös primääripiirin kemiallinen dekontaminointi, eli primääripiiri puhdistetaan radioaktiivisesta epäpuhtaudesta. Tällä tavoin voidaan vähentää primääripiirin läheisyydessä työskentelystä aiheutuvia säteilyannoksia. Lopullinen päätös dekontaminoinnin suorittamisesta tehdään, kun käytöstäpoiston aikaiset aktiivisuustasot ovat tiedossa. Dekontaminoinnin laajuus voi käsittää suppeimmillaan pelkän primääriputkiston ja laajimmillaan koko primääripiirin siihen liittyvine apujärjestelmineen. Yksi mahdollinen menetelmä, jota dekontaminoinnissa voidaan käyttää on HP/CORD UV -menetelmä, jossa dekontaminointikemikaaleina toimivat oksaali- ja permangaanihappo ja osa syntyvästä dekontaminointijätteestä saadaan hajotettua UV-valoa hyödyntäen.

Prosessivesien radionuklidipitoisuudet ovat pieniä ja niiden puhdistuksessa on suunniteltu käytettävän selektiivisiä ioninvaihtomateriaaleja. Prosessivedet pumpataan aluksi varastosäiliöihin ja niiden pH-arvoa säädetään siten, että ioninvaihtimet toimivat mahdollisimman tehokkaasti. Radionuklidien poiston jälkeen vedet pumpataan taas varastosäiliöihin ja vesistä otetaan laboratorionäytteet. Tarvittaessa prosessivesiä voidaan vielä viivästyttää ennen niiden vapauttamista mereen. Prosessivesien tilavuutta voidaan myös pienentää ennen puhdistamista käyttämällä haihduttimia.

Jos suoritetaan primääripiirin dekontaminointi, siitäkin syntyy nestemäistä jätettä, joka sisältää kemikaaleja. Dekontaminoinnin jätevedet puhdistetaan kuten muutkin radioaktiivisuutta sisältävät vedet ja puhdistettu päästörajat alittava osuus lasketaan mereen.

Vesien puhdistusprosesseissa syntyy nestemäisiä radioaktiivisia jätteitä; käytetyt ioninvaihtimet ja haihdutuksista muodostuvat haihdutuskonsentraatit. Nämä jätteet kiinteitetään voimalaitoksen kiinteytyslaitoksella betonointiin perustuvalla menetelmällä betonisiin jäteastioihin. Samalla menetelmällä on käsitelty käytön aikana syntyneet nestemäiset jätteet tähänkin asti. Kiinteytettämällä nestemäiset jätteet saadaan loppusijoitettavaksi soveltuvaan muotoon. Nestemäisten jätteiden käsittely ja kiinteytys on aikaa vievä prosessi. Laitossyksiköiden valmisteluvaiheiden jätevesien käsittely jatkuu myös valmisteluvaiheiden jälkeen. Kaikki kiinteytetyt jätteet loppusijoitetaan VLJ-luolaan jo käytössä olevaan kiinteytettyjen jätteiden loppusijoitustilaan.

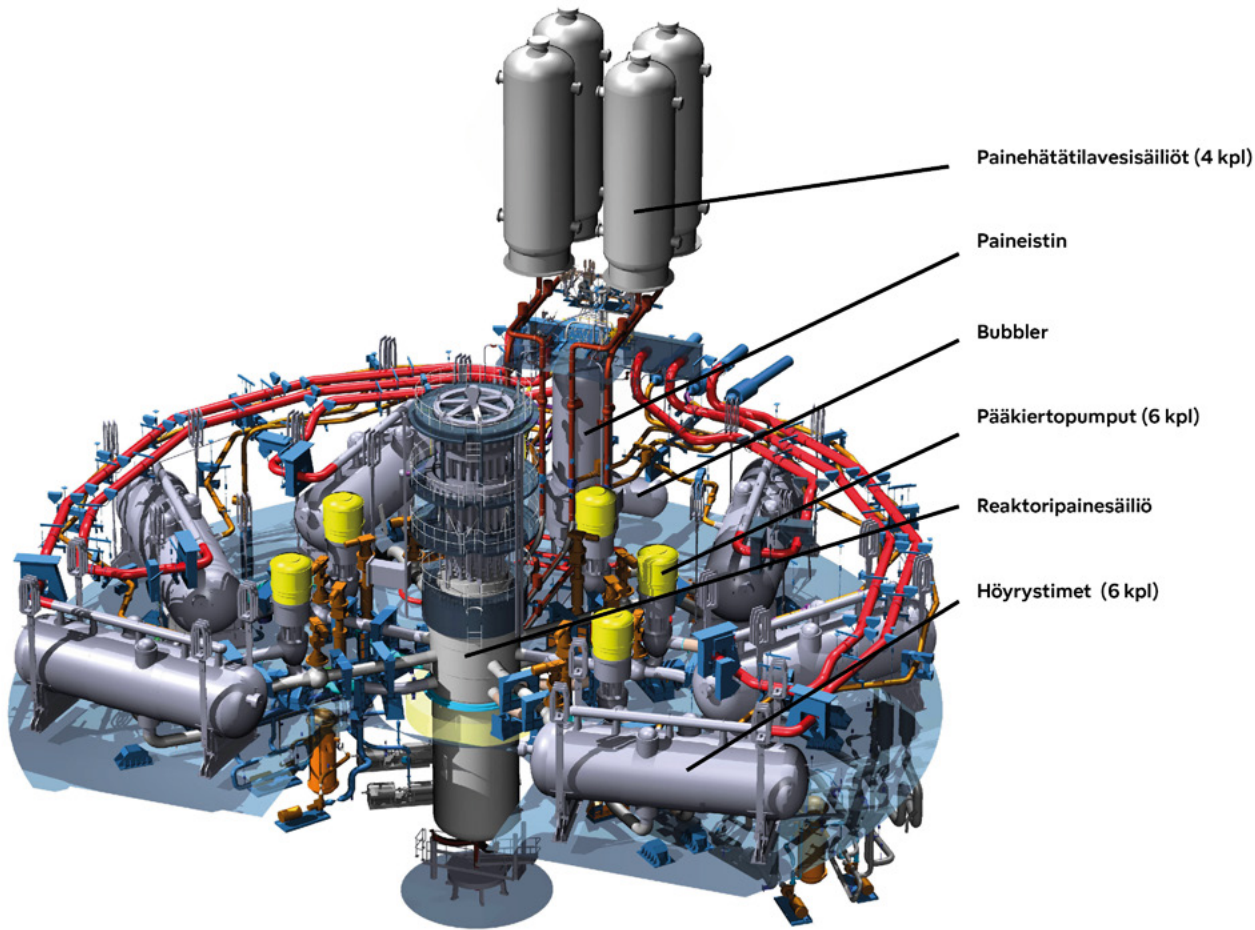
5.3.2 Radioaktiivisten osien purkaminen

5.3.2.1 Toimenpiteet

Loviisan voimalaitoksen purkustrategiaksi on valittu välitön purku, joka tarkoittaa purkutoimien aloittamista välittömästi valmisteluvaiheen jälkeen. Ensimmäisen purkuvaiheen laajuuteen kuuluvat molempien laitossyksiköiden reaktorirakennuksien aktivoituneet sekä kontaminoituneet järjestelmät, laitteistot ja rakenteet. Tämän hetkisten suunnitelmien mukaisesti ensimmäisen purkuvaiheen kesto on noin 3,5 vuotta laitossyksikköä kohden.

Purettavat rakenteet ja järjestelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan aktiivisuustyyppinsä mukaisesti, aktivoituneisiin ja kontaminoituneisiin. Aktivoitunut materiaali on reaktorissa tai sen ympärillä altistunut voimakkaalle neutronisäteilylle ja muuttunut radioaktiiviseksi. Aktivoituneita komponentteja tai rakenteita Loviisan voimalaitoksella ovat reaktoripainesäiliö, reaktorin sisäosat, suojaelementit, säätösauvojen absorbaattorit, säätösauvojen välitangot, reaktorin lämpöeristelevyistö ja reaktorin biologinen suoja. Lisäksi höyrystintilan lattiarakenteissa on hyvin matalasti aktivoitunutta betonia.

Kontaminoitunut materiaali on aistein havaitsemattoman radioaktiivisen lian, kontaminaation, liikaamaa materiaalia. Kontaminaatiota syntyy, kun primääripiirin sisäpinnoilta irtoaa materiaalia, joka aktivoituu kulkeutuessaan reaktoriin jäähdytteen mukana. Toisin kuin aktivoituneet materiaalit,



Kuva 5-4. Havainnekuva Loviisan laitosyksikön primääripiiristä. Kuvaan on merkitty suuret komponentit, jotka tämän hetken suunnitelmien mukaan loppusijoitetaan kokonaisina.

kontaminoituneet materiaalit eivät itsessään ole radioaktiivisia, vaan niistä aiheutuva säteily on kokonaisuudessaan kontaminaation aiheuttamaa. Tästä johtuen osa kontaminoituneista materiaaleista voidaan vapauttaa valvonnasta joko sellaisenaan tai puhdistuksen (dekontaminoinnin) jälkeen.

Kontaminoituneita komponentteja tai rakenteita ovat puolestaan suuret komponentit (höyrystimet, paineistimet ja painehätätälavesisäiliöt sekä bubblerit eli paineistimien ulospuhallussäiliöt), reaktoriin yhteydessä olevat järjestelmät ja prosessilaitteistot sekä betonirakenteet, jotka ovat kontaminoituneet altistuttuaan aktiiviselle vedelle. Kuvassa 5-4 on esitetty primääripiirin suuret komponentit, joista reaktoripainesäiliö sisäosineen on aktivoitunut ja loput kontaminoituneita.

Sekä aktivoituneet että kontaminoituneet rakenteet voidaan purkaa jo nykyisin käytössä olevilla menetelmillä ja laitteilla. Aktivoituneet rakenteet ovat kuitenkin pääasiallisesti kontaminoituneita rakenteita aktiivisempia, jolloin säteilysuojelutoimenpiteisiin tulee kiinnittää erityistä huomiota ja suosia etäkäyttöisiä purkuvälineitä mahdollisuuksien mukaan. Tämän hetkisten suunnitelmien mukaan suuret radioaktiiviset komponentit loppusijoitetaan kokonaisina, jolloin vältytään mittavilta ja hankalilta paloittelutöiltä.

Radioaktiivisia osia puretaan ja purkujätteitä käsitellään samanaikaisesti. Purkutoimet aloitetaan **reaktoripainesäiliön**

kannen irrottamisella, reaktorin sisäosien poistamisella reaktoripainesäiliöstä ja reaktoripainesäiliön irrottamisella. Sisäosien poistaminen vastaa normaalin vuosihuollon aikana tehtäviä toimenpiteitä, joten siitä on runsaasti aiempaa kokemusta. Painesäiliön purkaminen aloitetaan lämpöeristelevyön irrottamisella ja biologisen suojan alaosien purkamisella. Tämän jälkeen painesäiliön putkiyhteet primääripiiriin katkaistaan sahaamalla tai jyrsimällä. Säteilytasojen pienentämiseksi ja eheyden säilyttämiseksi katkaistujen putkien tynkiin hitsataan välittömästi teräslevyt. Annosnopeudet työkohteella ovat riittävän alhaisia, jotta leikkaus- ja hitsaus-toimet voidaan suorittaa turvallisesti. Irtonainen painesäiliö nostetaan säteilysuojan sisään, jonka jälkeen kokonaisuus siirretään ja nostetaan kuljetusalustalle ja kuljetetaan loppusijoitettavaksi.

Suojaelementit suojaavat painesäiliötä polttoaineesta peräisin olevalta neutronisäteilyltä. Suojaelementit siirretään käytetyn polttoaineen varastoihin jo valmisteluvaiheen aikana. Painesäiliön loppusijoittamisen jälkeen suojaelementit kuljetetaan KPA-varastolta reaktorihallin dekontaminointialtaaseen, josta elementit nostetaan kuljetuspakkaukseen ja kuljetetaan loppusijoitetun reaktoripainesäiliön sisään. **Säätösauvojen absorbaattorit** poistetaan samoilla periaatteilla kuin suojaelementit, mutta ne loppusijoitetaan omassa erikoisvalmisteisissa pakkauksissaan.

Kummassakin reaktorihallissa sijaitsee **kuivasiilo**, joka toimii reaktorista poistettujen komponenttien varastona. Osa kuivasiiloissa varastoitavista komponenteista on hyvin aktiivisia. Rakenteeltaan kuivasiilot ovat noin 6 metriä syviä betonirakennelmia, joissa on sisällä teräksisiä varastointiputkia. Putkiin on varastoitu radioaktiivista jätettä, ja putkien suuaukot on suojattu terästulpilla. Tämän hetkisten suunnitelmien mukaan kuivasiilot sahataan kokonaisina irti ympäröivistä rakenteista timanttivaijerisahaa käyttäen ja siirretään betonisten säteilysuojien sisään. Ennen kuljetusta VLJ-luolaan pakkausten säteilysuojaa lisätään vielä lyijykannella.

Reaktoripainesäiliötä ympäröivä **biologinen suoja** ja sitä ympäröivä **rakennusbetoni** ovat aktivoituneet neutronisäteilyssä. Betoni, jota ei voida vapauttaa valvonnasta, on purettava ja loppusijoitettava. Tämän betonin tarvittavasta purkusyvyydestä on tehty kairattuihin betoninäytteisiin ja aktivoitumislaskentaan perustuva selvitys. Betonin purkamisessa käytetään kaukokäyttöistä timanttilaikkasahaa ja piikkausrobotia, joita voidaan operoida reaktorikuopan päälle rakennettavalta huoltotasolta. Reaktorikuoppa täytetään vedellä ennen purkamisen aloittamista, jotta kontaminoitunut betonipölyä ei pääse leijaillemaan ympäröivään tilaan. Myös höyrystintilan lattian aktivoitumislajuuudesta on tehty selvitys höyrystintilasta kairattujen betoninäytteiden aktiivisuuksien perusteella.

Primääripiirin suurten kontaminoituneiden komponenttien purkaminen aloitetaan katkomalla kaikki niihin liittyvät putkiyhteet ja sähköliitännät. Katkotut yhteydet suljetaan laippaliitoksilla tai hitsaamalla niihin teräslevyt, jotta komponenttien sisältämä kontaminaatio ei pääse leviämään ja ne voidaan loppusijoittaa kokonaisina. Komponenteille rakennetaan haalausradat, joita käytetään komponenttien siirtämiseen reaktorirakennuksesta ulos nosturia apuna käyttäen. Kokonsa vuoksi primääripiirin suuria komponentteja ei voida kuljettaa loppusijoitustiloihin laitosyksikön normaaleja sisäisiä kulkureittejä pitkin. Tämän vuoksi rakennetaan ajoramppi sekä tehdään reaktorirakennusten seinämiin kuljetusaukot.

Muut kontaminoituneet prosessijärjestelmät puretaan aktiivisuustason mukaisesti siten, että aktiivisimmat järjestelmät puretaan ensimmäisinä. Purkaminen aloitetaan primääripuitkistosta, jonka leikkaamisessa käytetään sahausta tai jyrsintää. Seuraavaksi puretaan primääriveden puhdistusjärjestelmä samoja menetelmiä käyttäen, jonka jälkeen siirrytään muiden höyrystintilassa sijaitsevien järjestelmien purkamiseen. Purkumenetelminä matala-aktiivisemmille järjestelmille voidaan käyttää plasmaleikkausta, sahausta, jyrsintää tai hydraulisia leikkureita. Lopuksi puretaan höyrystintilan ulkopuoliset järjestelmät samoja menetelmiä käyttäen.

5.3.2.2 Radioaktiivisten jätteiden käsittely ja loppusijoitus

Voimalaitosalueen rakennuksista purettava materiaali jaotellaan jäteluokkiin sen aktiivisuustason, materiaalin, aktiivisuustyyppin (aktivoitunut/kontaminoitunut) ja koon perusteella. Karkeasti käytöstäpoistojätteet voidaan jakaa aktivoituneisiin purkujätteisiin, kontaminoituneisiin purkujätteisiin, huoltojätteisiin ja nestemäisiin jätteisiin, jotka kiinnitetään loppusijoitusta varten. Kaikki jättemateriaali, jota

ei voida vapauttaa valvonnasta, käsitellään radioaktiivisena jätteenä. Muista ominaisuuksistaan riippuen se käsitellään omalle jäteluokalleen suunnitellun prosessin mukaisesti, pakataan tarvittaessa jättepakkauksiin ja kuljetetaan VLJ-luolan käytöstäpoistojätteen loppusijoitustiloihin. Yksi vaihtoehto on myös dekontaminoida sellaisia kappaleita, jotka voidaan dekontaminoinnin jälkeen vapauttaa valvonnasta tai sellaisia, joiden dekontaminointi pienentäisi purkuhenkilöstön säteilyannoksia merkittävästi.

Voimalaitoksen aktivoituneet laitteet ja rakenteet sisältävät valtaosan käytöstäpoistojätteiden aktiivisuudesta. Aktivoituneista laitososista reaktoripainesäiliöt käsitellään ja loppusijoitetaan nykyisen strategian mukaan kokonaisina ja ne toimivat loppusijoituspakkauksina. Reaktoripainesäiliöt kuljetetaan säteilysuojattuina erikoisajoneuvolla VLJ-luolaan rakennettuihin painesäiliötiloihin. Painesäiliöiden sisäosat ja suojaelementit välivarastoidaan painesäiliöiden siirtämisen ajaksi ja sen jälkeen kuljetetaan erikoisvalmisteisissa siirtosäiliöissä painesäiliöiden sisälle VLJ-luolan painesäiliötiloihin. Muut aktivoituneet laitteet ja aktivoituneet betonirakenteet puretaan ja pakataan soveltuviin betoni- tai puulaatikoihin, jotta ne voidaan kuljettaa VLJ-luolaan purkujätetila 1:een.

Kontaminoituneet prosessijärjestelmät ja -laitteet käsitellään niille sopivalla tavalla ja loppusijoitetaan VLJ-luolaan. Painesäiliön kansi kuljetetaan välivarastoinnin jälkeen VLJ-luolaan säteilysuojattuna ja kiinnitetään loppusijoitettuun painesäiliöön, kunhan kaikki painesäiliössä loppusijoitettavat komponentit on saatu painesäiliön sisälle. Primääripiirin suuret komponentit loppusijoitetaan kokonaisina suurten komponenttien tilaan painesäiliötilojen yläpuolelle. Muut kontaminoituneet laitososat puretaan ja tarvittaessa paloitellaan pakkaamista varten. Ne loppusijoitetaan betoni- tai puulaatikoissa tai kokonaisina VLJ-luolan purkujätetiloihin 1 ja 2. Järjestelmien ja laitteiden lisäksi ydinvoimalaitoksen betonirakenteet voivat kontaminoitua prosessijärjestelmien tai altaiden vuorausten vuotojen seurauksena tai käytöstäpoistovaiheessa tehtävien purkutoimenpiteiden seurauksena. Kontaminoituneet betonirakenteet puretaan ja loppusijoitetaan VLJ-luolaan joko betonilohkoina, jolloin ne suojataan kuljetuksen ajaksi kontaminaation leviämisen estämiseksi, tai betoni-/puulaatikoihin pakattuna.

Käytöstäpoistovaiheen aikana syntyvä huoltojäte, joka sisältää suojavarusteita, työkaluja, yms., pakataan tynnyreihin ja valvonnasta vapauttamisen raja-arvot ylittävät tynnyrit kuljetetaan VLJ-luolan huoltojätetilaan 3 loppusijoitukseen.

Purkuvaiheen 1 aikana jatketaan valmisteluvaiheessa muodostuneiden nestemäisten jätteiden käsittelyä luvussa 5.3.1 kuvatulla tavalla. Purkutöiden aikana syntyy myös sahauslietettä kontaminoituneiden betonirakenteiden purkamisesta ja se kiinteytetään sekä loppusijoitetaan samalla tavoin.

Viimeistään käytöstäpoistovaiheessa on tarpeen loppusijoittaa hyvin pieniä määriä uraania sisältäviä jätteitä (esimerkiksi eräät reaktorin valvonnassa käytettävät mittalaitteet), joita ei vielä toistaiseksi ole loppusijoitettu VLJ-luolaan.

Valmisteluvaiheen ja purkuvaiheiden aikana syntyvän loppusijoitettavan jätteen määrän on arvioitu olevan kokonaisuudessaan luokkaa 25 000 m³. VLJ-luolaan loppusijoitettavan jätteen sisältämä aktiivisuus on valtaosin aktivoituneissa

Taulukko 5-1. Arvio käytöstäpoistojätteiden sisältämistä aktiivisuuksista luolan sulkemishetkellä nykyisen käyttöluvan puitteissa, noin vuonna 2068.

Jätelaji	Aktiivisuus vuonna 2068 [TBq]
Aktivoituneet purkujätteet	noin 22 000
Kontaminoituneet purkujätteet	1
Huoltojäte	0,3
Kiinteytettävä jäte	10
Yhteensä	noin 22 000

purkujätteissä ja vain murto-osa kokonaisaktiivisuudesta tulee kontaminoituneista purkujätteistä, huoltojätteistä ja kiinteytetyistä jätteistä. Käytöstäpoiston jätteissä olevan aktiivisuuden on arvioitu jakautuvan eri jätelajien kesken taulukon 5-1 mukaisesti. Arviossa tarkastellaan aktiivisuuden määrää noin kolme vuotta VLJ-luolan arvioidun sulkemisen jälkeen vuonna 2068. Tällöin käytöstäpoistojätteiden ko-koaktiivisuuden arvioidaan olevan noin 22 000 TBq. Riippuen käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusaikataulusta VLJ-luolan sulkeminen voi olla mahdollista jo ennen vuotta 2065.

Aktiivisuusarvion laskennassa on huomioitu vain sellaiset nuklidit, joiden puoliintumisaika on yli 5 vuotta, koska vain ne ovat merkityksellisimpiä pitkäaikaisturvallisuuden kannalta. Käytöstäpoistojätteen lisäksi VLJ-luolaan on jo sijoitettu ja sijoitetaan edelleen voimalaitoksen käytön aikana syntyvää ydinlaitosjätettä. Ydinlaitosjätteen sisältämä aktiivisuus on jälleen murto-osa käytöstäpoistojätteen sisältämästä aktiivisuudesta ja sisältyy loppuarvon pyöristykseen.

Jos voimalaitoksen käyttöikään lisätään 20 vuotta VE1 mukaisesti, käytön aikaisen ydinlaitosjätteen määrä ja tiettyjen käytöstäpoiston jätelajien sisältämän aktiivisuuden määrä kasvaa. Kokonaisaktiivisuuden kasvun määrään voi vaikuttaa jätelajin kertymänopeus, sen kokema neutronivuo ja siinä esiintyvien nuklidien puoliintumisaika. Jos uuden käyttöluvan tapauksessa oletetaan, että luolan sulkeminen siirtyy 20 vuotta eteenpäin, tällöin käytöstäpoistojätteen sisältämä aktiivisuus luolan sulkeutuessa noin vuonna 2088 on luokkaa 33 000 TBq. Käytöstäpoistojätteiden sisältämistä radioaktiivisista nuklideista käytöstäpoiston purkutöiden säteilyturvallisuden kannalta merkittävin on koboltti-60 ja pitkäaikais-
turvallisuuden kannalta hiili-14 ja nikkeli-59.

Radioaktiivisen jätteen lisäksi VLJ-luolaan saatetaan sijoittaa myös konventionaalista tai hyvin matala-aktiivista purkujätettä kuten betonimursketta. Hyvin matala-aktiivisen jätteen määrä on enintään 50 000 m³ ja se hyödynnettäisiin mahdollisuuksien mukaan VLJ-luolan täyttömateriaalina kivilouheen ohella. Betonin käyttö täyttömateriaalina nostaa luolassa olevan veden pH:ta ja hidastaa näin korroosiota, mikä osaltaan parantaa loppusijoitustilojen pitkäaikaisturvallisuutta. Osa purettavasta betonista voidaan myös vapauttaa

valvonnasta, jolloin se käsitellään konventionaalisena jätteenä (ks. luku 5.3.3).

Käytöstäpoiston purkutöiden jälkeen rakennuksille tehdään pintakontaminaatio- ja aktiivisuuskartoitukset. Mittaus-ten perusteella tehdään tarvittavat lisäpurkutoimenpiteet tai dekontaminoinnit ja kun vapauttamisen rajat alitetaan, rakennukset voidaan vapauttaa valvonnasta. Valvonnasta vapauttamisen jälkeen rakennuksille pyritään etsimään hyötykäyttöä tai ne puretaan, jolloin niistä syntyy konventio-naalista jätettä.

Käytöstäpoiston jätteenkäsittelyprosessien aikana jätteitä välivarastoidaan voimalaitoksen tiloissa aktiivisuusmittauksia ja pakkausta varten.

5.3.3 Tavanomaiset purkutoimet

5.3.3.1 Toimenpiteet

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston suunnittelu on tähän mennessä keskittynyt pääosin radioaktiivisten osien purkamiseen ja käsittelyyn. Käytöstäpoiston aikana tehdään myös konventionaalisia purkutoimia, joista muodostuu tavanomaista ei-radioaktiivista purkujätettä. Konventionaalisen purkamisen osalta suunnitelmat tarkentuvat hankkeen edetessä. Suunnitelmissa voidaan hyödyntää kokemuksia esimerkiksi Fortum Power and Heat Oy:n Inkoon voimalaitoksen purkamisesta sekä Ruotsin ydinvoimalaitosten käytöstä-poistoprojekteista.

Purkutöiden suunnittelun tavoitteena on toteuttaa purkutyöt mahdollisimman tehokkaasti, taloudellisesti sekä työturvallisuus- ja ympäristövaatimukset täyttäen. Suunnittelussa pitää kiinnittää erityistä huomiota kanta-vien rakenteiden selvittämiseen, niiden purkujärjestykseen, työnaikaiseen tuentaan ja putoamissuojaukseen, jotta riskit pystytään hallitsemaan ja mm. ennenaikaiset sortumat välttämään. Purkutyösuunnitelmassa huomioidaan myös tarvittavat ympäristöhaittojen, kuten melun ja pölyn leviämisen, ehkäisytöimenpiteet. Purkujätteen siirto ja poiskuljetus sekä jätemateriaalin kierrätys vaativat myös ennakosuunnittelua. Ennen laitoksen purkamista tehdään purkukartoitus, joka pitää sisällään myös haitta-ainekartoituksen ja -tutkimukset sekä purkumateriaaliselvityksen.

Konventionaalinen purkaminen käsittää laajimmillaan kaikki rakenteet ja laitteet, jotka jäävät jäljelle sen jälkeen kun varsinaisen käytöstäpoiston aikana kaikki aktiiviset osat on purettu ja loppusijoitettu. Konventionaalisen purkamisen alaisuuteen liitettävät rakenteet tunnistetaan käytöstäpois-ton aikana tehtävien aktiivisuusmääritysten perusteella. Rakenteet, jotka voidaan vapauttaa valvonnasta, voidaan purkaa konventionaalisia menetelmiä käyttäen. Ei-aktiivisen puolen purkaminen ei ole enää ydinenergialain alaista STUKin valvomaa toimintaa sen jälkeen kun rakenteet on vapautettu valvonnasta.

Ei-aktiivisten osien purkaminen voidaan suorittaa myöhemmin joustavasti siten, että se ei häiritse varsinaista käytöstäpoistoa. Varsinkin kone- ja laitepurku kannattaa kuitenkin tehdä suurimmaksi osaksi samaan aikaan varsinaisen käytöstäpoiston aikana, jotta silloista erikoisasiantuntemusta

ja yhteistä infrastruktuuria voidaan hyödyntää. Purkami-
sessa huomioidaan laitteiden mahdollinen uudelleenkäyttö. Uudelleenkäyttöön menevien laitteiden purkutoimet pyritään toteuttamaan siten, että laitteet pysyvät ehjinä ja ovat täten uudelleenkäyttöön soveltuvia. Osa komponenteista voidaan saada esimerkiksi myytyä varaosiksi muille laitoksille.

Konventionaalinen purkaminen voidaan suorittaa jo nykyisin käytössä olevilla menetelmillä (purkaminen voidaan rinnastaa minkä tahansa muun voimalaitoksen purkamiseen). Aktiivisten osien purkamisessa käytetään kyseiseen työhön soveltuvaa yksityiskohtaisempaa tekniikkaa, kuten timanttivaijerisahausta ja piikkausrobottia. Konventionaalinen purkaminen voidaan suorittaa yleisempiä menetelmiä käyttäen, sillä säteilysuojauk-sia ja -valvontaa ei enää tarvita. Konventionaalisia menetelmiä ovat esimerkiksi polttoleikkaus metallisille kokonaisuuksille tai kaivinkonepiikkaus betonisille rakenteille. Betonisia rakenteita voidaan purkaa myös muilla erilaisilla nosturiin tai kaivinkonee-
seen kiinnitettävillä apulaitteilla.

Rakenteiden purkaminen voidaan suunnitella ajoitettavaksi siten, että purkamista ja betonin murskaamista voidaan tehdä samanaikaisesti. Tällöin myös hyötykäyttöön soveltuvaa beto-nimursketta saadaan hyödynnettäväksi aiemmin. Edellytyksiä betonimurskeen hyötykäytön aloittamiselle on murskeen riittävä määrä ja liukoisuustestituloksien valmistuminen.

Rakennusten purkutöissä tulee huomioida rakennusmateri-aalien mahdolliset haitta-aineet. Rakennukset on rakennettu aikakautena, jolloin asbestin ja muiden nykyään haitta-ai-neiksi luettavien materiaalien käyttäminen rakentamisessa on ollut yleistä. Purkaminen on tehtävä huomioiden voimassa oleva lainsäädäntö (Laki eräistä asbestipurkutyötä koske-vista vaatimuksista 684/2015) sekä asianomaiset ohjeet ja määräykset. Ennen rakennusten purkamista on selvitettävä rakennusmateriaalien mahdolliset asbestipitoiset ja muut haitta-ainepitoiset rakennusmateriaalit. Asbesti- ja haitta-ai-netutkimus tehdään lain ja määräysten edellyttämällä tavalla purkukartoituksen yhteydessä. Haitta-aineiden kartoitukses-sa voidaan käyttää esimerkiksi näytteenottoa, näköhavainto-ja ja niiden laitteiden/rakenteiden systemaattista läpikäyntiä, joissa tiedetään olevan mahdollisuus esiintyä haitta-aineita. Haitta-ainekartoituksen perusteella valitaan soveltuvimmat purkumenetelmät. On hyvä varautua myös tilanteeseen, jois-sa haitta-aineita sisältäviä materiaaleja löytyy vielä purkutoi-mien yhteydessä yllättävistäkin paikoista.

Asbestia esiintyy Loviisan voimalaitoksella tähän men-nessä tehtyjen asbestikartoitusten perusteella yleisimmin seuraavissa kohteissa:

- asbestikankaassa (putkieristeissä, kaapeleiden mutka-kohdissa, kaapeleiden ja putkien läpivienneissä sekä etäisyysvanteilla eristetyissä putkissa, säiliöissä ja lämmönvaihtimissa)
- seinä ja kattorakenteissa käytetyissä lujalevyissä
- eri järjestelmissä laippatiivisteinä käytetyissä levytiivisteissä
- pääsulkuventtiilien punostiivisteessä
- vinyyli-laatoissa
- liimoissa, laastissa ja tasolitteissa.

Ainakin osa asbestia sisältävistä rakenteista vaihdetaan asbestittomiin vaihtoehtoihin käytön aikana ennen käytöstä-poiston alkamista mm. järjestelmien avauksien yhteydessä. Esimerkiksi järjestelmissä käytetyt levytiivisteet on suunnitel-tu korvattavan asbestittomalla materiaalilla.

Asbestipitoisten materiaalien uusiokäyttö on kielletty.

Asbestia ja muita haitta-aineita sisältävien materiaalien purku tulee tehdä ennen muiden purkutöiden aloittamista. Asbestin lisäksi rakennusmateriaalit voivat sisältää muun muassa PAH- ja PCB-yhdisteitä, raskasmetalleja ja öljyä. Inkoon voimalaitoksen purkamisen kokemuksiin perustuen etenkin kondensaattorit tulee käydä läpi PCB-yhdisteiden varalta. Asbestipitoisen ja muiden haitta-ainepitoisten jätteiden käsittelyssä noudatetaan voimassa olevaa jätelakia ja paikallisen jäteviranomaisen ohjeita.

5.3.3.2 Konventionaalisten jätteiden käsittely ja loppusijoitus

Ennen purkamista kohteessa tehdään purkukartoitus, jossa selvitetään, mitä materiaaleja purkukohteesta syntyy ja kuin-ka paljon. Purkukartoituksen yhteydessä määritellään mate-riaaleille soveltuva käsittelytapa ja mahdollinen jatkokäyttö. Ennen rakennusten purkamista tehtävillä tutkimuksilla selvitetään purkumateriaalin uudelleenkäyttö-, kierrätys- ja hyötykäyttökelpoisuus, jolloin purkuvaiheessa on mahdollista eritellä hyötykäyttökelpoiset materiaalit muista materiaa-leista. Purkukartoituksessa selvitetään myös, onko kohteen irtaimistolle olemassa uusiokäyttömahdollisuutta.

Purkutöissä syntyvien ei-haitallisten purkumateriaalien jatkokäytölle noudatetaan seuraavaa hierarkiaa:

- jätteen syntymismäärän vähentäminen
- uudelleenkäyttö
- kierrätys
- muu hyödyntäminen (hyödyntäminen energiana, ei-vaarallisella jätteellä maantäyttö)
- loppukäsittely.

Purkuoperaatiossa jätteen syntymismäärä on sitä pienempi, mitä enemmän purettavasta materiaalista saadaan uudel-leenkäyttöön. Tämän vuoksi purkusunnittelmien yhtey-dessä pyritään selvittämään myös mahdollisesti uudelleen käytettävät laitososat. Uudelleenkäyttöä voi olla esimerkiksi laitteiden myyminen varaosiksi.

Betoni- ja tiilijätteen hyödyntämiskelpoisuus varmistetaan purkamattomista rakenteista otettavilla näytteillä ja liukoi-suustesteillä. Myöhemmin myös valmiin betonimurskeen laa-tu testataan. Edellytyksiä betonin hyötykäyttökelpoisuudelle käsitellään valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (VNa 843/2017). Uu-delleen käytettäväksi tunnistettujen rakenteiden tai laittei-den purkusunnittelussa huomioidaan jatkokäyttösijainnin kannalta otollisimmat purkutavat (kuten laitteiden säilyt-täminen ehjänä). Aiempien purkukokemusten perusteella on oletettavissa, että aktiivisten osien poistamisen jälkeen jäljelle jäävästä materiaalista noin 90 % saadaan hyötykäy-tettyä. Mahdollisimman paljon hyötykäytettävästä materi-aalista pyritään hyödyntämään voimalaitosalueen tarpeisiin,

ja niiden allasvedet toimitetaan nestemäisten jätteiden varastolle ja sitä kautta käsiteltäväksi asianmukaisesti. KPA-varasto- ja kuormausaltaiden yhteenlaskettu vesimäärä on yli 4 700 m³. Käsittelyn jälkeen kaikki puhtaaksi todettava vesi vapautetaan mereen. Nestemäisten jätteiden varasto sekä kiinteytyslaitos ovat toiminnassa niin kauan, kunnes kaikki voimalaitoksen radioaktiivinen nestemäinen jäte on saatu käsiteltyä. Kaikki jäljelle jäävä radioaktiivinen nestemäinen jäte valetaan betoniin kiinteytyslaitoksessa sekä loppusijoitetaan VLJ-luolaan.

Tämän jälkeen toisen purkuvaiheen työt etenevät apurakennuksen järjestelmien purkamiseen. Myöhemmin puretaan muun muassa käytetyn polttoaineen välivarastointiin sekä nestemäisten jätteiden käsittelyyn liittyvät järjestelmät. Kaikki 2. purkuvaiheen aikana muodostuvat radioaktiiviset jätteet loppusijoitetaan voimalaitoksen omaan VLJ-luolaan.

5.5 LOPPUSIJOITUSTILOJEN JA VLJ-LUOLAN SULKEMINEN

Loviisan voimalaitoksen VLJ-luola jatkaa toiminnassa siihen saakka, kunnes kaikki käytöstäpoistossa syntyvä matala- ja keskiaktiivinen jäte on loppusijoitettu VLJ-luolaan. Tämän jälkeen VLJ-luola suljetaan. Kiinteytetyn jätteen tilan ja purkujätteen tila 1:n jätekaukaloiden ylimääräinen tila täytetään murskeella ja päälle valetaan betonista kansilaatat. Suurten komponenttien tila, purkujätteen tila 1, ilmastointi- ja henkilöstökuilut, lastausalue, valvomo sekä huoltotila täytetään kivimurskeella tai voimalaitoksen betonirakenteiden purku- töistä syntyvällä murskeella.

Mursketäyttöjen lisäksi on suunniteltu jätetilojen suuaukoille, kuiluihin, kuilujen suuaukoille maanpinnalla ja kallion rikkonaisuusvyöhykkeiden reuna-alueille rakennettavan yhden sekä viiden metrin paksuisia teräsbetonisia tulppia. Mursketäyttöjen ja tulpauksien jälkeen loppusijoitusluolasto suljetaan lopullisesti täyttämällä ajotunneli koko matkalta jätetilojen laajennusten loughinnasta syntyneellä kivilouheella ja valamalla luolan sisäänkäynnille massiivinen teräsbetonitulp- pa. Kaiken kaikkiaan mursketta tai louhetta tilojen, kuilujen ja ajotunnelin täyttämiseen tarvitaan noin 110 000 m³.

Ydinjätteiden loppusijoitus on suoritettu, kun STUK on todennut ydinjätteet sijoitetuiksi pysyvästi hyväksymällään tavalla. Vastaavasti ydinlaitos on poistettu käytöstä, kun STUK on todennut, että voimalaitosalueen rakennuksissa ja maaperässä jäljellä olevien radioaktiivisten aineiden määrä on lain vaatimusten mukainen. Tämän jälkeen viranomainen (työ- ja elinkeinoministeriö) määrää Fortumin huolehtimis- velvollisuuden päättäneeksi, ja omistusoikeus sekä vastuut ydinjätteistä siirtyvät valtiolle. Sulkemisen jälkeen alue jää viranomaisten jälkivalvontaan. Sulkemisen tarkoituksena on osaltaan varmistaa loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus (luku 7).

5.6 ALUEEN JATKOKÄYTTÖ

Voimalaitosalueen jatkokäytölle voidaan tässä vaiheessa tunnistaa kaksi erilaista perusskenaariota, joita ovat alueen jatkokäyttö teollisuusalueena (brownfield-periaate) ja alueen palauttaminen luonnontilaan (greenfield-periaate). Loviisan voimalaitoksen tämän hetkinen käytöstäpoistosuunnitelma on tehty brownfield-periaatteen mukaan. Jatkokäyttökonsseptista riippumatta alueelle ei voida tehdä syviä kaivantoja, koska aktiivisten jätteiden loppusijoitustilat sijaitsevat alla.

Alueen jatkokäyttö teollisuusalueena

Niin sanotun brownfield-periaatteen mukaan valvonnasta vapautetut rakennukset jätetään paikoilleen mahdollista tu-levaa käyttöä varten. Rakennuksien hyötykäyttömahdollisuu- det selvitetään rakennuksien purkus suunnitelmien laatimisen yhteydessä. Rakennuksia voitaisiin hyödyntää esimerkiksi teollisuus- tai varastorakennuksina tarvittavien peruskorja-usten jälkeen.

Brownfield-periaatteen toteutuessa voimalaitosalueen rakennukset voitaisiin ottaa soveltuvien osin hyötykäyttöön alueen seuraavassa käyttötarkoituksessa. Tällöin sääs- tettäisiin luonnonvaroja, jotka täysin uusien rakennusten rakentamiseen kuluisi. Tämä vaihtoehto on myös jätehuolto- hierarkiassa korkeimmalla, sillä jätteen syntymistä pyritään välttämään.

Alueen palauttaminen lähelle luonnontilaa

Niin sanotun greenfield-periaatteen mukaan kaikki voima- laitosalueella olevat rakennukset ja rakenteet puretaan ja täten voimalaitosalue palautetaan lähelle luonnontilaa, joka alueella vallitsi ennen voimalaitoksen rakentamista.

Mikäli voimalaitosalueen kaikki rakennukset puretaan, alue maisemoidaan täysin. Rakennusten sijaintikohdille jäävien matalampien kohtien täyttämässä hyödynnetään purettavien rakennusten betonirakenteiden murskaami- sesta muodostuvaa hyötykäyttökelpoista betonimursketta. Mursketta voidaan hyödyntää myös alueen pihan ja teiden pohjatyötyöissä ja näin vähennetään syntyvää jätemäärää sekä alueelle tuotavien täyttömaiden määrää.

Greenfield-periaate mahdollistaa alueen ottamisen uuteen käyttötarkoitukseen esimerkiksi virkistysalueeksi.

5.7 KÄYTETTY YDINPOLTTOAINE

Käytetty ydinpolttoaine välivarastoidaan voimalaitosalueella KPA-varastoissa. Välivarastoinnin aikana käytetyn polttoai- neen aktiivisuus ja lämmöntuotanto alenevat merkittävästi. Voimalaitosalueelta käytetty ydinpolttoaine tullaan aikanaan siirtämään Posiva Oy:n kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle Eurajoen Olkiluotoon. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta on käsitelty tarkemmin muun muassa Posivan vuoden 2008 YVA-menettelyssä sekä vuoden 2012 rakentamislupahakemusmateriaaleissa (Posiva Oy 2008 ja Posiva Oy 2012). Vastuu käytetystä ydinpolttoaineesta

siirtyy Posiva Oy:lle kun kuljetussäiliöön pakattu käytetty ydinpolttoaine lähtee voimalaitoksen välivarastolta Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle.

5.7.1 Polttoaineen pakkaus ja käsittely

Polttoaine pakataan käytetyn polttoaineen varastoaltaassa veden alla tähän käyttötarkoitukseen suunnitellun kuljetus- säiliön sisälle. Polttoaineen pakkaamisen jälkeen kuljetussäi- liö nostetaan varastoaltaasta, puhdistetaan mahdollisesta radioaktiivisesta kontaminaatiosta ja kuivataan sisältöineen erityisellä kuivauslaitteistolla. Tämän jälkeen säiliö täytetään heliumilla. Pakattu, kuivattu ja heliumilla täytetty kuljetussäi- liö nostetaan kuljetusalustalle, jota liikutetaan vetoautolla. Kuljetuksen ajaksi säiliö lasketaan vaakatasoon ja säiliön päätyihin asennetaan törmäyssuojat. Säiliö ja kuljetusalusta peitetään kuljetuksen ajaksi sääsuojalla.

Kaikissa vaiheissa varmistetaan polttoaineen riittävä jäähdytys ja alikriittisenä pysyminen, sekä turvataan polt- toaineen eheys. Tällä tavalla kuljetettava polttoaine ei ole missään pakkauksen tai kuljetuksen vaiheessa ilman säteily- suojausta. Käytetyn polttoaineen loppusijoittamista varten tehtävien käsittelyiden ja kuljetuksien suunnitelmat tarkentu- vat lähempänä käytöstäpoiston ajankohtaa.

5.7.2 Kuljetukset

Voimalaitosalueella tehtävien toimenpiteiden jälkeen käytet- ty ydinpolttoaine voidaan kuljettaa voimalaitokselta loppusi- joitukseen maantie- tai merikuljetuksena. Posiva Oy vastaa kuljetuksista. Maantiekuljetukseen Loviisasta Olkiluotoon on useita mahdollisia reittejä. Kuljetus tapahtuu valvottuna kuljetuksena, jolloin kuljetuksen mukana seuraa tarvittava saattuehenkilöstö, kuten poliisi ja STUKin valvoja.

Merikuljetusvaihtoehdon reitti muodostuu liityntäliiken- teen takia eri kuljetusmuotojen yhdistelmästä (maantie- meri-maantie). Merikuljetus on toteutettavissa esimerkiksi Ruotsin ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollosta vastaavan SKB:n omistaman M/S Sigridin tyyppisellä aluksella. M/S Sigrid on käytössä oleva alus joka on rakennettu ydinjätekuljetuksia varten ja se kykenee kuljettamaan 1600 tonnin hyötykuor- man. Merikuljetusvaihtoehdossa on mahdollista käyttää Lo- viisassa sijaitsevaa Valkon satamaa, joka sijaitsee maanteitä pitkin mitattuna noin 25 km päässä käytetyn ydinpolttoi- neen välivarastosta. Osayleiskaavaehdotuksessa ja asema- kaavaluonnoksessa on varattu mahdollisuus rakentaa väylä ja lastauslaituri Hästholmenin saareen. Lisäksi on tarkasteltu Rauman sataman ja Olkiluodon sataman käyttöä.

Riippuen käytetyn polttoaineen loppusijoituksen alka- misajankohdasta ja voimalaitoksen käyttöiästä, polttoainetta saatetaan kuljettaa loppusijoitukseen jo voimalaitoksen käytön aikana. Tämän hetkisen arvion mukaan käytetyn ydinpolttoaineen maantiekuljetuksia olisi 6-8 kpl vuodessa (1 säiliö kerralla) tai vaihtoehtoisesti laivakuljetuksia 2 kpl

vuodessa (3-4 säiliötä kerralla). Polttoainekuljetusten määrä riippuu mm. polttoaineen kokonaismäärästä, kuljetussäiliön koosta ja kerralla kuljetettavien säiliöiden määrästä. Polt- toainetta täytyy välivarastoida vähintään 20 vuotta ennen sen loppusijoittamista, jotta jälkilämpöteho laskee riittävälle tasolle. Nykyisten arvioiden mukaan polttoaineen kuljetuk- set loppusijoitukseen aloitetaan 2040-luvulla ja ne kestävät noin 10-20 vuotta. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamista säädellään tarkoin kansallisin ja kansainvälisin määräyksiin ja sopimuksiin ja polttoaineen kuljetuksille on Suomessa haetta- va STUKin lupa.

5.7.3 Kapselointi ja loppusijoitus

Polttoaine tuodaan Posivan kapselointilaitoksen vastaanot- totilaan kuljetussäiliöissä. Kuljetussäiliö telakoidaan tiiviisti kapselointilaitoksen polttoaineen käsittelykammioon, jossa polttoaine siirretään kuljetussäiliöstä loppusijoituskapseliin. Polttoaineet pakataan kaasutiiviiseen valurautakapseliin, joka kestää korroosiota ja suojaaa polttoaineenippuja syvällä kalliossa tapahtuvalta mekaaniselta rasitukselta. Kapselointilaitoksen toimintoihin kuuluvat kuljetussäiliöiden vastaanotto, polttoai- neen kapselointi, kannen kiinnittäminen kapseliin hitsaamalla ja hitsisauman tarkastus. Loppusijoituskapselit siirretään hissillä loppusijoitustilaan.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitos sijaitsee noin 430 metrin syvyydessä maanpinnasta. Maanalainen loppusijoituslaitos koostuu kolmesta osasta; loppusijoitus- tunneleista (joihin käytettyä ydinpolttoainetta sisältävät kapselit sijoitetaan), keskustunneleista (jotka yhdistävät loppusijoitustunneleita ja kuiluja) ja teknisistä aputiloista. Loppusijoitustilassa kapseli sijoitetaan loppusijoitustunnelin lattiaan porattuun pystysuoraan loppusijoitusreikään. Kap- selin ja kallion väliin jäävä tila täytetään bentoniittilohkoilla, jotka pystyvät sitomaan suuria määriä vettä ja paisumaan tilavuudeltaan jopa kymmenkertaiseksi. Paisunut bentoniit- ti täyttää tiivisti kuparikapselia ympäröivän tilan ja estää veden pääsyn kuparikapselin lähelle sekä toisaalta ehkäisee mahdollisessa kapselin vuototilanteessa radioaktiivisten aineiden pääsyn kallioon. Kapselia ympäröivä bentoniitti- puskuri suojaaa kapselia myös mekaaniselta rasitukselta eli mahdolliselta kallion liikehännältä. Kun loppusijoitusreiat on täytetty loppusijoituskapseleilla ja suojattu bentoniitil- lä, tunneli täytetään ja tunnelin suu suljetaan tarkoitusta varten suunnitellulla tulpparakenteella.

5.8 KÄYTÖSTÄPOISTON YMPÄRISTÖNÄKÖKOHDAT

5.8.1 Jäähdytysvesi

Sähköntuotannon loppuessa jäähdytysveden tarve piene- nee huomattavasti. Kummassakin reaktorirakennuksessa säilytetään polttoainetta vielä vajaan kahden vuoden ajan

Taulukko 5-2. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat jäähdytysveden osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosisien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Jäähdytysvesi	VLJ-luolan laajennus ei tarvitse jäähdytysvettä. (Voimalaitos tuottaa sähköä tässä vaiheessa normaalisti, jäähdytysveden tarve ja käyttö kuten nykyisessä toiminnassa: keskimäärin 1 300 milj. m³/v ja 57 000 TJ/v).	Jäähdytysveden tarve (noin 1,6 milj. m³/vuosi) ja lämpöpäästö (enintään 46,5 TJ/v) ovat murto-osan voimalaitoksen nykyisen käytön aikaisesta jäähdytysveden tarpeesta ja lämpöpäästöstä.	

Taulukko 5-3. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat käyttöveden tarpeen ja hankinnan osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosisien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Käyttöveden tarve ja hankinta	Louhintatöissä tarvitaan vettä noin 15 000–150 000 m³/v. (Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähkötuotannossa, käyttöveden tarve kuten nykyisessä toiminnassa: Prosessivesi 100 000 - 200 000 m³/v Talousvesi 25 000 - 75 000 m³/v).	Talousvettä 13 000–57 000 m³/v. Prosessivettä vaihdellen, keskimäärin alle käytön aikaisen tarpeen.	Talousvettä vähemmän kuin käytöstäpoiston aikana. Prosessivettä huomattavasti vähemmän kuin käytön aikana.

sähköntuotannon loputtua. Tällöin jäähdytysveden tarve yhdellä laitosyksiköllä vastaa karkeasti vuosihuollon aikaista jäähdytysveden tarvetta, mikä on murto-osa käytön aikaisesta jäähdytysveden tarpeesta. Kun käytetty ydinpolttoaine on siirretty KPA-varastoille, jäähdytyksen tarve reaktorirakennuksissa lakkaa tai on olematon verrattuna sähköntuotannon aikaiseen jäähdytysveden tarpeeseen.

Itsenäisen käytön vaiheen aikana merkittävimmät jäähdytysvettä tarvitsevat järjestelmät ovat KPA-varastojen 1 ja 2 allasvesien jäähdytysjärjestelmät. Molempien KPA-varastojen nykyiset jäähdytysjärjestelmät siirtävät lämpöenergiaa mereen enintään 46,5 TJ/vuosi. Lämpöenergia puretaan ensisijaisesti mereen. Ilmajäähdytystorneja käytetään merivesipumppaamon häiriötilanteissa. KPA-varastojen jäähdytysketjun osittainen uusinta on kuitenkin suunnitteilla, joka voi jossain määrin vaikuttaa lopullisen lämpöenergian määrään. KPA-varaston jäähdytyksen lisäksi itsenäistetyillä laitosisilla on käytössä yksittäisiä lämmönvaihtimia, joiden lopullinen lämpönielu on merivesi. Näiden yhteenlaskettu lämpöteho on kuitenkin merkittävästi KPA-varastojen lämmönvaihtimien lämpötehoa pienempi. Jäähdytysveden tarve tulee siis olemaan itsenäisen käytön vaiheen aikana murto-osan energiantuotannon aikaisesta jäähdytysveden tarpeesta.

Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat jäähdytysveden osalta on esitetty taulukossa 5-2.

5.8.2 Käyttövesi

Käytöstäpoiston purkuvaiheiden ja itsenäisen käytön aikana käyttöveden hankinnan vesiyhteydet ovat lähtökohtaisesti samat kuin voimalaitoksen käytön aikana.

VLJ-luolan laajennuksen aikana voimalaitos on toiminnassa ja käyttövettä kuluu voimalaitoksen talous- prosessi- ja palovesiin saman verran kuin käytön aikana. Tämän lisäksi käyttövettä tarvitaan luolan louhinnassa noin 15 000 – 150 000 m³/vuosi riippuen rakentamisvaiheesta.

Käytöstäpoiston aikana käyttöveden tarve säilyy keskimäärin samana tai vähenee toimintojen loppuessa. Voimalaitoksen prosessivesien tarve pienenee, mutta kertaluonteisesti jotkut käytöstäpoiston toimenpiteet, kuten dekontaminoinnit ja betonisahaus tarvitsevat käyttövettä.

Voimalaitosalueella on vähemmän henkilökuntaa, joten talousvettä voidaan arvioida kuluvan vähemmän kuin käytön aikana. Jos talousveden kulutus suhteutetaan henkilöstön määrään, sen kulutus käytöstäpoiston purkuvaiheiden aikana on 13 000–57 000 m³/vuosi. Itsenäisen käytön aikana talousveden tarve on vielä pienempi.

Taulukossa 5-3 on esitetty käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat käyttöveden tarpeen ja hankinnan osalta.

Taulukko 5-4. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat jätevesien osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosisien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Talousjätevedet	Urakoitsijoiden henkilöstön vaikutus vähäinen.	Määrä on sama tai pienempi kuin käytön aikana.	Määrä on pienempi kuin voimalaitoksen käytön aikana.
Rakennus- ja prosessijätevedet	Rakennusjätevettä vaihtelevasti 15 000–150 000 m³/vuosi kolmen vuoden ajan, arvioidut kokonaispäästöt: öljyt ja rasvat < 2 000 kg fosfori < 35 kg typpi < 2 600 kg kiintoaine < 63 t VLJ-luolan vuotovesien määrä kasvaa hetkellisesti.	Konventionaalisen prosessijäteveden määrä on keskimäärin pienempi kuin käytön aikana. Säiliöihin jääneet tarpeettomat kemikaalit käsitellään haitallisina aineina. Kappaledekontaminoinneista päästörajat alittavaa jätevettä Prosessijärjestelmien tyhjennys: alle 12 000 m³ päästörajat alittavaa vettä.	Konventionaalisen prosessijäteveden määrä on huomattavasti pienempi kuin voimalaitoksen käytön aikana. Prosessijärjestelmien tyhjennys: alle 3 000 m³ päästörajat alittavaa vettä.

5.8.3 Jätevedet

Käytöstäpoiston ja itsenäisen käytön aikana käytetyt talousjätevedet ja prosessijätevedet käsitellään ja lasketaan mereen vastaavasti kuin voimalaitoksen käytön aikana. Viranomainen vahvistaa päästörajat mereen laskettaville vesille. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat jätevesien osalta on koottu taulukkoon 5-4.

Talousjätevedet

VLJ-luolan laajennuksen yhteydessä talousjätevettä voi hetkellisesti muodostua hieman enemmän voimalaitoksen henkilökunnan lisäyksen johdosta. Voimalaitosalueella työkentelee urakoitsijan henkilöstöä enintään joitain kymmeniä henkilöitä laajennustöiden parissa.

Käytöstäpoiston ja itsenäisen käytön aikana voimalaitosalueen henkilöstömäärä vaihtelee, mutta pysyy alhaisempana kuin käytön aikana, joten talousjäteveden määrä pysyy todennäköisesti samalla tai alhaisemmalla tasolla kuin voimalaitoksen käydessä (24 000 m³/vuosi). Talousjätevesi johdetaan käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle.

VLJ-luolan rakennusjätevedet ja vuotovedet

VLJ-luolan laajennuksen aikana vettä tarvitaan mm. louhintaan, josta syntyy rakennusjätevettä. Aikaisempien VLJ-luolan rakennusprojektien vedenkulutuksen perusteella voidaan arvioida, että rakennusjätevettä muodostuu vaihtelevasti noin 15 000–150 000 m³ vuodessa. Rakennusjätevesissä on räjähdysaineiden takia typpikuormaa, kallion louhimisesta aiheutuvaa fosfori- ja typpikuormaa, öljyjä ja rasvoja sekä kiintoaineita. Rakennusjätevedet eivät sisällä aktiivisuutta. Taulukon 5-4 kokonaispäästöt on arvioitu luolan ensimmäisen rakennusvaiheen 1993–1996 päästöjen perusteella, mutta todennäköisesti päästöt ovat tätä pienemmät käsiteltävästä riippuen.

Rakennustöiden aikana VLJ-luolaan muodostuneet rakennusjätevedet pumpataan selkeytysaltaisiin. Selkeytysaltaissa veden sisältämä kiintoaine laskeutuu pohjalle ja mahdolliset öljyt poistetaan pinnalta kuorimalla. Selkeytysaltaista vedet lasketaan hallitusti mereen. Poispumpattavien vesien laatua tullaan seuraamaan etenkin typen osalta. Jätevedet käsitellään tarvittaessa siten, että ne alittavat silloiset päästörajoitukset. Lisäksi kallioperästä muodostuu laajennustöiden aikana vuotovesiä, jotka käsitellään asianmukaisesti ennen laskemista mereen. Kun VLJ-luolaa laajennetaan, kasvaa vuotovesien määrä hetkellisesti kalliorakennustöiden seurauksena.

Prosessijätevedet

Käytöstäpoiston ja itsenäisen käytön aikana konventionaalisia prosessijätevesiä syntyy muun muassa raakavedenpuhdistuslaitoksella, täyssuolanpoistolaitoksella ja lauhteenpuhdistuslaitoksella. Näiden toiminnallisuuksien tarpeen pienentyessä myös niihin liittyvien prosessijätevesien määrä pienenee. Prosessijätevesien määrä ja niiden mukana vesistöön kulkeutuvat päästökuormat ovat siis todennäköisesti huomattavasti alhaisempia kuin käytön aikana tai ne ylittävät lähtötason vain hetkellisesti käytöstäpoiston aikana.

Käytöstäpoistossa kappaledekontaminoinneista syntyvät jätevedet käsitellään erissä haihduttamalla, jolloin syntyy mereen laskettavaa pienen typpikuorman sisältävää vettä. Valmisteluvaiheessa reaktorirakennuksen prosessivesien tyhjennyksestä ja primääripiirin dekontaminoinnin jätevesistä syntyy maksimissaan 7 000–12 000 m³ puhdistettua vettä, joka voidaan laskea mereen. Veden määrä riippuu dekontaminoinnin laajuudesta. Itsenäisen käytön päättyessä KPA-varastojen prosessivesien käsittelystä syntyy maksimissaan 3 000 m³ päästörajat alittavaa vettä, joka lasketaan mereen. Radioaktiivisia päästöjä vesistöön on käsitelty luvussa 4.12.2.

Taulukko 5-5. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat käytetyn ydinpolttoaineen osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitososien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Käytetty ydinpolttoaine	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, varastoidaan kuten nykyisen käytön aikana KPA-varastoissa.	Varastoidaan KPA-varastoissa, jotka on itsenäistetty voimalaitoksesta.	KPA-varastojen käyttö päättyy kun käytetty ydinpolttoaine on kuljetettu loppusijoitukseen. Käytetyn polttoaineen maantiekuljetuksia loppusijoitukseen arvioilta 6-8 kpl vuodessa tai laivakuljetuksia arviolta 2 kpl vuodessa.

Taulukko 5-6. Käytöstäpoiston jätetyyppien määrät jätetiloittain.

Käytöstäpoistojätteet Tila	Massa pakkaamattomana [t]	Tilavuus loppusijoituksessa [m³]
Aktivoituneet jätteet		
Painesäiliösiilot	870	430
Purkujätetila 1	1 490	2 870
Aktivoituneet yht.	2 360	3 300
Kontaminoituneet jätteet		
Suurten komponenttien tila	2 900	2 500
Purkujätetila 1	4 000	7 500
Purkujätetila 2	10 500	9 000
Kontaminoituneet yht.	17 400	19 000
Huoltojätteet yms. Huoltojätetila 3	630	700
Kiinteytetyt jätteet Kiinteytettyjen jätteiden tila	350–680	1 160–2 260
Kaikki yhteensä	20 740–21 070	24 160–25 260

5.8.4 Käytetty ydinpolttoaine

Käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyä käytöstäpoiston aikana sekä kuljetusta ja loppusijoitusta on kuvattu luvussa 5.7. Taulukkoon 5-5 on koottu käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat käytetyn ydinpolttoaineen osalta.

5.8.5 Käytöstäpoistojätteet ja ydinlaitosjätteet

Ydinlaitosjätteellä tarkoitetaan ydinlaitoksen käytön aikana muodostuvaa matala- ja keskiaktiivista jätettä. Voimalaitoksen sähköntuotannon loputtua ydinlaitosjätettä syntyy edelleen itsenäistettävien laitososien käytöstä toisen purkuvaiheen alkuun saakka. Käytöstäpoistojätteellä tarkoitetaan käytöstäpoiston valmisteluvaiheessa sekä purkuvaiheissa 1 ja 2 syntyvää aktiivisuutta sisältävää jätettä. Käytöstäpoiston valmisteluvaiheen ja purkuvaiheiden 1 ja 2 aikana kertyvät käytöstäpoistojätteet on koottu taulukkoon 5-6 jaoteltuna loppusijoitustilan mukaan. Loppusijoituspakkausten tai pakkaamattomana loppusijoitettavien jätteiden

ulkotilavuuden lisäksi taulukossa on kunkin jätelajin massa pakkaamattomana. Käytöstäpoistojaäte voidaan luokitella jätetyypeittäin seuraavasti:

- Aktivoitunut jäte, so. neutronisäteilylle altistuneet laitteet ja rakenteet, jotka ovat itse muuttuneet radioaktiivisiksi, muodostaa suurimman osan käytöstäpoistojätteen radioaktiivisuudesta. Pakattuna aktivoituneen jätteen tilavuus on 3 300 m³.
- Kontaminoitunut jäte, so. komponentit ja rakenteet, jotka ovat olleet kosketuksissa radioaktiivisten nesteiden kanssa, ja joihin tällöin on tarttunut tai imeytynyt radioaktiivisia aineita, muodostaa suurimman osan käytöstäpoistojätteen tilavuudesta. Pakatun ja pakkaamattomana loppusijoitettavan kontaminoituneen jätteen tilavuus on yhteensä noin 19 000 m³.
- Huoltojaäte muistuttaa voimalaitoksen käytön aikana muodostunutta huoltojätettä ja sisältää suojavarusteita, työkaluja yms. Huoltojätettä syntyy noin 700 m³ käytöstäpoiston valmistelun ja purkuvaiheiden aikana.

Taulukko 5-7. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat käytöstäpoisto-/ydinlaitosjätteiden osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitososien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Ydinlaitosjätteet	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, ydinlaitosjätettä muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan laajennuksesta ei synny radioaktiivista jätettä.	Ydinlaitosjätettä ei muodostu.	- Kiinteytetyt nestemäiset jätteet: 260 m³ - Huoltojätteet: 20 m³
Käytöstäpoistojätteet		- Aktivoituneet jätteet: 3 300 m³ - Kontaminoituneet jätteet: 19 000 m³ - Huoltojätteet: 700 m³ - Kiinteytetyt nestemäiset jätteet: 2 260 m³ - Hyvin matala-aktiivinen betoni: alle 50 000 m³	

- Nestemäistä jätettä syntyy mm. prosessien jätevesistä ja sellaisissa käytöstäpoiston työvaiheissa, joissa käytetään vettä, esim. betonin paloittelussa. Käytöstäpoiston valmisteluvaiheen ja ensimmäisen purkuvaiheen aikana kiinteytettyjä jätepakkauksia syntyy noin 520–1 160 kpl riippuen mm. dekontaminoinnin laajuudesta ja siitä syntyvän jäteveden määrästä. Vastaava jätepakkausten ulkotilavuus on noin 900–2 000 m³. Itsenäisen käytön päättyessä kaikki KPA-varastojen prosessivedet tyhjennetään ja käsitellään, mistä syntyy noin 150 kpl kiinteytettyjä jäteastioita. Tilavuudeltaan 150 jätepakkausta on 260 m³.

Itsenäistettyjen laitososien käytöstä syntyy ydinlaitosjätettä määrällisesti ja radioaktiivisuudeltaan selvästi vähemmän kuin käytöstäpoistojätettä. KPA-varastojen itsenäisen käytön aikana allasvesiä puhdistetaan ja puhdistuksesta syntyvistä ioninvaihtimista on arvioitu syntyvän enintään noin 150 kpl kiinteytettyä jätepakkausta (260 m³) riippuen itsenäisen käyttöajan kestosta ja jätteen kertymänopeudesta. Nämä pakkaukset loppusijoitetaan kiinteytettyjen jätteiden tilaan muun kiinteytetyn jätteen kanssa. Huoltojätettä kertyy itsenäistettyjen laitososien käytöstä hyvin vähän, vain noin 10–20 m³ koko itsenäisen käytön ajalta. Huoltojätteet loppusijoitetaan huoltojätetila 3:een. Loppusijoitustilojen sulkemisessa on lisäksi suunniteltu käytettäväksi täyttömateriaalina voimalaitoksen rakennuksista purettua betonia, sillä betoni muodostaa loppusijoitustiloissa pitkäaikaisturvallisuuden kannalta edulliset olosuhteet. Täyttöön voidaan käyttää sekä hyvin matala-aktiivista, kontaminoitunutta betonia että radioaktiivisuudesta puhdasta betonia. Hyvin matala-aktiivisen betonin määrä on enintään 50 000 m³. Kaikki käytöstäpoistojätteet ja voimalaitoksen sähköntuotannon loputtua syntyvät ydinlaitosjätteet on koostettu taulukkoon 5-7.

5.8.6 Hyötykäytettävä materiaali ja konventionaaliset jätteet

VLJ-luolan laajennuksesta syntyy hyötykäytettävää louhetta. Louhittavan rapakivigraniitin tilavuudeksi on arvioitu 71 000 m³, joka louheena vastaa 100 000 m³. Louhe kuljetetaan luolasta kuorma-autoilla maan pinnalle ja välivarastoidaan mahdollisuuksien mukaan voimalaitosalueelle tai sen lähialueelle. Louhetta voidaan myöhemmin hyödyntää VLJ-luolan sulkemisvaiheessa täyttömateriaalina ja mahdollisesti voimalaitosalueen lopullisessa maisemoinnissa. Vaihtoehtona on myös käyttää louhetta lähialueella muiden toimijoiden maanrakennusprojekteissa. Nykyisen aikataulun mukaan VLJ-luola suljetaan itsenäistettyjen laitososien purkamisen jälkeen, joten valtaosa louheesta olisi välivarastoituna noin 40 vuotta. Rakennusten valvonnasta vapauttamisen jälkeen ne mahdollisesti puretaan kokonaan. Tällöin konventionaalisia, mahdollisesti hyötykäytettäväksi kelpaavia materiaaleja ovat betoni ja kierrätyskelpoiset metallit. Purettavien rakennusten on arvioitu sisältävän yhteensä 355 000 t betonia ja 41 000 t kierrätyskelpoisia metalleja. Tämän hetkisten suunnitelmien perusteella ei ole vielä täyttä varmuutta siitä, mitkä rakennukset puretaan varsinaisen käytöstäpoiston yhteydessä ja mitkä rakennukset jätetään itsenäistettävien laitososien purkamisen yhteyteen. Osa rakennuksista voi jäädä purettavaksi myös itsenäisten laitososien purkamisen jälkeenkin. Voidaan kuitenkin arvioida, että käytöstäpoiston yhteydessä purettavat rakennukset vastaavat 50–90 % syntyvän betonin ja kierrätyskelpoisen metallin määrästä. Jätelain (646/2011) 6 § mukaista vaarallista jätettä muodostuu Inkoon purkuprojektin kokemuksiin perustuen arviolta n. 5–10 % koko purkujätteen määrästä. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistossa tämä vastaa jätemääränä 11 000–40 000 t ja itsenäistettävien laitososien purussa 2 000–22 000 t, riippuen siitä mitä rakennuksia missäkin vaiheessa puretaan. Vaarallisen jätteen määrä tarkentuu myöhemmin. Lisäksi muodostuu tavallista huoltojätettä, josta suurin osa pystytään vapauttamaan valvonnasta. Loviisan laitoksella

Taulukko 5-8. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat konventionaalisten jätteiden osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitososien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Hyötykäytettävä materiaali	Louhitaan rapakivigraniittia 71 000 m³, joka vastaa louheena 100 000 m³. VLJ-luolan laajennettu kokonaistilavuus on noin 188 000 m³.	Kierrätyskelpoista metallia (teräs, ruostumaton teräs & kupari) 21 000–37 000 t. Rakennuksien purkamisesta syntyvää betonia 178 000–320 000 t.	Kierrätyskelpoista metallia (teräs, ruostumaton teräs & kupari) 4 000–21 000 t. Rakennuksien purkamisesta syntyvää betonia 36 000–178 000 t.
Valvonnasta vapautettava huoltojäte	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, konventionaalisia jätteitä muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan laajennuksesta ei muodostu huoltojätettä ja konventionaalisen jätteen määrä on hyvin vähäinen.	2 400 m³	Itsenäistettävien laitososien käytöstä syntyvän valvonnasta vapautettavan huoltojätteen määrä tarkentuu myöhemmin.
Käytöstäpoistossa muodostuva vaarallinen jäte		11 000–40 000 t	2 000–22 000 t
Muu konventionaalinen jäte		Noin 100–200 t/vuosi	Konventionaalisen jätteen määrä on hyvin vähäinen.

vuosittainen valvonnasta vapautettavan jätteen osuus on viime vuosien aikana kasvanut. Nykyisin voimalaitoksella syntyvästä jätteestä saadaan valvonnasta vapautettua noin 80 %. Käytöstäpoiston aikana on arvioitu syntyvän 600 m³ loppusijoitettavaa huoltojätettä. Tällöin voidaan arvioida, että valvonnasta vapautettavaa huoltojätettä syntyisi noin 2 400 m³. Käytöstäpoiston aikana syntyvien jätteiden aktiivisuusjakauma voi olla käytön aikaisesta huoltojätteestä poikkeava, joten edellä mainittu arvio on suuntaa-antava.

Itsenäistettävien laitososien osalta jätemääräarvioita tarkennetaan myöhemmin. Todennäköisesti itsenäistettäviltä laitososilta kuitenkin syntyy huoltojätettä paljon vähemmän kuin normaalin käytön aikana.

Muuta konventionaalista jätettä arvioidaan syntyvän vähemmän kuin käytön aikana, arviolta noin 100-200 t/vuosi.

Taulukossa 5-8 on esitetty käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat konventionaalisten jätteiden osalta.

5.8.7 Kemikaalit

Käytöstäpoiston aikana suurin hetkittäinen kemikaalien käyttötarve ilmenee mahdollisen primääripiirin dekontaminoinnin yhteydessä. Dekontaminoinnin laajuus ja tarve määritetään ennen laitosyksiköiden sulkemista, kunhan järjestelmien käytöstäpoiston aikaiset aktiivisuustasot ovat selvillä. Primääripiirin dekontaminointi tehdään käytöstäpoiston valmisteluvaiheen aikana ja mahdollisesti HP/CORD UV -menetelmää käyttäen, jossa käytetään dekontaminointikemikaaleina oksaali- ja permangaanihappoa. Osa dekontaminointiluoksesta saadaan hajotettua vedeksi ja hiilidioksidiksi UV-hajotusta hyödyntäen. Hajotusprosessissa käytetään myös vetyperoksidia. Syntyvien dekontaminointiliuosten ja -vesien käsittelyssä

käytetään ioninvaihtohartseja ja haihduttamista. Käytetyt ioninvaihtohartsit ja haihdutuksista muodostuvat haihdutuskonsentraatit kiinteytetään betoniastioihin ja loppusijoitetaan.

Tarvittavien kemikaalien enimmäismäärät voidaan arvioida vuonna 1994 Loviisa 2:lla tehdyn laajan käytönaikaisen primääripiirin dekontaminoinnin perusteella. Tällöin kului permangaanihappoa (HMnO4) 20 m³, oksaalihappoa (C2H2O4) 5 300 kg ja vetyperoksidia (H2O2) 1 000 kg. Käytöstäpoiston aikana tehtävässä dekontaminoinnissa ei käytetä näin suurta määrää vetyperoksidia kuin käytön aikana tehdyssä dekontaminoinnissa, sillä käytön aikana sitä käytettiin UV-hajotuksen lisäksi myös muodostamaan putkistoihin suojakerros voimakkaan uudelleen kontaminoitumisen ehkäisemiseksi. Suojakerrokselle ei ole käytöstäpoiston aikana tarvetta, koska vaaraa kontaminoitumiselle ei enää ole. Edellä mainitut luvut ovat vain yhdelle laitosyksikölle, joten käytöstäpoistossa ne ovat noin kaksinkertaiset. Muissa käytöstäpoiston dekontaminointitöissä käytetään samoja kemikaaleja kuin voimalaitoksen käytön ajanakin. Käytettäviä kemikaaleja ovat oksaalihappo ((COOH)2), natriumhydroksidi (NaOH) sekä kaliumpermanganaatti (KMnO4). Laitosyksiköillä tehtävissä purkutöissä ja työmaa-alueella tehtävissä yksittäisten pienten kappaleiden dekontaminoinneissa käytetään mm. erilaisia liuottimia ja öljyjä.

Käytöstäpoistossa primääripiiriin liittyvät järjestelmät tyhjennetään ja huuhdellaan käytöstäpoiston valmisteluvaiheen aikana. Tämän jälkeen ei ole enää tarvetta ylläpitää primääripiirin vesikemiaa.

Itsenäistettävien laitososien prosesseissa tarvitaan boorihappoa (H3BO3), typpihappoa (HNO3), rikkihappoa (H2SO4) sekä natriumhydroksidia. Boorihapolla ylläpidetään käytetyn polttoaineen välivaraston polttoainealtaissa riittävän

Taulukko 5-9. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat kemikaalien osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitososien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Kemikaalit	VLJ-luolan louhinnassa käytetään räjähdysaineita.	Kemikaaleja käytetään mm. dekontaminointitöissä, nestemäisten jätteiden kiinteyttämisessä, jäteliuosten neutralisoinnissa ja pH:n säätämisessä. Primääripiirin dekontaminoinnissa käytetään: Oksaalihappo (11 tonnia) Permangaanihappo (40 m³) Vetyperoksidi (2 tonnia) Kemikaalit käsitellään asianmukaisesti.	Kemikaaleja käytetään nestemäisten jätteiden varastolla kiinteyttämisessä ja jätteiden pH-arvojen säätämisessä, KPA-varastojen veden booripitoisuuden ylläpitämisessä sekä täyssuolanpoistolaitoksella/aktiivisten poistokaasujen käsittelyssä. Kemikaalit käsitellään asianmukaisesti.

alikriittisyysmarginaalin ylläpitoon tarvittavaa booripitoisuutta. Typpihappoa käytetään nestemäisten jätteiden varastolla haihdutuskonsentraatin pH-arvon säätämiseen. Natriumhydroksidia ja rikkihappoa puolestaan tarvitaan täyssuolanpoistolaitoksella. Natriumhydroksidia käytetään lisäksi aktiivisten poistokaasujen käsittelyssä sekä kiinteytyslaitoksella kiinteytysprosesseissa.

Tarpeettomat kemikaalisäiliöt tyhjennetään ja niiden sisältö käsitellään asianmukaisesti vaarallisena jätteenä.

VLJ-luolan laajentamisen louhintatöissä käytetään räjähdysaineita.

Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat kemikaalien osalta on koottuna taulukkoon 5-9.

5.8.8 Melu, värinä, liikenne ja konventionaaliset päästöt ilmaan

VLJ-luolan kolmivuotisen laajennusvaiheen aikana syntyy hetkittäistä melua maanalaisista räjäytystöistä, louheen kuljetuksista maan pinnalle ja louhinnan aikaisesta tuuletusjärjestelmästä. Jos osa louheesta on tarve murskata jatkokäyttöä varten, suoritetaan murskaus mahdollisuuksien mukaan lähellä louheen syntypaikkaa.

Käytöstäpoiston järjestelmien purkuvaiheen aikainen melu on rinnastettavissa rakennustöistä aiheutuvaan meluun. Tämä melu on hetkittäistä ja järjestelmien purkutyöt tapahtuvat suurimmaksi osaksi rakennusten sisällä. Eniten ajoittaisista melua syntyy valvonnasta vapautettavien rakennusten purkamisesta, jos ne puretaan greenfield-periaatteella, ja siitä syntyvän betonijätteen murskauksesta. KPA-varastojen itsenäisestä käytöstä syntyy hyvin vähän melua, lähinnä tilojen ilmastoinnista ja muista laitteista.

Tärinää syntyy VLJ-luolan laajennuksen maanalaisista räjäytystöistä, louheen kuljetuksista välivarastointialueelle ja itse läjityksestä, suurimmista purkutöistä sekä raskaista kuljetuksista lähinnä voimalaitosalueella. VLJ-luolan rakennustöiden värinävaikutuksia minimoidaan louhintasuunnittelulla.

Liikennettä käytöstäpoistossa syntyy pääasiassa voimalaitosalueella tai sen läheisyydessä louheen kuljettamisesta välivarastoitavaksi, käytöstäpoistojätteen kuljetuksista

VLJ-luolaan ja lopuksi VLJ-luolan täyttömurskeen tai louheen kuljetuksista. VLJ-luolan laajennuksen aikana louhitun kiviaineksen kuljetuksiin välivarastointialueelle tarvitaan kuljetuskalustosta riippuen noin 5 000–11 000 kuljetusta. Käytöstäpoiston purkutöiden aikana VLJ-luolaan loppusijoitettavan jätteen kuljetuksia arvioidaan tarvittavan kokotänä aikana noin 4 000 kpl ja erikoisraskaita kuljetuksia alle 80 kpl. VLJ-luolan sulkemisvaiheessa täyttömurskeiden tai louheiden kuljettamiseksi VLJ-luolaan tarvitaan suurin piirtein saman verran kuljetuksia kuin VLJ-luolan laajennuksen louhinnan yhteydessäkin.

Lisäksi liikennettä syntyy voimalaitosalueelta pois vietävän jätteen kuljetuksista, voimalaitosalueelle tuotavan tavarankuljetuksista ja henkilöstöliikenteestä. Käytöstäpoistotöiden vaiheesta riippuen raskaita kuljetuksia arvioidaan olevan enintään 100 päivässä. Itsenäisen käytön aikana raskaiden kuljetusten määrä on pienempi kuin laitoksen käynnin aikana ollen enintään noin 40 ajoneuvoa päivässä. VLJ-luolan laajennuksen rakennustöiden aikana henkilöstöliikenne lisääntyy enintään muutamilla kymmenillä autoilla päivässä. Käytöstäpoiston purkuvaiheiden aikana henkilöstöliikennettä arvioidaan olevan vilkkaimmillaan enintään 800 autoa päivässä ja itsenäisen käytön aikana enintään 250 autoa päivässä. Voimalaitosalueelle tuotavat kalliorakennus- ja purkuvälineet tarvitsevat todennäköisesti yksittäisiä erikoiskuljetuksia. Käytetyn ydinpolttoaineen maantiekuljetuksia loppusijoitukseen arvioidaan olevan noin 6-8 kpl vuodessa tai vaihtoehtoisesti laivakuljetuksia noin 2 kpl vuodessa. Suurimmillaan-kin liikennemäärien arvioidaan olevan samaa luokkaa kuin nykyisen toiminnan vuosihuoltojen aikaisen liikenteen.

Konventionaalisia päästöjä ilmaan ovat liikenteestä syntyvät pakokaasut, purkutöistä syntyvä rakennuspöly, liikenteen nostattama pöly, maanalaisista räjäytystöistä, louheen kuljetuksista ja louheen läjityksestä syntyvä kivipöly, sekä maanalaisista räjäytystöistä syntyvät typen ja rikin oksidipäästöt. Varsinkin louheen ajamisesta ja läjittämisestä syntyvää pölyä voidaan vähentää kastelemalla louhekuormia ja läjitysaluetta kuivalla säällä. Lisäksi käytöstäpoiston ja itsenäisen käytön aikana voimalaitosalueella on edelleen sähkökatkojen varalle diesel, joita käytetään vain tarvittaessa. Niiden koestuksissa

syntyy syntyy jonkin verran typpi- ja rikkioksidipäästöjä sekä hiukkaspäästöjä.

Taulukkoon 5-10 on koottu VLJ-luolan laajennuksen, voimalaitoksen käytöstäpoiston ja itsenäisen käytön ajalta syntyvät melu, tärinä, liikenne ja tavanomaiset ilmastopäästöt.

5.8.9 Radioaktiivisten aineiden päästöt ja niiden rajoittaminen

Sen jälkeen, kun käytetty ydinpolttoaine on siirretty reaktorakennuksesta käytetyn polttoaineen varastoon, ei laitosyksiköltä voi tapahtua merkittävää radioaktiivista päästöä ympäristöön. Käytöstäpoiston aikana rajoitettuja radioaktiivisia päästöjä ilmaan ja vesistöön voi syntyä voimalaitoksen

Taulukko 5-10. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat melun, tärinän, liikenteen ja tavanomaisten ilmapäästöjen osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosten käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Melu	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, melua muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan maanalaisista räjäytystöistä, tuuletusjärjestelmästä, louhekuljetuksista, louheen läjityksestä ja mahdollisesta louheen murskauksesta aiheutuu hetkittäistä melua.	Purkutöistä sekä betonin murskauksesta syntyy ajoittaista melua.	Joitakin melua aiheuttavia laitteita käytössä, verrattuna voimalaitoksen käytön aikaiseen meluun hyvin vähäistä. Ajoittaista melua purkutöistä.
Tärinä	Tärinää syntyy maanalaisista räjäytystöistä, raskaista kuljetuksista ja louheen läjityksestä.	Raskaiden kuljetusten ja suurempien purkutöiden aikana syntyy ajoittaista tärinää.	Ei juurikaan tärinää.
Liikenne	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, liikennettä kuten nykyisessä toiminnassa (kok.liikenne 500 ajon./vrk, josta raskas 40 ajon./vrk). Pieni lisäys käytön aikaiseen henkilöliikenteeseen. Louheen kuljetukset yhteensä noin 5 000–11 000 kuorma-autollista. Yksittäisiä erikoiskaluston kuljetuksia.	Henkilöliikenne enintään 800 autoa/vrk. Raskas liikenne enintään 100 ajoneuvoa/vrk. Jätteiden kuljetukset VLJ-luolaan: noin 3 000 kuorma-autolastia ja alle 70 erikoisraskasta kuljetusta.	Itsenäisen käytön aikana henkilöliikenne enintään 250 ajon./vrk. Raskas liikenne alle 40 ajon./vrk. Toisen purkuvaiheen aikana henkilöliikenne enintään 800 autoa/vrk. Raskas liikenne enintään 100 ajon./vrk. Jätteiden kuljetukset VLJ-luolaan: noin 1 000 kuorma-autolastia ja alle 10 erikoisraskasta kuljetusta. Luolan sulkemisessa täyttömateriaalin kuljetukset noin 5 000–11 000 kuorma-autolastia.
Konventionaaliset päästöt ilmaan	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, tavanomaisia päästöjä ilmaan muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. Maanalaisista räjäytystöistä johtuvat typen ja rikin oksidipäästöt: räjähdaineita kuluu karkeasti noin 50 t, josta osa päättyy päästöinä ilmaan. VLJ-luolan laajennuksesta pieni lisäys pakokaasupäästöihin. Maanalaisista räjäytystöistä, louheen murskaamisesta, kuljetuksesta ja läjityksestä muodostuu pölyä.	Liikenteen pakokaasut ja purkutöistä muodostuva pöly.	Liikenteen pakokaasut ja purkutöistä muodostuva pöly. Dieselgeneraattoreista ja -moottoreista jonkin verran typen oksidien, hiilidioksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä.

Taulukko 5-11. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat radioaktiivisten päästöjen osalta.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosten käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Radioaktiiviset päästöt vesistöön	VLJ-luolan laajentamisesta ei synny radioaktiivisia päästöjä.	Päästöt alittavat Säteilyturvakeskuksen vahvistamat rajat, jolloin terveydellisiä vaikutuksia ei muodostu.	
Radioaktiiviset päästöt ilmaan			

radioaktiivisten rakenteiden ja järjestelmien purkamisesta ja käsittelystä kuten myös jäljelle jääneiden radioaktiivisten prosessiliuosten käsittelystä. Aktiivisuuspäästöihin vaikuttavat ensisijaisesti valittavat purku- ja käsittelymenetelmät (esim. dekontaminointi ja suodatukset) sekä päästöjen ajankohta verrattuna voimalaitoksen käytön päättymiseen (viivästäminen). Käytöstäpoiston suunnittelulla varmistetaan, että voimalaitoksen käytöstäpoistossa radioaktiivisten aineiden leviäminen pystytään estämään luotettavasti. Purkamisessa noudatetaan samankaltaisia menettelytapoja kuin voimalaitoksen vuo-sihuollossa, jolloin kontaminoituneita järjestelmiä avataan ja huolletaan.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistovaiheessa syntyviä päästöjä ei suunnittelun tässä vaiheessa voida vielä arvioida, koska kaikkia käytettäviä purku- ja käsittelymenetelmiä ei ole vielä tarkasti määritetty ja valittu. Käytöstäpoiston suunnittelun edetessä määritellään tavoitteet ja päästörajat käytöstäpoistovaiheen radioaktiivisten aineiden päästöille. Päästörajoihin vaikuttaa syntyvien päästöjen lisäksi mm. jäähdytysveden virtaama. Käytöstäpoistovaiheen aikaista jäähdytysveden tarvetta ei ole suunnittelun tässä vaiheessa vielä voitu arvioida tarkasti, koska siihen vaikuttavia jäähdytysteknologioita, esim. lämmönvaihtimet, lämpöpumput tai jäähdytystorni, ei ole vielä määritetty ja valittu. Joka tapauksessa jäähdytysveden tarve käytöstäpoistovaiheessa on hyvin paljon pienempi kuin tuotannossa olevalla voimalaitoksella. Jäähdytysvesivirtaaman vähenemisen vaikutus jätevesipäästöjen laimenemiseen on merkittävä ja vaikuttaa näin ollen myös päästörajoihin, joten käyvän voimalaitoksen päästörajoja ei voida soveltaa käytöstäpoistossa. Säteilyturvakeskus vahvistaa päästörajat, joiden puitteissa käytöstäpoiston aikana tulee toimia. Ydinenergia-asetuksessa on asetettu väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus 0,01 mSv ydinvoimalaitoksen ja muun ydinreaktorilla varustetun ydinlaitoksen käytöstäpoistamisesta (161/1988 22 b §). Käytöstäpoistoon liittyviä ympäristönäkökohtia on esitetty tiivistetysti taulukossa 5-11.

5.8.9.1 Päästöt vesistöön

Käytöstäpoistovaiheessa radioaktiivisia päästöjä mereen muodostuu lähinnä prosessijärjestelmien tyhjennysten seurauksena. Muodostuvia päästöjä rajoitetaan käsittelemällä prosessiliuokset tehokkaasti ennen mereen johtamista. Liuosten käsittely tullaan suorittamaan parhaiten soveltuvilla

menetelmillä, esim. erilaisilla suodatuksilla tai käyttämällä selektiivisiä ionivaihtomateriaaleja, jotka poistavat liuoksista tehokkaasti radionuklideja. Myös viivästämistä voidaan tarvittaessa hyödyntää, jolloin lyhyen puoliintumisaajan omaavien radionuklidien säteilytasot ehtivät laskea merkityksettömälle tasolle. Jätevesien käsittelyn jälkeen, ennen mereen laskua, veden aktiivisuuspitoisuus analysoidaan ja tuloksen perusteella neste joko ohjataan uudelleen käsittelyyn tai annetaan lupa mereen laskuun. Osa nesteistä (esim. dekontaminointiliuoksia) todennäköisesti kiinteytetään niiden aktiivisuuspitoisuuden ja -koostumuksen takia ja loppusijoitetaan VLJ-luolaan.

Voimalaitoksen käytön jatkaminen (VE1) mahdollistaisi käytönaikana kertyneiden nestemäisten jätteiden käsittelyn ennen käytön päättymistä ja näin ollen vapauttaisi säiliökapasiteettia käytöstäpoistovaiheessa prosessien tyhjentämisestä tuleville liuoksille ja antaisi enemmän mahdollisuuksia näiden liuosten käsittelylle.

Koska prosessivesien käsittelymenetelmiä eikä jäähdytysteknologioita ole vielä valittu ei käytöstäpoistovaiheen radioaktiivisia vesistöpäästöjä voida vielä arvioida. Käytettävät menetelmät valitaan kuitenkin niin, että vahvistettavat päästörajat alitetaan, jolloin terveydellisiä vaikutuksia ei muodostu.

5.8.9.2 Päästöt ilmaan

Käytöstäpoistovaiheen aerosolimuotoiset radioaktiiviset päästöt ilmaan syntyvät järjestelmien avaamisesta ja rakenteiden purkamisesta. Päästöjen rajoittamiseksi purkuvaiheessa rakennetaan erillisiä alipaineisia suodatetulla poistolla varustettuja työskentelytiloja, mikäli kyseisen purkukohteen luonne sitä edellyttää. Käytetyt suodattimet käsitellään radioaktiivisena jätteenä ja suodatettu ilma johdetaan ilmanvaihtopiipun kautta ulkoilmaan.

Suunnittelun tässä vaiheessa käytettäviä purkumenetelmiä ja työtilojen suodatuksia ei ole vielä määritetty tarkasti, joten käytöstäpoistovaiheen radioaktiivisia ilmapäästöjä ei voida vielä arvioida. Käytettävät menetelmät valitaan kuitenkin niin, että vahvistettavat päästörajat alitetaan, jolloin terveydellisiä vaikutuksia ei muodostu.

5.8.10 Yhteenveto käytöstäpoiston ympäristönäkökohdista

Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat on koottu taulukkoon 5-12.

Taulukko 5- 12. Käytöstäpoistoon liittyvät ympäristönäkökohdat kootusti.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosisien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Jäähdytysvesi	VLJ-luolan laajennus ei tarvitse jäähdytysvettä. (Voimalaitos tuottaa sähköä tässä vaiheessa normaalisti, jäähdytysveden tarve ja käyttö kuten nykyisessä toiminnassa: keskimäärin 1 300 milj. m³/v ja 57 000 TJ/v).	Jäähdytysveden tarve (noin 1,6 milj. m³/v) ja lämpöpäästö (enintään 46,5 TJ/v) ovat murto-osan voimalaitoksen nykyisen käytön aikaisesta jäähdytysveden tarpeesta ja lämpöpäästöstä.	
Käyttöveden tarve ja hankinta	Louhintatöissä tarvitaan vettä noin 15 000–150 000 m³/v. (Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, käyttöveden tarve kuten nykyisessä toiminnassa: Prosessivesi 100 000 - 200 000 m³/v Talousvesi 25 000 - 75 000 m³/v).	Talousvettä 13 000–57 000 m³/v. Prosessivettä vaihdellen, keskimäärin alle käytön aikaisen tarpeen.	Talousvettä vähemmän kuin käytöstäpoiston aikana. Prosessivettä huomattavasti vähemmän kuin käytön aikana.
Talousjätevedet	Urakoitsijoiden henkilöstön vaikutus vähäinen.	Määrä on sama tai pienempi kuin käytön aikana.	Määrä on pienempi kuin voimalaitoksen käytön aikana.
Rakennus- ja prosessijätevedet	Rakennusjätevettä vaihtelevasti 15 000–150 000 m³/vuosi kolmen vuoden ajan, arvioidut kokonaispäästöt: öljyt ja rasvat < 2 000 kg fosfori < 35 kg typpi < 2 600 kg kiintoaine < 63 t VLJ-luolan vuotovesien määrä kasvaa hetkellisesti.	Konventionaalisen prosessijäteveden määrä on keskimäärin pienempi kuin käytön aikana. Säiliöihin jääneet tarpeettomat kemikaalit käsitellään haitallisina aineina. Kappaledekontaminoinneista päästörajat alittavaa jätevettä. Prosessijärjestelmien tyhjennys: alle 12 000 m³ päästörajat alittavaa vettä.	Konventionaalisen prosessijäteveden määrä on huomattavasti pienempi kuin voimalaitoksen käytön aikana. Prosessijärjestelmien tyhjennys: alle 3 000 m³ päästörajat alittavaa vettä.
Käytetty ydinpolttoaine	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, varastoidaan kuten nykyisen käytön aikana KPA-varastoissa.	Varastoidaan KPA-varastoissa, jotka ovat itsenäistetty voimalaitoksesta.	KPA-varastojen käyttö päättyy kun käytetty ydinpolttoaine on kuljetettu loppusijoitukseen. Käytetyn polttoaineen maantiekuljetuksia loppusijoitukseen arviolta 6-8 kpl vuodessa tai laivakuljetuksia arviolta 2 kpl vuodessa.
Ydinlaitosjätteet	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, ydinlaitosjätettä muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan laajennuksesta ei synny radioaktiivista jätettä.	Ydinlaitosjätettä ei muodostu.	- Kiinteytetyt nestemäiset jätteet: 260 m³ - Huoltojätteet: 20 m³.
Käytöstäpoisto-jätteet		- Aktivoituneet jätteet: 3 300 m³ - Kontaminoituneet jätteet: 19 000 m³ - Huoltojätteet: 700 m³ - Kiinteytetyt nestemäiset jätteet: 2 260 m³ - Hyvin matala-aktiivinen betoni: alle 50 000 m³.	
Hyötykäytettävä materiaali	Louhitaan rapakivigraniittia 71 000 m³, joka vastaa louheena 100 000 m³. VLJ-luolan laajennettu kokonaistilavuus on noin 188 000 m³.	Kierrätyskelpoista metallia (teräs, ruostumaton teräs & kupari) 21 000–37 000 t Rakennuksien purkamisesta syntyvää betonia 178 000–320 000 t	Kierrätyskelpoista metallia (teräs, ruostumaton teräs & kupari) 4 000–21 000 t Rakennuksien purkamisesta syntyvää betonia 36 000–178 000 t

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosisien käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Valvonnasta vapautettava huoltojäte	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, konventionaalisia jätteitä muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan laajennuksesta ei muodostu huoltojätettä ja konventionaalisen jätteen määrä on hyvin vähäinen.	2 400 m³	Itsenäistettävien laitosisien käytöstä syntyvän valvonnasta vapautettavan huoltojätteen määrä tarkentuu myöhemmin.
Käytöstäpoistossa muodostuva vaarallinen jäte		11 000–40 000 t	2 000–22 000 t
Muu konventionaalinen jäte		Noin 100-200 t/v	Konventionaalisen jätteen määrä on hyvin vähäinen.
Kemikaalit	VLJ-luolan louhinnassa käytetään VLJ-luolan maanalaisista räjäytystöistä, tuuletusjärjestelmästä, louhekuljetuksista, louheen läjityksestä ja mahdollisesta louheen murskauksesta aiheutuu hetkittäistä melua.	Kemikaaleja käytetään mm. dekontaminointitöissä, nestemäisten jätteiden kiinteyttämisessä, jäteliuosten neutralisoinnissa ja pH:n säätämisessä. Primääripiirin dekontaminoinnissa käytetään: Oksaalihappo (11 tonnia) Permangaanihappo (40 m³) Vetyperoksidi (2 tonnia) Kemikaalit käsitellään asianmukaisesti.	Kemikaaleja käytetään nestemäisten jätteiden varastolla kiinteyttämisessä ja jätteiden pH-arvojen säätämisessä, KPA-varaston veden booripitoisuuden ylläpitämisessä sekä täyсуuolanpoistolaitoksella/aktiivisten poistokaasujen käsittelyssä. Kemikaalit käsitellään asianmukaisesti.
Melu	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, melua muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan maanalaisista räjäytystöistä, tuuletusjärjestelmästä, louhekuljetuksista, louheen läjityksestä ja mahdollisesta louheen murskauksesta aiheutuu hetkittäistä melua.	Purkutöistä sekä betonin murskauksesta syntyy ajoittaista melua.	Joitakin melua aiheuttavia laitteita käytössä, verrattuna voimalaitoksen käytön aikaiseen meluun hyvin vähäistä.
Tärinä	Tärinää syntyy maanalaisista räjäytystöistä, raskaista kuljetuksista ja louheen läjityksestä.	Raskaiden kuljetusten ja suurempien purkutöiden aikana syntyy ajoittaista tärinää.	Ei juurikaan tärinää.
Liikenne	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, liikennettä kuten nykyisessä toiminnassa (kok. liikenne 500 ajon./vrk, josta raskas 40 ajon./vrk). Pieni lisäys käytön aikaiseen henkilöliikenteeseen. Louheen kuljetukset yhteensä noin 5 000–11 000 kuorma-autollista. Yksittäisiä erikoiskaluston kuljetuksia.	Henkilöliikenne enintään 800 autoa/vrk. Raskas liikenne enintään 100 ajoneuvoa/vrk. Jätteiden kuljetukset VLJ-luolaan: noin 4 000 kuorma-autolastia ja alle 80 erikoisraskasta kuljetusta.	Itsenäisen käytön aikana henkilöliikenne enintään 250 ajon./vrk. Raskas liikenne alle 40 ajon./vrk. Toisen purkuvaiheen aikana henkilöliikenne enintään 800 autoa/vrk. Raskas liikenne enintään 100 ajon./vrk. Luolan sulkemisessa täyttömateriaalin kuljetukset noin 5 000–11 000 kuorma-autolastia
Konventionaaliset päästöt ilmaan	Voimalaitos tässä vaiheessa vielä sähköntuotannossa, tavanomaisia päästöjä ilmaan muodostuu kuten nykyisessä toiminnassa. Maanalaisista räjäytystöistä johtuvat typen ja rikin oksidipäästöt: räjähdäaineita kuluu karkeasti noin 50 t, josta osa päättyy päästöinä ilmaan. VLJ-luolan laajennuksesta pieni lisäys pakokaasupäästöihin. Maanalaisista räjäytystöistä, louheen murskaamisesta, kuljetuksesta ja läjityksestä muodostuu pölyä.	Liikenteen pakokaasut ja purkutöistä muodostuva pöly.	Liikenteen pakokaasut. Dieselgeneraattoreista ja -moottoreista jonkin verran typen oksidien, hiilidioksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä.

Ympäristönäkökohta	VLJ-luolan laajennus	Voimalaitoksen käytöstäpoisto (valmisteluvaihe ja purkuvaihe 1)	Itsenäistettävien laitosten käyttö ja käytöstäpoisto sekä VLJ-luolan sulkeminen
Radioaktiiviset päästöt vesistöön	VLJ-luolan laajentamisesta ei synny radioaktiivisia päästöjä.	Päästöt alittavat Säteilyturvakeskuksen vahvistamat rajat, jolloin terveydellisiä vaikutuksia ei muodostu.	
Radioaktiiviset päästöt ilmaan			

5.9 KÄYTÖSTÄPOISTON EROT ERI VAIHTOEHDOS- SIA

Vaihtoehdossa VE1 käytöstäpoisto toteutetaan pääosin vas- taavasti kuten VE0:n käytöstäpoisto on kuvattu, merkittävin ero on käytöstäpoiston ajankohdassa. Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa (vaihtoehto VE1) kaupallista käyttöä jatkettaisiin enintään noin 20 vuodella, jolloin voimalaitos- yksiköiden kokonaiskäyttöikä olisi noin 70 vuotta. Voimalai- toksen käytöstäpoisto ajoittuisi noin vuosille 2050–2060. Vaihtoehtojen VE1 ja VE0 alustavat aikatauluarviot on esitetty luvussa 3.

Lisäksi muita tunnistettuja huomioitavia asioita tai eroavai- suuksia vaihtoehtojen VE0 ja VE1 välillä ovat:

- Vaihtoehdossa VE0 käytöstäpoiston valmisteluvaiheen kesto on noin kolme vuotta kummankin voimalaitosyk- sikön osalta ja valmisteluvaihe on molemmilla laitosis- siköillä samankaltainen. Vaihtoehtojen VE0 tapauksessa Loviisa 2:n valmisteluvaiheessa voidaan kuitenkin hyö- dyntää jo Loviisa 1:n valmisteluvaiheen aikana tehtäviä hankintoja ja rakennettavia jätteenkäsittelytiloja. Tämä todennäköisesti lyhentää Loviisa 2:n valmisteluvaiheen kestoja hieman. Vaihtoehtojen VE1 tapauksessa molempien voimalaitosyksiköiden käyttö voidaan lopettaa saman- aikaisesti tai lyhyemmällä viiveellä. Jos laitosisyksiköiden valmisteluvaiheita ei porrasteta, ei edellä mainittua eroavaisuutta aikataulussa ole.
- Käytön jatkamisen tapauksessa (VE1) laitosisyksiköiden samanaikaisen käytön lopettamisen vuoksi on mahdol- lista, että purkuvaiheet voidaan suorittaa laitosisyksiköillä nopeammin ja purkuvaiheiden kesto ajoittuisi välille 3–3,5 vuotta/laitosisyksikkö.
- VLJ-luolan nykyisen laajennussuunnitelman loppusijoi- tuskapasiteetin on arvioitu riittävän kaikelle jätteelle myös siinä tapauksessa, että voimalaitoksen käyttöikää jatketaan vaihtoehtojen VE1 mukaisesti. Tämä johtuu lä- hinnä siitä, että käytön aikana syntyvän ydinlaitosjätteen kertymisnopeutta on saatu pienennettyä, ja siitä, että käyttöikä jatkaminen ei merkittävästi lisää käytöstäpois- tojätteen määrää.
- Jos voimalaitoksen käyttöikä lisätään 20 vuotta VE1 mukaisesti, käytön aikaisen ydinlaitosjätteen määrä ja

tiettyjen käytöstäpoiston jätelajien sisältämän aktiivi- suuden määrä kasvaa. Kokonaisaktiivisuuden kasvun määrään voi vaikuttaa jätelajin kertymänopeus, sen kokema neutronivuo ja siinä esiintyvien nuklidien puoliin- tumisaika. Jos uuden käyttöluvan tapauksessa oletetaan, että luolan sulkeminen siirtyy 20 vuotta eteenpäin, tällöin käytöstäpoistojätteen sisältämä aktiivisuus luolan sul- keutuessa vuonna 2088 on luokkaa 33 000 TBq. Vaihto- ehdossa VE0 aktiivisuuden arvioidaan olevan noin 22 000 TBq.

- Voimalaitosalueella välivarastoitavan käytetyn ydinpol- toaineen kokonaismäärä on vaihtoehdossa VE0 noin 7700 nippua ja vaihtoehdossa VE1 20 vuoden jatkoajalla enintään 12 800 nippua. Posivan loppusijoituslaitok- sessa on tilaa myös Loviisan voimalaitoksen 20 vuoden jatkoajana syntyvälle polttoainemäärälle (Posiva Oy 2008). Posivalla on periaatepäätökset ja rakentamislupa 6500 uraanitonniin (tU) loppusijoittamiseksi. Olkiluodon kolmelta voimalaitosisyksiköltä ja Loviisan kahdelta voima- laitosisyksiköltä nyky suunnitelmien mukaisten käyttöikäen aikana kertyvän ydinpolttoaineen määrä on noin 5 500 tU. Loviisan voimalaitosisyksiköiden käyttöikä pidentämisellä 20 vuodella käytetyn ydinpolttoaineen määrä viideltä voimalaitosisyksiköltä olisi noin 6 000 tU.
- Nykyisten arvioiden mukaan käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset loppusijoitukseen aloitetaan 2040-luvulla ja ne kestävät noin 10-20 vuotta. Vaihtoehtojen VE1 tapauk- sessa kuljetukset alkavat mahdollisesti myöhemmin ja ne kestävät pidempään kuin vaihtoehdossa VE0.
- Voimalaitoksen käytön jatkaminen (VE1) mahdollistaisi käytön aikana kertyneiden nestemäisten jätteiden käsit- telyn ennen käytön päättymistä ja näin prosessijärjestel- mien vesien käsittelyjärjestelyille valmisteluvaiheessa on enemmän vaihtoehtoja.
- Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana (VE1) saataisiin enemmän käyttökokemusta ydinvoimalaitosten käy- töstäpoistosta muista maista. Näin ollen muun muassa käytöstäpoistossa käytettäviä tekniikoita voitaisiin ke- hittää ja sitä kautta ympäristöön kohdistuvat vaikutukset saattaisivat pienentyä.



6. VEO+ Loviisan voimalaitokselle vastaanotettavat muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet

Vaihtoehto VEO+ on muuten sama kuin vaihtoehto VEO (ks. luku 5), mutta vaihtoehtoon VEO+ sisältyy mahdollisuus vastaanottaa, käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa Loviisan voimalaitokselle muualla Suomessa muodostuneita radioaktiivisia jätteitä. Sama mahdollisuus sisältyy myös vaihtoehtoon VE1 (ks. luku 4), eli myös voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa on mahdollista, että Loviisan voimalaitokselle vastaanotetaan, käsitellään, välivarastoidaan ja loppusijoitetaan muualla Suomessa muodostuneita radioaktiivisia jätteitä. Muualla muodostunut radioaktiivinen jäte voi koostua esimerkiksi valtion, teollisuuden, yliopistojen, tutkimuslaitosten ja sairaaloiden radioaktiivisista jätteistä.

Muualla Suomessa syntyneen jätteen vastaanottoa Loviisan voimalaitoksella arvioidaan jäte-eräkohtaisesti ottaen huomioon jätteen vaatimat ja käytettävissä olevat käsittely-, pakkaus-, varastointi- ja loppusijoitusmenetelmät. Lähtökohteisesti menetelmät soveltuvat sellaiselle jätteelle, jotka radioaktiivisuudeltaan ja muilta ominaisuuksiltaan muistuttavat Loviisan voimalaitoksen tuottamaa matala- ja keskiaktiivista ydinlaitosjätettä.

Muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on teknisesti mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle nykyisen käyttöjakson tai voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana. Toiminta voi jatkua vielä itsenäistettävien laitosten käytön ja purkamisen aikana niin pitkään kuin jätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen tarvittavat toiminnot ovat käytettävissä.

6.1 TOIMINNAN YLEISKUVAUS

Työ- ja elinkeinoministeriön kesäkuussa 2017 asettama kansallinen ydinjätehuollon yhteistyöryhmä on pitänyt tärkeänä, että kaikesta Suomessa jo olevasta ja tulevasta radioaktiivisesta jätteestä huolehditaan asianmukaisesti riippumatta sen alkuperästä, tuottajasta tai tuotantotavasta (TEM 2019). Koska Loviisan voimalaitoksella on jo olemassa radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn ja loppusijoittamiseen soveltuvat toiminnot sekä tilat, olisi luontevaa ja ydinjätehuollon yhteistyöryhmän suositusten mukaista, että nämä olisivat käytettävissä osana yhteiskunnallista kokonaisratkaisua.

Toiminta käsittää muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen vastaanoton, käsittelyn ja välivarastoinnin Loviisan voimalaitoksella sekä loppusijoituksen matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitokseen. Muualla muodostunut jäte voi koostua esimerkiksi valtion, teollisuuden, yliopistojen, tutkimuslaitosten ja sairaaloiden radioaktiivisista jätteistä, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n (VTT) Espoossa sijaitsevien FiR 1 -tutkimusreaktorin, Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion, sekä VTT:n uuden ydinturvallisuustalon käytön ja purkamisen aikana syntyneistä jätteistä.

Jätteen vastaanottaminen edellyttää muun muassa erillisiä kaupallisia sopimuksia sekä kyseisen jätteen soveltuvuuden tarkastelua. FiR 1 -tutkimusreaktorin ja Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion käytöstäpoistojätteiden vastaanotosta Loviisan voimalaitokselle on ehdollinen sopimus olemassa. Sopimus toteutuu, jos toiminnan luvitus järjestyy eikä jätteiden loppusijoittamiselle ilmene esteitä. Muiden jätteiden osalta sopimuksia ei tällä hetkellä ole olemassa, ja näin ollen niistä ei ole tällä hetkellä tarkkoja tietoja saatavilla. Luvussa 6.2.3 on esitetty mistä mahdollisesti vastaanotettavat jätteet voisivat koostua.

6.2 JÄTTEIDEN ALKUPERÄ JA MÄÄRÄ

Loviisan voimalaitokselle sijoitettavan muualla Suomessa muodostuneen jätteen määräksi on arvioitu korkeintaan 2 000 m³. Loviisan voimalaitoksen VLJ-luolaan loppusijoitettavan aktiivisen jätteen määrä on kokonaisuudessaan enintään 100 000 m³, joten Loviisan voimalaitokselle vastaanotettavan muualla Suomessa muodostuneen jätteen määrä on tähän verrattuna pieni.

6.2.1 FiR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoistojätteet

VTT:llä on Espoon Otaniemessä FiR 1-tutkimusreaktori, jonka Suomen valtio hankki Yhdysvalloista vuonna 1960 Teknillisen korkeakoulun koulutus- ja tutkimuskäyttöön (Kuva 6-1). Tutkimusreaktori siirtyi VTT:n hallintaan vuonna 1971. Reaktoria on käytetty vuodesta 1962 tutkimukseen, opetukseen, isotoopituotantoon ja muuhun palvelutoimintaan. Vuosina 1999–2012 FiR 1 -tutkimusreaktoria käytettiin myös sädehoitoon.



Kuva 6-1. VTT:n FiR 1 -reaktorin yläpuolinen tutkimustila vasemmalla ja tutkimusreaktori oikealla (TEM 2019).

Taulukko 6-1. Taulukko 6-1. Yhteenveto FiR 1 -tutkimusreaktorin jätemääristä. Massat ja tilavuudet on esitetty pakkaamattomina (Räty2019).

Materiaali	Tilavuus [m³]	Massa [kg]	Tärkeimmät nuklidit	Kokonaisaktiivisuus [TBq]
Biologisen suojan betoni	25,0	61 000	H-3, Fe-55, Co-60, Eu-152, K-40	0,11
Grafiitti	2,6	4 450	H-3, C-14, Eu-152, Co-60, Ba-133, Cl-36	0,46
Teräs	0,4	3 540	Ni-63, Fe-55, Co-60, Ni-59, C-14	1,91
Alumiini	0,8	2 230	Fe-55, Zn-65, Ni-63, Co-60, Mn-54, Fe-59	0,03
Fluental	0,5	1 330	H-3, C-14	1,30
Litioitu muovi	1,4	2 000	H-3, C-14	0,43
Muu*	7,1	19 780		0,005
Yhteensä	37,8	94 330		4,24

*Sisältää: raskasbetoni, lyijy, puu, bitumi, boraali, vismutti, ioninvaihtoharts

VTT sulki FiR 1 -tutkimusreaktorin lopullisesti kesällä 2015 ja haki kesällä 2017 valtioneuvostolta lupaa tutkimusreaktorin käytöstä poistamiseksi ja purkamiseksi. Käytöstäpoiston on tarkoitus alkaa viimeistään vuonna 2023 ja tilat luovuttaa Aalto-yliopiston käyttöön vuoteen 2025 mennessä. FiR 1 -tutkimusreaktori on ensimmäinen käytöstäpoistettava ydinlaitos Suomessa. Sen käytöstäpoistosta ja purkamisesta on mahdollista saada hyödyllistä osaamista ja kokemusta myös muiden ydinlaitosten käytöstäpoistoa varten. (TEM 2019)

FiR 1 -tutkimusreaktorissa käytetty ydinpolttoaine on yhdysvaltalaista alkuperää. Ydinpolttoaine kuuluu Yhdysvaltain energiaministeriön (Department of Energy, DOE) maailmanlaajuisen palautusohjelmaan, jonka puitteissa Yhdysvallat ottaa käyttöä ydinpolttoainetta vastaan ja huolehtii niiden välivarastoinnista ja loppusijoituksesta (TEM 2019:39). Käytetty ydinpolttoaine, joka on syntynyt Suomessa käytetyn tutkimusreaktorin käytön yhteydessä, voidaan ydinenergialain (990/1987) 6 a §:n mukaan palauttaa alkuperämaahansa Yhdysvaltoihin.

Yhdysvaltalainen tutkimusreaktori on vastaanottanut VTT:n Otaniemessä sijaitsevan FiR 1 -tutkimusreaktorin käytetyn ydinpolttoaineen. Denverissä sijaitseva Yhdysvaltojen Geologisen tutkimuskeskuksen (USGS) reaktori voi jatkaa toimintaansa Suomesta saamallaan polttoaineella useita vuosia, ja käytön päättyessä Yhdysvallat huolehtii käytetystä polttoaineesta. (VTT 2021)

FiR 1 -tutkimusreaktorin muu radioaktiivinen jäte koostuu tutkimusreaktorin käytön aikana syntyneestä jätteestä sekä käytöstäpoistossa syntyvästä purkujätteestä, jonka mää-

rästä on esitetty arvio taulukossa 6-1. Purkujätteenä syntyy muutamia kymmeniä kuutiometrejä matala- ja keskiaktiivista betonia, terästä, alumiinia, grafiittia ja sädehoitoasemassa käytettyä Fluental-hidastinmateriaalia (Räty 2019). Nämä materiaalit ovat palamattomia. Suurin osa teräs-, grafiitti- ja alumiiniosien aktiivisuudesta on tietyissä reaktorisydämen lähellä olleissa osissa (muun muassa säteilytysrengas ja grafiittiheijastin), joten suurin osa kyseisistä materiaaleista on matala-aktiivista.

FiR 1 -tutkimusreaktorin käytöstä ja purkutöistä on tuloksena myös pieni määrä lievästi radioaktiivisia huoltojätteitä, kuten haalareita ja muovia. Loppusijoitettavan jätteen määräksi on arvioitu pakattuna noin 100 m³ ja jätteen kokonaisaktiivisuus on alle 5 TBq.

6.2.2 Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion käytöstäpoistojätteet

VTT:llä on myös Otakaari 3:ssa sijaitseva tutkimuslaboratorio, jonka VTT poistaa käytöstä lähivuosina (Kuva 6-2). Laboratorion noin 40 vuoden käytön aikana on kertynyt radioaktiivista materiaalia (mm. materiaalitutkimusnäytteitä) ja lisäksi laboratorion käytöstäpoiston aikana muodostuu pakattuna noin 50 m³ radioaktiivista jätettä (TEM 2019).

Loppusijoitettavat jätteet koostuvat pääosin metallinäytteistä, betonista, huoltojätteestä sekä putkistosta ja laitteista. Metallinäytteet palautetaan lähtökohtaisesti VTT:n toimesta alkuperäisille omistajille, joiden joukkoon kuuluu myös Loviisan

Taulukko 6-2. Yhteenveto Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion arvioituista käytöstäpoiston jätemääristä. Jätteiden tilavuus on esitetty pakkaamattomana (Räty 2019).

Jätetyyppi	Massa (kg)	Tilavuus (m³)	Aktiivisuus (GBq)
Aktivoituneet metallinäytteet	300	0,01	1 640
Kontaminoitunut betoni	11 000	5	0,3
Kontaminoituneet laitteet	3 500	5	0,03
Huoltojäte	2 500	10	0,03
Kontaminoituneet putket	2 000	3	0,015
Muu	2 000	3	0,015
Yhteensä	21 300	26	1 700

voimalaitos, jonka materiaalinäytteitä on VTT:llä tutkittu. On kuitenkin näytteitä, joissa palautus omistajalle ei ole enää mahdollinen ja nämä näytteet on tarkoitus tuodaan Loviisan VLJ-luolaan loppusijoitettavaksi. Loppusijoitettavan jätteen määrä pakkaamattomana on esitetty taulukossa 6-2. Pakattuna jätteen määrä on arviolta 50 m³.

6.2.3 Muut jätteet

FiR 1 -tutkimusreaktorin sekä Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion purkamisesta muodostuvan käytöstäpoistojätteen lisäksi myös muissa yhteiskunnan toiminnoissa syntynyttä radioaktiivista jätettä voitaisiin loppusijoittaa Loviisan voimalaitoksen VLJ-luolaan. Ydinlaitosten lisäksi Suomessa syntyy radioaktiivista jätettä muun muassa terveydenhuollon, teollisuuden sekä tutkimuksen toiminnan seurauksena.

Terveydenhoidon alalla merkittävä osa radioaktiivisista jätteistä muodostuu erinäisistä avo- ja umpilähteistä, joiden



Kuva 6-2. VTT:n Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion kontaminoituneita tiloja (TEM 2019).

aktiivisuustasot vaihtelevat matalasta korkeaan. Normaalisti umpilähteet palautetaan niiden ulkomaisille valmistajille. Kuitenkin eräiden Sr-90, Ra-226 sekä Co-60 lähteiden palauttaminen on osoittautunut haastavaksi, minkä johdosta ne käsitellään ja loppusijoitetaan Suomessa.

Teollisuuden alalla umpilähteitä käytetään erinäisissä analysointi- ja mittalaitteissa. Yleisimmät käytetyt nuklidit ovat cesium-137, koboltti-60, krypton-85, strontium-90, americium-241 ja beryllium-9. Näiden umpilähteiden aktiivisuudet vaihtelevat, mutta ovat tyypillisesti alle 100 GBq. Myös teollisuuden alalla käytettävät umpilähteet palautetaan normaalisti ulkomaisille toimittajilleen. Suomessa on kuitenkin sellaisia umpilähteitä, joille ei enää ole ulkomaista vastaanottajaa, minkä johdosta ne täytyy käsitellä ja loppusijoittaa Suomessa. Teollisuuden alalla on käytössä noin 6 000 umpilähdettä, joka on valtaosa kaikista Suomen toiminnanharjoittajien hallussa olevista umpilähteistä. Kuvassa 6-3 on esitetty esimerkki teollisuudessa käytettävästä umpilähteestä.



Kuva 6-3. Säteilylähde Kr-85 (TEM 2019).

Tutkimuksen alalla radioaktiivisia jätteitä muodostuu esimerkiksi käytettäessä radioaktiivisia merkkiaineita tai säteilylähteitä hyödynnettäessä. Muodostuvat jätteet ovat tyypillisesti radioaktiivisuuden likaamia suojavarusteita sekä tutkimus- ja puhdistusvälineitä. Jätteet varastoidaan tyypillisesti laitosten omissa tiloissa, kunnes ne loppusijoitetaan tai, mahdollisuuksien niin salliessa, hävitetään tavanomaisten jätteiden tavoin.

Radioaktiivista materiaalia käyttävä toimija on velvollinen huolehtimaan hävitettävien säteilylähteiden ja muun säteilevän materiaalin käsittelystä. Materiaalista on pidettävä kirjanpitoa ja se on pakattava ja merkittävä asianmukaisesti. Merkinnän tulee sisältää tiedot, jotka ovat tarpeen jätteen käsittelemiseksi turvallisesti.

Säteilyturvakeskus vastaanotti muiden toiminnanharjoittajien radioaktiivisia jätteitä vuoteen 2010 asti. Tästä eteenpäin toimintaa on hoitanut Suomen Nukliditeknikka Oy. Vastaanotettujen säteilylähteiden varastointi tapahtui Puolustusvoimien hallinnoimalla alueella Helsingissä vuoteen 1996 saakka, kunnes Suomen valtio vuokrasi varastopaikan TVO:n Olkiluodon ydinvoimalaitosjätteen loppusijoitus-tiloista. Olkiluodon pienjätevarastoon sijoitetun jätteen kokonaisaktiivisuus oli vuoden 2013 lopussa noin 50 TBq pääasiallisimpien radionuklidien ollessa tritium, cesium-137, krypton-85, americium-241 ja plutonium-239. Vuosittain uutta jätettä kertyy varastoon 1–3 m³. TVO:lla on myös lupa loppusijoittaa pienjätettä omiin loppusijoitustiloihinsa.

Ulkopuolisten toimijoiden tuottaman, Loviisaan mahdollisesti loppusijoitettavan jätteen todellinen määrä on vielä epävarma, sillä siihen vaikuttavat monet tekijät. Nykyisten jättekertymien pohjalta on kuitenkin tehty karkea arvio, että loppusijoitettavien säteilylähteiden enimmäistilavuus olisi 100–200 m³. Näiden lisäksi loppusijoitettavaa jätettä tulee mahdollisesti muun muassa uraanin talteenotosta ja VTT:n uudesta ydinturvallisuustalosta. Näiden jätteiden enimmäistilavuuden arvioidaan olevan samaa suuruusluokkaa kuin umpilähteiden. Huomioiden FIR 1 -tutkimusreaktorin ja Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion käytöstäpoistojätteet on Loviisan voimalaitokselle sijoitettavan muualla Suomessa muodostuneen jätteen kokonaismääräksi arvioitu korkeintaan 2 000 m³.

6.3 JÄTTEIDEN KÄSITTELY LOVIISAN VOIMALAITOKSELLA

Loviisan voimalaitokselle mahdollisesti vastaanotettavien muualla Suomessa muodostuneiden jätteiden käsittelyn lähtökohtana on, että niiden käsittely tehdään muodostumispaikassa siihen tuotoon että niiden vastaanottaminen on Loviisan voimalaitoksen menettelyiden mukaisesti mahdollista ja niiden käsittely turvallista.

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden loppusijoittamista Loviisan voimalaitoksen VLJ-luolaan pidetään mahdollisena, vaikkei loppusijoitustiloja ole alun perin suunniteltu kyseistä käyttötarkoitusta varten. Erityisesti suhteellisen lyhytikäisten nuklidien, kuten Co-60 ja Cs-137,

kannalta loppusijoittamiselle ei nähdä esteitä pitkäaikaisturvallisuuden osalta. Pitkäikäisempiä nuklideja, kuten C-14, Am-241 ja Ra-226, sisältävät jätteet, tai fysikaalisilta tai kemiallisilta ominaisuuksiltaan Loviisan ydinlaitosjätteestä selvästi poikkeavat jätteet, voivat vaatia lisätarkasteluja ja -toimenpiteitä kuten esimerkiksi erikoispakkauksia. Muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen tulee täyttää Loviisan voimalaitoksen asettamat jätteiden hyväksymiskriteerit, jotta se soveltuisi loppusijoitettavaksi VLJ-luolaan. Lisäksi jätteen vaikutuksia arvioidaan päivittämällä tarvittaessa loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuusperustelu, jolla arvioidaan loppusijoitettavasta jätteestä aiheutuvia säteilyannoksia pitkällä aikajänteellä.

Jätteen soveltuvuus käsiteltäväksi Loviisan voimalaitoksella ja/tai loppusijoitettavaksi VLJ-luolassa varmistetaan ja tarvittaessa hyväksytetään erikseen STUKilla hyvissä ajoin ennen jätteen saapumista voimalaitosalueelle. Vastaanotettavista jätteistä on oltava olemassa pakkauskohtaiset perustiedot, kuten aktiivisuussisältö sekä fyysiset ja kemialliset ominaisuudet. Nämä tiedot viedään voimalaitoksen jätekirjanpitojärjestelmään.

Muualla Suomessa muodostuvien radioaktiivisten jätteiden kuljetus Loviisaan voi tapahtua erilaisilla tarkoituksenmukaisilla kuljetusvälineillä esimerkiksi jakeluatotyyppisellä ajoneuvolla. Kuljetuksissa huomioidaan turvallisuusmääräykset, joita radioaktiivisuus edellyttää. Liikennereitit Loviisassa ovat samat kuin voimalaitoksen omissa kuljetuksissa.

Jätteen saapuessa voimalaitokselle tehdään sille vastaanottotarkastus, jossa varmistutaan siitä, että jäte vastaa perustietoja. Vastaanottotarkastukseen voi sisältyä esimerkiksi yksittäisten jätepakkausten gammaspektrometrisia mittauksia aktiivisuustietojen varmistamiseksi. Jos jäte on jo syntypaikassaan pakattu oikeanlaiseen pakkaukseen, kuljetetaan se joko loppusijoitustilaan tai välivarastoitavaksi jätehuoltotiloihin odottamaan loppusijoitusta tai muuta käsittelyä. Jätettä voidaan myös tarvittaessa ensin käsitellä aktiivisten jätteiden käsittelytiloissa. Esimerkiksi jätteen uudelleenpakkaaminen, nestemäisen jätteen kiinteytys ja/tai aktiivisuusmittaukset ovat voimalaitoksen jätekäsittelyn normaalitoimintaa, ja menettelyjä voidaan soveltaa myös ulkopuoliselle jätteelle. Tämän jälkeen jäte voidaan välivarastoida tai loppusijoittaa VLJ-luolaan. Siellä se sijoitetaan sellaiseen tilaan, joka on tarkoituksenmukainen ottaen huomioon jätteen aktiivisuus ja muut ominaisuudet. Lopullinen käsittelytapa määrittyy tarkemmin jätteen ominaisuuksien perusteella.

FIR 1 -tutkimusreaktorin ja Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion jätteet

Jotta FIR 1 -tutkimusreaktorin ja Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion jätteet olisivat vastaanotettavissa Loviisan voimalaitokselle, tulee jätteille tehdä lähtöpaikassaan toimenpiteitä. Jätehuoltotoimenpiteiden suunnittelu on tällä hetkellä käynnissä, ja alla on kuvattu tämän hetkinen alustava suunnitelma. Jätteet pakataan jätetyyppikohtaisesti Loviisan voimalaitoksen hyväksymiin pakkauksiin. Jos pakkaus toimii

teknisenä vapautumisesteenä, täytyy pakkaukselle saada myös viranomaisen hyväksyntä. Jätteiden pakkaustilavuutta pienennetään lajittelulla, kokoonpuristuksella ja paloittelulla mahdollisuuksien mukaan.

VTT:llä FIR 1 -tutkimusreaktorin biologisen suojan matala-aktiivinen betoni paloittelaa ja sijoitetaan sellaisenaan teräslaatikoihin. Teräs- ja alumiiniosat lajitellaan erikseen. Keskiaktiiviset osat (kuten säteilytysrengas ja grafiittiheijastin) vaativat säteilysuojausta ja ne pakataan niille suunniteltaviin erikoisvalmisteisiin pakkauksiin. Matala-aktiiviset teräs- ja alumiiniosat pakataan teräslaatikoihin ja -tynnyreihin. Grafiitti, FluentaTM ja litioidut muovit ovat materiaaleja, joiden käsittely vaatii vielä lisätarkasteluja, mutta tämän hetkisenä suunnitelmana on pakata ne sellaisenaan teräslaatikoihin. Muu matala-aktiivinen jäte paloitellaan ja pakataan pääasiassa tynnyreihin. Nestemäinen jäte kiinteytetään muodostumispaikassa tai se kuljetetaan Loviisaan kiinteytettäväksi käyttäen voimalaitoksen prosesseja. Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion metallinäytteet sijoitetaan VTT:llä kapseliin ja kuljetetaan säteilysuojattuna Loviisaan. Muut tutkimuslaboratorion jätteet sijoitetaan teräslaatikoihin ja -tynnyreihin.

Pakattujen jätteiden aktiivisuus määritetään VTT:llä ja jätepakkaukset merkitään ennen siirtoa Loviisaan. Kaikki tarvittavat tiedot viedään jätekirjanpitoon, ja tiedot siirretään Loviisan voimalaitokselle. Jätteet kuljetetaan IP2-luokitellulla

kuljetuskontilla maanteitse Loviisan voimalaitokselle. Kuljetuksia arvioidaan kertyvän alle 10 kappaletta.

Loviisan voimalaitoksella pakkauksille tehdään vastaanottotarkastus ja jätteet kuljetetaan VLJ-luolaan. Tämän hetkisenä suunnitelmana on aluksi välivarastoida jätteet huoltojätetila 3:ssa. Osa jätteistä voidaan myöhemmin siirtää loppusijoitukseen VLJ-luolan muihin tiloihin, esimerkiksi kiinteytetyn jätteen tilaan tai myöhemmin rakennettaviin käytöstäpoistojätteen tiloihin. Osa jätteistä loppusijoitetaan huoltojätetila 3:een. Mahdollisesti jätettä voidaan myös vapauttaa valvonnasta välivarastoinnin jälkeen. Tutkimuslaboratorion metallijätteet loppusijoitetaan betonisessa loppusijoitusastiassa kiinteytetyn jätteen tilaan.

6.4 YMPÄRISTÖNÄKÖKOHDAT

Taulukossa 6-3 on esitetty muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanottamisen ympäristönäkökohdat.

Taulukko 6-3. Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanoton ympäristönäkökohdat.

Ympäristönäkökohta	Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet
Jätteiden kokonaismäärä	Enintään 2 000 m³.
Vastaanotettavien jätteiden käsittely	Käsittely soveltaen pääosin voimalaitoksen nykyisiä jätehuollon menettelyjä ja loppusijoitus Loviisan voimalaitoksen VLJ-luolaan.
Liikenne	Vastaanotettavan jätemäärän kuljetusmäärä suhteellisen vähäinen ja se jakautuu pitkälle aikavälille, kuljetuksien määrä arviolta noin 10 kpl vuodessa.
Loppusijoitus	Vastaanotettavien jätteiden määrä huomioidaan VLJ-luolan laajennuksessa ja pitkäaikaisturvallisuusperustelussa. Jätteiden määrä on suhteellisen pieni, korkeintaan 2 % kokonaisjätemäärästä.
Radioaktiivisten aineiden päästöt	Muualta tuodut jätteet eivät aiheuta lisäystä VLJ-luolan käyttövaiheen aikaisiin päästöihin.
Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus	Muualta tuotujen jätteiden pitkäaikaisturvallisuusvaikutukset varmistetaan tarvittaessa erillisin selvityksin, mutta alustavasti arvioituna vaikutukset ovat vähäisiä.



7. Säteilyturvallisuus

Ydinenergian käytön riskit johtuvat ydinlaitoksilla olevista radioaktiivisista aineista, joista voi aiheutua terveyshaittoja. Tästä syystä ala on vahvasti säädeltyä ja valvottua. Päättävöite on radioaktiivisten aineiden aiheuttaman säteilyaltistuksen rajoittaminen ja estäminen laitoksen normaalin käytön aikana sekä häiriö- ja onnettomuustilanteissa. Ydinenergia-ala kuuluu TEMin toimialaan. STUK toimii ydinenergian käytön turvallisuuden valvovana viranomaisena, sosiaali- ja terveysministeriön alaisuudessa.

Säteilyturvallisuudella tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja, joilla ehkäistään, torjutaan sekä pienennetään ympäristöön, ihmisiin ja omaisuuteen kohdistuvia ionisoivan säteilyn haitallisia vaikutuksia. Loviisan ydinvoimalaitoksella säteilyturvallisuuteen kiinnitetään huomiota jokapäiväisessä käytössä, laitosparannuksissa ja valmiustoiminnassa sekä ydinjätteen loppusijoituksen että voimalaitoksen käytöstäpoiston suunnittelussa ja aikanaan niiden toteuttamisessa.

Ydinturvallisuudella tarkoitetaan kaikkia niitä ydinvoimalaitoksen teknisiä ja rakenteellisia ratkaisuja sekä organisaatioita ja sen toimintoja ja toimenpiteitä joilla pyritään estämään, hallitsemaan ja lieventämään voimalaitokselta aiheutuvia radioaktiivisia päästöjä ja niiden seurauksia. Turvajärjestelyt ovat tärkeä osa ydinturvallisuutta; niillä suojataan laitoksen normaalia, häiriötöntä käyttöä ja järjestelmiä sekä laitoksella toimivaa henkilöstöä lainvastaisen toiminnan uhalta. Valmiustoiminnan rooli ydinturvallisuutta ajatellen on ennakkoön varautuminen onnettomuuksiin ja onnettomuuden seurausten lieventämiseksi. Säteilysuojelun tarkoituksena on suojata laitoksen henkilöstöä säteilyltä.

Tässä luvussa käsitellään Loviisan ydinvoimalaitoksen säteilyturvallisuutta ydinturvallisuuden, turvajärjestelyiden, valmiustoiminnan ja säteilysuojelun näkökulmasta rajautuen niihin toimintoihin, jotka tapahtuvat Loviisan voimalaitosalueella. Suomen lainsäädännössä säteily- ja ydinturvallisuus erotetaan toisistaan, mutta kansainvälisesti ydinturvallisuus on osa säteilyturvallisuutta.

Loviisan ydinvoimalaitoksen normaalista käytöstä aiheu-

tuvat radioaktiiviset päästöt ilmaan ja mereen sekä käytössä olevat keinot ja toimenpiteet niiden rajoittamiseksi ja pienentämiseksi on esitetty luvussa 4. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistoa on kuvattu luvussa 5. Normaalin käytön, onnettomuustilanteiden sekä käytöstäpoiston radioaktiivisten päästöjen vaikutuksia ihmisiin ja ympäristöön on arvioitu luvussa 9.

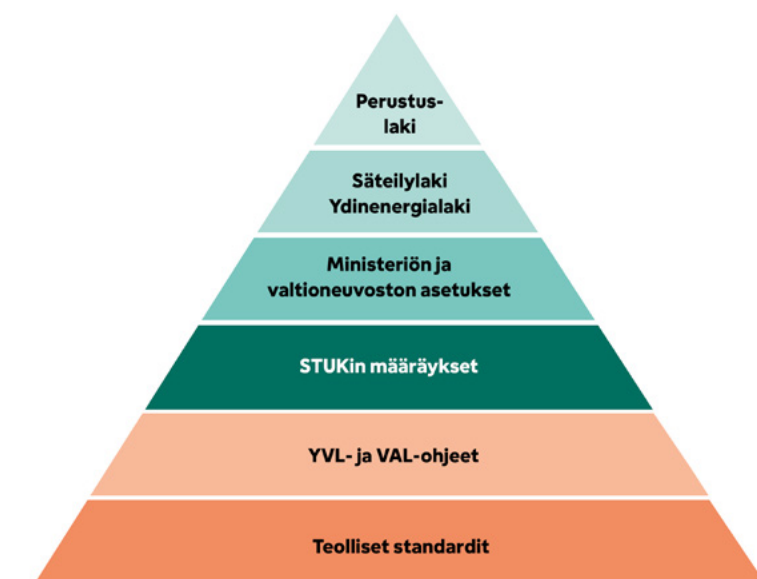
7.1 YDINLAITOKSIA KOSKEVAT VAATIMUKSET JA VIRANOMAISVALVONTA

Ydinenergilain (990/1987) mukaan ydinlaitoksen on oltava turvallinen eikä siitä saa aiheutua vaaraa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Suomessa ydinlaitokselle asetettavat säteily- ja ydinturvallisuusvaatimukset pohjautuvat säteilylain (859/2018) ja ydinenergilain (990/1987) ja ydinenergian-asetuksen (161/1988) säännöksiin, joiden vaatimustasoa täydennetään STUKin antamilla määräyksillä sekä yksityiskohtaisilla vaatimuksilla, jotka esitetään ydinturvallisuusohjeissa (YVL-ohjeet) ja valmiusohjeissa (VAL-ohjeet). Suomen lainsäädännössä on huomioitu kansainväliset vaatimukset ja sopimukset. Kuvassa 7-1 on esitetty ydinlaitoksia koskevien vaatimusten hierarkia.

STUKin määräyksistä oleellimmat ydinenergian käytön kannalta on annettu ydinenergilain nojalla (Y-sarjassa) ja ne koskevat ydinvoimalaitoksen turvallisuutta (Y/1/2018), valmiusjärjestelyjä (Y/2/2020), turvajärjestelyjä (Y/3/2020) sekä ydinjätteiden loppusijoitusta (Y/4/2018). Lisäksi säteilylain nojalla on annettu lukuisia määräyksiä koskien säteilysuojelua (S-sarja) sekä ydinenergilain ja säteilylain perusteella radioaktiivisten aineiden vapaarajoista ja radioaktiivisten materiaalien vapauttamisrajoista koskeva määräys (SY-sarja).

YVL-ohjeet jaetaan viiteen eri ryhmään:

- ryhmä A: ydinlaitoksen turvallisuuden hallinta



Kuva 7-1. Ydinlaitoksia koskevien vaatimusten hierarkia.

- ryhmä B: ydinlaitoksen ja sen järjestelmien suunnittelu
- ryhmä C: ydinlaitoksen ja ympäristön säteilyturvallisuus
- ryhmä D: ydinmateriaalit ja -jätteet
- ryhmä E: ydinlaitoksen rakenteet ja laitteet.

Vaatimustaso on muuttunut Loviisan ydinvoimalaitoksen käyttö-
töiän aikana ja muutoksia on odotettavissa myös tulevaisuudes-
sa. Esimerkiksi pääosin vuonna 2013 julkaistiin uudet YVL-oh-
jeet, joihin tehtiin muutoksia vuosien 2019 ja 2020 aikana.

- STUK valvoo ydinlaitoksen käyttöä ja muutoksia:
- asiakirjatarkastuksin
 - luvanhaltijan raportoinnin avulla
 - laitospaikalla tehtävillä valvontakäynneillä
 - käytön tarkastusohjelman tarkastuksilla (KTO-tarkastukset)
 - vuosihuoltovalvonnalla
 - paikallistarkastajien suorittamalla valvonnalla
 - käyttökokemusten turvallisuustutkimusten tulosten perusteella tehtävillä toimenpiteillä.

Ydinenergia-asetus (12.2.1988/161) ja valtioneuvoston asetus
ionisoivasta säteilystä (1034/2018) asettavat ydinlaitosten
normaalin käytön, häiriö- ja onnettomuustilanteiden sekä
käytöstäpoiston säteilyannosten raja-arvot. Ydinlaitosten
häiriö- ja onnettomuustilanteiden luokittelu on esitetty lu-
vussa 7.4. Säteilytyöntekijän sekä väestön ja siihen rinnastu-
van työntekijän annosrajat, väestön yksilön vuosiannoksen
rajoitukset erilaisten ydinlaitosten normaalista käytöstä ja
käytöstäpoistosta sekä häiriö- ja onnettomuustilanteiden
vuosiannosrajoitukset on esitetty taulukossa 7-1.
Raja-arvo vakavan reaktorionnettomuuden päästölle on
määritetty ydinenergia-asetuksessa (161/1988 22 d §) siten,
että päästöstä ei saa seurata tarvetta väestön laajoille
suojautumistoimenpiteille eikä pitkäaikaisille laajojen maa-
ja vesialueiden käyttörajoituksille. Pitkäaikaisvaikutusten
rajoittamiseksi ulkoilmaan vapautuvan cesium-137-päästön
raja-arvo on 100 TBq.

7.2 SÄTEILY

Säteily voidaan jakaa ionisoimattomaan (esimerkiksi radioaal-
lot) ja ionisoivaan säteilyyn (esimerkiksi gammasäteily ja
hiukkassäteily). Sähkömagneettinen säteily voi puolestaan
kuulua ionisoimattomaan tai ionisoivaan säteilyyn aallonpi-
tuudesta riippuen. Kuva 7-2 selventää tyypillisimpien sätei-
lylajien jaottelua.
Ydinvoimalaitoksissa esiintyvä radioaktiivinen säteily
on ionisoivaa säteilyä. Ionisoiva säteily on säteilyä, jolla
on riittävän suuri energia irrottamaan säteilyn kohteeksi
joutuvan aineen atomeista elektroneja tai rikkomaan aineen
molekyyliä. Säteilyannos on suure, jolla kuvataan ihmiseen
kohdistuvan säteilyn haitallisia vaikutuksia, ja sen yksikkönä
käytetään sievertiä (Sv) tai sen johdannaisia kuten millisie-
vert (mSv), joka on 0,001 Sv. Säteilyn aiheuttamaa tervey-
dellistä kokonaishaittaa kuvataan efektiivisellä annoksella.
Kollektiivisella annoksella tarkoitetaan tietyn väestöryhmän
laskennallista kokonaisannosta ja sen yksikkönä käytetään
mansievertiä (manSv).
Ydinvoimalaitoksella säteilyä aiheuttavia radioaktiivisia

aineita muodostuu pääasiallisesti fissiotuotteina poltto-
aineen atomiytimien haljetessa, neutroniaktivoitumisen
kautta reaktorissa tai sen läheisyydessä ja edellä kuvattujen
aineiden radioaktiivisten hajoamisketjujen tuotteina. Loviisan
ydinvoimalaitoksen käytön aikana merkittävimmät sätei-
lylähteet ovat ydinpolttoaine ja primääripiirin vedessä olevat
aktivoitumistuotteet, joiden vuoksi primääripiirin lähialueet
ovat käytön aikana luoksepääsemättömiä alueita.
Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyvalvonta
perustuu jatkuvatoimisiin annosnopeusmittauksiin, ilma- ja
laskeumanäytteisiin, merivesinäytteisiin sekä ravintoketjusta
otettaviin näytteisiin. Voimalaitoksen radioaktiivisia pääs-
töjä valvotaan päästömittauksilla sekä voimalaitosalueella
että sen ympäristössä ja päästöjen leviämistä ympäristöön
seurataan STUKin hyväksymän ympäristön säteilyvalvon-
taohjelman mukaisesti. Loviisan voimalaitoksen radioaktii-
viset päästöt raportoidaan neljännesvuosittain STUKille,
jonka riippumaton valvonta täydentää voimalaitoksen omaa
valvontaa.

7.2.1 Säteilyn terveysvaikutukset

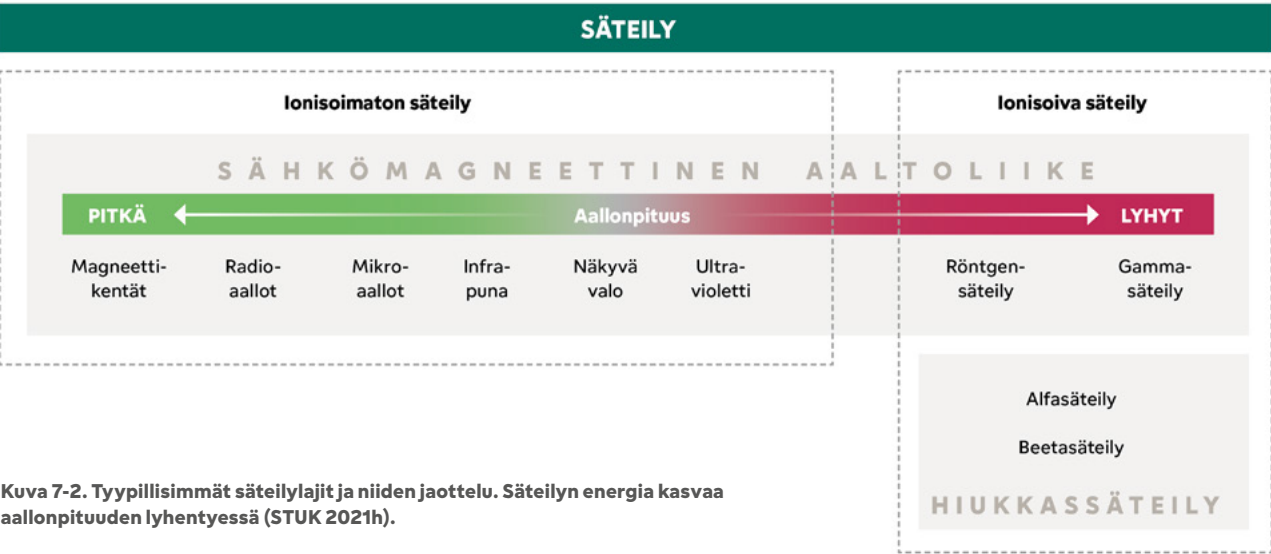
Ionisoivan säteilyn haittavaikutukset voivat johtua joko kehon
sisällä olevien radioaktiivisten aineiden aiheuttamasta si-
säisestä annoksesta tai ulkoisesta annoksesta ja ne voidaan
jakaa edelleen kahteen ryhmään. Suorat vaikutukset, eli
deterministiset vaikutukset, ovat varmoja haittavaikutuksia,
jotka johtuvat laajasta solutuhosta. Satunnaiset vaikutukset,
eli stokastiset vaikutukset, ovat tilastollisia haittavaikutuksia,
jotka johtuvat satunnaisesta geneettisestä muutoksesta
yhdessä tai useammassa solussa. Satunnaiset haittavaiku-
tukset voidaan mieltää pitkäaikaisvaikutuksina.

7.2.1.1 Säteilyn suorat vaikutukset

Suorat vaikutukset liittyvät hyvin suuriin äkillisiin säteilyn
kerta-annoksiin ja vaikutukset ilmaantuvat yleisesti lyhyen
ajan sisällä. Pienillä säteilyannoksilla säteilyhaittaa ei esiinny,
mutta tietyn tason ylittyessä haitta on varma (Taulukko 7-2).
Säteilyhaitan vakavuus nousee säteilyannoksen kasvaessa ja
on tyypillistä, että haitta voidaan yhdistää tiettyyn altistuk-
seen. (STUK 2009)
Suoria säteilyn haittavaikutuksia ovat esimerkiksi säteily-
sairaudet, säteilyn aiheuttamat palovammat, harmaakaihi
silmässä tai sikiövaurio. Säteilyaltistuksen seuraus riippuu
monesta asiasta. Seuraukset ovat esimerkiksi erilaisia koko
kehon altistuksessa tai jonkin yksittäisen elimen altistukses-
sa. Kokokehoaltistuksessa suorien haittavaikutuksen kynnys-
arvo on luokkaa 0,5 Sv, kun taas esimerkiksi ihon tapaukses-
sa kynnysarvo voi olla kertaluokkaa suurempi. (STUK 2009)
Säteilysairaus on henkeä uhkaava tila, joka johtuu äkilli-
sestä suuresta koko kehon altistuksesta ionisoivalle sätei-
lylle. Tällaisia tapauksia ei ole tapahtunut Suomessa, mutta
esimerkiksi Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudessa
osa voimalaitosalueella työskennelleistä henkilöistä sairastui
säteilysairauteen. (STUK 2009)

Taulukko 7-1. Väestön yksilön ja työntekijän säteilyn vuosiannoksen rajoituksia (Ydinenergia-asetus 12.2.1988/161, 22 b § ja 22 d § ja Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018, 13 § ja 14 §).

Säteilyannos	Kuvaus
0,01 mSv	Valvonnasta vapautettu ydinjäte
0,01 mSv	Ydinlaitoksen suunnitelman mukainen käytöstäpoistaminen
0,01 mSv	Ydinjätelaitoksen normaali käyttö
0,1 mSv	Ydinjätteen loppusijoituslaitos sulkemisen jälkeen
0,1 mSv	Ydinvoimalaitoksen normaali käyttö (DBC 1) ja ydinlaitoksen käyttöhäiriö (DBC 2)
1 mSv	Väestön ja siihen rinnastuvan työntekijän efektiivinen vuosiannosraja
1 mSv	Luokan 1 oletettu onnettomuus (DBC 3)
5 mSv	Luokan 2 oletettu onnettomuus (DBC 4)
20 mSv	Oletetun onnettomuuden laajennus (DEC)
20 mSv	Säteilytyöntekijän efektiivinen vuosiannosraja



Kuva 7-2. Tyypillisimmät säteilylajit ja niiden jaottelu. Säteilyn energia kasvaa aallonpituuden lyhentyessä (STUK 2021h).

Taulukko 7-2. Suorien vaikutusten säteilyannoksen kynnysarvoja. Esitettyä arvoa pienemmillä säteilyannoksilla säteilyn haittavaikutus ei ilmene (STUK 2009, STUK 2019b).

Kokokehoannos	
0,5 Sv	Verenkuvan muutos muutaman päivän sisällä
1,0 Sv	Pahoinvointia muutaman tunnin sisällä
4,0 Sv	Hengenvaarallinen annos, henkilö voidaan pelastaa hyvällä hoidolla
10,0 Sv	Kuolema, henkilöä ei voida enää pelastaa
Paikallinen ihoannos	
6,0 Sv	Punoitus muutaman tunnin sisällä
15,0 Sv	Rakkuloita → haavaumia parin viikon kuluttua
20,0 Sv	Kuolio
Sikiöannos	
0,1 Sv	Vaikutusta aivojen toimintaan, lievästi alentunut älykyys, pienipäisyys
0,5 Sv	Vakava henkinen jälkeenjääneisyys
1,0 Sv	Muu kehitysvamma

7.2.1.2 Säteilyn satunnaiset vaikutukset

Satunnaiset pitkäaikaiset vaikutukset voivat periaatteessa saada alkunsa pienestäkin säteilyaltistuksesta. Satunnaisille vaikutuksille ei siis ole kynnysarvoa. Haitan vakavuus ei myöskään kasva annoksen mukana toisin kuin säteilyn suorissa vaikutuksissa. Tyypillistä satunnaisille vaikutuksille on, että ne tulevat yleensä ilmi vasta useita vuosia altistuksesta ja että säteilyhaittaa on erittäin hankalaa tai mahdotonta yhdistää tiettyyn altistukseen. Annosnopeudella on myös paljon pienempi vaikutus satunnaisen säteilyn haittavaikutusten riskiin kuin suorien vaikutusten tapauksessa. (STUK 2009)

Säteilyn satunnaisia haittavaikutuksia ovat esimerkiksi erilaiset syövät sekä perinnölliset muutokset. Yksilötasolla säteilyn aiheuttamaa syöpäriskin lisääntymistä on yleensä vaikea havaita. Haittaa arvioidaankin väestön (kollektiivisen) säteilyannoksen avulla, vaikka sairauden lisääntyminen olisikin näkymätön erilaisissa tilastoissa. Merkittävin aineisto säteilyn satunnaisten vaikutusten arviointiin perustuu Hi-roshiman ja Nagasakin ydinpommitusten selviytyjiin. Lisäksi aineistoa on saatu mm. lääketieteellisen säteilyn käytön yhteydessä altistuneilta, ammatissaan säteilylle altistuneilta

sekä normaalia suuremmille ympäristön säteilyannoksille altistuneilta. (STUK 2002, UNSCEAR 2000)

Satunnaisille vaikutuksille tyypillistä on, että säteilyannoksen kasvaessa syövän todennäköisyys kasvaa. Pienillä säteilyannoksilla yksilön riski saada säteilyannoksesta johtuva syöpä on kuitenkin pieni. (STUK 2002, STUK 2021h). Syövän kehittymiseen voi kulua hyvinkin pitkä aika eikä esimerkiksi ilmaantuva syöpä ole välttämättä seurausta mahdollisesta säteilyaltistuksesta, vaan saattaa johtua myös muista syistä tapahtuvista solunjakautumisen virheistä, jotka yleistyvät elimistön ikääntyessä. Vanhoilla ihmisillä syöpä on yksi yleisistä kuolinsyistä.

Säteilyn aiheuttamat riskit ja haittavaikutukset ovat kuitenkin erilaiset lapsille ja aikuisille. Esimerkiksi Tshernobylin onnettomuuden jälkivuosina lähialueiden lasten kilpirauhas-syöpien ilmaantuvuus kasvoi selvästi. (STUK 2009) Kansainvälisen säteilysuojelukomission ICRP:n mukaan 1 Sv säteilyannos nostaa keskimäärin syöpään sairastumisen riskiä noin 5,5 %, mutta aikuisille riski on noin 4,1 %. Perinnöllisten vaikutusten osalta koko väestön sairastumisriski 1 Sv säteilyannoksella kasvaa 0,2 % ja aikuisilla 0,1 %. (ICPR 2007).

7.2.2 Vertailutietoa säteilyn lähteistä ja säteilyannoksista Suomessa

Suomalaisten keskimääräinen vuosittainen säteilyannos on noin 5,9 mSv, josta noin 4 mSv aiheutuu sisäilman radonista ja noin 1,1 mSv muusta luonnon taustasäteilystä. Lääketieteellisistä tutkimuksista aiheutuva säteilyannos on keskimäärin 0,76 mSv luokkaa. Taulukossa 7-3 on esitetty esimerkkejä suomalaisen vuotuisista säteilyannoksista sekä lääketieteellisen kuvantamisen aiheuttamista annoksista verrattuna Loviisan ydinvoimalaitoksen normaalitoiminnasta aiheutuvaan ympäristön asukkaan vuotuisen säteilyannokseen.

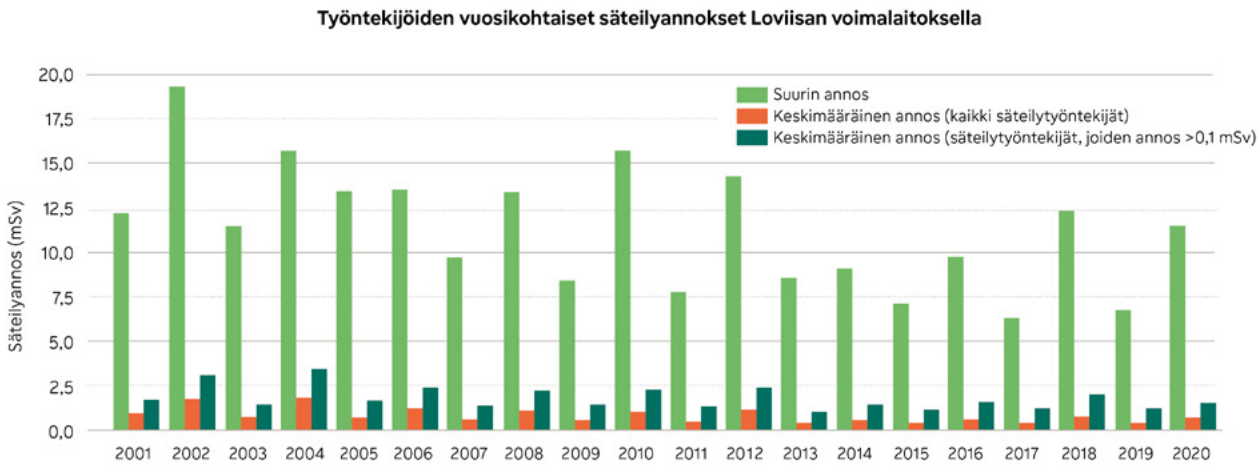
7.3 SÄTEILYSUOJELU

Ydinvoimalaitoksella säteilysuojelulla tarkoitetaan pääasiassa laitoksen henkilöstön suojaamista säteilyltä. Säteilysuojelu perustuu Loviisan ydinvoimalaitoksella:

- hyvään toiminnan suunnitteluun
- tarkoituksenmukaisiin työmenetelmiin ja -tapoihin
- ajanmukaisiin säteilysuojelumenetelmiin
- laitteisiin ja suojarusteisiin
- vuosikymmenien aikana laitoksen operoinnista kertyneen kokemuksen hyödyntämiseen
- kansainvälisen kokemuksen hyödyntämiseen
- inhimillisten tekijöiden hallintaan.

Taulukko 7-3. Esimerkkejä säteilyannoksista (STUK 2020b, STUK 2021i, STUK 2021j).

Säteilyannos	Kuvaus
0,00023 mSv	Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristössä yksilölle aiheutuva vuotuinen efektiivinen säteilyannos voimalaitoksen käytöstä johtuen
0,01 mSv	Keskimääräinen hammasröntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva efektiivinen annos
0,01 mSv	Suomalaisen keskimääräinen Tshernobylin ja ydinasekokeiden laskeuman aiheuttama efektiivinen annos vuodessa. Fukushima onnettomuuden vaikutus Suomessa on merkityksettömän pieni.
0,1 mSv	Keskimääräinen keuhkojen röntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva efektiivinen annos
0,3 mSv	Suomalaisen keskimääräinen luonnon nuklidien aiheuttama sisäisen säteilyn annos vuodessa
0,45 mSv	Suomalaisen keskimääräinen ulkoisen (maaperä ja rakennusmateriaalit) taustasäteilyn aiheuttama efektiivinen annos vuodessa (arvot vaihtelevat paikkakunnittain välillä 0,17 - 1,00 mSv)
0,76 mSv	Suomalaisen keskimääräinen efektiivinen vuotuinen annos säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (röntgen-tutkimuksista aiheutuu keskimäärin noin 0,72 mSv annos ja isotooppitutkimuksista noin 0,04 mSv)
0,8 mSv	Keskimääräinen lannerangan röntgenkuvauksesta aiheutuva efektiivinen annos
1,1 mSv	Suomalaisen keskimääräinen efektiivinen annos luonnon taustasäteilystä (ei sisällä radonista aiheutuvaa annosta)
2,0 mSv	Lentokoneessa työskentelevän kosmisesta säteilystä aiheutuva keskimääräinen efektiivinen vuosiannos
4,0 mSv	Suomalaisen keskimääräinen efektiivinen annos asunnoissa olevan radonin aiheuttamana vuodessa (vaihtelee välillä 2-100 mSv riippuen asuinpaikasta ja asuntotyypistä)
5,9 mSv	Suomalaisen keskimääräinen efektiivinen säteilyannos vuodessa
7,0 mSv	Keskimääräinen vatsan alueen tietokonetomografiakuvauksesta aiheutuva efektiivinen annos
20,0 mSv	Keskimääräinen sydämen sepelvaltimoiden laajennushoidosta aiheutuva efektiivinen annos



Kuva 7-3. Loviisan voimalaitoksen työntekijöiden vuosittaiset säteilyannokset vuosina 2001-2020.

Erityisen tärkeää on myös saumaton yhteistyö ydinvoimalaitoksen eri organisaatioiden välillä sekä erilaisten kansainvälisten vertaisarviointien tulosten huomioiminen omassa toiminnassa. Säteilysuojelu on tärkeä voimalaitoksen koko elinkaareen ajan, mukaan lukien radioaktiivisen jätteen huolto ja käytöstäpoisto.

Loviisan ydinvoimalaitoksella säteilysuojelun peruseriaatteina ovat säteilylain (859/2018) mukaisesti oikeutuseriaate ja optimointiperiaate sekä yksilönsuojaperiaate. Näiden avulla varmistetaan muun muassa se, että säteilytoiminnasta saatava kokonaishyöty on suurempi kuin siitä aiheutuvat haitat (oikeutuseriaate), altistus ionisoivalle säteilylle pidetään niin vähäisenä kuin se käytännöllisin toimenpitein on mahdollista (ALARA-periaate) (optimointiperiaate) ja että työntekijän saama säteilyannos ei ylitä toiminnalle asetettua annosrajaa (yksilönsuojaperiaate). Säteilysuojelussa käytetyt pääasialliset keinot säteilyltä suojautumiseen ovat aika, suojaus ja etäisyys (ASE). Säteilyannosta voidaan pienentää rajoittamalla altistumisaikaa säteilylle ja myös lisäämällä suojaan ihmisen ja säteilylähteen välille. Etäisyyden kasvattaminen säteilylähteeseen pienentää säteilyn annosnopeutta.

Radioaktiivisia aineita sisältävät järjestelmät ovat Loviisan voimalaitoksella sijoitettu valvonta-alueelle, jossa on noudatettava erityisiä turvaohjeita säteilyltä suojautumiseksi. Valvonta-alueella työskentelevälle henkilöstölle on järjestetty jatkuva säteilyannostarkkailu, ja valvonta-alueelta poistutaan henkilöiden ja tavaroiden säteilymittausten kautta. Loviisan voimalaitoksen työntekijöiden säteilysuojelua varten on olemassa erillinen voimalaitoksen organisaatio.

Loviisan ydinvoimalaitoksen henkilökunnan säteilyannokset jäävät selvästi alle työntekijöiden annosrajojen. Laitoksen käydessä annokset aiheutuvat lähinnä pääkiertopumpputilassa tehtävistä tarkastustöistä. Valtaosa työntekijöiden säteilyannoksista kertyy vuosihuoltojen aikana höyrystintilassa ja reaktorin kansiysikillä tehtävistä töistä. Kuvassa 7-3 on esitetty Loviisan voimalaitoksen säteilytyöntekijöiden

säteilyannoksia vuosien 2001-2020 ajalta.

Työntekijöiden säteilyannosten pitkäaikainen trendi suurimpien säteilyannosten ja keskimääräisten säteilyannosten osalta on saatu alaspäin muun muassa käyttökokemuksia hyödyntäen, laitosmuutoksin ja ennen kaikkea vuosihuoltotöiden suunnittelulla. Kuvassa näkyviä vuosittaisia isompia vaihteluita selittävät osittain tietyin väliajoin suoritettavat laajemmat vuosihuollot, joiden aikana tehdään enemmän töitä säteilevien komponenttien lähistöllä.

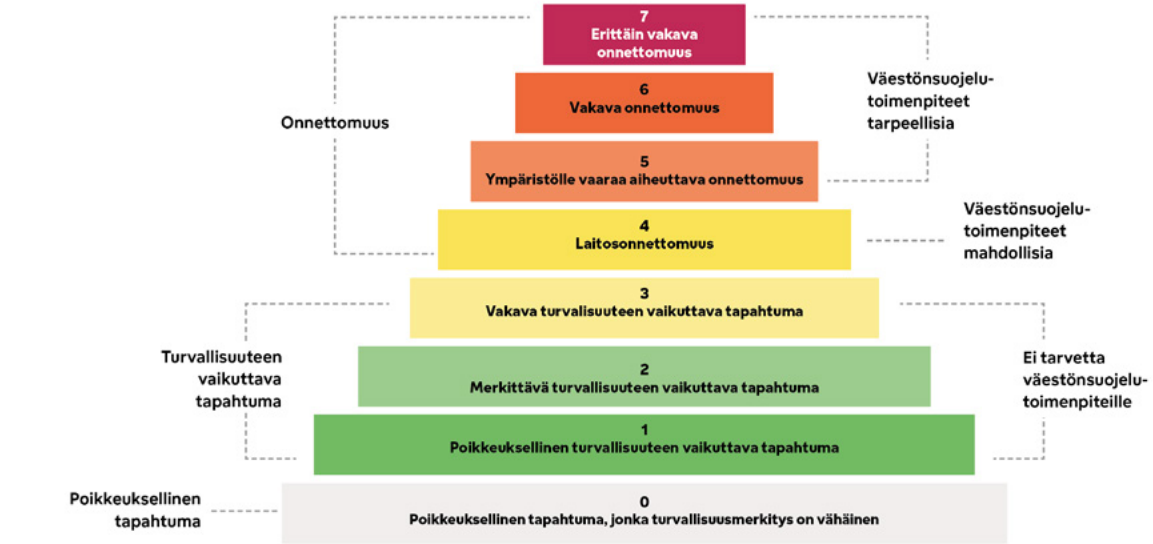
Käytöstäpoiston aikana määritettävällä valvonta-alueella tehtävä työ on edelleen säteilytyötä, jossa noudatetaan samoja turvallisuus- ja säteilysuojeluperiaatteita kuin voimalaitoksen käytön ajanakin.

7.4 HÄIRIÖ- JA ONNETTOMUUSTILANTEIDEN LUOKITTELU JA NIITÄ KOSKEVAT VAATIMUKSET

7.4.1 Ydinenergia-asetuksen mukainen luokitus

Ydinenergia-asetuksen (161/1988) mukaan ydinlaitoksen häiriö- ja onnettomuustilanteet on luokiteltu odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin, oletettuihin onnettomuuksiin, oletettujen onnettomuuksien laajennuksiin sekä vakaviin onnettomuuksiin. Häiriö- ja onnettomuustilanteet on huomioitu ydinlaitoksen suunnittelussa, turvallisuustoimintoja toteuttavissa järjestelmissä ja rakenteissa sekä laitoksen ohjeissa ja organisaation toiminnassa.

Luvussa 7.1 esitetään tapahtumaluokakohtaiset säteilyannosten hyväksymiskriteerit sekä vakavan reaktorionnettomuuden päästöraja. Muita hyväksymiskriteerejä esitetään STUKin YVL-ohjeissa, esimerkiksi millä vikaoletuksilla suunnittelussa on tapahtumaan varauduttava, mihin turvallisuusluokkaan järjestelmät on suunniteltava ja annetaan rajoja fyysisille parametreille kuten paineelle ja lämpötilalle. Ana-



Kuva 7-4. INES-asteikko ja tapahtumien jaottelu.

lyyseilla on osoitettava hyväksymiskriteerien täyttyminen.

Häiriö- ja onnettomuusluokittelu on alun perin kehitetty ydinreaktorilla varustetulle ydinlaitokselle, mutta myöhemmin sitä on laajennettu koskemaan myös muita ydinlaitoksia. Näin ollen luokittelussa ja kuvauksissa näkyy vahvasti painottuminen ydinreaktoreihin.

Odotettavissa oleva käyttöhäiriö

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ovat tapahtumia, joiden voidaan olettaa esiintyvän kerran tai useammin sadan käyttövuoden aikana.

Oletettu onnettomuus

Oletetut onnettomuudet ovat tapahtumia, joita käytetään pääturvallisuusjärjestelmien suunnittelussa ja mitoituksessa. Näissä tapahtumissa turvallisuusjärjestelmien on pysäytettävä ydinpolttoaineessa tapahtuva lämpöä tuottava ketjureaktio, estettävä ydinpolttoaineen vaurioituminen ja rajoitettava ympäristöön pääsevän radioaktiivisuuden määrää. Luokan 1 oletetun onnettomuuden oletetaan esiintyvän harvemmin kuin kerran sataa reaktorin käyttövuotta kohden. Luokan 2 oletetun onnettomuuden oletetaan esiintyvän harvemmin kuin kerran tuhatta reaktorin käyttövuotta kohden.

Oletetun onnettomuuden laajennus

Oletettujen onnettomuuksien laajennus kattaa tilanteet, joissa käyttöhäiriön tai onnettomuuden alkutapahtumaan liittyy turvallisuusjärjestelmissä esiintyvä yhteisvika (Luokka A), tapahtuman aikana esiintyy monimutkainen vikayhdistelmä (Luokka B) tai alkutapahtumana on harvinainen ulkoinen tapahtuma (Luokka C). Voimalaitoksen edellytetään selviävän tällaisesta tilanteesta ilman vakavia polttoainevaurioita.

Vakava onnettomuus

Vakavassa onnettomuudessa huomattava osa reaktorissa olevasta tai varastoitavasta käytetystä polttoaineesta

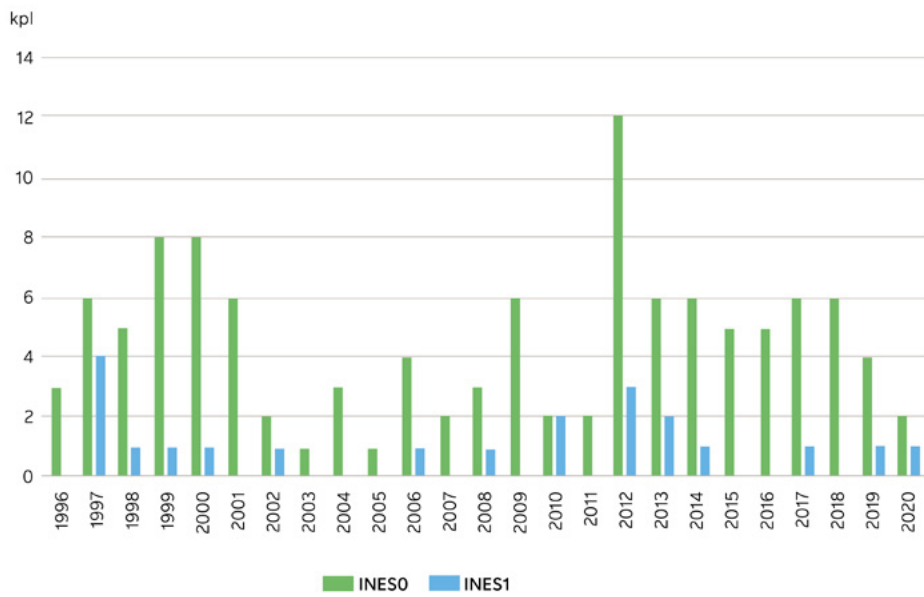
menettää alkuperäisen rakenteensa. Tämän seurauksena polttoaineen sisältämistä radioaktiivisista aineista vapautuu merkittävä määrä suojarakennukseen tai käytetyn polttoaineen varastorakennukseen.

7.4.2 Ydinlaitostapahtumien kansainvälinen vakavuusasteikko INES

International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) on erilaisten tapahtumien luokitteluun käytettävä asteikko, joka kuvaa radioaktiivisen materiaalin päästön ja säteilyaltistuksen vakavuutta. Asteikkoa käytetään myös tapahtumiin, joilla ei ole päästö- tai säteilyaltistusseurauksia, mutta joissa järjestelyt eivät toimineet suunnitellusti.

INES-asteikko on kehitetty ydinlaitostapahtumien turvallisuusmerkityksen havainnollistamiseksi ja tapahtumista tiedottamisen tueksi. INES-luokka määritetään kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n julkaisun mukaisesti (IAEA 2008) turvallisuuden heikkenemisen tai ympäristöön, voimalaitosalueeseen tai henkilöstöön kohdistuneiden säteilyvaikutusten perusteella. Luokkaa määritettäessä tarkastellaan kaikkia tapahtuman tai onnettomuuden seurauksia erikseen. Jos INES-luokka voidaan määritellä useamman kuin yhden seurausvaikutuksen perusteella, vakavin seurausvaikutus määrää lopullisen INES-luokan. Häiriö- tai onnettomuustilanteessa luvanhaltija esittää ehdotuksen INES-luokasta STUKin päätettäväksi.

Ne ydinlaitostapahtumat, joilla on merkitystä ydin- tai säteilyturvallisuuden kannalta, luokitellaan INES-asteikolla kahdeksaan luokkaan kuvassa 7-4 esitetyllä tavalla. INES-luokkaan 0 kuuluvat poikkeukselliset tapahtumat, joissa turvallisuusmerkitys on vähäinen. INES-luokkiin 1–3 kuuluvat turvallisuutta heikentäneet tapahtumat, joissa väestönsuojelutoimenpiteet eivät ole tarpeen. INES-luokkiin 4–7 kuuluvat onnettomuudet, joihin liittyy valmiustoimintaa ja väestönsuojelutoimia.



Kuva 7-5. INES-tapahtumien lukumäärä luokissa INES 0 ja INES 1 Loviisan voimalaitoksella vuosina 1996-2020.

Suomessa käytössä olevan tapahtumaluokittelun mukaiset tapahtumat jakautuvat INES-luokkiin siten, että odotettavissa olevat käyttöhäiriöt kuuluvat luokkiin 0–3, oletetut onnettomuudet ja oletettujen onnettomuuksien laajennukset luokkaan 3 tai 4 ja vakava onnettomuus luokkiin 5–7. Suomen ydinvoimalaitoksilla sattuneet tapahtumat on luokiteltu INES-luokkiin 0, 1 ja 2. (STUK 2021k) Loviisan voimalaitoksen INES-tapahtumien määrät vuodesta 1996 alkaen esitetään kuvassa 7-5. Vuonna 2012 muutettiin tapahtumien määrittelyä ja raportointia häiriötilanteiden osalta. Tämä näkyy nousseena tapahtumien määränä erityisesti INES luokassa 0.

INES 4 ja INES 6 luokan onnettomuuksien radioaktiivisten päästöjen seurauksia ja ihmisille aiheutuvia säteilyannoksia on arvioitu ja esitetty luvussa 9 osana ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Ydinenergia-asetuksen mukainen luokitus näille tilanteille on oletetun onnettomuuden laajennus ja vakava onnettomuus.

Alla esitetään kuvaus INES-luokista ja luetellaan esimerkkejä tapahtumista. Ennen vuotta 2004 sattuneita tapahtumia esitellään kattavasti Säteily- ja ydinturvallisuus- kirjasarjan luvussa 6 (STUK 2004).

INES 0 - Poikkeuksellinen tapahtuma, jonka turvallisuusmerkitys on kuitenkin niin vähäinen, että sitä ei voida sijoittaa varsinaiselle asteikolle.

INES 0 -luokkaan kuuluvat tapahtumat, joiden turvallisuusmerkitys on niin vähäinen, ettei niitä voida sijoittaa varsinaiselle asteikolle. Luokkaan kuuluu esimerkiksi reaktorin nopea pysäytys (pikasulku). Luokan tapahtumissa kaikki järjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla.

Loviisan voimalaitoksella INES 0 -luokan tapahtumia ovat olleet erilaiset inhimilliset virheet ja yksittäiset laiteviat.

Esimerkkejä ovat koestuksien, määräaikaistarkastusten ja ennakkohuoltojen myöhästyminen, poikkeamat korjausten sallituista aikarajoista, poikkeamat järjestelmien vaaditusta tilasta ja käyttövirheet.

INES 1 - Poikkeuksellinen turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma

INES 1 -luokan tapahtumat eivät vaaranna turvallisuutta, mutta laitostilanne tai toiminta poikkeaa olennaisesti normaalista. Syynä poikkeamaan voi olla esimerkiksi laitevika, käyttövirhe tai puutteelliset menettelytavat.

Loviisan voimalaitoksella INES 1 -luokan tapahtumat ovat liittyneet esimerkiksi siihen, että jotkin laitteet eivät olisi olleet käytettävissä tarvetilanteessa, palokuormien hallintaan ja määräaikaistarkastusten myöhästymiseen.

INES 2 - Merkittävä turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma

INES 2 -luokan tapahtumaan liittyy merkittävä puute turvallisuuteen vaikuttavissa tekijöissä, mutta turvallisuus on edelleen varmistettu mahdollisesta lisäviasta huolimatta. Luokkaan kuuluvat myös tapahtumat, joissa työntekijän annosraja ylittyy tai merkittävä määrä radioaktiivisuutta pääsee voimalaitoksella sellaisille alueille, joihin sen ei ole suunniteltu pääsevän. INES 2 -luokkaan kuuluvia tapahtumia on Loviisan voimalaitoksella ollut neljä kappaletta, joiden kuvaukset esitetään alla. Tarkemmat kuvaukset esitetään Säteily- ja ydinturvallisuus- kirjasarjan luvussa 6.6 (STUK 2004).

Virheellisesti lauennut lämpörelä pysäytti vuonna 1981 yhden Loviisa 2 -laitosyksikön pääkiertopumpun. Lisävikojen vuoksi tämä aiheutti primääripiirin hätälisävedensyötön käynnistymisen.

Käynnistettäessä Loviisa 2 -laitosyksikköä vuonna 1987 polttoaineenvaihtoseisokin jälkeen avautui turbiinin gene-

raattorikatkaisija reaktorin tehon ollessa 54 % ja ainoastaan toinen turbiini oli käytössä. Tapauksen hallinnassa osa venttiileistä oli virheellisesti kiinni ja yhdessä operaattoreiden toiminnan kanssa tapaus johti lopulta primääripiirin hätälisävedensyötön käynnistymiseen. Tämä syöttö oli virheellisesti kytketty boorittoman veden säiliöön ja virhe huomattiin nopeasti, minkä jälkeen syöttö kytkettiin booria sisältävään säiliöön.

Loviisa 1 -laitosyksikön vuosihuollon jälkeiseen käynnistykseen liittyen vuonna 1988 poistettiin hätälisävesisäiliön pinnanmittausputkista ilmaa. Ohjeiden mukaan puhallus olisi pitänyt tehdä booripitoisella vedellä, mutta puhallukseen käytettiin kuitenkin booriton vettä. Booriton vesi aiheutti säiliön booripitoisuuden laskun normaalista arvosta.

Sekundääripuolen syöttövesiputki katkesi Loviisa 1 -laitosyksiköllä vuonna 1990 ja Loviisa 2 -laitosyksiköllä vuonna 1993. Toistuvuuden takia jälkimmäinen tapahtuma luokiteltiin INES-luokkaan 2.

INES 3 - Vakava turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma

INES 3 -luokan tapahtumassa radioaktiivisten aineiden päästöt ympäristöön ylittävät viranomaisten hyväksymät normaalin käytön päästöraajat ja aiheuttavat eniten altistuvalla voimalaitoksen lähialueella asuvalle henkilölle alle yhden mSv säteilyannoksen. Voimalaitoksen ulkopuolella suojautumistoimenpiteet eivät ole tarpeen. Tapahtuma voi olla myös työntekijän säteilyannosrajan merkittävä ylitys, joka johtaa terveysvaikutuksiin tai vakava aktiivisuuden leviäminen laitoksen sisällä. Luokkaan kuuluvat myös tapahtumat, joissa yksittäinen turvallisuusjärjestelmän lisäviksa saattaisi johtaa onnettomuuteen tai tarvittava turvallisuusjärjestelmä olisi toimintakyvytön estämään onnettomuuden häiriötilanteen seurauksena. Alla esitetään esimerkkejä INES 3 -luokkaan kuuluvista tapahtumista.

Vandellosin ydinvoimalaitoksella Espanjassa oli vuonna 1989 tulipalo. Useat turvallisuutta varmentavat järjestelmät voittoivat tulipalossa, minkä perusteella tapahtuma kuuluu luokkaan 3.

Paksin ydinvoimalaitoksella suoritettiin vuosi- huollossa polttoaineniippujen puhdistusta erillisessä, tarkoitusta varten suunnitellussa puhdistuslaitteistossa, syvän vesialtaan pohjalla. Laitteiston suunnitteluvirheen vuoksi jäähdytyskierto häiriintyi ja puhdistettava 30 polttoaineniipun erä pääsi ylikuumentumaan ja vaurioitumaan. Vaurion vuoksi radioaktiivisia jalokaasuja ja hyvin pieni määrä jodia vapautui reaktorihalliin. Päästöt ympäristöön ja henkilöstön säteilyannokset jäivät kuitenkin vähäisiksi.

INES 4 - Laitosonnettomuus

INES 4 -luokan onnettomuudessa ympäristössä asuvalle eniten altistuvalla yksilölle aiheutuu radioaktiivisen päästön seurauksena yli yhden mSv suuruusluokkaa oleva säteilyannos. Onnettomuudessa polttoainevauriot johtuvat reaktorisydämen osittaisesta rikkoutumisesta tai sulamisesta. Voimalaitoksen ulkopuolella väestön suojaustoimenpiteisiin ei yleensä ole tarvetta lukuun ottamatta paikallista elintar-

vikkeiden valvontaa. Luokkaan luokitellaan myös tapahtumat, joissa yksi tai useampi voimalaitoksen työntekijä saa säteilyannoksen, joka todennäköisesti johtaa nopeasti kuolemaan. Seuraavassa kappaleessa esitetään esimerkkejä INES 4 -luokkaan kuuluvista tapahtumista.

Windscafen (nykyinen Sellafield) jälleenkäsittelylaitoksella, Isossa-Britanniassa laitoksen tiloihin vapautui vuonna 1973 radioaktiivisia aineita prosessisäiliössä tapahtuneen, lämpöä tuottaneen kemiallisen reaktion seurauksena. Laitoksen sisäisten vaikutusten perusteella onnettomuus kuuluu luokkaan 4.

Saint Laurentin kaasujäähdytyslaitoksella Ranskassa vuonna 1980 reaktorirakenteista irronnut metallilevy tukki kahden polttoaineniipun jäähdytysvirtauksen. Tästä oli seurauksena vakavia polttoainevaurioita, mutta radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön ei tapahtunut. Laitoksen sisäisten vaikutusten perusteella onnettomuus kuuluu luokkaan 4.

Buenos Airesissa Argentiinassa tapahtui vuonna 1983 RA-2-tutkimusreaktorissa tehon äkillinen lyhytaikainen nousu (kriittisyysonnettomuus). Onnettomuus aiheutti 3-4 metrin päässä työskennelleen ohjaajan kuoleman. Japanissa Tokaimuran ydinpolttoainetehtaan uraaniastiassa vuonna 1999 sattui kriittisyysonnettomuus, jossa kolme työntekijää altistui merkittävästi säteilylle. Kaksi heistä kuoli myöhemmin säteilyaltistuksensa vuoksi. Säteilyannosten perusteella kummatkin onnettomuudet kuuluvat luokkaan 4.

INES 5 - Ympäristölle vaaraa aiheuttava onnettomuus

INES 5 -luokan onnettomuudessa ympäristöön vapautuu pienhkö osuus ydinvoimalaitoksen sisältämistä radioaktiivisista aineista. Päästö aiheuttaisi suojelutoimenpiteiden osittaisen käynnistämisen. Luokkaan luokitellaan myös onnettomuudet, joissa ydinlaitos vaurioituu vakavasti ilman, että merkittäviä määriä radioaktiivisia aineita vapautuu ympäristöön.

INES 5 -luokkaan kuuluu Yhdysvalloissa Three Mile Islandin voimalaitoksella vuonna 1979 tapahtunut onnettomuus, jossa laitosyksikön reaktorisydän sulii, mutta radioaktiiviset päästöt ympäristöön jäivät vähäisiksi.

INES 6 - Vakava onnettomuus

INES 6 -luokan onnettomuudessa ympäristöön vapautuu suuri määrä radioaktiivisia aineita. Tällainen päästö johtaa todennäköisesti ympäristön suojelutoimenpiteiden laajamittaiseen käynnistämiseen, jotta lähialueella välttyttäisiin vakavilta terveyshaitoilta ja kauempana vähennettäisiin väestölle aiheutuvia säteilyannoksia.

Tsheljabinsk-65 nimellä tunnetulla jälleenkäsittelylaitoksella, lähellä Kyshtymin kaupunkia Neuvostoliitossa (nykyinen Venäjä) tapahtui vuonna 1957 korkea-aktiivista nestemäistä jätettä sisältäneen säiliön räjähdys, joka johti radioaktiivisten aineiden päästöön. Terveyshaittoja rajoitettiin vastatoimenpiteillä, kuten evakuoimalla alueen väestöä. Ympäristövaikutusten perusteella onnettomuus kuuluu luokkaan 6.

INES 7 - Erittäin vakava onnettomuus

INES 7 -luokan onnettomuudessa merkittävä osa ydinvoimalaitoksen tai muun ydinlaitoksen radioaktiivisista aineista vapautuu ympäristöön. Onnettomuuden erittäin suurelle päästölle on tyypillistä, että se sisältää sekä lyhyt- että pitkäikäisiä fissiotuotteita. Tällainen päästö saattaa aiheuttaa laajoilla alueilla välittömiä suoria terveyshaittoja, myöhäisvaurioita sekä pitkäaikaisia ympäristövaikutuksia. Vakavien terveyshaittojen välttämiseksi käynnistetään laajamittaiset väestönsuojelutoimet. Alla esitetään INES 7 -luokkaan kuuluvat tapahtumat.

Japanin historian suurin maanjäristys 11.3.2011 ja sitä seurannut tsunami vaurioittivat pahoin Japanin itärannikolla sijaitsevaa Fukushima Dai-ichin ydinvoimalaitosta, minkä seurauksena kolmen laitosesikön reaktorisydämet sulivat. Laitokselta vapautui ilmaan ja mereen radioaktiivisia aineita. Onnettomuus on luokiteltu ympäristövaikutusten perusteella luokkaan 7.

Tshernobylin ydinvoimalaitoksen reaktori Neuvostoliitossa (nykyinen Ukraina) tuhoutui räjähdysenomaisesti vuonna 1986. Reaktorin täydellinen rikkoutuminen aiheutti suuren radioaktiivisten aineiden päästön ja kymmeniä onnettomuuden hallintaan osallistuneita henkilöitä kuoli onnettomuudessa saamiinsa säteilyannoksiin. Ympäristövaikutusten perusteella onnettomuus kuuluu luokkaan 7.

7.5 YDINTURVALLISUUS

Loviisan voimalaitoksen laitosesiköillä ja käytetyn polttoaineen välivarastoilla on toimintoja, joilla ydinturvallisuus pyritään takaamaan luotettavasti. Näiden toimintojen tarkoituksena on hallita ketjureaktiota ja polttoaineen reaktiivisuutta, turvata polttoaineen jäähdytys ja eheys sekä pidättää radioaktiiviset aineet laitoksen sisällä. Käytöstäpoiston alkuvaiheessa, kun käytetty ydinpoltoaine siirretään pois voimalaitosesiköiltä itsenäistettyihin käytetyn polttoaineen välivarastoihin, siihen liittyvät ydinturvallisuusriskit poistuvat voimalaitosesiköiltä.

Loviisan voimalaitoksen turvallisuustaso määräytyy sen teknisistä toimintaperiaatteista ja ratkaisuista, yhdessä voimalaitosta käyttävän organisaation asiantuntemuksen ja turvallisuutta korostavan asenteen kanssa.

7.5.1 Turvallisuustoiminnot ja -periaatteet

Turvallisuustoimintojen tarkoituksena on ehkäistä häiriö- ja onnettomuustilanteiden syntyminen, estää niiden eteneminen tai lieventää onnettomuustilanteiden seurauksia. Lyhyen

aikavälin pääturvallisuustoiminnot käynnistyvät automaattisesti. Pidemmällä aikavälillä tarvittavat toiminnot voivat olla ohjaajan käynnistämiä. Tärkeimmät turvallisuustoiminnot ovat:

- reaktiivisuuden hallinta, jonka tarkoituksena on reaktorin tuottaman ketjureaktion pysäyttäminen
- ketjureaktion pysäyttämisen jälkeen syntyvän jälkilämmön poistaminen, joka tähtää polttoaineen jäähdyttämiseen ja siten polttoaineen ja primääripiirin eheyden varmistamiseen
- radioaktiivisuuden leviämisen estäminen, joka tähtää suojarakennuksen eristykseen ja sen eheyden varmistamiseen ja siten onnettomuudenaikaisten radioaktiivisten päästöjen hallitsemiseen.

Turvallisuustoimintoihin sovellettavat yleiset ydinturvallisuuseriaatteet ovat syvyysuuntainen puolustuseriaate, rinnakkaiseriaate, erilaisuuseriaate, erotteluseriaate ja olosuhdekestoisuus, jotka esitellään tässä luvussa. Turvallisuustoimintoja sovelletaan myös laitosesiköillä reaktorin vieressä sijaitseville käytetyn polttoaineen altaille sekä erillisille käytetyn polttoaineen välivarastoille. Näissä turvallisuustoimintojen toteuttaminen kuitenkin eroaa selvästi reaktorille sovelletuista ratkaisuista.

Turvallisuustoiminnot eivät ole enää relevantteja, kun käytöstäpoistoon valmistautumisen osana ydinpoltoaine on poistettu laitokselta. Luonnollisesti käytöstä poistettavalla ydinlaitoksella panostetaan radioaktiivisuuden leviämisen estämiseen.

Syvyysuuntainen turvallisuuseriaate

Syvyysuuntaisen turvallisuuseriaatteen mukaisesti Loviisan ydinvoimalaitoksella turvallisuus varmistetaan usealla peräkkäisellä, toisiaan varmentavalla toiminnallisella tasolla. Syvyysuuntainen turvallisuuseriaate kattaa kaikki voimalaitoksen osa-alueet organisaatiosta käytäntöjen kautta laitetasolle. Toiminnallisen syvyysuuntaisen turvallisuuseriaatteen tasot ovat:

- ennalta ehkäiseminen
- häiriötilanteiden hallinta
- onnettomuustilanteiden hallinta
- päästön rajoittaminen vakavassa reaktorionnettomuudessa
- seurausten lieventäminen.

Kaksi ensimmäistä tasoa on tarkoitettu ehkäisemään onnettomuuksia ja muut tasot on tarkoitettu suojaamaan laitosta ja sen käyttäjiä sekä ympäristöä onnettomuuden haitallisilta

vaikutuksilta. Käytetyn polttoaineen altaille ei sovelleta tasoa 4 STUKin määräyksessä Y/1/2018 9 § esitetyn mukaisesti.

Loviisan voimalaitoksen laitosesiköiden turvallisuustoimintoja toteuttavat järjestelmät on esitetty toiminnallisen syvyysuuntaisen puolustuseriaatteen tasoilla 2-3, luvussa 7.5.2 (käyttöhäiriöt, oletetut onnettomuudet ja oletettujen onnettomuuksien laajennukset) ja tasolla 4, luvussa 7.5.3 (vakava reaktorionnettomuus). Organisaation toiminnot tasolla 5 (valmiustoiminta) on esitetty luvussa 7.6.

Syvyysuuntaista turvallisuuseriaatetta sovelletaan myös radioaktiivisen materiaalin leviämisen estämisessä, jossa leviämisen estävät peräkkäiset tasot voidaan jakaa viiteen leviämisesteeseen. Leviämisesteet voidaan jakaa seuraavasti:

- ydinpoltoaine, joka on polttoainesauvoissa kiinteinä pelletteinä
- polttoainesauvan kaasutiivis suojakuori
- primääripiiri
- reaktoria ympäröivä suojarakennus
- reaktorirakennus.

Myös turvajärjestelyihin sovelletaan luvussa 7.7 esitetyn mukaisesti syvyysuuntaista turvallisuuseriaatetta.

Moninkertaisuuseriaate

Moninkertaisuuseriaatteella eli redundanttisuudella tarkoitetaan turvallisuustoiminnon toteuttamista useilla rinnakkaisilla, toisistaan riippumattomilla laitteilla tai osajärjestelmillä. Loviisan ydinvoimalaitoksen tärkeimmät turvallisuusjärjestelmät on suunniteltu yksittäisvikakriteerin täyttäväksi, vaikka käynnissä olisi samanaikaisesti yksittäisen laitteen huolto. Tämä tarkoittaa sitä, että turvallisuustoimintoa suorittava järjestelmä pystyy toteuttamaan tehtävänsä, vaikka kaksi yksittäistä laitetta olisi toimintakyvyttömiä. Muut turvallisuustoimintoja toteuttavat järjestelmät on suunniteltu pääosin yksittäisvikakriteerin täyttäväksi eli järjestelmä pystyy toteuttamaan tehtävänsä, vaikka yksi laite olisi toimintakyvytön. Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuusjärjestelmät on jaettu kahteen eri redundanssiin.

Erotteluseriaate

Loviisan ydinvoimalaitoksella erotteluseriaatteen soveltaminen tarkoittaa samaa toimintoa tekevien rinnakkaisten laitteiden ja järjestelmien sekä toisiaan varmistavien järjestelmien sijoittelun suunnittelua siten, että tulipalo tai jokin muu sisäinen tai ulkoinen tapahtuma ei voi rikkoa kaikkia samanaikaisesti. Käytännössä tämä johtaa rinnakkaisten osajärjestelmien sijoittamiseen eri tiloihin tai niiden suoja-

mista fyysisesti. Erotteluseriaatetta sovelletaan myös auto- maatio- ja sähköjärjestelmiin, ja eri järjestelmät on tarpeellisuudessa erotettu toiminnallisesti toisistaan, millä estetään mahdollisen vian leviäminen järjestelmästä toiseen. Loviisan ydinvoimalaitoksella turvallisuusjärjestelmät on jaettu kahteen eri redundanssiin, jotka on rakenteellisesti ja toiminnallisesti erotettu toisistaan.

Erilaisuuseriaate

Erilaisuuseriaatteella eli diversiteetillä tarkoitetaan saman turvallisuustoiminnon toteuttamista usealla eri toimintaperiaatteeseen, valmistusmenetelmään tai fysikaalisten parametrien käyttöön perustuvalla järjestelmällä. Loviisan ydinvoimalaitoksella erilaisuuseriaatetta sovelletaan esimerkiksi seuraavasti:

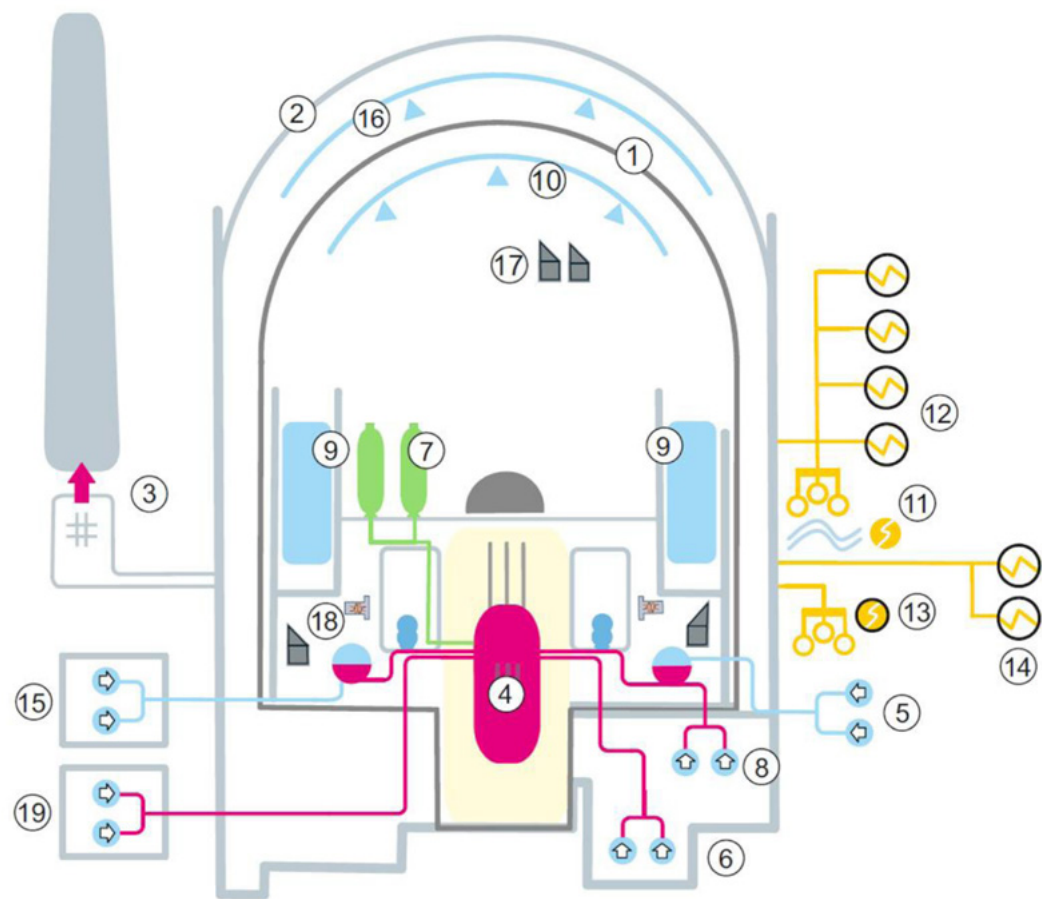
- reaktorin sammuttaminen säätösauvajärjestelmällä tai vaihtoehtoisesti syöttämällä booria primääripiiriin
- jälkilämmön poistaminen mereen ja sekundääripiirin ulospuhallusventtiileillä tai jäähdystorneilla ilmakehään
- poikkeustilanteissa turvallisuustoimintojen tarvitsema sähkö voidaan tuottaa joko merivesi- tai ilmajäähdytteisillä dieselgeneraattoreilla
- automaatiossa käytetään sekä digitaalista että analogista tekniikkaa siten, että tärkeimmät toiminnot voidaan toteuttaa kummalla tahansa tekniikalla.

Olosuhdekestoisuus

Loviisan ydinvoimalaitoksella käytettävät laitteet ja järjestelmät on suunniteltu kultakin laitteelta/järjestelmältä vaadittaviin lämpötila-, paine-, kosteus- ja säteilyolosuhteisiin. Voimalaitoksella käytössä olevien mekaanisten laitteiden sekä sähkö- ja automaatiolaitteiden ja -järjestelmien toimivuus suunnitteluperusteena olevissa olosuhteissa osoitetaan kelpoistamalla. Olosuhdekestoisuus osoitetaan sekä normaaliikäytön- että häiriö- ja onnettomuusolosuhteissa.

7.5.2 Turvallisuustoimintoja toteuttavat järjestelmät

Loviisan ydinvoimalaitoksella on käyttöjärjestelmiä ja turvallisuusjärjestelmiä, joilla toteutetaan reaktiivisuuden hallinta, fissio- tai jälkilämmön poisto ja radioaktiivisuuden leviämisen estäminen normaalin käytön aikana sekä häiriö- ja onnettomuustilanteissa. Häiriö- ja onnettomuustilanne voi saada alkunsa esimerkiksi laiteviasta, vuodosta, putkikatkoksta tai tulipalosta. Turvallisuusjärjestelmillä taataan turvallisuustoiminnot myös silloin, kun normaalit käyttöjärjestelmät eivät ole käytettävissä. Loviisan voimalaitoksen laitosesiköiden



Kuva 7-6. Loviisan voimalaitoksen laitosyksiköiden oleelliset turvallisuustoimintojen toteuttamiseen liittyvät järjestelmät.

oleelliset turvallisuustoimintojen toteuttamiseen liittyvät järjestelmät ja niiden sijoittelu sekä reaktorirakennuksen rakenteiden sijoittelu esitetään kuvassa 7-6.

1. Suojarakennus
2. Reaktorirakennus
3. Poistoilman suodattimet
4. Reaktori ja säätösauvat
5. Hätäsytövesipumput
6. Matalapaineiset hätäjähdytispumput
7. Painehätyvesisäiliöt
8. Korkeapaineiset hätäisävesipumput
9. Jäälahdutin
10. Suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä
11. Sähköyhteys vesivoimalaitokselta
12. Hätädieselgeneraattorit
13. Dieselvaravoimalaitos
14. Vakavan reaktorionnettomuuden dieselgeneraattorit
15. Varahätäsytövesipumput
16. Suojarakennuksen ulkopuolinen ruiskutusjärjestelmä
17. Vedynpoisto (Rekombinaattorit)
18. Vedynpoisto (Vetäsytyttimet)
19. Boorinsyöttö

Reaktiivisuuden hallinta

Reaktiivisuuden hallinta häiriö- ja onnettomuustilanteessa voidaan suorittaa ajamalla säätösauvat reaktorisydämeen tai säätösauvajärjestelmän ollessa vikaantunut syöttämällä booripitoista vettä primääripiiriin. Boori absorboi tehokkaasti ydinreaktiota ylläpitäviä neutroneita. Booria on sekä säätösauvojen teräksessä (Kuva 7-6 järjestelmä 4) että liuotettuna boorinsyöttöjärjestelmän (Kuva 7-6 järjestelmä 19) säiliöiden veteen, hätäjähdytysjärjestelmien vesialtaan ja säiliöiden veteen (Kuva 7-6 järjestelmät 6, 7 ja 8) sekä jäälahduttimien jäähän (Kuva 7-6 järjestelmä 9).

Jälkilämmön poistaminen

Reaktorin sammuttamisen jälkeen polttoaine tuottaa edelleen lämpöä. Tähän niin kutsuttuun jälkilämmön poistoon käytetään erilaisia tapoja riippuen häiriö- ja onnettomuustilanteesta. Primääripiiriin ollessa ehjä jälkilämpö poistetaan höyrytimien kautta sekundääripiiriin, jossa se siirretään höyrynä ilmakehään tai lämmönvaihtimien avulla joko mereen tai ilmakehään. Höyrypuhallus vaatii jatkuvan vedensyötön höyrytimiin ja tämä tehdään joko hätäsytövesijärjestelmällä tai varahätäsytövesijärjestelmällä (Kuva 7-6 järjestelmät 5 ja 15). Varahätäsytövesijärjestelmän pumput on varustettu

omilla dieselmoottoreilla, joten niiden käyttövoima ei ole riippuvainen sähkölähteistä.

Mikäli primääripiirissä on vuoto tai sekundääripiiriin järjestelmät eivät ole käytettävissä, poistetaan jälkilämpö syöttämällä vettä primääripiiriin. Jälkilämmön poistoon tähtäävään vedensyöttöön voidaan käyttää korkeapaineista lisävesijärjestelmää ja matalapaineista hätäjähdytysjärjestelmää sekä siihen kuuluvia paineistettuja säiliöitä (Kuva 7-6 järjestelmät 6, 7 ja 8). Näiden järjestelmien pumppujen vesilähteenä toimivat lyhyellä aikavälillä hätäjähdytysjärjestelmien erillinen vesiallas ja altaan veden loppuessa suojarakennuksen lattiakaivot. Matalapaineista hätäjähdytysjärjestelmää voidaan jäähdyttää, jolloin lämpö siirretään lämmönvaihtimien avulla joko mereen tai ilmakehään. Järjestelmiä käytettäessä jälkilämpöä siirtyy suojarakennukseen (Kuva 7-6 numero 1) nostaen sen painetta. Suojarakennuksen paineen nousua voidaan hidastaa ja painetta alentaa siirtämällä lämpöä pois suojarakennuksen ilmatilasta. Lyhyellä aikavälillä jäälahdutin (Kuva 7-6 järjestelmä 9) yhdessä suojarakennuksen rakenteiden kanssa absorboi lämpöä ja näin estää tehokkaasti suojarakennuksen paineen nousua. Tämän jälkeen käytetään tarvittaessa suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmää (Kuva 7-6 järjestelmä 10) tai pyritään vaikuttamaan suojarakennukseen tulevaan lämpö määrään jäähdyttämällä primääripiiriin syötettävää vettä. Ruiskutusjärjestelmää voidaan jäähdyttää, jolloin lämpö siirretään lämmönvaihtimien avulla joko mereen tai ilmakehään.

Radioaktiivisuuden leviämisen estäminen

Radioaktiivisten aineiden leviäminen estetään häiriö- ja onnettomuustilanteessa huolehtimalla polttoaineen alkriittisyydestä ja siirtämällä jälkilämpö pois polttoaineesta, jolloin polttoaine pysyy ehjänä. Primääripiiriin vedessä on normaalisti pieni määrä radioaktiivisia aineita. Nämä aineet ja mahdollisesti vuotavista tai onnettomuuden aikana vaurioituvista polttoainesauvoista vapautuvat radioaktiiviset aineet pyritään pitämään primääripiirissä tai suojarakennuksen sisällä (Kuva 7-6 järjestelmä 1) ja siten estetään radioaktiivisuuden leviäminen ympäristöön. Tavoite saavutetaan eristämällä primääripiiri ja suojarakennus eli sulkemalla niihin menevien putkistojen venttiilit ja suojarakennukseen menevien kanavien pellit. Myös primääripiiriin pääkiertoputkisto ja höyrytimen sekundääripiiriin puoli voidaan eristää, mikäli höyrytimen tuubit alkavat vuotaa ja primääripiiriin jäähdytetä päätyy sekundääripiiriin. Suojarakennuksesta mahdollisesti vuotavat radioaktiiviset aineet kerätään reaktorirakennuksesta (Kuva 7-6 numero 2) ja puhdistetaan mahdollisuuksien mukaan ennen niiden päästämistä ympäristöön. Puhdistus suoritetaan ilmastointijärjestelmien suodattimilla (Kuva 7-6 järjestelmä 3) ja nesteiden puhdistusjärjestelmillä.

Automaatio

Eri syvyysuuntaisen puolustuksen tasoilla on useita automaatiojärjestelmiä, jotka ohjaavat tarvittavia toimintoja. Käyttöautomaation tehtävänä on varmistaa häiriötön tuotanto ja siihen tarvittavien tukitoimintojen toiminta.

Käyttöhäiriöiden varalle laitoksella on ehkäiseviä suojausia toteuttavat automaatiojärjestelmät, joiden tehtävänä on saattaa laitos haluttuun tilaan, esimerkiksi alentaa reaktorin tehoa. Mikäli häiriö on vakava eivätkä ehkäisevät suojaukset kykene hallitsemaan tilannetta, käynnistävät reaktori- ja laitossuojausjärjestelmät tarvittavassa laajuudessa turvallisuustoimintoja suorittavia järjestelmiä. Näitä ovat esimerkiksi reaktorin pikasulku, suojarakennuksen eristys ja näiden hätäjähdytys.

Ohjaukset tehdään joko automaattisesti tai ohjaajan tekeminä. Lyhyellä aikavälillä tarvittavat toiminnot ovat automaattisia.

Sähkönsyötön varmentaminen

Loviisan voimalaitoksella on käytettävissä monia sähkölähteitä turvaamaan turvallisuustoimintojen toteuttamista häiriö- ja onnettomuustilanteissa. Kummallakin laitosyksiköllä on neljä 2,8 MW hätädieselgeneraattoria (Kuva 7-6 järjestelmä 12) sekä yhteinen 9,7 MW dieselvaravoimalaitos (Kuva 7-6 järjestelmä 13). Voimalaitokselle on yhteys myös läheisestä Ahvenkosken vesivoimalaitoksesta (Kuva 7-6 järjestelmä 11). Näillä sähkölähteillä voidaan käyttää edellä esitettyjä järjestelmiä sekä ladata automaation sähkönsyöttöä varmistavia akkuja.

7.5.3 Vakavan reaktorionnettomuuden hallinta

Vakavalla reaktorionnettomuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa huomattava osa reaktorin polttoaineesta vaurioituu. Vakavaan reaktorionnettomuuteen voitaisiin päätyä, jos reaktorin turvallisuusjärjestelmät eivät onnettomuustilanteessa toimisi. Loviisan voimalaitokselle on asennettu vakavan reaktorionnettomuuden hallintajärjestelmät, joilla yhdessä onnettomuuden hallintaan liittyvän ohjeistuksen kanssa varmistetaan suojarakennuksen tiiveys ja estetään sen rikkoutuminen.

Reaktoripainesäiliön puhkiseläminen ja sitä kautta mahdollinen höyryräjähdys reaktorikuopassa sekä reaktorikuopan betonin vuorovaikutus sydänsulan kanssa estetään pidättämällä sydänsula reaktoripainesäiliössä. Sulassa syntyvä jälkilämpö siirtyy reaktoripainesäiliön seinämän läpi reaktorikuopassa olevaan veteen. Tämän varmistamiseksi primääripiirissä on erityiset vakavan reaktorionnettomuuden paineenalennuslinjat, joiden avulla rajoitetaan sulan ohentamaan painesäiliön seinään kohdistuvia rasituksia. Vedelle on varmistettu virtausreitit, jolloin primääripiiristä purkautuva vesi ja jäälahduttimesta sulava vesi päätyvät höyryntilaa kautta reaktorikuoppaan ja kosketuksiin reaktoripainesäiliön ulkopinnan kanssa, ja syntyvä höyry johdetaan takaisin höyryntilaa. Jäälahdutin yhdessä suojarakennuksen rakenteiden kanssa rajoittaa tehokkaasti kohonneen lämpötilan ja höyryntuoton aikaansaamaa suojarakennuksen paineen nousua. Pitkällä aikavälillä käytetään myös suojarakennuksen ulkopuolista ruiskutusjärjestelmää (Kuva 7-6 järjestelmä 16), joka siirtää lämpöä mereen.

Sydämen sulaessa muodostuu vetyä, joka räjähtäessään voisi uhata suojarakennuksen eheyttä. Suojarakennuksessa on

katalyyttiset vetyrekombinaattorit (Kuva 7-6 järjestelmä 17), joilla poistetaan vetyä koko suojarakennuksesta ja jäälauhduksen (Kuva 7-6 järjestelmä 9) ovet voidaan avata, minkä seurauksena suojarakennuksen ilmatila sekoittuu ja paikalliset korkeat vetypitoisuudet laimenevat. Mikäli vetyä syntyy erittäin nopeasti, poistetaan tämä vety höyrystintilassa olevilla vetysytyttimillä (Kuva 7-6 järjestelmä 18), joilla hallitusti luodaan pieniä vetypaloja, jotka eivät uhkaa suojarakennuksen eheyttä.

Vakavaa reaktorionnettomuutta varten laitoksella on muista turvallisuusjärjestelmistä erillinen automaatiojärjestelmä sekä kaksi laitosyksiköille yhteistä vakavan reaktorionnettomuuden hallintaan tarkoitettua dieselgeneraattoria (Kuva 7-6 järjestelmä 14), joilla turvataan tarvittavien laitteiden sähkön saanti.

7.5.4 Käytetyn polttoaineen varastot

Kummankin Loviisan laitoksen reaktorin vieressä suojarakennuksen sisällä on yksi polttoaineallas ja Loviisa 2 -laitoksen apurakennuksessa sijaitsee kaksi käytetyn polttoaineen välivarastoa, joissa kummassakin on useita polttoainealtaita. Polttoainealtaiden turvallisuuteen sovelletaan samoja turvallisuustoimintoja kuin reaktorille.

Alikriittisyys varmistetaan polttoainealtaiden telineiden rakenteilla, mitä varmentaa vielä booriveden käyttö varastoaltaissa.

Mikäli altaiden jäähdytys keskeytyy, ei jälkilämmön poisto polttoaineesta ole vaarassa lyhyellä aikavälillä johtuen polttoaineen erittäin pienestä jälkilämpötehosta ja altaiden suuresta vesimäärästä. Jälkilämmön poistamiseksi pitkällä aikavälillä tulee normaalisti käytettävät jäähdytysjärjestelmät palauttaa käyttökuntoon tai käyttää vaihtoehtoisia jäähdytystapoja kuten allasveden puhdistusjärjestelmää tai syöttämällä lisävetä altaisiin mahdollisen kiehumisen kompensoimiseksi. Lisäveden syöttö voidaan suorittaa laitoksen aktiivisilla järjestelmillä tai esimerkiksi paloautolle tehdystä liityntäpisteistä. Järjestelmien sähkönsyöttö on varmennettu hätädiezelgeneraattoreilla ja dieselvaravoimalaitoksella (Kuva 7-6 järjestelmä 12 ja 13) ja lisäksi suojarakennuksen sisällä olevan polttoainealtaan lisäveden syöttö on varmistettu vakavan reaktorionnettomuuden dieselgeneraattoreilla (Kuva 7-6 järjestelmät 14).

Suojarakennuksen altaiden radioaktiiviset aineet voidaan tehokkaasti eristää suojarakennuksen sisään myös altaiden kiehumistilanteessa. Suojarakennuksen ulkopuolella olevista käytetyn polttoaineen välivarastojen altaista voi vapautua kiehumistilanteessa vähäinen määrä allasveden radioaktiivisuutta ympäristöön.

7.5.5 Tulipalot

Tulipalo voi aiheuttaa laitoksella alkutapahtuman siten, että normaalisti käytettävä laite ei ole palon vuoksi toimintakykyinen tai jokin toiminto voi käynnistyä aiheuttomasti. Palotilanteessa voi olla tarve käynnistää turvallisuusjärjestelmiä. Palojen vaikutusta rajataan soveltamalla moninkertaisuus- ja erotteluperiaatetta, jolloin vain osa tarvittavista laitteista voi

vioittua palossa. Turvallisuusjärjestelmien rinnakkaiset osajärjestelmät ovat laajasti erotettu eri huoneisiin tai riittävän etäälle toisistaan sijoitetut laitteet ja kaapelit on tarvittaessa palosuojattu. Palon leviäminen huoneiden välillä estetään esimerkiksi seinärakenteilla, palo-ovilla ja palopelleillä. Palojen hallintaa kuvataan tarkemmin luvussa 9.22.

7.5.6 Varautuminen ulkoisiin uhkiiin ja ilmastomuutokseen

Loviisan voimalaitoksen turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa ei alun perin huomioitu täysin kattavasti äärimmäisiä ulkoisia tapahtumia. Esimerkkejä tällaisista tapahtumista ovat voimakkaat salamat, tuuli, meriveden pinnan vaihtelu, meriveden korkea lämpötila sekä korkeat ja matalat ulkoilman lämpötilat. Ulkoisten tapahtumien vaikutusta on sittemmin arvioitu kattavasti ja niiden vaikutuksen pienentämiseksi on tehty tarvittavia muutoksia. Tärkeimpien turvallisuusjärjestelmien osalta huomioidaan taajuudella kerran kymmenessä tai sadassatuhannessa vuodessa esiintyvät luonnonilmiöt riippuen tapahtuman seurauksista. Loviisan voimalaitoksen järjestelmillä ja tarvittaessa erityisjärjestelyillä varaudutaan kerran kymmenessä miljoonassa vuodessa toistuviin tapahtumiin. Erityisjärjestelyjä ovat esimerkiksi ylimääräiset tarkastukset, ennakoiva laitoksen alasajo, tulvasuojaukset ja tapahtuman hallintaan liittyvä erityisohjeistus. Joissain tapauksissa voidaan ennakoivasti julistaa varautumistila.

Ilmastomuutos vaikuttaa ulkoisten tapahtumien voimakkuuteen ja voimakkaiden ilmiöiden esiintymisen todennäköisyyteen. Ilmastomuutoksen seurauksena muun muassa maan pinnan läheisen ilman sekä meriveden keskimääräinen lämpötila kasvavat tulevaisuudessa, lisäksi sekä ilman että meriveden lämpöaallot yleistyvät. Myös sademäärät todennäköisesti kasvavat. Lämmön ja hiilidioksidin sitoutuminen meriin muuttaa meriveden kerrostuneisuus- ja pH-olosuhteita. Kasvat sademäärät puolestaan laimentavat meriveden suolaisuutta suoran sadannan, ja toisaalta myös valunnan kautta. Muutokset näissä ympäristön fysikaalisissa suureissa muodostavat monimutkaisia takaisinkytkentöjä keskenään, mikä tekee muutosten suuruuden arvioinnista hankalaa ja virhealtista. Tutkimusten perusteella trendit ovat kuitenkin selvät. (Bolle ym. 2015)

Ilmastomuutoksen suuruus riippuu pääasiassa toteutuvista ihmiskunnan kasvihuonekaasupäästöistä. Tämän vuoksi ilmastomuutosta arvioidaan erilaisten päästöskenaarioiden avulla, joissa tehdään oletuksia kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä tulevaisuudessa. Lisäksi ilmastomuutoksen vaikutus vaihtelee merkittävästi sekä alueittain että vuodenajoittain. Esimerkiksi Suomessa ilman lämpötila ja kokonaisademäärä tulevat ilmastomallien mukaan kasvamaan eniten talvikaudella. (Ilmasto-opas 2021a)

Loviisan voimalaitoksen toiminnan näkökulmasta eräs ilmastomuutoksen aiheuttamista uhkakuvista on meriveden pinnankorkeuden nousu. Suomessa maanpinta nousee edelleen viimeisimmän jääkauden jäljiltä, ja Loviisan alueella maanpinnannousu on nykyään noin 3,5mm/v ei/a (Maanmittauslaitos 2021b). Tämän maannousunopeuden ansiosta meriveden keskimääräinen pinnankorkeus Loviisassa oli

1990-luvulle saakka itse asiassa laskusuunnassa. Nykyään globaalin meriveden pinnankorkeuden nousu on kuitenkin Loviisan kohdalla jo hieman vallitsevaa maanpinnan nousuopeutta suurempi. Tulevaisuudessa globaali meriveden pinnankorkeus tulee todennäköisesti jatkamaan nousuaan maanpinnan nousua nopeammin. On kuitenkin huomionarvoista, että pessimistisimmänkään ilmastomuutospäästöskenaarion perusteella meriveden pinnankorkeus ei nouse Loviisassa dramaattisesti vielä vuoteen 2050 mennessä.

Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), mukaan meriveden globaali pinnannousu olisi vuonna 2050 pahimmankin ilmastomuutosskenaarion mukaan noin 0,3 m verrattuna vuoden 1986-2005 keskimääräiseen pinnankorkeuteen. IPCCn tuloksia esitellään havainnollisesti Suomen muuttuva ilmasto -sivustolla (Ilmasto-opas 2021b). Loviisan voimalaitoksella vaikutus olisi alle puolet tästä johtuvasta maanpinnan kohoamisesta. Meriveden pinnankorkeuteen N2000 + 4,01 m on varauduttu Loviisan voimalaitoksella tasolle, joka vuoden 2030 oletetulla ilmastolla ylittyy kerran sadassa miljoonassa vuodessa.

Ilman ja meriveden lämpötilan kasvu voi tulevaisuudessa aiheuttaa voimalaitoksella tehonrajoituksia ympäristöluvan ehtoista ja laitteiden jäähdytyskapasiteettiin kohdistuvista vaatimuksista johtuen. Lisääntyvät voimakkaat myrskyt voivat aiheuttaa häiriöitä kantaverkossa, mihin laitoksella on varauduttu lukuisilla turvallisuustoimintoja varmentavilla dieselgeneraattoreilla- ja moottoreilla.

Ilmastomuutokseen liittyvää tutkimusta seurataan jatkuvasti ja arvioitujen vaikutusten perusteella tehdään tarvittaessa muutostöitä luvussa 7.8 esitetyn mukaisesti.

Ihmisen aiheuttamiin tahallisiin laivastaisiin tapahtumiin varaudutaan yllä esitetyn lisäksi luvussa 7.7 esitetyillä turvajärjestelyillä sekä noudattamalla erotteluperiaatetta.

7.6 VALMIUSTOIMINTA

Valmiusjärjestelyillä tarkoitetaan varautumista ennakkoon valmiustilanteisiin eli onnettomuuksiin tai turvallisuutta heikentäviin tapahtumiin ydinvoimalaitoksella. Valmiustilanteet luokitellaan tilanteen vakavuuden mukaan kolmeen ryhmään, missä ryhmä 3 on vakavin (YVL C.5):

- 1) Varautumistilanne määrätään, kun voimalaitoksen turvallisuustaso halutaan varmistaa poikkeuksellisisa tilanteissa. Tällöin voimalaitoksen valmiusorganisaatio kutsutaan koolle tarpeelliseksi katsotussa laajuudessa.
- 2) Laitoshätätilanne määrätään, kun voimalaitoksen turvallisuus heikkenee tai uhkaa heiketä merkittävästi. Tällöin voimalaitoksen valmiusorganisaatio hälytetään toimipaikoilleen kokonaisuudessaan.
- 3) Yleishätätilanne määrätään, kun on olemassa vaara sellaisista radioaktiivisten aineiden päästöistä, jotka saattavat edellyttää suojelutoimenpiteitä ydinvoimalaitoksen ympäristössä. Myös tässä tilanteessa voimalaitoksen valmiusorganisaatio hälytetään toimipaikoilleen kokonaisuudessaan.

Kaikissa valmiustilanteissa hälytys lähtee myös STUKiin sekä hätäkeskukseen, joka puolestaan hälyttää pelastusviranomaiset.

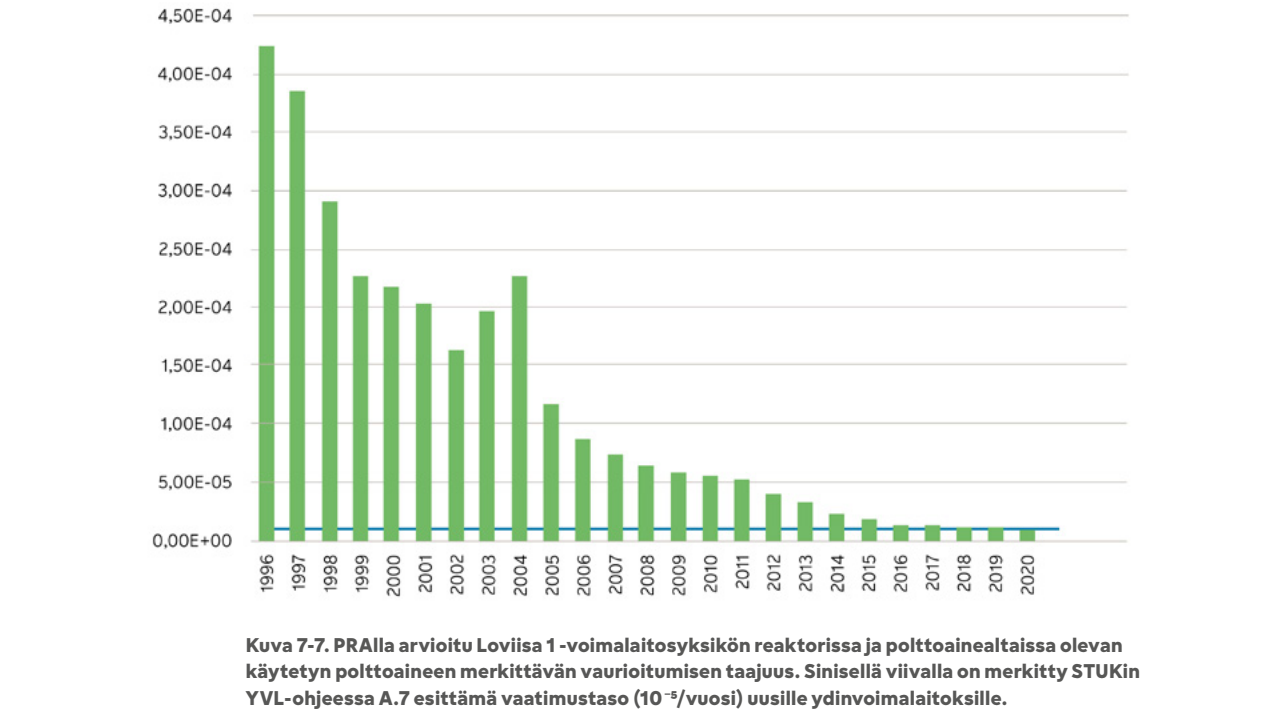
Loviisan voimalaitoksella on sen käyttöhistorian aikana julistettu valmiustilanne ainoastaan kerran. Tämä tapahtui 9.1.2005, jolloin määrättiin varautumistilanne korkean meriveden pinnankorkeuden vuoksi. Tilanne oli luonteeltaan mahdollisesti vaaraa aiheuttava, mutta siitä ei kuitenkaan aiheutunut ongelmia voimalaitoksella, ja se luokiteltiinkin INES-luokkaan 0.

Onnettomuuden seurausten lieventämiseksi voimalaitos ja viranomaiset ylläpitävät valmiustoimintaa, jonka päämääränä on ydinvoimalaitoksessa työskentelevien ihmisten sekä ympäristön väestön suojelu säteilyvaaratilanteessa. Tarkemmin väestönsuojelutoimenpiteistä on kerrottu luvussa 9.21. Loviisan voimalaitoksen valmiusorganisaatio muodostuu eri tehtäviin koulutetuista henkilöistä voimalaitoksella ja Fortumin pääkonttorilla Espoossa. Loviisan voimalaitoksen pelastusaseman tilat ja henkilöstö ovat myös osa valmisorganisaatiota. Näissä paikoissa valmiusorganisaatiolla on käytössään soveltuvat tilat sekä viestintäyhteydet ja -välineet. Valmiusorganisaation tehtäviin kuuluvat esimerkiksi valvomohenkilöstön suorittamat ohjaustoimenpiteet, korjausryhmien toiminta, onnettomuuden kulun ennustaminen, säteilytason ja päästöjen valvonta, mahdollisen päästön ja sen kulkeutumisen ennustaminen, mahdollisten toimenpiteiden määrittäminen ja tilanteen INES-luokan ehdottaminen STUKille (luku 7.4).

Voimalaitoksella henkilökunnalle on varattu säteilyvaaratilanteen varalta muun muassa suojavarusteita ja joditabletteja. Ympäristön väestön suojelemiseksi mahdollisen säteilyvaaratilanteen varalta Loviisan voimalaitos jakaa joditabletteja voimalaitoksen suojavyöhykkeen (noin 5 km päähän voimalaitoksesta ulottuva alue) vakituisille asukkaille ja vapaa-ajan asuntoihin. Varautumisalueella asuville tai vapaa-ajan asunnon siellä omistaville henkilöille sekä alueella sijaitseville työpaikoille on toimitettu toimintaohje säteilyvaaran varalle. Toimintaohje on laadittu yhteistyössä Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksen, STUKin sekä Fortumin kesken, ja sen paperiversio toimitetaan kyseisiin paikkoihin kolmen vuoden välein, mutta se löytyy myös Fortumin internetsivuilta (Fortum Power and Heat Oy 2019c). Toimintaohjeessa ohjeistetaan ympäristön asukkaiden toiminta säteilyvaaratilanteissa.

Valmiustilanteessa voimalaitoksen henkilökunnalle tiedotetaan tilanteesta muun muassa voimalaitosalueen kaiutinjärjestelmän välityksellä, tietoteknisin järjestelyin ja mahdollisuuksien mukaan tiedotustilaisuudella. Fortumin laattimat kansalaisille ja tiedotusvälineille kohdistetut tiedotteet julkaistaan Fortumin internetsivuilla. Tilanteen vakavuudesta riippuen voidaan järjestää valtakunnan medioille ja kansalaisille kohdistettu tiedotustilaisuus. Varsinaisista kansalaisille kohdistettujen toimenasuositusten laatimisesta ja tiedottamisesta vastaavat viranomaiset.

Valmiussuunnitelmaa ylläpidetään ja kehitetään jatkuvasti, ja toimintaa harjoitellaan vuosittain järjestettävissä valmiusharjoituksissa sekä vähintään kolmen vuoden välein järjestettävissä yhteistoimintaharjoituksissa, joissa harjoitellaan



yhteistoimintaa voimalaitoksen ja useiden viranomaistahojen (mm. STUK, poliisi, pelastuslaitos, hätäkeskus, sairaalat, Ilmatieteen laitos) kesken.

7.7 TURVAJÄRJESTELYT

Turvajärjestelyt ovat tärkeä osa säteilyturvallisuutta, jota kuitenkin yleensä käsitellään omana osa-alueena sen erilaisen luonteen takia. Turvajärjestelyillä tarkoitetaan varautumista ennakkoon ydinlaitokseen tai sen toimintaan kohdistuvan lainvastaisen toiminnan uhkaan, kuten esimerkiksi sabotaa-siin tai ydinmateriaalin luvattomaan poisvientiin. Turvajär-jestelyillä suojataan laitoksen normaalia häiriötöntä käyttöä, laitoksen järjestelmiä ja laitoksella toimivaa henkilöstöä. Kyberturvallisuus on tärkeä osa turvajärjestelyjä.

Loviisan voimalaitoksella on erillinen turvaorganisaatio. Turvajärjestelyitä koskevat suunnitelmat ja ohjeet on laadittu yhteistyössä asianomaisen poliisiviranomaisen kanssa, ja ne on sovitettu yhteen viranomaisten laatimien pelastus-, valmius- ja erityistilannesuunnitelmien kanssa. Turvajärjes-telyitä ja niitä koskevia suunnitelmia ja ohjeita ylläpidetään ja kehitetään jatkuvasti, ja toimintaa harjoitellaan säännöllisesti viranomaistahojen kanssa sekä omissa harjoituksissa että myös osana valmiusharjoituksia. Turvajärjestelyt on suunni-teltu syvyyssuuntaisen puolustuksen periaatteiden mukai-sesti perustuen sisäkkäisiin turvajärjestelyvyöhykkeisiin.

7.8 TURVALLISUUDEN ARVIOINTI JA PARANTAMINEN

STUKin määräyksen Y/1/2018 mukaan ydinvoimalaitok-sen turvallisuutta ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisiä ratkaisuja on arvioitava ja perusteltava analyttisesti sekä

tarvittaessa kokeellisesti. Häiriö- ja onnettomuusanalyysit todentavat asetettujen hyväksymiskriteerien täyttymisen. Loviisan voimalaitoksella pääasiallinen analyysityökalu on yhdessä VTT:n kanssa kehitetty Apros® simulaatio-ohjelmis-to. Lisäksi ohjelmistoa käytetään laajasti muutostöiden suun-nittelussa. Muita analyttisiä menetelmiä ovat esimerkiksi lujuusanalyysit, vika- ja vaikutusanalyysit sekä todennäköi-sysperusteinen riskianalyysi Probabilistic Risk Assessment (PRA). PRAta käytetään laajasti voimalaitoksen riskitason määrittämiseksi ja turvallisuuteen liittyvien riskien hallintaan tähtäävän päätöksenteon tukena esimerkiksi arvioitaessa mahdollisuuksia ja tarpeita tehdä turvallisuutta parantavia toimenpiteitä.

STUKin YVL-ohjeen A.7 mukaan uusi ydinvoimalaitos on suunniteltava siten, että PRAssa polttoaineen merkittävän vaurioitumisen taajuuden odotusarvo on pienempi kuin ker-ran sadassa tuhannessa vuodessa. Kuvassa 7-7 on esitetty Loviisa 1 -laitosyksikön todennäköisyysperusteisen riskiana-lyysin avulla arvioitu reaktorissa ja polttoainealtaassa olevan käytetyn polttoaineen merkittävän vaurioitumisen taajuus vuosina 1996-2020. Huolimatta ajan mittaan tehdystä ana-lyysimallin kehittämisestä ja arvioitujen riskien laajennetusta käsittelystä, on taajuus joitakin yksittäisiä vuosia lukuun ottamatta pienentynyt selvästi, ja vastaa nykyisin uusilta ydinvoimalaitoksilta vaadittavaa tasoa. Osittain tarkentuneet arviot ovat pienentäneet taajuutta, mutta suuri osa taajuu-den laskusta johtuu turvallisuuden parantamiseksi tehdystä toimenpiteistä.

Määräaikainen turvallisuusarvio on laaja arviointi, jossa arvioidaan luvanhaltijan toimintaa ja laitoksen tekniikkaa. Arviointi koostuu neljästätoista osa-alueesta ja yhteenve-dosta. Näihin osa-alueisiin liittyvät sisällölliset vaatimukset annetaan STUKin YVL-ohjeessa A.1 ja lisäksi kansainvälisen

atomienergiajärjestön IAEA asiakirjassa SSG-25 ”Periodic Sa-fety Review for Nuclear Power Plants” (IAEA 2013) kerrotaan tarkemmin arvioinnin tavoitteista, menetelmistä ja sisällöstä. Yksi tärkeä osa-alue liittyy vaatimusten täyttymisen osoitta-miseen. Fortum on toimittanut STUKiin vuonna 2020 Lovii-san voimalaitoksen ja loppusijoituslaitoksen määräaikaisen turvallisuusarvion, jossa vaatimusten täyttymisen arviointi on tehty relevanteille STUKin määräyksille ja YVL-ohjeille käsittäen yli 6 000 vaatimusta.

YVL-ohjeet ja vaatimukset ovat sellaisenaan voimassa uusille ydinlaitoksille ja käytössä olevia ydinlaitoksia, kuten Loviisan voimalaitosta koskien STUK tekee jokaiselle YVL-oh-jeelle täytäntöönpanopäätöksen miten ja missä laajuudessa ohjeen vaatimuksia sovelletaan. Näiden täytäntöönpanopää-tösten perusteella Loviisan ydinvoimalaitos täyttää ydinener-gialain mukaiset turvallisuusvaatimukset ja kansalliset viran-omaisvaatimukset siten kun niitä sovelletaan ydinenergielain 7 a § mukaisesti. STUK toimittaa Työ- ja elinkeinoministeriöön turvallisuusarvion osana mahdollista käyttö lupaprosessia. Tämä turvallisuusarvio perustuu luvanhakijan toimittamaan määräaikaiseen turvallisuusarvioon, muihin toimitettuihin asiakirjoihin sekä STUKin omaan näkemykseen.

Loviisan ydinvoimalaitoksen turvallisuus- ja laatupolitiin-kan mukaisesti toiminta perustuu korkeatasoiseen turval-lisuuskulttuuriin ja laatuun sekä jatkuvaan parantamiseen. Luvanhaltija on sitoutunut hyvän turvallisuuskulttuurin mukaisesti laitoksen turvallisuuden jatkuvaan parantamiseen aina laitoksen käytön loppuun saakka. Käytännön tasolla muutosten määrittämiseen vaikuttavat esimerkiksi laitoso-sien ikääntyminen, Loviisan voimalaitoksen omat ja muiden ydinvoimalaitosten käyttökokemukset, STUKin YVL-ohjeiden ja kansainvälisen vaatimustason muutokset sekä tekniikan kehittyminen.

Loviisan voimalaitoksen toiminnassa huomioidaan viran-omaisvaatimusten lisäksi myös kansainväliset periaatteet ja ohjeet, kuten Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) julkaisemat ohjeet ja suositukset sekä maailman ydinvoi-malaitosten käyttäjien liiton (WANO) suositukset. IAEA ja WANO keräävät ja jakavat laitosten käyttökokemuksia ja tekevät myös Loviisan voimalaitokselle säännöllisiä arviointe-ja. Muiden laitosten käyttökokemuksia ja laitokselle tehtyjen arviointien tuloksia käytetään toiminnan ja turvallisuuden kehittämiseksi ja parantamiseksi. Tämän lisäksi Loviisan voimalaitoksella on aktiivista tiedonvaihtoa yksittäisten voimalaitosten kanssa laitoksen turvallisuuden ja käytön parantamiseksi.

Loviisan voimalaitoksen käytön aikana on toteutettu lukuisia turvallisuutta parantavia hankkeita ja voimalaitos on merkittävästi turvallisempi kuin aikoinaan käynnistyessään, jolloin se jo vastasi sen aikaista vaatimustasoa. Todennä-köisyyspohjaisen riskianalyysin PRAn perusteella laitoksella on toteutettu lukuisia muutostöitä ja jopa uusia järjestelmiä sekä parannettu erilaisten häiriö- ja onnettomuustilanteiden hallintaa lähes koko käyttöiän ajan. Fukushima onnettomuu-den jälkeen toteutetut muutokset käsittivät vaihtoehtoisen merestä riippumattoman lämpönielun eli ilmajäähdytteisten jäähdytystornien rakentamisen ja varautumisen korkeaan meriveden pintaan, dieselgeneraattoreiden ja -moottoreiden

polttoaineen saatavuuteen liittyvät parannukset, polttoai-nealtaiden vaihtoehtoisen jälkilämmönpoiston toteutuksen kiehuttamalla allasvettä sekä akkukapasiteettien kasvattami-sen. Lisäksi voimalaitoksella on tehty muun muassa mitta-via automaation uudistuksia sekä modernisoitu ikääntyviä järjestelmiä ja laitteita. Tällä hetkellä arvioidaan laitoksen ja sen turvallisuustoimintojen maanjäristyskestävyyttä. On odotettavissa, että maanjäristyskestävyyttä tulee joiltain osin parantaa STUKin vaatimustason saavuttamiseksi.

Loviisan voimalaitoksella tehdään myös mahdollisen käy-tön jatkamisen aikana turvallisuusparannuksia. Pääosin 2019 ja 2020 julkaistujen vaatimusten (YVL-ohjeiden) ei odoteta tuovan uusia merkittäviä muutostöitä, sillä vaatimukset eivät ole oleellisesti muuttuneet. Aiemmin muutettujen vaatimus-ten osalta toimenpiteet ovat joiltain osin kesken, esimer-kiksi maanjäristyskestävyyden parantaminen. Suurimmat muutokset tehdään laitteiden ikääntymisen vuoksi, mutta näillä muutoksilla on joissakin tapauksessa myös turvallisuus-vaikutuksia.

Fortumilla ei ole tiedossa muutoksia laitoksen käyttöön, lainsäädäntöön tai kansainvälisiin velvoitteisiin, jotka vaikut-taisivat merkittävästi luvanhaltijan edellytyksiin käytön jatka-miseen turvallisesti ja vaatimusten edellyttämällä tavalla.

7.9 MATALA- JA KESKIAKTIIVISEN JÄTTEEN LOPPUSIJOITUS VLJ-LUOLAAN

Loviisan voimalaitoksen käytön ja käytöstäpoiston seurauk-sena syntyvät matala- ja keskiaktiiviset ydinjätteet (ydinlai-tosjäte ja käytöstäpoistojäte) loppusijoitetaan VLJ-luolaan eli noin 100 metrin syvyyteen Hästholmenin saaren kallioperään rakennettuihin tai tulevaisuudessa rakennettaviin tiloihin, jotka muodostavat erillisen ydinenergielain tarkoittaman ydinlaitoksen.

VLJ-luola on rakennettu 1990-luvulla, ja sen rakentamista ovat edeltäneet loppusijoituspaikkatutkimukset, jotka aloi-tettiin jo pian Loviisan voimalaitoksen valmistumisen jälkeen ja joilla on selvitetty Hästholmenin kallioperän soveltuvuutta ydinlaitosjätteiden sekä käytöstäpoistojätteiden loppusijoi-tukseen. Paikkatutkimuksilla ja niitä seuranneilla seurantaoh-jelmilla (mm. kalliomekaniikka, pohjavesikemia ja hydrologia) on hankittu kattavat tiedot loppusijoituspaikan ja sen ympä-ristön ominaisuuksista, ja niiden perusteella voidaan arvioida näiden kehittymistä tulevaisuudessa. Rinnan paikkatutkimus-ten sekä niitä seuranneiden VLJ-luolan rakentamisen ja käy-tön kanssa, samoin kuin käytöstäpoistosuunnittelun osana, on tehty useita pitkäaikaisturvallisuusarvioita ja -perusteluja. Työ loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden varmistami-seksi jatkuu aina tilan lopulliseen sulkemiseen asti. VLJ-luolan toimintaa on edellä kuvattu luvussa 4.

Vuonna 2020 Fortum toimitti STUKille luvussa 7.8 mainitun voimalaitoksen määräaikaisen turvallisuusarvion yhteydessä myös VLJ-luolan määräaikaisen turvallisuusarvion. Osana tätä turvallisuusarviota käsiteltiin Loviisan voimalaitoksen käytön ja käytöstäpoiston aikana syntyvän radioaktiivisen jätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta eli turvalli-suutta sen jälkeen, kun tilat on suljettu.

7.9.1 Käyttövaihe

Vaikka VLJ-luola on erillinen ydinenergialain ja -asetuksen tarkoittama ydinlaitos, sitä käytetään kiinteästi Loviisan voimalaitoksen yhteydessä ja voimalaitoksen toimintoihin integroituna. Näin ollen esimerkiksi organisaatio, kunnossa-pito, ohjeistus, säteilysuojelu ja -valvonta sekä valmius- ja turvajärjestelyt kattavat myös VLJ-luolan. Voimalaitoksen käytön päätyttyä organisaatiosta ja infrastruktuurista säilytetään ne osat, jotka ovat tarpeen muun Hästholmenin saarella jatkuvan ydinteknisen toiminnan, kuten käytetyn polttoaineen välivarastoinnin ja ydinlaitosjätteen loppusijoittamisen toteuttamiseksi.

Käyttöturvallisuuden kannalta VLJ-luola eroaa merkittävästi voimalaitoksen laitosyksiköistä ja käytetyn polttoaineen välivarastoista. Ydinlaitosjäte on matala- tai keskiaktiivista jätettä, eikä tällaisessa jätteessä ketjureaktio ole mahdollinen. Myöskään jäte ei tuota sellaista määrää lämpöä, että sitä pitäisi jäähdyttää.

Jätteen radioaktiivisuus on verrattain matala. Jäte on pääosin pakattu tynnyreihin tai kiinteytetty sementtiin, joten käyttövaiheen aikana ei normaalitilanteessa aiheudu radioaktiivisten aineiden päästöjä, eivätkä edes poikkeustilanteet aiheuta merkittäviä radioaktiivisia päästöjä, sillä aktiivisuudesta valtaosa on kiinteytetty sementtiin. Mahdollisia päästöjä valvotaan mittaamalla poistoilman ja jätetilojen lattioille mahdollisesti valuneiden vesien aktiivisuutta. Mikäli vesissä havaitaan merkittävää aktiivisuutta, ne voidaan tarvittaessa puhdistaa, mutta toistaiseksi tähän ei ole ollut tarvetta.

7.9.2 Pitkäaikaisturvallisuus

Pitkäaikaisturvallisuus tarkoittaa VLJ-luolan sulkemisen jälkeistä turvallisuutta, jossa päätavoitteena on rajoittaa loppusijoitetun jätteen aiheuttamaa säteilyaltistusta suljettujen tilojen läheisyydessä asuville ihmisille sekä muulle elolliselle luonnolle. Pitkäaikaisturvallisuus perustuu tekniin vapautumisesteisiin, jotka rakennetaan tai asennetaan erikseen, sekä lisäksi paksun kalliokerroksen aikaansaamaan ihmisen tunkeutumista vaikeuttavaan ja radioaktiivisten aineiden vapautumista hidastavaan vaikutukseen. Tekniset vapautumisesteet ovat erilaisia erityyppisille jätteille. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen kohdalla ne ovat pääasiassa betonirakenteita. Lähtökohtana ydinjätteen loppusijoittamisessa kallioperään on, että sulkemisen jälkeen valvontaa ei tarvita.

Vaatimuksia pitkäaikaisturvallisuudelle sekä sen osoittamiselle esitetään ydinenergiaissa ja -asetuksessa, STUKin määräyksessä ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta (Y/4/2018) sekä YVL-ohjeissa (ensisijaisesti YVL-ohjeessa D.5). STUKin julkaisemassa YVL-ohjeessa D.5 asetetaan ydinjätteen loppusijoitukselle myös radioisotooppikohtaisia päästörajoituksia, joita sovelletaan hyvin pitkien ajanjaksojen, so. useiden tuhansien vuosien jälkeen.

Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus esitetään pitkäaikaisturvallisuusperusteluna (Long-term Safety Case), jolla kansainvälisesti omaksutun määritelmän mukaisesti tarkoi-

tetaan kaikkea sitä teknistieteellistä aineistoa, analyysejä, havaintoja, kokeita, testejä ja muita todisteita, joilla perustellaan loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuudesta tehtyjen arvioiden luotettavuus.

Pitkäaikaisturvallisuusperustelussa on määritetty ns. pitkäaikaisturvallisuuskonsepti, jonka kulmakivinä ovat jätteessä olevien radioaktiivisten aineiden vapautumisen ja kulkeutumisen riittävä estäminen ja hidastaminen sekä jätteen eristäminen pintaympäristöstä. Turvallisuuskonseptia toteutetaan ns. pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintojen avulla, jotka on esitetty kuvassa 7-8.

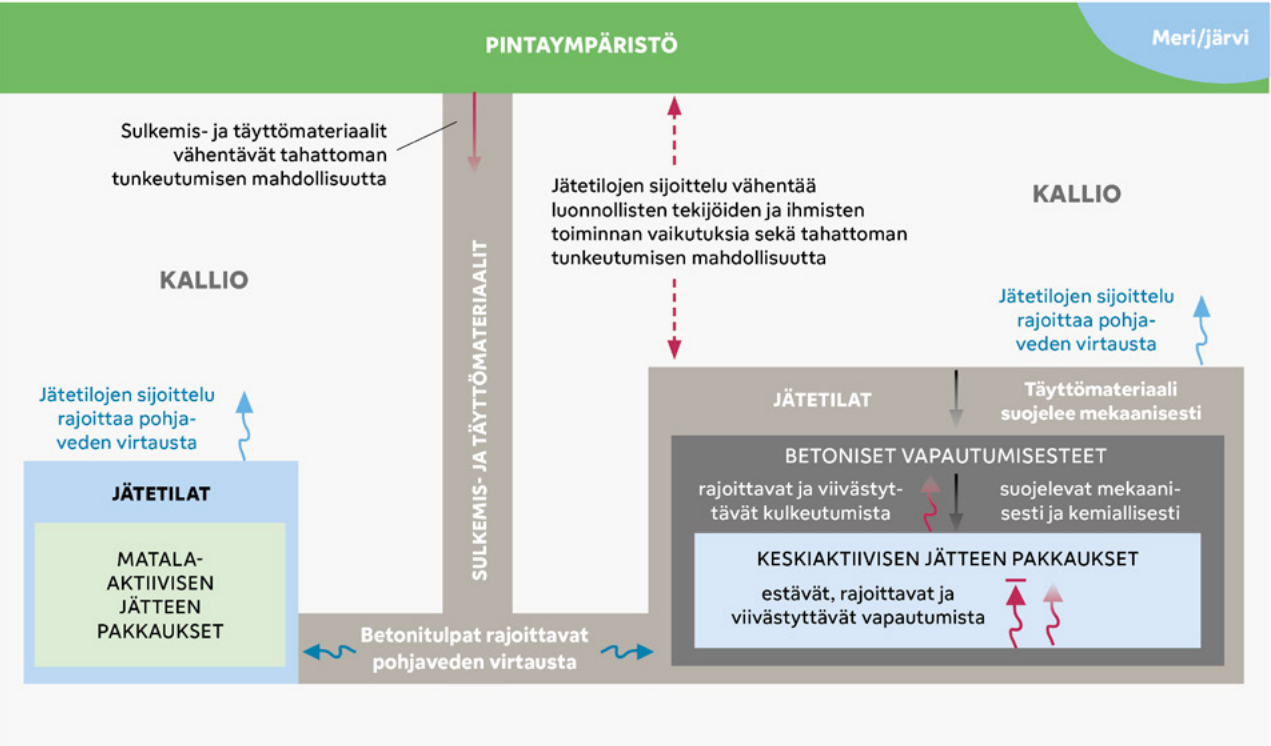
Pitkäaikaisturvallisuusperustelussa (Nummi 2019) on laskennallisesti arvioitu eri vapautumisesteiden toimintaa (so. niiden kykyä rajoittaa ja viivästyttää radioaktiivisten aineiden vapautumista ja kulkeutumista pintaympäristöön) ja koko loppusijoitusjärjestelmän kehitystä 100 000 vuoden ajan. Erilaisia kehityskulkuja on mallinnettu skenaarioina. Pitkäaikaisturvallisuusperustelussa tarkastellaan myös erilaisten harvinaisten tapahtumien, kuten esim. maanjäristyksien, vaikutuksia radioaktiivisten aineiden vapautumiseen. Pitkäaikaisturvallisuusperustelun pääosat ovat:

- loppusijoitusjärjestelmän kehityksen ja suunnittelu-perusteiden kuvaus
- toimintakykyanalyysi ja skenaarioiden muodostaminen
- päästö- ja annosanalyysi
- yhteenveto.

Radioaktiivisten aineiden vapautuminen jätteistä on erittäin hidasta. Jätteet sijoitetaan kallioperään louhittuihin tiloihin yli 100 metrin syvyyteen, pääosin teräsbetonista rakennettavien teknisten vapautumisesteiden sisään, jotka yhdessä jätteiden vakaan olomuodon kanssa rajoittavat merkittävästi radioaktiivisten aineiden vapautumista useiden satojen ja jopa useiden tuhansien vuosien ajan, jolloin jätteen radioaktiivisuus laskee murto-osaan alkuperäisestä.

Teknisten vapautumisesteiden lisäksi loppusijoitustiloja ympäröivä kallio rajoittaa edelleen radioaktiivisten aineiden pääsyä maanpinnalle. Pitkälläkin aikavälillä vain pieni osa jätteen sisältämistä radioaktiivisista aineista voi päätyä maanpinnalle. Näitä ilmiöitä tarkastellaan pitkäaikaisturvallisuusperustelussa kuvaamalla ja mallintamalla jätteen ja teknisten vapautumisesteiden pitkän aikavälin kehityskulkua mukaan lukien radioaktiivisten isotooppien irtoaminen jätteestä, vuorovaikutus vapautumisesteiden kanssa, kulkeutuminen muun muassa pohjaveden virtauksen mukana ja diffuusion avulla sekä edelleen maanpinta- ja vesistöympäristön ravintoketjuissa.

Suurin osa ydinlaitosjätteen radioaktiivisuudesta on keskiaktiivisessa jätteessä. Keskiaktiivisen ydinlaitosjätteen tärkeimmät tekniset vapautumisesteet ovat teräsbetoninen jäteastia, johon jätteet kiinteytetään yhdessä sementin ja seosaineiden kanssa sekä teräsbetoninen kaukalo, johon jätepakkaukset sijoitetaan, minkä jälkeen jätepakkausten välit täytetään betonilla. Näin loppusijoituskaukalosta muodostuu massiivinen yhtenäinen betoniblokki, jonka



Kuva 7-8. Kaaviokuva Loviisan loppusijoituksen eri komponenteille määritellyistä pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoiminnoista (Nummi 2019, muokattu).

vaurioituminen loppusijoitusolosuhteissa on hyvin hidasta, sillä olosuhteet ovat stabiilit, eikä betonirakenteisiin kohdistu sellaisia maanpäällisiä vaurioitumismekanismeja kuten esim. karbonatisoituminen tai pakkasrasitus. Jätetiloihin sulkemisen teräsbetonitulpilla osaltaan hidastaa vauriomekanismeja rajoittaen pohjaveden virtausta jätetiloihin läpi. Matala-aktiivisen jätteen radioaktiivisuus on niin pieni, että jätetiloihin sulkeminen yhdessä niiden yläpuolella olevan kallion kanssa riittää eristämään jätteet pintaympäristöstä.

Käytöstäpoistojätteiden tekniset vapautumisesteet ovat periaatteessa samantyyppisiä kuin ydinlaitosjätteenkin, mutta merkittävänä erona on, että suurin osa käytöstäpoistojätteen radioaktiivisuudesta on aktivoituneissa, ts. neutronisäteilyn vaikutuksesta radioaktiivisiksi muuttuneissa teräsosissa. Tällöin radioaktiivisuus vapautuu jätteestä vasta kun kyseiset teräsosat korrodoituvat. Loppusijoitusolosuhteissa teräksen korrosio on erittäin hidasta, sillä pian sulkemisen jälkeen loppusijoitustilan olosuhteet muuttuvat hapettomiksi (anaerobisiksi) ja betoniset vapautumisesteet pitävät tilan pH:n korkeana. Näiden molempien tekijöiden, samoin kuin loppusijoitustilan verrattain matalan lämpötilan (n. 10 °C) ansiosta korrosio on hidasta.

7.9.3 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet

Suomessa, Loviisan voimalaitoksen ulkopuolella, syntyneistä radioaktiivisista jätteistä on tarkasteltu VTT:n FIR 1 -tutkimusreaktorin ja Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion käytöstäpoistojätteen pitkäaikaisturvallisuusvaikutuksia erillisessä turvallisuusanalyysissä. Kaikkien ulkopuolisten jätteiden loppusijoitusta suunnitellaan ja sen vaikutuksia arvioidaan tarkemmin asian tullessa ajankohtaiseksi. Tällöin on myös käytettävissä tarkempia tietoja jätteen ominaisuuksista, jolloin voidaan tarkemmin arvioida pitkäaikaisturvallisuutta ja tarvittaessa varmistaa sitä esim. jätepakkausten suunnitteluratkaisuilla.

Lähtökohtaisesti muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen käsittelyssä ja loppusijoituksessa noudatetaan Loviisan voimalaitoksen vakiintuneita käytäntöjä, menettelyitä ja ohjeistusta, joilla varmistetaan sekä henkilöstön säteilysuojelusta että jätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuudesta. Näihin käytäntöihin kuuluvat mm. mahdollisten uusien jätetyyppien pitkäaikaisturvallisuusvaikutusten arviointi.



8. Ympäristö- vaikutusten arviointi- menettely ja osallistuminen

8.1 LÄHTÖKOHDAT

YVA-menettelyn tarkoituksena on paitsi edistää ympäristövaikutusten arviointia ja ympäristövaikutusten huomioon ottamista jo hankkeiden suunnitteluvaiheessa, myös lisätä tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia niiden suunnitteluun. YVA-menettely tehdään ennen lupamenettelyä ja sen tarkoitus on vaikuttaa hankkeen suunnitteluun ja päätöksentekoon. Viranomainen ei saa myöntää lupaa hankkeen toteuttamiseen ennen kuin se on saanut käyttöönsä arviointiselostuksen ja yhteysviranomaisen perustellun päätelmän sekä valtioiden rajat ylittäviin vaikutuksiin liittyvät kansainvälistä kuulemista koskevat asiakirjat.

Tiettyjen julkisten ja yksityisten hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnista 13.12.2011 annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2011/92/EU, YVA-direktiivi) on Suomessa saatettu voimaan lailla ympäristövaikutusten arvioinnista (YVA-laki, 252/2017) ja valtioneuvoston asetuksella ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-asetus, 277/2017). Ensimmäinen YVA-direktiivi on vuodelta 1985 (85/337/ETY), ja tuli voimaan Suomessa 1995. Direktiiviä on muutettu useaan otteeseen, samoin kuin YVA-lakia ja -asetusta.

YVA-lain liitteessä 1 luetellaan hankkeet, joihin sovelletaan YVA-menettelyä. Hankeluettelon 7b-kohdan nojalla YVA-lain mukainen arviointimenettely koskee ydinvoimalaitoksia ja muita ydinreaktoreita mukaan lukien näiden laitosten tai reaktoreiden purkaminen tai käytöstäpoistaminen. Lisäksi 7d-kohdan mukaan YVA-menettelyä sovelletaan laitoksiin, jotka on suunniteltu muun muassa käytetyn ydinpolttoaineen tai korkea-aktiivisen jätteen käsittelyyn, ydinjätteen tai muun radioaktiivisen jätteen loppusijoittamiseen tai käytetyn ydinpolttoaineen, muun ydinjätteen tai muun radioaktiivisen jätteen pitkäaikaiseen varastointiin muualla kuin tuotanto-paikassa.

8.2 OSAPUOLET

YVA-menettelyn osapuolet tässä hankkeessa on esitetty taulukossa 8-1. YVA-selostuksen laatimiseen osallistuneet asiantuntijat on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 8-1. YVA-menettelyn osapuolet.

Osapuolet	
Hankkeesta vastaava	Fortum Power and Heat Oy (toiminnanharjoittaja, joka on vastuussa hankkeen valmistelusta ja toteuttamisesta)
Yhteysviranomainen	TEM (huolehtii siitä, että hankkeen ympäristövaikutusten arviointimenettely järjestetään YVA-lainsäädännön mukaisesti)
YVA-konsultti	Ramboll Finland Oy (vastannut YVA-ohjelman ja -selostuksen laadinnasta YVA-lainsäädännön mukaisesti)
Muut osapuolet	- Ympäristöministeriö (kansainvälisen kuulemisen järjestäminen) ja kansainväliseen kuulemiseen osallistuvat valtiot - Loviisan kaupunki ja paikalliset sidosryhmät - Muut viranomaiset ja asiantuntijat, joilta yhteysviranomainen pyytää lausuntoja - YVA-menettelyn seurantaryhmä - Muut tahot, joiden oloihin tai etuihin hanke saattaa vaikuttaa, mukaan lukien yleisö - Tiedotusvälineet

8.3 VAIHEET JA SISÄLTÖ

YVA-menettely on kaksivaiheinen. Molemmissa vaiheissa tuotetaan omat raportit, joita ovat ympäristövaikutusten arviointiohjelma (YVA-ohjelma) ja ympäristövaikutusten arviointiselostus (YVA-selostus). Lisäksi tässä hankkeessa YVA-menettelyn rinnalla toteutetaan ns. kansainvälinen kuuleminen (luku 8.3.3). Kuvassa 8-1 on esitetty yhteenveto YVA-menettelyn vaiheista Suomessa ja kansainvälisen kuulemisen linkittymisestä siihen.

8.3.1 YVA-ohjelma

YVA-menettelyn ensimmäisessä vaiheessa laaditaan ympäristövaikutusten arviointiohjelma, jossa esitetään suunnitelma ympäristövaikutusten arviointimenettelyn järjestämisestä ja siinä tarvittavista selvityksistä. YVA-asetuksen mukaan arviointiohjelman tulee sisältää riittävässä laajuudessa muun muassa:

- kuvaus hankkeesta ja sen tarkoituksesta, suunnitteluvaiheesta sekä sijainnista
- hankkeen kohtuulliset vaihtoehdot, joista yhtenä on hankkeen toteuttamatta jättäminen
- tiedot hankkeen toteuttamisen edellyttämistä suunnitelmista, luvista ja päätöksistä
- kuvaus todennäköisen vaikutusalueen ympäristön nykytilasta, suunnitellut tai jo tehdyt selvitykset ja käytettävät menetelmät ja oletukset
- suunnitelma YVA-menettelyn ja osallistumisen järjestämisestä
- aikataulu.

Tämän hankkeen YVA-menettely käynnistyi, kun hankkeesta vastaava toimitti YVA-ohjelman yhteysviranomaiselle 13.8.2020. Yhteysviranomainen kuulutti hankkeen YVA-menettelystä 27.8.2020 ja YVA-ohjelma oli nähtävillä lausuntojen ja mielipiteiden antamista varten 27.8.-26.10.2020. Tämän jälkeen yhteysviranomainen kokosi annetut mielipiteet ja lausunnot yhteen sekä antoi oman lausuntonsa YVA-ohjelmasta 23.11.2020. Samanaikaisesti toteutettiin kansainvälinen kuuleminen (luku 8.3.3).

8.3.2 YVA-selostus

YVA-menettelyn toisessa vaiheessa tehdään varsinainen ympäristövaikutusten arviointi YVA-ohjelman ja siitä saadun yhteysviranomaisen lausunnon pohjalta. Arviointityön tulokset kootaan YVA-selostukseen, joka valmistuessaan toimitetaan yhteysviranomaiselle. YVA-asetuksen mukaan YVA-selostuksessa tulee esittää tarpeellisessa määrin seuraavat tiedot:

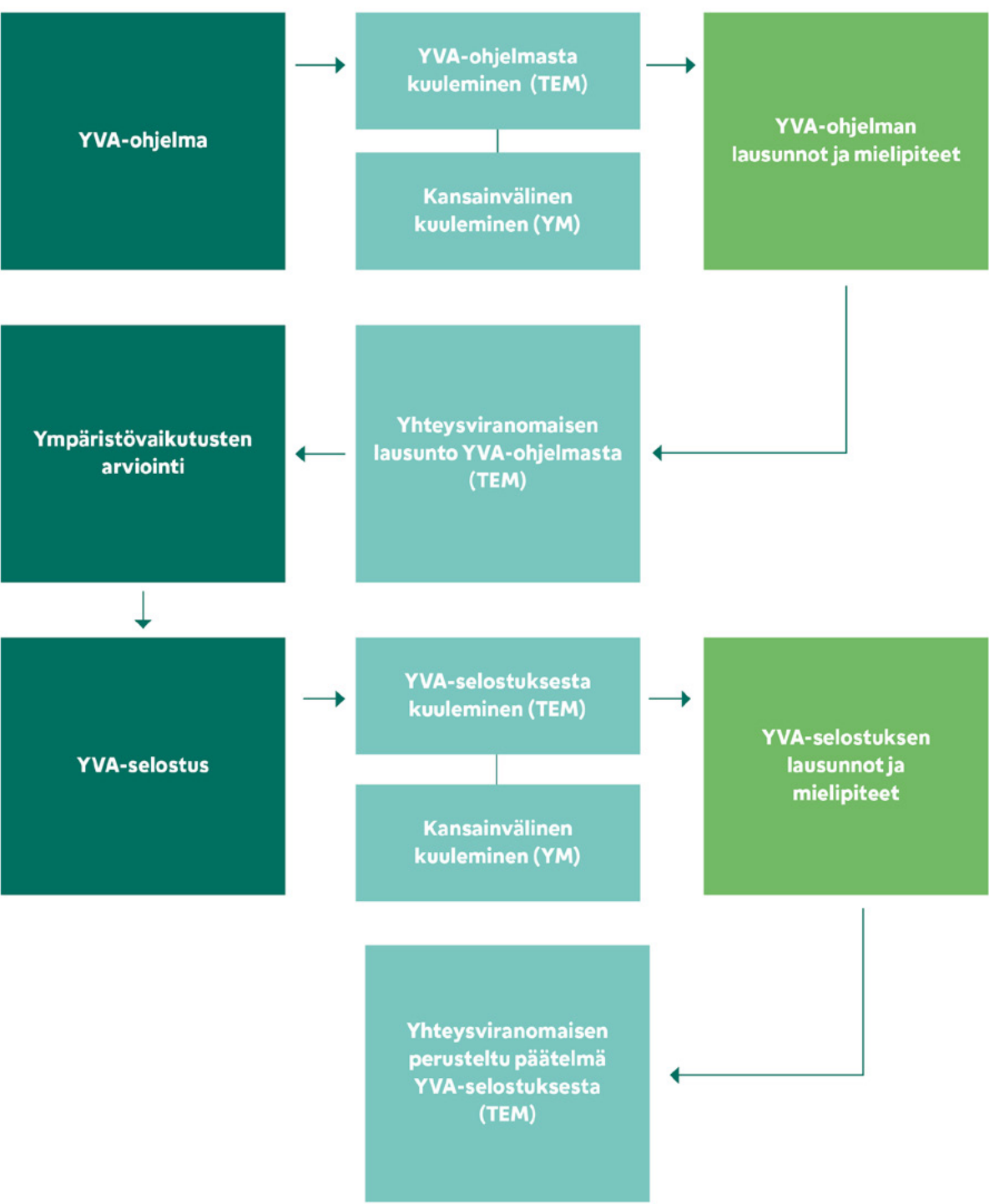
- Kuvaus hankkeesta ja sen tarkoituksesta, sijainnista, koosta, maankäyttötarpeesta sekä tärkeimmistä ominaisuuksista ottaen huomioon hankkeen eri vaiheet ja poikkeustilanteet.
- Tiedot hankkeesta vastaavasta, hankkeen suunnittelu- ja toteuttamisaikataulusta, toteuttamisen edellyttämistä suunnitelmista, luvista ja niihin rinnastettavista päätöksistä sekä hankkeen liittymisestä muihin hankkeisiin.

- Selvitys hankkeen ja sen vaihtoehtojen suhteesta maankäyttösuunnitelmiin sekä hankkeen kannalta olennaisiin luonnonvarojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin ja ohjelmiin.
- Kuvaus vaikutusalueen ympäristön nykytilasta ja sen todennäköisestä kehityksestä, jos hanketta ei toteuteta.
- Arvio ja kuvaus hankkeen ja sen kohtuullisten vaihtoehtojen todennäköisesti merkittävistä ympäristövaikutuksista sekä kuvaus valtioiden rajat ylittävistä ympäristövaikutuksista. Todennäköisesti merkittävien ympäristövaikutusten arvion ja kuvauksen on katettava hankkeen välittömät ja välilliset, kasautuvat, lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin pysyvät ja väliaikaiset, myönteiset ja kielteiset vaikutukset sekä yhteisvaikutukset muiden olemassa olevien ja hyväksytyjen hankkeiden kanssa.
- Arvio mahdollisista onnettomuuksista ja niiden seurauksista sekä toimenpiteet näihin tilanteisiin varautumisesta mukaan lukien ehkäisy- ja lieventämistoimet.
- Vaihtoehtojen ympäristövaikutusten vertailu.
- Tiedot valitun vaihtoehdon tai vaihtoehtojen valintaan johtaneista pääasiallisista syistä, mukaan lukien ympäristövaikutukset.
- Ehdotus toimiksi, joilla vältetään, ehkäistään, rajoitetaan tai poistetaan tunnistettuja merkittäviä, haitallisia ympäristövaikutuksia.
- Ehdotus mahdollisista merkittäviin haitallisiin ympäristövaikutuksiin liittyvistä seurantajärjestelyistä.
- Selvitys arviointimenettelyn vaiheista osallistumismenettelyineen ja liittymisestä hankkeen suunnitteluun.
- Luettelo lähteistä, joita on käytetty selostukseen sisältyvien kuvausten ja arviointien laadinnassa.
- Kuvaus menetelmistä, joita on käytetty merkittävien ympäristövaikutusten tunnistamisessa, ennustamisessa ja arvioinnissa sekä tiedot vaadittuja tietoja koottaessa todetuista puutteista ja tärkeimmistä epävarmuustekijöistä.
- Tiedot arviointiselostuksen laatijoiden pätevyydestä.
- Selvitys siitä, miten yhteysviranomaisen lausunto arviointiohjelmasta on otettu huomioon.

Yhteysviranomainen asettaa arviointiselostuksen YVA-ohjelman tavoin julkisesti nähtäville, jonka kestoksi on tässä hankkeessa sovittu yhteysviranomaisen kanssa 60 päivää. Myös YVA-selostusvaiheessa toteutetaan kansainvälinen kuuleminen (luku 8.3.3). YVA-selostuksen ja siitä annettujen lausuntojen pohjalta yhteysviranomainen laatii perustellun päätelmän hankkeen merkittävimmistä ympäristövaikutuksista, jotka tulee ottaa huomioon myöhemmissä lupaprosesseissa. Arviointiselostus ja yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä liitetään lupahakemusasiakirjoihin.

8.3.3 Kansainvälinen kuuleminen

Kansainvälisen yhteistyön periaatteet ympäristövaikutusten arvioinnissa on määritetty Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista hyväksytyssä yleissopi-



Kuva 8-1. YVA-menettelyn vaiheet. TEM = työ- ja elinkeinoministeriö, YM = ympäristöministeriö.

muksessa (SopS 67/1997, Espoon sopimus). Espoon sopimus määrittää yleiset velvollisuudet järjestää jäsenvaltioiden viranomaisten ja kansalaisten kuuleminen kaikissa hankkeissa, joilla on todennäköisesti merkittäviä, valtioiden rajat ylittäviä ympäristövaikutuksia. Myös YVA-direktiivissä säädetään hankkeen tiedottamisesta ja lisäksi YVA-direktiivi edellyttää, että jäsenvaltion on voitava osallistua toisen jäsenvaltion arviointimenettelyyn niin vaatiessaan. Kansainvälisesti yleisön osallistumis- ja muutoksenhakuoikeudesta säädetään YVA-direktiivin lisäksi tiedon saannista, yleisön osallistumisoikeudesta sekä muutoksenhaku- ja vireillepano-oikeudesta ympäristöasioissa tehdyssä yleissopimuksessa (SopS 121-122/2004, Århusin yleissopimus). Århusin yleissopimuksen tavoitteena on muun muassa, että yleisö voi osallistua päätöksentekoon ympäristöasioissa. Århusin yleissopimus on saatettu voimaan EU:ssa useammalla direktiivillä, kuten YVA-direktiivillä.

Espoon sopimuksen, YVA-direktiivin ja Århusin sopimuksen velvoitteet kuulemisesta on Suomessa saatettu voimaan muun muassa YVA-lailla ja -asetuksella. Suomessa YVA-menettelyn kansainvälisen kuulemisen yhteysviranomaisena toimii ympäristöministeriö.

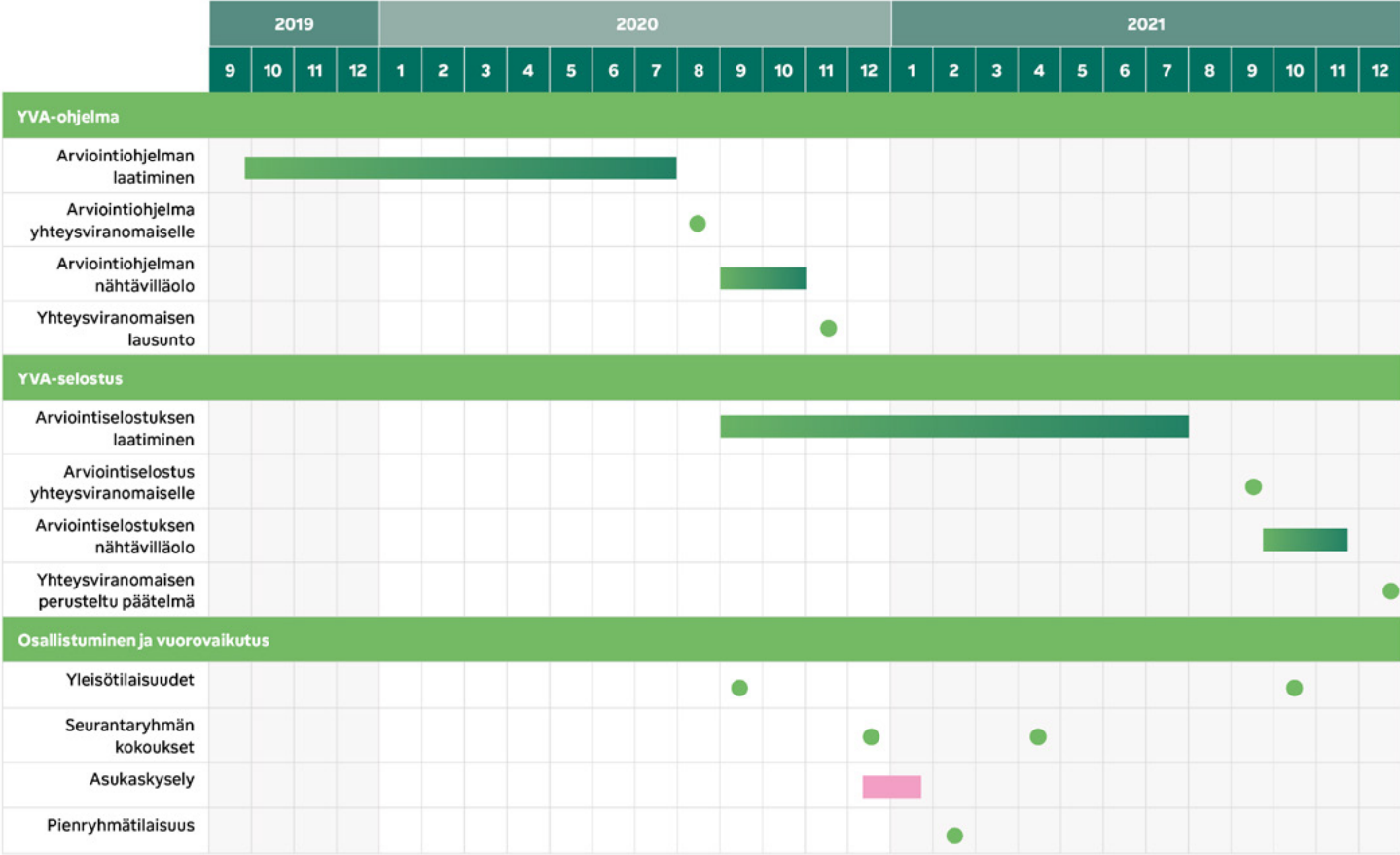
Tämän hankkeen osalta YVA-ohjelmavaiheessa ympäristöministeriö ilmoitti hankkeen YVA-menettelyn aloittamisesta kohdevaltioiden ympäristöviranomaisille ja tiedusteli

halukkuutta osallistua YVA-menettelyyn. Ilmoitukseen liitettiin kohdevaltion kielelle käännetty YVA-ohjelman yhteenvetoasiakirja ja ruotsin tai englannin kielelle käännetty YVA-ohjelma. Espoon sopimuksen mukaisessa kansainvälisessä kuulemisessa Ruotsi, Viro, Venäjä, Norja, Tanska, Liettua, Saksa ja Itävalta ilmoittivat osallistuvansa hankkeen YVA-menettelyyn. Latvia ja Puola eivät katsoneet olevansa kohdeosapuolia eivätkä näin osallistuneet YVA-menettelyyn. Hankkeen YVA-menettelystä tiedotettiin lisäksi kaikkia muita Espoon sopimuksen osapuolia. Näistä Itävalta ja Hollanti vastasivat haluavansa saada Espoon sopimuksen mukaisen ilmoituksen, joka toimitettiin niille. Kohdevaltioilta saamansa palautteet Suomen ympäristöministeriö välitti YVA-yhteysviranomaiselle (TEM) otettavaksi huomioon omassa lausunnossaan YVA-ohjelmasta.

Vastaava kansainvälinen kuulemismenettely järjestetään myös YVA-selostusvaiheessa niille kohdeosapuolille, jotka ovat ilmoittaneet osallistuvansa YVA-menettelyyn.

8.4 YVA-MENETTELYN AIKATAULU

YVA-menettelyn keskeiset vaiheet ja alustava aikataulu on esitetty kuvassa 8-2. YVA-menettely päättyy, kun yhteysviranomainen on antanut YVA-selostuksesta perustellun päätelmän.



Kuva 8-2. YVA-menettelyn suuntaa-antava aikataulu.

8.5 OSALLISTUMINEN JA VUOROVAIKUTUS

YVA-menettely toteutetaan vuorovaikutteisesti, jotta eri osapuolet saavat mahdollisuuden keskustella ja ilmaista mielipiteensä hankkeesta ja sen vaikutuksista. Yhtenä YVA-menettelyn keskeisenä tavoitteena on edistää hankkeesta tiedottamista ja parantaa osallistumismahdollisuuksia hankkeen suunnitteluun. Osallistumisen myötä saadaan esille eri sidosryhmien näkemykset.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn voivat osallistua kaikki, joiden oloihin ja etuihin, kuten asumiseen, työntekoon, liikkumiseen, vapaa-ajanviettoon tai muihin elinoloihin, toteutettava hanke saattaa vaikuttaa. Kansalaiset voivat YVA-lainsäädännön mukaan antaa mielipiteensä YVA-ohjelmasta ja -selostuksesta niiden nähtävillä oloaikana yhteysviranomaiselle.

YVA-menettelyn vuorovaikutussuunnitelma kattaa hankkeen tiedotuksen, tiedonhankinnan eri osapuolilta, kaikille avoimet vuoropuhelutilaisuudet sekä eri sidosryhmien yhteistyön.

8.5.1 Ennakkoneuvottelu

Ennen YVA-menettelyn aloittamista sekä sen aikana järjestettiin ennakkoneuvotteluita hankkeesta vastaavan, YVA-yhteysviranomaisen ja muiden keskeisten viranomaisten välillä. Ennakkoneuvotteluiden tavoitteena oli edistää hankkeen vaatimien arviointi-, suunnittelu- ja lupamenettelyjen kokonaisuuden hallintaa, hankkeesta vastaavan ja viranomaisten välistä tiedonvaihtoa sekä parantaa selvitysten ja asiakirjojen laatua ja käytettävyyttä sekä sujuvoittaa menettelyjä.

8.5.2 YVA-menettelyn yleisötilaisuudet

YVA-menettelyn yleisötilaisuuksissa kansalaiset voivat tuoda esille näkemyksiään hankkeesta ja arvioitavista vaikutuksista sekä saada lisätietoa.

YVA-ohjelman valmistumisen jälkeen hanketta ja YVA-menettelyä koskeva kaikille avoin yleisötilaisuus järjestettiin 3.9.2020 Loviisassa paikallisessa yläkoulussa (Lovisavikens skola). Koronaviruspandemiaan liittyvien rajoitusten vuoksi tilaisuuteen järjestettiin mahdollisuus osallistua myös suora-toiston kautta.

YVA-selostuksen valmistuttua ja sen kuuluttamisen jälkeen järjestetään myös yleisötilaisuus, jonka tarkemmat tiedot esitetään YVA-selostuksen kuulutuksessa.

8.5.3 Seurantaryhmä

Arviointimenettelyä varten perustettiin seurantaryhmä, jonka tarkoituksena oli edistää tiedonkulkua ja -vaihtoa

hankkeesta vastaavan, viranomaisten ja alueen keskeisten sidosryhmien välillä YVA-selostusta laadittaessa. Seurantaryhmään kutsuttiin mukaan seuraavat tahot:

- Työ- ja elinkeinoministeriö
- Säteilyturvakeskus
- Ympäristöministeriö
- Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus Varsinais-Suomen ELY-keskus, kalatalousviranomainen
- Etelä-Suomen aluehallintovirasto
- Loviisan kaupunki
- Pyhtään kunta
- Lapinjärven kunta
- Uudenmaan liitto
- Kymenlaakson liitto
- Itä-Uudenmaan pelastuslaitos
- Itä-Uudenmaan poliisilaitos
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
- Posiva Oy
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
- Loviisan Vesiliikelaitos
- Posintra Oy
- Cursor Oy
- Lovisa skärgårds fiskeriområde
- Loviisan Smoltti
- Itä-Uudenmaan luonnon- ja ympäristönsuojeluyhdistys
- Natur och miljö rf.

Seurantaryhmän työskentelyyn osallistuvat lisäksi hankkeesta vastaavan ja YVA-konsultin edustajat. Seurantaryhmä kokoontui ensimmäisen kerran 17.12.2020 ja toisen kerran 14.4.2021.

8.5.4 Asukaskysely

YVA-selostusvaiheessa toteutettiin asukaskysely, jolla kartoitettiin alueen asukkaiden suhtautumista hankkeeseen. Asukaskyselyn materiaali toimi myös aineistona vaikutusten arviointia varten. Lisätietoja asukaskyselystä ja sen tuloksista on koottu lukuun 9.19.

8.5.5 Pienryhmätilaisuus

YVA-selostusvaiheessa järjestettiin pienryhmätilaisuus, joissa jaettiin tietoa hankkeesta ja YVA-menettelystä sekä kuultiin hankkeesta kiinnostuneita. Tilaisuuteen pystyi ilmoittautumaan asukaskyselyn kautta saadulla linkillä. Pienryhmätilaisuudesta on kerrottu tarkemmin luvussa 9.19.

8.5.6 Tiedottaminen ja viestintä

YVA-ohjelma ja -selostus julkaistiin työ- ja elinkeinoministeriön internetsivuilla. Asiakirjat olivat nähtävillä yhteysviranomaisen kuulutuksessa mainitun mukaisesti. YVA-ohjelma ja -selostus ovat myös saatavilla Fortumin internetsivuilla, jossa esitetään lisäksi muun muassa ajantasaista tietoa hankkeesta, ympäristövaikutusten arviointimenettelystä ja luvituksesta. Lisäksi Fortum tiedottaa hankkeen etenemisestä sekä esimerkiksi järjestettävistä tiedotus- ja yleisötilaisuuksista.

8.6 YHTEYSVIRANOMAISEN LAUSUNTO YVA-OHJELMASTA JA SEN HUOMIOON OTTAMINEN

Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi YVA-ohjelmasta lausuntoja seuraavilta tahoilta:

- Ympäristöministeriö
- Sisäministeriö
- Ulkoministeriö
- Puolustusministeriö
- Maa- ja metsätalousministeriö
- Liikenne- ja viestintäministeriö
- Sosiaali- ja terveysministeriö
- Valtiovarainministeriö
- Säteilyturvakeskus
- Ydinturvallisuusneuvottelukunta
- Etelä-Suomen aluehallintovirasto
- Uudenmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus
- Uudenmaan liitto
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
- Suomen ympäristökeskus
- Itä-Uudenmaan pelastuslaitos
- Itä-Uudenmaan poliisilaitos
- Loviisan kaupunki
- Pyhtään kunta
- Porvoon kaupunki
- Lapinjärven kunta
- Myrskylän kunta
- Kouvolan kaupunki
- Korkeakoulutettujen työmarkkinakeskusjärjestö AKAVA ry
- Elinkeinoelämän keskusliitto
- Energiateollisuus ry
- Geologian tutkimuskeskus
- Greenpeace
- Fennovoima Oy
- Fingrid Oyj
- Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto ry
- Museovirasto
- Porvoon museo
- Natur och Miljö rf
- Posiva Oy
- Teknologian tutkimuskeskus Oy
- Teollisuuden Voima Oyj
- Toimihenkilökeskusjärjestö ry
- Suomen luonnonsuojeluliitto ry
- Suomen yrittäjät ry
- Suomen Ammattiliittojen Keskusjärjestö ry
- World Wildlife Fund Suomi.

Yhteysviranomainen sai YVA-ohjelmasta yhteensä 39 kappaletta kansallisen kuulemisen lausuntoja ja mielipiteitä. EU-kansalaisten ja -järjestöjen lausuntoja vastaanotettiin yhteensä 20 kappaletta. Lausunnot ja mielipiteet löytyvät kokonaisuudessaan työ- ja elinkeinoministeriön internetsivuilta.

Työ- ja elinkeinoministeriö antoi lausuntonsa hankkeen YVA-ohjelmasta 23.11.2020 (TEM 2020b; liite 2). Lausunnon saan työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että ympäristövaikutusten arviointiohjelma kattaa YVA-asetuksen 3 §:n mukaiset sisältövaatimukset.

Liitteen 3 taulukossa on esitetty kootusti pääkohdat, joihin yhteysviranomaisen lausunnon mukaan tuli kiinnittää huomiota vaikutusten arviointityön aikana tai täydentää arviointiselostusta laadittaessa. Taulukossa on myös esitetty, kuinka lausunto on otettu huomioon tätä YVA-selostusta laadittaessa.

8.7 LAUSUNNOT JA MIELIPITEET YVA-OHJELMASTA

YVA-yhteysviranomainen on omassa lausunnossaan YVA-ohjelmasta ottanut kootusti huomioon saadut lausunnot ja mielipiteet (ml. yhteysviranomaisen pyytämät lausunnot, kansainvälisen kuulemisen lausunnot sekä muut lausunnot ja mielipiteet). Keskeiset kommentit, kysymykset lausunnoista ja mielipiteistä sekä vastaukset niihin on koottu liitteeseen 3.

8.8 YVA-MENETTELYN HUOMIOON OTTAMINEN SUUNNITTELUSSA JA PÄÄTÖKSENTEOSSA

Hankkeen suunnittelua tehdään samaan aikaan ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä, mutta suunnittelu jatkuu ja tarkentuu arviointimenettelyn jälkeen osana lupa- ja muita prosesseja. Ympäristövaikutusten lieventäminen ja ehkäiseminen pyritään mahdollisimman tehokkaasti ottamaan huomioon suunnittelun, lupamenettelyn ja toteutuksen eri vaiheissa.

YVA-selostus ja siitä annettu yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä liitetään hanketta koskeviin lupahakemuksiin, joita lupaviranomaiset käyttävät omassa päätöksenteossaan. Perustellussa päätelmässä esiin nostetut asiat huomioidaan tulevissa lupavaiheissa. Hankkeen tarvitsemia lupia, suunnitelmia ja päätöksiä on kuvattu luvussa 12.



9. Ympäristö-vaikutusten arviointi

9.1 ARVIOINNIN LÄHTÖKOHDAT

9.1.1 Arvioitavat vaikutukset

Tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa tehtävänä on arvioida tarkasteltavan hankkeen ympäristövaikutukset YVA-lain ja -asetuksen edellyttämällä tavalla ja tarkkuudella. YVA-lain mukaan YVA-menettelyssä arvioidaan hankkeeseen liittyvien toimintojen välittömiä ja välillisiä vaikutuksia, jotka kohdistuvat:

- väestöön sekä ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen
- maahan, maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvilisuuteen sekä eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen, erityisesti suojeltuihin lajeihin ja luontotyyppeihin
- yhdyskuntarakenteeseen, aineelliseen omaisuuteen, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön
- luonnonvarojen hyödyntämiseen sekä
- edellä mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin.

YVA-asetuksen 4 §:n mukaan arviointiselostuksessa esitetään arvio ja kuvaus hankkeen sekä sen kohtuullisten vaihtoehtojen todennäköisesti merkittävistä ympäristövaikutuksista sekä vaihtoehtojen ympäristövaikutusten vertailu. Ympäristövaikutusten arviointityön tulokset on esitetty luvuissa 9.2-9.24 vaikutuksittain.

Vaikutusarviointiosioden yhteydessä on käsitelty seuraavat asiat:

- arvioinnin päätulokset
- lähtötiedot ja arviointimenetelmät
- ympäristön nykytila
- käytön jatkamisen ympäristövaikutukset
- käytöstäpoiston ympäristövaikutukset
- muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen käsittelyn, välivarastoinnin ja loppusijoituksen ympäristövaikutukset
- vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyyden arviointi
- haitallisten vaikutusten ehkäisy- ja lieventämistoimet
- arviointiin liittyvät epävarmuustekijät.

Poikkeus- ja onnettomuustilanteita koskevat luvut (9.21 ja 9.22) ovat rakenteeltaan hieman erilaisia kuin yllä esitetty.

9.1.2 Vaikutusten ajoittuminen ja tarkastelu

YVA-menettelyssä tarkasteltavat vaihtoehdot on kuvattu luvussa 2. Vaikutusten arvioinnissa luvussa 9 on tarkasteltu vaihtoehtoihin sisältyviä toimintavaiheita, joita ovat käytön jatkaminen, käytöstäpoisto ja muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto. Luvussa 10 on vertailtu eri toimintavaiheista koostuvia vaihtoehtoja.

Käytön jatkaminen sisältyy ainoastaan vaihtoehtoon VE1. Käytöstäpoiston toimintavaihe on osa kaikkia vaihtoehtoja (VE1, VE0 ja VE0+). Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto kuuluu vaihtoehtoihin VE1 ja VE0+, ja sitä on tarkasteltu erillisenä toimintana.

Käytön jatkamisen toimintavaihe ulottuu noin vuoteen 2050 saakka. Käytöstäpoistoon liittyvät vaiheet voivat toteutua noin vuosina 2025-2065 (VE0, VE0+) tai 2045-2090 (VE1). Muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle niin kauan kuin jätteen käsittelyyn tarvittavat järjestelmät ovat käytettävissä. Vaihtoehdossa VE1 tämä on mahdollista enintään vuoteen 2090 saakka ja vaihtoehdossa VE0+ enintään vuoteen 2065 saakka.

Vaikutusten arviointi on luvussa 9 jaettu seuraaviin toimintavaiheisiin:

Käytön jatkaminen

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen enintään noin 20 vuodella nykyisen käyttölupajakson jälkeen (v. 2027/2030). Tarkastelu ulottuu noin vuoteen 2050 saakka.

Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana voimalaitoksen toiminta on saman tyyppistä kuin nykyisinkin. Voimalaitosalueella tehtäviä mahdollisia muutoksia ovat:

- alueen lisärakentaminen
- voimalaitoksen käyttö- ja jätevesijärjestelyt
- käytetyn polttoaineen välivaraston laajentaminen tai kapasiteetin kasvattaminen.

Vaikutusarvioinnissa tarkastellaan käytön jatkamiseen liittyvien toimintojen ja niihin liittyvien mahdollisten muutoksien aikaansaamia ympäristövaikutuksia. Arviointityössä tarkastellaan erityisesti vaikutuksia, jotka muuttuvat tai eroavat nykyisen toiminnan vaikutuksista ja jotka syntyvät lisäkäyttövuosien johdosta.

Käytöstäpoisto

Toimintavaiheessa tarkastellaan Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistoa. Vaikutusarvioinnissa keskitytään tarkastelemaan erityisesti seuraavien käytöstäpoistoon liittyvien vaiheiden aikaansaamia ympäristövaikutuksia:

- VLJ-luolan laajennus
- purkuvaihe 1
- itsenäistettävien laitososien käyttö
- purkuvaihe 2
- VLJ-luolan sulkeminen.

VLJ-luola on käytössä koko ajan sulkemiseensa asti.

Käytöstäpoiston ympäristövaikutuksien arviointi pohjautuu ensisijaisesti viimeisimpään, vuonna 2018 valmistuneeseen, Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelmaan, joka kattaa radioaktiivisten laitososien purkamisen, jätteiden käsittelyn ja radioaktiivisen jätteen loppusijoituksen (brownfield-periaate). Lisäksi on tarkastelu ei-radioaktiivisten laitososien purkuun, jätteiden käsittelyyn ja voimalaitosalueen jatkokäyttöön (greenfield-periaate) liittyviä ympäristövaikutuksia. Arviointityössä tarkastellaan erityisesti vaikutuksia, jotka muuttuvat tai eroavat nykyisen toiminnan vaikutuksista.

Muualla Suomessa muodostunut radioaktiivinen jäte

Toimintavaiheeseen kuuluu muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus Loviisan voimalaitosalueella.

9.1.3 Voimalaitosalue ja vaikutusalue

Tässä YVA:ssa voimalaitosalueella tarkoitetaan Hästholmenin aluetta, johon sijoittuvat voimalaitoksen nykyiset toiminnot ja niihin hankkeessa suunnitellut muutokset (Kuva 1-5).

Ympäristövaikutusten kohdistuminen voimalaitosalueelle tai yltäminen voimalaitosalueen ulkopuolelle kuvaa hankkeen ympäristövaikutusten varsinaista vaikutusaluetta. Se vaihtelee vaikutuksittain. Ympäristövaikutusten arvioinnin tulokset vaikutusalueineen on kuvattu luvuissa 9.2-9.24. Ympäristövaikutusten tarkastelualueet on määritetty vaikutusarvioinnin yhteydessä vaikutusosa-alueittain niin suuriksi, ettei merkittäviä ympäristövaikutuksia voida olettaa ilmenevän enää tarkasteltavan alueen ulkopuolella.

9.1.4 Vaikutusten arvioinnin lähestymistapa ja menetelmät

Ympäristövaikutusten arvioinnin tarkoituksena on järjestelmällisesti tunnistaa syntyvät vaikutukset sekä niiden merkittävyys. Vaikutuksella tarkoitetaan hankkeen, sen vaihtoehdon tai niihin liittyvän toiminnon aiheuttamaa muutosta ympäristön nykytilaan. Ympäristövaikutukset voivat olla joko kielteisiä tai myönteisiä tai niissä ei ilmene muutoksia lainkaan nykytilanteeseen verrattuna.

Tässä YVA-selostuksessa nykytilalla tarkoitetaan voimalaitosalueen ympäristön tämän hetkistä tilaa, jossa voimalaitos on käytössä. Muutoksen suuruuteen voivat vaikuttaa muun muassa sen laajuus, ajallinen kesto tai voimakkuus. Näin ollen muutos voi olla toiminnassa tapahtuvasta muutoksesta aiheutuva suora vaikutus ympäristöön tai ajallisesti pitkään jatkuva toiminta, joka ylläpitää ympäristöön kohdistuvaa vaikutusta.

Kunkin vaikutuksen arviointi etenee järjestelmällisesti siten, että:

1. tunnistetaan vaikutuksen alkuperä sekä kuvataan arvioinnissa käytetyt lähtötiedot ja menetelmät
2. kuvataan vaikutuskohteen nykytila ja sen perusteella arvioidaan sen herkkyys eli kyky vastaanottaa tarkasteltavaa vaikutusta
3. kuvataan ympäristövaikutukset ja niiden aiheuttaman muutoksen suuruus
4. arvioidaan vaikutuksen merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella sekä tehdään johtopäätökset merkittävistä vaikutuksista
5. vertaillaan eri vaihtoehtoja ja tunnistetaan niiden erot toteuttamiskelpoisuuden kannalta
6. esitetään mahdollisesti tarvittavat haitallisten vaikutusten lieventämistoimenpiteet
7. pohditaan vaikutusten arviointiin vaikuttavia epävarmuustekijöitä.

Vaikutus on suunnitellun toiminnon aiheuttama muutos ympäristössä.

Muutos arvioidaan suhteessa sen laajuuteen, ajalliseen kestoon tai voimakkuuteen.

Vaikutuskohteen herkkyys

Vaikutuskohteen herkkyydellä tarkoitetaan ympäristön kykyä vastaanottaa muutoksia. Herkkyys määritellään kohteen tai alueen ominaispiirteiden ja nykytilan perusteella. Ominaispiirteitä voivat olla esimerkiksi nykyiset liikenneolosuhteet, melun ja ilmanlaadun nykytilanne tai kohdealueen luonto-, maisema- tai virkistysarvo.

Vaikutuskohteen muutosherkkyys kuvaa kohteen kykyä vastaanottaa, kestää tai sietää hankkeesta aiheutuvia muutoksia. Esimerkiksi virkistysalue on yleensä herkempi muutokselle kuin teollisuusalue. Herkkyyteen vaikuttaa myös se, onko kohde lailla suojeltu tai onko vaikutukselle määritettyjä ohjearvoja, normeja tai suosituksia (esim. melun ohjearvot tai pintavesien ympäristölaatunormit). Ihmisiin kohdistuvissa vaikutuksissa otetaan huomioon myös kohteen käyttäjien tai kokijoiden määrä ja kokemus.

Vaikutuskohteen herkkyyttä arvioidaan neliportaisella asteikolla: vähäinen, kohtalainen, suuri ja erittäin suuri herkkyys, ja se perustuu ympäristön nykytilaan. Vaikutuskohteen herkkyyteen vaikuttavat ominaisuudet sekä arvio herkkyydestä on esitetty kunkin arviointiosa-alueen osalta nykytilan lopussa.

Vaikutuskohteen herkkyys kuvaa kohteen lainsäädännöllistä ohjausta yhteiskunnallista arvoa ja kykyä vastaanottaa hankkeen aiheuttamaa muutosta.

Muutoksen suuruus

Hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruutta määritetään ja arvioidaan useiden muuttujien perusteella. Muutoksen suuruutta arvioitaessa otetaan huomioon sen laajuus, kesto ja voimakkuus. Muutokselle määritetään myös suunta eli onko vaikutus myönteinen vai kielteinen. Maantieteelliseltä laajuudeltaan vaikutus voi olla alueellinen, paikallinen tai Suomen valtion rajat ylittävä. Ajalliselta kestoaltaan vaikutus voi olla väliaikainen, lyhytaikainen, pitkäaikainen tai pysyvä. Lisäksi tarkastellaan myös muita tekijöitä, kuten muutoksen toistuvuus, ajoittuminen, kasautuvuus ja palautuvuus.

Mitattavien muutosten voimakkuutta voidaan joissakin tapauksissa mallintaa lähtötiedoista (esim. jäähdytysveden leviäminen). Laadullisten muutosten voimakkuuden määrittämiseksi tehdään asiantuntija-arvio, jonka subjektiivisuutta pyritään vähentämään esittämällä mahdollisimman läpinäkyvästi ne lähtötiedot, joihin arvio perustuu. Lähtötietojen hankinnassa käytetään useita menetelmiä:

- olemassa olevan toiminnan seurantatiedot
- maastokäynnit ja -tutkimukset
- erilaiset mallinnustekniikat (esim. jäähdytysvesimallinnus)
- vaikutuskohteiden ja alueiden kartoitus paikkatietojärjestelmän avulla
- kirjallisuustietojen, tietokantojen ja tutkimustulosten hyödyntäminen
- osallistavien tiedonhankintamenetelmien käyttäminen (esim. asukaskyselyt, yleisötilaisuudet, pienryhmätilaisuudet)
- arviointiryhmän aiempi kokemus ja asiantuntemus
- lausunnoissa ja mielipiteissä esille tulevien asioiden analysointi.

Muutoksen suuruutta arvioidaan neliportaisella asteikolla: pieni, keski-suuri, suuri ja erittäin suuri muutos. On myös mahdollista, ettei hanke aiheuta muutosta nykytilaan.

Muutoksen suuruuteen vaikuttavat mm. maantieteellinen laajuus, ajallinen kesto, voimakkuus, toistuvuus, ajoittuminen, kasautuvuus ja palautuvuus.

Vaikutuksen merkittävyys

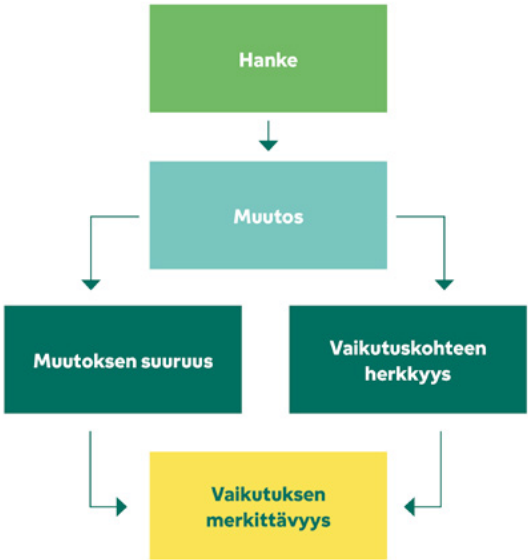
Vaikutuksen merkittävyys (Kuva 9-1) määärtyy vaikutuskohteen kyvystä sietää tarkasteltavaa vaikutusta eli sen herkkyydestä sekä muutoksen suuruudesta. Vaikutuksen merkittävyys määritetään ristiintaulukoimalla vaikutus-

kohteen herkkyys ja muutoksen suuruus eri vaihtoehtojen osalta kunkin vaikutuksen arvioinnin yhteydessä (Kuva 9-2). Vaikutuksen merkittävyys määärtyy neliportaisella asteikolla: vähäinen, kohtalainen, suuri ja erittäin suuri. Vaikutuksen merkittävyys voi olla kielteinen, myönteinen tai vaikutuksia ei ilmene lainkaan.

9.1.5 Selvitykset ja muu arvioinnissa käytetty aineisto

YVA-selostuksen ympäristön nykytilan kuvauksessa ja vaikutusten arvioinnissa käytetyt lähtötiedot on esitetty vaikutuksittain luvuissa 9.2-9.24.

Loviisan voimalaitosalueen läheisyydessä on tehty ympäristöselvityksiä ja –tarkkailuja jo 1960-luvulta alkaen.



Kuva 9-1. Vaikutuksen merkittävyyteen vaikuttavat tekijät.

Vaikutuksen merkittävyyden muodostuminen

Vaikutuksen merkittävyys		Kielteinen				Muutoksen suuruus				Myönteinen	
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri	
Kohteen herkkyys	Vähäinen	Suuri*	Kohtalainen	Vähäinen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri*	
	Kohtalainen	Suuri	Suuri*	Kohtalainen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri*	Suuri	
	Suuri	Erittäin suuri	Suuri	Suuri*	Kohtalainen	Ei vaikutusta	Kohtalainen	Suuri*	Suuri	Erittäin suuri	
	Erittäin suuri	Erittäin suuri	Erittäin suuri	Suuri	Suuri*	Ei vaikutusta	Suuri*	Suuri	Erittäin suuri	Erittäin suuri	

*Jos herkkyys tai muutos on luokan alarajalla, niin merkittävyys voidaan arvioida vähäisemmäksi

Vaikutuksen merkittävyys		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
--------------------------	--	----------------	-------	-------------	----------	---------------	----------	-------------	-------	----------------

Kuva 9-2. Vaikutusten merkittävyys kohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella.

YVA-selostuksen laadinnassa on hyödynnetty alueella tehtyjä tarkkailuja, tutkimuksia ja selvityksiä (mm. jäähdytys- ja jätevedet, merialueen ravinnekuormitus ja virtaukset, kalastus, ympäröivän alueen väestö, elinkeinoelämä, liikenne, kasvillisuus ja eläimistö sekä ympäristön säteilytarkkailu).

- Arviointityön tueksi on lisäksi laadittu seuraavat erillisselvitykset tukemaan olemassa olevaa aineistoa:
- sedimenttien haitta-aineiden selvitys
 - merenpohjan matalataajuusluotaus
 - jäähdytysvesimallinnus
 - linnustoselvitys
 - kalastotutkimukset (koeverkkokalastus ja poikasselvitys)
 - aluetaloudellisten vaikutusten arviointi
 - asukaskysely ja pienryhmähaastattelut
 - onnettomuusmallinnus ja annoslaskenta.

9.2 MAANKÄYTTÖ JA KAAVOITUS SEKÄ RAKENNETTU YMPÄRISTÖ

9.2.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen vaikutukset maankäyttöön ovat nykyisen toiminnan kaltaisia. Käytön jatkaminen määrittää sekä hankealueen että sen ympäröivien alueiden maankäyttöä myös tulevina vuosikymmeninä. Kaavoituksen osalta alueen nykyinen toiminta ja jatkokäyttö on alueen kaavoituksen mukaista. Toisaalta vaikutusalueen kaavoituksessa huomioidaan ydinvoimalaitoksen toiminnasta aiheutuvat rajoitteet. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu vähäiseksi kielteiseksi, koska alueen maankäyttörajoitukset jatkuvat.

Käytöstäpoiston jälkeen toiminnasta aiheutuvat nykyiset vaikutukset maankäyttöön lakkaavat. Alueen jatkokäytöstä riippuen alue tai osa siitä voitaisiin ottaa esimerkiksi teollisuuskäyttöön. Alueen jatkokäyttö voi edellyttää kaavamutoksia. Kaavoissa osoitetun suojavyöhykkeen poistaminen vapauttaisi ympäröivän maankäytön suunnittelun rajoitteita. Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen.

Muulla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto ei aiheuta muutoksia maankäyttöön tai edellytä kaavamutoksia.

9.2.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön kohdistuvien vaikutusten arviointi perustuu olemassa olevan yhdyskuntarakenteen ja kaavoitustilanteen tarkasteluun. Arvioinnissa on selvitetty, vaikuttavatko voimalaitoksen käytön jatkamiseen liittyvät muutostyöt tai voimalaitoksen käytöstäpoisto lähiympäristön nykyiseen ja tulevaan maankäyttöön. Lähtötietoina on käytetty analyysiä nykyisestä yhdyskuntarakenteesta sekä voimalaitosalueella ja sen lähiympäristössä voimassa olevia maakunta-, yleis- ja asemakaavoja. Tarkastelussa on huomioitu valtakunnalliset ja alueelliset tavoitteet sekä vireillä olevat kaavahankkeet.

Arvioinnissa on verrattu alueen nykyistä ja suunniteltua maankäyttöä. Hankkeen vaikutuksia ja vaikutusten merkittävyyttä tarkasteltaessa näkökulmana on ollut arvioida, kuinka paljon hanke muuttaisi alueiden nykyistä luonnetta. Hankkeen suorat maankäyttövaikutukset kohdistuvat ensisijai-

sesti voimalaitosalueelle ja sen välittömään lähiympäristöön, mutta maankäyttöön kohdistuvissa vaikutuksissa huomioitiin myös lähimpään asutukseen kohdistuvat vaikutukset. Kaavatarkastelun tuloksena arvioitiin hankkeen vaikutusta muun muassa kaavojen tavoitteiden toteutumiseen sekä mahdollisia kaavojen laatimis- tai muutostarpeita. Vaikutusten arviointi on tehty asiantuntija-arviona.

9.2.3 Nykytila

9.2.3.1 Yhdyskuntarakenne ja asutus

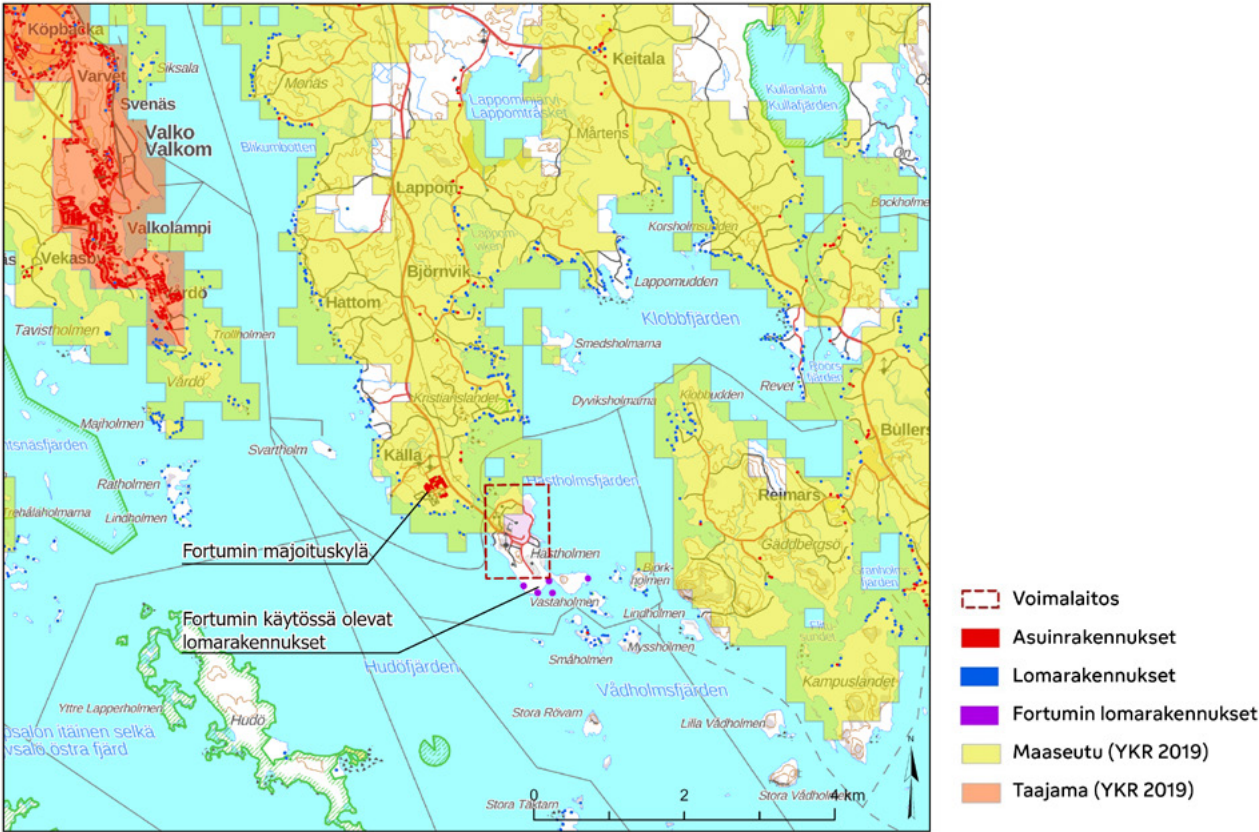
Loviisan ydinvoimalaitos sijaitsee Loviisan kaupungin Lappomin kylässä, Hästholmenin saarella. Saari sijaitsee noin 12 km päässä Loviisan keskustasta ja noin 7 km päässä Valkon kylästä kaakkoon. Saareen johtaa noin 200 metriä pitkä pengertie ja silta Kirnosundin salmen ylitse. Hästholmenin saari sijoittuu taajamarakenteen ulkopuolelle ja yhdyskuntarakenteen aluejaossa pääosin luokittelemattomalle alueelle. Mantereen puoli ja Hästholmenin luoteisimmat osat ovat harvan maaseutasutuksen aluetta (Kuva 9-3).

Fortum omistaa Hästholmenin saaren ja sen pohjoispuolella olevan niemen eteläkärjen, yhteensä noin 170 hehtaaria maata ja lisäksi noin 240 hehtaaria vesialueita voimalaitoksen lähialueilla (Kuva 9-4). Voimalaitosalue rajoittuu valtion, Loviisan kaupungin ja yksityisten maanomistajien alueisiin. Yksityisten omistamat alueet ovat pääasiassa virkistyskäytössä, ja valtion alueet ovat suojelukohteita.

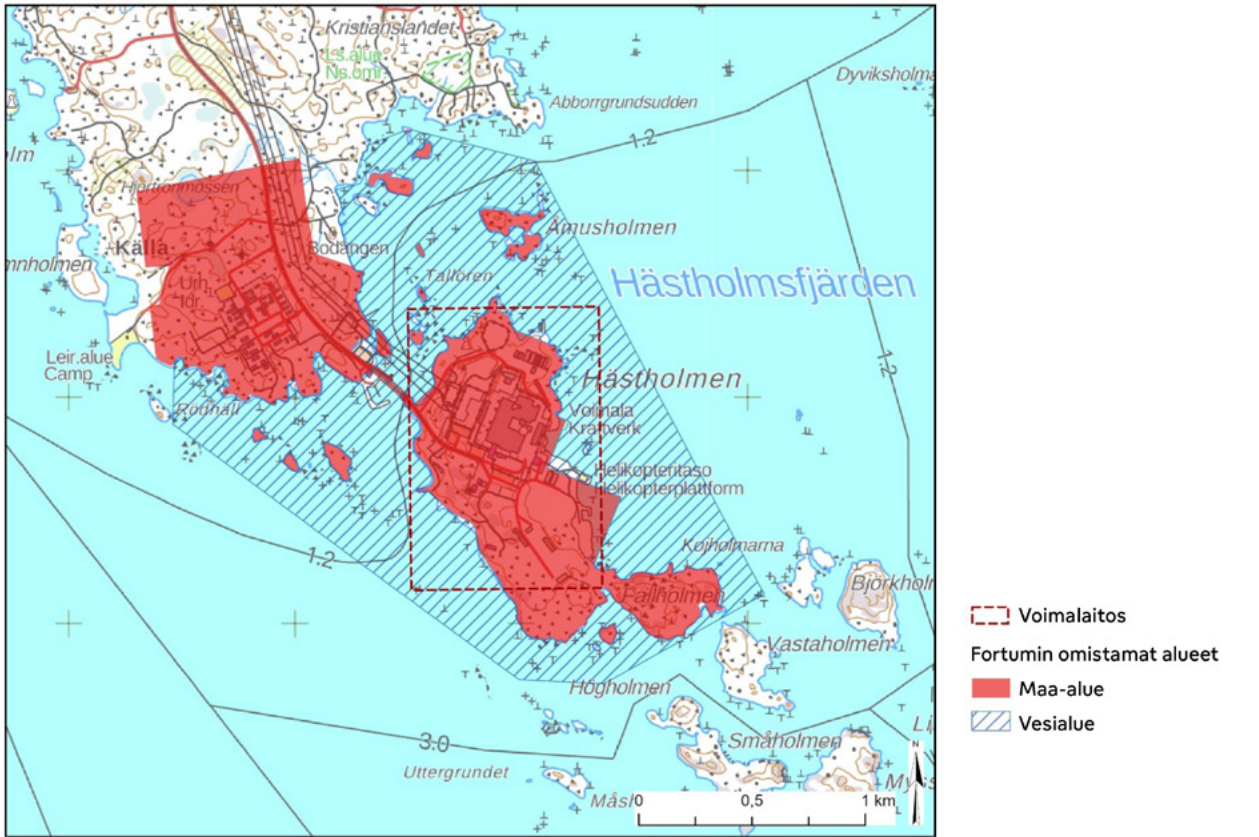
Voimalaitosrakenteet ja -rakennukset sijaitsevat Hästholmenin saaren pohjois- ja itäosassa. Hästholmenin pinta-alasta noin puolet on voimalaitostoiminnan käytössä. Saaren ranta-alueilla on jäähdytysveden ottoon ja purkuun sekä voimansiirtoon liittyviä rakenteita. Mantereen puolella sijaitsee voimalaitoksen tukitoimintaan tarvittavia rakennuksia ja rakenteita (mm. vartiointi ja vuosihuollon työvoiman tilapäinen majoitus). Hästholmenin saarella Loviisan voimalaitosalueen pohjoispuolella sijaitsee Oy Loviisan Smoltti Ab:n kalanviljelylaitos, jossa kasvatetaan kalanpoikasia. Kalanviljelylaitoksessa käytetään Loviisan voimalaitoksen lauhduttimissa lämmennytää jäähdytysvettä. Hästholmenin saaren välittömässä läheisyydessä sijaitsevat Oy Semilax Ab:n kalankasvatuslaitokset Stenören ja Vastaholmen, jotka sijaitsevat saaren eteläpuolella. Lähialueella ei ole muuta teollisuutta.

Ydinvoimalaitosalueen ympärillä on viiden kilometrin etäisyydelle ulottuva suojavyöhyke, jolla on maankäyttöön kohdistuvia rajoituksia (STUK Y/2/2018). Suojavyöhykkeellä ei esimerkiksi saa sijaita kohteita, joissa käy tai on huomattavia ihmismääriä, kuten kouluja, sairaaloita, hoitolaitoksia, kauppoja tai muita kuin ydinvoimalaitokseen liittyviä merkittäviä työpaikka- ja majoitusalueita (YVL A.2).

Kartalla (Kuva 9-3) näkyvät lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat voimalaitoksen luoteispuolella noin 800 metrin etäisyydellä. Nämä rakennukset ovat voimalaitoksen majoituskylään kuuluvia asuinrakennuksia, joissa ei ole vakituista asutusta. Lähimmät yksityiskäytössä olevat asuinrakennukset sijaitsevat noin 900 metrin etäisyydellä voimalaitosalueesta Bodängenisä. Kartalla (Kuva 9-4) Hästholmenin etelärannalla ja mantereen puolella tukitoiminta-alueen itä- ja eteläpuolella esitetyt voimalaitosaluetta lähimmät vapaa-ajanasunnnot ovat Fortumin



Kuva 9-3. Yhdyskuntarakenteen seurannan aineiston (YKR-aineisto, SYKE 2021) mukainen yhdyskuntarakenne vuonna 2019 sekä asuin- ja lomarakennukset (Maanmittauslaitos 2021).



Kuva 9-4. Fortum Power and Heat Oy:n omistamat maa- ja vesialueet (Maanmittauslaitos 2021).

omistuksessa. Muut lähimmät vapaa-ajan asunnot sijaitsevat Hästholmenin etelä- ja kaakkoispuolisilla saarilla (Vastaholmen, Småholmen, Måsholmen, Högholmen, Myssholmen, Björkholmen ja Kojholmarna) sekä mantereen puolella lähimmillään 1,3 km etäisyydellä voimalaitoksesta.

Lähimmät virkistysalueet ovat Källan leirialue voimalaitokselta runsaan kilometrin etäisyydellä lännessä ja Svartholman merilinnoitus runsaan kahden kilometrin etäisyydellä luoteessa. Svartholma on suosittu käyntikohde, jonne pääsee reittiliikennelaivalla tai omalla veneellä (Luontoon.fi 2021, Visit Loviisa 2021). Saaressa on myös kesäravintola. Virkistykseen ja retkeilyyn käytetään myös vaikutusalueen saaria.

Kartalla (Kuva 9-3) taajamalla tarkoitetaan vähintään 200 asukkaan taajaan rakennettua aluetta, jossa on otettu huomioon asukasluvun lisäksi rakennusten lukumäärä, kerrosala ja keskittyneisyys. Harvaan maaseutusutukseen kuuluvat ne alueet, jotka eivät kuulu taajamiin, kyliin eivätkä pienkyliin, mutta joissa on vähintään yksi asuttu rakennus kilometrin säteellä. Yhdyskuntarakenteen seurannan aineiston (YKR-aineisto) mukaisia kyliä ei sijoitu hankkeen ympäristöön (SYKE 2021; Kuva 9-3).

9.2.3.2 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueidenkäytön suunnittelu-järjestelmää. Valtioneuvosto päätti uusista valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista 14.12.2017 ja ne tulivat voimaan 1.4.2018. Alueidenkäyttötavoitteiden tehtävänä on muun muassa auttaa saavuttamaan maankäyttö- ja rakennuslain sekä alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, joista tärkeimmät ovat hyvä elinympäristö ja kestävä kehitys. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.

Uudet valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet käsittelevät seuraavia kokonaisuuksia:

- toimivat yhdyskunnat ja kestävä liikkuminen
- tehokas liikennejärjestelmä
- terveellinen ja turvallinen elinympäristö
- elinvoimainen luonto- ja kulttuuriympäristö sekä luonnonvarat
- uusiutumiskykyinen energianhuolto.

9.2.3.3 Maakuntakaava

Voimalaitosalue sijoittuu Uusimaa-kaava 2050 (Uudenmaan liitto 2020) alueelle. Maakuntavaltuusto hyväksyi kaavakokonaisuuden 25.8.2020 ja maakuntahallitus päätti kaavojen voimaantulosta 7.12.2020. Kaavat tulevat voimaan, kun päätöksestä on kuulutettu maankäyttö- ja rakennusasetuksen 93 § mukaisesti alueen kunnissa. Muutoksenhakuviranomaisena toimiva Helsingin hallinto-oikeus on kuitenkin välipäätöksellään 22.1.2021 kieltänyt valtuuston hyväksymispäätösten täytäntöönpanon kaavoista jätettyjen valitusten perusteella. Täytäntöönpanokiello aiheuttaa sen, että maakuntakaavat eivät ole voimassa ennen kuin hallinto-oikeuden varsinainen päätös ratkaisee asian. Kaavoista jätetyt valitukset eivät liity

ydinvoimaan liittyviin kaavamerkintöihin tai muihin sellaisiin seikkoihin, joilla voisi olla keskeisiä vaikutuksia hankkeeseen.

Uusimaa-kaava 2050 kumoaa kaikki voimassa olevat ja lainvoimaiset maakuntakaavat. Poikkeuksena voimaan jää Uudenmaan 4. vaihekaavan tuulivoimaratkaisu, jossa osoitetaan Itä-Uudellemaalle neljä tuulivoimatuotantoon soveltuvaa aluetta. Lisäksi Östersundomin alueelle on laadinnassa oma maakuntakaava. Kuvassa 9-5 on ote voimalaitosalueen ja sen ympäristön Uusimaa-kaava 2050 -kaavakartasta.

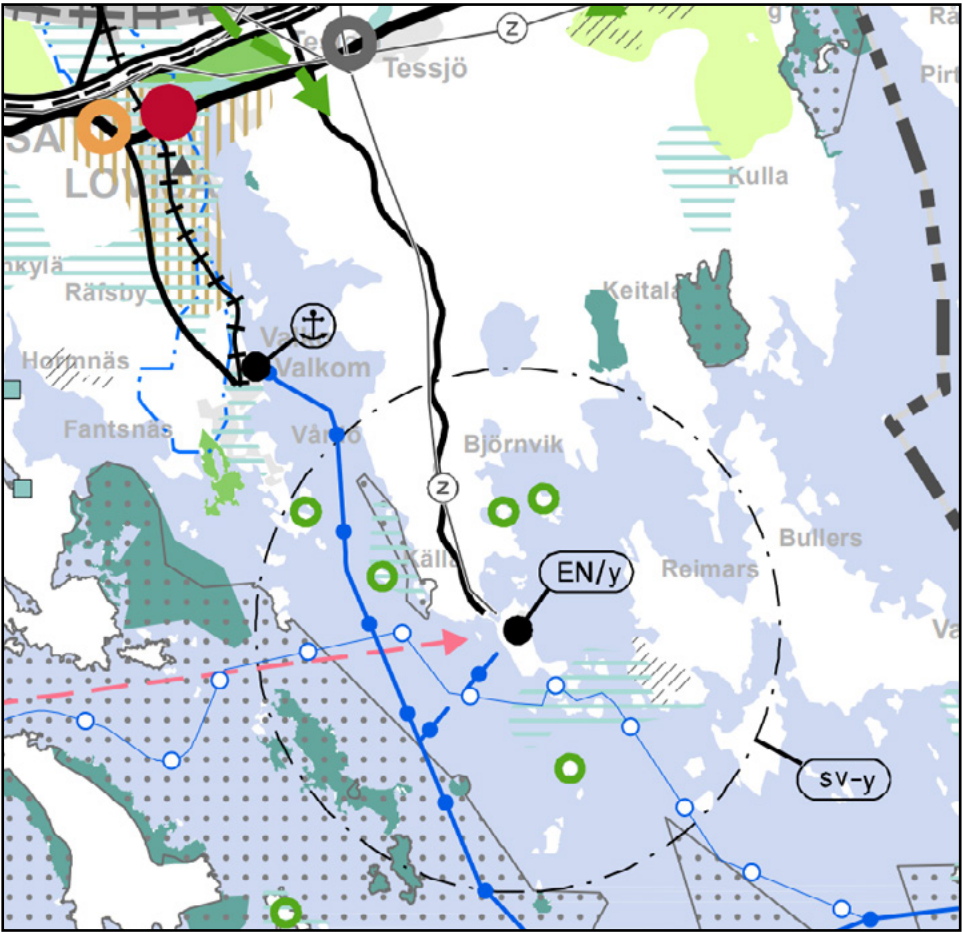
Uudenmaan maakuntakaavojen ydinvoimaloita ja niiden suojavyöhykkeitä koskeva kaavaratkaisu päivitettiin Uusimaa-kaavassa 2050 (Uudenmaan liitto 2020). Ydinvoimalaitosten aluevarausmerkintä muutettiin kohdamerkinnäksi ja kaavamääräystä ajantasaistettiin. Uusimaa-kaavassa 2050 Hästholmeniin on osoitettu kohdamerkinnällä energiahuollon alue, jolle saa osoittaa ydinvoimaloita (EN/y). Suunnittelumääräyksen mukaan ”Alueen suunnittelussa ja toteuttamisessa tulee ehkäistä merkittävät ympäristöhäiriöt teknisin ratkaisuin ja riittävin suoja-aluein. Alueen suunnittelussa tulee Säteilyturvakeskukselle varata mahdollisuus lausunnon antamiseen.”

Ydinvoimalan noin 5 km suojavyöhyke on osoitettu merkinällä sv-y. Suunnittelumääräyksen mukaan ”Suojavyöhykkeeseen kuuluvalla alueella ei saa suunnitella sijoitettavaksi uutta tiheää asutusta, sairaaloita tai laitoksia, joissa käy tai oleskelee huomattavia ihmismääriä tai sellaisia merkittäviä tuotannollisia toimintoja, joihin ydinvoimalaitoksen onnettomuus voisi vaikuttaa. Loma-asutuksen tai vapaa-ajan toiminnan sijoittamista suunniteltaessa alueelle, tulee varmistua, etteivät edellytykset asianmukaiselle pelastustoiminnalle vaarannu. Alueen suunnittelussa tulee Säteilyturvakeskukselle ja pelastusviranomaiselle varata mahdollisuus lausunnon antamiseen.”

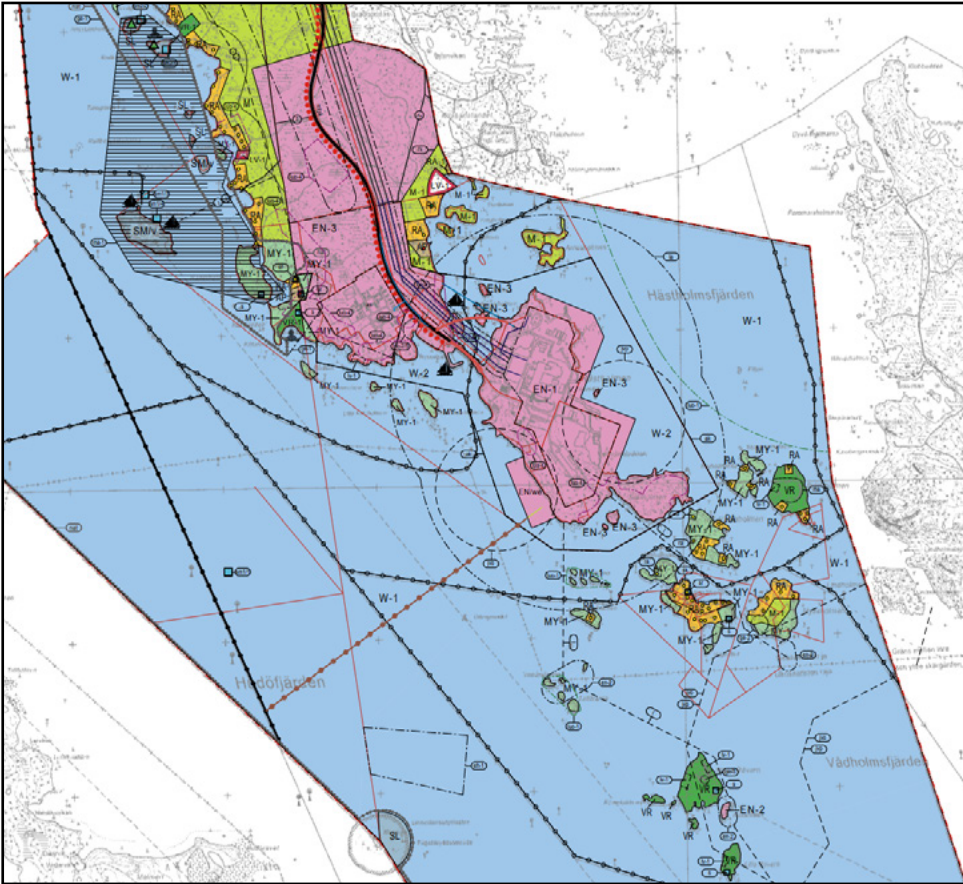
Voimalaitokselta pohjoiseen on osoitettu 400 kV voimajoh-to ja yhdystie. Noin kaksi kilometriä Hästholmenista luoteeseen sijoittuva Svartholman linnoitus, Hästholmenin itä- ja eteläpuoliset saaret sekä Gäddbergsön länsi- ja eteläosat on osoitettu kulttuuriympäristön tai maiseman vaalimisen kannalta tärkeinä alueina. Hästholmenin eteläpuolitse kulkee veneilyn runkoväylä ja lounaispuolelle sijoittuu laivaväylä, josta on pistoväylä Hästholmeniin. Voimalaitosalueesta pohjoiseen, etelään ja luoteeseen on osoitettu myös virkistyskäytön kohdealueita.

Kaavassa on myös osoitettu kehittämisperiaatemerkinnällä kaukolämmön siirron yhteystarve (kl, punainen katkonuoli). Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan Kilpilahden öljy-jalostamon ja Loviisan ydinvoimalan alueen hukkalämpöjen hyödyntämiseen liittyvä siirtoyhteystarve ja teknisen huollon yhteiskäyttötunneli pääkaupunkiseudulle.

Ydinvoimatuotantoon liittyvät kaavassa seuraavat yleiset suunnittelumääräykset: Ilmaston kannalta kestävään energiajärjestelmään siirtymistä on edistettävä. Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on edistettävä kestävää luonnonvarojen käyttöä, kierto- ja biotaloutta, uusiutuvan energian tuotantoa sekä hukkalämmön hyödyntämistä. Yleisten suunnittelumääräysten mukaan rakentamisessa tulee edistää kestävää maa-aineshuoltoa. Yhdyskuntateknisen huollon verkostojen ja laitosten toimintamahdollisuudet ja kehittämistarpeet tulee huomioida yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa.



Kuva 9-5. Ote Uusimaa-kaava 2050 -kaavakartasta.



Kuva 9-6. Ote Loviisan rantaosayleiskaavasta.



Kuva 9-7. Ote Hästholmenin ydinvoimalaitosalueen asemakaavan muutoksesta ja laajennuksesta.

9.2.3.4 Yleiskaava

Voimalaitosalue sijoittuu Loviisan 10.12.2008 hyväksytyn rantaosayleiskaavan alueelle (Kuva 9-6) (Loviisan kaupunki 2021a). Hästholmenin saari on osoitettu energiahuollon alueena (EN-1). Osa-aluemerkinnällä (v) on osoitettu alue, jolle saa rakentaa ydinvoimalaitoksia. Mantereen puoleiset ydinvoimalaitoksen tukitoimintojen alueet on osoitettu kaavassa energiahuollon palvelu- ja tukitoimintojen alueena (EN-3), jonne on mahdollista rakentaa muun muassa ydinvoimalaitosten rakentamista, energiahuoltoa ja -tuotantoa palvelevia tutkimuslaitoksia sekä varasto-, tuotanto- ja toimistorakennuksia.

Loviisan rantaosayleiskaavan itäpuolella on Gäddbergsö-Vahterpään osayleiskaava ja pohjoispuolella Kullan-Lappomin rantaosayleiskaava ja pienialainen Kulla-Lappomin rantaosayleiskaavan muutos. Loviisanlahden länsirannalla on vireillä Valkon ja sen lähialueiden osayleiskaava. Osayleiskaavan kaavaluonnokset ovat olleet nähtävillä 21.5.–30.6.2021. Kaavan tavoitteena on ohjata muun muassa Loviisanlahden länsirannan rantarakentamista sekä kaavoittamattomien alueiden suunnittelua.

9.2.3.5 Asemakaava

Hästholmenin alueella ja mantereen puoleisessa niemenkärjessä on voimassa Hästholmenin ydinvoimalaitosalueen asemakaavan muutos ja laajennus (hyväksytty 21.1.2009, 26 §, lainvoima 3.3.2009) (Loviisan kaupunki 2021a; Kuva 9-7).

Pääosa Hästholmenista on osoitettu energiahuollon alueeksi (EN), jolle voidaan sijoittaa ydinvoimalaitoksia ja niiden toimintaa tukevia rakennuksia ja rakennelmia. Hästholmeniin ja mantereen puolelle sekä näiden väliselle alueelle on osoitettu myös erityisalueita, jotka on tarkoitettu ydinvoimalan tukitoiminnoille (EN-1, EN-2). Näillä erityisalueilla rakentaminen on sopeutettava maisemallisten arvojen takia maisemaan. Kaikilla edellä mainituilla alueilla maanlainen rakentaminen on sallittu. Hästholmenin saaren lounaisosaan on osoitettu aluevarausmerkinnällä satama-alue (LS-4), jonne on mahdollista rakentaa väylä ja lastauslaituri. Läheisiä vesialueita on osoitettu vesialueiksi, joita voidaan ruopata ja jonne voidaan rakentaa energiahuollon kannalta välttämättömiä rakenteita ja rakennelmia (W/en-1). Majotusalue on osoitettu energiahuoltoa palvelevien asuntolarakennusten korttelialueeksi (AS/en).

Taulukossa 9-1 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

Taulukko 9-1. Vaikutuskohteen herkkyys: maankäyttö ja kaavoitus sekä rakennettu ympäristö.

Vaikutuskohteen herkkyys: maankäyttö ja kaavoitus sekä rakennettu ympäristö	
Kohteen herkkyys maankäyttöön ja kaavoitukseen kohdistuviin vaikutuksiin määräytyy voimalaitosalueen ja sen ympäröivien alueiden maankäytöstä. Herkkiä muutoksille ovat alueet, joilla tai joiden lähiympäristössä sijaitsee arvokkaita luontokohteita, asumista tai muuta sellaista maankäyttöä, joka saattaa muutoksesta häiriintyä. Kaavoituksen osalta herkkyyteen vaikuttaa se, onko voimalaitosalueen kaavoitus suunnitellun hankkeen mukaista ja mihin käyttöön hankkeen vaikutusalue on kaavoitettu.	
Vähäinen	Maankäytön ja kaavoituksen herkkyys suunniteltujen toimintojen vaikutuksille on vähäinen; voimalaitosalue on nykyistä ydinvoimalan aluetta ja suojaetäisyydet herkkiin kohteisiin on otettu huomioon jo nykyisellään. Voimalaitosalueen ympäristöön sijoittuu kuitenkin muun muassa asutusta ja virkistyskäyttöarvoja. Voimalaitosalueen kaavoitus on ydinvoimatoiminnan mukaista.

9.2.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön muodostuvat siitä, miten käytön jatkaminen ja mahdollinen lisärakentaminen estää tai rajoittaa voimalaitosalueen ja sen ympäristön nykyistä tai suunniteltua maankäyttöä. Suuruuteen vaikuttaa kuinka pitkäkestoista toiminta on. Hankkeen toiminnot vaikuttavat suoraan hankealueella ja välillisesti rajoittavat lähiympäristön maankäyttömuotoja sekä voivat heikentää muun muassa asumisen ja virkistyskäytön laatua muualla kantautuvien vaikutusten johdosta (esim. melu-, liikenne- tai maisemavaikutukset).

9.2.4.1 Suhde valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet viedään käytäntöön ensisijaisesti maakuntakaavoituksessa. Maakuntakaavoituksessa tavoitteet sovitaan maakunnallisten ja paikallisten olosuhteiden ja tavoitteiden kanssa. Uudellemaalle on laadittu uusi maakuntakaava, jota käsitellään myöhemmin tässä luvussa. Tavoitteet otetaan huomioon myös maakuntasuunnitelmassa ja ohjelmissa. Ydinvoiman osalta Uudenmaan maakuntasuunnitelmassa ei ole erityisiä tavoitteita. Erilliseksi kysymykseksi maakuntasuunnitelmassa on nostettu, jatkuuko ydinvoimatuotanto Loviisassa myös tulevaisuudessa. Osa valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista on luonteeltaan sellaisia, että ne otetaan huomioon suoraan kuntakaavoituksessa. Kunnassa yleiskaava on keskeinen kaavataso valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden ja maakuntakaavan käytännön toteuttamisessa. Alueella on voimassa yleis- ja asemakaava, joita käsitellään myöhemmin tässä luvussa.

Käytön jatkaminen ei aiheuta alue- tai yhdyskuntarakenteeseen kohdistuvia muutoksia. Käytön jatkaminen olemassa olevalla voimalaitosalueella on vähähiilisen ja resurssitehokkaan yhdyskuntakehityksen kannalta suotuisa tukeutuessaan suoraan olemassa olevaan rakenteeseen. Käytön jatkaminen myös varmistaa osaltaan Suomen sähköntuotannon vähähiilisyyttä.

Voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa on varauduttu, ja uutta rakentamista koskevissa suunnitelmissa tulee varautua, sään ääri-ilmiöihin ja muun muassa tulviin. Melusta, tärinästä ja huonosta ilmanlaadusta aiheutuvia ympäristö- ja terveyshaittoja (terveellisen ja turvallisen elinympäristön tavoite) ehkäistään myös käytön jatkamisen tapauksessa.

Haitallisia terveysvaikutuksia tai onnettomuusriskejä aiheuttavien toimintojen ja vaikutuksille herkkien toimintojen välille on hankkeessa jätetty riittävän suuri etäisyys. Muun muassa ydinvoimalaitosalueen ympärillä on viiden kilometrin etäisyydelle ulottuva suojavyöhyke, jolla on maankäyttöön kohdistuvia rajoituksia ja ydinvoimaan liittyviä riskejä hallitaan monin eri tavoin. Ydinvoimalaitos ja sen toiminnot on sijoitettu riittävän etäälle muun muassa asuinalueista ja luonnon kannalta herkistä alueista.

9.2.4.2 Vaikutukset maankäyttöön ja kaavoitukseen

Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana voimalaitoksen toiminta on saman tyyppistä kuin nykyisinkin. Toiminnan aikana voimalaitosalue on suljettu ja ulkopuolisten liikkuminen alueella on estetty. Mahdolliset uudet rakennukset ja rakenteet sijoittuvat nykyiselle voimalaitosalueelle eikä uusia alueita ole tarpeen ottaa käyttöön.

Käytön jatkaminen rajoittaa voimalaitoksen ympäristön maankäyttöä myös tulevina vuosikymmeninä. Uusimaa-kaavassa on osoitettu Loviisan ydinvoimalaitosalue sekä ydinvoimaloiden suojavyöhyke. Kaavaratkaisulla on turvattu nykyisten voimalaitosyksiköiden toimintamahdollisuudet sekä alueen kehittäminen myös jatkossa. Maakuntakaavassa osoitettu viiden kilometrin suojavyöhyke perustuu olemassa olevien ydinvoimayksikköjen sijoittumiseen Hästholmenin saarelle. Suojavyöhykkeen osoittamisella toisaalta estetään sellaisten toimintojen sijoittaminen voimalaitoksen läheisyyteen, joihin ydinvoimalaitos voisi haitallisesti vaikuttaa ja toisaalta sellaisten toimintojen sijoittaminen, jotka voisivat vaarantaa ydinvoimalaitosten turvallisen toiminnan. Voimalaitoksen 5 kilometrin suojavyöhykkeelle ei voi esimerkiksi sijoittaa kohteita, joissa käy tai on huomattavia ihmismääriä

(YVLA.2). Lisäksi suojavyöhykkeen alueella maankäytön ja rakentamisen ratkaisuiissa tulee säilyttää lähtökohtaisesti pysyvän ja vapaa-ajan väestön määrä niin, ettei se olennaisesti kasva ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikana. Suojavyöhykkeen ulkopuolella ydinvoimalaitos ei rajoita maankäyttöä.

Alueen Loviisan rantaosayleiskaavassa Hästholmenin saari on osoitettu energiahuollon alueena ja kaavaan on osoitettu alue, jolle saa rakentaa ydinvoimalaitoksia. Ydinvoimalaitoksen nykyinen toiminta, käytön jatkaminen ja mahdollinen lisärakentaminen on yleiskaavan mukaista. Voimassa oleva Hästholmenin ydinvoimalaitosalueen asemakaavan muutos ja laajennus mahdollistaa käytön jatkamisen. Lisäksi se mahdollistaa myös voimalaitosalueella muutostöiden tekemisen sekä lisärakenteiden ja -rakennusten rakentamisen.

Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset maankäyttöön ovat kokonaisuutena suuruudeltaan vähäisiä kielteisiä. Vaikutukset ovat nykyisen toiminnan kaltaisia. Käytön jatkaminen rajoittaa sekä voimalaitosalueen että sen ympäröivien alueiden maankäyttöä myös tulevana vuosikymmeninä. Ydinvoimalaitoksen toiminta ja sen käytön jatkaminen on alueen kaavoituksen mukaista eikä edellytä kaavamuuoksia.

9.2.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön muodostuvat siitä, miten käytöstäpoisto mahdollistaa tai jatkokäyttövaihtoehdosta riippuen edelleen rajoittaa voimalaitosalueen ja sen ympäristön nykyistä tai suunniteltua maankäyttöä. Nykyiset toiminnot vaikuttavat suoraan hankealueella ja rajoittavat välillisesti lähiympäristön maankäyttömuotoja sekä voivat heikentää muun muassa asumisen ja virkistyskäytön laatua muualle kantautuvien vaikutusten johdosta (esim. melu-, liikenne- tai maisemavaikutukset).

Käytöstäpoistolla ei arvioida olevan vahvaa liittymäpintaa valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin. Vähähiilisen yhdyskuntakehityksen tavoitteen edistämiseksi Suomessa sähköä tulee tuottaa vähähiilisillä vaihtoehdoilla. Käytöstäpoiston vaikutuksia energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen on arvoitu luvussa 9.11 sekä kasvihuonekaasupäästöihin luvussa 9.12.

Alueella voimassa oleva asemakaava mahdollistaa voimalaitoksen käytöstäpoiston. Kaavojen muutostarpeet voivat tulla ajankohtaiseksi käytöstäpoiston jälkeen alueen jatkokäyttöä suunniteltaessa, mikäli voimalaitoksen toimintaan liittyvät maankäytön rajoitteet muuttuvat tai poistuvat. Vaikutusalueen maankäyttöä rajoittavan suojavyöhykkeen poistaminen voisi tulla kyseeseen, kun itsenäistettävien laitosten käyttö päättyy. Alueen jatkokäyttö määrää, millaisia kaavamääräyksiä alueelle jää. VLJ-luola aiheuttaa rajoituksia alueelle senkin jälkeen, kun luola on suljettu. Esimerkiksi syvien kaivantojen tekeminen luolan alueella on kiellettyä.

Alueen loppukäyttö tulee määräytymään sen mukaan, tullaanko jatkokäytössä soveltamaan ns. greenfield- vai brownfield-periaatetta. Brownfield-periaatteen mukaan aluetta

voidaan käyttää teollisuusalueena. Tällöin ne ydinenergia-lain mukaisesti valvonnasta vapautetut rakennukset, jotka ovat hyödynnettävissä, käytetään esimerkiksi teollisuus- tai varastorakennuksina tarvittavien peruskorjausten jälkeen. Alueen hyvät sähkönsiirtoyhteydet mahdollistavat alueen käytön joko uuteen sähköntuotantoon, joka perustuisi esimerkiksi kehitteillä oleviin modulaarisiin ydinreaktoreihin. Maankäytön ja aluerakenteen näkökulmasta teollisten toimintojen sijoittamisessa alueelle ei ole esteitä.

Greenfield-periaatteen mukaan kaikki voimalaitosalueella olevat rakennukset ja rakenteet puretaan ja voimalaitosalue saatetaan vastaamaan mahdollisimman paljon luonnontilaa. Tällöin alueen maankäytölliset rajoitteet monelta osin poistuvat ja alueen käyttö osittain esimerkiksi virkistykseen voinee mahdollistua VLJ-luolan rajoitteet huomioiden.

Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset maankäyttöön ovat kokonaisuutena suuruudeltaan vähäisiä myönteisiä. Toiminnan päättyttyä voimalaitoksesta aiheutuvat vaikutukset lähiympäristöön lakkaavat.

Alueen nykyinen kaavatilanne mahdollistaa voimalaitoksen käytöstäpoiston, mutta alueen jatkokäyttö voi edellyttää kaavamuuoksia. Vaikutusalueen maankäyttöä rajoittavan suojavyöhykkeen poistaminen tai pienentäminen poistaisi ympäröivien alueiden maankäytön suunnittelun rajoitteita.

9.2.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus voimalaitoksella ei aiheuta muutoksia maankäyttöön tai edellytä kaavamuuoksia.

9.2.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-2 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.2.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Sekä rakentamis- että purkamistoimissa haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää ottamalla huomioon ympäröivä maankäyttö.

9.2.9 Epävarmuustekijät

Hankkeen aiheuttamat vaikutukset on pyritty huomioimaan mahdollisimman laajasti. Arviointi ei sisällä merkittäviä epävarmuuksia nykyiseen maankäyttöön. Kaavoitukseen kohdistuvien vaikutusten arviointi perustuu voimassa oleviin maakunta- ja yleis- ja asemakaavoihin. Vielä tässä vaiheessa ei voida tehdä tarkkoja arvioita alueen jatkokäytön edellyttämistä maankäytön muutoksista ja mahdollisista kaavamuutos-tarpeista käytöstäpoiston jälkeen.

Voimalaitosalueen ja sen ympäröivien alueiden yhdyskuntarakenteeseen ja maankäytön kehittymiseen vaikuttavat tulevaisuudessa myös muut tekijät kuin ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto.

Taulukko 9-2. Vaikutusten merkittävyys: maankäyttö ja kaavoitus sekä rakennettu ympäristö.

Vaikutusten merkittävyys: maankäyttö ja kaavoitus sekä rakennettu ympäristö			
Toimintavaihe	Herkkyy	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen, koska käytön jatkaminen rajoittaa sekä voimalaitosalueen että sen ympäröivien alueiden maankäyttöä myös tulevana vuosikymmeninä. Vaikutukset maankäyttöön ovat nykyisen toiminnan kaltaisia. Ydinvoimalaitoksen toiminta ja sen käytön jatkaminen toteuttaa alueen kaavoituksen mukaista käyttötarkoitusta eikä edellytä kaavamuuoksia. Toisaalta vaikutusalueen kaavoituksessa huomioidaan ydinvoimalasta aiheutuvat rajoitteet.
Käytöstäpoisto	Vähäinen	Vähäinen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen, koska toiminnasta aiheutuvat haitalliset vaikutukset lakkaavat toiminnan päättyttyä. Riippuen siitä toteutetaanko käytöstäpoisto greenfield- vai brownfield-periaatteen mukaisesti, voimalaitosalue palautetaan mahdollisimman lähelle luonnontilaa tai osa siitä voidaan ottaa esimerkiksi teollisuuskäyttöön. Alueen jatkokäytöstä riippuen alueen käyttötarkoituksen perusteella voidaan tarvita kaavamuuoksia.
Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska toiminta ei aiheuta vaikutuksia maankäyttöön tai edellytä kaavamuuoksia.

9.3 MAISEMA JA KULTTUURIYMPÄRISTÖ

9.3.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisessa voimalaitoksen lisärakentaminen aiheuttaa vain vähäisiä kielteisiä maisemallisia vaikutuksia, jotka kohdistuvat pääosin vain voimalaitoksen lähiympäristöön. Voimalaitos on osa alueen maisemakuvaa nykyisen kaltaisesti myös tulevana vuosikymmeninä. Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen.
Käytöstäpoistossa maisemaan aiheutuu myönteisiä vaikutuksia, joiden suuruus riippuu alueen jatkokäytön periaatteista. Mikäli voimalaitosalueen kaikki rakennukset ja rakenteet puretaan, on sillä suurempia myönteisiä vaikutuksia sekä hankealueelle että ympäröiville alueille kuin vaihtoehdossa, jossa osa rakennuksista jää alueelle. Brownfield-periaatteessa vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen ja greenfield-periaatteen osalta kohtalainen myönteinen. Myönteisten vaikutusten suuruutta vähentää purkamistoimien pitkä aikajänne, kun purkutöitä tehdään vaiheittain ja maisema muuttuu useiden vuosikymmenten aikana. Voimalaitoksen rakennusten purkaminen voidaan nähdä myös kielteisenä asiana voimalaitoksen ollessa osa alueen maisemakuvaa ja rakennettua ympäristöä.
Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden osalta vaikutuksia ei aiheudu.
Arkeologiseen kulttuuriperintöön ei kohdistu vaikutuksia.

9.3.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

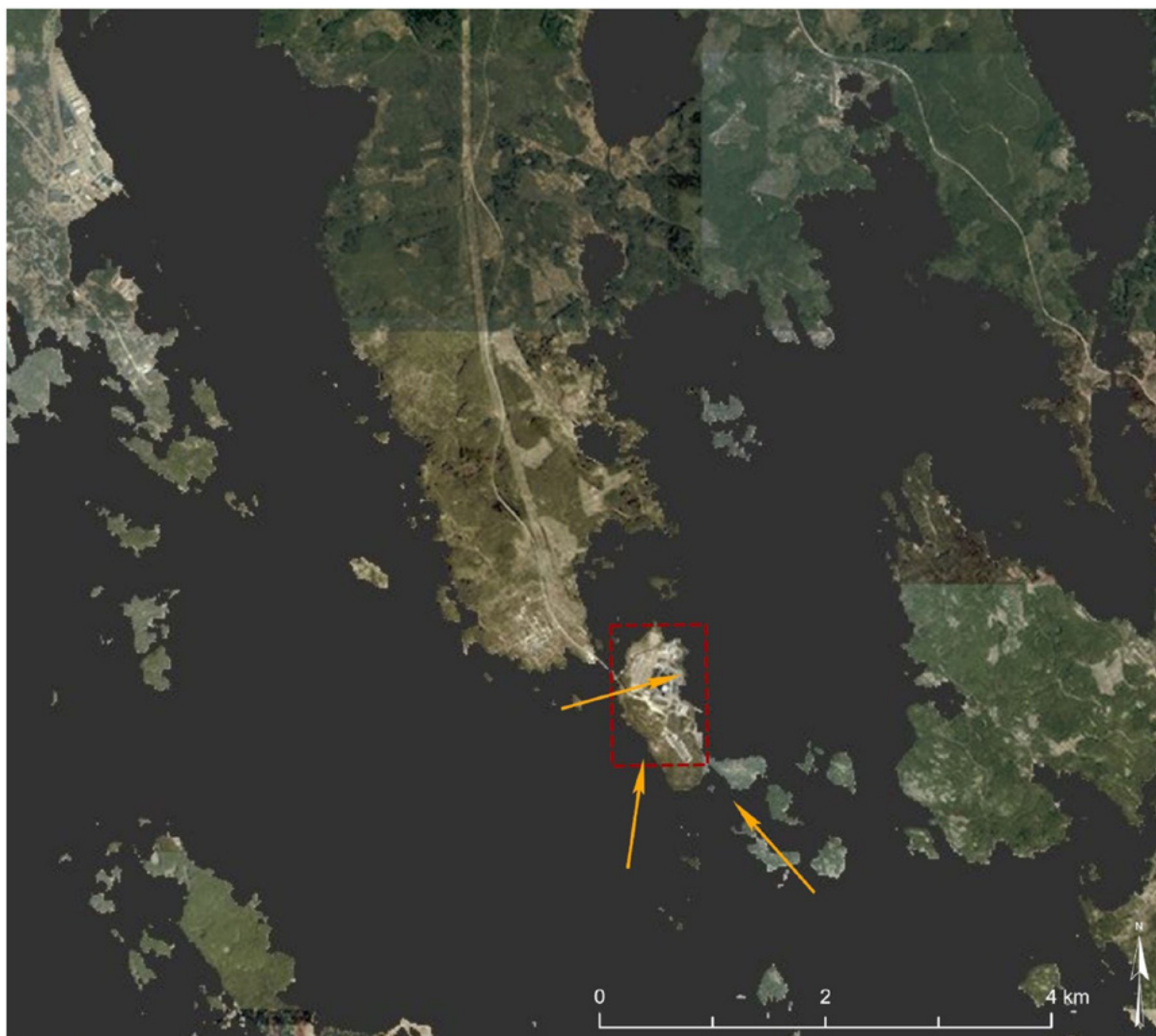
Maisemavaikutusten arvioinnissa tarkasteltiin voimalaitoksen käytön jatkamiseen liittyvistä muutostöistä ja lisärakentamisesta sekä käytöstäpoistosta aiheutuvia muutoksia maisemakuvassa. Alueen maisemarakenteesta, maisemakuvasta ja kulttuuriympäristöstä laadittiin kuvaus. Maisemaan ja rakennettuun kulttuuriympäristöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa aineistona käytettiin karttoja, ilmakuvia, maankäyttösuunnitelmia ja muita alueelle laadittuja selvityksiä sekä viranomaisten rekisteritietoja.

Maisemaan ja kulttuuriympäristöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa keskityttiin maisemakuvallisen muutoksen tarkasteluun: minne hankkeen tuomat muutokset näkyvät, kuinka voimakas muutos maisemassa tapahtuu ja millä paikoilla maiseman muutos on voimakkain. Erityistä huomiota kiinnitettiin vapaa-ajan asutukseen kohdistuviin maisemamuutoksiin.

9.3.3 Nykytila

9.3.3.1 Maiseman yleiskuvaus

Voimalaitosalue kuuluu maisemallisessa maakuntajaossa eteläisen rantamaan maisemamaakuntaan ja Suomenlahden rannikkoseutuun. Itä-Uudenmaan maisematyyppijaossa, jossa maisemaseudut on jaettu edelleen maisematyypeihin,



Voimalaitos
→ Viistoilmakuvan kuvaussuunta

Kuva 9-8. Ilmakuva Loviisan voimalaitoksen ympäristöstä (Maanmittauslaitos 2021). Kuvaan on merkitty viistoilmakuvien kuvaussuunnat.

voimalaitosalue sijaitsee sisäsaariston ja mannerrannikon maisemavyöhykkeellä (Itä-Uudenmaan liitto 2007). Maisemallisesti vyöhyke on hyvin pienipiirteistä ja vaihtelevaa, mihin vaikuttaa suuresti lahtien, poukamien ja salmien muotoutuminen saariketjujen väliin ja rikkonaisen rantaviivan poimuihin (Kuva 9-8).

Hästholmen ja sen eteläpuoliset saaret ovat maastonmuodoiltaan loivapiirteisiä. Hästholmenin korkein kohta on noin 16 metriä merenpinnan yläpuolella. Voimalaitosta ympäröivät alueet ovat melko luonnontilaista rannikko- ja saaristomaisemaa, jonka erityspiirteinä ovat ranta-alueiden lukuisat punagraniittiset lohkareet ja kivikot (Kuva 9-9). Sel-

vän poikkeaman luonnontilaisuudesta tekee voimalaitoksen lisäksi maisemassa erottuva Valkon satama. Ranta-alueiden loma-asutus on paikoin hyvin lähellä rantaviivaa, jonka vuoksi lomarakennuksia erottuu kaukomaisemassa.

Hästholmenin itäranta on muuttunut voimakkaasti voimalaitoksen rakennustöiden yhteydessä tehtyjen täyttöjen seurauksena. Saaren itä- ja osittain pohjoisrannalta puuttuu suojaava vihervyöhyke (Kuva 9-10), joten voimalaitos sekä siihen liittyvät rakenteet näkyvät esteettä saaren itäpuoliselle Hästholmsfjärdenille. Hästholmenin rakentamattomat etelä- ja länsirannat ovat pääosin luonnontilaisia. Vaikka voimalaitosrakennukset, piippu ja mastot näkyvätkin laajalle



Kuva 9-9. Viistoilmakuva Småholmenin edustalta kohti luodetta.



Kuva 9-10. Viistoilmakuva Hudofjärdeniltä kohti itää.



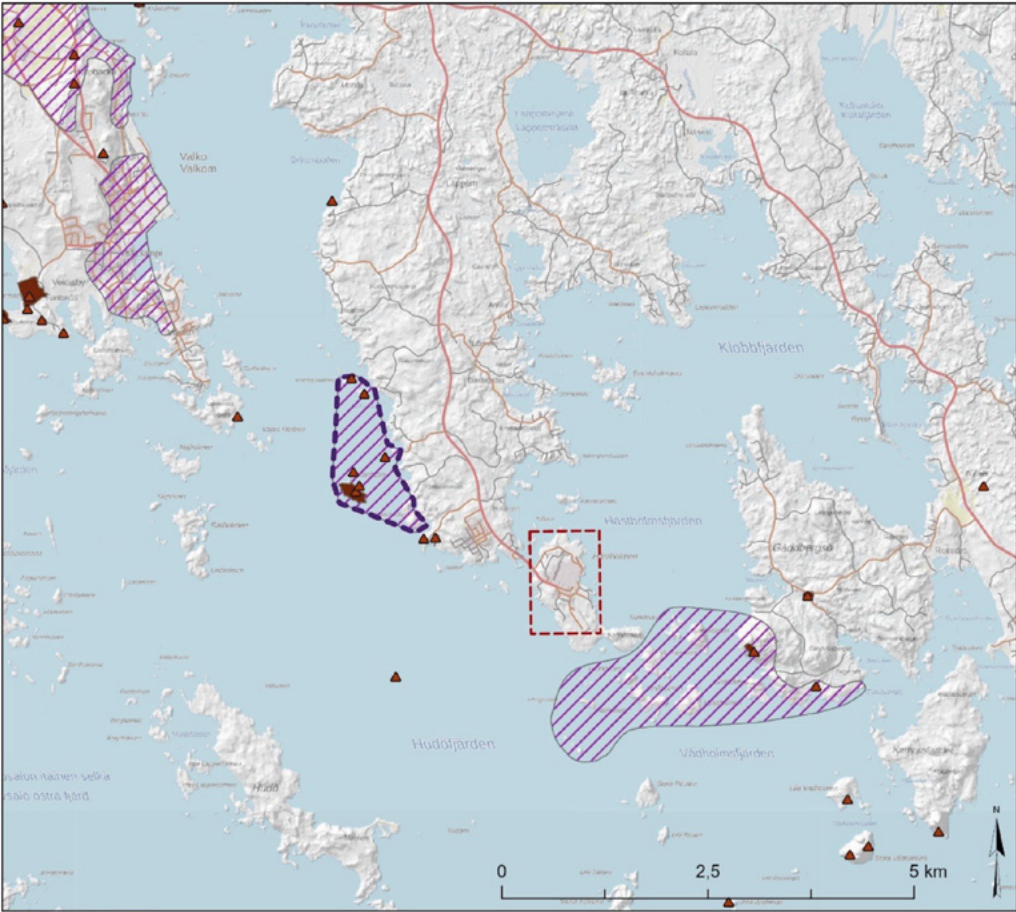
Kuva 9-11. Viistoilmakuva Hudofjärdeniltä kohti koillista.

alueelle saaren länsi- ja lounaispuoliselle Hudöfjärdenille, toimii etelä- ja länsirannan metsävyöhyke näkymää tehokkaasti pehmentävänä vyöhykkeenä (Kuva 9-11). Pimeään aikaan voimalaitosalueen valaistus näkyy avoimilla alueilla kauas.

9.3.3.2 Arvokkaat maisema- ja kulttuuriympäristöalueet sekä -kohteet

Hästholmenin itä- ja eteläpuoliset saaret, Gäddbergsön länsi- ja eteläosat sekä niiden väliset vesialueet kuuluvat maakunnallisesti merkittävään kulttuuriympäristöön, Vådholmsfjärdeniin (Kuva 9-12). Vådholmsfjärdenin alueella oli suojasatama 1790-luvulla kuninkaallisen merikartaston mukaan. Alueelta on löydetty kalastukseen, suojasatamaan ja tukinuittoon liittyviä rakenteita. Lisäksi alueella on Kasa-bergetin II maailmansodan aikainen tulenjohtotorni. Alueen arvot pohjautuvat suojasatamaan, tukinuittoon ja II maailmansodan aikaisiin linnoituksiin (Uudenmaan liitto 2016a). Etäisyyttä voimalaitoksen toimintoista kyseiseen kulttuuriympäristöön kertyy lyhimmillään noin 500 metriä. Hästholmenista luoteeseen Loviisanlahden suulla sijaitsee Svartholman linnoitus (Museovirasto 2021), joka on valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö eli RKY (RKY 2009). Svartholman merilinnoitus ja Loviisan maalinnoitus ovat Helsingin edustalle rakennetun Suomen-

linnan päälinnoituksen itäinen etuvarustus, joka rakennettiin Ruotsin 1740-luvun aluemenetysten jälkeen (Uudenmaan liitto 2016a). Etäisyyttä voimalaitoksen toimintoista kyseiseen kulttuuriympäristöön kertyy lyhimmillään noin 1,5 kilometriä. Kiinteitä muinaisjäännöksiä ei sijoitu Hästholmeniin tai sen lähiympäristöön. Svartholman linnoitus (kohdetunnus 1000001910) on laaja muinaisjäännösalue. (Museovirasto 2021) Loviisan rantaosayleiskaavan alueelle on laadittu kulttuurihistoriallinen selvitys vuonna 2008. Selvityksen mukaan Hästholmenin saarella ei ole kulttuurihistoriallisia kohteita. Lähin kulttuurihistoriallinen kohde sijaitsee Hästholmenin länsipuolisella Stora Kalvholmen -saarella. Kyseistä kohdetta ei ole osoitettu rantaosayleiskaavaan. Kulttuurihistoriallisia kohteita sijoittuu myös muun muassa mantereen puolelle Svartholman RKY-alueen ympäristöön ja Hästholmenin eteläpuolisille saarille, jotka ovat osa maakunnallisesti merkittävää kulttuuriympäristöä. Lähimmät tunnetut Museoviraston vedenalaislöytöjen rekisteristä löytyvät vedenalaiset muinaisjäännökset sijaitsevat kahden kilometrin päässä voimalaitoksen länsipuolella. Lähimpänä voimalaitosta on vuonna 1822 uponneen fregatti Fortunan hylky, joka sijaitsee Hudöfjärdenillä nykyisen laivaväylän itäpuolella (Museovirasto 2021). Taulukossa 9-3 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).



- Voimalaitos
- Muinaisjäännos, piste
- Muinaisjäännos, alue
- Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö, RKY
- Maakunnallisesti merkittävä kulttuuriympäristö

Kuva 9-12. Voimalaitoksen ympäristössä sijaitsevat maisema-alueet ja kulttuuriympäristöt sekä kiinteät muinaisjäännökset (Lähde: Museovirasto 2021 & Uudenmaan liitto 2019).

Taulukko 9-3. Vaikutuskohteen herkkyys: maisema ja kulttuuriympäristö.

Vaikutuskohteen herkkyys: maisema ja kulttuuriympäristö	
Herkkyytaso maisemavaikutuksille ja kulttuuriympäristön ominaispiirteiden säilymiselle määräytyy alueen käyttötarkoituksen ja historian mukaan. Herkkyyteen vaikuttavat myös ympäröivän rakennetun ympäristön laatu sekä historiallisiin piirteisiin aiemmin kohdistuneiden muutosvaikutusten määrä. Herkkiä muutokselle ovat esimerkiksi korkealla sijaitsevat ja erityisen tunnusomaiset näkymäalueet (esim. harjumaisemat sekä laajat maisemapelto- tai järvi-/merinäköymät mahdollisine maamerkkeineen), alkuperäisinä säilyneet maisemat, rakennus- ja ympäristökohteet tai tielinjaukset sekä ilmeiltään yhtenäisinä säilyneet maisema- tai kulttuurihistorialliset kokonaisuudet.	
Kohtalainen	Maiseman ja kulttuuriarvojen herkkyys hankkeen tuomille muutoksille on kokonaisuutena kohtalainen: hanke sijoittuu olemassa olevalle voimalaitosalueelle, joka on jo ennestään muokannut Hästholmenin saaren ja sen lähiympäristön maisemaa. Hanke ei sijoitu arvotetulle maiseman tai rakennetun kulttuuriympäristön alueelle eikä voimalaitosalueella tai sen läheisyydessä sijaitse kiinteitä muinaisjäännöksiä. Toisaalta lähimmät valtakunnalliset arvokohteet sijoittuvat noin 1,5 kilometrin etäisyydelle luoteeseen ja maakunnallisesti arvokas kulttuuriympäristö lyhimmillään noin 500 metrin etäisyydelle kaakkoon. Voimalaitoksen vaikutusalueen rantavyöhykkeellä on loma-asutusta ja voimalaitos sijoittuu niin, että se on nähtävissä ympäröivällä merialueella sekä lähi- että kaukomaisemassa.

9.3.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Vaikutukset maisemaan ja kulttuuriympäristöön aiheutuvat alueen lisärakentamisesta. Lähtökohtaisesti sellainen lisärakentaminen, joka on pienialaista, rakennukset ovat matalia tai sijoittuvat muiden rakenteiden taakse voimalaitosalueella, ei aiheuta mainittavia maisemamuutoksia välitöntä lähiympäristöä kauemmaksi. Nykyisten rakenteiden korvaaminen uusilla aiheuttaa selvästi vähäisempiä vaikutuksia kuin sellainen mahdollinen lisärakentaminen, joka sijoittuisi uudelle alueelle.

Käytön jatkamisessa voimalaitosalueelle rakennetaan mahdollisesti uusia lisärakennuksia, joita voivat olla muun muassa ruokalarakennus toimistorakennuksen läheisyyteen, tarkastus- tai vastaanottovarasto, jätevesilaitos ja jätteiden varastointihalli sekä hitsaushalli. Mahdollisesti myös käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoa laajennetaan. Nämä rakennukset sijoittuvat jo rakennetuille alueille tai vanhojen rakennusten tilalle, jolloin voimalaitosalue ei laajene Hästholmenin saarella. Kyseiset rakennukset eivät ole kovin korkeita tai maisemassa kaukaa selvästi erottuvia sijoittuessaan olemassa olevalle voimalaitosalueelle. Maisemalliset muutokset ovat vain vähäisiä ja kohdistuvat pääosin voimalaitoksen läheisyyteen. Pimeän aikaan voimalaitosalueen valaistus näkyy edelleen avoimilla alueilla kauas.

Käytön jatkamisesta ei aiheudu vaikutuksia arkeologiseen kulttuuriperintöön. Voimalaitokselta kaakkoon sijaitsee maakunnallisesti merkittävä kulttuuriympäristö, *Vådholmsfjärden*. Alueelle sijoittuu myös paikallisesti arvokkaita rakennuskohteita. Kulttuuriympäristön rantavyöhykkeeltä ja vesialueelta voimalaitoksen rakenteita on paikoin nähtävissä. Voimalaitoksen käytön jatkuessa maisemalliset vaikutukset ovat pääosin nykytilaa vastaavia. Vähäisellä rakentamisella ei ole mainittavia vaikutuksia. Toisaalta kulttuuriympäristön arvot perustuvat ennen kaikkea suojasatamaan, tukinuittoon ja II maailmansodan aikaisiin linnoituksiin.

Voimalaitokselta luoteeseen sijaitsevalta Svartholman linnoitukselta, joka on valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö, ei avaudu sellaisia avoimia tai tärkeitä näkymiä voimalaitokselle, joihin lisärakentamisella olisi vaikutusta. Esimerkiksi Svartholman katselutasanteelta avautuu näkymät etelään ja lounaaseen voimalaitoksen sijoituessa kaakon suunnalle, jonne ei avaudu näkymää.

9.3.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Vaikutukset maisemaan ja kulttuuriympäristöön aiheutuvat käytöstäpoiston vaihtoehdossa pääosin rakenteiden purkamisesta. Lähtökohtaisesti sellaiset purkutoimet, jotka ovat pienialaisia, matalia tai sijoittuvat muiden jäävien rakenteiden taakse voimalaitosalueella, eivät aiheuta mainittavia maisemamuutoksia välitöntä lähiympäristöä kauemmaksi. Kookkaiden ja näkyvälle paikalle sijoittuvien rakennusten tai rakenteiden purkamisen voi näkyä avoimella alueella lähiympäristöä etäämmälle ja aiheuttaa kaukomaisemavaikutuksia.

VLJ-luolan laajentaminen toteutetaan maan alla, joten siitä ei synny maisemallisia vaikutuksia. Sen sijaan luolan laajentamisesta syntyvän louheen mahdollisella välivarastoinnilla voimalaitosalueelle voi olla lievää maisemallista vaikutusta aivan lähiympäristöön.

Ensimmäisessä purkuvaiheessa puretaan reaktorirakennuksen aktivoituneet ja kontaminoituneet osat. Rakennukset, jotka eivät sisällä aktiivisuutta, voidaan vapauttaa valvonasta ja ottaa mahdollisesti muuhun käyttöön (ns. brownfield-periaate). Tällä hetkellä ei kuitenkaan vielä ole tarkkaa tietoa siitä, mitä rakennuksia jätettäisiin paikoilleen ja mitä puret-taisiin. Reaktorirakennukset ovat voimalaitoksen suurimmat ja korkeimmat rakennukset. Mikäli nämä rakennukset puretaan, muuttaisi se voimalaitoksen muotoa selvästi ja muutos näkyisi sekä lähi- että kaukomaisemassa. Kaukomaisemassa voimalaitoksen siluetti muuttuisi. Muut mahdollisesti purettavat rakennukset ovat matalampia ja purkaminen näkyisi pääosin voimalaitoksen lähiympäristöön.

Toisessa purkuvaiheessa puretaan mahdollisesti myös kaikki itsenäistettävät laitososat, kuten käytetyn ydinpoltoaineen välivarasto, nestemäisten jätteiden varasto ja kiinteytyslaitos. Rakennukset ovat selvästi reaktorirakennuksia matalampia eikä rakennusten purkaminen näy selvästi lähiympäristöä kauempaa.

Nykyisten suunnitelmien mukaan valmisteluvaiheet ja ensimmäiset purkuvaiheet toteutetaan vaiheistetusti siten, että Loviisa 1 -voimalaitosyksikön purkuvaihe 1 ja Loviisa 2 -voimalaitosyksikön valmisteluvaihe tapahtuvat samaan aikaan. Tästä johtuen voimalaitoksen muoto tulee muuttumaan usean vuoden aikana ennen kuin purkuvaiheet on saatu päätökseen. Esimerkiksi Loviisa 1 -voimalaitosyksikön reaktorirakennus puretaan muutama vuosi aikaisemmin kuin Loviisa 2 -voimalaitosyksikön reaktorirakennus.

Voimalaitosyksiköiden purkaminen kestää nykyisten arvioiden mukaan vaiheistetusti noin seitsemän vuotta (1. purkuvaihe). Itsenäistetyt laitososat puretaan toisessa purkuvaiheessa vasta noin 20–30 vuoden päästä voimalaitosyksiköiden purkamisesta. Näin ollen käytöstäpoisto kestää kokonaisuudessaan kauan, minkä vuoksi maisema muuttuu useiden vuosikymmenten aikana. Purkutöiden aikana rakennusten purkaminen aiheuttaa äkillisiä maisemakuvan muutoksia ja purkutöissä mahdollisesti käytettävät korkeat nosturit hetkellisiä maisemallisia muutoksia. Näillä on hetkellisiä kielteisiä vaikutuksia voimalaitoksen ympäröiviltä alueilta voimalaitoksen suuntaan avautuviin näkymiin. Toisaalta korkeiden ja kookkaiden rakennusten purkaminen vähentää voimalaitoksen erottuvuutta etenkin kaukonäkymissä. Voimalaitosalueen valaistus tulee muuttumaan pitkällä aikavälillä, jolloin yöaikainen valoisuus ja sen näkyminen avoimille alueille vähenee.

Alueen loppukäyttö ja lopullinen muoto määräytyy sen mukaan, tullaanko jatkokäytössä soveltamaan greenfield- vai brownfield -periaatetta sekä mitä toimintaa alueelle suunnitellaan käytöstäpoiston jälkeen.

Brownfield-periaatteen mukaan valvonnasta vapautetut rakennukset jätetään paikoilleen mahdollista tulevaa käyttöä varten. Tällä hetkellä ei ole tiedossa, mitä rakennuksia jätettäisiin jatkokäyttöön, joten tässä arvioinnissa on käytetty oletusta, että reaktorirakennukset purettaisiin kokonaan, mutta alueelle jätettäisiin voimalaitoksen tukitoiminnassa

käytettyjä rakennuksia. Alueelle jäävät rakennukset eivät erotu selvästi kaukomaisemassa, jolloin voimalaitoksesta aiheutuneet kaukomaisemavaikutukset lieventyvät. Myönteiset vaikutukset kohdistuvat etenkin voimalaitosta ympäröiville alueille: merialueelle ja sen rantavyöhykkeelle lomarakennukseen, josta avautuu näkymiä voimalaitoksen suuntaan.

Greenfield-periaatteen mukaan kaikki voimalaitosalueella olevat rakennukset ja rakenteet puretaan ja alue maisemoidaan täysin. Tällöin voimalaitosalue saatetaan vastaamaan mahdollisimman paljon luonnontilaa ja voimalaitosta ympäröivien alueiden maisema palautuu voimalaitoksen rakentamista edeltävään tilaan. Tällä on sekä Hästholmenin alueelle että sitä ympäröiville alueille selviä myönteisiä maisemavaikutuksia. Toisaalta voimalaitos on Suomen ensimmäinen ydinvoimalaitos ja sijainnut alueella 1970-luvulta alkaen, joten se on jo osa alueen maisemakuva ja rakennettua kulttuuriympäristöä. Voimalaitoksen purkaminen voidaan kokea myös kielteisenä asiana. Joissakin maissa vanhoja ydinvoimalaitoksia tai niiden osia on myös suojeltu, koska rakennusten on katsottu olevan merkittävä osa alueen kulttuurihistoriaa.

Käytöstäpoistamisen vaihtoehto ei aiheuta vaikutuksia arkeologiseen kulttuuriperintöön. Voimalaitoksen kaakkoispuolella sijaitsevaan maakunnallisesti merkittävään kulttuuriympäristöön, *Vådholmsfjärdeniin* kohdistuvat visuaaliset

vaikutukset lieventyvät voimalaitoksen käytöstäpoistosta. Kaukomaisemassa selvästi erottuvien reaktorirakennusten ja muiden kookkaiden rakennusten purkamisesta aiheutuu myönteisiä vaikutuksia kulttuuriympäristöstä voimalaitoksen suuntaan avautuviin näkymiin.

Voimalaitokselta luoteeseen sijaitsevalta Svartholman linnoitukselta, joka on valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö, ei avaudu sellaisia avoimia tai tärkeitä näkymiä voimalaitoksen rakennuksille tai rakenteille, joihin rakennusten purkamisesta olisi mainittavia vaikutuksia.

9.3.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus voimalaitosalueella ei aiheuta muutoksia maisemaan ja kulttuuriympäristöön.

9.3.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-4 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

Taulukko 9-4. Vaikutusten merkittävyys: maisema ja kulttuuriympäristö.

Vaikutusten merkittävyys: maisema ja kulttuuriympäristö			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen , koska voimalaitoksen lisärakentaminen aiheuttaa vain vähäisiä kielteisiä maisemallisia vaikutuksia, jotka kohdistuvat pääosin vain voimalaitoksen lähiympäristöön. Voimalaitos on osa alueen maisemakuva ja nykyisen kaltaisesti myös tulevina vuosikymmeninä. Arkeologiseen kulttuuriperintöön ei kohdistu vaikutuksia.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen	Vähäinen myönteinen	Brownfield-periaate: Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen , koska joidenkin kookkaiden rakennusten mahdollinen purkaminen aiheuttaa myönteisiä maisemallisia vaikutuksia sekä lähi- että kaukomaisemaan. Myönteisiä maisemallisia vaikutuksia vähentää käytöstäpoiston pitkä aikajänne, kun purkutöitä tehdään vaiheittain ja maisema muuttuu useiden vuosikymmenten aikana. Voimalaitoksen rakennusten purkaminen voidaan nähdä myös kielteisenä asiana voimalaitoksen ollessa osa alueen maisemakuva ja rakennettua ympäristöä. Arkeologiseen kulttuuriperintöön ei kohdistu vaikutuksia.
		Kohtalainen myönteinen	Greenfield-periaate: Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen myönteinen , koska voimalaitoksen kaikkien rakennusten purkaminen aiheuttaa selviä myönteisiä maisemallisia vaikutuksia sekä lähi- että kaukomaisemaan. Alue palautuu luonnontilaisen kaltaiseksi. Myönteisiä maisemallisia vaikutuksia vähentää käytöstäpoiston pitkä aikajänne, kun purkutöitä tehdään vaiheittain ja maisema muuttuu useiden vuosikymmenten aikana. Voimalaitoksen rakennusten purkaminen voidaan nähdä myös kielteisenä asiana voimalaitoksen ollessa osa alueen maisemakuva ja rakennettua ympäristöä. Arkeologiseen kulttuuriperintöön ei kohdistu vaikutuksia.
Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta , koska toiminta ei aiheuta vaikutuksia maisemaan ja kulttuuriympäristöön.

9.3.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Käytön jatkamisen tapauksessa vaikutuksia voidaan lieventää sillä, että uusien rakennusten ja rakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan hyvää rakennustapaa ja muun muassa niiden väriytykseen kiinnitetään huomioita, jotta ne soveltuvat alueelle. Myös maisemavaikutuksia lieventävien suojavyöhykkeiden säilymiseen kiinnitetään huomiota sekä rakentamis- että purkutoimissa.

9.3.9 Epävarmuustekijät

Tarkkoja suunnitelmia alueen purkamisesta ja sen vaiheistuksesta ei ole vielä tässä vaiheessa olemassa, mistä johtuen rakennusten purkamisen vaikutuksia ei ole havainnollistettu sanallista arviointia tukevilla havainnekuvilla. Tämä jättää tiettyjä epävarmuuksia visuaalisten maisemavaikutusten arviointiin. Alueen loppukäyttö ja sen kautta maisemaan kohdistuvat vaikutukset tulee määrytymään sen mukaan, mitä periaatetta jatkokäytössä tullaan soveltamaan. Arvioinnissa on arvioitu eri periaatteiden välisiä vaikutuksia maisemaan, joka vähentää arvioinnin epävarmuustekijöitä.

9.4 LIIKENNE

9.4.1 Arvioinnin päätulokset

Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa liikennevaikutukset pysyvät pääosin nykyisen kaltaisina, mutta jatkuvat noin 20 vuotta. Lisärakentamisesta aiheutuu joitakin hetkellisiä lisäyksiä liikennemääriin. Liikenneturvallisuus voimalaitosalueelle johtavilla teillä säilyy samana. Kuitenkin erityisesti vuosihuoltojen aikaan, kuten nykyisessä toiminnassa, jolloin liikennemäärät ovat suurimmillaan, voi Atomitiellä ja Saaristotiellä liikenteen sujuvuus hetkellisesti hieman heiketä ja lisätä liikenneturvallisuusriskiä. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu olevan vähäinen kielteinen.

Suurin lisäys käytöstäpoiston aikaisissa liikennemäärissä näkyy purkuvaiheissa, jolloin liikennemäärät ovat enimmillään hetkittäin rinnastettavissa voimalaitoksen nykyisen toiminnan aikaisten vuosihuoltojen liikennemääriin. Liikennemäärien kasvulla ei arvioida olevan merkittävää muutosta liikenteen sujuvuuteen ottaen huomioon teiden nykyinen kapasiteetti. On kuitenkin mahdollista, että Atomitiellä ja Saaristotiellä liikenteen sujuvuus hetkellisesti heikkenee. Liikennemäärän lisäys erityisesti Atomitiellä ja Saaristotiellä lisää liikenneturvallisuusriskiä, kun otetaan huomioon liikennemäärien lisäyksen kesto sekä kevyeen liikenteen väylän puuttuminen Atomitieltä ja Saaristotieltä. Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen kielteinen.

Muulla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden kuljetuksia on vain vähän ja niiden vaikutus teiden vuorokausikohtaisiin liikennemääriin on merkityksetön.

9.4.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Liikennevaikutuksia on tarkasteltu arvioimalla liikennemääriä ja niiden muutoksia voimalaitosalueelle johtavilla teillä. Tarkastelussa on huomioitu erikseen kokonaisliikennemäärien, henkilöliikenteen ja raskaan liikenteen määrien muutokset. Vaikutusten arvioinnissa on huomioitu sekä voimalaitosalueelle saapuva että sieltä lähtevä liikenne. Liikennemäärien muutoksesta aiheutuvat vaikutukset liikenneverkon kuormitukseen, liikenteen sujuvuuteen ja liikenneturvallisuuteen on arvioitu asiantuntija-arviona. Erityistä huomiota on kiinnitetty kuljetusreittien varrella mahdollisesti sijaitseviin herkkiin kohteisiin, kuten asutukseen, päiväkoteihin ja virkistysalueisiin. Nykytilaa kuvaavia tietoja on verrattu maksimiliikennemääriin, jossa on oletettu, että valtaosa henkilöstöstä tulee voimalaitokselle henkilöautoilla.

Voimalaitosalueelle johtavat tieyhteydet ja niiden nykyliikennemäärät on koottu Väyläviraston aineistoista (Väylävirasto 2020). Lisäksi on tarkasteltu kuljetusjärjestelyjä voimalaitosalueella hankeuvauksessa esitettyyn tietoon perustuen. Liikenneturvallisuuden osalta tarkasteltiin voimalaitosalueelle johtavien teiden onnettomuustilastoja (Ramboll Finland Oy 2020). Lisäksi on hyödynnetty erilaisia karttataarkasteluja muun muassa teiden ominaisuuksien ja herkkien kohteiden analysoinnin osalta.

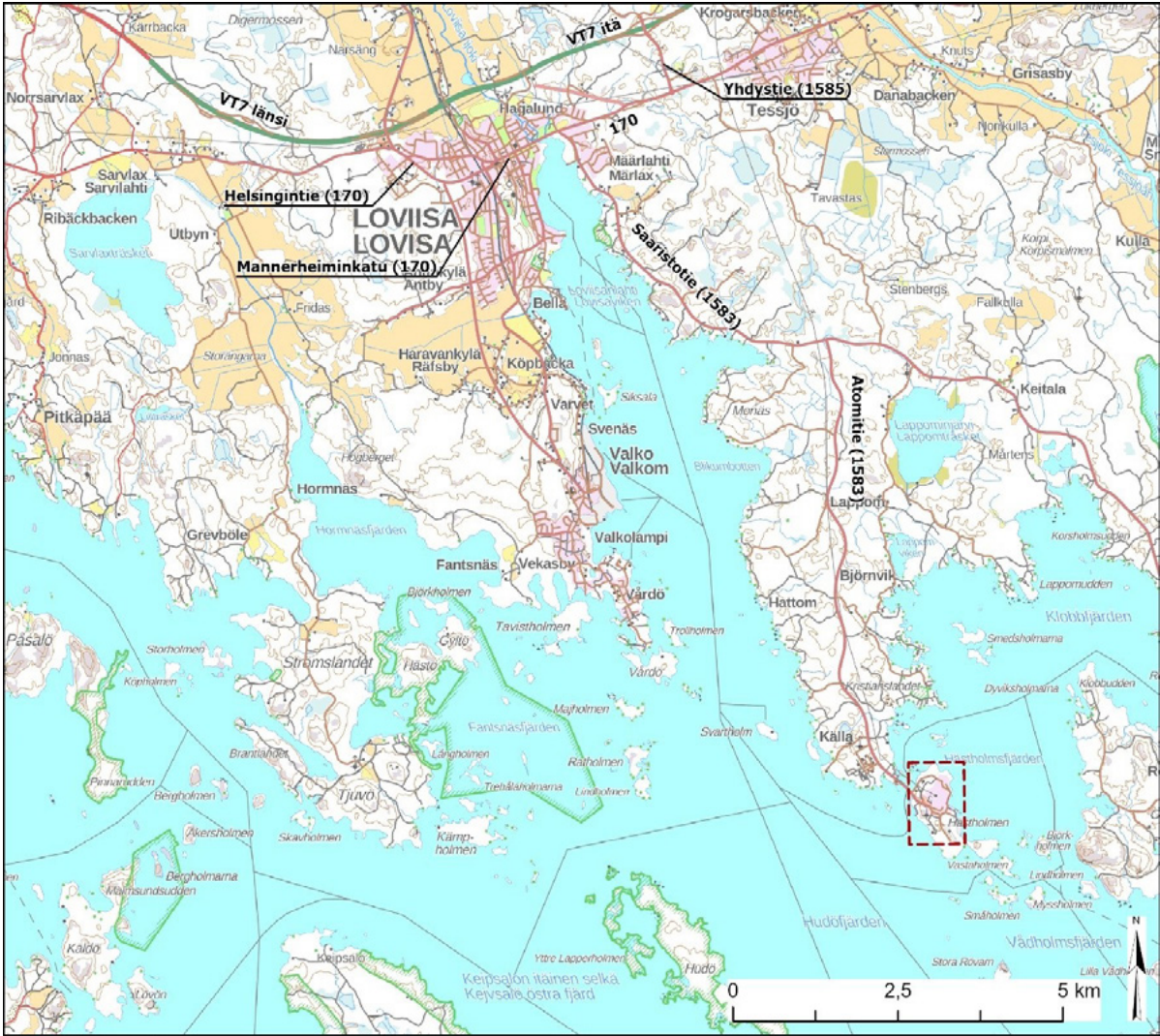
Liikenteellisistä muutoksista aiheutuvat päästöt ja niiden vaikutukset ilmanlaatuun, melu- ja värinävaikutukset on arvioitu luvuissa 9.5, 9.6 ja 9.7. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksia on tarkasteltu luvussa 9.10.

9.4.3 Nykytila

Loviisan kautta kulkee Helsingistä Vaalimaalle valtatie 7, joka on osa Suomen tärkeintä itä-länsisuuntaista väylää, E18-tietä. Valtatiellä on liittymät Loviisan itä- ja länsipuolella. Valtatien 7 itäisestä liittymästä liikenneyhteys Hästholmenin saarelle kulkee yhdystietä 1585, Mannerheiminkatua (170), Saaristotietä ja Atomitietä (1583) pitkin. Läntisen liittymän kautta voimalaitokselle tuleva liikenne kulkee Loviisan keskustan läpi Helsingintietä ja Mannerheiminkatua (170) pitkin ennen Saaristo- ja Atomitietä (1583). Valtatieltä 7 on noin 15 km matka Hästholmenin saarelle (Kuva 9-13).

Väyläviraston vuoden 2019 liikennemäärätilaston (Väylävirasto 2020) mukaan valtatiellä 7 läntisen liittymän kohdalla keskimääräinen vuorokausiliikenne oli noin 10 558 ajoneuvoa/vrk, joista raskaita ajoneuvoja oli 10 % (1 023 ajoneuvoa/vrk). Itäisen liittymän kohdalla vastaava liikennemäärä oli enimmillään noin 8 750 ajoneuvoa/vrk ja raskaiden ajoneuvojen osuus oli 12 % (1 066 ajoneuvoa/vrk).

Läntisestä liittymästä erkanevalla Helsingintiellä keskimääräinen vuorokausiliikenne oli noin 7 350 ajoneuvoa. Tästä raskaan liikenteen osuus oli 6 % (445 ajoneuvoa/vrk). Itäisestä liittymästä jatkuvalla yhdystiellä 1585 liikennöi noin 1 466 ajoneuvoa/vrk, josta raskaita ajoneuvoja oli 6 % (88 ajoneuvoa/vrk). Mannerheiminkadulta Määrlahteen liikennemäärät olivat 3 487 ajoneuvoa/vrk ja raskaiden ajoneuvojen osuus oli 4 % (154 ajoneuvoa/vrk). Saaristotiellä keskimääräinen vuorokausiliikenne oli 1 803 ajoneuvoa, josta raskaiden ajoneuvojen osuus oli 4 % (80 ajoneuvoa/vrk). Atomitien keskimääräinen vuorokausiliikenne oli noin 693 ajoneuvoa, josta raskaita ajoneuvoja



Voimalaitos

Kuva 9-13. Valtatieltä 7 Loviisan voimalaitokselle johtavat tiet tienumeroineen (Maanmittauslaitos 2021a).

oli noin 5 % (38 ajoneuvoa/vrk).

Atomitiellä tai Saaristotiellä ei ole erillistä jalankulku- tai pyöräilyväylää muualla kuin lyhyellä tiepätkällä Atomitiellä voimalaitoksen läheisyydessä ja Saaristotiellä Mannerheiminkadun ja Määrlahden välissä. Teistä ainoastaan Saaristotien osuus Määrlahden kohdalla on valaistu. Nopeusrajoitus Atomitiellä ja Saaristotiellä on 80 km/h, pois lukien Saaristotien pohjoispää, jossa rajoitus laskee Mannerheiminkadun liittymää lähestyttäessä ensin 60 km/h ja edelleen 50 km/h:ssa. Mannerheiminkadulla Loviisan keskustan kohdalla nopeusrajoitus on 40 km/h ja muutoin paikasta riippuen 50 km/h.

Atomitiellä ja Saaristotiellä on tilastoitu yhteensä noin 20 liikenneonnettomuutta vuosina 2015–2019 (Ramboll Finland Oy 2021). Näistä 4 oli loukkaantumiseen johtanutta polkupyöräonnettomuutta Saaristotien (1583) ja Mannerheiminkadun (170) risteysalueella. Lisäksi yksi loukkaantumiseen johtanut onnettomuus tapahtui Saaristotiellä. Muissa onnettomuustilanteissa ei ollut henkilövahinkoja. Atomitiellä suurin osa onnettomuuksista oli hirvikolarieita ja muutoin onnettomuudet olivat kohtaamisenonnettomuuksia tai yksittäisonnettomuuksia.

Määrlahdessa Kuningattarenrannassa on aloitettu infrastruktuurin rakentaminen, mihin liittyy Saaristotien pohjoispään linjaus siirtyä itään päin ja lisäksi Saaristotien varteen tulee kevyen liikenteen väylä noin 1 km matkalle (Loviisan kaupunki 2021b). Loviisassa pitkän aikavälin tavoitteena on toteuttaa uusi tieyhteys valtatie 7 (E18) itäisestä kiertoliittymästä Hästholmeniin, josta uusi tieyhteys kulkisi Saaristotien/Atomitien risteykseen ja siitä edelleen parannettavana tieyhteytenä Atomitietä Hästholmenin saarelle. Tieyhteyden suunnittelu ajoittuisi suunnitelmakaudella 2021–2024. Loviisan kaupunki on esittänyt ELY-keskukselle, että hankkeen suunnittelu tulisi käynnistää (Loviisan kaupunki 2020).

Voimalaitosalueen lähin rautatie kulkee Valkon satamasta Lahteen. Rataosuudella liikennöivät vain tavarajunat. Loviisan satama sijaitsee Loviisan Valkossa noin 22 kilometrin päässä voimalaitosalueelta. Voimalaitoksen lähistöllä on kolme laivaväylää. Väylä Valkon satamaan kulkee Hästholmenin lounaispuolelta lähimmillään parin kilometrin päässä saaren rannasta. Kymmenen kilometrin säteellä voimalaitoksesta on myös Suomenlahden rannikkoväylä, joka alkaa Haminan ja Kotkan satamista ja jatkuu Helsinki–Orrengrund-väylänä. Kol-

Taulukko 9-5. Vaikutuskohteen herkkyys: liikenne.

Vaikutuskohteen herkkyys: liikenne	
Vaikutuskohteen herkkyytaso määräytyy liikenneverkon ja -ympäristön ominaisuuksien sekä ympäröivän maankäytön mukaan.	
Kohtalainen	Alueen tieverkko on suunniteltu suurelle liikennemäärälle huomioiden voimalaitosalueen nykyiset raskaan liikenteen määrät. Kuitenkin liikenteellinen herkkyys arvioidaan kohtalaiseksi, koska Atomitiellä ja Saaristotiellä ei ole kevyen liikenteen väylää muualla kuin lyhyellä tiepätkällä Atomitiellä voimalaitoksen läheisyydessä ja Saaristotiellä Mannerheiminkadun ja Määrlahden välissä. Alueen herkkyys korostuu vuosihuoltojen aikaisten normaalia suurempien kokonaisliikennemäärien aikana.

mas laajemmalla käytöllä oleva laivaväylä Haminan ja Kotkan satamiin sijaitsee hieman ulompana merellä. Voimalaitoksen ja sen ympäristön turvallisuuden varmistamiseksi ilmailu on kielletty Hästholmenin alueella (VNa 930/2014). Lentokieltoalue kattaa voimalaitoksen ympäristön neljän kilometrin säteellä ja alle 2 000 metrin korkeudella. Hästholmenilla sijaitsee virallinen helikopterikenttä, joka on tarkoitettu viranomaiskäyttöön.

Taulukossa 9-5 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.4.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Liikenteelliset vaikutukset muodostuvat käytön jatkamisessa kuten voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa työntekijöiden henkilöliikenteestä sekä erilaisista kuljetuksista voimalaitosalueelle johtavilla teillä.

Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen liikennemäärät pysyvät samansuuruisina kuin nykyisen toiminnan aikana. Keskimääräinen vuorokausiliikenne voimalaitokselle on noin 500 ajoneuvoa, joista raskaita ajoneuvoja on noin 40. Nämä liittyvät muun muassa tuoreen ydinpolttoaineen, erilaisten laitteiden, kemikaalien, polttoöljyn, kaasujen ja jätehuollon kuljetuksiin.

Taulukossa 9-6 on esitetty voimalaitoksen käytön jatkamiseen liittyvien liikennemäärien osuus teiden kokonaisliikennemääristä ja raskaan liikenteen määristä (ajoneuvoa/vrk). Taulukosta nähdään, että valtatiellä 7 ja Helsingintiellä (170) voimalaitoksen osuus kokonaisliikennemääristä on noin 1–4 %. Yhdystiellä 1585 voimalaitoksen osuus on 24 % kokonaisliikennemäärästä, Mannerheiminkadulla (170) 10 % ja Saaristotiellä 28 %. Suurimmillaan voimalaitoksen liikenne suhteessa muuhun liikenteeseen on Atomitiellä, jossa voimalaitoksen osuus tien kokonaisliikennemäärästä on noin 72 %. Taulukossa 9-6 esitetyissä luvuissa on oletettu tilanne, jossa noin 70 % voimalaitoksen liikenteestä käyttää valtatie 7 idänpuoleista liittymää ja 30 % lännenpuoleista liittymää.

Voimalaitoksen raskaan liikenteen määrät ovat valtatiellä 7 alle 3 % kokonaismääristä, mutta voimalaitosalueelle päin voimalaitoksen raskaan liikenteen määrien osuus teiden raskaan liikenteen kokonaismääristä kasvaa huomattavasti ollen Atomitiellä 100 %.

Voimalaitoksen vuosihuollot nostavat liikennemääriä hetkellisesti arviolta enintään noin 1 000 ajoneuvoon vuorokaudessa, joista enintään noin 100 on raskaita ajoneuvoja. Tällöin voimalaitoksen liikennemäärien osuus teiden kokonaisliikennemääristä kasvaa hetkellisesti. Yhden yksikön vuosihuollon kesto on yleensä noin 2–8 viikkoa.

Käytön jatkamisen tapauksessa liikennevaikutukset säilyvät pääosin nykyisellään. Voimalaitoksen toimintaan liittyvät liikennemäärät lisääntyvät vain hieman lisärakentamistöiden aikana. Liikenteelliset vaikutukset jatkuvat kuitenkin nykyisestä noin 20 vuotta. Liikenneturvallisuus voimalaitosalueelle johtavilla teillä säilyy samana. Kuitenkin erityisesti vuosihuoltojen aikaan, jolloin liikennemäärät ovat suurimmillaan, voi Atomitiellä ja Saaristotiellä liikenteen sujuvuus hetkellisesti hieman heiketä ja kevyen liikenteen väylän puuttuminen lisätä liikenneturvallisuusriskiä Saaristotien alkua lukuun ottamatta. Atomitien tai Saaristotien yhteydessä ei sijaitse herkkiä kohteita, joihin voimalaitoksen liikennetuotos vaikuttaisi. Voimalaitosta lähimmät koulut, liikuntahalli ja muut keskeiset palvelut sijaitsevat Loviisan keskustassa ja näidenkin osalta vaikutus säilyy samana. Muutoksen suuruuden arvioidaan olevan korkeintaan *vähäinen kielteinen*.

Liikenteeseen liittyvät meluvaikutukset on arvioitu luvussa 9.5, tärinävaikutukset luvussa 9.6 ja ilmanlaatuun kohdistuvat vaikutukset luvussa 9.7.

9.4.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Liikenteelliset vaikutukset muodostuvat käytöstäpoiston eri vaiheisiin liittyvistä erilaisista kuljetuksista sekä työntekijöiden henkilöliikenteestä voimalaitosalueen sisällä sekä voimalaitosalueelle johtavilla teillä.

Käytöstäpoistossa liikenteelliset vaikutukset vaihtelevat eri käytöstäpoistovaiheissa. Liikennemäärien muutokset verrattuna voimalaitoksen nykyiseen toimintaan on esitetty taulukossa 9-7 ja eri käytöstäpoistovaiheiden liikenteen aiheuttamat muutokset teiden kokonaisliikennemääriin taulukossa 9-8. Taulukossa 9-7 liikennemäärät on laskettu arvioitujen maksimimäärien mukaan, jossa louhe kuljetettai-siin voimalaitoksen ulkopuolelle välivarastoitavaksi ja sieltä lopulta takaisin voimalaitosalueelle VLJ-luolan sulkemista

Taulukko 9-6. Teiden kokonaisliikennemäärät ja raskaan liikenteen määrät (Väylävirasto 2020) sekä voimalaitoksen liikenteen osuus. Voimalaitoksen liikennemäärät ovat samat sekä nykytilanteessa että käytön jatkamisen tapauksessa.

Tie	Kokonaisliikennemäärät (ajoneuvoa/vrk)	Voimalaitoksen osuus kokonaisliikennemäärästä	Raskaan liikenteen määrät (ajoneuvoa/vrk)	Voimalaitoksen osuus raskaan liikenteen määrästä
VT7 länsi	10 558	1 %	1 023	1 %
VT7 itä	8 750	4 %	1 066	3 %
Helsingintie 170	7 350	2 %	445	3 %
Yhdystie 1585	1 466	24 %	88	32 %
Mannerheiminkatu 170	3 487	10 %	154	18 %
Saaristotie 1583	1 803	28 %	80	50 %
Atomitie 1583	693	72 %	38	100 %

Taulukko 9-7. Käytöstäpoiston eri vaiheiden liikenteellinen muutos verrattuna voimalaitoksen nykyiseen toimintaan.

	Voimalaitoksen nykyinen toiminta		VLJ-luolan laajennus (voimalaitos vielä toiminnassa)		1. purkuvaihe		Itsenäistettävien laitososien käyttö		2. purkuvaihe		VLJ-luolan sulkeminen	
	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne
Ajoneuvoa/vrk	500	40	530	50	900	100	290	40	900	100	30	10
Muutos voimalaitoksen nykyiseen toimintaan			6 %	25 %	80 %	150 %	42 %	0 %	80 %	150 %	94 %	75 %

Taulukko 9-8. Käytöstäpoiston eri vaiheiden liikenteen aiheuttamat muutokset eri teillä verrattuna keskimääräiseen vuorokausiliikennemäärään nykytilanteessa.

Tie	Kokonaisliikennemäärät (ajoneuvoa/vrk)	Raskaan liikenteen määrät (ajoneuvoa/vrk)	VLJ-luolan laajennus (voimalaitos vielä toiminnassa)		1. purkuvaihe		Itsenäistettävien laitososien käyttö		2. purkuvaihe		VLJ-luolan sulkeminen	
			Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne	Kok. liikenne	Raskas liikenne
VT7 länsi	10 558	1023	0 %	0 %	1 %	2 %	1 %	0 %	1 %	2 %	1 %	1 %
VT7 itä	8 750	1066	0 %	1 %	3 %	4 %	2 %	0 %	3 %	4 %	4 %	2 %
Helsingintie 170	7350	445	0 %	1 %	2 %	4 %	1 %	0 %	2 %	4 %	2 %	2 %
Yhdystie 1585	1466	88	1 %	8 %	19 %	48 %	10 %	0 %	19 %	48 %	22 %	24 %
Mannerheiminkatu 170	3487	154	0 %	2 %	3 %	12 %	2 %	0 %	3 %	12 %	4 %	6 %
Saaristotie 1583	1803	80	2 %	13 %	22 %	75 %	12 %	0 %	22 %	75 %	26 %	37 %
Atomitie 1583	693	38	4 %	26 %	58 %	150 %	30 %	0 %	58 %	150 %	68 %	79 %

varten. Taulukossa 9-8 esitetyissä laskentatuloksissa on oletettu, että noin 70 % voimalaitoksen liikenteestä käyttää valtatie 7 idänpuoleista liittymää ja 30 % lännenpuoleista liittymää. Laskennassa ei ole huomioitu tieliikennemäärien kehitysennusteita. Taulukon värit tarkoittavat seuraavaa: harmaa = ei muutosta, punainen = liikennemäärä kasvaa, vihreä = liikennemäärä vähenee.

Jos käytöstäpoisto toteutetaan greenfield-periaatteen mukaan, varsinkin raskasta liikennettä syntyy enemmän purkujätteen kuljetuksista. Myös henkilöstöliikennettä on enemmän pidemmällä aikavälillä. Tarkkoja suunnitelmia purkutoimista greenfield-tasolle ei ole vielä laadittu, eikä sen aiheuttamia liikennemääriä ole otettu huomioon seuraavissa taulukoissa ja vaikutusten arvioinnissa.

VLJ-luolan laajentamisen aikana voimalaitos on edelleen käytössä, jolloin voimalaitoksen liikennemäärät ovat samat kuin nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan laajentamiseen liittyvät loughintatyöt ja sen tarvitsema lisähenkilöstö lisäävät hieman voimalaitoksen kokonaisliikennemääriä. Loughintatyöt kestävät arvion mukaan noin kolme vuotta, jolloin VLJ-luolan loughintatöistä syntynyttä loughetta kuljetetaan luolasta maanpinnalle ja välivarastoitavaksi joko voimalaitosalueelle tai sen ulkopuolelle. Lisäksi henkilöliikennemäärät kasvavat hieman sekä yksittäisiä erikoiskuljetuksia voidaan toteuttaa.

VLJ-luolan laajentamiseen liittyviä loughitun kiviaineksen kuljetuksia arvioidaan olevan yhteensä noin 5 000–11 000 ajoneuvoa 3 vuoden aikana. Tällöin raskaiden ajoneuvojen kuljetukset lisääntyisivät alueella noin 5–10 ajoneuvolla/vrk. Jos louhe välivarastoidaan voimalaitosalueella, ei liikenteellisiä vaikutuksia louheen kuljetuksesta synny. Sen sijaan voimalaitosalueen sisäinen liikenne kasvaa. Jos louhe kuljetetaan välivarastoitavaksi muualle, lisääntyvät raskaan liikenteen määrät erityisesti Saaristotiellä (lisäys noin 13 %) ja Atomitiellä (lisäys noin 26 %). Kokonaisliikennemäärien lisäys on Saaristotiellä noin 2 % ja Atomitiellä noin 4 %. Muilla teillä valtatielle 7 saakka kokonaisliikennemäärien lisäys on hyvin pieni (<2 %), vaikka louhe vietäisiin muualle välivarastoitavaksi.

Voimalaitoksen käytöstäpoiston 1. ja 2. purkuvaiheiden aikana liikennemäärät ovat suurimmillaan. Voimalaitosalueen ulkopuolelle suuntautuu liikennettä noin 900 ajoneuvoa/vrk, mikä on noin 400 ajoneuvoa enemmän kuin nykytilanteessa. Voimalaitoksen vuorokausikohtaiset kokonaisliikennemäärät kasvavat nykyiseen verrattuna noin 80 %, mikä näkyy erityisesti Atomitien ja Saaristotien liikennemäärien kasvuna. Atomitiellä kokonaisliikennemäärän kasvu on 58 % (raskaat ajoneuvot 150 %) ja Saaristotiellä kokonaisliikennemäärän kasvu on 22 % (raskaat ajoneuvot 75 %). Määrät ovat enimmillään hetkittäin samaa luokkaa kuin nykyisin vuosihuoltojen aikana. Muilla tieosuuksilla liikennemäärät myös kasvat, eniten yhdystiellä 1585.

Liikennemäärät ovat matalimmillaan 1. purkuvaiheen jälkeen alkavassa itsenäistettävien laitososien käytön vaiheessa. Tällöin liikennemäärät ovat yhteensä enintään 290 ajoneuvoa/vrk (raskas liikenne enimmillään 40 ajoneuvoa/vrk). Itsenäisen käytön aikana kokonaisliikennemäärät laskevat vähintään 40 % voimalaitoksen nykyisistä liikennemää-

ristä, mikä näkyy teiden vuorokausikohtaisten kokonaisliikennemäärien laskuna. Suurin vähennys on Atomitiellä, jossa kokonaisliikennemäärät vähenevät noin 30 %. Teiden raskaan liikenteen määrät säilyvät samoina kuin nykyisin.

Itsenäistettävien laitososien käytön aikana toteutetaan käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset Loviisasta Eurajoen Olkiluotoon. Käytetyn ydinpolttoaineen maantiekuljetuksia arvioidaan olevan noin 6-8 kpl vuodessa tai vaihtoehtoisesti laivakuljetuksia noin 2 kpl vuodessa. Jos käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset toteutetaan maanteitse tai maantie-lai-va-maantie -kuljetusten yhdistelmänä, tuovat erikoiskuljetukset hetkellisiä rajoitteita muulle tieliikenteelle. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten vaikutusten arviointi on esitetty luvussa 9.10.5.1.

VLJ-luolan sulkemisvaiheessa laitosalueelle suuntautuu vielä hieman henkilöliikennettä ja raskasta liikennettä. Kokonaisliikennemäärät vähenevät kaikilla tieosuuksilla myös siinä tapauksessa, jossa louhe kuljetettaisiin muualla sijainneelta välivarastointialueelta takaisin voimalaitosalueelle VLJ-luolan täyttömateriaaliksi. Lähi-teillä raskaan liikenteen kuljetuksien lisäys on samaa luokkaa kuin VLJ-luolan laajentamisvaiheessa.

Kun VLJ-luola on pysyvästi suljettu, ei Loviisan voimalaitokseen liittyvää henkilöliikennettä tai raskaiden ajoneuvojen kuljetuksia voimalaitosalueelle enää synny. Riippuen alueen jatkokäytöstä alueella voi kuitenkin olla muuta liikennettä.

Käytöstäpoiston liikenteelliset vaikutukset on määritetty maksimitilanteen mukaan, jossa liikennemäärät ovat suurimmillaan. Suurin lisäys liikennemäärissä näkyy voimalaitoksen käytöstäpoiston 1. ja 2. purkuvaiheissa, jolloin purkutöihin liittyvät kuljetusmäärät ovat suuruusluokaltaan enimmillään hetkittäin rinnastettavissa voimalaitoksen nykyisen toiminnan aikaisten vuosihuoltojen liikennemääriin. Liikennemäärien kasvulla ei arvioida olevan merkittävää muutosta liikenteen sujuvuuteen ottaen huomioon teiden nykyinen kapasiteetti. On kuitenkin mahdollista, että Atomitiellä ja Saaristotiellä liikenteen sujuvuus voi hetkellisesti hieman heiketä.

Käytöstäpoiston aikana kasvava henkilöliikenteen ja raskaan liikenteen määrän lisäys erityisesti Atomitiellä ja Saaristotiellä lisää liikenneturvallisuusriskiä, kun otetaan huomioon liikennemäärien lisäyksen kesto sekä kevyeen liikenteen väylän puuttuminen Atomitieltä sekä Saaristotieltä. Atomitien tai Saaristotien yhteydessä ei sijaitse herkkiä kohteita, joihin voimalaitoksen liikennetuotos vaikuttaisi. Voimalaitosta lähimmät koulut, liikuntahalli ja muut keskeiset palvelut sijaitsevat Loviisan keskustassa, mutta koska liikenteen oletetaan pääosin suuntautuvan Saaristotien ja Mannerheiminkadun liittymästä itään kohti yhdystietä, ei tällä ole merkittävää vaikutusta kohteiden liikenneturvallisuuteen. Liikenteen muutoksen suuruuden arvioidaan olevan enimmillään *kohtalainen kielteinen*.

Käytöstäpoiston eri vaiheissa erityisesti lisääntyvistä raskaan liikenteen kuljetuksista voi aiheutua tilapäistä lievää haittaa liikennemelun ja -tärinän muodossa voimalaitosalueen lähi-teillä. Vaikutus on kuitenkin hetkellinen ja kohdistuu aivan ajotien läheisyyteen. Lisäksi liikenteen lisäyksestä aiheutuu pakokaasu- ja pölypäästöjä. Liikenteeseen liittyvät meluvaikutukset on arvioitu luvussa 9.5, tärinävaikutukset luvussa 9.6 ja ilmanlaatuun kohdistuvat vaikutukset luvussa 9.7.

Taulukko 9-9. Vaikutusten merkittävyys: liikenne.

Vaikutusten merkittävyys: liikenne			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen , koska lisärakentamisesta aiheutuu joitakin hetkellisiä lisäyksiä liikennemääriin. Liikenneturvallisuus voimalaitosalueelle johtavilla teillä säilyy samana. Kuitenkin erityisesti vuosihuoltojen aikaan, jolloin liikennemäärät ovat suurimmillaan, voi Atomitiellä ja Saaristotiellä liikenteen sujuvuus hetkellisesti hieman heiketä ja lisätä liikenneturvallisuusriskiä.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen	Kohtalainen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen kielteinen , koska 1. ja 2. purkuvaiheessa liikennemäärät ovat enimmillään hetkittäin rinnastettavissa voimalaitoksen nykyisen toiminnan aikaisten vuosihuoltojen liikennemääriin. Liikennemäärien kasvulla ei arvioida olevan merkittävää muutosta liikenteen sujuvuuteen ottaen huomioon teiden nykyinen kapasiteetti. On kuitenkin mahdollista, että Atomitiellä ja Saaristotiellä liikenteen sujuvuus voi hetkellisesti heiketä. Liikennemäärän lisäys erityisesti Atomitiellä ja Saaristotiellä lisää liikenneturvallisuusriskiä. Itsenäistettävien laitososien käytön ja VLJ-luolan sulkemisen aikana liikennemäärät ovat pienempiä kuin nykyisin.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta , koska toiminnasta aiheutuu kuljetuksia vain vähän ja niiden vaikutus teiden vuorokausikohtaisiin liikennemääriin on merkityksetön.

Käytöstäpoiston aikana myös voimalaitosalueen sisäinen liikenne kasvaa, kun käytöstäpoistossa syntyvää aktivoitunutta tai kontaminoitunutta jätettä kuljetetaan VLJ-luolaan. Käytöstäpoiston ensimmäisessä purkuvaiheessa (kesto noin 7 vuotta) voimalaitosalueen sisäisiä kuljetuksia arvioidaan olevan noin 1-2 ajoneuvoa/vrk. Toisessa purkuvaiheessa, jolloin itsenäistettävät laitososat puretaan, voimalaitosalueen sisäisiä kuljetuksia arvioidaan olevan noin 1 ajoneuvo/vrk noin 3 vuotta kestävän purkuvaiheen aikana. Suurin osa voimalaitosalueen sisäisistä kuljetuksista toteutetaan kuorma-autoilla, mutta myös erikoisraskaita kuljetuksia tarvitaan.

Voimalaitosalueen sisäisen liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen kiinnitetään huomiota. Kuljetusten reitit suunnitellaan siten, että ne eivät haittaa tai vaaranna alueen muuta liikennettä. Liikennejärjestelyiden muuttuessa pyritään niistä viestimään selkeästi liikenteen ohjauksen ja tiedotuksen keinoin. Jalankulkureitit alueella järjestetään niin, että ne ovat erillään ajoneuvoliikenteen reiteistä ja myös risteävät mahdollisimman vähän autoliikenteen kanssa. Pysäköintialueet järjestetään nykyiseen tapaan erilleen voimalaitosalueesta.

9.4.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muulla Suomessa muodostuvien radioaktiivisten jätteiden kuljetus Loviisaan voi tapahtua erilaisilla tarkoituksenmukaisilla kuljetusvälineillä esimerkiksi jakeluautotyyppisellä ajoneuvolla. Kuljetuksissa huomioidaan mm. STUKin turvallisuusmääräykset (STUK 2021f), joita radioaktiivisten aineiden kuljettaminen edellyttää.

Liikennereitit Loviisassa ovat samat kuin voimalaitoksen omissa kuljetuksissa. Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden kuljetusmäärä on arviolta enimmillään noin 10 kuljetusta vuodessa, joten vuorokausikohtaisiin kokonaisliikennemääriin voimalaitosalueelle johtavilla teillä niillä ei ole vaikutusta.

9.4.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-9 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.4.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Liikenteen suuntautuminen erityisesti raskaan liikenteen osalta tulisi pyrkiä ohjaamaan Loviisan keskustan läpiajon sijaan yhdystien kautta valtatielle 7.

Loviisan kaupunki on esittänyt ELY-keskukselle, että uuden tieyhteyden suunnittelu tulisi käynnistää (Loviisan kaupunki 2020). Uusi suunniteltu tieyhteys, joka kulkisi valtatieltä 7 (E18) itäisen liittymän kautta Saaristotien/ Atomitien risteykseen ja siitä edelleen parannettavana tieyhteytenä Atomitietä Hästholmenin saarelle, lieven-täisi toteutuessaan liikenteellisiä vaikutuksia sekä käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston tapauksessa. Atomitien ja Saaristotien osalta liikenneturvallisuutta voitaisiin parantaa kevyen liikenteen väylällä.

Käytöstäpoiston aikana liikenneverkkoon kohdistuvia liikennevaikutuksia voidaan lieventää sillä, että louhetta vä-livarastoitaisiin voimalaitosalueella ennen sen hyötykäyttöä VLJ-luolan sulkemisen materiaalina.

Liikennejärjestelyt ja liikenneturvallisuus pyritään var-mistamaan sekä käytön jatkamisen että käytöstäpoiston suunnittelussa erityisesti voimalaitoksen lähialueella. Lisäksi huomiota kiinnitetään voimalaitosalueen sisällä tapahtuviin kuljetuksiin ja niiden turvallisuuteen muun muassa kuljetus-reittien suunnittelun, kuljetusten ajoituksen ja järjestelyistä tiedottamisen osalta. Voimalaitosalueen sisällä on jo nykyisin kiinnitetty huomiota siihen, että jalankulkureitit on erotettu ajoneuvoliikenteen reiteistä.

9.4.9 Epävarmuustekijät

Käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston tapauksessa lievää epävarmuutta arviointiin tuo pitkä toiminta-aika, jolloin tieverkon liikennemäärät voivat muuttua. Lisäksi arvioinnissa ei ole huomioitu mahdollisesti myöhemmin toteutettavan uuden tieyhteyden vaikutusta. Ennusteiden mukaan esimer-kiksi henkilöliikenteen kotimaan kokonaissuoritteen arvioi-daan kasvavan vuoden 2017 tasosta noin 21 % vuoteen 2050 mennessä ja tavaraliikenteen kotimaan kuljetussuoritteen arvioidaan kasvavan vuoden 2017 tasosta noin 18 % vuoteen 2030 mennessä, jonka jälkeen kuljetussuoritteen arvioidaan kääntyvän laskuun (Liikennevirasto 2018).

Käytöstäpoiston aikaiset liikennemäärät ovat suuntaa-an-tavia arvioita ja tarkentuvat suunnitelmien edetessä. Tämä voi hieman lisätä epävarmuutta arviointiin. Liikennemäärät voimalaitosalueen ulkopuolelle on oletettu jakautuvan Saaris-totien pohjoispäässä itään ja länteen suhteessa 70% – 30%, mutta todellisuudessa liikennemäärien jakautumisesta ei ole tarkkaa tietoa ja tämä tuo laskentaan epävarmuutta. Lisäksi arvioinnissa on oletettu, että valtaosa henkilöstöstä kulkee henkilöautolla työpaikalle, voimalaitoksen sijaitessa etäällä asutuksesta. Todellisuudessa osa henkilöstöstä voi käyttää joukkoliikennettä tai kulkea kimppekyydeillä. Käytettyjä arvoja voidaan kuitenkin pitää riittävän luotettavina kuvaaa-maan vaikutuksen suuruusluokkaa ja merkittävyyttä.

9.5 MELU

9.5.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisessa voimalaitoksen meluun ei ole tiedossa muutoksia, mutta vaikutukset jatkuvat noin 20 vuotta. Käytön jatkamisella ei arvioida olevan vaikutusta ympäristön meluun, koska voimalaitoksen aiheuttama melutaso on nykyisellään alhainen.
Käytöstäpoiston merkittävimmät melulähteet ovat VLJ-luolan louhintaan liittyvä louheen murskaus ja sijoitus välivarastoitavaksi sekä mahdollisessa greenfield-tasoon tehtävässä konventionaalisen purkutyön vaiheessa betonin murskauksesta aiheutuva ajoittainen melu. Mahdollisesta ulkotiloissa tapahtuvasta betonimurskauksesta aiheutuva melu voi kantautua voimalaitosalueen ympäristöön. Lisäksi työkoneista ja kuljetuksista voi aiheutua ajoittain voimakkaampaa melua kuin voimalaitoksesta nykyisin. Enimmillään melu voi olla hetkellisesti kuultavissa lähisaarten ja mantereen asuin- ja lomarakennuksilla. Vaikutusten arvioidaan kokonaisuudessaan olevan vähäisiä kielteisiä. Ympäristöön leviävän melun voimakkuuteen voidaan vaikuttaa muun muassa louheen ja betonin murskauspaikan valinnalla ja tarvittaessa melusuojausten avulla.
Muulla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotolla ei ole meluvaikutuksia, koska toiminta lisää kuljetuksia vain vähän ja niiden melua lisäävä vaikutus on merkityksetön.

9.5.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Voimalaitoksen ympäristössä ja lähisaarissa on tehty kerta-luonteisia ympäristömelumittauksia useissa mittauspisteis-sä, joista tuoreimmat mittaukset ovat vuosilta 2013 ja 2017 (Ramboll Finland Oy 2013 ja 2017). Vuonna 2020 tehtiin melun pitkäaikaismittaukset heinäkuun ja lokakuun välisenä aikana kahdeksassa mittauspisteessä, jotka sijoittuvat pääosin samoille mittauspaikoille kuin aiemmin tehdyt kertaluonteiset melumittaukset. Näistä seitsemän mittauspistettä sijoittuu ympäristön loma-asunnoille ja yksi toimii referenssipisteenä voimalaitokselle johtavan tien varrella. Mittauksen aikana voimalaitos oli normaalisti käynnissä ja lisäksi tehtiin molem-pien yksiköiden sekundääripiirin höyrylinjojen päävaroventtii-lien testauksia koetuksissa. (APL Systems 2020a ja 2020b)

Meluvaikutusten arviointi perustuu hankkeen suunnittelutie-toihin sekä voimalaitosalueen ympäristössä tehtyjen melumit-tausten tuloksiin. Rakennus- ja purkutöiden sekä louhintojen melupäästöistä on vertailukelpoisia mittaustuloksia erilaajui-sista kohteista, joita hyödynnetään vaikutusten arvioinnissa.

Tuloksia on verrattu voimalaitoksen ympäristöluvan raja-arvoihin niiltä osin, kun se on lupamääräyksessä yksi-löity. Nykyisen ympäristöluvan mukaan voimalaitoksen toi-minnasta aiheutuva melu, lukuun ottamatta lakisääteisistä testauksista aiheutuvaa melua, ei saa loma-asumiseen käytettävissä kohteissa ylittää päivällä (klo 7–22) keskiää-

Taulukko 9-10. Vaikutuskohteen herkkyyks: melu.

Vaikutuskohteen herkkyyks: melu	
Vaikutuskohteen herkkyyteen vaikuttaa alueen maankäytön tilanne ja erityisen herkkien kohteiden, kuten koulujen, päiväkotien tai merkittävien virkistysalueiden, sijoittuminen. Herkkyyttä lisää, mikäli melun vaikutusalueella on luonnonsuojelualueita, joiden suojeluperuste on melutasosta riippuvainen. Altistuvien kohteiden lisäksi herkkyyteen vaikuttaa alueen nykyinen melutilanne.	
Kohtalainen	Kohteen herkkyyks on kohtalainen, koska voimalaitosalueen ympäristössä on runsaasti loma-asutusta muutamien kilometrien säteellä. Voimalaitosalueen lähiympäristössä ei ole kuitenkaan melulle erityisen herkkiä kohteita kuten kouluja ja päiväkoteja. Alueella on nykyisellään jonkin verran melua synnyttävää toimintaa, lähinnä Loviisan voimalaitos ja vesiliikennettä. Lisäksi luonnonäänet (tuulen suhina ja aallot) toimivat peittoäänenä, jolloin voimalaitoksen melun erottuminen ympäristössä on voimakkaasti sääolosuhderiippuvainen.

nitasoa L_{Aeq} 45 dB eikä yöllä (klo 22–7) keskiäänitasoa L_{Aeq} 40 dB. Vakituisen asutuksen melutason yleiset ohjearvot ovat 10 dB suurempia (päiväohjearvo 55 dB / yöohjearvo 50 dB) kuin luvassa määrätyt loma-asuntojen raja-arvot. Testauksesta sekä muusta tilapäisestä poikke-uksellisesta melusta on ilmoitettava Loviisan kaupungin ympäristönsuojeluviranomaiselle ja Uudenmaan ELY-kes-kukselle sekä lähialueen vakituisten ja vapaa-ajankiinteis-töjen omistajille.

Koska nykytilan melumittaukset ovat osoittaneet, että ympäristön melu koostuu lähinnä luonnonäänistä ja voima-laitoksen melusta, ei mahdollisia yhteisvaikutuksia muun lähialueella syntyvän melun kanssa ole tarpeen arvioida.

9.5.3 Nykytila

Voimalaitosalueen ympäristön nykyiseen melutilanteeseen vaikuttaa Loviisan voimalaitos, yleinen liikennemelu sekä luonnon äänet. Tietyissä sääolosuhteissa luonnonäänet aiheuttavat paljon taustääntä, joka syntyy tuulen suhinasta ja aallokoista.

Voimalaitoksen merkittävimmät melulähteet ovat muun muassa muuntajat, ilmastointilaitteet ja ejektorit. Betonisei-nien välissä sijaitsevista muuntajista syntyy 100–300 Hz taa-juuskaistoilla selkeästi kuultavissa olevaa jaksollista vaimeaa huminaa tai kohinaa erityisesti voimalaitosalueen pohjois-puolella Hästholmsfjärdenillä, jonne melu kantautuu herkästi vedenpintaa pitkin. Lisäksi voimalaitoksen ejektoreista syntyy syklistä ääntä. Vuosihuoltojen aikaan varoventtiilien koestukset aiheuttavat tavanomaisesta kohinasta erottuvaa voimakkaampaa lyhytaikaista melua, joka ei sisälly ympäris-töluvan lupamääräyksen mukaiseen raja-arvovelvoitteeseen.

Kertaluonteisissa päiväaikaisissa mittauksissa melutasois-sa on ollut jonkin verran vaihtelua eri mittauskertojen välillä. Kaikissa mittauspisteissä on ollut havaittavissa tuulesta ja aallokosta aiheutuvaa jatkuvaa taustääntä. Mittauspisteis-sä, joissa voimalaitoksen melu on ollut kuultavissa, mita-

tut melutasot ovat olleet alle päiväajan raja-arvon 45 dB. Melutasot ovat olleet ympäristöluvan vaatimusten mukaiset ja raja-arvojen ylityksiä ei ole kertaluonteisissa mittauksissa havaittu.

Vuonna 2020 tehdyissä melun pitkäaikaismittauksissa mitattiin melua useissa erilaisissa sääolosuhteissa. Päiväai-kana ei todettu voimalaitoksesta johtuvia raja-arvon 45 dB ylittäviä mittaustuloksia. Yöaikaiset mittaustulokset olivat pääosin raja-arvon 40 dB puitteissa, lukuun ottamatta yhtä yötä, jolloin mittaustuloksen todettiin ylittävän raja-arvo kahdessa mittauspisteessä. Kyseiset mittauspisteet sijait-sevat Småholmen ja Stora Tåktarn saarten loma-asunnoilla, voimalaitoksen kaakkois- ja eteläpuolella. Raja-arvon ylitys oli todennäköisesti peräisin voimalaitokselta.

Taulukossa 9-10 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyks sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.5.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Voimalaitosyksiköiden käyttö aiheuttaa samantasoista melua kuin nykytilanteessa. Voimalaitoksen merkittävimmät melulähteet ovat muun muassa muuntajat, ilmastointilaitteet ja ejektorit. Lisärakentamisen aikana melua voi aiheutua muun muassa normaaleista maansiirtokoneista, kurottajista ja kuljetusvälineistä.

Käytön jatkamisen pääasialliset meluvaikutukset ovat saman-laisia kuin nykyisen toiminnan aikana. Käytön jatkossa voima-laitoksen meluun ei ole tiedossa muutoksia, mutta mahdollis-ta muutos- ja rakentamistöistä voi aiheutua tilapäistä melua.

Vuoden 2020 melumittauksissa voimalaitoksen aiheuttama melutaso oli raja-arvojen puitteissa, lukuun ottamatta yhtä yksittäistä yöajan raja-arvon ylitystä. Raja-arvon ylitys oli todennäköisesti peräisin voimalaitokselta. Melumittauksissa oli havaittavissa muiden äänilähteiden kuin voimalaitoksen

aiheuttamia raja-arvojen ylittäviä päivä- ja yöaikaisia meluta-soja. Nämä johtuivat pääasiassa tuulesta ja aallokosta. Koska mittausten mukaan raja-arvon ylitys on mahdollinen jossain tietyssä toiminta- ja sääolossa jo nykyisen toiminnan aikana, voimalaitosalueelle sijoittavien mahdollisten uusien melulähteiden tai laiteuusintojen suunnittelussa huomioi-daan, että ne eivät lisää merkittävästi varsinkaan toiminnan yöaikaisia melupäästöjä.

Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana rakennettavat mahdolliset uudet lisärakennukset voimalaitosalueelle eivät sisällä merkittäviä uusia melulähteitä vaan lisämelua voi ai-heutua vähäisessä määrin rakennusten ilmanvaihtolaitteista, joka on havaittavissa vain lähietäisyydellä.

Lisärakennusten rakennustöiden aikana melua syntyy maarakentamisesta ja rakennuksen pystyttämisestä sekä laiteasennuksista. Työskentelystä syntyy normaalia raken-nustyössä aiheutuvaa melua maansiirtokoneista, kurottajista ja muista rakentamiseen käytettävistä laitteista. Työmaalle suuntautuva liikenne, erityisesti raskas liikenne, lisää myös jonkin verran liikennemelua kuljetusreittien varrella.

Voimalaitosyksiköiden käytön jatkamisella ei arvioida olevan muutosta laitoksen nykyisiin meluvaikutuksiin, mutta vaikutukset jatkuvat noin 20 vuotta. Voimalaitosalueella teh-tävistä pienimuotoisista rakennustöistä ei aiheudu merkittä-viä meluvaikutuksia.

9.5.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
VLJ-luolan laajennuksessa tunnelilouhinta ja louheen kuljetukset sekä louheen murskaus aiheuttavat melua. Merkittävin melu purkutöissä aiheutuu mahdollisesta betonin murskauksesta sekä vähäisemmässä määrin muista käytettävistä työkoneista ja kuljetuksista. Itsenäistettävien laitososien käytön aikana alueelle jää joitain melua aiheuttavia toimintoja, mutta verrattuna voimalaitoksen käytön aikaiseen meluun, melu on vähäistä.

VLJ-luolan laajennuksen aikana voimalaitos on vielä käytös-sä, josta muodostuu melua kuten nykyisessä toiminnassa. VLJ-luolan laajentamisen merkittävimmät melulähteet ovat louheen kuljettaminen sekä mahdollinen louheen murskaus. Poraaminen ja räjäytykset tapahtuvat kallion sisällä, joista ei aiheudu ympäristöön leviävää melua tai melu on vähäis-tä. Tunnelilouhinnassa räjäytyksistä ja työkoneista syntyy kaasuja ja savuja, jotka poistetaan tunnelista tuulettamalla. Tuuletin toimii räjäytyksen jälkeen tehostetulla voimakkuu-della, joka voi aiheuttaa ympäristöön leviävää melua. Poraus-, rikotus- ja murskauslaitteistojen tavanomainen melupäästö on noin L_{WA} 120-125 dB per laite, joka tarkoittaa melutasona L_{Aeq} esimerkiksi 10 m etäisyydellä vapaassa maastossa 92–97 dB. Kaivinkoneiden ja pyöräkuormaajien melupäästö on noin L_{WA} 105-110 dB per laite eli melutasona L_{Aeq} 10 m etäisyydellä 77–82 dB. Kiviautojen ja raskaiden maansiirtoautojen eli dumppereiden melupäästö on tyypilli-sesti 0–5 dB kaivinkoneita ja pyöräkuormaajia voimakkaampi.

Jos louheen murskausta ja rikotusta tehdään maan pinnalla, eikä VLJ-luolassa, ovat ne melulähteenä ennako-arvion mukaan voimakkaimpia. Murskaus- ja rikotustoimin-ta ei kuitenkaan ole jatkuvaa, vaan niitä tehdään tarpeen mukaan ajoittaisesti. Näistä työvaiheista aiheutuva melu voi olla kuultavissa lähisaarilla ja mantereella. Jos louhetta välivarastoidaan voimalaitosalueella, aiheutuu sen sijoittami-sesta hetkellistä meluvaikutusta lähiympäristöön. Jos louhe kuljetetaan välivarastoitavaksi muualle, lisäävät kuljetukset raskaan liikenteen aiheuttamaa melua kuljetusreitin varrella. Voimalaitosalueella on aiemmin tehty vastaavaa VLJ-luolan louhintaa, joten meluvaikutukset ja niiden vähentämiskeinot ovat selvillä, ja niiden perusteella toiminta suunnitellaan siten, että meluvaikutuksia voidaan lieventää. Louhinnan aikana tehtävistä toiminnoista melun ei kuitenkaan arvioi-da aiheuttavan merkittävää vaikutusta voimalaitosaluetta laajemmalle alueelle.

Ensimmäisen purkuvaiheen aikana tehtävät radioaktiivis-ten laitososien purkutyöt tapahtuvat reaktorirakennusten sisällä, joten betonipiikkausten ja -sahausten sekä muiden purkutöiden aiheuttama melu rajoittuu todennäköisesti voimalaitosalueelle.

Jos voimalaitosalueen rakennukset puretaan kokonaan greenfield-periaatteen mukaisesti, voimakkain melua aiheuttava toimenpide on betonin murskaus, jota tehdään ajoittain. Betonin murskauksen tavanomainen melupäästö on noin L_{WA} 115 dB per mobiilimurskauslaitteisto, joka tarkoit-taa melutasona L_{Aeq} 10 m etäisyydellä vapaassa maastossa 87 dB. Betonin pulverointilaitteistoista ja murskakauhoista aiheutuva melu on mobiilimurskausta vaimeampaa. Purkutoi-minnoista ja betonin murskauksesta aiheutuva melu voi olla kuultavissa lähisaarilla ja mantereella. Kuitenkin esimerkiksi murskauspaikan valinnalla ja mitoitettavien melusuojausten avulla toiminnan meluvaikutuksia voidaan lieventää. Raken-nusten purkamisesta greenfield-tasolle asti, aiheutuu melua myös purkulaitteistoista, eri työkoneiden käytöstä (kaivinko-neet, pyöräkuormaajat ja puskutraktorit) sekä purkujätteen kuljetuksista voimalaitosalueen sisällä ja läheisillä tieverkoilla.

Itsenäistettävien laitososien käytön vaiheessa joitakin melua aiheuttavia toimintoja jää käyttöön, mutta verrattuna voimalaitoksen käytön aikaiseen meluun, melu on vähäis-tä. Toisessa purkuvaiheessa melua syntyy vähemmän kuin ensimmäisessä vaiheessa, koska tällöin rakennusten sisällä purettavia rakenteita on vähemmän ja melu koostuu lähinnä louhekuljetuksista VLJ-luolaan.

Käytöstäpoiston aikaisten meluvaikutusten suuruus arvioidaan kokonaisuudessaan vähäiseksi. Vaikka toiminnas-ta aiheutuu ajoittain taustaaänestä erottuvaa melua, joka voidaan havaita lähisaarilla ja mantereella, voidaan toiminnot suunnitella siten, että meluvaikutuksia saadaan lievennettyä.

9.5.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jättei-den vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus voimalaitoksella eivät lisää meluvaikutuksia.

Taulukko 9-11. Vaikutusten merkittävyys: melu.

Vaikutusten merkittävyys: melu			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska voimalaitoksen aiheuttama melutaso on alhainen eikä siihen ole tiedossa muutoksia.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen, koska eri toiminnoista aiheutuva melu voi kantautua ympäristöön. Käytöstäpoiston merkittävimmät melulähteet ovat VLJ-luolan louhintaan liittyvä louheen murskaus ja sijoitus sekä mahdollisessa greenfield-tasoon tehtävässä konventionaalisen purkutyön vaiheessa betonin murskauksesta aiheutuva ajoittainen melu. Mahdollisesta ulkotiloissa tapahtuvasta betonimurskauksesta aiheutuva melu voi kantautua voimalaitosalueen ympäristöön. Lisäksi työkoneista ja kuljetuksista voi aiheutua ajoittain voimakkaampaa melua kuin voimalaitoksesta nykyisin. Enimmillään melu voi olla hetkellisesti kuultavissa lähisaarten ja mantereen asuin- ja lomarakennuksilla.
Muually Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska toiminta lisää kuljetuksia vain vähän ja niiden melua lisäävä vaikutus on merkityksetön.

9.5.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-11 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaiku-tuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.5.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen ympäristössä tehdään edelleen ympäristölupaehojen mukaisesti melumit-tauksia, joilla varmistetaan, että voimalaitoksen aiheuttama melu noudattaa viranomaisohjearvoja. Melulähteiden toimin-taa seurataan ja tarvittaessa huolletaan tai uusitaan laitteita, mikäli jonkin laitteen melutason todetaan olevan liian suuri.

Käytöstäpoiston aikana melumittauksia tullaan toteut-tamaan Uudenmaan ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Mikäli käytöstäpoiston aikaisista toiminnoista ennakoidaan aiheutuvan erityistä melua, voidaan huomiota kiinnittää tarvittavien meluntorjuntatoimenpiteiden suunnitteluun ja työvaiheiden ajoitukseen. Eniten melua aiheuttavien työ-vaiheiden yhteydessä voi olla tarpeen järjestää tiedotusta lähialueen asukkaille.

9.5.9 Epävarmuustekijät

Voimalaitoksen nykyisestä melusta on kattavasti tietoa teh-tyjen melumittausten johdosta. Mittausepävarmuudet ovat olleet pienimmillään myötätuulen aikaisissa mittauksissa ±3 dB. Epävarmuudelle on käytetty ympäristömelun mittaus-ohjeen mukaisesti ±10 dB tasoa, mikäli mittauksen aikainen sääolo ei täyttänyt ohjeen mukaista vaatimusta.

Rakentamis- ja purkutöissä käytettävien laitteistojen melupäästöt tunnetaan varsin hyvin, vaikkakin osa näistä

toiminnoista voi ajoittua kymmenien vuosien päähän, jolloin käytettävät laitteistot voivat olla erilaisia kuin nykyisen käytössä olevat. Vaikka melupäästöt tunnetaan varsin hyvin, niin varsinaista melutasoja ympäristössä ei voida vielä tarkkaan arvioida. Tarkennettuja meluarvioita voidaan tehdä muun muassa melumallinnusten avulla ja mahdolliset meluntorjuntasuunnitelmat tehdään, kun työt ovat ajankohtaiset ja toteutussuunnitelmat ovat tarkentu-neet riittävästi.

9.6 TÄRINÄ

9.6.1 Arvioinnin päätulokset

Voimalaitoksen käytöstä ei aiheudu ihmisaistein havaittavaa tärinää voimalaitosalueen ulkopuolelle, eikä käytön jatkaminen muuta tilannetta. Myöskään liikenteestä aiheutuissa vähäisissä tärinävaikutuksissa ei tapahdu muutosta nykytilanteeseen verrattuna.
Käytöstäpoistossa lisääntyvät raskaan liikenteen kuljetukset voivat hetkellisesti hieman lisätä liikenteestä aiheutuvaa ihmisaistein havaittavaa tärinää teiden lähiympäristössä. Lisäksi tärinää aiheutuu VLJ-luolan louhintatöiden räjäytyksistä, jotka suunnitellaan siten, ettei tärinästä aiheudu haittaa käytössä olevalle ydinvoimalaitokselle tai VLJ-luolassa jo oleville radioaktiivisille jätteille. Vaikutusten merkittävyys on enimmillään vähäinen kielteinen käytöstäpoiston osalta.
Muually Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotolla ei arvioida olevan tärinävaikutuksia.

Taulukko 9-12. Esimerkki normaalille kallionvaraisesti perustetulle rakennukselle annetuista värinäräja-arvoista (rakennuksen etäisyys räjäytyskohteesta 20 m) sekä arvio ihmisten värinäkokemuksista (Vuolio 1999).

Ihmisen älttius	Heilahdusnopeuden huippuarvo (mm/s)	Kalliolle perustettujen rakennusten värinäräja-arvot (etäisyys 20 m)
Tuskin huomattava	2...5	
Havaittava	5...10	Herkät laitteet
Epämiellyttävä	10...20	
Häiritsevä	20...35	Historialliset rauniot
Erittäin epämiellyttävä	35...50	
Erittäin epämiellyttävä	50...70	Normaali rakennus

Taulukko 9-13. Vaikutuskohteen herkkyyä: värinä.

Vaikutuskohteen herkkyyä: värinä	
Kohteen herkkyyä värinälle määrättyy alueen nykyisien värinää aiheuttavien toimintojen ja vaikutusalueella sijaitsevien rakennuksien tai laitteiden värinän sietokyvyn kautta.	
Kohtalainen	Alueella ei ole liikenteen lisäksi muita suoria värinälähteitä. Ydinvoimalaitos on suunniteltu siten, etteivät sen toiminnot ole värinälle herkkiä. Ydinvoimalaitoksen toiminnassa ja suunnittelussa otetaan huomioon myös esimerkiksi maanjäritykset.

9.6.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Värinän osalta arvioinnissa on tarkasteltu erityisesti VLJ-luolan louhinnasta ja purkutoiminnoista aiheutuvia värinävaikutuksia. Lisäksi tarkastelussa on huomioitu kuljetuksista aiheutuvat värinävaikutukset. Värinävaikutuksia on arvioitu värinälähteen synnyttämän paineaallon voimakkuuden ja värähtelyn leviämisen perusteella. Huomioon on otettu hanke- ja lähialueen rakennukset ja rakennelmat sekä muun muassa värinälle herkat laitteet ja laitteistot. Ihmisten mahdollisesti kokemia värinähäiriöitä on arvioitu luvussa 9.19.6.

Arviointi on toteutettu asiantuntija-arviona perustuen muun muassa aiemmista vastaavista louhintahankkeista ja VLJ-luolan aiemmista louhintatöistä saatuun kokemukseen, normaalille kallionvaraisesti perustetulle rakennukselle annettuihin värinäräja-arvoihin sekä arvioon ihmisten värinäkokemuksista (Vuolio 1999, Taulukko 9-12 ja Kuva 9-14) ja kokemuseräiseen tietoon raskaan maantie- ja katuliikenteen värinävaikutuksista (mm. Talja 2011).

9.6.3 Nykytila

Nykytilanteessa voimalaitosalueen ympäristön ainoana värinän lähteenä toimii voimalaitoksen alueelle ja sieltä pois kulkeva maantiliikenne. Voimalaitoksen toiminnasta ei aiheudu

ihmisaistein havaittavaa värinää voimalaitosalueen ulkopuolella. Liikenteestä nykytilanteessa ympäristöön aiheutuvaa värinää ei ole mitattu, mutta liikenne- ja maaperätietoihin perustuen sen arvioidaan olevan vähäistä.

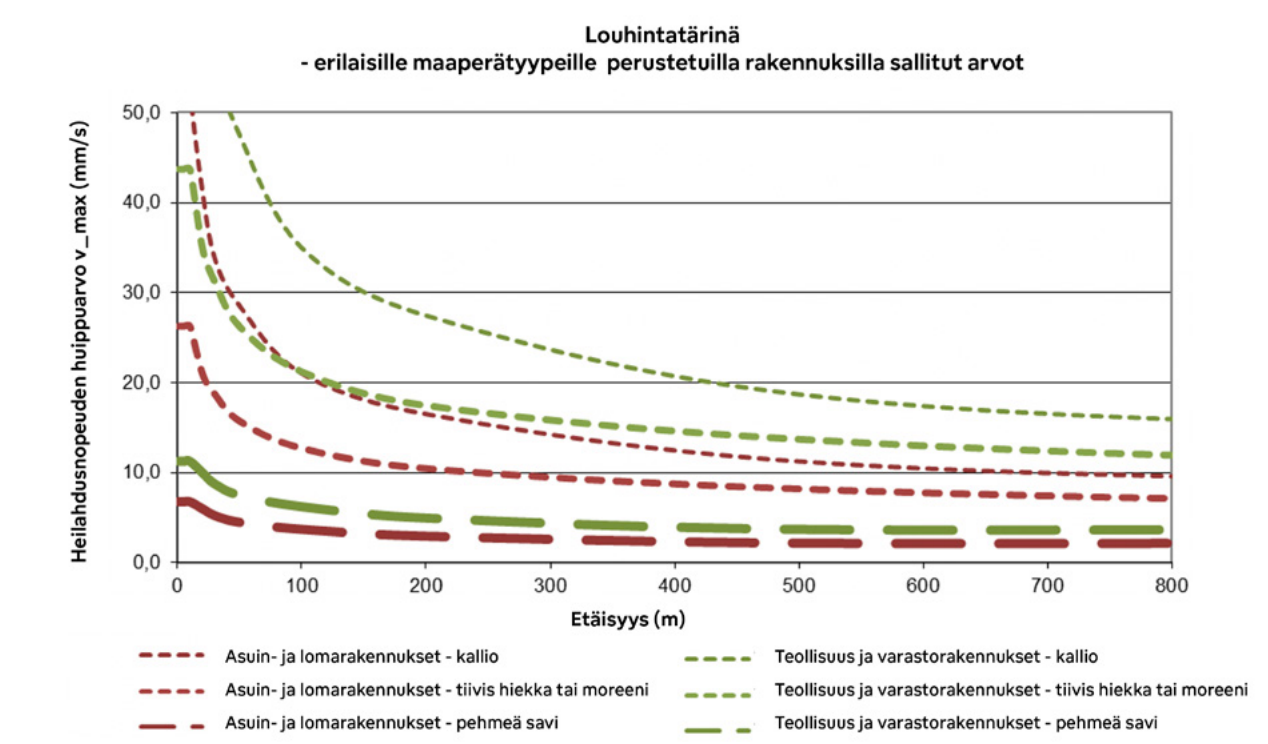
Taulukossa 9-13 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyä sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.6.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Vaikutuksia voi syntyä liikenteestä sekä mahdollisten lisärakennusten rakentamistöiden aiheuttamasta tilapäisestä värinästä.

Voimalaitosyksiköiden käytöstä ei aiheudu nykyisessä toiminnassa eikä käytön jatkamisen tapauksessa ihmisaistein havaittavaa värinää voimalaitosalueen ulkopuolella. Liikenteestä aiheutuissa värinävaikutuksissa ei tapahdu muutosta nykytilanteeseen verrattuna. Käytön jatkamisen aikana mahdollisista lisärakennusten rakentamistöistä voi aiheutua tilapäistä värinää voimalaitosalueella. Värinävaikutusten muutos on kokonaisuudessaan merkityksetön.



Kuva 9-14. Asuin- ja lomarakennuksille sekä teollisuus- ja varastorakennuksille sallitut louhinnasta aiheutuvat heilahdusnopeuksien arvot pehmeälle savelle / tiiviille hiekalle tai moreenille / kalliolle perustetuille rakennuksille (RIL 2010).

9.6.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Tvärinävaikutukset muodostuvat VLJ-luolan laajennukseen liittyvistä maanalaisista räjäytystöistä, mahdollisista rakennusten purkutöistä sekä lisääntyvistä raskaista kuljetuksista.

Käytöstäpoistossa värinää syntyy VLJ-luolan laajennuksen yhteydessä tehtävistä maanalaisista räjäytystöistä, joissa uutta kalliotilaa rakennetaan yhteensä noin 71 000 m³.

Louhinnassa räjäytys synnyttää kallioon jännitysaallon, joka aiheuttaa paitsi kiven irtoamista myös väliaineen hiukkasissa liikettä eli värinää. Räjäytyksissä syntyvän värinän suuruuteen vaikuttaa käytettävä räjähdysainemäärä ja -laatu sekä räjäytystekniikka. Värinän leviämiseen vaikuttavat ennen kaikkea värinälähteen ympäristön maapohjaolosuhteet: maapohjan pehmeys, kerrosten paksuus sekä niiden vaihtelut, kuten kerrospintojen vinoudet, pohjavedenpinnan sijainti ja maan kosteus. Louhinnan yhteydessä merkittävä vaikutus on myös kallion laadulla sekä kallion ja maaperän rajapinnalla.

VLJ-luolan louhinta on tehtävä niin pieninä räjäytyksinä, etteivät räjäytystyöt vaarana vielä käytössä olevien voimalai-

tosyksiköiden turvallisuutta eikä niistä synny haittaa VLJ-luolassa jo varastoitavina oleville radioaktiivisille huoltojätteille. VLJ-luolassa on olemassa olevia kalliotiloja, joiden kautta laajennukseen liittyvää louhintaa tehdään maanpinnan alla samalla tasolla kuin nykyiset kalliotilat sijaitsevat. Syvällä kalliossa tehtävien louhintaräjäytyksien oikeanlaisella suunnittelulla ja räjähdelainemitoituksella voidaan estää haittavaikutuksien riski alueen laitteille, rakennuksille ja rakenteille. Erittäin suurten lohkareiden rikotuksesta aiheutuvan värinän suuruus vaihtelee rikotusmenetelmän mukaan. Tutkimusten mukaan räjäyttämällä tehtävä rikotus ei aiheuta merkittävää värinää ympäristöön, vaikka räjäytettävät lohkareet ovat kosketuksissa kiinteään kallioon. Rikkaräjäytyksistä aiheutuva ilmassa etenevä paineaalto sen sijaan voi olla suuri. Kallion murskaukseen käytettävästä laitteistosta ja muusta toiminnasta kuten porauksista aiheutuvan värinän vaikutusalue on käytännössä hyvin pieni. Esimerkiksi murskaus aiheuttaa lievää värinää, jota ei kuitenkaan havaita kuin murskaimen välittömässä läheisyydessä.

Käytöstäpoiston purkutoiminnoista voi aiheutua hetkitäistä lievää värinää aivan kohteen vieressä. Lisäksi raskaan liikenteen kuljetuksien lisääntyminen voi hieman lisätä liikenteestä aiheutuvaa värinää aivan teiden lähiympäristöön.

Taulukko 9-14. Vaikutusten merkittävyys: tärinä.

Vaikutusten merkittävyys: tärinä			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska ihmisaistein havaittavaa tärinää ei aiheudu voimalaitosalueen ulkopuolelle. Liikenteestä aiheutuvissa vähäisissä tärinävaikutuksissa ei tapahdu muutosta nykytilanteeseen verrattuna.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen, koska lisääntyvät raskaan liikenteen kuljetukset voivat hetkellisesti hieman lisätä liikenteestä aiheutuvaa ihmisaistein havaittavaa tärinää teiden lähiympäristössä. Lisäksi tärinää aiheutuu VLJ-luolan louhintatöiden räjäytyksistä, jotka suunnitellaan siten, ettei tärinästä aiheudu haittaa käytössä olevalle ydinvoimalaitokselle tai VLJ-luolassa jo oleville radioaktiivisille jätteille.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska toiminta lisää kuljetuksia vain vähän ja niiden tärinää lisäävä vaikutus on merkityksetön.

Jos laitosalueen rakennukset puretaan greenfield-periaatteen mukaisesti kokonaan, purkutöistä aiheutuu hetkittäistä tärinää ja lisääntynyt purkujätteen määrä lisää raskaiden kuljetusten tarvetta.

Liikenteen tärinä on luonteeltaan jatkuvaa ja pidempikes-toista kuin esimerkiksi räjäytyksen aiheuttama tärinä. Liiken-teestä aiheutuva tärinä johtuu ajoväylän epätasaisuudesta tai väylän pintaan ajoneuvosta aiheutuvista muodonmuutoksista. Maaperä alkaa värähdellä väylällä kulkevan ajoneuvon, väylän ominaisuuksien ja väylän alla olevan maaperän vuorovaiku-tuksen vuoksi. Liikenteestä aiheutuvan tärinän suuruuteen vaikuttavat muun muassa ajoneuvon ja tien ominaisuudet sekä ajonopeus. Myös maaperän ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka tärinäaalto etenee ympäristössä. Lisäksi aivan tieverkoston lähietäisyydellä sijaitsevien rakennusten ominai-suudet vaikuttavat havaittavan tärinän suuruuteen.

Liikenteestä aiheutuvan tärinän haitallisuus riippuu useista eri parametreista, ja siksi arviointi perustuu suurelta osin kokemuseräiseen tietoon. Raskaan maantie- ja katuliiken-teen tärinä voi haitata asumista pehmeällä maaperällä 100 metrin etäisyydellä väylästä ja kovalla maaperällä 15 metrin etäisyydellä väylästä (Talja 2011).

Tärinävaikutuksen muutoksen suuruuden arvioidaan olevan koko käytöstäpoiston aikana enimmillään *vähäinen kielteinen*. Louhintaräjäytykset VLJ-luolan laajentamisen yh-teydessä on suunniteltava ja toteutettava niin, ettei vieressä sijaitsevalle ydinvoimalaitokselle ja sen herkille laitteille eikä VLJ-luolassa oleville radioaktiivisille jätteille aiheudu haittaa. Vastaavasti on toimittu VLJ-luolan aiemmin toteutetun lou-hinnan aikana, jolloin VLJ-luolassa olevia huoltojätetyynyreitä muun muassa suojattiin tärinähaitoilta tukemalla tynnyreitä ilmatäytteisillä säkeillä ja rajoittamalla tärinää varovaisella louhinnalla sekä suojaamalla tiloja väliaikaisilla suojaseinillä.

Käytöstäpoiston eri vaiheissa voimalaitosalueella teh-tävien toimintojen aiheuttaman tärinän ei arvioida yltävän enimmillään kuin voimalaitosalueen välittömään läheisyy-teen eikä sillä ole vaikutusta esimerkiksi lähimpiin loma- tai asuinrakennuksiin. Ihmisten kokeman liikennetärinän häirit-sevyyttä on arvioitu luvussa 9.19.6.

9.6.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jättei-den vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus voimalaitoksella eivät lisää tärinävaikutuksia.

9.6.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-14 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaiku-tuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.6.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Haitallista tärinää voidaan lieventää oikealla työn suunnit-telulla ja suorituksella. Räjäytyksistä aiheutuvaa tärinää ei voida täysin poistaa, mutta siitä aiheutuvia haittoja voidaan vähentää oikeilla työmenetelmillä ja räjäytysten suunnittelul-la. Louhintasuunnalla voidaan vaikuttaa tärinän leviämiseen. Lisäksi oikealla ominaispanoksella siihen, että kiviaines irtoaa halutussa lohkarukoossa. Tällöin myös ympäristöön leviävän vaikutukset ovat vähäisempiä kuin huonosti panostetussa tilanteessa.

Ennen louhinnan aloittamista tehdään yleensä riskiana-lyysi, jossa kartoitetaan tarvittavat toimenpiteet räjäytysten turvallisen suorittamisen varmistamiseksi. Toimenpitei-siin kuuluu muun muassa kiinteistöjen katselmustarpeen selvittäminen ja mahdollisten riskikohteiden tunnistaminen, räjäytyksissä syntyvien tärinöiden johtuvuuden selvittä-mistarpeen kartoitus sekä sopivien räjähdysmäärien käytön varmistaminen. Riskianalyysien perusteella määritetään tärinää mittaavalle heilahdusnopeudelle raja-arvot, joita ei saa ylittää räjäytystoiminnan aikana.

Tärinän osalta on hyvä tehdä tarkkailumittauksia kohteis-sa, joissa on herkkiä laitteita. Tämän lisäksi maaperältään ja rakenteiltaan erityyppisissä kohteissa sekä eri etäisyyksillä ja eri ilmsuunnilla louhinta-alueelta. Tärinämittareiden si-joituspaikat määritellään alustavan riskianalyysin mukaisesti perustuen louhintaa lähinnä oleviin rajoittaviin rakennuksiin, rakenteisiin tai laitteisiin. Herkkien laitteiden tärinää on hyvä mitata suoraan laitteesta, mikäli se on mahdollista.

Liikennetärinän vaikutuksia voidaan lieventää muun muassa rajoittamalla ajonopeuksia ja huolehtimalla teiden kunnosta.

9.6.9 Epävarmuustekijät

Tärinävaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät liittyvät lähinnä siihen, ettei nykyisestä liikennetärinästä ole alueen teillä mitattua tutkimustietoa. Käytöstäpoiston louhintaräjä-tyksien epävarmuustekijöiden tunnistaminen liittyy myöhem-min tehtävään louhintasuunnitteluun.

9.7 ILMANLAATU

9.7.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisessa voimalaitoksen toiminnoista aiheutuvat hiilidioksidi-, typen oksidi- ja rikin oksidi- sekä hiukkaspäästöt ilmaan säilyvät pääosin nykyisellään, mutta jatkuvat nykyisestä noin 20 vuotta. Arvion mukaan ympäristöön ei aiheudu ilmanlaadun raja- tai ohjearvojen ylityksiä eikä käytön jatkamisella arvioida olevan vaikutusta alueen nykyiseen ilmanlaatuun.

Käytöstäpoistovaiheessa ilmanlaatuvaikutukset vaihtelevat eri käytöstäpoistovaiheissa. VLJ-luolan laajennukseen liittyvä louheen murskaus sekä lisääntyvä liikenne lisäävät ajoittain alueen pöly- ja pakokaasupäästöjä. Toiminnot eivät ole samanaikaisia ja jatkuvia. Arvion mukaan käytöstäpoistosta ei aiheudu ympäristössä ilmanlaadun raja- tai ohjearvojen ylityksiä. Käytöstäpoistovaiheessa vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen.

Muulla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten aineiden kuljetuksen vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin merkityksettömäksi.

9.7.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmä

Ilmanlaadun nykytilan kuvauksessa on hyödynnetty ilman-laatuun liittyvien tutkimusten tuloksia. Uudenmaan alueella

on tehty tarkkailua muun muassa Helsingin seudun ympäris-töpalveluiden -kuntayhtymä (HSY) toimesta. Voimalaitoksen hätädieeselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen käytöstä aiheutuvat päästöt on esitetty nykyisen voimalai-toksen käyntiaikojen ja polttoaineen kulutusarvion perus-teella. Vaikutusten arvioinnissa on myös huomioitu liikenteen pakokaasupäästöt sekä käytöstäpoiston louhinta- ja purku-toimenpiteiden päästöt. Hankkeen ilmanlaatuvaikutukset on arvioitu asiantuntija-arviona perustuen alueen ilmanlaadun nykytilasta saatuihin tietoihin, toiminnasta syntyviin ilma-päästöihin ja liikennemääriin.

Radioaktiivisten aineiden päästöjä ilmanlaatuun on arvioitu luvussa 9.8. Kasvihuonekaasupäästöjen vaikutusten arviointi on esitetty luvussa 9.12.

9.7.3 Nykytila

Tavanomaiset ilmaan kohdistuvat päästöt (mm. rikin ja typen oksidit sekä pöly) ovat Hästholmenin saarella niin vähäisiä, ettei alueella ole edellytetty niiden osalta tehtäväksi ilman-laadun seurantaa. Seuraavassa on kuvattu yleisesti Loviisan alueen ympäristön ilmanlaatua käytettävissä olevien päästö- ja ilmanlaatumittausten perusteella.

Loviisan alueella ei tehdä säännöllisiä ilmanlaatuun liittyviä mittauksia, mutta alueen ilman epäpuhtauksien merkittävim-mät päästölähteet raportoidaan. Loviisan ilmanlaatu on hyvä, koska kunnan alueella ei ole merkittäviä teollisuuslaitoksia, jotka heikentäisivät ilmanlaatua alueella. Loviisan alueella liikenne ja puunpoltto heikentävät eniten ilmanlaatua. Puun-poltolla on ilmanlaatuun suuri vaikutus, joka korostuu, koska päästöt purkautuvat matalalta. (Uudenmaan ELY-keskus 2020)

Loviisassa tieliikenne aiheuttaa suurimman osan typen oksidien ja hiilimonoksidin päästöistä keskittyen valtatie 7:n ja keskustan alueille. Liikennemäärät Loviisassa ovat kuitenkin suhteellisen pieniä. Vuonna 2018 Loviisan tieliiken-teen aiheuttamat typenoksidipäästöt olivat 192 t, energian-tuotannon 42 t, teollisuuden 0 t ja satamien 23 t. Loviisan tieliikenteen aiheuttamat hiukkaspäästöt olivat 5 t, energi-antuotannon 8 t, teollisuuden 0,1 t ja satamien 0,5 t. Loviisan tieliikenteen aiheuttamat rikin oksidien päästöt olivat 0,3 t, energiantuotannon 1 t, teollisuuden 0 t ja satamien 0,7 t. Loviisan tieliikenteen aiheuttamat hiilimonoksidin pitoisuu-det olivat 203 t ja satamien 3 t vuonna 2018. Paikallisten päästöjen lisäksi alueen ilmanlaatuun vaikuttaa myös kau-kokulkeuma. Pääkaupunkiseudulla ja muualla Uudellamaalla tehtyjen ilmanlaadun mittausten perusteella on arvioitu, että typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet ovat olleet raja-arvojen alapuolella. Terveysten suojelemiseksi on annettu tietyille ilman epäpuhtauksille ulkoilmassa raja-arvot, joilla tarkoitetaan ilman epäpuhtauk-sien korkeinta sallittua pitoisuutta (VNa 79/2017). (Uuden-maan ELY-keskus 2020)

Puun pienpolton vaikutuksia Loviisan ilmanlaatuun on seurattu vuonna 2014 bentso(a)pyreenin mittauksin pienta-loalueella Puutarhakadun ja Vesikujan risteyksessä. Lovii-sassa bentso(a)pyreenin vuosipitoisuus oli 0,7 ng/m³ eli alle

Taulukko 9-15. Vaikutuskohteen herkkyys: ilmanlaatu.

Vaikutuskohteen herkkyys: ilmanlaatu	
Vaikutuskohteen herkkyys määryytyy alueen nykyisten ilmanlaatuun vaikuttavien toimintojen ja alueella sijaitsevien herkkien kohteiden perusteella.	
Vähäinen	Alue on vähäisessä määrin herkkä muutoksille ilmanlaadun osalta. Alueella ei ole merkittävää ilmanlaatuun vaikuttavaa toimintaa. Alueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole herkkiä kohteita kuten kouluja tai päiväkoteja. Alueen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse asutusta tai luonnonsuojelualueita.

tavoitearvon. Puunpolton vaikutus ilmanlaatuun oli kuitenkin selvästi havaittavissa. (Uudenmaan ELY-keskus 2020)

Ilmanlaatua ja sen kehittymistä Uudellamaalla ja Itä-Uudelamaalla on selvitetty säännöllisten bioindikaattoritutkimusten avulla 1980-luvulta lähtien. Tutkimuksessa ilmanlaatua arvioidaan männyn epifyyttijäkälien esiintymisen ja kunnon perusteella. Vuonna 2014 tehdyn tutkimuksen tulosten mukaan jäkälälajisto oli taantunut ja jäkälien kunto huonontunut verrattuna tutkimusvuosiin 2000 ja 2009. Tutkimustulosten mukaan lajisto oli monipuolisinta tutkimusalueen kunnista (tutkimuksessa mukana 22 kuntaa) Loviisassa. (Uudenmaan ELY-keskus 2015) Bioindikaattoritutkimus on tehty myös loppuvuonna 2020, mutta tuloksia ei ole vielä raportoitu.

Taulukossa 9-15 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.7.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkamisen ilmanlaatuvaikutukset muodostuvat lähes kokonaan hätädieiselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen koestuksista ja alueella tapahtuvasta liikenteestä. Hätädieiselgeneraattorit ja varavoimalaitos aiheuttavat hiilidioksidin, typen oksidin ja rikin oksidi- ja hiukkaspäästöjä. Käytön jatkamisen aikana alueella voidaan tehdä mahdollisia muutos- ja lisärakennustöitä, joista voi aiheutua väliaikaisia ilmanlaatuvaikutuksia.

Taulukko 9-16. Loviisan voimalaitoksen hätädieiselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen polttoainetehot ja keskimääräiset päästöt vuosina 2014-2020.

	Polttoaineteho	Hiilidioksidi, CO ₂ (t)	Typen oksidit, NO _x (t)	Rikin oksidit, SO _x (t)	Hiukkaset (t)
Hätädieiselgeneraattorit	8 x 6,7 MW	630	17,2	0,4	0,02
Dieselvaravoimalaitos	23 MW	94	2,2	0,06	0,003
Yhteensä		724	19,4	0,46	0,023

Käytön jatkamisen aikana toiminnot jatkuvat nykyisen kaltaisina, joten päästöt ilmaan pysyvät pitkälti nykyisen mukaisina.

Kummankin voimalaitosyksikön turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden vaihtosähkönsyöttöä varmentaa neljä toisistaan eroteltua sähköteholtaan 2,8 MW hätädieiselgeneraattoria. Hätädieiselgeneraattoreiden käyttö rajoittuu viikoittaisiin koeajoihin ja vuosihuollon yhteydessä tehtävään 10 tunnin koeajoon. Voimalaitosalueella sijaitseva sähköteholtaan 9,7 MW dieselvaravoimalaitos toimii Loviisan voimalaitoksen ulkoisista verkkoyhteyksistä riippumattomana varasyöttöyhteytenä. Dieselvaravoimalaitosta koekäytetään kuuden viikon välein noin tunnin ajan kerrallaan. Vaihtoehdoisena sähkölähteenä näille toimii 20 kV:n yhteys läheiseltä Ahvenkosken vesivoimalaitokselta.

Hätädieiselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen päästöt lasketaan kevyen polttoöljyn kulutuksen mukaan ja raportoidaan vuosittain ympäristönsuojeluviranomaisille. Hätädieiselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen keskimääräiset päästöt ovat pieniä. Yhteensä keskimääräiset vuosittaiset hiilidioksidipäästöt ovat olleet noin 720 t, typen oksidipäästöt noin 19 t, rikin oksidipäästöt noin 0,5 t ja hiukkaspäästöt noin 0,02 t. Taulukossa 9-16 on esitelty hätädieiselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen polttoainetehot ja keskimääräiset päästöt vuosina 2014-2020.

Hätädieiselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen käytöstä aiheutuvat ilmanlaatuvaikutukset eivät ole jatkuvia, sillä laitteet ovat käytössä vain koestusten yhteydessä. Verrattaessa hätädieiselgeneraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen päästöjä Loviisan tieliikenteen, energiantuotannon,

teollisuuden ja satamien ilmapäästöjen kokonaispäästöihin, ovat päästöt pieniä eivätkä heikennä paikallista ilmanlaatua.

Vaikutuksia ilmanlaatuun aiheutuu alueella tapahtuvasta tieliikenteestä (henkilöliikenne ja muu kuljetusliikenne). Tieliikenteestä syntyvät merkittävimmät pakokaasupäästöt ovat typen oksidien ja rikin oksidien päästöt sekä hiukkaspäästöt. Lisäksi ilmanlaatua heikentää katupölykauden tieliikenteen nostamat hiukkaspitoisuudet. Tieliikenteen hiilidioksidipäästöt on laskettu luvussa 9.12. Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen liikennemäärät pysyvät samansuuruisina kuin nykyisen toiminnan aikana, joten pakokaasupäästöt pysyvät enintään nykyisen toiminnan aiheuttaman suuruisina. Pakokaasupäästöt voivat tulevaisuudessa vähentyä esimerkiksi autokannan uudistumisen ja sähköautojen yleistymisen myötä. Kuljetusliikenteen päästöjen vaikutusalue on koko kuljetusmatka, ja päästöt ovat osa seudun muun tieliikenteen päästöjä.

Käytön jatkamisen aikana voimalaitosalueella voidaan tehdä mahdollisia muutos- ja lisärakennustöitä. Näistä voi aiheutua väliaikaisia ilmanlaatuvaikutuksia. Vaikutukset eivät ole jatkuvia ja esimerkiksi rakentamisen aiheuttamat mahdolliset hiukkas(pöly)päästöt ovat paikallisia ja esiintyvät päästölähteiden välittömässä läheisyydessä.

Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen toiminoista aiheutuvat päästöt ilmaan säilyvät pääosin nykyisellään, mutta jatkuvat nykyisestä noin 20 vuotta. Käytön jatkamisesta ei aiheudu ympäristössä ilmanlaadun raja- tai ohjearvojen ylityksiä eikä käytön jatkamisella arvioida olevan vaikutusta alueen nykyiseen ilmanlaatuun.

9.7.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytöstäpoiston valmisteluvaiheessa voimalaitos on vielä sähköntuotannossa ja ilmanlaatuvaikutuksia syntyy kuten käytön jatkamisessa eli dieselgeneraattoreiden ja varavoimalaitoksen käytöstä ja alueella tapahtuvasta liikenteestä. VLJ-luolan laajennuksesta aiheutuu ilmanlaatuvaikutuksia. Laajennukseen liittyviä pölypäästöjä aiheutuu esimerkiksi maanalaisista räjäytystöistä, kuljetuksesta ja maan läjityksestä. Lisäksi maanalaisiin räjäytyksiin liittyy typen ja rikin oksidipäästöjä. Käytöstäpoiston eri vaiheissa ilmanlaatuvaikutukset vaihtelevat.

Merkittävimmät ilmanlaatuun kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat VLJ-luolan laajennuksesta. VLJ-luolan laajennusvaiheeseen liittyvistä ilmapäästöistä merkittävin on pöly. Laajennukseen liittyviä pölypäästöjä aiheutuu esimerkiksi maanalaisista räjäytystöistä, louheen murskauksesta, kuljetuksista ja välivarastoinnista. Pölypäästöt eivät ole jatkuvia ja ne esiintyvät päästölähteen välittömässä läheisyydessä. Lisäksi maanalaisiin räjäytyksiin liittyy typen ja rikin oksidipäästöjä. Räjähdeaineita kuluu arvion mukaan noin 50 t. VLJ-luolan laajennuksen aikana alueella on enemmän

liikennettä erityisesti silloin, jos louhetta kuljetetaan voimalaitosalueelta muualle, jolloin toiminnan pakokaasupäästöt kasvavat.

Brownfield-periaatteen mukaisessa 1. purkuvaiheessa päästöjä syntyy lähinnä liikenteen aiheuttamista pakokaasu- ja pölypäästöistä. Pölypäästöt eivät ole jatkuvia ja päästöt esiintyvät päästölähteen välittömässä läheisyydessä. 1. purkuvaiheessa tehtävien radioaktiivisten osien purkutöiden säteilyvaikutuksia on arvioitu luvussa 9.10.5.

Itsenäistettävien laitosten käytön aikana dieselgeneraattoreita käytetään edelleen sähkönsyötön varmentamiseksi, joten niiden koestuksista aiheutuu hiilidioksidin, typen oksidien, rikin oksidien ja hiukkasten päästöjä. Itsenäistettävien laitosten käytön aikana dieselgeneraattoreiden määrä on pienempi kuin voimalaitoksen käytön aikana, joten päästöt ovat selvästi vähäisempiä. Itsenäistettävien laitosten käyttö- ja käytöstäpoistovaiheessa sekä luolan sulkemisen aikana liikennemäärät vähenevät, jolloin myös pakokaasupäästöt vähenevät.

2. purkuvaiheessa ilmanlaatuvaikutuksia aiheuttavat luolan sulkemiseen liittyvät pölypäästöt sekä liikenteen pakokaasupäästöt. Luolan sulkemiseen liittyviä pölyviä toimintoja ovat luolan täyttöön sekä louheen kuljetuksiin liittyvät työt. Kun VLJ-luola on pysyvästi suljettu, ei toiminnasta aiheudu juurikaan ilmapäästöjä, sillä henkilöliikennettä tai raskaiden ajoneuvojen voimalaitostoitintaan liittyviä kuljetuksia voimalaitosalueelle ei enää synny.

Jos voimalaitosalueen rakennukset puretaan kokonaan greenfield-periaatteen mukaisesti, ilmanlaatuvaikutuksia voi aiheutua konventionaalisista, ei-aktiivisten osien purkutöistä ja betonin murskauksesta lähinnä pölypäästöjen sekä liikenteen pakokaasupäästöjen muodossa. Pölypäästöt eivät ole jatkuvia ja päästöt esiintyvät päästölähteen välittömässä läheisyydessä.

Ilmanlaatuun kohdistuvat vaikutukset vaihtelevat eri käytöstäpoistovaiheissa ollen suurimmillaan VLJ-luolan laajentamisen yhteydessä. Käytöstäpoistovaiheessa kaikkien toimintojen ilmanlaatuvaikutukset eivät esiinny samanaikaisesti, päästöt eivät ole jatkuvia ja pölyvaikutukset esiintyvät päästölähteiden välittömässä läheisyydessä. Liikenteen päästöjen vaikutusalue on koko kuljetusmatka. Arvion mukaan käytöstäpoiston toimintojen vaikutuksista ei aiheudu ympäristöilman ilmanlaadun raja- tai ohjearvojen ylityksiä. Muutoksen suuruuden arvioidaan olevan kokonaisuudessaan *vähäinen kielteinen*.

9.7.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden kuljetuksien määrä on arviolta enintään noin 10 kuljetusta vuodesta, joten kuljetusten pakokaasupäästöillä ei käytännössä ole vaikutusta ilmanlaatuun. Muutoksen suuruuden ilmanlaatuun arvioidaan olevan merkityksetön.

Taulukko 9-17. Vaikutusten merkittävyys: ilmanlaatu.

Vaikutusten merkittävyys: ilmanlaatu			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska ympäristöön ei aiheudu ilmanlaadun raja- tai ohjearvojen ylityksiä ja voimalaitoksen toiminnoista aiheutuvat hiilidioksidi-, typen oksidi-, rikin oksidi- ja hiukkaspäästöt ilmaan säilyvät pääosin nykyisellään.
Käytöstäpoisto	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen, koska liikenteen aiheuttamat pakokaasu- ja pölypäästöt lisääntyvät sekä louheen murskauksesta voi aiheutua pölypäästöjä. Ilmanlaatuvaikutukset vaihtelevat eri käytöstäpoistovaiheissa. Toiminnot eivät ole samanaikaisia ja jatkuvia. Käytöstäpoistosta ei aiheudu ympäristössä ilmanlaadun raja- tai ohjearvojen ylityksiä.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska kuljetusten määrä on vähäinen.

9.7.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-17 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.7.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

VLJ-laajennuksen louhinnan, louheen murskauksen ja väli-varastoinnin sekä purkutoimintoihin liittyvän mahdollisen betonin murskauksen vaikutuksia voidaan lieventää muun muassa toiminnan ajoituksella (pölyävimpiä vaiheita ei tehdä mahdollisuuksien mukaan samanaikaisesti ja huomioidaan tuuliolosuhteet). Kuljetusten päästöjä voidaan vähentää kuljetusaikoj- ja reittejä optimoimalla ja lisäämällä uusiutuvien energialähteiden osuutta kuljetusten polttoaineissa.

9.7.9 Epävarmuustekijät

Liikenteen aiheuttamat pakokaasupäästöt tulevat todennäköisesti pieneneään tekniikan kehityksen myötä tarkasteltaessa autojen keskimääräisiä päästömääriä. Pakokaasupäästöt pienentyvät siirryttäessä enenevissä määrin esimerkiksi sähköautojen käyttöön. Epävarmuutta liittyy rakentamisen aiheuttamien pölyvaikutusten arviointiin. Pölypäästö on suurempi, jos tehdään samanaikaisesti useita pölyäviä toimintoja ja lisäksi sääolosuhteet vaikuttavat pölyn leviämiseen ympäristöön. Mitä enemmän on tarvetta lisä- ja uudisrakentamiselle, sitä suuremmat ovat ilmanlaatuvaikutukset.

9.8 RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN PÄÄSTÖT JA SÄTEILYALTISTUS

9.8.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen tapauksessa Loviisan voimalaitoksen henkilökunnan säteilyannoksien arvioidaan pysyvän vastaavalla tasolla nykyiseen toimintaan verrattuna. Normaaliikäytöstä aiheutuvien radioaktiivisten päästöjen vaikutus ympäröivän luonnon säteilyrasitukseen ja ympäristön asukkaiden säteilyaltistukseen arvioidaan olevan hyvin vähäinen, kuten nykytilanteessakin. Vuosina 2010-2019 Loviisan ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöistä ympäristön asukkaille aiheutunut laskennallinen säteilyannos on ollut 0,00014-0,00029 mSv vuodessa. Aiheutunut säteilyannos on ollut selvästi alle prosentin ydinenergia-asetuksen (161/1988) asettamasta annosrajoituksesta, joka on 0,1 mSv vuodessa. Annosrajoitus on noin kuudeskymmenesosa suomalaisen keskimääräisestä vuosittaisesta säteilyannoksesta (5,9 mSv).

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistovaiheessa henkilökunnalle aiheutuvien säteilyannoksien arvioidaan jäävän edelleen selvästi alle asetettujen annosrajojen. Käytöstäpoistovaiheessa syntyviä ilma- ja vesistöpäästöjä ei suunnittelun tässä vaiheessa voida vielä tarkasti arvioida. Käytettävät menetelmät käytöstäpoistolle valitaan niin, että päästörajat alitetaan, jolloin säteilyvaikutus on hyvin vähäinen. Käytöstäpoiston vaikutusten arvioidaan olevan enimmillään vähäinen kielteinen aktiivisimmassa purkuvaiheessa. Voimalaitoksen vaikutukset kuitenkin vähenevät käytöstäpoiston loppua kohden ja lopulta lakkaavat, kun viimeiset itsenäistetyt laitososat on poistettu käytöstä ja VLJ-luola suljettu.

Lähtökohtaisesti muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen käsittelyssä noudatetaan Loviisan voimalaitoksen vakiintuneita käytäntöjä, menettelyitä ja ohjeistusta, joilla varmistutaan henkilöstön säteilysuojelusta.

9.8.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

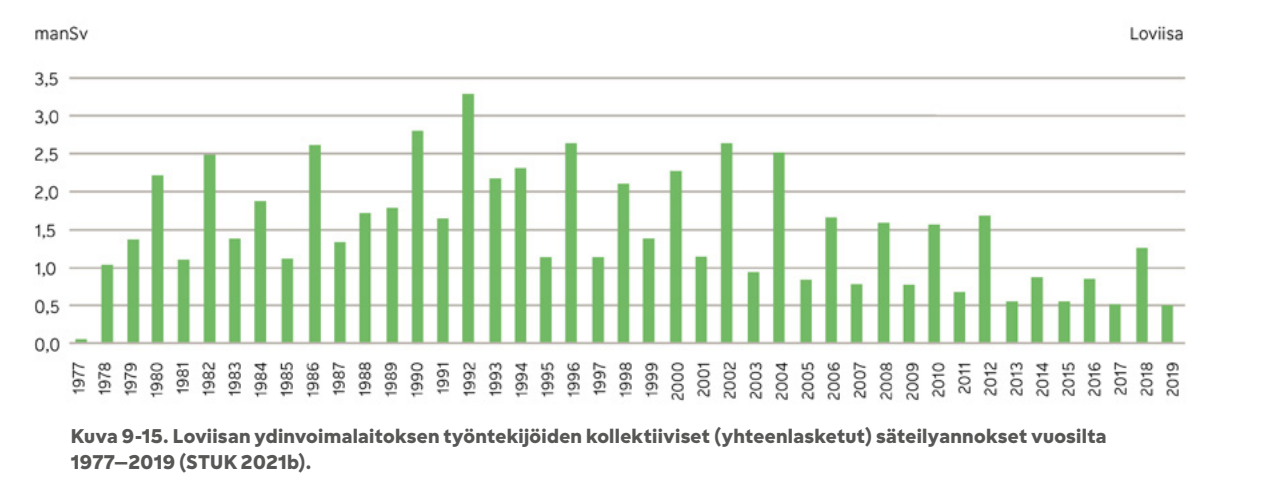
Käytön jatkamisen tapauksessa työntekijöiden säteilyaltistusta ja radioaktiivisten aineiden päästöjen vaikutuksia on arvioitu perustuen Loviisan voimalaitoksen toteutuneisiin radioaktiivisten aineiden päästöihin ja työntekijöiden saamiin säteilyannoksiin. Loviisan voimalaitoksen normaalitoiminnan päästöjen perusteella on arvioitu laskennallisesti päästöistä aiheutuva säteilyannos ympäristön asukkaille. Laskennalliset säteilyannokset on esitetty vuosittain laadittavassa ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportissa. Nykyisen toiminnan radioaktiiviset päästöt ilmaan ja vesistöön sekä niistä ympäristön asukkaille aiheutuneet laskennalliset säteilyannokset on esitetty ja niitä on verrattu asetettuihin päästörajoihin ja annosrajoituksiin. Radioaktiivisten jätteiden, mukaan lukien muualla Suomessa muodostuneen jätteen, käsittelystä ja loppusijoituksesta aiheutuvia henkilökunnan säteilyannoksia sekä radioaktiivisia päästöjä ja niiden vaikutuksia on kuvattu tarkemmin luvussa 9.10. Käytöstäpoiston tapauksessa ydinvoimalaitos ei ole enää toiminnassa, joten käytön aikaisiin päästöihin verrattavia päästöjä ei synny. Käytöstäpoiston vaikutuksia on esitelty perustuen Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelmaan.

9.8.3 Nykytila

9.8.3.1 Työntekijöiden säteilyaltistus

Loviisan voimalaitoksen säteilysuojelutoimintaa on käsitelty luvussa 7.3. Loviisan voimalaitoksen työntekijöiden säteilyaltistuksen tarkkailun tavoitteena on varmistaa, että säteilyaltistus pidetään niin pienenä kuin käytännöllisin toimen-

pitein on mahdollista ja että valtioneuvoston asetuksessa ionisoivasta säteilystä (1034/2018) säädettyjä säteilytyöntekijän annosrajoja ei ylitetä. Säteilytyöntekijälle aiheutuva efektiivinen annos ei saa olla suurempi kuin 20 mSv vuodessa. Loviisan voimalaitos on lisäksi asettanut ALARA-toimenpideohjelmassa ohjeen YVL C.1 mukaisen matalamman henkilökohtaisen annosrajoituksen. Yksilöannoksien lisäksi Loviisan voimalaitoksella seurataan työntekijöiden kollektiivista (yhteenlaskettua) säteilyannosta. Loviisan voimalaitos on asettanut ohjeen YVL C.2 mukaisen kollektiivisen säteilyannoksen annosrajoituksen. Loviisan voimalaitoksen valvonta-alueella työskentelevät henkilöt ovat säteilytyöntekijöitä, jotka kuuluvat henkilökohtaisen säteilyannosvalvonnan piiriin. Säteilyaltistustiedot viedään kuukausittain STUKin ylläpitämään annosrekisteriin ja tulokset esitetään vuosittain Loviisan voimalaitoksen vuosiraportissa. Loviisan voimalaitoksen työntekijöiden säteilyaltistukseen vaikuttavat tekijät ovat säteilytasot, säteilysuojausten käyttö ja säteilyaltistuksen kestoaika. Työntekijöiden säteilyannokset syntyvät pääasiassa vuosihuoltojen aikana. Vuosihuoltojen pituus ja säteilysuojelullisesti merkittävät työt vaikuttavat henkilökohtaisten annosten ja kollektiivisen annoksen suuruuteen. Loviisan voimalaitoksella valtaosa henkilöstön säteilyannoksista aiheutuu vuosihuollon aikana primääripiirin lähistöllä tehtävistä töistä. Vuosittaisia isompia vaihteluita selittävät laajemmat vuosihuollot, jolloin tehdään enemmän töitä aktiivisten komponenttien ja avattujen järjestelmien läheisyydessä. Loviisan voimalaitoksen säteilytyöntekijöiden säteilyannoksia on käsitelty luvussa 7.3. Loviisan voimalaitoksen yksilöannokset ovat olleet koko 2000-luvun alle 20 mSv: Vuosina 2001–2020 Loviisan ydinvoimalaitoksen työntekijän suurin vuosittainen annos on ollut 6,3–19,5 mSv ja kaikkien säteilytyöntekijöiden keskimääräinen annos on ollut 0,4–1,9 mSv. Loviisan ydinvoimalaitoksen työntekijöiden kollektiiviset säteilyannokset vuosilta 1977–2019 on esitetty kuvassa 9-15. Kuvasta on selvästi nähtävissä parillisille vuosille ajoittuvien pidempien vuosihuoltojen vaikutus kollektiiviseen säteilyannokseen.



9.8.3.2 Radioaktiivisten aineiden päästöt

Loviisan voimalaitoksella syntyy käytön aikana radioaktiivisia aineita. Pääosa radioaktiivisista aineista muodostuu ja pysyy ydinpolttoaineessa. Radioaktiivisia aineita on kuitenkin jonkin verran myös esimerkiksi reaktorin ja käytetyn polttoaineen varastoaltaiden jäähdytysjärjestelmissä sekä niihin liittyvissä puhdistus- ja jätejärjestelmissä. Pieniä määriä radioaktiivisia aineita päästetään hallitusti ilmaan ja vesistöön. Radioaktiivisten aineiden päästöjä ja niiden rajoittamista on käsitelty luvussa 4.12.

Ympäristöön vapautuneiden radioaktiivisten aineiden päästöt määritetään päästöreiteiltä otettujen ilma- ja vesinäytteiden perusteella. Päästötiedot raportoidaan STUKille neljännesvuosittain ja ne esitetään vuosittain ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportissa.

Loviisan voimalaitos on asettanut radioaktiivisten aineiden päästölle päästörajat siten, että laitoksen normaalissa käytössä vuoden aikana tapahtuvista päästöstä ei aiheudu ympäristön väestön yksilön vuosiannoksen rajoituksen ylitystä. Lisäksi Loviisan voimalaitos on ALARA-toimenpideohjelmassa asettanut radioaktiivisten aineiden päästöille matalammat tavoitearvot.

Radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan

Loviisan voimalaitoksen toiminnassa syntyvät kaasumaiset radioaktiivisten aineiden päästöt kerätään, tarvittaessa suodatetaan ja viivästetään ennen niiden johtamista ilmanvaihtopiipun kautta ilmakehään. Poistoilmapiipun kautta kulkevaa ilmvirtausta valvotaan kahdennetulla aktiivisuusmittaus- ja näytteenottojärjestelmällä.

Loviisan voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan vuosina 2009–2019 on esitetty luvussa 4.12.1 sekä vuosien keskimääräiset päästöt ja päästörajat luvussa 9.8.4. Ajanjakson aikana radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan ovat olleet selvästi alle päästörajojen. Jalokaasujen päästöissä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Päästöissä hallitsevana on ollut argon-41, jota syntyy reaktoripaineastian ja pääsäteilysuojan välisessä ilmassa luonnollisesti olevasta argon-40 nuklidin aktivoitumisesta. Voimalaitosyksiköillä olleet pienet polttoainevuodot vuosina 2009, 2010 ja 2013 aiheuttivat hieman muita vuosia suuremmat jodipäästöt (I-131 ekv.). Hiukkasmuodossa olevien aerosolien päästöissä tavanomaista suuremmat päästöt vuonna 2013 aiheutuivat kun lyhytikäistä arseeni-76:sta vapautui ilmaan molemmilta laitosyksiköiltä ylimääräisten alasarjojen seurauksena.

Radioaktiivisten aineiden päästöt vesistöön

Loviisan voimalaitoksen toiminnassa muodostuvat nestemäiset radioaktiivisten aineiden päästöt puhdistetaan suodattamalla ja viivästämällä ennen kuin ne päästetään hallitusti erissä jäähdytysveden mukana mereen. Aktiivisuutta ja päästöjä valvotaan mittausten ja näytteenoton avulla. Näytteiden avulla selvitetään päästön radioaktiivinen koostumus ja aktiivisuus. Lisäksi päästöreittiä monitoroidaan jatkuvatoimisin säteilymittauksin.

Loviisan ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt vesistöön vuosina 2009–2019 on esitetty luvussa

4.12.2 sekä vuosien keskimääräiset päästöt ja päästörajat luvussa 9.8.4. Ajanjakson aikana radioaktiivisten fissio- ja aktivoitumistuotteiden sekä tritium päästöt ovat olleet selvästi alle asetettujen päästörajojen. Vuosina 2009, 2013 ja 2017 Loviisan voimalaitokselta laskettiin matala-aktiivista haihdutuspäästettä suunnitellusti mereen, jonka seurauksena fissio- ja aktivoitumistuotteiden päästöt olivat keskimääräistä suurempia. Tritiumpäästöt vesistöön ovat pysyneet tasaisina vuosina 2009–2019. Fissio- ja aktivoitumistuotteiden osalta päästöt mereen ovat pienentyneet viime vuosien aikana.

9.8.3.3 Ympäristön väestön säteilyaltistus

Loviisan voimalaitoksen ympäristön asukkaiden säteilyaltistusta arvioidaan vuosittain toteutuneiden päästöjen ja meteorologisten mittausten perusteella. Päästöt laimentuvat tehokkaasti ilmakehään ja mereen, jonka seurauksena ympäristöön kertyy radioaktiivisia aineita vain hyvin pieninä pitoisuuksina. Normaalikäytön päästöt ovat niin pienet, että niistä aiheutuvaa väestön säteilyannosta on mahdotonta mitata. Tämän vuoksi väestön säteilyannokset määritetään laskennallisesti. Annoslaskennassa käytetyt menetelmät on kuvattu luvussa 9.21.

Suomessa ydinvoimalaitosten normaalista käytöstä väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus on ydinenergiasetuksen (161/1988) mukaan 0,1 mSv vuodessa. Tämä on noin kuudeskymmenesosa suomalaisen keskimääräisestä vuosittaisesta säteilyannoksesta 5,9 mSv (STUK 2021). Vuosina 2010-2019 Loviisan voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöistä ympäristön asukkaalle aiheutunut laskennallinen säteilyannos on vaihdellut välillä 0,00014 mSv ja 0,00029 mSv. Aiheutunut säteilyannos on ollut selvästi alle prosentin asetetusta annosrajoituksesta.

9.8.3.4 Ympäristön säteilyvalvonta

Fortum valvoo Loviisan voimalaitoksen ympäristöä ympäristön säteilyvalvontaohjelman mukaisesti. Lisäksi STUK toteuttaa Loviisan voimalaitoksen ympäristössä omaa riippumattonta valvontaa. Loviisan voimalaitoksen ympäristön nykyinen säteilyvalvontaohjelma on kuvattu luvussa 11.

Loviisan voimalaitoksen ympäristössä havaitut radioaktiiviset aineet voivat olla luonnon radioaktiivisuutta, kuten beryllium-7 ja kalium-40, peräisin Loviisan voimalaitoksesta tai kulkeutuneet muualta. Muualta kulkeutuneet radioaktiiviset aineet, kuten cesium-137, ovat peräisin esimerkiksi ydinasekokeista ja Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta.

Loviisan voimalaitokselta peräisin olevia nuklideja havaitaan harvoin ja havaitut pitoisuudet ovat hyvin pieniä. Havainnot tehdään yleensä ilma- tai laskeumanäytteistä (ilmakehästä maahan tuleva laskeuma). Ihmisen ravintoon kuuluvista kasveista, maidosta ja lihasta ei ole löydetty Loviisan voimalaitoksen päästöistä aiheutuvia nuklideja. Vesiympäristön näytteistä havaitut pitoisuudet ovat olleet pieniä ja havaintoja on tehty lähinnä pohjaan sedimentoituvasta aineksesta ja indikaattoriorganismeista, jotka keräävät aktiivisuutta tehokkaasti, mutta eivät kuulu ihmisen ravin-

Taulukko 9-18. Vaikutuskohteen herkkyys: radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus.

Vaikutuskohteen herkkyys: radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus	
Vaikutuskohteen herkkyystaso määräytyy yksittäiselle ympäristön asukkaalle normaalikäytöstä aiheutuvan säteilyannoksen perusteella.	
Vähäinen	Suomessa ydinvoimalaitosten normaalista käytöstä väestön yksilön saama vuosiannoksen rajoitus on 0,1 mSv vuodessa (161/1988). Viime vuosina Loviisan ydinvoimalaitoksen aiheuttama säteilyannos ympäristön asukkaille on ollut selvästi alle prosentin annosrajoituksesta.

toon. Kaloissa ei ole havaittu voimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia aineita. Ulkoisen säteilyn mittaustuloksissa ei ole havaittu Loviisan voimalaitoksesta aiheutuvia normaalista poikkeavia tuloksia.

9.8.3.5 Herkkyys

Taulukossa 9-18 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.8.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Ydinvoimalaitoksessa syntyy sen käytön aikana radioaktiivisia aineita, joiden säteily voi vaikuttaa ihmisen terveyteen. Ympäristöön päästettävien radioaktiivisten aineiden määrää rajoitetaan tehokkaasti suodattamalla ja viivästämällä päästöjä siten, että niiden säteilyvaikutus ympäristössä on hyvin pieni verrattuna luonnossa normaalisti olevien radioaktiivisten aineiden vaikutukseen. Laitoksen työntekijöiden säteilyannokset syntyvät pääasiassa ydinvoimalaitosten vuosihuoltojen aikana, jolloin työntekijät tekevät töitä aktiivisten komponenttien ja avattujen järjestelmien läheisyydessä.

Loviisan voimalaitoksella on ollut erittäin vähäinen määrä polttoainevuotoja, mikä osoittaa, että polttoaine on korkealaatuista ja sitä käytetään turvallisesti. Tämä edesauttaa omalta osaltaan merkittävästi sekä henkilöstön säteilyannoksien että radioaktiivisten aineiden päästöjen ja niistä aiheutuvien väestön säteilyannosten pitämistä niin pieninä kuin mahdollista.

Loviisan voimalaitoksella seurataan tekniikan kehittymistä sekä tehdään kontaminaatiotasojen, säteilytasojen, päästömäärien ja säteilyannosten pienentämiseen tähtääviä kehitystoimenpiteitä jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti. Lisäksi Fortum pyrkii aktiivisesti kehittämään toimintaa henkilöstön säteilyannoksia ja päästöjä ympäristöön vähentävään suuntaan. Näin myös tulevaisuudessa käytön jatkamisen tapauksessa. Voimalaitoksen käytön aikana on jo

toteutettu lukuisia parannuksia, joiden avulla sekä henkilöstön säteilyannokset (Kuva 9-15) että päästöt ympäristöön ovat merkittävästi vähentyneet (luku 4.12). Kehitystoimenpiteiden toteuttamiskelpoisuuden arvioinnissa huomioidaan erityisesti ALARA- ja BAT-periaatteet. Loviisan voimalaitoksen ALARA-toimenpideohjelmassa käsitellään lyhyen ja pitkän aikavälin tavoitteet, joilla tähdätään optimoimaan työntekijöiden säteilyannokset ja minimoimaan ympäristöpäästöt ja siten ympäristön asukkaiden säteilyannokset.

Käytön jatkamisen tapauksessa Fortumilla ei ole tiedossa tekijöitä, jotka lisäisivät Loviisan voimalaitoksen työntekijöiden säteilyaltistusta merkittävästi nykyisestä. Näin ollen nykyisen toiminnan perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen normaalin käytön aikaisten henkilökunnan säteilyannosten arvioidaan jäävän, kuten nykytilanteessa, edelleen selvästi alle asetettujen annosrajojen (ks. luku 9.8.3.1).

Käytön jatkamisen tapauksessa Fortumilla ei myöskään ole tiedossa tekijöitä, jotka lisäisivät Loviisan voimalaitoksen normaalin käytön päästöjä merkittävästi nykyisestä. Nykyisen toiminnan perusteella Loviisan voimalaitoksen normaalikäytöstä aiheutuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen ympäristöön arvioidaankin pysyvän edelleen vähäisinä ja alittavan niille asetetut päästörajat myös tulevaisuudessa. Yhteenveto Loviisan voimalaitoksen normaalikäytön keskimääräisistä radioaktiivisten aineiden päästöistä ilmaan ja vesistöön sekä arvio käytön jatkamisen osalta on esitetty taulukoissa 9-19 ja 9-20.

Päästöjen pysyessä nykyisellä tasolla päästöjen vaikutus ympäristön asukkaiden säteilyaltistukseen ja ympäröivän luonnon säteilyrasitukseen arvioidaan pysyvän myös hyvin vähäisinä kuten nykytilanteessa (ks. luvut 9.8.3.1 ja 9.8.3.4).

Mahdollisista parantavista kehitystoimenpiteistä huolimatta sekä henkilökunnalle aiheutuvan säteilyannoksen että radioaktiivisten päästöjen ympäristöön aiheutuvan säteilyvaikutuksen osalta vaikutusten muutoksen suuruuden arvioidaan olevan enimmillään *vähäinen kielteinen*, kun huomioon otetaan lisäkäyttövuo-

dut. Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset käytetyn ydinpolttoaineen, matala- ja keskiaktiivisen jätteen osalta on kuvattu luvussa 9.10.4.

Taulukko 9-19. Loviisan ydinvoimalaitoksen päästörajat ja toteutuneet vuotuiset radioaktiiviset päästöt ilmaan keskiarvona vuosilta 2008–2012. Lisäksi esitetty arvio käytön jatkamisen osalta.

Radioaktiivisen aineen päästöt	Nykyinen voimalaitoksen toiminta		Käytön jatkaminen
	Päästöraja (TBq/v)	Toteuma (TBq/v) keskiarvo v. 2009-2019	
Jalokaasut (Kr-87 ekvivalentti)	14 000	5,8	Ei merkittävää muutosta
Jodit (I-131 ekvivalentti)	0,22	0,00001	Ei merkittävää muutosta
Tritium (H-3)	—*	0,2	Ei merkittävää muutosta
Aerosolit	—*	0,00014	Ei merkittävää muutosta
Hiili-14 (C-14)	—*	0,4	Ei merkittävää muutosta

*) Päästörajalle ei ole määritelty erillistä päästörajaa.

Taulukko 9-20. Loviisan ydinvoimalaitoksen päästörajat ja toteutuneet vuotuiset radioaktiiviset päästöt vesistöön keskiarvona vuosilta 2008–2012. Lisäksi esitetty arvio käytön jatkamisen osalta.

Radioaktiivisen aineen päästöt	Nykyinen voimalaitoksen toiminta		Käytön jatkaminen
	Päästöraja (TBq/v)	Toteuma (TBq/v) keskiarvo v. 2009-2019	
Tritium (H-3)	150	16	Ei merkittävää muutosta
Muut fissio- ja aktivoitumistuotteet	0,89	0,0006	Ei merkittävää muutosta

9.8.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Käytöstäpoistossa ydinvoimalaitos ei ole enää toiminnassa, joten käytön aikaisiin päästöihin verrattavia päästöjä ei synny. Purkutoiminnoista aiheutuu hallittuja radioaktiivisia päästöjä ilmaan ja vesistöön sekä säteilyaltistusta lähinnä purkutöihin ja jätteiden käsittelyyn osallistuvalla henkilökunnalle.

Ydinenergia-asetuksessa on asetettu väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus 0,01 mSv ydinvoimalaitoksen ja muun ydinreaktorilla varustetun ydinlaitoksen suunnitelman mukaisesta käytöstäpoistamisesta (161/1988 22 b §).

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistovaiheessa syntyviä ilma- ja vesistöpäästöjä ei suunnittelun tässä vaiheessa voida vielä arvioida, koska kaikkia käytettäviä purku- ja käsittelymenetelmiä ei ole vielä tarkasti määritelty ja valittu. Loviisan voimalaitos tulee määrittelemään käytöstäpoiston suunnittelun edetessä tavoitteet ja päästörajat käytöstä-

poistovaiheen radioaktiivisten aineiden päästöille. Käytöstäpoistomenetelmät tullaan valitsemaan niin, että asetettavat päästörajat alitetaan, jolloin säteilyvaikutuksen voidaan arvioida olevan hyvin vähäinen.

Käytöstäpoiston aikana määritetyllä valvonta-alueella tehtävä työ on edelleen säteilytyötä, jossa noudatetaan samoja turvallisuus- ja säteilysuojeluperiaatteita kuin voimalaitoksen käytön ajanakin. Loviisan ydinvoimalaitoksen henkilökunnalle aiheutuvien säteilyannoksien arvioidaan käytöstäpoiston tapauksessa jäävän edelleen selvästi alle asetettujen annosrajojen kuten nykyisessä toiminnassa (ks. luku 9.8.3.1). Nykyisen arvion mukaan käytöstäpoiston valmistelu- ja purkuvaiheiden aikana kertyvä yhteenas-kettu kollektiivinen säteilyannos on noin 10 manSv (ks. luku 9.10.5.2).

Käytöstäpoiston vaikutusten muutoksen suuruuden arvioidaan olevan enimmillään *vähäinen kielteinen*. Vaikutukset kuitenkin vähenevät käytöstäpoiston loppua kohden ja lopulta lakkaavat, kun viimeiset itsenäistetyt laitososat on poistettu käytöstä.

Taulukko 9-21. Vaikutusten merkittävyys: radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus.

Vaikutusten merkittävyys: radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys vähäinen kielteinen , koska toiminnasta aiheutuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus jatkuvat vähäisinä. Normaalikäytöstä henkilökunnalle aiheutuvat säteilyannokset pysyvät vastaavalla tasolla kuin nykyisin. Normaalikäytön radioaktiivisten aineiden päästöjen vaikutus ympäristön luonnon säteilyrasitukseen ja ympäristön asukkaiden on hyvin vähäinen kuten nykyisin. Loviisan ydinvoimalaitoksen aiheuttama säteilyannos ympäristön asukkaille on ollut selvästi alle prosentin valtioneuvoston asettamasta annosrajoituksesta, joka on 0,1 mSv vuodessa.
Käytöstäpoisto	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys vähäinen kielteinen , koska aktiivisten osien purkuvaiheessa henkilökunnalle aiheutuu vähäistä säteilyaltistusta, joka jää selvästi alle asetettujen annosrajojen. Käytöstäpoistomenetelmät tullaan valitsemaan niin, että asetettavat päästörajat alitetaan, jolloin säteilyvaikutuksen voidaan arvioida olevan hyvin vähäinen. Vaikutukset vähenevät käytöstäpoiston loppua kohden ja lopulta lakkaavat, kun viimeiset itsenäistetyt laitososat on poistettu käytöstä.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys vähäinen kielteinen , koska voimalaitokselle vastaanotettava matala- ja keskiaktiivinen jäte voi olla radionuklidien osalta erityyppistä kuin voimalaitokselta syntyvä jäte. Käsittelyn ja loppusijoituksen vaikutukset henkilöstön ja ympäristön väestön säteilyannoksiin ovat vähäisiä suhteessa Loviisan voimalaitokselta peräisin oleviin jätteisiin.

Käytetyn ydinpolttoaineen sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen käsittelyä sekä loppusijoitusta on arvioitu tarkemmin luvussa 9.10.5.

9.8.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen määrä on vähäinen verrattuna Loviisan voimalaitoksen radioaktiivisten jätteiden määrään ja niiden käsittelyn ja loppusijoituksen vaikutukset henkilöstön ja ympäristön väestön säteilyannoksiin ovat vähäisiä suhteessa Loviisan voimalaitokselta peräisin oleviin jätteisiin. Muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen käsittelyn ja loppusi-joituksen vaikutuksia on kuvattu luvussa 9.10.6.

9.8.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-21 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaiku-tuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.8.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittamista ilmaan ja vesistöön on kuvattu tarkemmin luvussa 4.12 sekä säteilyyn liittyviä suojelutoimia luvussa 7.3.

9.8.9 Epävarmuustekijät

Epävarmuutta vaikutusten arviointiin käytöstäpoiston osalta lisää se, että käytöstäpoistotöiden suunnittelua ei ole tehty vielä yksityiskohtaisesti. Loviisan voimalaitoksen käytöstä-poistovaiheessa syntyviä ilma- ja vesistöpäästöjä ei suun-nittelun tässä vaiheessa voida vielä arvioida, koska kaikkia käytettäviä purku- ja käsittelymenetelmiä ei ole vielä tarkasti määritetty ja valittu. Käytöstäpoiston suunnittelun edetessä määritellään tavoitteet ja päästörajat käytöstäpoistovaiheen radioaktiivisten aineiden päästöille.

9.9 LUONNONVAROJEN HYÖDYNTÄMINEN

9.9.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkaminen ei muuta voimalaitosalueen nykyisiä rajoitteita luonnonvarojen hyödyntämiselle.
Käytön jatkamisessa luonnonuraanin käyttö ydinpolttoaineessa jatkuu. Luonnonuraani luokitellaan uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, jota käytetään käytännössä vain ydinvoima- ja puolustusteollisuudessa. Loviisan voimalaitoksen käytön jatkamisen tarvitsema raakauraanin määrä vuositasolla on n. 0,33 % uraanin vuotuisesta tuotantomäärästä ja kokonaismäärä on n. 0,05 % nykyisellä tekniikalla ja uraanin hintatasolla hyödynnettävistä uraanivarannoista. Kun näiden lisäksi otetaan huomioon arviot vielä löytymättömistä uraanivarannoista, korkeammalla hinnalla hyödynnettävistä uraanivarannoista ja ennusteet uraanin globaalin kysynnän kasvusta, arvioidaan käytön jatkamisen vaikutuksen olevan merkityksetön uraanivarantoihin.
Käytöstäpoiston tapauksessa vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen, koska VLJ-luolan louhinnasta syntyvän kiviaineksen hyötykäytön katsotaan edistävän kiertotaloutta, kun sen hyödyntämisellä voidaan korvata neitseellisen kiviaineksen hankintaa joko VLJ-luolan sulkemisessa tai muissa rakennuskohteissa.
Muulla Suomessa muodostuneilla radioaktiivisilla jätteillä ei ole vaikutuksia luonnonvarojen hyödyntämiselle.

9.9.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Luonnonvarojen hyödyntämisen vaikutukset on arvioitu käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston osalta.

Käytön jatkamisen tapauksessa on tarkasteltu ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisessa tarvittavan ydinpolttoaineen hankintaa. Vaikutusten arvioinnissa on kuvattu yleispiirteisellä tavalla ydinpolttoaineen saatavuutta, tuotantoketjua, kuljetuksia ja käyttöä perustuen Loviisan voimalaitoksen

nykyisiin ydinpolttoaineen hankintakäytäntöihin sekä ydinpolttoaineen tuottajien julkaisemiin tietoihin polttoaineen tuotantoketjun vaikutuksista. Lisäksi on esitetty arvio luonnonuraanin hyödyntämistä käyttäen lähtöaineistona mm. arvioita uraanivarantojen tämän hetkisestä tilanteesta ja ennusteista (OECD/NEA & IAEA 2020). Ydinpolttoaineen hankintaan liittyviä kasvihuonekaasupäästöjä on tarkasteltu erikseen luvussa 9.12.

Käytöstäpoiston osalta vaikutusten arvioinnissa on tarkasteltu erityisesti VLJ-luolan louhinnasta syntyvän louheen kokonaismäärää ja tämän hetkisiä hyötykäyttömahdollisuuksia. Huomioon otettiin mm. seudullisten kiviainesvarantojen ja ylijäämäämaa-aineisten sijoittaminen sekä louheen hyötykäytöllä saavutettava neitseellisen kiviaineksen säästöpotentiaali. Arviossa on hyödynnetty tietoa muista vastaavan kokoluokan louhintahankkeista.

Käytöstäpoistossa syntyvän konventionaalisen purkumateriaalin mahdollista kierrätystä ja hyötykäyttöä on kuvattu luvussa 9.10.5.3.

9.9.3 Nykytila

Voimalaitosalue on ollut nykyisessä käytössä 1970-luvulta saakka, joten alueella ei ole suoraa luonnonvarojen käyttöä. Voimalaitosalueen kallioperässä sijaitsevan VLJ-luolan kokonaistilavuus on tällä hetkellä noin 117 000 m³. VLJ-luola on rakennettu 1990-luvulla, ja sitä on laajennettu vuosina 2010–2012. VLJ-luolan louhinnasta syntynyt kiviaines on hyödynnetty voimalaitosalueen ulkopuolella.

Voimalaitoksessa käytettävä, uraanimalmista erilaisten kemiallisten ja mekaanisten vaiheiden kautta valmistettu ydinpolttoaine, hankitaan ydinpolttoainetoimittajalta (ks. luku 4.5). Ydinpolttoainekierto voi olla avoin tai suljettu. Suomessa sovelletaan avoimen polttoainekierron periaatteita, jossa käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan kestäviin kapseleihin suljettuna syvälle kallioperään. Suljetussa polt-

toainekierrossa käytetty ydinpolttoaine jälleenkäsitellään. Jälleenkäsittelyssä käytetystä polttoaineesta erotetaan kemiallisesti uraani ja plutonium, jotka hyödynnetään uuden ydinpolttoaineen valmistuksessa. Jälleenkäsittelyn runsasaktiivinen jäte ja muu jäte loppusijoitetaan. Luonnonuraani on uusiutumaton luonnonvara ja tämänhetkisillä globaaleilla kulutustasoilla uraanivarojen on arvioitu riittävän avoimessa polttoainekierossa noin 100–200 vuodeksi.

Taulukossa 9-22 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.9.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkamisen tapauksessa luonnonvarojen hyödyntämisen vaikutukset muodostuvat pääosin ydinpolttoaineen hankinnasta sen koko tuotantoketjun aikana.

Käytön jatkamisen tapauksessa ydinpolttoaineen hankintaan kohdistuvat vaikutukset ovat samanlaisia kuin nykyisessä toiminnassa. Ympäristöön kohdistuu rasituksia niin kaivostoi- minnasta, polttoaineen valmistusprosesseista ja kuljetuksista. Suurin osa ydinpolttoainekiertoon liittyvistä haittavaiku- tuksista aiheutuu kaivostoi- minnasta.

Seuraavassa on kuvattu pääpiirteittäin Loviisan voimalai- toksen ydinpolttoaineen hankintaketjua käytön jatkamisen tapauksessa.

Loviisan voimalaitos käyttää polttoaineena uraanimalmista erilaisten kemiallisten ja mekaanisten vaiheiden kautta val- mistettua fissiokelpoista ydinpolttoainetta. Voimalaitoksen vuotuinen polttoainetarve on yhteensä noin 24 tonnia uraa- nidioksidia. Tämän polttoainemäärän tuottamiseen tarvitaan noin 200 tonnia raakauraa- nia (U₃O₈).

9.9.4.1 Saatavuus

Ydinvoimalaitoksen käyttämä polttoaine voidaan hankkia joko valmiina kokonaisuuksina, polttoainenippuina, tai osta- malla uraani ja jokainen polttoaineen valmistusketjun vaihe erikseen. Uraanimarkkinat ovat maailmanlaajuiset ja niitä hallitsee muutama merkittävä tuottajamaa kuten Kazakstan, Kanada ja Australia. Valmistusketjun muut vaiheet (konversio, väkeväinti ja polttoainenippujen valmistus) ovat ostettavissa muun muassa Ruotsista, Saksasta, Ranskasta, Venäjältä tai Yhdysvalloista.

Maailman ydinvoimalaitosten vuotuinen raakauraanitarve on noin 63 000 tonnia, josta yli 95 % katetaan tällä hetkellä luonnonuraanista valmistamalla. Loput markkinoiden uraanin tarpeesta tyydytetään tyhjentämällä varastoja ja jälleen käsittelemällä käytettyä ydinpolttoainetta.

Uraanin yleisyydestä johtuen uraanivarat riittävät pitkälle tulevaisuuteen. Uraanivarojen riittävyys riippuu taloudelli- sesti kannattavan uraanituotannon kustannustasosta. Mitä kalliimpia vaihtoehtoiset energiamuodot ovat, sitä kalliimmal- la uraanipolttointa kannattaa tuottaa ja sitä suuremmat käytettävissä olevat uraanivarat ovat. Tunnetut hyödynnettä- vissä olevat uraanivarat ovat noin 8 000 000 tonnia (OECD/ NEA & IAEA 2020). Lisäksi perinteisin menetelmin louhittavia, löytämättömiä varoja arvioidaan olevan noin 7 200 000 tonnia. Uraanin vuotuinen tuotantomäärä on asetunut tällä hetkellä noin 60 000 tonniin. Ydinvoimatuotantoon tarvitta- van uraanimäärän on arvioitu kasvavan 82 000 tonniin vuo- teen 2030 mennessä ja noin 90 000 tonniin vuoteen 2035 mennessä. Näillä kulutustasoilla uraanivarat riittävät noin 100–200 vuodeksi. Uusia menetelmiä uraanivarojen hyödyn- tämiseksi voidaan tulevaisuudessa ottaa käyttöön, mikäli uraanin hinta nousee. Esimerkiksi merivedessä on arvioitu olevan uraania yli 4 000 000 000 tonnia, mutta sen kustan- nustehokas hyödyntäminen ei ole nykyisin mahdollista.

Luonnonuraanin tarvetta voidaan pienentää jälleenkä- sittelyn laajamittaisella käyttöönnotolla. Lisäksi tutkitaan vaihtoehtoisten polttoaineiden kuten toriumin käyttöä sekä uraani-238 hyödyntäviä reaktoreita, joilla voitaisiin tulevai- suudessa korvata uraanin isotoopin uraani-235 käyttöä. Näillä toimenpiteillä riittävyys voidaan taata huomattavasti edellä esitettyä pidempään.

Fortum hankkii Loviisan voimalaitoksen ydinpolttoaineen nykyisen käyttöluvan loppuun asti valmiina nippuina venä- läiseltä TVEL Fuel Companylta (TVEL). Sopimuksen mukaan TVEL hankkii polttoainenippujen valmistuksessa tarvittavan väkeväidyn uraanin venäläisiltä alihankkijoilta uraanintuo- tajayhtiön ARMZ Uranium Holding Co. kautta. Tällä het- kellä uraani tulee Venäjällä sijaitsevilta Krasnokamskin, Khiagdan and Dalurin kaivoksilta. Kaivosten lisäksi TVEL:n alihankkijoista zirkonimateriaalien valmistustehdas ChMP (Chepetsky Mechanical Plant), päätykappaleiden valmis- tustehdas NCCP (Novosibirsk Chemical Concentrates Plant) sekä uranidioksidipellettien ja polttoainenippujen valmis- tuksesta vastaava MSZ (Mashinostroitelny Zavod) soveltavat toiminnassaan sertifioitua ISO 14001 -standardin mukaista ympäristöjärjestelmää, joka edellyttää yrityksiä selvittämään kaikki ympäristövaikutuksensa, sekä ympäristönsuojelun tason jatkuvaa parantamista.

Vuosina 2001–2007 polttoainetta on hankittu myös British Nuclea Fuels Ltd (BNFL:ltä) (nyk. Westinghouse). Kummankin toimittajan polttoainenipuissa käytetty uraani on ollut pe- räisin Venäjältä. Pienen markkinan vuoksi Westinghouse on TVELin lisäksi ainoa VVER-440-polttointainenippujen toimittaja maailmalla. Mikäli Loviisan voimalaitoksen käyttöikää jatke- taan, käsitellään polttoaineen hankinta uudelleen Fortumin yleisten hankintamenettelyjen mukaisesti. Tällä hetkellä toisena toimittajavaihtoehtona venäläisen TVELin lisäksi on ruotsalais-amerikkalainen Westinghouse.

Taulukko 9-22. Vaikutuskohteen herkkyys: luonnonvarojen hyödyntäminen.

Vaikutuskohteen herkkyys: luonnonvarojen hyödyntäminen	
Vaikutuskohteen herkkyystaso määräytyy se perusteella, onko hankealueella esteitä luonnonvarojen hyödyntämiselle.	
Kohtalainen	Voimalaitos rajoittaa alueen luonnonvarojen suoraa hyödyntämistä, mutta voimalaitoksen toimintaan kiinteästi liittyvää kalliorakentamista ja louhintaa voidaan alueella toteuttaa Fortum Power and Heat Oy:n toimesta. Voimalaitosalue on ollut nykyisessä käytössä 70-luvulta saakka, joten alueella ei ole luonnonvarojen käyttöä. Ydinpolttoaine hankitaan sen toimittajalta, eikä vaikutuskohteen herkkyyttä arvioida tämän YVAN puitteissa.

9.9.4.2 Tuotantoketju

Ydinpolttoaineen tuotantoketju koostuu uraanin louhinnasta, rikastuksesta, konversiosta, väkevöinnistä ja polttoainenippujen valmistuksesta. Alla on kuvattu Loviisan polttoaineen tuotantoketju yleisellä tasolla.

Uraanin louhinta ja malmin rikastus

Uraania louhitaan maanalaisista kuilukaivoksista, avolouhoksista sekä maanalaisen uuton (uraani eristetään malmista kemiallisesti) avulla. Lisäksi uraania voidaan erottaa muiden kaivostuotteiden kuten kullan, kuparin tai fosfaatin louhinnan sivutuotteena. Kalliosta perinteisin menetelmin louhittu uraanimalmi murskataan ja jauhetaan, jonka jälkeen uraani erotetaan kiviaineksesta kemiallisella liuotusmenetelmällä erillisessä rikastamolaitoksessa. Tämän jälkeen uraani saostetaan, sakka erotetaan ja pestään sekä kuivataan. Tuloksena on uraanirikaste (U₃O₈, yellow cake), jonka uraanipitoisuus on 60–80 %.

Uraanikaivostoiminnalla on merkittävä osuus ydinpolttoaineen valmistusprosessiin liittyvistä ympäristövaikutuksista. Tämä johtuu siitä, että vaikka kaivostoiminnassa syntyvät radioaktiiviset jätteet ovat luonteeltaan matala-aktiivisia, niiden määrät ovat suhteellisen suuria. Uraanikaivostoiminnan erityispiirteenä on säteilyvaikutusten huomioon ottaminen, mutta muuten se on osa normaalia kaivannaisteollisuutta. Uraanin louhintavaiheen merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvätkin säteilyaltistukseen sekä louhinnasta ja malminrikastuksesta syntyviin jätteisiin. Louhinnasta aiheutuu usein myös maisemahaittoja. Uraanikaivostoiminnan ympäristövaikutusten suuruus riippuu myös käytettävästä louhintamenetelmästä.

Uraanin louhinta- ja rikastusvaiheiden aikaiset säteilyannokset syntyvät pääasiassa kolmesta lähteestä: uraanimalmin ja -pölyn säteilystä malmia louhittaessa ja käsiteltäessä, uraanimalmista vapautuvan radonkaasun ja sen hajoamistuotteiden säteilystä sekä rikastusjätteen säteilystä. Itse uraanin lähettämä säteily on heikkoa alfasäteilyä, joka pysähtyy jo vaatteisiin tai ihoon. Suurimmat säteilyannokset tulevatkin uraanin radioaktiivisista hajoamistuotteista kuten radiumista ja radonista.

Uraanin hajoamistuotteista radon on kaasumainen aine, jota vapautuu ilmaan kaikkialla missä maaperässä on uraania. Radonin tiedetään altistavan keuhkosyövälle. Uraanikaivoksissa radonia vapautuu tavanomaista enemmän, sillä kaivoksissa uraanipitoisuus on suurempi kuin maa- ja kallioperässä keskimäärin (Vuori ym. 2002). On kuitenkin huomattava, että radon ei ole pelkästään uraanikaivosten ongelma, vaan liittyy kaikkeen kaivostoimintaan, koska uraania on maaperässä aina jonkin verran. Avolouhoksissa radonin työntekijöille aiheuttama säteilyaltistuksen määrä on huomattavasti vähäisempi kuin kuilukaivoksissa. Kuilu-kaivoksissa säteilyaltistusta voidaan ratkaisevasti vähentää tehokkaalla ilmanvaihdolla. Louhintatekniikan kehittymisen ja toimintojen automatisoinnin myötä louhinnasta aiheutuvia haittoja on pystytty vähentämään. Lisäksi työntekijöiden säteilyaltistusta hallitaan paremmin työmenetelmien

kehittämisen myötä ja säteilyaltistusta monitoroidaan kattavasti ja tehokkaasti (OECD/NEA 2014).

Uraanikaivostoiminnan maisemallisia ympäristöhaittoja on pystytty vähentämään käyttämällä lisääntyvässä määrin uraanin uttamista suoraan malmiesiintymästä (ISR, in-situ recovery). Menetelmässä uraani liuotetaan suoraan maaperään ruiskutettavaan kemialliseen liuokseen, joka otetaan talteen pumppauskaivojen avulla. Uraani erotetaan kemiallisesti liuoksesta, jonka jälkeen uraanista valmistetaan uraanirikastetta ja liuos käytetään uttamiseen uudelleen.

Uraanikaivostoiminnassa syntyvät jätteet koostuvat hienosta uraanipölystä, prosessivesistä sekä radioaktiivisesta maa- ja kiviaineksesta. Myös rikastusprosessissa syntyy kiinteitä ja nestemäisiä jätteitä, jotka sisältävät radioaktiivisen radiumin lisäksi myös muita haitallisia aineita, kuten arseenia ja raskasmetalleja.

Varastoitaessa uraanin louhinnassa ylijäänyttä maa- ja kiviainesta väliaikaisesti maan pinnalla on huolehdittava, että radioaktiivisia aineita sisältävät maa- ja kivikaset eivät pääse rapautumaan tai pölyämään. Kasat peitetäänkin useimmiten savikerroksella. Mikäli louhinta tapahtuu maan alla, kiinteä jäte pyritään sijoittamaan takaisin kaivoskuiluihin.

Malmin rikastuksessa syntynyt lieteaines sijoitetaan padottuihin varasto- ja haihdutusaltaisiin, jolloin kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle ja siitä erottunut vesi voidaan joutaa pois. Radioaktiiviset ainekset ja raskasmetallit erotetaan vedestä kemiallisesti saostamalla, minkä jälkeen vettä käytetään mahdollisuuksien mukaan uudelleen prosessivetenä. Haihdutusjätteet kerätään liejuna tai kiteisenä massana käsiteltäväksi ja loppusijoitettavaksi. Jätteiden käsittelyn ympäristöriskit liittyvät lähinnä lietealtaiden patojen pettämiseen, radioaktiivisten aineiden kulkeutumiseen pohjavesiin sekä maa- ja kiviainesten pölyämiseen.

Konversio ja väkevöinti

Kevytvesireaktorin toiminta perustuu ketjureaktioon, jonka ylläpitämiseen vaadittavat reaktorifysikaaliset ominaisuudet edellyttävät polttoaineen uraanin väkevöintiä 3–5 %:iin halkeamiskelpoisen isotoopin uraani-235 suhteen. Väkevöintiä varten uraanirikaste (U₃O₈) muutetaan kemiallisen konversion avulla uraaniheksafluoridiksi (UF₆), joka on alhaisessa lämpötilassa suoraan kiinteästä olomuodosta kaasuuntuva yhdiste. Väkevöinti perustuu eri uraani-isotooppien väliisiin massae-roihin, jolloin isotooppi uraani-235 voidaan erottaa uraanin muista isotoopeista sentrifugimenetelmällä.

Konversio- ja väkevöintilaitoksilla käytetään samoja kemikaaleja kuin tavanomaisessa kemianteollisuudessa. Myrkyllisten kemikaalien, kuten esimerkiksi fluoriyhdisteiden, käyttö vaatii erityis- ja varotoimenpiteitä. Uraani on konversio- ja väkevöintilaitoksissa eristettynä prosessilaitteistoissa eikä siitä aiheudu säteilyvaikutuksia työntekijöille tai ympäristöön. Jätevedet ja -kaasut käsitellään asianmukaisesti eikä niistä näin ollen aiheudu normaalitilanteissa merkittäviä vaikutuksia ympäristöön.

Polttoainenippujen valmistus

Polttoainepellettien valmistusta varten isotoopin uraani-235 suhteen väkevöity uraaniheksafluoridi (UF6) muutetaan kemiallisen konversioprosessin avulla uraanidioksidijauheeksi (UO2). Nykyaikaisilla polttoainetehtailla tämä konversioprosessi tapahtuu kuivaprosessina, jolloin prosessista aiheutuvat nestemäiset päästöt ovat alhaisemmat kuin perinteiseen märkäprosessiin perustuvassa konversiossa.

Uraanidioksidijauhe puristetaan polttoainepelleteiksi, jotka käsitellään uunissa korkeassa lämpötilassa keraamiseksi materiaaliksi. Tämän jälkeen polttoainepelletit hiotaan lopullisiin mittoihinsa ja asennetaan zirkoniumseoksesta valmistettujen suojakuoriputkien sisään. Putket paineistetaan polttoaineen lämmönsiirtoa parantavalla heliumilla ja suljetaan ilmatiiviisti. Valmiit polttoainesauvat kootaan 126 sauvaa käsittäviksi polttoainenipuiksi, jotka varastoidaan kuljetusta varten.

Jokainen työvaihe tapahtuu yksityiskohtaiseen ohjeistukseen ja tiukkaan laadunvalvontaan perustuen. Työvaiheiden säteilyvaikutukset ovat vähäisiä, sillä säteilyn kannalta haitallisimpia uraanin hajoamistuotteita, kuten radiumia, radonia ja poloniumia, ei juurikaan ole väkevöidyn uraanin joukossa. Tuotantotilojen säteilytasoja ja uraanipölyn pitoisuutta seurataan jatkuvilla mittauksilla.

9.9.4.3 Kuljetukset

Polttoaineketjun eri vaiheiden väliset kuljetukset tapahtuvat valvottuina meri-, rautatie- ja maantiekuljetuksina erikois-säiliöitä sekä normaalia kuljetuskalustoa käyttäen. Suurin kuljetuskapasiteetti vaaditaan polttoaineketjun alkupäässä, sillä polttoaineen jalostusasteen kasvaessa siirrettävä materiaalmäärä pienenee.

Radioaktiivisten aineiden kuljetuspakkauksia ja kuljetuksia säätelevät Kansainvälisen Atomienergiajärjestön (IAEA) ohjeet sekä niiden pohjalta laaditut kansalliset määräykset. Uraanikuljetukset edellyttävät viranomaislupaa sekä niille pitää järjestää vartiointi ja valvonta asiattoman haltuunoton estämiseksi. Vastaavat määräykset koskevat myös käytetyn polttoaineen kuljetuksia.

Väkevöidyn uraanin ja tuoreen polttoaineen kuljetukset eroavat luonnonuraanin kuljetuksista siten, että kuljetuksissa on poissuljettava lämpöä ja säteilyä tuottavan jatkuvan ketjureaktion syntymisen mahdollisuus. Tämä toteutetaan sekä suojausten avulla että mitoittamalla kuljetuspakkausten koko ja muoto sellaisiksi, että edes onnettomuustapauksissa ketjureaktiota ei käynnisty. Kuljetuspakkausten on kestettävä muun muassa kovat törmäykset ja tulipalot.

Nykyään on tyypillistä, että kuljetukset sisältyvät toimituskokonaisuuksiin. Raakauraani ostetaan toimitettuna konversiolaitokselle ja konvertoitu uraani (UF6) toimitettuna väkevöintilaitokselle. Väkevöity uraani (UO₂) ostetaan joko toimitettuna polttoainenippuja valmistavalle tehtaalle tai sitten väkevöidyn uraanin kuljetus sisältyy polttoaineen

valmistussopimukseen kuten myös valmiiden polttoainenippujen kuljetus voimalaitokselle. Kuljetuksista ei aiheudu terveysvaikutuksia kuljetushenkilökunnalle tai kuljetusreittien varrella asuvalle väestölle, sillä kuljetettavat materiaalit eivät ole voimakkaasti säteileviä.

Loviisan käyttöön tuleva ydinpolttoaine toimitetaan Suomeen rautateitse tai laivakuljetuksin ja voimalaitokselle se kuljetetaan maanteitse. Loviisan nykyisten voimalaitosyksiköiden vuotuinen polttoainetarve on noin 24 tonnia eli muutaman autokuorman verran. Loviisan voimalaitoksella tuoretta polttoainetta varastoidaan kuivavarastossa yleensä yhden–kahden vuoden tarpeisiin. Ydinpolttoaineen hallussa-pitolupa edellyttää vartiointia, jolla estetään sivullisten pääsy käsiksi ydinmateriaaliin.

9.9.4.4 Käyttö

Uraanin käyttäminen polttoaineena perustuu sen isotoopin uraani-235 atomiydinten halkeamisreaktioon eli fissioon. Fissioreaktiossa raskas atomi hajoaa vapaan neutronin osuessa siihen kahdeksi tai useammaksi kevyemmäksi atomiytimeksi, joita kutsutaan fissiotuotteiksi. Reaktiossa vapautuu lisäksi muutamia neutroneita sekä suuri määrä energiaa. Reaktiossa vapautuneet neutronit voivat aiheuttaa uusia fissioita, mikä mahdollistaa ketjureaktion syntymisen. Ketjureaktion hallintaan käytetään neutroneja kaappaavia alkuaineita, jotka kuluttavat ylimääräiset neutronit.

Fission lisäksi reaktorissa tapahtuu muita ydinreaktioita. Polttoaineen uraanista suurin osa on isotooppia uraani-238, joka ei fissioidu yhtä tehokkaasti kuin isotooppi uraani-235. Sopivalla energialla liikkuva neutroni saattaa absorboitua uraani-238 atomiytimeen. Neutronin muuttuessa protoniksi syntyy plutoniumia (Pu). Reaktorissa syntyy plutoniumin lisäksi myös muita transuraaneja eli uraania raskaampia alkuaineita. Osa transuraaneista, kuten plutonium-239, osallistuvat reaktorin energiantuotantoon.

Polttoaineen vaihtolatausseisokin yhteydessä reaktorista poistetaan suunnitellun käyttöikänsä saavuttaneet polttoaineniput, nykyisin noin neljännnes polttoaineesta vuosittain, ja korvataan ne tuoreilla polttoainenipuilla. Lisäksi reaktoriin jäävien polttoainenippujen paikkoja vaihdetaan optimaalisen tehotiheyden saavuttamiseksi. Käytön aikana ydinpolttoaineeseen syntyvistä hajoamistuotteista ja transuraaneista johtuen käytetyn polttoaineen radioaktiivisuus on niin korkea, että sen käsittely ja säilyttäminen vaativat erityistoimenpiteitä.

Jo polttoainenippujen suunnittelussa huomioidaan myös varsinaisen käytön lisäksi niille käsittelystä ja kuljetuksesta aiheutuvat rasitukset, mukaan lukien pitkäaikaisvarastointiin ja loppusijoittamiseen liittyvät käsittelyvaiheet.

9.9.4.5 Muutoksen suuruus

Käytön jatkamisen tapauksessa hankittavan ydinpolttoai-
neen määrä säilyy samana vuositasolla (n. 200 tonnia raakau-
raania), mutta kokonaismäärä kasvaa. Kokonaismäärän on
arvioitu olevan noin 4 000 tonnia raakauraaia. Luonnonu-
raani luokitellaan uusiutumattomaksi luonnonvaraksi, jolloin
sen käyttö vähentää luonnonvarojen esiintymiä. Loviisan
voimalaitoksen käytön jatkamisen tarvitsema raakauraanin
määrä vuositasolla on n. 0,33 % uraanin vuotuisesta tuo-
tantomäärästä ja kokonaismäärä on n. 0,05 % tällä hetkellä
tunnetuista uraanivarannoista. Kun näiden lisäksi otetaan
huomioon arviot vielä löytymättömistä uraanivarannoista,
korkeammalla hinnalla hyödynnettävistä uraanivarannoista
ja ennusteet uraanin globaalin kysynnän kasvusta, arvioi-
daan käytön jatkamisen vaikutuksen olevan merkityksetön
uraanivarantoihin.
Käytön jatkaminen ei muuta voimalaitosalueen nykyisiä
rajoitteita luonnonvarojen hyödyntämiselle.

9.9.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Vaikutuksia syntyy VLJ-luolan laajentamiseen liittyvästä
louhintatyöstä, josta muodostunutta kiviainesta
voidaan hyödyntää uudelleen VLJ-luolan sulkemisessa
n. 30-40 vuoden päästä tai mahdollisuuksien mukaan
muissa rakennuskohteissa. Vaikutuksia aiheutuu myös
louheen välivarastoinnista, joka toteutettaisiin joko
voimalaitosalueella tai muualla siihen sopivaan käyttöön
soveltuvalla alueella.

Käytöstäpoiston tapauksessa VLJ-luolaa laajennetaan
louhimalla kalliotiloihin lisätilaa yhteensä 71 000 m³. Tästä
syntyy rapakivigraniitista koostuvaa kivilouhetta yhteensä
noin 100 000 m³. Kivilouheen hyötykäytölle on useampia
vaihtoehtoja. Ensijaisesti sitä hyödynnettäisiin VLJ-luo-
lan täyttömateriaalina, kun VLJ-luola suljetaan (ks. luku
5.5). Lisäksi voimalaitosrakennusten ja rakenteiden pur-
kutöiden jälkeen kivilouhetta voitaisiin hyödyntää voima-
laitosalueella esimerkiksi maisemoinnissa. Louhe on myös
mahdollista hyödyntää voimalaitosalueen ulkopuolisissa
maanrakennusprojekteissa, jos kaikkea louhetta ei käytetä
voimalaitosalueella.
VLJ-luolan louhinnasta syntyvää louhetta voidaan väli-
varastoida mahdollisuuksien mukaan voimalaitosalueella
tai sitä välivarastoidaan soveltuvalla alueella voimalai-
tosalueen ulkopuolella. Välivarastoinnin kesto on noin
30–40 vuotta. Välivarastoinnin osalta perussääntönä on,
että 3 vuoden jälkeen materiaali tulkitaan jätteeksi, jolloin
sen välivarastoinnille tulisi hakea ympäristölupa, ellei
materiaalille ole osoittaa tiettyä käyttötarkoitusta kuten
louheen hyödyntämistä VLJ-luolan täytössä. Louheen
välivarastoinnissa syntyy välillisiä ympäristövaikutuksia

kuten melua ja pölyä mm. louhekuormien purkamisesta,
varastokasojen muotoilusta ja louheen lastaamisesta jat-
kokuljetukseen. Lisäksi louheessa voi olla räjähdysainepe-
räistä tyypeä, joka voi liueta kasalta vähitellen ja kulkeu-
tua hulevesien mukana. Vaikutuksia syntyy myös louheen
kuljetuksista (luku 9.4).
Louhetta voidaan käyttää joko sellaisenaan tai jatkojalos-
tettuna muissa rakennuskohteissa esim. maanrakennuspro-
jekteissa. Peruslähtökohtana on hyödyntää jo irrotettu kivi-
aines mahdollisimman ekologisesti ja tehokkaasti uudelleen.
Tällöin louheen hyötykäyttö myös vähentäisi neitseellisen
luonnonkiviaineksen louhintatarvetta hetkellisesti. Merkit-
täviä tai pitkäaikaisia vaikutuksia VLJ-luolan louhinnasta
syntyvän louheen hyötykäytöllä ei kuitenkaan ole johtuen
suhteellisen pienestä louhintamäärästä.
VLJ-luolan louhinnasta syntyvän kiviaineksen hyötykäytön
katsotaan edistävän kiertotaloutta, kun sen hyödyntämi-
sellä voidaan korvata neitseellisen kiviaineksen hankintaa
joko VLJ-luolan sulkemisessa tai muissa voimalaitosalueen
ulkopuolisissa rakennuskohteissa. Vaikutuksen suuruuden ar-
vioidaan olevan vähäinen myönteinen, kun huomioon otetaan
syntyvän kiviaineksen kokonaismäärä.
Kun voimalaitoksen toiminta on päättynyt, riippuvat alueen
luonnonvarojen hyödyntämisen mahdollisuudet (mm. met-
sätalous) alueen jatkokäytöstä. Olemassa olevan VLJ-luolan
vuoksi alueella ei voida tulevaisuudessakaan tehdä useita
kymmeniä metrejä syviä kaivantoja vaan VLJ-luolan alueelle
on jatkossakin olemassa käyttörajoitteita.
Käytöstäpoiston aikana ei hankita uutta ydinpolttoainet-
ta, joten polttoaineen hankintaan liittyvää luonnonvarojen
hyödyntämistä ei enää tapahdu, mutta tällä ei ole merkitystä
maailmanlaajuiselle raakauraanin tuotannolle eikä uraaniva-
rannoille.

9.9.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen
vastaanotolla, välivarastoinnilla tai loppusijoituksella ei ole
vaikutuksia luonnonvarojen hyödyntämiseen.

9.9.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-23 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaiku-
tuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella
(luku 9.1.4).

9.9.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Loviisan voimalaitoksen käyttämällä uraanilla ei arvioida
olevan vaikutuksia uraanivarantoihin, mutta ydinpolttoai-
neen tuottaminen aiheuttaa ympäristövaikutuksia. Fortumin
ydinpolttoainehankinnoissa otetaan ympäristövaikutukset
huomioon jo tarjouspyyntövaiheessa. Tarjoajien edellytte-

Taulukko 9-23. Vaikutusten merkittävyys: luonnonvarojen hyödyntäminen.

Vaikutusten merkittävyys: luonnonvarojen hyödyntäminen			
Toimintavaihe	Herkkyyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen: voimalaitosalue	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska käytön jatkaminen ei muuta voimalaitosalueen nykyisiä rajoitteita luonnonvarojen hyödyntämiselle.
Käytön jatkaminen: ydinpolttoaineen hankinta	Ei voida määrittää	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska Loviisan voimalaitoksen raakauraanin hankinnan vaikutus on merkityksetön maailmanlaajuiselle raakauraanin tuotannolle ja uraanivarannoille.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen	Vähäinen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen, koska VLJ-luolan louhinnasta syntyvän kiviaineksen hyötykäytön katsotaan edistävän kiertotaloutta, kun sen hyödyntämisellä voidaan korvata neitseellisen kiviaineksen hankintaa joko VLJ-luolan sulkemisessa tai muissa rakennuskohteissa.
Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska toiminnassa ei hyödynnetä luonnonvaroja.

tään esittävän tarjouksissaan ympäristöjärjestelmänsä tai
kuvauksen siitä, miten toiminnasta aiheutuvat ympäristövai-
kutukset on otettu huomioon. Tarjousten vertailuvaiheessa
arvioidaan toiminnan asianmukaisuus ja riittävyys suhteessa
lainsäädäntöön. Fortum suorittaa säännöllisesti polttoaineen
hankintaketjun tärkeimpien toimijoiden laadunhallintajärjes-
telmien auditointeja, mukaan lukien uraanin toimitusketju.
Auditointien yhteydessä kiinnitetään huomiota muun muassa
toimittajien ympäristö- ja laadunhallintajärjestelmien laatuun
ja toimivuuteen.
Lisäksi Fortum valvoo säännöllisesti polttoainenippujen
valmistusta polttoainetehtailla, joihin asiantuntijaryhmä
kohdistaa vuosittain kahdesta neljään laadunvalvontakäyn-
tiä. Fortumin mahdollisuudet vaikuttaa yhtiölle toimitettavan
ydinpolttoaineen toimitusketjun eri toimijoiden menettelyta-
poihin liittyvät polttoainesopimuksissa sovittuihin velvoit-
teisiin. Kussakin maassa näitä toimintoja koskevat omat
ympäristö- ja muut säädökset. Fortumin ympäristöpolitiikan
mukaisesti yhteistyössä toimittajien kanssa painotetaan
ympäristöasioiden hallinnassa jatkuvan parantamisen ja
avoimen vuorovaikutuksen periaatetta.

Louheen hyötykäyttö

Jos louhetta välivarastoidaan muualla tai käytetään muissa
rakennuskohteissa, tulee kuljetusmatkoja pyrkiä optimoi-
maan ja mahdollisuuksien mukaan ennakoimaan tulevia lou-
heen jatkokäyttöpaikkoja. Välivarastoinnissa tulee kiinnittää
huomiota melun ja pölyämisen ehkäisyyn.

9.9.9 Epävarmuustekijät

Luonnonuraanin saatavuuden arviointi perustuu tuotannon
ja käytön osalta lähivuosisikymmenien ennusteisiin ja arvioihin
ja oletuksiin uraanin hinnasta. Pitkällä aikavälillä toisenlaista
polttoainetta käyttäviä reaktoriyyppejä ja jälleenkäsittelyn
laajamittaista käyttöönottoa ei arvioinnissa ole huomioitu.
Osa varantojen hyödyntämisestä vaatii uutta tekniikkaa ja/tai
nykyistä korkeampaa uraanin hintaa.
VLJ-luolan louhinnasta syntyvän kiviaineksen hyötykäyttö-
kohdetta tai välivarastointipaikkaa ei tiedetä, mikä lisää arvi-
oinnin lopputuloksen epävarmuutta. Vaikutukset tämän osal-
ta on kuitenkin pyritty kattamaan yleispiirteisesti perustuen
arvioon muista vastaavan kokoluokan louhintahankkeista.

9.10 JÄTTEET JA NIIDEN KÄSITTELY

9.10.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisessa tapauksessa käytetyn ydinpolttoaineen sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen kokonaismäärän kasvu ei käytännössä lisää henkilökunnan säteilyannoksia nykyiseen toimintaan verrattuna. Koko ydinvoimalaitoksen normaalkäytöstä, sisältäen käytetyn ydinpolttoaineen sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen jätehuollon eri vaiheet, väestön yksilölle aiheutuvan vuosiannoksen raja-arvo on 0,1 mSv, ja todelliset annokset ovat vain murto-osa tästä. Normaali-toiminnassa jätehuoltotoimenpiteistä syntyvät vaikutukset ovat erittäin vähäisiä.

Käytöstäpoistossa vaikutusten arvioidaan olevan enimmillään vähäisiä kielteisiä. Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnista ja käsittelystä voimalaitosalueella ei aiheudu normaalkäytöstä poikkeavia säteily- tai päästövaikutuksia ympäristöön eikä henkilöstön lakisääteisiä raja-arvoja ylitetä. Normaali-tilanteessa käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksesta ihmisille ja ympäristölle aiheutuva säteilyaltistus on hyvin pieni, eikä ylimääräistä altistusta voi käytännössä erottaa ympäristön taustasäteilyn aiheuttamasta altistuksesta. Käytöstäpoiston aikana kertyvä yhteenlaskettu kollektiivinen säteilyannos on arviolta noin 10 manSv. Loppusijoitustoimenpiteiden osuus tästä on vajaa viidennes eli hiukan alle 2 manSv. Vuosittainen kollektiivinen säteilyannos on samaa luokkaa kuin laitoksen nykyisessä toiminnassa. Yhdenkään yksittäisen työntekijän säteilyannos ei ylitä voimalaitoksen tavoitteellista annosrajoitusta, joka asetetaan lakisääteisen raja-arvon alapuolelle. Pitkäaikaisturvallisuusperustelun mukaan VLJ-luolan olemassa olevat osat täyttävät pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset sekä suunniteltu laajennus voidaan toteuttaa siten, että pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset täytetään. Kun konventionaaliset jätteet käsitellään ja varastoidaan voimalaitosalueella asianmukaisesti, ei niistä aiheudu ympäristövaikutuksia. Välillisiä ympäristövaikutuksia syntyy konventionaalisten jätteiden kuljetuksista sekä niiden jatkokäsittelystä vastaavien toimijoiden prosesseista.

Muulla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden käsittely ja loppusijoitus toteutetaan siten, että niiden vaikutukset henkilöstön ja ympäristön väestön säteilyannoksiin sekä laitoksen käytön aikana että loppusijoitustilojen sulkemisen jälkeen pitkäaikaisturvallisuuteen ovat vähäisiä suhteessa Loviisan voimalaitokselta peräisin oleviin jätteisiin ja että pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset täytetään. Jätteiden käsittelyyn voidaan pääosin soveltaa voimalaitoksen nykyisiä jätehuoltomenetelmiä.

Loviisan voimalaitoksen olemassa olevat radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn sekä loppusijoittamiseen soveltuvien toimintojen ja tilojen käyttö tukisi yhteiskunnallista kokonaisratkaisua ja turvallisen jätehuollon kehittämistä Suomen tasolla. Jätteiden vastaanotolla arvioidaan olevan koko Suomen tasolla kohtalainen myönteinen vaikutus, kun eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille tarjotaan turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu.

9.10.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Vaikutusten arvioinnissa on tarkasteltu voimalaitoksen käytön jatkamisen sekä käytöstäpoiston aikana syntyvien matala- ja keskiaktiivisten sekä tavanomaisten jätteiden määrää, laatua ja käsittelyä. Jätteiden käsittelyyn liittyviä vaikutuksia on arvioitu jätteiden ominaisuuksien ja käsittelytekniikoiden perusteella. Arvioinnissa on otettu huomioon erityisesti radioaktiivisuutta sisältävien jätteiden mahdollisesti aiheutamat säteilyannokset jätteitä käsittelevälle henkilökunnalle ja arvioitu, voiko jätteiden käsittelystä aiheutua vaikutuksia voimalaitosalueen ulkopuolelle.

Lisäksi on kuvattu jätteiden mahdollisia hyötykäyttökoh-teita sekä loppusijoitusratkaisut. Radioaktiivisten jätteiden loppusijoituksen osalta on tarkasteltu pitkäaikaisvaikutuksia mm. pitkäaikaisturvallisuusperustelun kautta. VLJ-luolan pitkäaikaisturvallisuusperustelussa käsitellään sekä käytön aikana että käytöstäpoistossa syntyvän matala- ja keskiak-tiivisen jätteen pitkäaikaisturvallisuusvaikutuksia. Muualta tuotujen radioaktiivisten jätteiden pitkäaikaisturvallisuusvai-kutukset varmistetaan tarvittaessa erillisin selvityksin.

Käytetyn ydinpolttoaineen käsittely ja välivarastointi voi-malaitosalueella on kuvattu ja niiden ympäristövaikutukset on arvioitu mm. pohjautuen laitoksen nykyiseen toimintaan sekä Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistosuunnitelmaan. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksia Loviisan voimalai-tokselta Posivan kapselointi- ja loppusijoituslaitokselle Eurajoelle on tarkasteltu perustuen Posivan kuljetusriski- ja toteutustapaselvitykseen (Suolanen ym. 2004) sekä ym-päristövaikutusten arviointiin (Posiva Oy 2008). Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituskonseptin pääperiaatteita ja pitkäaikaisturvallisuutta on tarkasteltu yleisesti perustuen Posivan julkaisuihin (Posiva Oy 2008 & 2012).

Loviisan voimalaitokselle vastaanotettavien muulla Suo-messa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden ympäristö-vaikutuksia on tarkasteltu muun muassa VTT:n FiR 1 -tutki-musreaktorin käytöstäpoiston YVA-menettelyssä saatujen tulosten (VTT 2014) ja muiden aihetta koskevien selvitysten perusteella. Niiden vaikutukset on arvioitu osana Loviisan voimalaitoksen jätehuollon vaikutuksia.

Taulukko 9-24. Vaikutuskohteen herkkyyks: jätteet ja niiden käsittely.

Vaikutuskohteen herkkyyks: jätteet ja niiden käsittely	
Vaikutuskohteen herkkyystaso määräytyy alueen jätteiden käsittelyyn liittyvien toimintojen kapasiteetin riittävyyden perusteella.	
Vähäinen	Voimalaitosalueella syntyville jätteille on olemassa toimivat jätehuoltokonseptit, ja jätehuoltoreitit tiedetään. Varastointikapasiteetin kasvutarve on huomioitu alueen suunnitelmissa.

9.10.3 Nykytila

Voimalaitoksen nykyisestä toiminnasta syntyviä jätteitä ja niiden käsittelyä on kuvattu luvuissa 4.7 ja 4.8. Voimalai-tosalueen välittömässä läheisyydessä ei ole muita teollisia toimijoita, joiden toiminnassa muodostuu tai jotka käsittele-vät jätteitä.

Taulukossa 9-24 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyks sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.10.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Vaikutukset muodostuvat käytetyn ydinpolttoaineen, matala- ja keskiaktiivisen jätteen sekä konventionaalisen jätteen käsittelystä ja varastoinnista.

9.10.4.1 Käytetty ydinpolttoaine

Loviisan ydinvoimalaitoksen reaktoreista poistetaan vuo-sittain käytettyä polttoainetta keskimäärin 168 polttoaine-nippua. Käytön jatkaminen ei lisää muodostuvan käytetyn ydinpolttoaineen määrää vuositasolla, mutta käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärä kasvaa noin 3 700 nipulla 20 vuoden aikana. Käytettyä ydinpolttoainetta välivarastoidaan yhteensä enintään 12 800 polttoainenippua, joka vastaa noin 1 600 tonnia uraania.

Reaktorista poiston jälkeen käytettyä polttoainenippua jäähdytetään 1-3 vuotta reaktorirakennuksen vaihtola-tausaltaassa, jolloin nipun radioaktiivisuus ja lämmöntuotto vähenee merkittävästi. Tämän jälkeen polttoainenippu siirre-tään käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston vesialtaaseen. Vesiallasvarastoinnin aikana polttoaineen radioaktiivisuus ja lämmöntuotto vähenee edelleen. Noin viidenkymmenen vuo-den välivarastoinnin jälkeen reaktorista poistetun käytetyn

ydinpolttoaineen radioaktiivisuudesta on jäljellä tuhannesosa. Käytön jatkamisen tapauksessa käytetyn ydinpolttoaineen varastokapasiteettia on lisättävä voimalaitosalueella. Varas-tointikapasiteetin kasvattaminen tehdään joko sijoittamalla polttoaine tiheämmin nykyisten varastojen vesialtaisiin tai laajentamalla toista nykyistä välivarastoa enintään kahdella uudella vesialtaalla. Vaihtoehtojen välillä ei ole eroa poltto-ainenipun radioaktiivisuuden tai lämmöntuotannon osalta, vaan lopputulos on sama. Välivarastoinnin suunnittelussa huomioidaan käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärän kasvun vaikutus lämmöntuotannon lisääntymiseen. Esimer-kiksi jäähdytyskapasiteettia on mahdollista lisätä kasvat-tamalla jäähdytysveden virtausta lämmönvaihtimiin tai kasvattamalla lämmönvaihtimien kokoa.

Ydinpolttoainenippujen kokonaismäärän kasvun vaikutus henkilökunnan säteilyannoksiin on merkityksetön verrattuna nykyiseen toimintaan, eikä varastointikapasiteetin lisäämis-tavalla ole toisistaan poikkeavia vaikutuksia säteilyannoksiin.

Käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyn ja varastoinnin kaikissa vaiheissa huolehditaan siitä, että ydinpolttoaine on alikriittisessä tilassa eli hallitsematonta fissioketjureaktiota ei tapahdu. Tämä varmistetaan mm. siirtosäiliöiden, varas-totilojen ja käsittelylaitteiden osalta. Normaali-toiminnassa käytetyn ydinpolttoaineen käsittelystä ja välivarastoinnista aiheutuvat vaikutukset ympäristöön ovat erittäin vähäisiä voimalaitoksen päästöihin verrattuna eikä lakisääteisiä ra-ja-arvoja ylitetä. Koko ydinvoimalaitoksen normaalkäytöstä, sisältäen käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyn ja välivaras-toinnin, väestön yksilölle aiheutuvan vuosiannoksen raja-ar-vo on 0,1 mSv.

9.10.4.2 Matala- ja keskiaktiiviset jätteet

Käytön jatkaminen ei muuta matala- ja keskiaktiivisen jätteen vuosikertymän määrää, mutta niiden kokonaismäärät kas-vavat 20 vuoden aikana (luku 4.7). Matala-aktiivisen jätteen

nykyinen kertymänopeus on 20–30 m³/v, ja nykyisten käyttö-lupien loppuun mennessä muodostuvaksi määräksi on arvi-oitu noin 2 700 m³. Kun vuosikertymä säilyy samana, syntyy käytön jatkamisen 20 lisäkäyttövuo- den aikana yhteensä noin 600 m³ matala-aktiivista jätettä. Tällöin matala-aktiivisen jätteen kokonaismäärä on noin 3 300 m³.

Keskiaktiivisen jätteen nykyinen kertymänopeus 15–30 m³/v (kiinteytettynä ja pakattuna 60–120 m³/v), ja nykyisten käyttö-lupien loppuun mennessä muodostuva kokonaismäärä on noin 4 900 m³. Kun vuosikertymä säilyy sa- mana, syntyy käytön jatkamisen 20 lisäkäyttövuo- den aikana yhteensä noin 2 400 m³ keskiaktiivista jätettä pakattuna. Täl- löin keskiaktiivisen jätteen kokonaismäärä on noin 7 300 m³.

Matala- ja keskiaktiiviselle jätteelle on olemassa olevat käsittelytavat sekä varastointi- ja loppusijoituspaikat. Käytön jatkamisen tapauksessa jätehuoltomenetelmät säilyvät pääosin samoina. Huoltojätteen loppusijoituskonseptia saa- tetaan hieman muuttaa, esim. käyttämällä betonilaatikoita metallisten tynnyreiden lisätukena. Muutos on osa ikäänty- misen hallintaa ja sillä varmistetaan työ- ja säteilyturvallisuus lisäkäyttövuosien aikana. Parhaillaan konseptin muutoksesta tehdään tarkempia selvityksiä. Voimalaitosalueella sijait- sevassa VLJ-luolassa on kolme kalliotilaa matala-aktiivisen huoltojätteen ja yksi keskiaktiivisen kiinteytetyn jätteen loppusijoitukseen. Kapasiteetti riittää myös voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana syntyvien matala- ja keskiaktiivis- ten jätteiden loppusijoitukselle.

Jätehuoltoon liittyvät toimenpiteet kuuluvat voimalaitok- sen normaaliin toimintaan ja aiheuttavat vain pienen osan henkilöstön kollektiivisesta säteilyannoksesta. Koko ydinvoi- malaitoksen normaalikäytöstä, sisältäen matala- ja kes- kiaktiivisen jätteen jätehuollon eri vaiheet, väestön yksilölle aiheutuvan vuosiannoksen raja-arvo on 0,1 mSv.

Riippumatta laitosalueella varastoitavan jätteen määrästä, normaalitoiminnassa matala- ja keskiaktiivisten jätteiden kä- sittelystä ei synny radioaktiivisten aineiden päästöjä ympä- ristöön. Loppusijoituksessa huolehditaan siitä, että jätepak- kaukset ovat ehjiä ja hyväkuntoisia eikä niiden pinnalla saa olla irtoavaa kontaminaatiota. Tällöin normaalitoiminnassa radioaktiivisia aineita ei vapaudu jätepakkausten ulkopuolelle eivätkä loppusijoitustiloihin kertyvät vedet voi kontaminoitua radioaktiivisista aineista. Loppusijoituksen periaatteena on pitää jätteiden sisältämät radioaktiiviset aineet elollises- ta luonnosta erillään siten, että ympäristön turvallisuus ei vaarannu missään vaiheessa. Pitkäaikaisturvallisuutta on käsitelty tarkemmin luvussa 7 ja luvussa 9.10.5.2.

9.10.4.3 Valvonnasta vapautettavat ja konventionaaliset jätteet

Ydinvoimalaitoksen valvonta-alueella syntyy erilaisia huolto- jätteitä (mm. eristemateriaali, vanhat työvaatteet, koneiden ja laiteiden osat sekä käytetyt työkalut ja pakkausmateri- aali), jotka voivat sisältää pieniä määriä radioaktiivisuutta.

Huoltojätteen aktiivisuus analysoidaan useilla peräkkäisillä mittauksilla. Mikäli jäte-erän aktiivisuus on tarpeeksi matala, se voidaan vapauttaa valvonnasta ydinenergialain 27 c § mukaan. Valvonnasta vapautetuista materiaaleista väestön yksilöille tai jätteitä käsitteleville työntekijöille aiheutuvan vuosiannoksen rajoitus on 0,01 mSv ja lisäksi valvonnasta va- pautetusta jätteestä aiheutuva säteilyaltistus tulee muutoin- kin pitää niin vähäisenä kuin käytännön toimin on mahdollis- ta. Valvonnasta vapautettu jäte voidaan jatkokäsitellä kuten konventionaalinen teollisuusjäte. Nykyisessä toiminnassa valvonnasta vapautettavaa jätettä syntyy vuosittain noin 100 tonnia. Vuosittainen määrä vaihtelee suuresti korjaustöiden ja komponenttiusintojen mukaan. Valvonnasta vapautet- tavien jätteiden määrän arvioidaan säilyvän vuositasolla samana kuin nykyisin.

Ydinvoimalaitoksella syntyy tavanomaisia eli konventio- naalisia jätteitä kuten muussakin teollisessa toiminnassa. Konventionaalisia jätteitä ovat esimerkiksi paperi-, muovi- ja biojäte sekä metalliromu, joita syntyy vuosittain 400–1 000 tonnia. Lisäksi voimalaitoksen toiminnassa syntyy vuosittain vaarallisia jätteitä noin 20–100 tonnia. Näitä ovat esimerkiksi SER (sähkö- ja elektroniikkaromu), jäteöljyt ja -kemikaalit, akut jne.

Voimalaitoksen käytön jatkaminen ei juurikaan muuta konventionaalisen jätteen määrää vuositasolla. Kuten nykyi- sinkin, jätemäärissä saattaa vuosien välillä olla vaihtelua riip- puen mm. voimalaitosalueella tehtävistä rakennus-, kunnos- sapito- tai huoltotöistä. Myös konventionaalisten jätteiden käsittely jatkuu nykyistä vastaavana. Syntyvistä jätteistä hyödynnetään energiana tai materiaalina noin 85 %. Jätteistä loput noin 15 % viedään kaatopaikalle tai hävitetään muuten. Syntyvien jätteiden määrät pidetään mahdollisimman pieninä ja hyötykäyttöön menevien jätteiden osuudet korkeina. Tätä seurataan mm. jätekirjanpidon avulla. Erillislajitellut jätteet toimitetaan eteenpäin käsiteltäväksi, hyödynnettäväksi tai loppusijoitettavaksi jätelainsäädännön ja ympäristölupapää- tösten edellyttämällä tavalla. Vaarallisia jätteitä säilytetään asianmukaisesti ja ne toimitetaan vaarallisten jätteiden käsittelylaitokselle.

Laitosalueella toteutettavasta konventionaalisten jätteiden käsittelystä ei aiheudu ympäristövaikutuksia. Vaikutukset syntyvät pääasiassa jätteen kuljetuksista sekä jätteiden jatkokäsittelystä vastaavien toimijoiden prosesseista.

9.10.4.4 Muutoksen suuruuden yhteenveto

Koko ydinvoimalaitoksen normaalikäytöstä, sisältäen käy- tetyn ydinpolttoaineen käsittelyn ja välivarastoinnin sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen jätehuollon eri vaiheet, väestön yksilölle aiheutuvan vuosiannoksen raja-arvo on 0,1 mSv. Käytetyn ydinpolttoaineen tai matala- ja keskiaktiivisen jätteen käsittelystä aiheutuvat henkilökunnan säteilyannok- set ovat hyvin pieniä ja alittavat ydinvoimalaitoksen nor- maalikäytölle asetetut raja-arvot. Jätteiden kokonaismäärä

kasvaa lisäkäyttövuosien myötä, mutta niille on olemassa olevat käsittelymenetelmät. Muutoksen suuruuden arvioi- daan olevan enimmillään *vähäinen kielteinen*.

9.10.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Vaikutukset muodostuvat käytetyn ydinpolttoaineen, matala- ja keskiaktiivisen jätteen sekä konventionaalisen jätteen käsittelystä, varastoinnista ja loppusijoituksesta.

9.10.5.1 Käytetty ydinpolttoaine

Käsittely

Käytöstäpoiston ensimmäisen purkuvaiheen aikana kaikki voimalaitoksella oleva käytetty ydinpolttoaine on varastoi- tuna käytetyn polttoaineen välivarastoissa, jotka sijaitsevat erillään purettavista voimalaitosyksiköistä ja VLJ-luolasta. Käytetyn polttoaineen päällä on useita metrejä paksu vesi- kerros, joka vaimentaa tehokkaasti käytetystä polttoaineesta lähtevää ionisoivaa säteilyä. Lisäksi käytetyn polttoaineen varasto pysyy suurimman osan ajasta miehittämättömänä. Vaikutukset voimalaitoksen omaan henkilöstöön ovat lähes olemattomat, eikä lakisääteisiä raja-arvoja ylitetä.

Jos voimalaitoksen käytöstäpoisto alkaa nykyisen käyttölu- van päättyessä, alkaisivat käytetyn polttoaineen kuljetukset loppusijoitukseen nykyisten aikataulusuunnitelmien mukaan sen jälkeen, kun voimalaitoksen jäljelle jäävät rakennukset ja toiminnot ovat siirtyneet itsenäisen käytön vaiheeseen. Itsenäistettävien laitososien käytöstäpoisto (purkuvaihe 2) alkaa sen jälkeen, kun käytetty ydinpolttoaine on kokonaisu- dessaan kuljetettu Posivan loppusijoitukseen. Tästä purku- vaiheesta eteenpäin voimalaitoksella ei ole enää käytettyä ydinpolttoainetta.

Loviisan voimalaitoksen nykyisen käyttöluvan loppuun mennessä voimalaitoksen käytetyn ydinpolttoaineen varastoihin on kertynyt käytettyä ydinpolttoainetta noin 7 700 nippua, mikä vastaa yhteensä noin 960 uraanitonna. Käytetty ydinpolttoaine pakataan kuljetussäiliöön sen ollessa veden alla, jolloin vallitsevat säteilytasot (enintään 0,03 mSv/h) eivät nouse pakkaamisen aikana. Pakkaamisesta ei myöskään aiheudu voimalaitoksen normaalikäytöstä poikkea- via säteily- tai päästövaikutuksia ympäristöön. Polttoaineen käsittely ja siirrot varastoaltaista kuljetussäiliöön vastaavat voimalaitoksen nykyisiä polttoaineen käsittelymenetelmiä. Polttoaineniput valitaan kuljetussäiliöön huomioiden niiden jälkilämmöntuotto, säteilyannosnopeus ja reaktiivisuus. Tällä varmistetaan sekä loppusijoituskapselien että kuljetus- säiliön lämmöntuotto ja kriittisyysturvallisuus ovat vaaditulla tasolla ja että säteilyannosnopeus säiliön ulkopuolella pysyy asetetuissa rajoissa.

Kuljetukset

Loviisan käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset Olkiluotoon kapseloitavaksi ja loppusijoitettavaksi tapahtuvat joko maantie- tai merikuljetuksena. Nykyisen käyttöluvan jälkeen alkavan käytöstäpoiston tapauksessa käytetyn ydinpolttoai- neen maantiekuljetuksia olisi 6-8 kpl vuodessa (1 kuljetussäi- liö kerrallaan) tai vaihtoehtoisesti merikuljetuksia olisi 2 kpl vuodessa (3-4 kuljetussäiliötä kerralla).

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamista säädellään tarkoin kansallisin ja kansainvälisin määräyksi- n ja sopimuk- sin. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukselle on Suomessa haettava STUKin lupa. STUK tarkastaa kuljetussuunnitelman, kuljetussäiliön rakenteen, kuljetushenkilöstön pätevyyden, turvajärjestelyt ja onnettomuuksiin varautumisen.

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetus tapahtuu valvottuna kuljetuksena, jolloin kuljetuksen mukana seuraa tarvittava saattuehenkilöstö, kuten poliisi ja STUKin valvoja. Liikenne- turvallisuuteen vaikuttavat seikat varmistetaan saattueen valvonnan avulla.

Käytetyn ydinpolttoaineen maantiekuljetuksille on olemas- sa eri reittejä Loviisasta Olkiluotoon. Niitä tullaan tarkastele- maan tarkemmin jo hyvissä ajoin ennen käytetyn ydinpoltto- aineen kuljetusten alkamista.

Käytettyä ydinpolttoainetta voidaan kuljettaa Olkiluotoon myös meriteitse. Loviisassa on mahdollista käyttää Valkon satamaa, joka sijaitsee noin 7 kilometrin päässä Loviisan ydinvoimalaitosalueesta. Suomenlahdella on tarkasteltu kahta vaihtoehtoista reittiä. Saaristomeren kautta kulkevan reitin vaihtoehtona on Ahvenanmaan kiertävä reitti. Mää- räsatamana on vaihtoehtoisesti Rauma tai Olkiluoto. Näitä vaihtoehtoja yhdistelemällä muodostuu useita tarkasteltavia laivareittejä. Myös merikuljetusvaihtoehdon reitti muodostuu liityntäliikenteen takia eri kuljetusmuotojen yhdistelmästä (maantie-meri-maantie). (Posiva Oy 2008)

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetussäiliö vaimentaa polt- toaineesta aiheutuvan säteilyn erittäin tehokkaasti. Turvalli- suusmääräysten mukaisesti kuljetussäiliöstä lähtevän säteilyn annosnopeus ei saa ylittää arvoa 0,1 mSv/h kahden metrin etäi- syydellä. Loviisan ydinvoimalaitokselta Olkiluodon loppusijoitus- laitokselle tapahtuville käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksille on laadittu kuljetusriskitarkastelu (Suolanen ym. 2004, Posiva Oy 2008). Tarkastelussa on käytetty mittaustuloksiin pohjautu- vaa todellista yhden metrin etäisyydellä kuljetussäiliön ulkopin- nasta vallitsevaa säteilyn annostasoa 0,03 mSv/h. Mittaus on tehty 3-4 vuotta jäähtyneelle käytetylle ydinpolttoaineelle, joten annosnopeus ja edelleen sen perusteella lasketut annokset ovat konservatiivisia pitkään jäähtyneen käytetyn ydinpolttoaineen osalta. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetussäiliön seinämän lävitse aiheuttama säteilynnosnopeus ympäristössä on viimeistään noin 30 metrin etäisyydellä säiliöstä samalla tasolla kuin mikä luonnossa normaalistikin esiintyy. Väestön eniten altistuvan henkilön saama säteilyannos normaalikuljetuksissa vuoden aikana oli 0,0009 mSv, kun hänen oletettiin oleskelevan

kymmenen metrin etäisyydellä säiliöstä yhteensä kaksi tuntia. (Suolanen ym. 2004, Posiva Oy 2008)

Normaalikuljetuksista (30 tU/vuosi) väestölle aiheutuva suurin kollektiivinen annos (tietyn väestöryhmän laskennallinen kokonaisannos) tarkastelluilla reiteillä oli 0,00027 manSv/vuosi, kuljetushenkilöstölle 0,0089 manSv/vuosi ja säiliöiden käsittelijöille 0,0028 manSv/vuosi. Työntekijöille aiheutuu kuljetuksista suurempi säteilyannos kuin väestölle, koska kuljetushenkilöstö ja säiliöiden käsittelijät ovat lähempänä säiliötä kuljetustoimintojen aikana. Merikuljetuksissa normaalikuljetusten aiheuttama säteilyaltistus väestölle on vieläkin vähäisempi, koska asutus sijaitsee kauempana laivaväylistä ja asukastiheys kuljetusreittien varrella on pienempi kuin maantiekuljetuksissa. (Suolanen ym. 2004, Posiva Oy 2008)

Laskentatulokset osoittavat, että väestön saama säteilyannos maantiekuljetusten yhteydessä (alle 0,001 mSv/vuosi) on huomattavasti pienempi kuin suomalaisten saama keskimääräinen vuotuinen säteilyannos (5,9 mSv). Normaalitilanteessa käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksesta ihmisille ja ympäristölle aiheutuva säteilyaltistus on hyvin pieni, eikä ylimääristä altistusta voi käytännössä erottaa ympäristön taustasäteilyn aiheuttamasta altistuksesta.

Kapselointi, loppusijoitus ja pitkäaikaisturvallisuus

Olkiluodossa käytetty ydinpolttoaine vastaanotetaan Posiva Oy:n kapselointilaitokseen, jossa käytetty ydinpolttoaine suljetaan turvallisesti loppusijoituskapseleihin. Kapselointilaitos on kytketty maanalaiseen loppusijoituslaitokseen kapselihisillä, jolla kapselit kuljetetaan alas loppusijoitustasolle, noin 430 metrin syvyyteen maanalaiselle vastaanottoasemalle. Sieltä ne siirretään siirto- ja asennusajoneuvolla loppusijoitustunneleihin.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus perustuu moniestejärjestelmään, joka on esitetty kuvassa 9-16. Radioaktiiviset aineet ovat useiden toisiaan tukevien, mutta toisistaan mahdollisimman riippumattomien vapautumisesteiden sisällä siten, että yhden vapautumisesteen pettäminen ei vaaranna eristyksen toimivuutta. Teknisiä vapautumisesteitä ovat polttoaineen olomuoto, loppusijoituskapseli, puskuribentoniitti ja tunnelien täyttö. Luonnollisena vapautumisesteenä toimii peruskallio. Loppusijoitusratkaisussa käytetty ydinpolttoaine pakataan vesitiiviisiin, kestäviin loppusijoituskapseleihin, joiden sisäosa on valurautaa ja ulkokuori kuparia. Kapselit sijoitetaan noin 430 metrin syvyydelle kallioon, jossa ne ovat erillään ihmisistä ja jossa ne säilyvät ilman huolenpitoa tiiviinä niin kauan kuin niiden sisällöstä voisi olla olennaista haittaa elolliselle luonnolle.

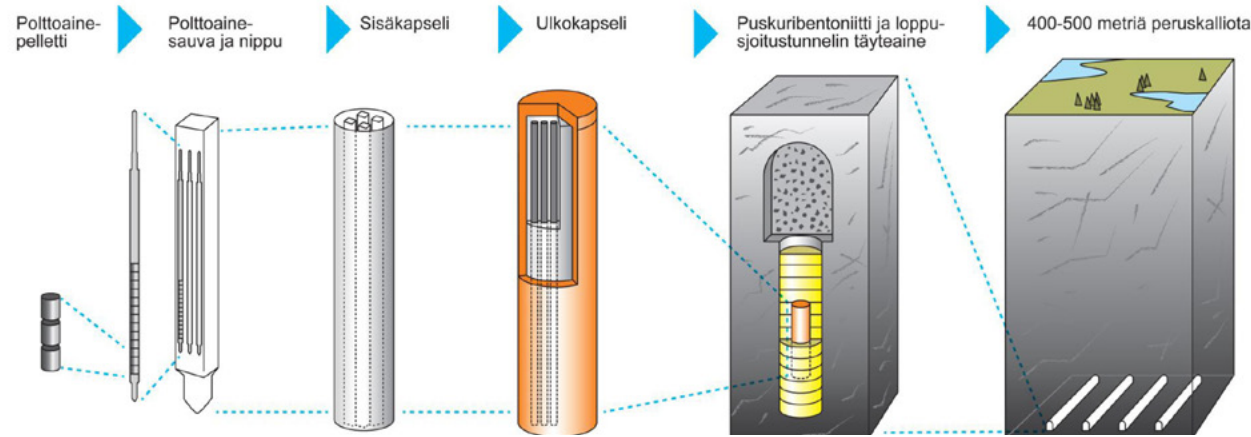
Geologisen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden suunnitteluperusteina käytetään ydin- ja säteilyturvallisuuskriteerien lisäksi arvioita erilaisista luonnossa tapahtuvista muutoksista. Pitkäaikaisturvallisuusperustelussa on esimerkiksi analysoitu, miten loppusijoitusratkaisu kestää maanjäristykset, tulevaisuuden jääkaudet aina miljoonaa vuoteen

asti sekä mannerjään aiheuttaman rasituksen. Pitkäaikaisturvallisuusperustelussa käsitellään myös loppusijoitusratkaisun käyttäytymiseen sekä erilaisten mahdollisten tapahtumien ja kehityskulkujen arviointiin liittyviä epävarmuuksia. Riskejä arvioitaessa otetaan huomioon tapahtumien todennäköisyys.

Posiva on tehnyt pitkäjänteistä työtä käytetyn polttoaineen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden arvioimiseksi jo useiden vuosikymmenten ajan. Posivan pitkäaikaisturvallisuusperustelu saa suuren osan lähtötiedoistaan loppusijoituspaikan paikankuvauksesta, joka perustuu kaikkiin niihin tutkimuksiin, joissa Olkiluodon aluetta ja kallioperää on tutkittu ydinjätteen loppusijoituksen näkökulmasta 1980-luvulta lähtien. Vuonna 2004 aloitettiin maanalaisen tutkimustilan rakentaminen, jonka myötä maanalaiset tutkimukset ovat tulleet yhä tärkeämmiksi tietolähteiksi. Lisäksi maanpäällisillä tutkimuksilla on saatu kattava kuva koko loppusijoituspaikan ominaisuuksista ja prosesseista. Paikankuvaukseen sisältyvät mm. loppusijoituspaikan geologian, hydrologian, hydrogeologian, hydrogeokemian sekä kalliomekaniikan kuvaukset mukaan lukien arviot niiden kehittymisestä tulevaisuudessa.

Posivan rakentamislupahakemusta (Posiva Oy 2012) varten laaditun pitkäaikaisturvallisuusperustelun mukaan todennäköisinä pidettävien kehityskulkujen seurauksena aiheutuvat vuotuiset säteilyannokset eniten altistuvillekin henkilöille jäävät seuraavien kymmenen tuhannen vuoden aikana selvästi alle ydinenergia-asetuksessa annetun rajan ja muiden ihmisten saamat annokset jäävät merkityksettömän pieniksi. Tämän jälkeen todennäköisinä pidettävistä kehityskuluista johtuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen arvioidaan enimmilläänkin jäävän alle tuhannesosaan STUKin asettamista enimmäisarvoista. Tämän lisäksi tyypillisten säteilyannosten perusteella arvioituna loppusijoituspaikan nykyisenkaltaisen eliöstön säteilyaltistus jää selvästi kansainvälisissä hankkeissa ehdotettua viitearvoa pienemmäksi. Aiheutuvat säteilyannokset ja radioaktiivisten aineiden vapautumisnopeudet on arvioitu ottaen huomioon mahdolliset satunnaiset poikkeamat loppusijoitusjärjestelmältä vaadituista toimintakykyvaatimuksista samoin kuin arvioinnissa käytettyjen laskentamallien ja lähtötietojen epävarmuudet. (STUK 2015)

Posiva tarkastelee käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta käyttölupahakemuksessaan. Posivan pitkäaikaisturvallisuusperustelun raporttikokonaisuudessa kuvataan mm. suunnitteluperusteet, loppusijoitusjärjestelmän alkutila, loppusijoituslaitokseen sijoitettavan matala- ja keskiaktiivisen jätteen tila, teknisten vapautumisesteiden toimintakykyanalyysi, skenaarioiden muodostaminen, radionuklidien vapautuminen ja kulkeutuminen, laskentamallit ja niiden lähtötiedot sekä täydentäviä tarkasteluja. Näiden pohjalta esitetään yhteenvedo päätuloksista ja johtopäätöksistä, arvio viranomaismääräysten täyttymisestä sekä arvio käytetyn polttoaineen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden ja turvallisuusarvioinnin luotettavuudesta.



Kuva 9-16. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen turvallisuus perustuu moniesteperiaatteeseen, jossa useat toisiaan varmentavat vapautumisesteen varmistavat pitkäaikaisturvallisuuden. Kuva: Posiva Oy

9.10.5.2 Matala- ja keskiaktiiviset jätteet

Jätehuollon toimenpiteet

Käytöstäpoistoa varten **VLJ-luolaa laajennetaan** uusilla tiloilla yhteensä 71 000 m³. VLJ-luolan laajennuksesta ei synny radioaktiivista jätettä.

Käytöstäpoistovaiheessa ydinvoimalaitoksen käyttö on päättynyt, eikä matala- ja keskiaktiivista ydinlaitosjätettä enää muodostu lisää. Käytöstäpoiston purkutoimenpiteissä (purkuvaihe 1 ja purkuvaihe 2) sen sijaan syntyy radioaktiivisia jätteitä arvion mukaan seuraavasti:

- aktivoituneet jätteet: 3 300 m³
- kontaminoituneet jätteet: 19 000 m³
- huoltojätteet ja muut tynnyreihin pakattavat jätteet: 700 m³
- kiinteytetyt nestemäiset jätteet: 2 260 m³.

Radioaktiivisten jätteiden lisäksi VLJ-luolaan voidaan sijoittaa betonimursketta täytteeksi. Betonimurske voi olla hyvin matala-aktiivista tai konventionaalista betonia tavanomaisista rakennusten purkutöistä. Jos täytemateriaalina käytetään hyvin matala-aktiivista betonia, sitä käytetään alle 50 000 m³.

Purkutoimenpiteiden ja muiden käytöstäpoiston vaiheiden toteuttamisen suunnittelussa henkilöstön säteilysuojelu otetaan erityisesti huomioon. Käytöstäpoistossa syntyvä jäte käsitellään ominaisuuksiensa mukaan omalle jäteluokalleen suunnitellun prosessin mukaisesti. Jäte pakataan tarvittaessa jätepakkausihin siten, että siitä ei irtoa radioaktiivisia aineita, ja kuljetetaan sen jälkeen VLJ-luolan käytöstäpoistojätteen loppusijoitustiloihin. Käytöstäpoistossa syntyvän matala- ja

keskiaktiivisen jätteen loppusijoitus VLJ-luolaan on pääpiirteittäin samanlaista voimalaitoksen käytön aikana syntyvän jätteen loppusijoituksen kanssa. Kuitenkin loppusijoitettavat jätteet ovat erilaisia: esimerkiksi jätepakkaukset ovat kooltaan suurempia ja osa jätteistä (suuret laitteet ja betonilohkot) loppusijoitetaan pakkaamattomina.

Nykyisen arvion mukaan käytöstäpoiston valmistelu- ja purkuvaiheiden aikana kertyvä yhteenlaskettu kollektiivinen säteilyannos on noin 10 manSv. Loppusijoitustoimenpiteiden osuus tästä on vajaa viidennes eli hiukan alle 2 manSv. Arviointiin sisältyvät kaikkien voimalaitosalueella työskentelevien Fortumin työntekijöiden sekä urakoitsijoiden säteilyannokset. Kun kollektiivinen säteilyannos jaetaan valmisteluvaiheen ja purkuvaiheen kestolla (12,5 vuotta), vuosittainen annos on samalla tasolla kuin laitoksen käynnin aikana. Käytöstäpoistotyöt suunnitellaan ja toteutetaan niin, ettei yhdenkään yksittäisen työntekijän säteilyannos ylitä käytöstäpoistolle asetettavaa tavoitteellista annosrajoitusta.

Ydinenergia-asetuksessa on asetettu väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus 0,01 mSv ydinvoimalaitoksen ja muun ydinreaktorilla varustetun ydinlaitoksen suunnitellun mukaisesta käytöstäpoistamisesta (161/1988 22 b §). Käytöstäpoistomenetelmät tullaan valitsemaan niin, että asetettavat päästörajat alitetaan, jolloin säteilyvaikutuksen voidaan arvioida olevan hyvin vähäinen.

Käytöstäpoiston purkutöistä, jätteiden pakkaamisesta, ja jätekuljetuksista voimalaitosalueen sisällä VLJ-luolaan ei aiheudu säteilyannosta voimalaitosalueen ulkopuolisille henkilöille. Kaikki matala- ja keskiaktiivinen purkujäte käsitellään ja loppusijoitetaan voimalaitosalueen sisällä, joten sitä ei kulkeudu alueen ulkopuolelle. Matala- ja keskiaktiivisten

jätteiden käsittelystä ei synny radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön normaalitoiminnassa.

Itsenäistettävien laitosisien käytöstä syntyy kiinteytettyjä nestemäisiä jätteitä 260 m³ ja huoltojätteitä 20 m³ ja ne käsitellään nykyisenkaltais in menetelmin. Itsenäistettävien laitosisien käytöstäpoistossa (purkuvaihe 2) syntyvät jätemäärät, käsittelytavat ja vaikutukset sisältyvät yllä kuvattuihin.

Ydinvoimalaitoksen käytöstä ja käytöstäpoistosta syntyvien radioaktiivisten jätteiden huollossa lähtökohtana on, että jätteet eristetään ihmisen elinympäristöstä. Kun kaikki radioaktiiviset jätteet on loppusijoitettu VLJ-luolaan, VLJ-luola suljetaan. Tällöin jätetiloja ja tunneleita täytetään kivilouheella sekä betonimurskeella ja suljetaan valamalla tunnelin ja kuilujen sekä toisaalta jätetilojen suille teräsbetonitulpat. Täyttöjen ja tulppausten tehtävänä on mm. estää tunkeutumista loppusijoitustiloihin sekä rajoittaa pohjaveden virtausta niiden läpi. Ydinjätteiden loppusijoitus suunnitellaan siten, että pitkäaikaisturvallisuuden varmistaminen ei edellytä loppusijoituspaikan valvontaa.

Pitkäaikaisturvallisuus

Ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta on arvioitu erillisen, luvussa 7 kuvatun pitkäaikaisturvallisuusperustelun avulla. Loviisan loppusijoituslaitoksen pitkäaikaisturvallisuusperustelussa (Nummi 2019) käsitellään sekä ydinlaitosjätteen että käytöstäpoistojätteen pitkäaikaisturvallisuusvaikutuksia.

Loppusijoitusjärjestelmän tulevaa kehitystä on pitkäaikaisturvallisuusperustelussa mallinnettu erilaisilla skenaarioilla, joilla katetaan vapautumisesteiden toimintaan liittyviä epävarmuuksia. YVL-ohjeen D.5 vaatimusten mukaisesti skenaariot jakautuvat perus-, muunnelma ja häiriöskenaarioihin. Analysoimalla useita skenaarioita on tarkoitus käsitellä mahdollisimman kattavasti tulevaisuuden kehityskulkujen epävarmuuksia. Skenaarioiden muodostus perustuu vapautumisesteiden toimintakyvyn ja siihen liittyvien ilmiöiden matemaattiseen mallinnukseen. Näiden pohjalta pitkäaikaisturvallisuusperustelussa on muodostettu taulukossa 9-25 kuvatut skenaariot.

Kaikkien skenaarioiden kuvaamissa tulevaisuuden kehityskuluissa on arvioitu radionuklidien vapautumista jätteestä, kulkeutumista loppusijoitustiloissa ja kallioperässä sekä lopuksi pintaympäristössä. Säteilyaltistukset eniten altistuville ihmisille on mallinnettu ottaen huomioon ravintoketjut, juomavesi, radioaktiivisten aineiden hengittäminen sekä ulkoinen säteily. Keskeisenä työkaluna epävarmuuksien vaikutusten arvioinnissa ovat olleet todennäköisyyspohjaiset laskentamenetelmät.

Pitkäaikaisturvallisuusperustelun tuloksena on saatu arviot eniten altistuville ihmisille aiheutuvista annoksista todennäköisyysjakaumineen eri skenaarioissa. Pitkäaikaisturvallisuusperustelussa on lisäksi arvioitu laajempien ihmisjoukkojen säteilyannoksia sekä radioaktiivisten aineiden päästöjä

suhteessa päästörajoituksiin. Säteilyvaikutukset alittavat asetetut raja-arvot. Eniten altistuvien ihmisten säteilyannos jää alle 0,1 mSv vuodessa ja muiden ihmisten saama keskimääräinen vuosiannos jää merkityksettömän pieniksi. Pitkäaikaisturvallisuusperustelun tulosten perusteella sekä Loviisan voimalaitoksen ydinlaitosjätteen että käytöstäpoistojätteen loppusijoitus voidaan toteuttaa turvallisesti Loviisan loppusijoituslaitokseen.

Edellä kuvatussa pitkäaikaisturvallisuusperustelussa on tarkasteltu niitä jätteitä, jotka muodostuvat voimalaitoksen nykyisen käyttöluvan aikana vuoteen 2030 mennessä sekä käytöstäpoiston aikana. Jos voimalaitoksen käyttöikää jatketaan ja kun jätteiden kertymänopeus pysyy likimain samana, kasvaa jätteiden kokonaiskertymä ja kertynyt radioaktiivisuus. Näin ollen myös loppusijoitettavan jätteen kokonaismäärä ja -radioaktiivisuus kasvavat. Loppusijoituksen sulkemisen jälkeiset ympäristövaikutukset kasvavat likimain samassa suhteessa, mutta käyttöiän mahdollisen jatkon aiheuttaman jätteiden määrän ja aktiivisuuden lisäys ei aiheuta muutoksia pitkäaikaisturvallisuusperustelun keskeisiin johtopäätöksiin.

9.10.5.3 Valvonnasta vapautettavat ja konventionaaliset jätteet

VLJ-luolan louhintavaiheessa voimalaitos on vielä sähköntuotannossa, joten konventionaalisia jätteitä muodostuu kuten nykyisin eikä VLJ-luolan laajennus tuo siihen merkittävää muutosta. VLJ-luolan louhinnasta syntyvän louheen käsittelyä ja sen vaikutuksia on kuvattu tarkemmin luvussa 9.9. luonnonvarojen hyödyntäminen.

Käytöstäpoiston aikana syntyvien konventionaalisten jätteiden määrä kasvaa nykyiseen toimintaan verrattuna merkittävästi purkutoimintojen takia. Purkuvaiheen 1 ja 2 aikana tehtävien purkutoimien yhteydessä syntyy jatkuvasti huoltojätettä, josta suurin osa vapautetaan valvonnasta. Purkuvaiheen 1 aikana valvonnasta vapautettavaa huoltojätettä muodostuu arviolta noin 2 400 m³. Purkuvaiheelle 2 arviota syntyvän huoltojätteen määrästä ei vielä ole. Radioaktiivisten osien purkamisen yhteydessä muodostuu todennäköisesti myös pieniä määriä sellaista purkujätettä, joka voidaan vapauttaa valvonnasta. Kaikkien jätemateriaalien osalta, joissa on syytä epäillä radioaktiivista kontaminaatiota, tehdään tarvittavat tutkimukset ennen valvonnasta vapauttamista.

Käytöstäpoiston purkutöiden jälkeen rakennuksille tehdään pintakontaminaatio- ja aktiivisuuskartoitukset. Mittaus-ten perusteella tehdään tarvittavat lisäpurkutoimenpiteet tai dekontaminoinnit ja kun vapauttamisrajat alitetaan, rakennukset voidaan vapauttaa valvonnasta, eikä niissä tarvita erityisjärjestelyjä säteilyltä suojautumiseksi. Valvonnasta vapauttamisen jälkeen rakennuksille pyritään etsimään hyötykäyttöä brownfield-periaatteen mukaisesti tai ne puretaan greenfield-periaatteen mukaisesti.

Taulukko 9-25. Skenaarioiden kuvaukset ja luokittelu perusskenaarioon, muunnelmaskenaarioihin ja häiriöskenaarioon.

Skenaarioiden kuvaukset (skenaarion nimi lihavoituna)
Perusskenaariossa vapautumisesteiden oletetaan toimivan siten kuin ne on suunniteltu. Betonitulpat, joilla tilat suljetaan, rajoittavat pohjaveden virtausta kymmenien tuhansien vuosien ajan. Betoniset vapautumisesteet ja betoniastiat rajoittavat tehokkaasti radionuklidien kulkeutumista. Jätepakkauksina käytettävät reaktoripainesäiliöt ja höyrystimet säilyvät ehjinä kymmenien tuhansien vuosien ajan.
Muunnelmaskenaariossa kiihdytetty betonin rapautuminen oletetaan, etteivät betonitulpat rajoita pohjaveden virtausta. Lisäksi oletetaan läpimeneviä halkeamia betoniin vapautumisesteisiin, sekä reaktoripainesäiliöiden tiiveyden menettäminen nopeammin kuin perusskenaariossa.
Muunnelmaskenaariossa hitsien alkuvika oletetaan reaktoripainesäiliöihin ja höyrystimiin jäävän niitä suljettaessa sellainen epätiiveys, että radioaktiiviset aineet voivat alkaa vapautua niiden sisältä jo heti sulkemisen jälkeen.
Häiriöskenaariossa suuri maanjäristys tarkastellaan mahdollista betonitulppien, betonisten vapautumisesteiden ja betoniastioiden yhtäkkistä mekaanista hajoamista, mikä lisää pohjaveden virtausta loppusijoitustilojen ja betonisten vapautumisesteiden läpi ja siten nopeuttaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. Tämänkaltaiset maanjäristykset aiheutuvat yleensä jäätiköiden vetäytymisen yhteydessä, mutta niitä ei voida poissulkea muinakaan aikoina, joskin niiden taajuus on luokkaa kerran miljoonassa vuodessa.

Jos käytöstäpoisto suoritetaan greenfield-periaatteen mukaan, valtaosa kaikesta konventionaalisesta jätteestä muodostuu rakennuksien purkamisen yhteydessä. Näin ollen voimalaitosalueen jatkokäytöllä on suuri vaikutus syntyvän konventionaalisen jätteen määrään. Jos olemassa olevat valvonnasta vapautetut rakennukset jätetään purkamatta, vältytään säilytettävien rakennusten osalta jätteenkäsitteilyltä, jätteenkuljetuksilta sekä mahdollisilta materiaaleista liukenevilta tai pölyäviltä aineilta. Jos kaikki voimalaitoksen toimintoihin liittyvät rakennukset puretaan, syntyy merkittävästi enemmän purkujätettä. Jos päädytään greenfield-vaihtoehtoon, jossa kaikki rakennukset puretaan, niin rakennuksien purkamisesta syntyvää betonia arvioidaan kertyvän yhteensä enimmillään noin 355 000 tonnia. Kierrätyskelpoista metallia (teräs, ruostumaton teräs ja kupari) arvioidaan syntyvän enimmillään noin 41 000 tonnia. Vaarallisia jätteitä syntyy nykyisen arvion mukaan enimmillään noin 42 000 tonnia. Lisäksi voi syntyä myös muuta konventionaalista purkumateriaalia. Alustavasti on arvioitu, että 90 % konventionaalisista purkumateriaaleista saadaan hyödynnettyä.

Alueen jatkokäyttöä varten alueella voitaisiin hyödyntää esimerkiksi purkamisesta syntyvää konventionaalista betonijätettä murskaamalla se betonimurskeeksi ja käyttämällä maarakentamisessa. Maarakentamisessa tulee huomioida MARA-asetuksen (VNA 843/2017) säännökset, jotta varmistutaan, ettei materiaalista liukene maaperään

haitallisia määriä haitta-aineita. Jos syntyviä betonijätteitä ei voida hyödyntää alueella, on materiaali kuljetettava hyödynnettäväksi toisiin rakennuskohteisiin. Tällaisia kohteita ovat muun muassa erilaiset tie- ja kenttärakenteet, joihin betonimurske soveltuu teknisesti hyvin samalla korvaten neitseellisten kallio- ja soramurskeiden käyttöä. Mikäli tutkitut betonijätteet ylittävät MARA-asetuksen raja-arvot haitallisten aineiden liukoisuuksien ja kokonaispitoisuuksien osalta, ohjataan betonijätteet sellaiselle jätteenkäsittelijälle, jolla on lupa ottaa kyseistä jätettä vastaan. Tällöin betonijätteet sijoitettaisiin todennäköisesti kaatopaikalle. Verraten muihin vastaavana aikana rakennettuihin teollisuuslaitoksiin, voidaan kuitenkin pitää todennäköisempänä, että suuri osa betonijätteestä on hyödyntämiskelpoista. Konventionaalisen betonijätteen lisäksi purkutoimista muodostuu myös enintään 50 000 m³ hyvin matala-aktiivista betonijätettä, jota ei välttämättä voida vapauttaa valvonnasta, mutta sitä voitaisiin hyödyntää mahdollisuuksien mukaan VLJ-luolan sulkemisvaiheessa täyttömateriaalina kivilouheen ohella. Betonin käyttö täyttömateriaalina nostaa luolassa olevan veden pH:ta ja hidastaa näin korroosiota, mikä osaltaan parantaa loppusijoitustilojen pitkäaikaisturvallisuutta. Purkamisen yhteydessä syntyvä metallijäte ohjataan metallinkierrätykseen. Konventionaalisesta metallijätteestä

pystytään kierrättämään käytännössä 100 % uuden metallin valmistuksessa. Muut purkamisessa syntyvät tavanomaiset jätteet ohjataan mahdollisuuksien mukaan materiaalikierrätykseen. Tällaisia materiaaleja ovat muun muassa muov- ja kipsijätteet, ikkunalasit ja asfaltti. Kierrättämällä materiaalit käytettäväksi uusien tuotteiden valmistukseen vähennetään neitseellisten raaka-aineiden käyttöä. Osa purkumateriaaleista hyödynnetään lähtökohtaisesti energiana laitoksessa, jolla on lupa kyseistä jätettä polttaa. Energiana hyödynnettäviä materiaaleja ovat esimerkiksi puujätteet (pois lukien kyllästetty puu).

Purkamisen yhteydessä joudutaan kaivamaan maa-aineksia. Mikäli maa-ainekset ovat pilaantuneita VNa 214/2007 (valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista) mukaisesti, joudutaan maa-ainekset joko käsittelemään alueella tai kuljettamaan pois jätteenkäsittelijälle, jolla on lupa kyseistä maa-ainesta ottaa vastaan. Maa-ainesten pilaantuneisuus arvioidaan purkamisen yhteydessä erillisen suunnitelman mukaisesti.

Tyypillisiä vaarallisia aineita tämän ikäkauden rakennusmateriaaleissa, koneissa ja laitteissa ovat:

- asbesti
- PAH-yhdistepitoiset materiaalit (esim. vedeneristeet)
- PCB-pitoiset materiaalit (esim. hydrauliset nesteet, voiteluaineet, lämmönsiirtimien öljyt)
- raskasmetallipitoiset materiaalit
- CCA- ja kloorifenoli (kyllästetty puu)
- sähkö- ja elektroniikkaromu (SER-jäte)
- kondensaattori- ja hydraulikkaöljyt
- muut öljyiset jätteet.

Purkamisessa syntyvän vaarallisten jätteiden käsittelystä, varastoinnista ja kuljetuksesta tulee huolehtia säännösten mukaisesti. Vaarallisia jätteitä voidaan kierrättää materiaalina, hyödyntää energiana sekä hävittää polttamalla tai loppusijoittamalla. Osasta vaarallisista jätteistä voidaan jalostaa raaka-aineita teollisuudelle.

Konventionaalisille jätteille laaditaan käytöstäpoiston jätehuoltosuunnitelma, jonka mukaisesti jätteet käsitellään ja välivarastoidaan voimalaitosalueella siten, ettei niistä aiheudu ympäristövaikutuksia. Välillisiä ympäristövaikutuksia syntyy jätteiden kuljetuksista sekä jätteiden jatkokäsittelystä vastaavien toimijoiden prosesseista.

9.10.5.4 Muutoksen suuruuden yhteenveto

Matala- ja keskiaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen käsittelystä voimalaitosalueella ei aiheudu normaalitoiminnassa raja-arvojen ylityksiä, kun otetaan huomioon olemassa olevat ja suunnitellut käsittely- sekä toimintatavat. Myös käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksesta ihmisille ja ympäristölle

aiheutuva säteilyaltistus on normaalitilanteessa hyvin pieni, eikä näin ollen ylimääraistä altistusta voi käytännössä erottaa ympäristön taustasäteilyn aiheuttamasta altistuksesta. Kokonaisuudessaan ympäristövaikutuksien muutoksen suuruuden matala- ja keskiaktiivisen jätteen käsittelyn sekä käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset huomioon ottaen arvioidaan olevan enimmillään *vähäinen kielteinen*.

Kun konventionaaliset jätteet käsitellään ja varastoidaan voimalaitosalueella asianmukaisesti, ei niistä aiheudu ympäristövaikutuksia. Välillisiä ympäristövaikutuksia syntyy jätteen kuljetuksista sekä jätteiden jatkokäsittelystä vastaavien toimijoiden prosesseista. Muutoksen suuruuden arvioidaan olevan *vähäinen kielteinen*.

9.10.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Koska Loviisan voimalaitoksella on jo olemassa radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn sekä loppusijoittamiseen soveltuvat toiminnot ja tilat, olisi luontevaa sekä työ- ja elinkeinoministeriön asettaman kansallisen ydinjätehuollon yhteistyöryhmän (TEM 2019) suositusten mukaista, että nämä olisivat käytettävissä osana yhteiskunnallista kokonaisratkaisua.

Loviisan voimalaitokselle sijoitettavan muualla Suomessa muodostuneen jätteen määrän on arvioitu olevan korkeintaan 2 000 m³. Loviisan voimalaitokselta syntyvän oman radioaktiivisen jätteen kokonaismäärä on enintään suuruusluokkaa 100 000 m³, joten muualla Suomessa muodostuneen jätteen määrä on tähän verrattuna pieni (n. 2 %).

Pääsääntöisesti muualla Suomessa muodostunut jäte pakataan loppusijoitukseen soveltuvalla tavalla jo jätteen syntypaikassa, mutta on myös mahdollista, että Loviisan voimalaitoksen jätteenkäsittelyjärjestelmiä (esim. nestemäisen jätteen kiinteytys) käytetään jätteen käsittelyyn. Lähtökohteisesti muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen käsittelyssä ja loppusijoituksessa noudatetaan Loviisan voimalaitoksen vakiintuneita käytäntöjä, menettelyitä ja ohjeistusta.

Muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen tulee täyttää Loviisan voimalaitoksen asettamat jätteiden hyväksymiskriteerit, jotta se soveltuisi loppusijoitettavaksi VLJ-luolaan. Vastaanotettavien jätteiden laatu ja määrä huomioidaan VLJ-luolan laajenuksessa ja pitkäaikaisturvallisuusperustelussa. Muualla Suomessa muodostuneesta radioaktiivisesta jätteestä henkilökunnalle aiheutuvien säteilyannoksien arvioidaan jäävän hyvin pieniksi.

Muualla Suomessa muodostuneista radioaktiivisista jätteistä voi aiheutua enimmillään noin 10 kuljetusta vuodessa. Kuljetukset toteutetaan käyttötarkoitukseen soveltuvalla ajoneuvolla. Radioaktiivisten aineiden kuljetuksia koskee laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 719/1994 (VAK-laki) sekä

sen nojalla annetut säädökset. Näissä säädetään mm.

- kuljetuspakkauksista
- kuljetuksen suorittajan asiantuntemuksesta
- turvallisuusohjeista
- ajoneuvon merkitsemisestä
- turvavarusteista ja valvonnasta.

Näiden säädösten mukaan kuljetuksen toteutuksen yksityiskohtaiset vaatimukset riippuvat mm. kuljetettavista radionuklideista ja niiden radioaktiivisuudesta.

Radioaktiivisten aineiden kuljetuksia säätelevät mm. laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (VAK-laki, 719/1994) ja säteilylaki (859/2018). Yksinomaan maantieliikenteessä kuljetetaan vuosittain yli 13 miljoonaa tonnia vaarallisia aineita (Strömmer 2019). Vuonna 2017 vaarallisten aineiden kokonaiskuljetussuorite (kuljetettavan materiaalin massan ja kuljetusmatkan tulo) tiekuljetuksissa oli 1773 miljoonaa tonnikilometriä ja valtaosan vaarallisten aineiden kuljetuksista muodostavat palavat nesteet ja syövyttävät aineet (Strömmer 2019). Radioaktiivisten aineiden kuljetukset muodostavat pienen osan vaarallisten aineiden kuljetuksista. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaiseman VAK-strategian mukaan radioaktiivisia aineita kuljetetaan noin 20 000 kolia vuodessa (Liikenne ja viestintäministeriö 2012). Vaarallisten aineiden kuljetusten yleinen valvonta kuuluu pääsääntöisesti poliisille ja Liikenne- ja viestintävirastolle (Traficom), joiden kanssa STUK toimii yhteistyössä. STUK on toimivaltainen viranomainen esim. radioaktiivisen aineen luokittelun, kollien ja erityisjärjestelyjen hyväksyntöjen suhteen (STUK 2012).

Suomessa Loviisan ydinvoimalaitoksen ulkopuolella syntyvät radioaktiivisilla jätteet, joita mahdollisesti kuljetetaan Loviisan voimalaitokselle tai VLJ-luolaan ovat pääsääntöisesti kiinteässä muodossa, eivätkä pala herkästi tai voi esimerkiksi räjähtää. Kuljetusmääräyksissä säädellään ajoneuvon säteilysuojausta niin, että ulkoinen säteily ei aiheuta haittaa kuljetuksen läheisyydessä. Kun lisäksi verrataan Loviisan voimalaitokselle suuntautuvien, muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten aineiden kuljetusmääriä (enimmillään n. 10 kuljetusta vuodessa) em. vaarallisten aineiden kuljetusmääriin Suomen tiestöllä, voidaan todeta lisäyksen olevan merkityksetön.

Muualla syntynyt jäte joko loppusijoitetaan VLJ-luolaan heti sen saavuttua Loviisaan tai sitä mahdollisesti välivarastoidaan ennen loppusijoitusta voimalaitoksen tai VLJ-luolan tiloissa. Välivarastointi voi tulla kyseeseen esimerkiksi silloin, jos jäte on tarkoituksenmukaista sijoittaa Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoistojätteen loppusijoitustiloihin. Näistä toimenpiteistä aiheutuvat säteilyvaikutukset ovat jätteen pienen määrän takia vain murto-osa ydinlaitosjätteiden jo sinänsä pienestä säteilyvaikutuksesta. Loppusijoitus toteutetaan niin, että kokonaisuudessaan aiheutuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ja niistä aiheutuvat ympäristön väestön säteilyan-

notukset jäävät sekä laitoksen käytön aikana että loppusijoitustilojen sulkemisen jälkeen ydinenergia-asetuksen mukaisten raja-arvojen alapuolelle.

VTT:n FiR 1 -tutkimusreaktorin purkujäte poikkeaa Loviisan ydinvoimalaitoksen omasta käytöstäpoistojätteestä erityisesti sen sisältämien alumiinin ja grafiitin osalta, millä voi olla merkitystä lähinnä jätteen loppusijoitusolosuhteissa. Alumiinin periaatteellinen turvallisuusmerkitys on korroosioriski loppusijoitustilan mahdollisissa muissa metallipakkauksissa ja siihen liittyvä kaasunkehitys. Grafiitin erityispiirre puolestaan on sen sisältämä C-14-radionuklidi ja sen kemiallinen käyttäytyminen ja olomuoto loppusijoitusolosuhteissa. Nämä kysymykset otetaan huomioon loppusijoituksen yksityiskohtaisessa suunnittelussa varmistaen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus.

FiR 1 -tutkimusreaktorin ja VTT:n tutkimuslaboratorion (Otakaari 3) käytöstäpoistojätteiden pitkäaikaisturvallisuusvaikutuksia on tarkasteltu erillisessä turvallisuusanalyysissa. Sen mukaan näiden jätteiden säteilyannosvaikutukset ovat selvästi pienemmät kuin Loviisan voimalaitoksen oman jätteen. Muiden radioaktiivisten jätteiden loppusijoitusta arvioidaan tapauskohtaisesti, mutta niiden osalta voidaan myös todeta säteilyannosvaikutuksien olevan selvästi pienempiä kuin Loviisan voimalaitoksen oman jätteen.

Kaikkien muualla Suomessa muodostuneiden jätteiden loppusijoitus VLJ-luolaan suunnitellaan ja toteutetaan siten, että niiden vaikutus pitkäaikaisturvallisuuteen on vähäinen suhteessa Loviisan voimalaitokselta peräisin oleviin jätteisiin ja että pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset täytetään. Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden pitkäaikaisturvallisuusvaikutukset varmistetaan tarvittaessa erillisin selvityksin.

Kokonaisuudessaan muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen vastaanotolla, käsittelyllä ja loppusijoituksella arvioidaan olevan Loviisan voimalaitosalueella vain vähäinen vaikutus, sillä jätteen määrä on Loviisan voimalaitoksen omaan jätemäärään verrattuna hyvin pieni (enintään 2 % tilavuudesta). Muutoksen suuruuden arvioidaan olevan enimmillään *vähäinen kielteinen* Loviisan voimalaitosalueella.

Koska Loviisan voimalaitoksella on olemassa hyvät edellytykset radioaktiivisen jätteen huoltoon, jätteiden vastaanottaminen Loviisan voimalaitokselle tukee muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen turvallista jätehuoltoa. Tämä vastaa TEMin asettaman kansallisen ydinjätehuollon yhteistyöryhmän (TEM 2019) suosituksia. Suomen tasolla jätteen vastaanotolla arvioidaan olevan *kohtalainen myönteinen* vaikutus, kun eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille tarjotaan turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu.

9.10.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-26 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaiku-
tuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella
(luku 9.1.4).

9.10.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Radioaktiivisten jätteiden osalta haitallisia vaikutuksia
voidaan lieventää kuten nykyisessä toiminnassa, esimerkiksi
minimoimalla jätemäärää, tarkoituksenmukaisilla säteily-
suojelutoimenpiteillä sekä oikeilla käsittely- ja loppusijoi-
tusmenetelmillä. Lisäksi pitkäaikaisturvallisuusperustelun ja

Taulukko 9-26. Vaikutusten merkittävyys: jätteet ja niiden käsittely.

Vaikutusten merkittävyys: jätteet ja niiden käsittely			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen , koska lisäkäyttövuosien myötä käsiteltävä käytetyn ydinpolttoaineen ja matala- ja keskiaktiivisen jätteen määrä kasvaa ja jätehuoltotoimenpiteistä aiheutuva säteilyaltistus käsittelyhenkilökunnalle jatkuu. Jätteen kokonaismäärän kasvu ei kuitenkaan merkittävästi lisää henkilökunnan säteilyannoksia nykyiseen toimintaan verrattuna. Koko ydinvoimalaitoksen normaalikäytöstä, sisältäen käytetyn ydinpolttoaineen sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen jätehuollon eri vaiheet, väestön yksilölle aiheutuvan vuosiannoksen raja-arvo on 0,1 mSv. Normaalityönnassa jätehuoltotoimenpiteistä syntyvät vaikutukset ovat erittäin vähäisiä eikä lakisääteisiä raja-arvoja ylitetä.
Käytöstäpoisto	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen , koska purkutöistä ja jätteen käsittelystä ja loppusijoituksesta aiheutuu henkilökunnalle vähäistä säteilyaltistusta. Käytöstäpoiston aikana kertyvä yhteenlaskettu henkilöstön kollektiivinen säteilyannos on arviolta noin 10 manSv. Loppusijoitustoimenpiteiden osuus tästä on vajaa viidennes eli hiukan alle 2 manSv. Vuosittainen kollektiivinen säteilyannos on samaa luokkaa kuin laitoksen nykyisessä toiminnassa. Yhdenkään yksittäisen työntekijän säteilyannos ei ylitä voimalaitoksen tavoitteellista annosrajoitusta, joka asetetaan lakisääteisen raja-arvon alapuolelle. Käytöstäpoistomenetelmät tullaan valitsemaan siten ettei ydinenergia-asetuksessa käytöstäpoistolle asetettua väestön yksilön vuosiannosrajoitusta 0,01 mSv ylitetä, jolloin säteilyvaikutukset ovat hyvin vähäisiä. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksesta ihmisille ja ympäristölle aiheutuva säteilyaltistus on hyvin pieni, eikä ylimääräistä altistusta voi käytännössä erottaa ympäristön taustasäteilyn aiheuttamasta altistuksesta. Pitkäaikaisturvallisuusperustelun mukaan VLJ-luolan olemassa olevat osat ja laajennus täyttävät pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset. Kun VLJ-luola on suljettu eniten altistuvien ihmisten säteilyannos jää alle 0,1 mSv vuodessa.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet: Loviisa	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen , koska muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen määrä on vähäinen verrattuna Loviisan voimalaitoksen radioaktiivisten jätteiden määrään ja niiden käsittelyn ja loppusijoituksen vaikutukset henkilöstön ja ympäristön väestön säteilyannoksiin ovat vähäisiä suhteessa Loviisan voimalaitokselta peräisin oleviin jätteisiin.
Muulla Suomessa radioaktiiviset jätteet: koko Suomi	Kohtalainen	Kohtalainen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen myönteinen , koska eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille tarjotaan turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu koko Suomen tasolla. Loviisan voimalaitoksen olemassa olevat radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn sekä loppusijoittamiseen soveltuvien toimintojen ja tilojen käyttö tukisi yhteiskunnallista kokonaisratkaisua ja turvallisen jätehuollon kehittämistä Suomen tasolla.

-mallinnuksien avulla on tarkoitus arvioida loppusijoituksen
turvallisuutta jatkossakin sekä suunnitella esim. tulevien
jätteiden käsittely- ja pakkaustapaa pitkäaikaisturvallisuuden
kannalta myönteisesti. Radioaktiivisten jätteiden käsittely ja
loppusijoitus toteutetaan ydinenergialain (990/1987) ja sen
nojjalla annettujen säädösten mukaan.
Kaikki konventionaaliset jätteet käsitellään voimassa ole-
van lainsäädännön mukaisesti ja suunnitellusti. Tällöin jäte-
materiaaleista ei aiheudu haittaa eikä vaaraa ympäristölle tai
ihmisille. Konventionaalisten jätteiden osalta jättemateriaalit
ohjataan jätteenkäsittelijöille, joilla on lupa käsitellä kyseisiä
jätteitä. Tällöin jätehuoltotoimijat vastaavat, että haitalliset
vaikutukset ovat mahdollisimman vähäiset.

9.10.9 Epävarmuustekijät

Vaikutusten arviointiin liittyy epävarmuutta käytöstäpoiston
osalta. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistosuunni-
telmat ovat joiltakin osin alustavia ja esimerkiksi jätemäärät
tarkentuvat vasta myöhemmissä vaiheissa.
Muualla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen
vastaanottamiseen liittyy myös epävarmuutta, ja niiden vaiku-
tuksia tullaan arvioimaan tarkemmin tapauskohtaisesti myö-
hemmin toteutettavassa yksityiskohtaisessa suunnittelussa.
Pitkäaikaisturvallisuuden arvioinnissa tarkastellaan hyvin
pitkää aikaväliä, jolloin siihen luonnollisesti sisältyy epävar-
muuksia. Pitkäaikaisturvallisuusperustelua ja -mallinnusta
tarkennetaan loppusijoituslaitoksen elinkaaren eri vaiheissa
aina loppusijoituslaitoksen sulkemiseen saakka. Lisäksi kiin-
teänä osana tätä työtä on hyvin pitkän aikavälin kehityskul-
ujen epävarmuuksien ja vaikutusten arviointi.

9.11 ENERGIAMARKKINAT JA HUOLTOVARMUUS

9.11.1 Arvioinnin päätulokset

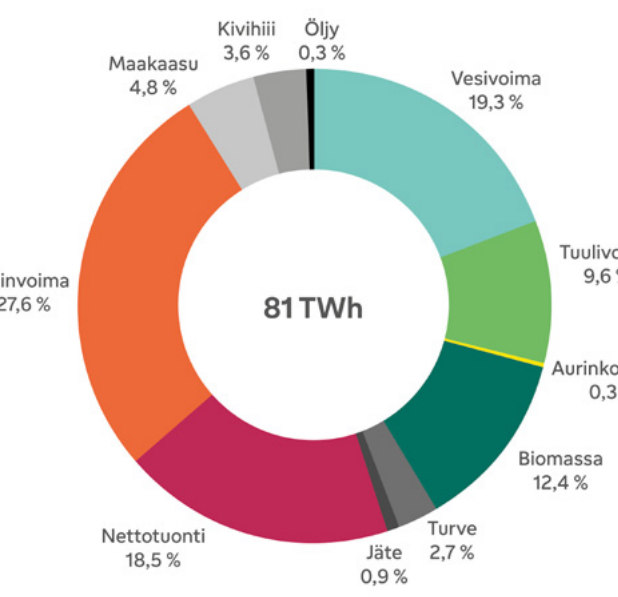
Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Suomen energijärjestelmän huoltovarmuutta ja vähentää sähkön tuontitarvetta sähkön käytön kasvaessa tulevaisuudessa. Ydinvoimalaitokset myös mahdollistavat sähkön vientiä korvaamaan fossiilista sähköntuotantoa muualla. Käytön jatkamisen vaikutusten merkittävyys on suuri myönteinen.

Voimalaitoksen käytöstäpoisto merkitsisi korvaavan hiilidioksidipäästöttömän sähkön hankintatarvetta Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi. Tämä aiheuttaisi mm. uuden sähköntuotantokapasiteetin rakentamista Suomeen sekä lisääntyvää sähkön tuontia. Lisäksi sähkön vientimahdollisuudet Suomesta pienenisivät. Vaikutusten merkittävyyden arvioidaan olevan suuri kielteinen.

Muualla muodostuneilla radioaktiivisilla jätteillä ei ole vaikutusta energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen.

9.11.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Vaikutuksia energiamarkkinoille ja huoltovarmuuteen on
arvioitu Suomen ja Pohjoismaiden sähkömarkkinoiden
tilastotietojen sekä ennusteiden ja selvitysten pohjalta
ottaen huomioon Suomen tavoitteen hiilineutraalisuudesta
vuoteen 2035 mennessä. Käytetyn lähtötiedot on esitetty
seuraavissa luvuissa tarkemmin.



Kuva 9-17. Sähköntuotanto energialähteittäin ja nettotuonti vuonna 2020 (Energiateollisuus ry 2021).

9.11.3 Nykytila

Loviisan voimalaitoksen sähköntuotanto vuonna 2020 oli 7,8
TWh (Fortum Power and Heat Oy 2021). Loviisan voimalaitos
tuottaa sähköä Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan käsittä-
ville pohjoismaisille sähkön tukkumarkkinoille. Vuonna 2020
sähkön nettotuotanto pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla oli
yhteensä 402 TWh ja sähkön kulutus 378 TWh (Nord Pool
2021). Pohjoismaisilta markkinoilta käydään lisäksi sähkö-
kauppaa muiden markkina-alueiden kanssa.
Suomen sähköntuotanto vuonna 2020 oli 65,9 TWh ja
kokonaiskulutus 80,9 TWh. Suomen sähkönvaihto muiden
Pohjoismaiden kanssa oli 18,7 TWh nettotuontia. Lisäksi
Suomeen tuotiin 2,8 TWh sähköä Venäjältä ja lisäksi sähkön
nettovientiä Viroon oli 6,6 TWh. (Energiateollisuus ry 2021)
Sähkön tuotanto energialähteittäin ja nettotuonti vuonna
2020 on esitetty kuvassa 9-17. Suomi on sähkön huippu-
kulutustilanteissa tuontiriippuvainen, esimerkiksi kylmänä
talvipäivänä talvella 2020/2021 oli suurin arvioitu tuontitarve
noin 4 300 MW. Siirtoyhteyksillä tuontikapasiteettia naapuri-
maista Suomeen on yhteensä noin 5 100 MW. (Energiavirasto
2021)

Taulukko 9-27. Vaikutuskohteen herkkyyks: energiamarkkinat ja huoltovarmuus.

Vaikutuskohteen herkkyyks: energiamarkkinat ja huoltovarmuus	
Vaikutuskohteen herkkyystaso määräytyy Suomen energiamarkkinoiden ja huoltovarmuuden tämänhetkisen tilanteen perusteella, johon vaikuttaa mm. sähkön tuotantokapasiteetti, sähkönkulutus sekä sähkön tuonti ja vienti.	
Kohtalainen	Suomen sähköntuotanto vuonna 2020 oli 65,9 TWh ja kokonaiskulutus 80,9 TWh. Suomi on sähkön huippukulutustilanteissa tuontiriippuvainen suurimman talvelle 2020/2021 arvioidun tuontitarpeen ollessa kylmänä talvipäivänä noin 4 300 MW.

Taulukossa 9-27 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyks sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

9.11.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkamisen tapauksessa sähköntuotanto jatkuu Loviisassa noin 20 vuotta, jolloin Loviisan ydinvoimalaitoksen sähköntuotanto säilyy nykyisellä tasolla.

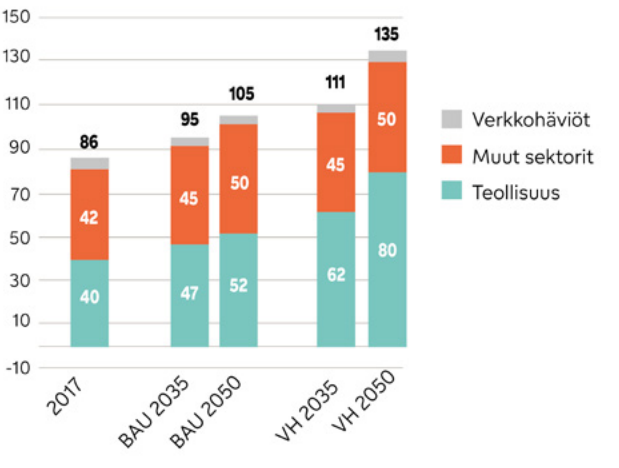
Suomessa nykyisen hallitusohjelman tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalisuus vuonna 2035 ja hiilinegatiivisuus nopeasti sen jälkeen (Valtioneuvosto 2021). Sähköllä korvataan hiilidioksidipäästöjä aiheuttavaa fossiilisten poltto- ja raaka-aineiden käyttöä teollisuudessa, liikenteessä sekä lämmityksessä. Samalla saadaan parannettua energiatehokkuutta sähköisten prosessien hyvän hyötysuhteen ansiosta. Sähkön suoran loppukäytön ohella sähköä voidaan käyttää myös synteettisten polttoaineiden ja teollisuuden raaka-aineiden valmistukseen ns. Power-to-X -tekniikalla tuottamalla vedestä vetyä elektrolyysin avulla. Näistä syistä johtuen sähkönkulutuksen arvioidaan kasvavan tulevaisuudessa selvästi sekä Suomessa että muissa Pohjoismaissa. TEMin julkaisemien vähähiilitiekarttojen mukaan Suomen ilmastotavoitteet voisivat tarkoittaa 100 % kasvua teollisuuden sähkönkulutuksessa ja yli 50 %:n kasvua Suomen sähkönkulutuksessa vuoteen 2050 mennessä (TEM 2020a, Kuva 9-18).

Pohjoismaisen sähkönkulutuksen arvioidaan myös kasvavan merkittävästi. Eurooppalaisten kantaverkkoyhtiöiden laatimissa skenaarioissa Pohjoismaiden sähkönkulutus olisi vuonna 2030 välillä 436–472 TWh ja vuonna 2040 välillä 468–558 TWh (ENTSO-E & ENTSG 2020).

Suomen sähköntuotannon huoltovarmuuden kannalta ydinvoimalla on keskeinen merkitys sääriippumattomasti käytettävissä olevan sähköntuotannon sekä ydinvoimalaitoksilla olevien polttoainevarastojen pohjalta. Tämä merkitys on edelleen korostumassa hiilivoimalaitosten poistuessa käytöstä hiilen energiakäytön ollessa kiellettyä toukokuusta 2029 alkaen sekä myös turpeen energiakäytön ja turvevarastojen pienentyessä ilmastotavoitteiden pohjalta.

Vesivoiman lisäämismahdollisuudet ovat Suomessa pieniä eikä puupolttoaineita ole Suomessa saatavissa voimalaitoskäyttöön merkittävästi nykyistä enempää. Tuuli- ja aurinkovoiman tuotanto kasvaa, mutta niiden rajoitteina ovat sääriippuvuus ja aurinkovoiman pieni tuotanto talviaikana. Sähkön käytön kasvaessa sekä nykyiset että uudet ydinvoimalaitokset tukevat Suomen energiajärjestelmän huoltovarmuutta ja vähentävät sähkön tuontitarvetta. Samalla ydinvoimalaitokset mahdollistavat myös sähkön vientiä korvaamaan fossiilista sähköntuotantoa ja siitä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä etenkin Baltian maissa ja Puolassa. Kun päästövähennystavoitteet nostavat päästökaupan kautta fossiilisen sähköntuotannon kustannuksia, Suomen lisääntyvä ydin- ja tuulivoimakapasiteetti antaa yhdessä pohjoismaisen joustavan vesivoimakapasiteetin kanssa edellytykset sekä lisääntyvälle sähkön käytölle Suomessa että sähkön viennille.

Näiden perusteella Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen muutoksen suuruuden voidaan arvioida olevan *suuri myönteinen*.



Kuva 9-18. Teollisuuden ja muiden sektoreiden sähkönkysyntä energiateollisuuden tiekartan taustaselvityksen skenaarioissa (TEM 2020a).

9.11.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Vaikutukset käytöstäpoistossa syntyvät, kun ydinenergialla tuotettu sähkö tulee korvata lisäämällä sähkön tuotantoa tai tuontia.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto merkitsisi korvaavan hiilidioksidipäästöttömän sähkön hankintatarvetta Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi. Tämä aiheuttaisi lisäkustannuksia ja ympäristövaikutuksia, uuden kapasiteetin rakentamista Suomeen sekä lisääntyvää sähkön tuontia. Sähkön tuonti lisääntyisi Pohjoismaiden ja Baltian ohella todennäköisesti myös Venäjältä, jossa sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjä ei ole vielä päätetty rajoittaa.

Fossiilisten polttoaineiden käyttö saattaisi lisääntyä myös Suomessa, mikä vaatisi säninvestointeja hiilidioksidin talteenottoon. Lisäksi sähkön vientimahdollisuudet Suomesta pienenisivät, mikä vähentäisi vientituloja ja vaikeuttaisi fossiilisen sähköntuotannon vähentämistä etenkin Baltian maissa ja Puolassa. Myös koko EU:n tasolla ydinvoiman tuotannon väheneminen aiheuttaisi lisäkustannuksia EU:n päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi.

Loviisan voimalaitos sijaitsee Suomen sähköverkon kannalta edullisesti Uudellamaalla eteläisessä Suomessa, joka on sähkötaseeltaan vajaatuotantoaluetta. Eteläisen Suomen maakuntien (Varsinais-Suomi, Uusimaa, Kanta-Häme, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala ja Etelä-Savo) sähkön käyttö vuonna 2019 oli 37,3 TWh, ja alueella tuotettiin sähköä

23,4 TWh, josta Loviisan voimalaitoksen osuus oli 8,2 TWh. Alueelta oli nettovientiä Viroon 3,5 TWh, kun taas pääosa 7,6 TWh:n sähköntuonnista Venäjältä Suomeen tuli tälle alueelle (Energiateollisuus ry 2020).

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoisto merkitsisi eteläisen Suomen sähkötaseeseen huomattavaa lisävajetta, joka todennäköisesti edellyttäisi uusien siirtojohtojen rakentamista muualta Suomesta tälle alueelle. Uudellamaalla on myös vielä melko paljon fossiilisia polttoaineita käyttävää yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotantoa. Myös tämän tuleva korvautuminen muulla kaukolämmön tuotannolla lisää sähkön siirtotarvetta alueelle. (Fingrid 2021)

Näiden perusteella muutoksen suuruuden arvioidaan olevan *suuri kielteinen*, kun ydinvoimalaitoksen sähköntuotanto loppuu.

9.11.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Mualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotolla, käsittelyllä, välivarastoinnilla ja loppusijoituksella ei ole vaikutusta energiamarkkinoihin ja huoltovar- muuteen.

9.11.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-28 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

Taulukko 9-28. Vaikutusten merkittävyys: energiamarkkinat ja huoltovarmuus.

Vaikutusten merkittävyys: energiamarkkinat ja huoltovarmuus			
Toimintavaihe	Herkkyyks	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen	Suuri myönteinen	Vaikutusten merkittävyys suuri myönteinen , koska sähkön käytön kasvaessa Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Suomen energiajärjestelmän huoltovarmuutta ja vähentää sähkön tuontitarvetta. Ydinvoimalaitokset myös mahdollistavat sähkön vientiä korvaamaan fossiilista sähköntuotantoa.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen	Suuri kielteinen	Vaikutuksen merkittävyys suuri kielteinen , koska Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto merkitsisi korvaavan hiilidioksidipäästöttömän sähkön hankintatarvetta Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi. Tämä aiheuttaisi mm. uuden kapasiteetin rakentamista Suomeen sekä lisääntyvää sähkön tuontia. Tuontisähkön tuotantotapa ja hiilidioksidipäästöt voivat vaihdella alkuperän mukaan. Lisäksi sähkön vientimahdollisuudet Suomesta pienenisivät.
Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta , koska toiminta ei liity energiamarkkinoihin.

9.11.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Käytöstäpoiston tapauksessa energiamarkkinoihin ja huolto-varmuuteen kohdistuvien mahdollisten haitallisten vaikutus-ten lieventäminen aiheuttaa sähköjärjestelmässä tarvetta lisäinvestoinneille eri markkinatoimijoiden toimesta.

9.11.9 Epävarmuustekijät

Vaikutusten arviointi on suuntaa antava arvio, sillä se perus-tuu mm. ennusteisiin sähkömarkkinoiden tulevasta kehityk-sestä. Ennusteisiin liittyy aina epävarmuutta. Epävarmuus-tekijät liittyvät arviointeihin ydinvoimalla tuotetun sähkön korvaamiseen muilla sähköntuotantomuodoilla tulevaisuu-nessa. Suomen energiamarkkinoiden ja huoltovarmuuden tarkempien tarkastelujen tekeminen on Suomen valtiovallan tehtävä (TEM 2020c).

9.12 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT JA ILMASTONMUUTOS

9.12.1 Arvioinnin päätulokset

Ydinvoimalaitoksen sähköntuotannosta ei synny kasvihuonekaasupäästöjä. Ydinvoimalaitoksen päästötön sähköntuotanto tukee pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaista Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035. Tällöin sähkön- ja lämmöntuotannon tulee olla Suomessa lähes päästötöntä 2030-luvun loppuun mennessä huolto- ja toimitusvarmuusnäkökulmat huomioiden. Ydinvoimalla tuotetun sähkön elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat samaa tasoa kuin tuulivoimalla tuotetun sähkön. Käytön jatkamisessa hätädieselgeneraattorien sekä liikenteen päästöt jatkuvat vuositasolla samana kuin nykyisin ja niiden vaikutus on vuositasolla häviävän pieni. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu olevan käytön jatkamisen tapauksessa kohtalainen myönteinen. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoisto johtaisi tarpeeseen lisätä vastaavasti muuta sähköntuotantokapasiteettia. Jos korvaava sähköntuotantomuoto olisi esimerkiksi tuulivoima, tällöin sähköntuotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt eivät muuttuisi huomioon ottaen tuotantotoiminnan aiheuttamat päästöt sekä sähköntuotantomuodon elinkaaren aikaiset ominaispäästöt. Käytöstäpoistossa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt (mm. liikenne ja dieselgeneraattorien koestukset) ovat merkityksettömiä. Kokonaisuudessa käytöstäpoiston vaikutusten merkittävyyden arvioidaan olevan kohtalainen kielteinen. Muualla Suomessa muodostuneilla radioaktiivisilla jätteillä ei ole vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin.

9.12.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Hankkeesta aiheutuvat päästöt on esitetty hiilidioksidiek-vivalentteina (CO₂e), jolloin hankkeen eri vaiheissa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt on yhteismitallistettu kuvaamaan ilmastoa lämmittävää kokonaisvaikutusta (*global warming potential GWP*).

Voimalaitoksen käytön jatkamisen osalta on tarkasteltu toiminnan suoria kasvihuonekaasupäästöjä, jotka syntyvät lähinnä voimalaitoksen varavoimakoneiden sekä liikenteen polttoainekäytön CO₂e-päästöistä voimalaitoksen lisäkäyt-tövuosien aikana. Päästölaskennassa käytettiin seuraavia lähtötietoja ja oletuksia:

- Voimalaitoksen varavoimakoneiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt laskettiin kevyen polttoöljlyn kulutustietojen pohjalta. Kevyen polttoöljlyn yksikkö-päästötiedot saatiin Gabi -elinkaariarviointiohjelmiston tietokannasta (Gabi database 2021).
- Raskaan liikenteen osalta tehtiin oletus, että kuljetuksis-sa käytettävät ajoneuvot ovat suuria jakelukuorma-au-toja (kokonaismassa 15 tonnia, kantavuus 9 tonnia) tai maansiirtoautoja (kokonaismassa 32 tonnia, kantavuus 19 tonnia) ja näille käytettiin VTT Lipasto-tietokannassa määriteltäjä päästökertoimia. (VTT Oy 2017) Raskaan liikenteen osalta kuljetusten taustatietona käytettiin keskimää räisiä kuljetusmatkoja Suomessa (SVT 2020).
- Henkilöliikenteen päästökertoimina käytettiin VTT Lipasto-tietokannan yksikköpäästökertoimia (henkilö-autot keskimäärin Suomessa vuonna 2016).
- Henkilöliikenteen päästöjen osalta tehtiin oletus, että henkilökunnan päivittäinen keskimääräinen työmatka hen-kilöautolla on noin 20 km yhteen suuntaan. Laskennassa ei huomioitu henkilökunnan mahdollista julkisten kulkuneu-vojen käyttöä eikä henkilöautokannan sähköistymistä.

Lisäksi käytön jatkamisen osalta on tarkasteltu ja vertailtu eri energiantuotantomuotojen kasvihuonekaasupäästöjä niiden elinkaaren ajalta perustuen julkaistuihin selvityksiin (Bruck-ner ym. 2014, WNA 2016).

Käytöstäpoiston tapauksessa on niin ikään tarkasteltu käytöstäpoiston aikaisia suoria kasvihuonekaasupääs-töjä, jotka syntyvät liikenteen sekä dieselgeneraattorien koestusten polttoainekäytön CO₂e-päästöistä. Päästö-laskennassa käytettiin samoja lähtötietoja ja oletuksia kuin yllä esitetty. Todellisuudessa käytöstäpoiston aikana kuitenkin pienempää kuin voimalaitoksen käytön aikana. Lisäksi käytöstäpoiston tapauksessa on tarkasteltu voima-laitoksen käytön loppumisen vaikutusta Suomen kansalli-sen hiilineutraalisuustavoitteen kannalta tarkastelemalla suuntaa antavasti mahdollisuutta korvata ydinvoimalla tuotettu sähkö muilla sähköntuotantotavoilla.

Ilmastonmuutoksesta mahdollisesti aiheutuviin vaikutuk-siin varautumista on kuvattu luvussa 7 ja luvussa 9.22.2.3. Lisäksi jäähdytysvesimallinnuksessa (luku 9.16 ja liite 4) on

otettu huomioon ilmastonmuutoksesta aiheutuva lämpöti-lan nousu käyttämällä havaintoaineistona poikkeuksellisen lämmintä kesää vuonna 2011. Mallinnusvuoden valinnalla pyrittiin huomioimaan ilmastonmuutoksen vaikutusta, jonka seurauksena vuoden keskilämpötila nousee ja jolloin merellä voi esiintyä keskimää räistä lämpimämpiä olosuhteita.

9.12.3 Nykytila

Loviisan kaupungin kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2018 yhteensä noin 118 000 tonnia hiilidioksidiekvivalent-teina (CO₂e). Merkittävimmät päästölähteet Loviisassa ovat tieliikenne (27 %), maatalous (16 %) ja muu lämmitys (10 % kokonaispäästöistä). Vuodesta 2005 päästöjen kehitys on ollut laskusuuntaista, ja päästöt ovat vähentyneet 23 %. Luvut perustuvat Suomen ympäristökeskus (SYKE) tuottamaan kuntakohtaiseen kasvihuonekaasupäästöjen laskelmaan (SYKE 2020). Loviisan kaupungin vuoden 2018 päästöt kattavat noin 0,8 % Uudenmaan kasvihuonekaasupäästöistä ja noin 0,2 % koko Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (SVT 2021).

Loviisan kaupunki on sitoutunut vuonna 2018 Covenant of Mayors for Climate & Energy -sopimukseen, joka on kau-punginjohtajien vapaaehtoinen energia- ja ilmastosopimus. Allekirjoittajakaupungit sitoutuvat tukemaan EU:n kasvi-huonekaasujen 40 %:n vähennystavoitetta vuoteen 2030 mennessä ja mukautumaan yhdistettyyn lähestymistapaan ilmastonmuutoksen lieventämiseksi ja siihen sopeutumiseksi. Lisäksi Loviisan kaupunki seuraa omia kasvihuonekaasupääs-töjään CO₂-laskennalla. (Loviisan kaupunki 2021c, Benviroc Oy 2018). Uudenmaan liitto on laatinut oman maakunnalli-sen Hiilineutraali Uusimaa 2035 -tiekartan, joka pohjautuu kansallisiin ja kansainvälisiin ilmastotavoitteisiin (Uudenmaan liitto 2020). Tiekartta tukee alueen kuntia ja muita toimijoita ilmastotyön toteuttamisessa. Ilmastotyö on jäsennetty kuu-teen eri painopisteeseen.

Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat 52,8 miljoonaa tonnia CO₂e vuonna 2019. Päästöt vähenivät 6 prosenttia edellisvuoteen verrattuna. Päästöt ovat laskeneet 26 prosenttia vertailuvuodesta 1990 ja 38 prosenttia vuo-desta 2003, jolloin päästöt olivat korkeimmillaan aikasarjan

1990–2019 aikana (SVT 2021). Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaisesti Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2035 (Valtioneuvosto 2021). Hallitusoh-jelman tavoitteista energiantuotantoon liittyy tavoite pyrkiä maailman ensimmäiseksi fossiilivapaaksi yhteiskunnaksi, jolloin sähkön ja lämmön tuotannon tulee olla Suomessa lähes päästötöntä 2030-luvun loppuun mennessä huolto- ja toimitusvarmuusnäkökulmat huomioiden. Keinoina tähän mainitaan mm., että käytössä olevien ydinvoimaloiden jat-kolupiin suhtaudutaan myönteisesti edellyttäen, että STUK puoltaa niitä. (Valtioneuvosto 2021)

Uusi vuoteen 2035 ulottuva keskipitkän aikavälin ilmas-tosuunnitelma valmistuu kesällä 2021. Sen tarkoituksena on hahmottaa, millä tavalla Suomessa päästään hallitusohjel-man mukaiseen hiilineutraaliustavoitteeseen. Uusi ilmasto- ja energiastrategia kattaa Suomen kaikki kasvihuonekaasu-päästölähteet (päästökauppasektori, taakanjakosektori, maankäyttösektori) sekä nielut (maankäyttösektori). Strate-gia toimii eri kokonaisuuksia yhdistävänä hiilineutraalius 2035 -toimenpideohjelmanä. (TEM 2020c)

Hallitusten välisen ilmastopaneelin ICCP:n mukaan (IPCC 2018) maapallon ilmasto on vuoteen 2017 mennessä lämmen-nyt ihmistoiminnan seurauksena noin 1 °C esiteolliseen aikaan verrattuna. Lämpötilan nousua on tähän mennessä tapahtunut noin 0,2 °C vuosikymmentä kohti. Jo 1,5 asteen keskilämpöti-lan nousulla on merkittäviä vaikutuksia elämään maapallolla. ICCP:n raportissa käydään läpi näitä vaikutuksia verraten niitä kahden asteen keskilämpötilan nousuun. Kahden asteen skenaarion toteutuessa esimerkiksi Pohjoisnavalla jäättömien kesien määrä kymmenkertaistuisi ja globaalisti vedenpuut-teesta kärsisi kaksinkertainen määrä ihmisiä. Jotta maapallon lämpeneminen voidaan rajoittaa 1,5 asteeseen, hiilidioksidi-päästöt tulee ICCP:n mukaan kääntää viivyttelämätt ä jyrkkään laskuun. Maailman maat ovat Pariisin ilmastosopimuksessa sitoutuneet tavoitteeseen pitää maapallon keskilämpötilan nousu alle kahdessa asteessa ja pyrkiä toimiin, joilla lämpene-minen saataisiin rajattua alle 1,5 asteen.

Taulukossa 9-29 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

Taulukko 9-29. Vaikutuskohteen herkkyyys: kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastonmuutos.

Vaikutuskohteen herkkyyys: kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastonmuutos
Vaikutuskohteen herkkyyystasoa ei voida määrittää, koska ilmastonmuutoksen vaikutukset paikallistasolla ovat epäsuoria ja kohdistuvat luontoympäristöön ja sen ilmiöihin eri tavoin. Ilmastonmuutos on globaali ongelma, jonka torjuminen on valtioiden yhteinen tehtävä. Suomi on osana Euroopan unionia sitoutunut Pariisin ilmastosopimukseen ja asettanut päästöjen vähentämiselle kansalliseksi tavoitteeksi olla hiilineutraali vuonna 2035 mikä edellyttää useita eri toimia eri toimialoilla. Sähkön- ja lämmöntuotannon tulee olla Suomessa lähes päästötöntä 2030-luvun loppuun mennessä huolto- ja toimitusvarmuusnäkökulmat huomioiden.

9.12.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Ydinvoimalaitoksen toiminnasta ei synny suoria kasvihuonekaasupäästöjä. Epäsuoria kasvihuonekaasupäästöjä syntyy mm. varavoimakoneiden ja liikenteen polttoaineenkulutuksen päästöistä. Lisäksi ydinpolttoaineen elinkaaren aikana syntyy päästöjä.

Toiminnan kasvihuonekaasupäästöt

Ydinvoimalaitoksen toiminnasta ei synny suoria kasvihuonekaasupäästöjä. Epäsuoria päästöjä syntyy mm. varavoimakoneiden ja liikenteen polttoaineenkulutuksen päästöistä.

Voimalaitoksen varavoimakoneiden (diesellaitoksen ja dieselvaravoimalaitoksen) aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt on laskettu kevyen polttoöljyn kulutuksen mukaan. Keskimääräinen kevyen polttoöljyn käyttömäärä on 260 tonnia vuodessa (maksimivarastointimäärä on 595 tonnia). Kevyen polttoöljyn ominaispäästöt ovat noin 0,088 kg CO₂e/MJ tuotettua energiaa, joten sen käytöstä syntyy vuositasolla 991 t CO₂e suuruiset kasvihuonekaasupäästöt, kun käyttö pysyy keskimääräisellä tasolla.

Kumulatiivisesti kasvihuonekaasupäästöjä syntyy yhteensä 19 825 t CO₂e, kun käyttö jatkuu 20 vuotta ja vuosittaiset päästöt eivät muutu (Taulukko 9-30).

Laitokselle suuntautuu päivittäistä työmatka- ja tavaraliikennettä, joista aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä. Keskimääräinen vuorokausiliikenne voimalaitokselle on noin 500 ajoneuvoa, joista raskaita ajoneuvoja on noin 40. Vuosihuollot nostavat liikennemääriä hetkellisesti arviolta enintään noin 1 000 ajoneuvoon vuorokaudessa, joista enintään noin 100 on raskaita ajoneuvoja. Vuosihuollon kesto on 2–8 viikkoa, keskimäärin 35 vuorokautta.

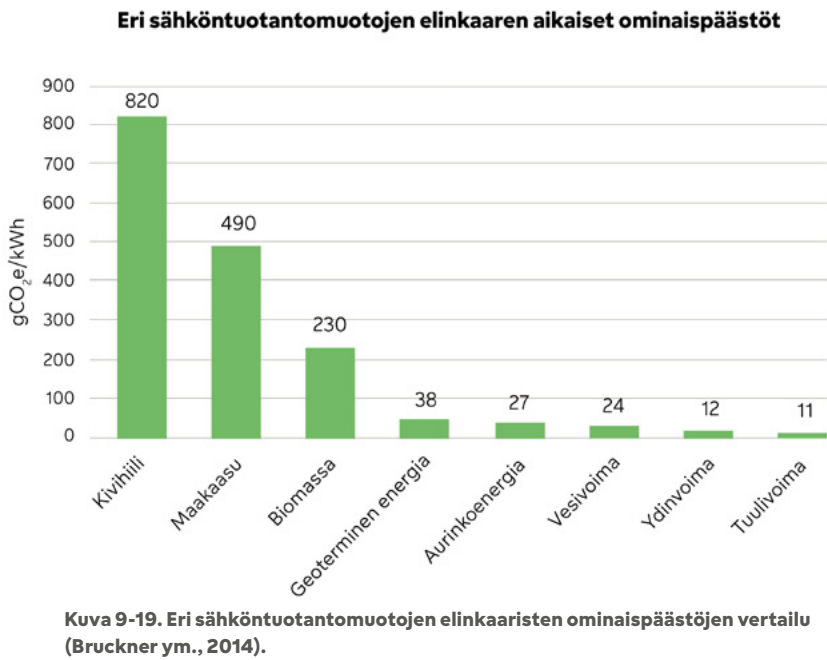
Voimalaitokselle kohdistuvasta päivittäisestä työmatka- ja tavaraliikenteestä syntyy yhteensä 2 183 t CO₂e suuruiset kasvihuonekaasupäästöt vuodessa. Huomioon ottaen vuosihuollon aikana lisääntyvän liikenteen, kaiken liikenteen aiheuttamat päästöt ovat enintään 2 444 t CO₂e vuodessa. Tästä päivittäisen liikenteen osuus on 89 % ja vuosihuollon aikaisen liikenteen osuus enintään 11 %. Henkilöautoliikenteen osuus kaiken liikenteen kokonaispäästöistä on 46 % ja raskaan liikenteen osuus 54 %. Kumulatiivisesti 20 vuoden aikana liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä syntyy yhteensä 48 874 t CO₂e, jos vuosittaiset päästöt eivät muutu (Taulukko 9-31).

Taulukko 9-30. Kasvihuonekaasupäästöt kevyen polttoöljyn käytöstä voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa.

	Keskimääräinen käyttö vuodessa	Tuotettu energia	Päästökerroin	Päästöt per vuosi	Kumulatiiviset päästöt (n. 20 v)
Kevyt polttoöljy	260 t	11 232 000 MJ	0,088 kg CO ₂ e/MJ	991 t CO ₂ e	19 825 t CO ₂ e

Taulukko 9-31. Kasvihuonekaasupäästöt laitokselle kohdistuvasta työmatka- ja tavaraliikenteestä.

	Ajoneuvojen määrä (kpl/vrk)	Päästökerroin	Matka, km (yksi suunta)	Päästöt kg CO ₂ e/vrk	Päästöt kg CO ₂ e/v	Kumulatiiviset päästöt t CO ₂ e/20 v
Päivittäinen liikenne						
Henkilöautot	460	152 g CO ₂ e/km	20	2 797	1 021	20 417
Raskaat ajoneuvot	40	67 g CO ₂ e/tkm	66	3 184	1 162	23 242
Yhteensä	500			5 981	2 183	43 659
Maksimilisäys vuosihuollon aikana						
Henkilöautot	440	152 g CO ₂ e /km	20	2 675	94	1 873
Raskaat ajoneuvot	60	67 g CO ₂ e /tkm	66	4 776	167	3 343
Yhteensä	500			7 451	261	5 216
Kaikki liikenne (päivittäinen liikenne ja vuosihuollon vaikutus)						
Päästöt yhteensä					2 444	48 874



Käytön jatkamisen tapauksessa vuosittaiset suorat kasvihuonekaasupäästöt, kun huomioon otetaan sekä varavoimakoneiden käyttö ja voimalaitoksen liikenne, ovat suuruusluokaltaan samat kuin nykyisessä toiminnassa ollen noin 3 355 t CO₂e/v. Tämä määrä on noin 3 % Loviisan kaupungin kokonaispäästöistä (118 000 t CO₂e). Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärän vaikutus on vuositasolla häviävän pieni verrattuna Loviisan kaupungin tai Suomen päästöihin. Ilmastomuutosvaikutus säilyy nykyisellään vuositasolla, mutta jatkuvat noin 20 vuotta.

Eri polttoaineiden elinkaaren aikaiset päästöt

Ydinvoimalla tuotetun sähkön tuotannossa ei reaktorin käytöstä synny suoria kasvihuonekaasupäästöjä. Tältä osin ydinvoima on rinnastettavissa kasvihuonekaasupäästöttömään vesi-, tuuli-, ja aurinkoenergiaan. Eri energiatuotantomuotojen kasvihuonekaasupäästöjä tarkasteltaessa tulee kuitenkin arvioida eri energiantuotantomuotojen koko elinkaaren aikaisia päästöjä, jolloin ydinvoiman tapauksessa mukaan lasketaan esimerkiksi myös ydinpolttoaineen hankinta. Eri energiantuotantomuotojen kokonaispäästöihin vaikuttaa, kuinka paljon elinkaaren eri vaiheissa kuluu energiaa ja fossiilisia polttoaineita.

Useissa elinkaaritutkimuksissa on verrattu eri energiantuotantomuotojen kasvihuonekaasupäästöjä. IPCC:n julkaisema tutkimus (Bruckner ym. 2014) vertaa eri sähköntuotantomuotojen elinkaaren ominaispäästöjä. Elinkaaren ominaispäästöt sisältävät suorat päästöt, infrastruktuurin rakentamisen päästöt, biogeeniset CO₂-päästöt sekä metaanipäästöt.

Ydinvoimalla tuotetussa sähkössä elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt ovat IPCC:n arvion mukaan noin 12 g CO₂e/kWh (Bruckner ym. 2014; Kuva 9-19). Maakohtaisesti tehdyt arviot vaihtelevat 3–16 g CO₂e/kWh välillä (WNA 2016).

Kivihiilellä ja maakaasulla tuotetun sähkön päästöt ovat monikymmenkertaiset, kivihiilellä 820 g CO₂e/kWh ja maakaasulla 490 g CO₂e/kWh. Ydinvoimalla tuotetun sähkön elinkaaren aikaiset CO₂-päästöt aiheutuvat suurimmaksi osaksi polttoaineen tuotantoketjussa sekä voimalaitoksen rakentamisesta. Erityisesti ydinpolttoaineen hankintaketjussa (uraanin louhinta, polttoaineen jalostus, kuljetukset ym.) tuotantopanoksena käytetyt fossiilisten polttoaineet vaikuttavat päästöjen muodostumiseen. Fossiilisten polttoaineiden tapauksessa sähköntuotannon elinkaarenaikaiset CO₂-päästöt aiheutuvat suurimmaksi osaksi sähkön tuotantovaiheessa. (Bruckner ym. 2014, WNA 2016) Puupohjaisia polttoaineita tai muuta biomassaa poltettaessa syntyy suoria kasvihuonekaasupäästöjä, mutta bioenergia tulkitaan Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa laskennallisesti päästöttömäksi, sillä puu on kasvaessaan sitonut vastaavan määrän hiiltä pois ilmakehästä, kuin polttaessa vapautuu.

Vertailtaessa eri sähköntuotantomuotojen elinkaaren päästöjä, ovat ydinvoimalla tuotetun sähkön elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt (12 g CO₂e/kWh) samaa tasoa kuin tuulivoimalla tuotetun sähkön (11 g CO₂e/kWh). Ydinvoiman käyttö sähköntuotannossa tukee pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaista Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035, jolloin sähkön- ja lämmöntuotannon tulee olla Suomessa lähes päästötöntä 2030-luvun

loppuun mennessä huolto- ja toimitusvarmuusnäkökulmat huomioiden. Hallitusohjelman mukaan käytössä olevien ydinvoimaloiden jatkolupiin suhtaudutaan myönteisesti edellyttäen, että STUK puoltaa niitä. (Valtioneuvosto 2021)

9.12.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Kasvihuonekaasupäästöjä syntyy käytöstäpoiston eri vaiheissa työmatkaliikenteen ja kuljetusten polttoaineen kulutuksesta sekä dieselgeneraattoreiden koestuksista. Lisäksi huomioon tulee ottaa ydinvoimalla tuotetun sähköntuotannon korvaaminen muulla vähäpäästöisellä sähköntuotantomuodolla.

Toiminnan kasvihuonekaasupäästöt

Käytöstäpoiston eri vaiheissa arvioidut liikennemäärät ja niistä muodostuvat kasvihuonekaasupäästöt on esitetty taulukossa 9-32. Kumulatiivisesti kaikkien käytöstäpoistovaiheiden aikana (yht. n. 40 vuotta) syntyy kasvihuonekaasupäästöjä yhteensä 31 976 t CO₂e. Tästä 5 % syntyy VLJ-luolan laajennuksen aikana (n. 3 v), 29 % 1. purkuvaiheen aikana (n. 7 v), 54 % itsenäistettävien laitososien käytön aikana (n. 35 v), 12 % 2. purkuvaiheen aikana (n. 3 v) ja 1 % VLJ-luolan sulkemisvaiheessa. Vuositasolla käytöstäpoiston kasvihuonekaasupäästöt ovat keskimäärin noin 3 000 t CO₂e. Lisäksi käytöstäpoiston aikana syntyy vähäisiä määriä kasvihuonekaasupäästöjä dieselgeneraattoreiden koestuksista, joita tarvitaan lähinnä käytetyn ydinpolttoaineen varaston jäähdytyksen varmistamiseen. Määrät ovat selvästi pienempiä kuin voimalaitoksen nykyisessä käytössä. Käytöstäpoiston tapauksessa kasvihuonekaasupäästöt ovat keskimäärin noin 3 000 t CO₂e, mikä on samaa luokkaa kuin nykyisessä toiminnassa (n. 3 355 t CO₂e/v). Tämä määrä on noin 3 % Loviisan kaupungin tämänhetkisistä kokonaispäästöistä (118 000 t CO₂e). Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärän vaikutus on vuositasolla häviävän pieni verrattuna jo pelkästään Loviisan kaupungin tai Suomen päästöihin. Greenfield-periaatteen mukaisesta kaikkien rakennusten purkamisesta aiheutuvia liikennemääriä ei ole arvioitu. Jos greenfield-periaatetta noudatetaan, lisääntyneen purkutyön johdosta sekä henkilöliikenne että raskaiden ajoneuvojen määrä olisi esitettyä suurempi.

Sähköntuotannon korvaaminen

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoisto johtaisi tarpeeseen lisätä vastaavasti muuta sähköntuotantokapasiteettia tai tuontia, mikäli sähkönkysyntä pysyy samana. Suomen hiili-

neutraalisuustavoitteen pohjalta tulisi korvaavan tuotannon olla Suomessa päästötöntä tai hiilidioksidipäästöt tulisi ottaa talteen. Mahdollisesti lisääntyvä fossiilinen sähköntuotanto Suomessa tai muissa EU-maissa olisi EU:n päästökauppajärjestelmän asettaman yhteisen päästökaton vuoksi kompensoitava päästövähennyksillä koko järjestelmän tasolla.

Suomessa todennäköisin uusi lisäsähköntuotanto olisi tuulivoimaa, koska puupolttoaineita ei ole sähköntuotantoon Suomessa saatavissa merkittävästi nykyistä enempää. Tuulivoiman sääriippuvuuden vuoksi olisi tuulivoiman ohella rakennettava runsaasti sähkön varastointikapasiteettia sekä akkuteknologian että muiden kehitteillä olevien teknologioiden pohjalta. Myös nykyisten vesivoimalaitosten ja biovoimalaitosten tuotannon joustavuutta sekä sähkön kulutusjoustoja olisi hyödynnettävä lisää tuulivoiman tuotantovaihteluiden kompensoimiseksi.

Mikäli korvaava sähköntuotanto tapahtuisi fossiilisilla polttoaineilla, tarvittaisiin hiilidioksidipäästöjen talteenottoa ja varastointia (Hiilitieto 2021). Koska hiilen energiakäyttö on Suomessa kiellettyä keväästä 2029 lähtien, voimalaitospolttoaineena olisi tällöin ensisijaisesti maakaasu (Gasum Oy 2019).

Myös vedyn käyttö voimalaitospolttoaineena voisi teknisesti olla mahdollista, jolloin poltossa ei synny hiilidioksidipäästöjä. Vety on kuitenkin ainakin toistaiseksi selvästi muita polttoaineita kalliimpaa, koska vety on valmistettava joko maakaasusta tai sähköä käyttäen elektrolyysillä vedestä. Vedyn valmistus maakaasusta tuottaa hiilidioksidia, joka on tällöin varastoitava tai otettava mahdolliseen hyötykäyttöön.

Loviisan nykyiset voimalaitosyksiköt voitaisiin korvata myös uusilla ydinvoimayksiköillä. Ydinvoiman luvitus- ja rakentamisprosessin keston vuoksi mahdollisia nykyteknikan mukaisia uusia ydinvoimayksiköitä ei kuitenkaan ole mahdollista toteuttaa Loviisan yksiköiden nykyisten käyttö-lupien päättymiseen mennessä. Uuden teknologian mukaisia, yksikkökooltaan nykyistä pienempiä modulaarisia ydinvoimalaitoksia ei ole vielä kaupallisesti saatavilla.

9.12.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden osalta pieniä määriä kasvihuonekaasupäästöjä syntyy niiden kuljetuksista (arviolta 10 kuljetusta vuodessa). Näiden päästöt ovat vuositasolla enimmillään noin 0,8 t CO₂e.

9.12.7 Vaikutusten merkittävyys

Ilmastonmuutoksen osalta vaikutuskohteen herkkyystasoa ja muutoksen suuruutta ei voida täsmällisesti määrittää, koska ilmastonmuutos on globaali ilmiö, joka kattaa moninaisia suoria ja epäsuoria vaikutuksia. Vaikutusarvioinnissa on kuitenkin

Taulukko 9-32. Kasvihuonekaasupäästöt laitokselle kohdistuvasta henkilöliikenteestä ja logistiikasta käytöstäpoistamisen eri vaiheissa.

	Ajoneuvojen määrä (kpl/vrk)	Päästökerroin	Matka, km (yksi suunta)	Päästöt t CO ₂ e/vrk	Päästöt t CO ₂ e/v	Kumulatiiviset päästöt vaiheen aikana, t CO ₂ e
VLJ-luolan laajennus, kesto 3 vuotta						
Henkilöautot	480	152 g CO ₂ e/km	20	2,9	1 065	3 196
Raskaat ajoneuvot	50	67 g CO ₂ e/tkm	36	2,7	999	2 996
Yhteensä	530			5,7	2 064	6 192
1. purkuvaihe (kesto n. 7 vuotta)						
Henkilöautot	800	152 g CO ₂ e /km	20	4,9	1 775	12 428
Raskaat ajoneuvot	100	40 g CO ₂ e /tkm	66	10,0	3 662	25 632
Yhteensä	900			14,9	5 437	38 059
Itsenäistettävien laitososien käyttö (kesto n. 35 vuotta)						
Henkilöautot	250	152 g CO ₂ e/km	20	1,5	555	19 418
Raskaat ajoneuvot	40	40 g CO ₂ e/tkm	66	4,0	1 465	51 264
Yhteensä	290			5,5	2 019	70 682
2. purkuvaihe (kesto n. 3 vuotta)						
Henkilöautot	800	152 g CO ₂ e/km	20	4,9	1 775	5 326
Raskaat ajoneuvot	100	40 g CO ₂ e/tkm	66	10,0	3 662	10 985
Yhteensä	900			14,9	5 437	16 311
VLJ-luolan sulkeminen (kesto n. 3 vuotta)						
Henkilöautot	20	152 g CO ₂ e/km	20	0,1	44	133
Raskaat ajoneuvot	10	40 g CO ₂ e/tkm	36	0,5	200	599
Yhteensä	30			0,7	244	732
Kaikki vaiheet yhteensä						
Päästöt yhteensä						131 976
Päästöt yhteensä per vuosi						3 299

Taulukko 9-33. Vaikutusten merkittävyys: kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastomuutos.

Vaikutusten merkittävyys: kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastomuutos			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Ei voi määrittää	Ei voi määrittää	Vaikutusten merkittävyys kohtalainen myönteinen, koska ydinvoimalaitoksen sähköntuotannosta ei synny kasvihuonekaasupäästöjä ja ydinvoimalaitoksen päästötön sähköntuotanto tukee pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaista Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035. Tällöin sähkön- ja lämmöntuotannon tulee olla Suomessa lähes päästötöntä 2030-luvun loppuun mennessä huolto- ja toimitusvarmuusnäkökulmat huomioiden. Ydinvoimalla tuotetun sähkön elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat samaa tasoa kuin tuulivoimalla tuotetun sähkön. Voimalaitoksen toiminnasta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt (mm. hätädieselgeneraattorit ja liikenne) ovat merkityksettömiä.
Käytöstäpoisto	Ei voi määrittää	Ei voi määrittää	Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen kielteinen, koska Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoisto johtaisi tarpeeseen lisätä vastaavasti muuta päästötöntä sähköntuotantokapasiteettia. Jos korvaava sähköntuotantomuoto olisi esimerkiksi tuulivoima, tällöin sähköntuotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt eivät muuttuisi huomioon ottaen tuotantotoiminnan aiheuttamat päästöt sekä sähköntuotantomuodon elinkaaren aikaiset ominaispäästöt. Käytöstäpoistossa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt (mm. liikenne ja dieselgeneraattorien koestukset) ovat merkityksettömiä.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Ei voi määrittää	Ei voi määrittää	Ei vaikutuksia, koska lähinnä liikenteestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat merkityksettömiä.

otettu huomioon kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärän ilmastoa lämmittävä kokonaisvaikutus. Suuntaa antava vaikutusten kokonaismerkittävyys on arvioitu asiantuntijatyöryhmän toimesta.

Taulukossa 9-33 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.12.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Vaihtoehtoina suorien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiselle on esimerkiksi generaattorien energiatehokkuuden parantaminen ja fossiilisten polttoaineiden korvaaminen bioperäisillä. Liikenteen päästöjen vaikutuksia voi henkilöliikenteen osalta vähentää esim. tarjoamalla kannusteita julkisen liikenteen käytölle. Polttoaineen elinkaaren aikaisien kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen liittyy erityisesti ydinpolttoaineen hankintaketjussa tuotantopanoksena käytettyjen fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen muilla.

9.12.9 Epävarmuustekijät

Arvioinnin epävarmuustekijät liittyvät liikenteen päästölaskennassa tehtyihin laskennan rajauksiin ja oletuksiin sekä arviointeihin ydinvoimalla tuotetun sähkön korvaamiseen muilla sähköntuotantomuodoilla tulevaisuudessa.

Käytöstäpoiston aiheuttamaa muutoksen suuruutta ei

voida kokonaisuudessaan arvioida, sillä korvaavaa sähkön-tuotantotapaa ei voida varmuudella arvioida. Jos korvaava sähköntuotantomuoto olisi esimerkiksi tuulivoima, tällöin sähköntuotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt eivät muuttuisi huomioon ottaen tuotantotoiminnan aiheuttamat päästöt sekä sähköntuotantomuodon elinkaaren aikaiset ominaispäästöt.

9.13 ALUETALOUS

9.13.1 Arvioinnin päätulokset

Loviisan voimalaitoksen aluetaloudelliset vaikutukset ovat paikallisesti ja alueellisesti suuria sekä näkyvät myös koko Suomen tasolla. Voimalaitoksen toiminta jatkuu nykyisen kaltaisena seuraavat 20 vuotta, jolloin lisäkäyttövuosien aikana kertyy merkittäviä suoria aluetaloudellisia vaikutuksia, jotka ylläpitävät samalla talouden nykyistä tasoa erityisesti paikallisella ja alueellisella tasolla. Loviisan seutukunnan alueella liikevaihtoa muodostuu lisäksi muille toimialoille kerrannaisvaikutuksina yli 500 M€. Liikevaihdesta arvonlisäystä on yli 280 M€ ja työvoimantarvetta muodostuu eri toimialoille yli 5 000 htv. Käytön jatkamisen työllisyysvaikutukset kuitenkin katetaan pitkälti jo olemassa olevilla työpaikoilla ja euromääräiset vaikutukset ovat vuositasolla samaa kokoluokkaa kuin

nykyisinkin. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu olevan Loviisan seutukunnassa erittäin suuri myönteinen. Lisäksi vaikutuksia muodostuu Itä-Uudellemaalle ja Kymenlaaksoon sekä muualle Suomeen.

Voimalaitoksen käytön loputtua sen aikana syntyneet merkittävät aluetalousvaikutukset lakkaavat. Käytöstäpoiston aikana muodostuu kuitenkin aluetaloudellisia vaikutuksia eri toimijoille ja toimialoille. Loviisan seutukunnassa käytöstäpoiston aikana uutta kysyntää muodostuu kerrannaisvaikutuksina yli 300 M€, arvonlisäystä yli 170 M€ ja työvoimantarvetta yli 3 800 htv. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu olevan suuri myönteinen, mutta aluetalousvaikutukset lakkaavat kun käytöstäpoisto loppuu. Lisäksi vaikutuksia muodostuu Itä-Uudellemaalle ja Kymenlaaksoon sekä muualle Suomeen.

Muulla Suomessa muodostuneilla radioaktiivisilla jätteillä ei ole mitattavia aluetaloudellisia vaikutuksia, koska toiminta on niin pienimuotoista.

9.13.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Lähtötietoina arvioinnissa toimivat eri vaihtoehdoista laaditut suunnitelmat sekä aluetilinpidon ja kansantalouden tilinpidon viimeisimmät tunnusluvut.

Voimalaitoksen käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston vaikutukset aluetalouteen arvioitiin hyödyntämällä Ramboll Finland Oy:n ja Luonnonvarakeskuksen Sitran toimeksianosta kehittämää resurssivirtamallilla (Hokkanen ym. 2015). Malli on kehitetty perustuen panos-tuotos-menetelmään ja se ilmaisee, miten raha- ja materiaaalimääräiset resurssivirrat ohjautuvat alueen tuotantoon, toimialojen välillä välituotekäyttöön ja kulutukseen (yksityinen ja julkinen) sekä vientinä alueelta pois.

Mallinnuksessa tarkastelu kohdistui tarkastelualueiden nykyisen sosioekonomisen ja aluetaloudellisen tilan kuvaamiseen sekä sen pohjalta toimialojen välisten vuorovaikutussuhteiden tunnistamiseen ja taloudellisten vaikutusten arviointiin. Mallinnuksessa huomioitiin paikallinen taso (Loviisan kaupunki ja Lapinjärven kunta), aluetaso (vanha Itä-Uudenmaan maakunta ja Kymenlaakson maakunta) ja valtakunnallinen taso (koko Suomi). Resurssivirtamallin tietoja päivitettiin ennen vaikutusten arviointia tuoreimmilla saatavilla olevilla

tilastoilla aluetalouden ja elinkeinoelämän tilasta (mm. toimialakohtaiset työpaikat ja liikevaihto).

Arvioinnissa selvitettiin hankkeen toiminnasta syntyviä tuotannon ja kulutuksen kerrannaisvaikutuksia työllisyyteen, kokonaistuotukseen, arvonlisäykseen ja verotuloihin. Näin tarkasteltuna aluetalousvaikutusten arvioinnissa otettiin huomioon toimintaan välillisesti liittyvät tuotantovaikutukset sekä muuttuneista palkansaajakorvauksista syntyvät kulutuksen muutokset ja niiden vaikutukset. Esitetyt mallinuksen tulokset eivät sisällä Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan ydinvoimalaitoksen omaa liikevaihtoa, arvonlisäystä, investointeja, tuotannon työvoimatarvetta eikä toiminnasta maksettavia veroja Loviisan voimalaitoksen käytön ajalta. Tuloksissa on kuitenkin mukana Loviisan ydinvoimalaitoksen käyttöiän pidentämisen investointiin ja käytöstäpoistoon liittyvät työntekijät Fortumista sekä heidän palkoistansa pidätettävät tulo- ja kunnallisverot. Mahdollinen käyttöiän pidennys luo tarvetta uusille investoinneille, jotka ovat korkeammat kuin nykyiset keskimääräiset investoinnit. Nämä investoinnit eivät tuo lisää tuotannon työvoimatarvetta voimalaitoksen käyttöorganisaatioon, mutta edellyttävät työvoimaa muun muassa suunnitteluun ja toteutukseen. Nämä vaikutukset ovat mukana mallinnuksen tuloksissa.

Voimalaitoksen tuotannon suoria aluetalousvaikutuksia on käsitelty erikseen luvussa 9.13.3.

9.13.3 Nykytila

Loviisan ydinvoimalaitoksen merkitys Loviisan seudun elinvoimaisuuteen on erittäin suuri ja merkittävä. Ydinvoimalaitoksen nykyinen toiminta ylläpitää ja lisää taloudellista toimeliaisuutta paikallisella, alueellisella ja kansallisella tasolla. Nykytilannetta voidaan tarkastella mm. Tilastokeskuksen aluetilinpidon sekä yritystilastojen kautta, mistä nähdään energiatoimialan (TOL 35) merkitys eri aluetasoilla. Energiatoimialan merkitys esitetty taulukossa 9-34. Loviisan seutukunnassa (Loviisan kaupunki + Lapinjärven kunta) energiatoimialan merkitys alueen elinvoimaisuuden ja rahavirtojen kannalta on erittäin merkittävä, mikä korostuu, kun verrataan sen merkitystä muille maantieteellisille alueille (Taulukko 9-34).

Taulukko 9-34. Energiatoimialan (TOL 35) suorien vaikutusten osuus kokonaisuudesta eri aluetasoilla.

	Loviisa (seutukunta)	Kymenlaakso (maakunta)	Uusimaa (maakunta)	Koko Suomi
Investoinnit (€)	70,6 %	0,4 %	5,0 %	6,1 %
Liikevaihto (€)	32,8 %	2,2 %	2,1 %	2,2 %
Arvonlisäys (€)	40,4 %	2,0 %	2,2 %	2,0 %
Palkansaajakorvaukset (€)	18,4 %	0,7 %	0,9 %	0,8 %
Työllisyys (hlö)	10,5 %	0,4 %	0,6 %	0,5 %
Toimipaikat (kpl)	0,4 %	0,6 %	0,3 %	0,4 %

Loviisan seutukunnassa kaikista uusista investoinneista jopa 70,6 % tapahtuu energiatoimialalla, mikä käytännössä kuvaa hyvin pitkälle Loviisan ydinvoimalaitosta. Tämä on erittäin merkittävä määrä, koska valtakunnallisesti energiatoimialan investoinnit ovat vain 6,1 % kaikista vuosittaisista investoinneista. Loviisan seutukunnassa ydinvoimalaitoksen rooli talouden veturina korostuuikin erittäin paljon. Myös muilla aluetalouden mittareilla (liikevaihto, arvonlisäys, palkansaa-jakorvaukset, työllisyys) mitattuna energiatoimialan merkitys paikallisella tasolla näkyy erittäin merkittävänä.

Aluetalouden tunnusluvuista näkyy myös selkeästi, että ko. toiminta on pääomaintensiivistä toimintaa, sillä euromääräisillä muuttujilla mitattuna energiatoimialan osuus kaikista alueen vaikutuksista on noin 18–70 %, kun taas työpaikkoina mitattuna kuitenkin vain reilu 10 %. Työllisyysvaikutukset (10 % kaikista alueen työllisistä) on kuitenkin selkeästi enemmän kuin keskimäärin Suomessa tai maakuntatasolla Kymenlaak-sossa ja Uudellamaalla, missä energiatoimialan merkitys on vain 0,4–0,6 % kaikista työllisistä, riippuen tarkasteltavasta aluetasosta.

Tilastokeskuksen tunnuslukujen mukaan Loviisassa oli noin 4 900 työpaikkaa vuonna 2017 (Tilastokeskus 2019a; Taulukko 9-35). Loviisassa yhä suurempi osa työvoimasta työskentelee palveluelinkeinoalalla, mutta osuus on kuitenkin selkeästi Uu-denmaan ja koko maan keskiarvoa pienempi. Loviisan tärkeim-piä jalostusalan työnantajia on sähköä tuottava Fortumin Lo-viisan voimalaitos (noin 500 työpaikkaa). Yritystoimipaikkojen määrä vuonna 2017 oli Loviisassa 1 410 (Tilastokeskus 2019b). Jalostuselinkeinojen osuus on Loviisassa maan keskiarvoa suu-rempi. Loviisan alueen yritysrakenteen painopiste on pienessä ja keski-suudessa teollisuudessa. Vuonna 2016 teollisuuden toimipaikkoja oli Loviisassa 99 ja yritysten liikevaihto oli 121 miljoonaa euroa (Kokkonen 2018). Loviisan tuloveroprosentti vuonna 2020 on 20,25 (Kuntaliitto 2020).

Taulukossa 9-36 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4). Aluetalou-dellisten vaikutusten herkkyys arvioitiin paikallisella tasolla (Loviisan seutukunta) erittäin suureksi, alueellisella (Itä-Uu-simaa + Kymenlaakso) tasolla kohtalaiseksi ja kansallisella tasolla vähäiseksi.

9.13.4 Käytön jatkamisen vaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Loviisan ydinvoimalaitoksen kerrannaisvaikutukset aluetalouteen muodostuvat toiminnan edellyttämistä ostoista 20 vuoden ajalta, käytön jatkamiseen liittyvistä ylläpitoinvestoinneista sekä näiden arvoketjuissa maksettavien palkansaajakorvausten muodostamasta kulutuksesta eri aluetasoilla. Mallinnustulokset eivät sisällä Loviisan ydinvoimalaitoksen omaa liikevaihtoa, arvonlisäystä, investointeja, tuotannon työvoimatarvetta eikä toiminnasta maksettavia veroja Loviisan voimalaitoksen käytön ajalta.

Taulukko 9-35. Loviisan kaupunkiin liittyviä tunnuslukuja 2017. (Tilastokeskus 2019a)

Prosenttia %	
Alkutuotanto	5,8
Jalostus	32
Palvelut	59,9
Työttömyysaste	11,2
Työllisyysaste	71,2
Pendelöinti	41,6

Käytön jatkamisen aluetaloudelliset vaikutukset ovat pai-kallisesti, alueellisesti ja kansallisesti suuria. Kerrannaisvai-kutuksina liikevaihtoa muodostuu käytön aikana tehtävien ylläpitoinvestointien sekä toiminnan edellyttämien ostojen seurauksena muille toimialoille Suomessa noin 3,6 miljardia euroa ja työllisyysvaikutuksia noin 26 700 henkilötyövuot-ta (htv). Nämä vaikutukset kohdistuvat kuitenkin pitkälti samoille toimijoille, kenelle ne tälläkin hetkellä käytön aikana kohdistuvat, jolloin esimerkiksi työllisyysvaikutukset tar-koittavat, että olemassa olevat työpaikat säilyvät jatkos-akin enintään vuoteen 2050 asti. Kerrannaisvaikutuksina muodostuvat aluetaloudelliset vaikutukset ovat keskenään summautuvia eri alueilla (Taulukko 9-37). Tulokset eivät sisäl-lä Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan ydinvoimalaitoksen omaa liikevaihtoa, arvonlisäystä, investointeja, tuotannon työvoimatarvetta eikä toiminnasta maksettavia veroja. Nämä voimalaitoksen suorat vaikutukset pysyvät suuruusluokaltaan nykyisen kaltaisina (luku 9.13.3). Tarkasteluajanjaksona oli käytön jatkaminen nykyisten lupien päättymisen jälkeen noin 20 vuodella.

Vaikutusten suuruus arvioitiin paikallisella (Loviisan seu-tukunta), alueellisella tasolla (Itä-Uusimaa + Kymenlaakso) ja kansallisella tasolla (koko Suomi). Laskettujen kerrannaisvai-kutusten suuruus on esitetty suhteessa tuoreimpiin alueti-linpidon (yhden vuoden) tunnuslukuihin. Näin on saatu ku-vattua merkittävyyyttä suhteessa keskeisimpiin aluetalouden tunnuslukuihin, joita ovat: liikevaihto, arvonlisäys, työllisyys, investoinnit ja verot. Käytön jatkamisen vaikutusten suuruus alueittain keskimäärin vuositasolla sekä koko tarkasteluajan-jaksolta on esitetty taulukossa 9-38.

Taulukko 9-36. Vaikutuskohteen herkkyys: aluetalous.

Vaikutuskohteen herkkyys: aluetalous	
Vaikutuskohteen herkkyyttä arvioitiin mm. alueen elinkeinorakenteen, työttömyyden, julkisen talouden sekä väestökehityksen avulla.	
Vähäinen	Kansallinen taso Alueella on mm. monipuolinen elinkeinorakenne, alhainen työttömyys, kasvava väestökehitys, monipuoliset julkiset ja yksityiset palvelut, uusien yritysten määrä kasvaa.
Kohtalainen	Alueellinen taso (Itä-Uusimaa + Kymenlaakso) Alueella on mm. tasapainoinen elinkeinorakenne, vakaa kuntatalous, tasapainoinen väestörakenne, vakaa työllisyystilanne ja riittävä palvelutarjonta.
Erittäin suuri	Paikallinen taso (Loviisan seutukunta) Alueella on mm. erittäin yksipuolinen elinkeinorakenne, korkea työttömyys, väestön määrä vähenee nopeasti, rajallinen palveluntarjonta tai palveluita ei saatavilla.

Taulukko 9-37. Käytön jatkamisen aluetaloudelliset kerrannaisvaikutukset muille toimialoille paikallisella, alueellisella ja kansallisella tasolla. Alueelliset tiedot ovat summautuvia, jolloin Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso ei sisällä Loviisan lukuja, millä vältetään kaksinkertainen laskenta.

	Loviisa	Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso	Muu Suomi	Koko Suomi yhteensä
Kesto	20 vuotta	20 vuotta	20 vuotta	20 vuotta
Liikevaihto	524 M€	864 M€	2 224 M€	3 612 M€
Arvonlisäys	289 M€	442 M€	1 061 M€	1 792 M€
Työllisyys	5 111 htv	9 624 htv	11 978 htv	26 714 htv
Uudet investoinnit	87 M€	104 M€	307 M€	499 M€
Verot	264 M€	332 M€	439 M€	1 036 M€

Taulukko 9-38. Käytön jatkamisen aluetaloudellisten kerrannaisvaikutusten suuruus. Laskettujen kerrannaisvaikutusten suuruus on esitetty suhteessa tuoreimpiin aluetilinpidon (yhden vuoden) tunnuslukuihin.

	Loviisa	Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso	Koko Suomi
Kumulatiivinen vaikutus koko tarkasteluajanjaksolta			
Kesto	20 vuotta	20 vuotta	20 vuotta
Liikevaihto	55 %	6 %	0,8 %
Arvonlisäys	52 %	8 %	0,9 %
Työllisyys	92 %	14 %	1,0 %
Uudet investoinnit	29 %	7 %	0,9 %
Verot	107 %	13 %	1,9 %
Keskimääräinen vaikutus per vuosi			
Liikevaihto	2,8 %	0,28 %	0,04 %
Arvonlisäys	2,6 %	0,39 %	0,04 %
Työllisyys	4,6 %	0,69 %	0,05 %
Uudet investoinnit	1,4 %	0,37 %	0,04 %
Verot	5,3 %	0,66 %	0,1 %

Tulosten perusteella nähdään, että käytön jatkamisesta seuraavat aluetalousvaikutukset ovat varsin merkittäviä erityisesti paikallisella tasolla, missä kerrannaisvaikutuksina muodostuu noin 1,4–5,3 % kaikista aluetalousvaikutuksista Loviisan seutukunnassa. Tulokset eivät sisällä energiatoi- mialan suoria taloudellisia vaikutuksia, mitkä ovat olleet viimeisimpien aluetaloustilastojen mukaan suuruusluokkaa 10–70 % ja niitä on kuvattu tarkemmin luvussa 9.13.3 sekä taulukossa 9-34.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen seurauk- sena olemassa oleva kysyntä myös säilyy 20 vuotta pidem- pään, millä on vaikutuksia muille toimialoille ja toimijoille niin Itä-Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa kuin myös muualla Suomessa. Nämä vaikutukset ovat kumulatiivisesti arvioituna Itä-Uudellemaalle ja Kymenlaaksoon noin 864 M€ ja kokonai- suudessaan Suomessa noin 3 600 M€.

9.13.5 Käytöstäpoiston vaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Loviisan ydinvoimalaitoksen vaikutukset aluetalouteen syntyvät käytöstäpoiston aikana muodostuvasta uudesta kysynnästä eri toimialoille sekä arvoketjussa maksettavien palkansaajakorvausten muodostamasta kulutuksesta eri aluetasoilla. Uusi kysyntä kohdistuu erityisesti materiaalien kierrätykseen ja purkuun.

Jos Loviisan ydinvoimalaitoksen toimintaa ei jatketa nykyis- ten käyttölupien jälkeen, edellisissä luvuissa kuvattu kysyntä poistuu aluetaloudesta. Käytöstäpoisto saa aikaan taloudel- lista toimeliaisuutta voimalaitoksen nykyisestä toiminnasta poikkeavilla toimialoilla, kun käyttö on päättynyt ja ydinvoi- malaitos on edennyt seuraavaan elinkaaren vaiheeseen. Käy- töstäpoiston kumulatiiviset vaikutukset alueittain on esitetty taulukossa 9-39. Tulokset eri alueilla ovat keskenään sum- mautuvia. Tarkasteluajanjaksona oli 30 vuotta, mikä ajoittuu käytön jatkamisesta riippuen joko ajanjaksolle 2030–2060 tai ajanjaksolle 2050–2080. Kummassakin tapauksessa vai- kutukset ovat kuitenkin samankaltaiset ja niiden realisoitumi- nen aluetalouteen ainoastaan ajoittuu eri ajanjaksoon.

Käytöstäpoisto saa kumulatiivisesti aikaan noin 17 500 henkilötyövuoden työvoimatarpeenkysynnän, mikä jakautuu olemassa olevien suunnitelmien sekä eri alueiden sosioeko- nomisten rakenteiden mukaan Loviisan seutukunnan alueelle noin 22 %, muualla Itä-Uudellemaalle ja Kymenlaaksoon noin 35 % ja muualla Suomeen noin 43 %. Myös muut aluetaloudel- liset vaikutukset jakautuvat eri alueiden välillä, mitä on avattu tarkemmin taulukossa 9-39.

Vaikutusten suuruus arvioitiin paikallisella (Loviisan seu- tukunta), alueellisella tasolla (Itä-Uusimaa + Kymenlaakso) ja

kansallisella tasolla (koko Suomi). Laskettujen kerrannaisvai- kutusten suuruus on esitetty suhteessa tuoreimpiin aluetilin- pidon (yhden vuoden) tunnuslukuihin. Näin on saatu kuvattua merkittävyyttä suhteessa keskeisimpiin aluetalouden tunnuslukuihin, joita ovat: liikevaihto, arvonlisäys, työllisyys, investoinnit ja verot. Käytöstäpoiston vaikutusten suuruus alueittain keskimäärin vuositasolla sekä koko tarkasteluajan- jaksolta on esitetty taulukossa 9-40.

Vaikutusten suuruus arvioitiin paikallisella (Loviisan seu- tukunta), alueellisella tasolla (Itä-Uusimaa + Kymenlaakso) ja kansallisella tasolla (koko Suomi). Vaikutusten suuruus on kuvattu aluetaloudellisten tunnuslukujen suhteessa tuoreim- piin aluetilinpidon mukaisiin kokonaisvaikutuksiin. Näin on saatu kuvattua merkittävyyttä suhteessa keskeisimpiin alue- talouden tunnuslukuihin, joita ovat: liikevaihto, arvonlisäys, työllisyys, investoinnit ja verot. Käytöstäpoiston vaikutusten suuruus alueittain keskimäärin vuositasolla sekä koko tarkas- teluajanjaksolta on esitetty taulukossa (Taulukko 9-40).

Tulosten perusteella nähdään, että käytöstäpoiston seurauksena muodostuu taloudellisia vaikutuksia, mitkä ovat uutta kysyntää ja jota ei ole olemassa tällä hetkellä. Nämä taloudelliset vaikutukset ovat vuositasolla Loviisan seutukun- nassa noin 0,5–2,3 %, Itä-Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa noin 0,11–0,31 % ja muualla Suomessa noin 0,02–0,04 % kaikista alueiden vaikutuksista viimeisimmän aluetilinpi- don tietojen perusteella. Samanaikaisesti aluetalouksista kuitenkin poistuu nykyiset käytönajan taloudelliset vaikutuk- set. Käytönajan vaikutukset ja käytöstäpoiston vaikutukset kohdistuvat kuitenkin pääosin eri toimialoille ja toimijoille, jolloin vaikutukset ovat osalle toimijoista positiivisia ja osalle toimijoista negatiivisia. Aluetalousvaikutusten arvioinnin yhteydessä ei kuitenkaan mallinnettu nettovaikutuksia vaan arvioitiin, millaisia vaikutuksia seuraa Loviisan ydinvoima- laitoksen eri elinkaaren vaiheissa tehtävistä toimista muille yrityksille ja toimialoille paikallisella tasolla Loviisan seutu- kunnassa, alueellisella tasoilla Itä-Uudellamaalla ja Kymen- laaksossa sekä valtakunnallisella tasolla muualla Suomessa.

9.13.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Teoreettiset vaikutukset aluetalouteen muodostuvat arvo- ketjussa yksittäisten jäte-erien vastaanotosta, käsittelystä, välivarastoinnista ja loppusijoituksesta. Tämänhetkisten arvioiden mukaan yksittäiset erät vastaavat noin yhtä täytttä kuormaa vuodessa, jolloin muualla Suomessa muodostunei- den radioaktiivisten jätteiden vastaanotto on niin pieni- muotoista toimintaa, ettei sillä ole mitattavia taloudellisia vaikutuksia. Toiminta totutetaan hyödyntämällä jo olemassa olevia resursseja ja muita ydinvoimalaitoksen toimintoja varten tehtäviä investointeja. Näin ollen muualla Suomessa

Taulukko 9-39. Käytöstäpoiston aluetaloudelliset vaikutukset paikallisella, alueellisella ja kansallisella tasolla. Alueelliset tiedot ovat summautuvia, jolloin Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso ei sisällä Loviisan lukuja, millä vältetään kaksinkertainen laskenta.

	Loviisa	Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso	Muu Suomi	Koko Suomi yhteensä
Kesto	30 vuotta	30 vuotta	30 vuotta	30 vuotta
Liikevaihto	311 M€	502 M€	1 444 M€	2 257 M€
Arvonlisäys	176 M€	273 M€	702 M€	1 151 M€
Työllisyys	3 815 htv	6 055 htv	7 664 htv	17 534 htv
Uudet investoinnit	45 M€	69 M€	194 M€	308 M€
Verot	151 M€	205 M€	292 M€	648 M€

Taulukko 9-40. Käytöstäpoiston aluetaloudellisten vaikutusten suuruus. Laskettujen kerrannaisvaikutusten suuruus on esitetty suh- teessa tuoreimpiin aluetilinpidon (yhden vuoden) tunnuslukuihin.

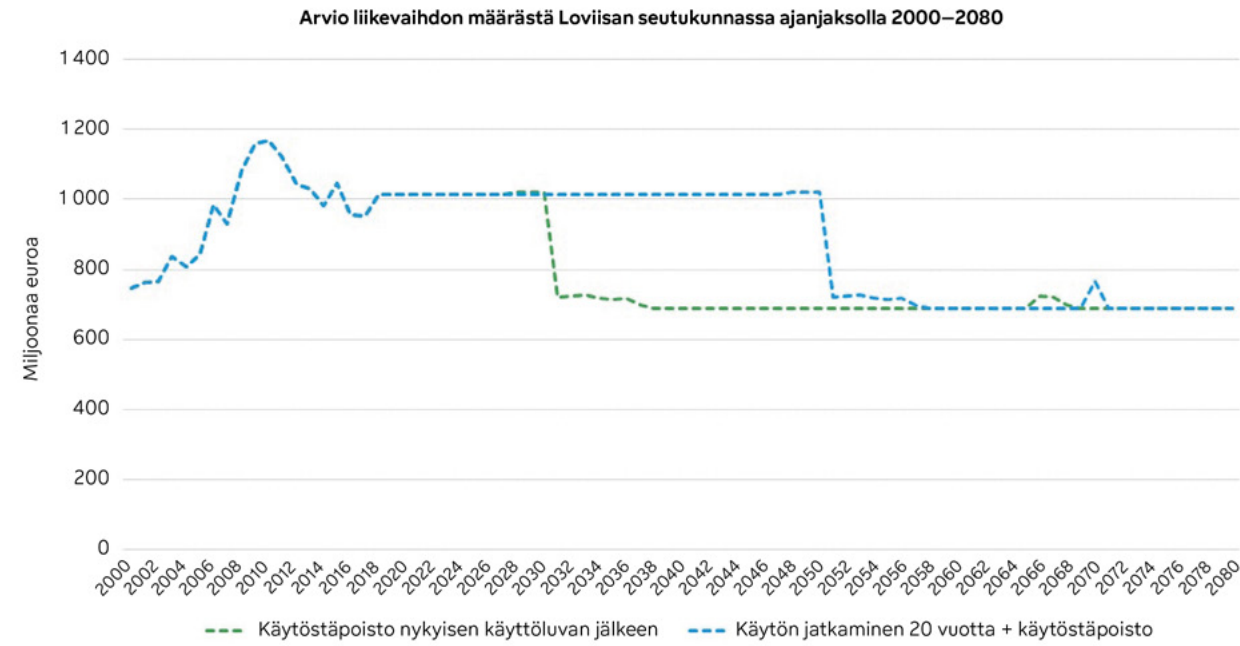
	Loviisa	Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso	Muu Suomi
Kumulatiivinen vaikutus koko tarkasteluajanjaksolta			
Kesto	30 vuotta	30 vuotta	30 vuotta
Liikevaihto	33 %	3 %	0,5 %
Arvonlisäys	32 %	5 %	0,6 %
Työllisyys	69 %	9 %	0,7 %
Uudet investoinnit	15 %	4 %	0,5 %
Verot	61 %	8 %	1,2 %
Keskimääräinen vaikutus per vuosi			
Liikevaihto	1,1 %	0,11 %	0,02 %
Arvonlisäys	1,1 %	0,16 %	0,02 %
Työllisyys	2,3 %	0,31 %	0,02 %
Uudet investoinnit	0,5 %	0,14 %	0,02 %
Verot	2,0 %	0,26 %	0,04 %

muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotosta ei muodostu myöskään erikseen maksettavia palkansaajakorvauksia ja sen kautta ei muodostu uutta kulutuskysyntää eri alueille.

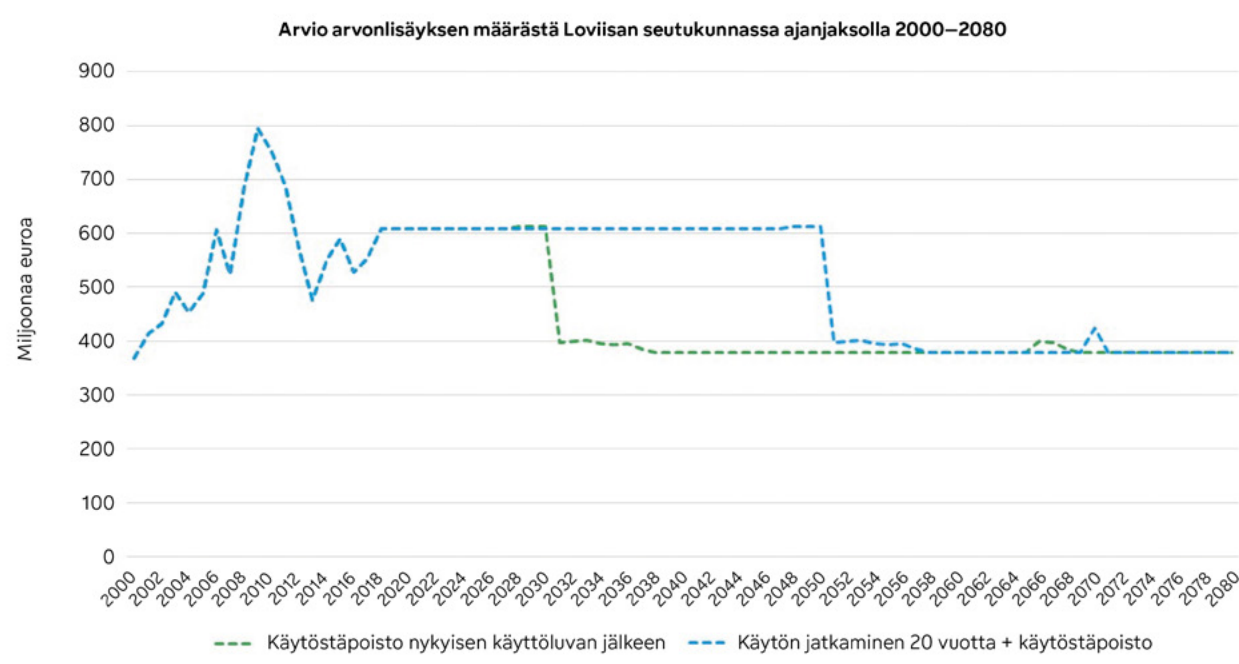
9.13.7 Vaikutusten merkittävyys

Käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston aluetaloudellisia vaikutuksia sekä niiden ajallista toteutumista on havainnollistettu paikallisella tasolla (Loviisan seutukunta) liikevaihdon, arvonlisäyksen ja työllisyyden kautta kuvissa 9-20, 9-21 ja 9-22. Ajanjakso 2000–2018 perustuu Tilastokeskuksen raportoimaan toteutuneeseen liikevaihdon, arvonlisäyksen

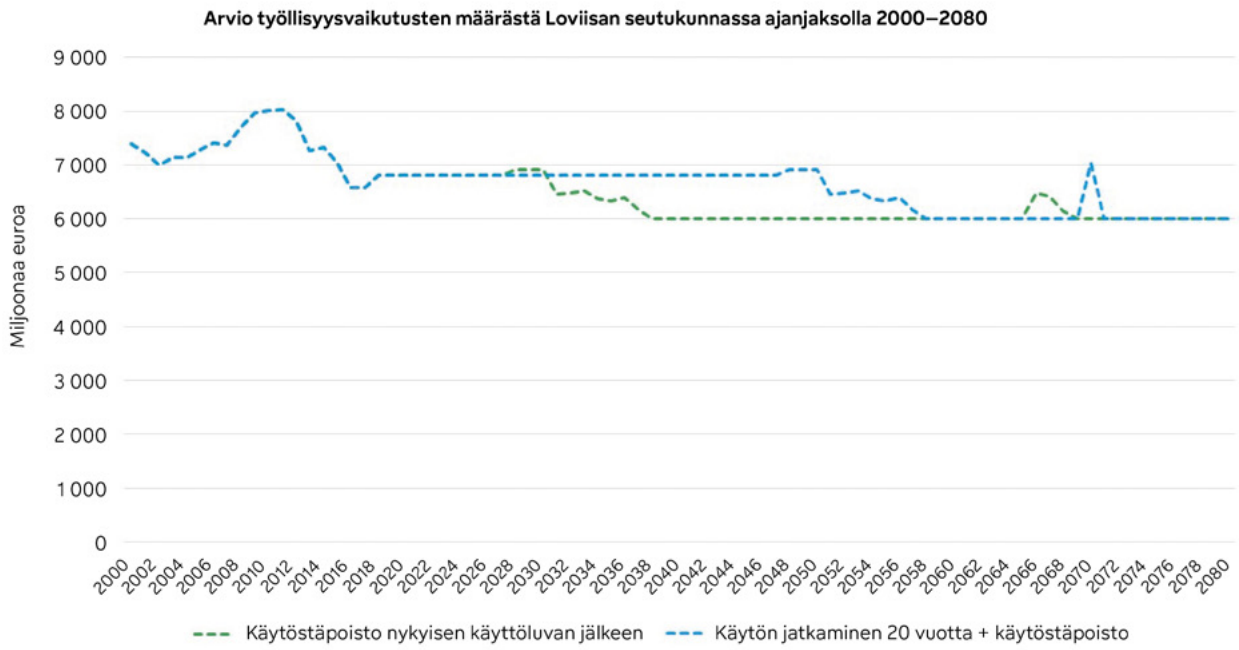
ja työvoimatarpeen määrään. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen vaikutus liikevaihtoon, arvonlisäykseen ja työvoiman tarpeeseen oletettiin olevan saman verran kuin viimeisimpänä aluetilinpidon tilastointivuonna 2018. Käytöstäpoiston vaikutukset liikevaihtoon, arvonlisäykseen ja työvoiman tarpeeseen perustuvat mallinnuksen tuloksiin, missä määrästä on poistettu ydinvoimalaitoksen käytönaikaiset vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen ja tuloksiin on lisätty käytöstäpoiston vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen. Käytön päättymisen jälkeen alueen liikevaihto päättyy uudelle tasolle, mikä on noin 32 % vähemmän kuin vuonna 2018. Vastaavasti arvonlisäys on noin 38 % matalammalla tasolla ja työllisyys noin 12 % matalammalla tasolla.



Kuva 9-20. Arvio liikevaihdon määrästä Loviisan seutukunnassa ajanjaksolla 2000–2080. Ajanjakso 2000–2018 perustuu Tilastokeskuksen raportoimaan toteutuneeseen määrään. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen vaikutus liikevaihtoon oletettiin olevan saman verran kuin viimeisimpänä aluetilinpidon tilastointivuonna 2018. Käytöstäpoiston vaikutukset perustuvat kerrannaisvaikutusten osalta mallinnuksen tuloksiin ja suorien vaikutusten osalta Tilastokeskuksen raportoimiin aluetilinpidon tietoihin. Kuvaajassa alueellisesta määrästä on poistettu ydinvoimalaitoksen käytönaikaiset vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen ja tuloksiin on lisätty käytöstäpoiston vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen.



Kuva 9-21. Arvio arvonlisäyksen määrästä Loviisan seutukunnassa ajanjaksolla 2000–2080. Ajanjakso 2000–2018 perustuu Tilastokeskuksen raportoimaan toteutuneeseen määrään. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen vaikutus arvonlisäykseen oletettiin olevan saman verran kuin viimeisimpänä aluetilinpidon tilastointivuonna 2018. Käytöstäpoiston vaikutukset perustuvat kerrannaisvaikutusten osalta mallinnuksen tuloksiin ja suorien vaikutusten osalta Tilastokeskuksen raportoimiin aluetilinpidon tietoihin. Kuvaajassa alueellisesta määrästä on poistettu ydinvoimalaitoksen käytönaikaiset vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen ja tuloksiin on lisätty käytöstäpoiston vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen.



Kuva 9-22. Arvio työvoimatarpeen määrästä Loviisan seutukunnassa ajanjaksolla 2000–2080. Ajanjakso 2000–2018 perustuu Tilastokeskuksen raportoimaan toteutuneeseen määrään. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen vaikutus työvoimatarpeeseen oletettiin olevan saman verran kuin viimeisimpänä aluetilinpidon tilastointivuonna 2018. Käytöstäpoiston vaikutukset perustuvat kerrannaisvaikutusten osalta mallinnuksen tuloksiin ja suorien vaikutusten osalta Tilastokeskuksen raportoimiin aluetilinpidon tietoihin. Kuvaajassa alueellisesta määrästä on poistettu ydinvoimalaitoksen käytönaikaiset vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen ja tuloksiin on lisätty käytöstäpoiston vaikutukset kerrannaisvaikutuksineen.

Taulukko 9-41. Vaikutusten merkittävyys: aluetalous (Loviisan seutukunta).

Vaikutusten merkittävyys: aluetalous (Loviisan seutukunta)			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Erittäin suuri	Erittäin suuri myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on erittäin suuri myönteinen, koska voimalaitoksen toiminta jatkuu nykyisen kaltaisena seuraavat 20 vuotta, jolloin lisäkäyttövuosien aikana kertyy merkittäviä suoria aluetaloudellisia vaikutuksia. Liikevaihtoa muodostuu lisäksi muille toimialoille kerrannaisvaikutuksina yli 500 M€, arvonlisäystä yli 280 M€ ja työvoimantarvetta yli 5 000 htv.
Käytöstäpoisto	Erittäin suuri	Suuri myönteinen	Vaikutuksen merkittävyys on suuri myönteinen, sillä vaikka käytön loputtua sen aikana syntyneet aluetalousvaikutukset lakkaavat, syntyy käytöstäpoiston aikana eri toimijoille ja toimialoille aluetaloudellisia vaikutuksia. Voimalaitoksen käytön loputtua sen aikana syntyneet aluetalousvaikutukset lakkaavat. Käytöstäpoiston aikana uutta kysyntää muodostuu yli 300 M€, arvonlisäystä yli 170 M€ ja työvoimantarvetta yli 3 800 htv. Aluetalousvaikutukset lakkaavat kun käytöstäpoisto päättyy.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Erittäin suuri	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta, koska toiminta on niin pienimuotoista, ettei sillä ole mitattavia aluetaloudellisia vaikutuksia.

Taulukko 9-42. Vaikutusten merkittävyys: aluetalous (Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso).

Vaikutusten merkittävyys: aluetalous (Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso)			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen	Kohtalainen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen myönteinen, koska voimalaitoksen toiminta jatkuu nykyisen kaltaisena seuraavat 20 vuotta, jolloin lisäkäyttövuosien aikana kertyy merkittäviä suoria aluetaloudellisia vaikutuksia. Liikevaihtoa muodostuu muille toimialoille kerrannaisvaikutuksina yli 1 300 M€, arvonlisäystä 731 M€ ja työvoimantarvetta yli 14 700 htv.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen	Vähäinen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen, sillä vaikka käytön loputtua sen aikana syntyneet aluetalousvaikutukset lakkaavat, syntyy käytöstäpoiston aikana eri toimijoille ja toimialoille aluetaloudellisia vaikutuksia. Voimalaitoksen käytön loputtua sen aikana syntyneet aluetalousvaikutukset lakkaavat. Käytöstäpoiston aikana uutta kysyntää muodostuu kerrannaisvaikutuksina yli 800 M€, arvonlisäystä yli 440 M€ ja työvoimantarvetta yli 9 800 htv. Aluetalousvaikutukset lakkaavat kun käytöstäpoisto päättyy.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta, koska toiminta on niin pienimuotoista, ettei sillä ole mitattavia aluetaloudellisia vaikutuksia.

Taulukko 9-43. Vaikutusten merkittävyys: aluetalous (koko Suomi).

Vaikutusten merkittävyys: aluetalous (koko Suomi)			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Vähäinen	Vähäinen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen, koska voimalaitoksen toiminta jatkuu nykyisen kaltaisena seuraavat 20 vuotta, jolloin lisäkäyttövuosien aikana kertyy merkittäviä suoria aluetaloudellisia vaikutuksia. Liikevaihtoa muodostuu ydinvoimalaitoksen lisäksi muille toimialoille kerrannaisvaikutuksina yli 3 600 M€. Uudesta liikevaihdesta arvonlisäystä on yli 1 700 M€ ja työvoimantarvetta muodostuu eri toimialoille noin 26 700 htv.
Käytöstäpoisto	Vähäinen	Vähäinen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen, sillä vaikka käytön loputtua sen aikana syntyneet aluetalousvaikutukset lakkaavat, syntyy käytöstäpoiston aikana eri toimijoille ja toimialoille aluetaloudellisia vaikutuksia. Voimalaitoksen käytön loputtua sen aikana syntyneet aluetalousvaikutukset lakkaavat. Käytöstäpoiston aikana uutta kysyntää muodostuu kerrannaisvaikutuksina yli 2 200 M€, arvonlisäystä yli 1 150 M€ ja työvoimantarvetta yli 17 500 htv. Aluetalousvaikutukset lakkaavat kun käytöstäpoisto päättyy.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Vähäinen	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta, koska toiminta on niin pienimuotoista, ettei sillä ole mitattavia aluetaloudellisia vaikutuksia.

Taulukoissa 9-41, 9-42 ja 9-43 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4). Tarkastelukohteena oli vaikutukset paikallisesti Loviisan seutukunnassa, alueellisesti Itä-Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa ja kansallisesti Suomessa.

9.13.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Haitallisia vaikutuksia muodostuu aluetalouteen, kun Loviisan ydinvoimalaitoksen toiminta lakkaa ja samalla voimalaitoksen ympärillä oleva taloudellinen toiminta päättyy. Tätä vaikutusta voidaan siirtää tulevaisuuteen jatkamalla käyttöä. Tämä ei kuitenkaan lievennä vaikutuksia vaan siirtää niitä tulevaisuuteen. Kun laitos on elinkaarensa päässä, käytöstäpoiston aikana muodostuu myös merkittäviä taloudellisia vaikutuksia, mitkä kohdistuvat kuitenkin pääosin eri toimialoille kuin käytön aikana muodostuvat kerrannaisvaikutukset. Aluetalouden näkökulmasta käytöstäpoiston aikainen toiminta kuitenkin lieventää haitallisia vaikutuksia ja siirtymä uuteen talouden tasapainoon, kun alueella ei ole enää Fortumin ydinvoimalaitoksen toimintaa, tulee olemaan pidempikestoinen. Käytöstäpoiston aikana aluetalouteen ja elinkeinoelämään kohdistuvat haitalliset vaikutukset ovat lähinnä työvoiman

kysyntään ja tarjontaan (kohtaantoon) liittyvät ongelmat sekä alueen työnantajien näkökulmasta mahdollinen työvoiman kallistuminen työn kysynnän kasvaessa. Mahdollisia haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää mm. hankkimalla ostopalveluita kattavasti eri toimijoilta sekä mahdollisuuksien mukaan myös eri alueilta, jolloin työn kysynnän ja tarjonnan kohtaamisessa ei tule äkillisiä muutoksia. Käytöstäpoiston jälkeisiä negatiivisia vaikutuksia aluetalouteen voitaisiin lieventää jatkamalla jotain muuta teollista toimintaa voimalaitosalueella. Tätä tukee käytöstäpoisto brownfield-periaatteen mukaisesti, jolloin jatkokäyttöä palveleva infrastruktuuri jätettäisiin paikoilleen.

9.13.9 Epävarmuustekijät

Mallinnuksessa on arvioitu nykyisten suunnitelmien mukaisen tilanteen toteutumista, jolloin aluetalousvaikutusten realisointuminen on kiinni siitä, tehdäänkö käytöstäpoisto nykyisten suunnitelmien mukaisesti sekä onko toiminta tulevaisuudessa sellaista, kuin on ennustettu. Kerrannaisvaikutukset muodostuvat ostettavien tuotteiden ja palveluiden kautta, jolloin niiden hintataso vaikuttaa syntyviin kerrannaisvaikutuksiin.

9.14 MAA- JA KALLIOPERÄ

9.14.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen tapauksessa vaikutukset rajoittuvat mahdollisten uusien rakennusten maanrakennustöihin. Käytön jatkamisesta ei aiheudu nykytilasta poikkeavia vaikutuksia alueen maa- ja kallioperään.
Käytöstäpoistossa vaikutuksia syntyy VLJ-luolan laajennusta varten tehtävästä kalliolouhinnasta. Laajennus toteutetaan nykyisen VLJ-luolan tavoin siten, että kallioperän merkittävät rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja. VLJ-luolan laajennus on tilavuudeltaan pienempi luolan nykyiseen tilavuuteen nähden. Alueen nykytilaan verrattuna kallioperään kohdistuvat vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään vähäisiksi.
Muulla Suomessa muodostuneiden jätteiden määrä ja ominaisuudet huomioidaan VLJ-luolan laajennuksessa ja turvallisuusperustelussa eikä niillä siten ole merkityksellistä vaikutusta maa- ja kallioperään.

9.14.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Vaikutusten arviointi on laadittu asiantuntija-arviona Hästholmenin alueen maaperää ja kallioperää koskeviin aiempiin tutkimus- ja kartoitusaineistoihin perustuen. Lisäksi on hyödynnetty Hästholmenin pohjavesimallissa esitettyjä tietoja alueen kallioperästä. Loppusijoituspaikatutkimuksissa Hästholmenille ja sen lähialueelle on porattu yli 30 tutkimus-reikää, joista noin 20 ulottuu loppusijoitustilojen syvyydelle, ja syvimmat ulottuvat jopa 600–1 000 metrin syvyydelle. Suurin osa rei’istä sijoittuu loppusijoitustilojen läheisyyteen.

9.14.3 Nykytila

Hästholmenin saari sijaitsee Loviisan rannikkovyöhykkeellä ja alueen korkokuva on yleisesti tasainen ja matala. Alueelle tunnusomaista ovat saarien runsas lukumäärä sekä syvälle mantereen sisään työntyvät merenlahdet ja pitkät niemet, joissa on havaittavissa selvä luode-kaakkoinen suuntaus. Merenlahdet kuvastavat kallioperän rikkonaisuusvyöhykeitä, joiden muotoja mannerjään kuluttava toiminta on vielä korostanut.

Hästholmenin saari kohoaa korkeimmillaan noin 16 metriä merenpinnantason yläpuolelle. Saarta ympäröivän meren pohja on yleisesti 5–10 metrin syvyydellä, mutta paikallisesti esiintyy myös 15 metrin syvänteitä. Kallio on saarella suureksi osaksi paljastunut tai vain ohuen maakerroksen peittämä. Saaren etelä- ja itäpuolella kallionpinnan on todettu painuvan maakerrosten alla paikallisesti jopa 60–70 metrin syvyyteen (Anttila 1988). Näitä painanteita lukuun ottamatta kallionpinta sijaitsee Hästholmenin lähivesialueilla yleensä alle 20 metrin syvyydellä merenpinnasta.

Hästholmenin alueen maaperä muodostuu pääasiassa kivisestä ja lohkareisesta moreenista. Moreenikerroksen

paksuus on saarella paksuimmillaan yleensä muutamia metrejä. Voimalaitosalueella on rakentamisen yhteydessä tehty runsaasti maansiirtotöitä, minkä vuoksi alkuperäinen maanpinta on monin paikoin erilaisten täyttömassojen peitossa. Merenpohjassa olevat maakerrokset ovat pääosin moreenia tai karkearakeisia maalajeja, soraa ja hiekkaa, joiden päälle on paikoin kerrostunut savea ja silttiä. Paksumpia maakerroksia esiintyy Hästholmenin itäpuolella syvänteessä, jossa maakerrosten kokonaispaksuus on noin 60 metriä.

Hästholmenin kallioperä on Loviisan alueelle tyypillistä rapakivigraniittia, joka voi esiintyä useana erilaisena muunnoksena. Yleisimpänä muunnoksena Hästholmenilla on pyterliitti. Päämineraaleina ovat kalimaasälpä, plagioklaasi, kvartsi, biotiitti ja sarvivälke. Tyypillinen aksessorinen mineraali on fluoriitti. Kyseinen kivilaatu on yleensä rapautumatonta sekä massamaista ja sillä on hyvät lujuusominaisuudet. Rapakivelle paikoin ominaista rapautumisilmiötä, moroutumista, on todettu esiintyvän lähinnä syvemmällä kallion rikkonaisuusvyöhykkeissä (Anttila 1988).

Hästholmenin kalliopaljastumissa vallitsee kaksi lähes pystysuoraa pääarakosuuntaa, koillinen-lounas ja luode-kaakko. Kolmas kallion pääarakosuunta viettää loivasti itään/koilliseen. Rakoilutyyppi on siten kokonaisuudessaan lähes kuutio-mainen. Lisäksi kalliotutkimusten perusteella on havaittu rikkonaisuusvyöhykkeitä, joissa rakoilu on tiheämpää kuin muualla kalliossa. Rikkonaisuusvyöhykkeet johtavat merkittävästi paremmin vettä kuin niiden välinen ehjä kallioperä (Anttila ym. 1999). Pohjaveden virtauksen kannalta keskeisiä kallioperän rakenteita on kuvattu luvussa 9.15. Hästholmenin saaren kallioperään noin 110 metrin syvyyteen louhittu VLJ-luola on suunniteltu siten, että merkittävät rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja. Kallion rapautuminen heikentää, erityisesti rikkonaisuuteen liittyessään, aina jossain määrin kalliomassan lujuusominaisuuksia. Toisaalta rapautumisen tuloksena muodostuneet sekundäärimineraalit lisäävät kallion kykyä pidättää pohjaveden mukana kulkeutuvia aineita, kuten esim. radionuklideja.

VLJ-luolan tiloissa on toteutettu vuodesta 1997 lähtien kalliomekaanista seurantaohjelmaa, jossa kallion paikallisia muodonmuutoksia ja jännitystilan muutoksia tutkitaan lämpötila-, ekstensometri-, fissurometri-, kuormitus- ja konvergensimittauksilla. Havaintojen mukaan kallion liikunnat ja muutokset jännitystiloissa ovat olleet pieniä ja johtuvat suurimmalta osalta lämpötilavaihtelusta. Louhintatöiden vaikutukset on havaittu mittaustuloksissa, mutta nekään eivät ole merkittävästi vaikuttaneet kalliotilojen lähiympäristön kallioperään. Seurantaohjelman tuloksia on lisäksi täydennetty kalliomekaanisella simuloinnilla, jonka mukaan nykyinen kalliomekaaninen seurantaverkko on riittävä havainnoimaan luolaston alueella tapahtuvia liikkeitä. Seurantaohjelmaa on tarkasteltu vuonna 2020 laaditussa VLJ-luolan määrääkaaisessa turvallisuusarviossa, ja sen on arvioitu olevan riittävän laaja ja kattava.

Taulukossa 9-44 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyks sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

Taulukko 9-44. Vaikutuskohteen herkkyyks: maa- ja kallioperä.

Vaikutuskohteen herkkyyks: maa- ja kallioperä	
Herkkyyden arviointikriteereinä ovat vaikutuskohteen geologiset arvot sekä alueen nykytila ja luonnontilaisuus.	
Vähäinen	Kohteen herkkyyks on vähäinen, koska voimalaitosalueen maa- ja kallioperällä ei ole erityistä arvoa niiden geologisten ominaisuuksien vuoksi ja kohteen maaperää sekä kallioperää on jo muokattu.

9.14.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkaminen ei edellytä aiemmin louhittujen kalliotilojen laajennusta. Vaikutuksia muodostuu lähinnä mahdollisten uusien rakennusten maanrakennustöistä.

Matala- ja keskiaktiiviselle jätteelle tarkoitettu VLJ-luola on jo suurelta osin rakennettu ja sinne on loppusijoitettu voimalaitoksen käytön aikaista huoltojätettä ja kiinteytettyä neste-mäistä jätettä. Aiemmin louhittujen kalliotilojen kapasiteetti riittää myös voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana syntyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen, eikä käytön jatkaminen edellytä kalliotilojen laajennusta.

Käytön jatkamisen tapauksessa maa- ja kallioperään kohdistuvat vaikutukset liittyvät alueella tehtävään rakentamiseen (mm. uudet varasto- ja hallirakennukset). Uudet rakennukset sijoittuvat jo rakennetuille alueille tai vanhojen rakennusten tilalle, joten Hästholmenin saarelta ei ole tarvetta ottaa käyttöön rakennusalueeksi uutta maa-aluetta. Rakentamisen vaikutukset kohdistuvat maanpintaosiin ja ovat vaikutuksiltaan rinnastettavissa tavanomaiseen maanrakennukseen. Käytön jatkamisesta ei aiheudu nykytilasta poikkeavia vaikutuksia alueen maa- ja kallioperään.

Kemikaaleihin, polttoöljyyn ja voiteluöljyyn liittyvät kuljetusonnettomuudet saattavat aiheuttaa maaperän pilaantumista. Poikkeus- ja onnettomuustilanteita käsitellään luvussa 9.22. Kemikaalien ja öljyjen varastointi- ja käyttömäärät vuositasolla pysyvät samana. Maaperään kohdistuvien mahdollisten riskien kannalta ei siten aiheudu muutosta.

9.14.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Merkittävin vaikutus aiheutuu VLJ-luolan laajennuksesta. Laajennus toteutetaan nykyisen VLJ-luolan tavoin siten, että kallioperän merkittävät rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja. Laajennus on tilavuudeltaan pienempi luolan nykyiseen tilavuuteen nähden.

Merkittävin kallioperään kohdistuva vaikutus aiheutuu yli 100 metrin syvyyteen maanpinnasta sijoittuvan VLJ-luolan laajennuksesta ja siihen liittyvästä kalliolouhinnasta. Laajennuksen yhteydessä louhitaan noin 71 000 m³ kalliota (rapakivigraniittia), jonka tilavuus louheena on noin 100 000 m³. Laajennuksen jälkeen VLJ-luolan kokonaistilavuus on noin 188 000 m³.

VLJ-luolan laajennuksen suunnittelussa huomioidaan alueen kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeet, joiden sijainti on mallinnettu alueen kallioperäkairauksiin perustuen. Tarvittaessa tutkimustietoja täydennetään lisäkairauksin. Laajennus toteutetaan nykyisen VLJ-luolan tavoin siten, että kallioperän merkittävät rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja.

VLJ-luolan laajennuksessa syntyvä kivilouhe on suunniteltu hyödynnettäväksi ensisijaisesti täyttömateriaalina, kun VLJ-luola suljetaan. Muita louheen käyttömahdollisuuksia on käsitelty tarkemmin luvussa 5.8.6. VLJ-luolan sulkemisen yhteydessä mursketäyttöjen lisäksi jätetilojen suuaukoille, kuiluihin, kuilujen suuaukoille maanpinnalla ja kallion rikkonaisuusvyöhykkeiden reuna-alueille on suunniteltu rakennettavan yhden sekä viiden metrin paksuisia teräsbetonisia tulppia.

Alueen maa- ja kallioperään kohdistuvan muutoksen suuruuden arvioidaan olevan *vähäinen kielteinen*.

9.14.6 Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muulla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden määrä on enintään 2 % VLJ-luolaan sijoitettavasta voimalaitokselta syntyvästä kokonaisjätelmäystä. Muulla Suomessa muodostuneiden jätteiden määrä ja ominaisuudet huomioidaan VLJ-luolan laajennuksessa ja pitkäaikaisturvallisuusperustelussa eikä niillä siten ole merkityksellistä vaikutusta maa- ja kallioperään.

Taulukko 9-45. Vaikutusten merkittävyys: maa- ja kallioperä.

Vaikutusten merkittävyys: maa- ja kallioperä			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska käytön jatkamisesta ei aiheudu nykytilasta poikkeavia vaikutuksia alueen maa- ja kallioperään. Vaikutukset rajoittuvat mahdollisten uusien rakennusten maanrakennustöihin.
Käytöstäpoisto	Vähäinen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen, koska VLJ-luolan laajennusta varten tehdään kalliolouhintaa. VLJ-luolan laajennus on tilavuudeltaan pienempi luolan nykyiseen tilavuuteen nähden
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta, koska muualla Suomessa muodostuneiden jätteiden määrä ja ominaisuudet huomioidaan VLJ-luolan laajennuksessa ja pitkäaikaisturvallisuusperustelussa.

9.14.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-45 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.14.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

VLJ-luolan laajennusta varten louhittavan kallion määrä pyritään minimoimaan kalliolouhinnan sekä kalliotilojen käytön suunnittelussa, jolloin louhittava kalliotilavuus voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti jätteen loppusijoittamiseen. VLJ-luolan kunnossapito, ikääntymisen hallinta ja monitorointi on määritelty voimalaitoksen ohjeissa. Näihin kuuluvat muun muassa useat kalliomekaniikan mittaukset.

9.14.9 Epävarmuustekijät

Alueen maa- ja kallioperää koskeviin tutkimustietoihin ei liity vaikutusten arvioinnin kannalta merkityksellisiä epävarmuustekijöitä. Alueen kallioperää ja rakennegeologiaa koskevia tietoja täydennetään tarpeen mukaan lisätutkimuksin hankkeen jatkosuunnittelun edetessä. VLJ-luolan laajennuksen mitoituksessa on jo huomioitu jäljellä olevat epävarmuudet loppusijoitettavan jätteen määrässä.

9.15 POHJAVEDET

9.15.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisesta ei aiheudu nykytilasta poikkeavaa vaikutusta pohjaveden laatuun tai määrään, mutta vaikutukset jatkuvat noin 20 vuotta nykyisten käyttölupien jälkeen enintään noin vuoteen 2050 saakka. VLJ-luolan nykyinen vuotovesimäärä on viime vuosien mittaustulosten perusteella noin 40 l/min.

Käytöstäpoistossa VLJ-luolan laajennus lisää tilapäisesti vuotovesien määrää, mutta ajan myötä vuotovesien määrä vähenee. VLJ-luolan laajennuksen arvioidaan olevan vaikutukseltaan vähäisempi alkuperäiseen luolan louhintaan nähden, sillä laajennus ei muuta pohjavesiolosuhteiden nykytilaa yhtä voimakkaasti kuin alkuperäinen louhiminen ja luolan rakentaminen on muuttanut. Louhinnasta pohjaveden laatuun kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä ja rajoittuvan louhittavan kalliotilan välittömään läheisyyteen. Voimalaitosalueen läheisyydessä ei ole pohjavesialueita, vedenottamoin tai yksityisiä talousvesikaivoja, joihin louhinnasta voisi kohdistua vaikutuksia. VLJ-luolan sijainti on suunniteltu alueen kallioperä- ja pohjavesitutkimusten sekä mallinnuksen perusteella siten, että kallioperän merkittävät rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja pohjaveden virtauksen välityksellä tapahtuvan kulkeutumisen estämiseksi. Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus perustuu teknisiin vapautumisesteisiin sekä luonnollisena vapautumisesteenä toimivaan ympäröivään kallioperään. Sulkemisen jälkeen VLJ-luola täyttyy vähitellen suotautuvalla pohjavedellä, jolloin pohjaveden pinnantaso ja makean ja suolaisen veden rajapinta palautuu vähitellen alkuperäiseen tilaansa.

Muualla Suomessa muodostuneiden jätteiden määrä ja ominaisuudet huomioidaan VLJ-luolan laajennuksessa ja turvallisuusperustelussa eikä niillä siten ole merkityksellistä vaikutusta maa- ja kallioperään.

9.15.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

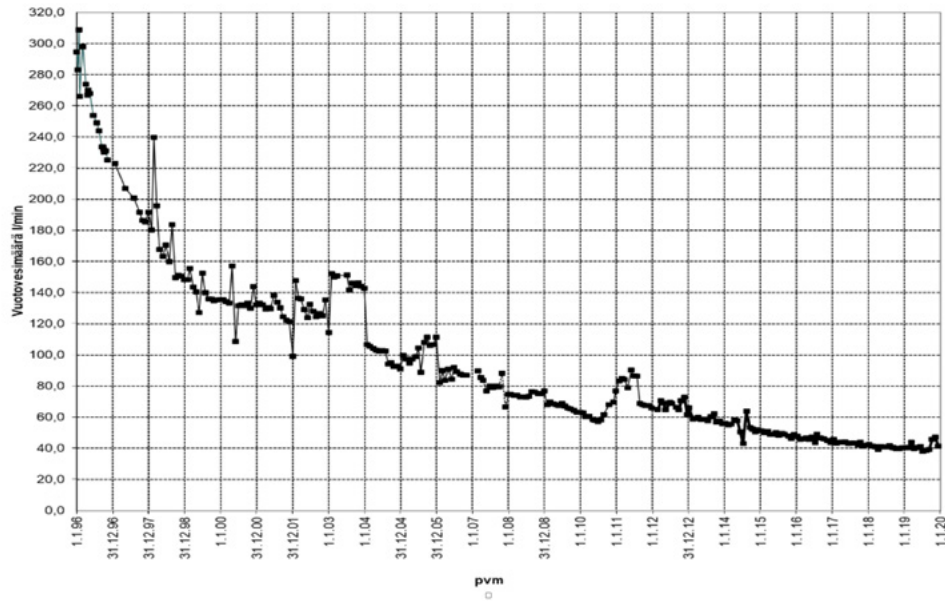
Vaikutusten arviointi on laadittu asiantuntija-arviona voimalaitosaluetta koskeviin aiempiin tutkimuksiin ja selvityksiin sekä tarkkailutuloksiin perustuen. Keskeisenä lähtöaineistona ovat olleet VLJ-luolan määräaikaiseen turvallisuusarvioon liittyvät pohjavesikemian ja hydrologisen seurannan tulokset sekä Hästholmenin pohjavesimalli. Hydrologinen seuranta on käsittänyt maanpinnalla meriveden korkeuden, sadannan, pohjavedenpinnan korkeuden sekä makean ja suolaisen pohjaveden rajapinnan korkeuden

mittausta. Loppusijoituslaitoksessa on mitattu pohjaveden painetta, sähköjohtavuutta sekä vuotoveden määrää. Seurantaohjelmaa on tarkasteltu vuonna 2020 laaditussa VLJ-luolan määräaikaisessa turvallisuusarviossa, ja sen on arvioitu olevan riittävän laaja ja kattava. Hästholmenin pohjavesimallia on kehitetty eri vaiheissa. Pohjavesiolosuhteita on tutkittu jo 1980-luvulta lähtien, ja käyttöluvhakemusta varten laaditussa vuoden 1996 turvallisuusarviossa esitettiin pohjavesimalli, josta laadittiin toinen versio vuosien 2006 ja 2008 turvallisuusarvioita varten. Toista malliversiota on päivitetty vuonna 2011 uusilla kallioperän laatua koskevilla tiedoilla. Kolmas versio Hästholmenin pohjavesimallista on laadittu vuoden 2018 turvallisuusarviota varten, ja siihen sisältyvät myös VLJ-luolan suunnitellut laajennukset. Kaikki pohjavesimallin kolme versiota on kalibroitu ja validoitu pohjaveden mittausaineiston perusteella. Mallia päivitetään tarpeen mukaan myös tulevilla turvallisuusperusteluissa ottaen huomioon tuoreimmat tiedot kallio- ja pohjavesiolosuhteista.

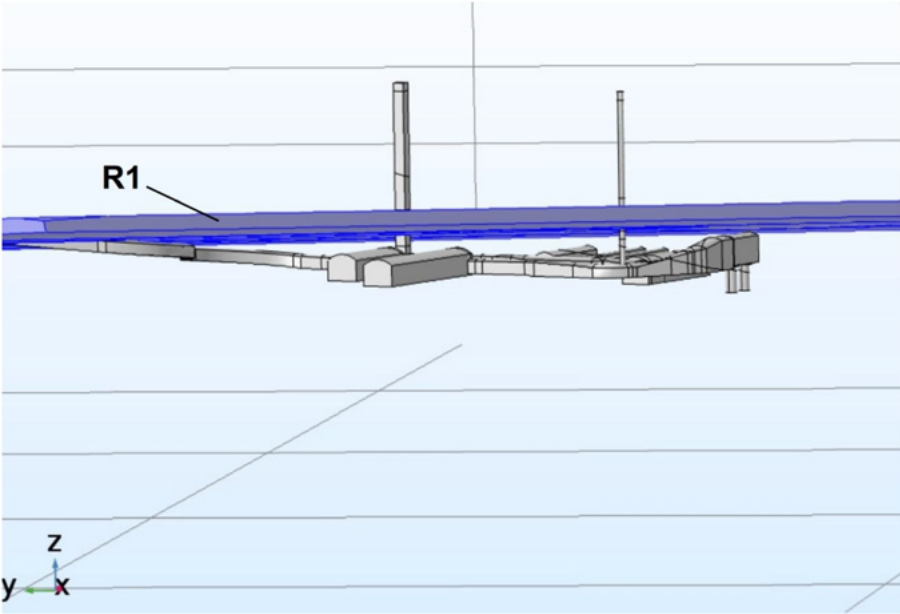
9.15.3 Nykytila

Hästholmenin alueella pohjavettä esiintyy kallion päällä esiintyvissä irtomaakerroksissa lähinnä syvemmissä kallio-painanteissa, joissa maaperäkerrosten paksuus on suurempi. Kalliopohjavettä esiintyy kallioperän raoissa. VLJ-luolaan kulkeutuu kallioista peräisin olevia vuotovesiä, joiden laatua tarkkaillaan ja joita hallitaan pumppaamalla. Pohjaveden pinnantaso Hästholmenin alueella on yleensä enintään muuta-

mia metrejä maanpinnasta, rantavyöhykkeessä pohjaveden ja meriveden pinnat yhtyvät toisiinsa. Pohjavesikerroksen pintaosassa pohjavesi on makeaa muuttuen syvemmällä suolaiseksi. Hästholmenin läheisyydessä ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. Lähin pohjavesialue on mantereen puolella luoteessa noin seitsemän kilometrin etäisyydellä sijaitseva Valkon pohjavesialue, joka on luokiteltu vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueeksi (luokka 1). Voimalaitoksen läheisyydessä ei ole yksityisiä talousvesikaivoja. Lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat mantereen puolella voimalaitoksesta noin 800 metriä luoteeseen. Nämä rakennukset ovat voimalaitoksen majoituskylään kuuluvia asuinrakennuksia, joissa ei ole vakituista asutusta. Talousvesi alueelle johdetaan Hästholmenilla sijaitsevasta vedenkäsittelylaitoksesta, jonka raakavesi otetaan Lappominjärvestä. Voimalaitoksen lähialueet ovat Fortumin omistuksessa, eikä alueella ole talous- tai käyttövesikaivoja. Hydrologisen seurannan perusteella pohjavedenpinnan korkeusvaihtelut ovat selvässä vuorovaikutuksessa merenpinnan vaihteluiden kanssa, mikä on Hästholmenille ominainen piirre. VLJ-luolan rakentamisen yhteydessä on todettu eriasteista pohjavedenpinnan alenemista koko saarella. Erityisesti kalliotiloja lähellä olevissa havaintoreiässä on esiintynyt pohjavedenpinnan voimakastakin alenemista johtuen kalliotiloihin vuotavasta ja sieltä poispumpatusta vedestä. Vuotovesiä on mitattu vuodesta 1996 alkaen, jolloin louhittujen kalliotilojen tilavuus oli n. 110 000 m³ (Kuva 9-23).



Kuva 9-23. Loppusijoituslaitoksen vuotovesimäärä (Lähde: Fortum Power and Heat Oy).



Kuva 9-24. Kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeen R1 (loppusijoitustilojen yläpuolella oleva vaaka-suora vyöhyke, joka leikkaa kuiluja ja ajotunnelia) sijainti Hästholmenin vuoden 2018 pitkäaikais-turvallisuusperustelua varten laaditun pohjavesimallin mukaan.

Seurannan alussa vuotovesimäärä oli noin 300 l/min. Pitkällä aikavälillä kokonaisvuotomäärässä on havaittavissa selvä laskeva suuntaus. Alussa vuotovesimäärä laski voimakkaasti, mutta myöhemmin lasku on tasoittunut. Vuonna 2010, ennen lokakuussa alkaneita louhintoja, vuotovesimäärä oli noin 60 l/min. Louhinnan seurauksena vuotovesimäärät kasvoivat suurimmillaan arvoon noin 90 l/min. Louhinnan jälkeen vuotovesimäärät laskivat nopeasti vuoden 2011 loppuun mennessä arvoon 66 l/min. Vuoden 2012 lopussa vuotovesimäärä oli laskenut arvoon 60 l/min, joka vastaa louhintaa edeltänyttä tasoa. Noin puolet koko VLJ-luolan vuotovesistä on peräisin ajotunnelista ja puolet loppusijoitusvyvydeltä. Vuonna 2019 vuotoveden määrä oli keskimäärin 40 l/min.

Pohjaveden virtauksen kannalta keskeisiä hyvin vettä johtavia rakenteita ovat kallioperän loivakaateiset rikkonaisuusvyöhykkeet R1 ja R2, joiden väliin loppusijoitustilat on sijoitettu. R1 jatkuu kauemmas saarta ympäröivän meren alle. Näistä rikkonaisuusvyöhykkeistä R1 leikkaa ajotunnelia sekä hissi- ja ilmanvaihtokuiluja ja on siten keskeinen rakenne radionuklidien mahdollisen kulkeutumisen kannalta. Lisäksi alueella on myös muita pienempiä kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeitä, joista muutama leikkaa loppusijoituslaitosta. Niiden merkitys radionuklidien kulkeutumisen kannalta on vähäisempi, sillä ne ovat vedenjohtavuudeltaan heikompia ja rajoittuvat pienelle alueelle. Rikkonaisuusvyöhykkeen R1 mallinnettu sijainti on esitetty kuvassa 9-24.

Makean ja suolaisen veden rajapinnan tasoa on seurattu vuosien 1991–2015 välillä tehdyin mittauksin. Seurannan piirissä oli tutkimusten alkaessa vuonna 1991 seitsemän kallioperään porattua tutkimusreikää. VLJ-luolan rakentamisen alettua 1994 makean ja suolaisen veden rajapinnat nousivat huomattavasti. Rakentamisvaiheen jälkeen makean ja suolaisen veden rajapinta on palautunut lähelle rakentamista edeltänyttä tasoa useimmissa seurantapisteeissä.

Kallioulouhinnan vaikutuksia on havaittu vain osassa rei'istä (Kuva 9-25). Makean ja suolaisen veden rajapinnan seuranta lopetettiin vuonna 2015, koska niiden tuloksia ei tulkinnan haastavuuden takia kyetä käyttämään esimerkiksi pohjavesivirtausmallinnuksen lähtötietona.

Hästholmenin pohjaveden laadun seurannan perusteella pohjavesi on meriveteen verrattuna köyhtynyt natriumin ja magnesiumin sekä sulfaatin suhteen. Sen sijaan kalsiumin ja ammoniumionin osalta pohjavesi on rikastunut selvästi meriveteen verrattuna. Pohjavesiasemien rautapitoisuudet ovat vaihdelleet hieman seurantajakson aikana. Betoni toimii VLJ-luolan pääasiallisena vapautumisesteenä, joten tulosten yhteydessä on arvioitu pohjaveden aiheuttamaa kemiallista rasitusta betonirakenteille. Betonin pitkäaikaiskestävyyden kannalta merkityksellisistä parametreista pH-arvojen perusteella olosuhteet eivät ole betoniaggressiivisia, sen sijaan magnesiumin ja sulfaatin suhteen pohjavesi luokitellaan luonteeltaan heikosti betoniaggressiiviseksi.

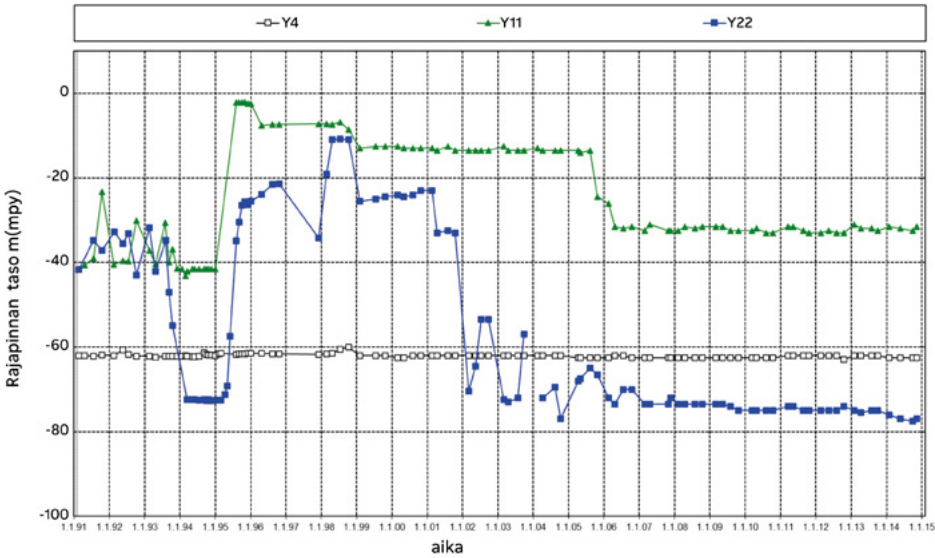
Muutokset isotooppituloksissa ovat viimeisen 20 vuoden aikana olleet vähäisiä. Matalat tritiumpitoisuudet kertovat nuoren veden sekoittumisen vähäisestä määrästä. C-14-ajotuksella pohjaveden iäksi on saatu 6 000–14 000 vuotta ja koska se on nykyistä merivettä suolaisempaa, sen on tulkittu olevan ainakin osittain Litorina-meren vettä.

VLJ-luolan rakentaminen on odotetusti muuttanut pohjavesikemian olosuhteita ja varsin suuriakin muutoksia on ollut nähtävissä vuosina 1993–1997. Pohjaveteen liuenneen kiintoaineen kokonaismäärää kuvaavan TDS-arvon vaihtelu eri pohjavesiasemilla on esitetty kuvassa 9-26. Alin TDS-arvo mitattiin vuonna 1996 tasolla -109 m sijaitsevalla pohjavesiasemalla. Viime vuosina pohjavesikemian analyysitulokset ovat olleet hyvin tasaisia.

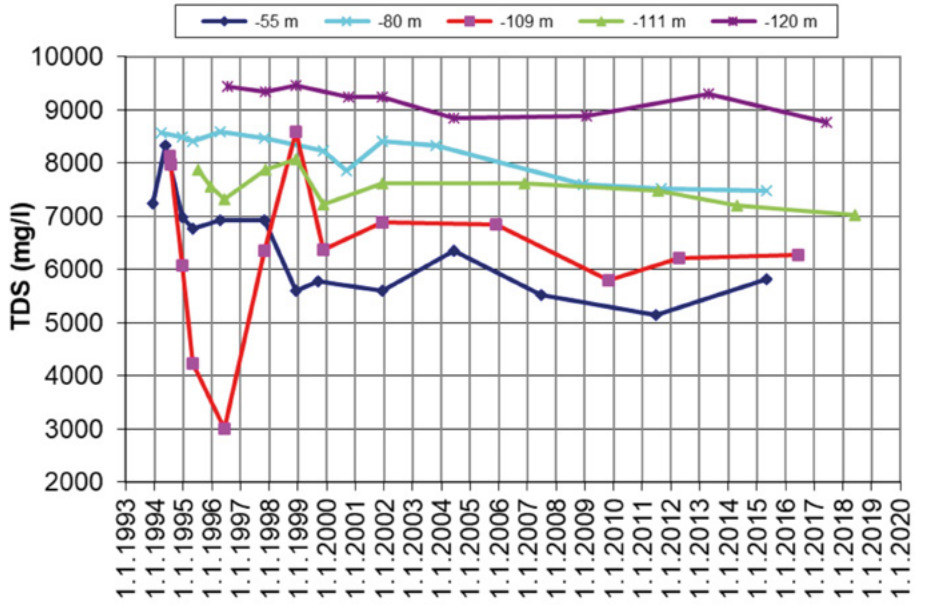
Taulukossa 9-46 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

Taulukko 9-46. Vaikutuskohteen herkkyys: pohjavedet.

Vaikutuskohteen herkkyys: pohjavedet	
Kohteen herkkyyteen pohjaveden osalta vaikuttavat vaikutusalueella sijaitsevat pohjavesialueet, vedenottamot ja yksityiset talousvesikaivot. Mitä lähempänä pohjavesialueet, vedenottamot ja kaivot sijaitsevat voimalaitosaluetta, sitä suurempi on vaikutuskohteen herkkyys.	
Vähäinen	Voimalaitosalueen läheisyydessä ei sijaitse pohjavesialueita, vedenottamoita eikä yksityisiä talousvesikaivoja. Voimalaitosalueen pohjavesi ei ole laadullisesti eikä määrällisesti hyödyntämiskelpoista talousvetenä.



Kuva 9-25. Makean ja suolaisen veden rajapinnan mittauksista vuosina 1991–2015.



Kuva 9-26. Pohjaveteen liuenneen kiintoaineen kokonaismäärä (TDS = total dissolved solids) eri syvyyksillä sijaitsevilla pohjavesiasemilla.

9.15.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkaminen ei edellytä aiemmin louhittujen kalliotilojen laajennusta. Vaikutuksia pohjavesiin muodostuu kalliotilojen vuotovesistä ja niiden pumpppaamisesta. Pohjaveden laatuun kohdistuvia vaikutuksia voisi muodostua poikkeustilanteessa tapahtuvasta kemikaalivuodosta.

VLJ-luola on rakennettu 1990-luvulla ja sitä on laajennettu vuosina 2010–2012. Loppusijoitustilat on suunniteltu siten, että merkittävät kalliooperässä esiintyvät vettä johtavat rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja. Käytön jatkamisesta ei aiheudu nykytilasta poikkeavaa vaikutusta pohjaveden määrään. Hydrologisen seurannan perusteella vuotovesimäärän kehitys on ollut vakaa. Viime vuosien mitaustulosten mukaan vuotovesimäärä on ollut noin 40 l/min. Vuotovedet pumpataan mereen Hudöfjärdeniin.

Kemikaaleihin, polttoöljyyn ja voiteluöljyyn liittyvät kuljetuson-nettomuudet saattavat aiheuttaa pohjaveden pilaantumista. Poikkeus- ja onnettomuustilanteita käsitellään luvussa 9.22.

Kemikaalien ja öljyjen varastointi- ja käyttömäärät vuositasolla pysyvät samana. Pohjaveden laatuun kohdistuvien mahdollisten riskien kannalta ei siten aiheudu muutosta. Voimalaitosalueen läheisyydessä ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita, vedenottamoita eikä yksityisiä talousvesikaivoja. Hästholmenin saari on mantereeseen nähden erillinen pohjavesimuodostuma, joten mahdolliset pohjaveden laatuun kohdistuvat vaikutukset rajoittuisivat voimalaitoksen alueelle.

9.15.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Kalliotilojen louhinta lisää vuotovesien määrää. Vaikutuksia pohjaveden laatuun voi muodostua louhinnassa käytettävien räjähdysaineiden jäämien ja tyyppiyhdisteiden kulkeutumisesta.

VLJ-luolan louhimisen sekä sen jälkeisten louhintojen vaikutusten hydrologisen seurannan perusteella vuotovesien määrä on lisääntynyt tilapäisesti rakennustöiden seurauksena, mutta kääntynyt sen jälkeen melko nopeasti laskuun (ks. 9.15.3). Tulosten perusteella voidaan siten olettaa, että VLJ-luolan laajennus lisää tilapäisesti vuotovesien määrää, mutta ajan myötä vuotovesien määrä vähenee. VLJ-luolan laajennuksen arvioidaan olevan vaikutukseltaan vähäisempi alkuperäiseen luolan louhintaan nähden, sillä laajennus ei muuta pohjavesiolosuhteiden nykytilaa yhtä voimakkaasti kuin alkuperäinen louhiminen ja luolan rakentaminen on muuttanut.

Louhinnasta pohjaveden laatuun kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä ja rajoittuvan louhittavan kalliotilan välittömään läheisyyteen Hästholmenin saarelle, joka on mantereeseen nähden erillinen pohjavesimuodostuma. Kalliolouhinnasta aiheutuvia pohjaveden laatuun kohdistuvia mahdollisia vaikutuksia ovat tyyppiyhdisteiden sekä räjähdysainejäämien kulkeutuminen pohjaveteen sekä tilapäinen samentuminen louhittavan alueen läheisyydessä. Voimalaitosalueen läheisyydessä ei ole luokiteltuja pohjavesialueita, vedenottamoita tai yksityisiä talousvesikaivoja, joihin louhinnasta voisi kohdistua vaikutuksia.

Kun VLJ-luola suljetaan ja se täyttyy luolaan suotautuvalla pohjavedellä, palautuvat pohjaveden pinnantaso ja makean ja suolaisen veden rajapinta vähitellen alkuperäiseen tilaansa.

VLJ-luolan sijainti on suunniteltu alueen kalliooperä- ja pohjavesitutkimusten sekä mallinnuksen perusteella siten, että kalliooperän merkittävät rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja. Tämä huomioidaan myös VLJ-luolan laajennustilojen sijoituksessa, jotta rajoitetaan radionuklidien kulkeutumista pohjaveden virtauksen välityksellä ympäristöön. Nykyisen pitkäaikaisturvallisuusperustelun mukaan Loviisan voimalaitoksen ydinlaitosjätteen sekä käytöstäpoistojätteen loppusijoitus voidaan toteuttaa turvallisesti Loviisan VLJ-luolaan. Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus perustuu teknisiin vapautumisesteisiin sekä luonnollisena vapautumisesteenä toimivaan ympäröivään kalliooperään.

Alueen pohjavesiin kohdistuvan muutoksen suuruuden arvioidaan olevan *vähäinen kielteinen*.

9.15.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden määrä on enintään 2 % VLJ-luolaan sijoitettavasta voimalaitokselta syntyvästä kokonaisjätelmäärästä. Muualla Suomessa muodostuneiden jätteiden määrä ja ominaisuudet huomioidaan VLJ-luolan laajennuksessa ja pitkäaikaisturvallisuusperustelussa eikä niillä siten ole merkityksellistä vaikutusta pohjaveteen.

9.15.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-47 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (luku 9.1.4).

9.15.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

VLJ-luolan kunnossapito, ikääntymisen hallinta ja monitorointi on määriteltty voimalaitoksen ohjeissa. Näihin kuuluvat muun muassa säännölliset pohjavesikemian ja hydrologian mittaukset.

VLJ-luolan laajennus suunnitellaan siten, että kalliooperän merkittävät rikkonaisuusvyöhykkeet eivät leikkaa loppusijoitustiloja pohjaveden virtauksen välityksellä tapahtuvan kulkeutumisen ehkäisemiseksi. Tämä osaltaan ehkäisee luolaan suotautuvien vuotovesien määrän kasvua. VLJ-luolan pitkäaikaisturvallisuutta ja sen varmistamista on kuvattu luvussa 9.10.5.2.

Kun VLJ-luola suljetaan ja sen annetaan täyttyä luolaan suotautuvalla pohjavedellä, palautuvat pohjaveden pinnantaso ja makean ja suolaisen veden rajapinta vähitellen alkuperäiseen tilaansa.

9.15.9 Epävarmuustekijät

Nykyisiin pohjavettä koskeviin tutkimustietoihin ei liity vaikutusten arvioinnin kannalta merkityksellisiä epävarmuustekijöi-

tä. Alueen pohjavesiolosuhteita koskevia tietoja täydennetään tarpeen mukaan lisätutkimuksin jatkosuunnittelun edetessä.

9.16 PINTAVEDET

9.16.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen tapauksessa pintavesiin kohdistuva lämpökuormitus jatkuu noin 20 vuotta nykyisten käyttölupien jälkeen enintään noin vuoteen 2050 saakka. Lämpökuormituksen vaikutukset ovat paikallisia ja rajoittuvat pääosin Hästholmsfjärdenin alueelle.
Ympäristöluvan lupaehdoissa asetetut purettavan jäähdytysveden lämpötilan rajoitukset rajoittavat lämpövaikutusta. Pitkällä aikavälillä lämpimien kesien yleistyminen ilmastomuutoksen vaikutuksesta yhdistettynä lämpökuormaan voi vähäisessä määrin lisätä lämpövaikutusta purkupaikan läheisellä Hästholmsfjärdenillä. Hajakuormituksen pitkän ajan kehitykseen Loviisan rannikolla liittyy epävarmuutta, joka aiheutuu ilmastomuutoskenaarioiden toteutumisesta sekä erityisesti siitä, missä laajuudessa ja aikataulussa maatalouden kuormitusta vähentävät toimenpiteet toteutuvat. Kuormituksen arvioidaan pysyvän suunnilleen nykyisellä tasolla tai lievästi laskevan, jolloin Klobbfjärdenin vesimuodostuman tila pysyisi nykyisellään. Lämpövaikutuksen ja kuormituksen yhteisvaikutuksena aiheutuvaa lievää tilan heikkenemistä Klobbfjärdenin vesimuodostumassa ei kuitenkaan voida poissulkea, koska lämpövaikutus voimistaa osaltaan liiallisesta ravinnekuormituksesta aiheutunutta rehevöitymistä. Merkittävyys arvioitiin olevan Hästholmsfjärdenin osalta enintään kohtalainen kielteinen, koska vaikutukset kestävät pitkään, ja muilla lähimerialueilla enintään vähäinen. Muulla lähimerialueella vedenlaatuun sekä vesiympäristön tilaan vaikuttavat lähinnä ravinnekuormituksen pitkän ajan kehitys sekä Suomenlahden tilan yleinen kehitys.
Käytöstäpoistossa Hästholmsfjärdenin lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteet sekä kasvukauden pituus palautuvat luontaisiksi. Tämän seurauksena alusveden happitilanteen arvioidaan vähitellen paranevan, mikä vähentää osaltaan sisäistä kuormitusta pienentäen rehevyyttä. Myönteiset vaikutukset voivat ilmetä viiveellä mm. ravinnetason ja perustuotannon laskevana suuntauksena, vesikasvillisuuden vähenemisenä (yksivuotisten rihmalevien määrä) ja pohjaeläimistön tilan kohentumisena. Merkittävyys arvioitiin olevan Hästholmsfjärdenin osalta kohtalainen myönteinen ja muilla lähimerialueilla enintään vähäinen.
Vedenotolla ei arvioida olevan vaikutusta Lappominjärven nykytilaan, jos käyttö jatkuu nykyiseen tapaan. Mikäli säännöstelylle haetaan käytöstäpoistossa jossakin vaiheessa purkua, arvioidaan vaikutus vedenlaatuun vähäiseksi kielteiseksi, koska muun muassa hapetuksen loppumisella saattaa olla kielteinen vaikutus vedenlaatuun.
Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden kuljetukset tai käsittely eivät aiheuta pintavesiin kohdistuvia vaikutuksia.

9.16.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

9.16.2.1 Käytetyt aineistot

Voimalaitoksen vaikutuksia pintavesien laatuun ja biologiiseen meriympäristöön on tarkkailtu pitkäjänteisesti jo 1970-luvulta saakka, joten Loviisan voimalaitoksen edustan merialueen tila sekä siinä tapahtuneet pitkäaikaismuutokset tunnetaan hyvin. Voimalaitoksen aiheuttama kuormitus on, lämpökuormitusta lukuun ottamatta, vähäinen verrattuna muuhun merialueelle tulevaan kuormitukseen.

Nykytilan kuvauksen aineistoina käytettiin Loviisan voimalaitoksen jäähdytys- ja jätevesien tarkkailun vuosiraportteja, Loviisan voimalaitoksen ja Oy Loviisan Smoltti Ab:n merialueen yhteistarkkailun vuosiraportteja, satelliittikuvia, YVA-menettelyn aikana tehtyjä erillisselvityksiä sekä ympäristöhallinnon Avoimen tiedon Hertta-tietokantaa ja ympäristöhallinnon vesistömallijärjestelmän (VEMALA) tietoja.

Radioaktiivisten aineiden päästöt ja vaikutukset on käsitelty luvussa 9.8.

9.16.2.2 Jäähdytysveden oton ja purun mallinnus

Mallinnusmenetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti mallinusraportissa (Lahti 2021, liite 4). Mallinnuksella selvitettiin Loviisan voimalaitoksen nykyisen käytön jatkamisen sekä käytöstäpoiston (laitos ei ole enää tuotannossa) vaikutuksia meriveden lämpötilaan laitoksen lähimerialueella. Nykytilassa jäähdytysvettä otetaan voimalaitokselle rantaotтона Hudöfjärdeniltä ja lämmennyt jäähdytysvesi puretaan Häs-tholmenin saaren itäpuolelle Häs-tholmsfjärdenille.

Mallinnustilanteita oli kaksi:

- voimalaitoksen käytön aiheuttama lämpökuormitus jatkuu nykyiseen tapaan enintään noin vuoteen 2050 saakka (kesän avovesikauden ja talvitilanteen mallinnus)
- voimalaitos on poistettu käytöstä ja lämpökuormitus on loppunut (kesän avovesikauden ja talvitilanteen mallinnus).

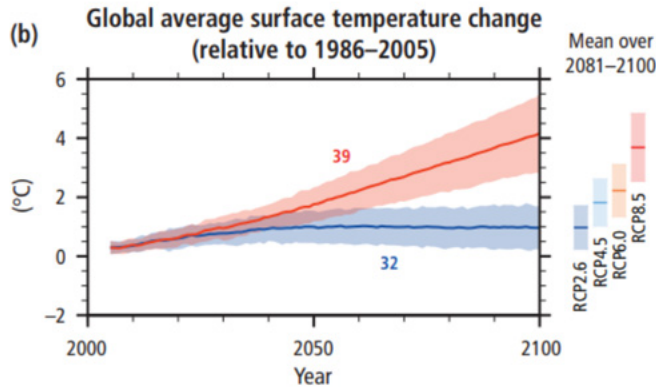
Seuraavassa on tarkasteltu mallinnusvuosien valintaa. Mallin-nusajanjakson valinnan keskeisenä perusteena oli runsas havaintojen määrä lähimerialueilta, mikä on edellytys mallin kalibroinnille ja olosuhteiden kuvaukselle.

Kesän avovesikaudella (1.6.-1.9.2011) mallinnettiin merive-den lämpötiloja voimalaitoksen lähimerialueella meriveden ollessa tiheyskerrostunutta. Valitulla avovesikauden mallin-nusjaksoilla käytettävissä oli voimalaitoksen operatiiviseen toimintaan kuuluvien jatkuvatoimisten meriveden lämpötila-mittausten lisäksi väliaikaisesti asennettuja jatkuvatoimisia mittauksia sekä hetkellisiä manuaalisia mittauksia ympäröiviltä merialueilta. Talvitilanteen mallinnuksessa (maalis-

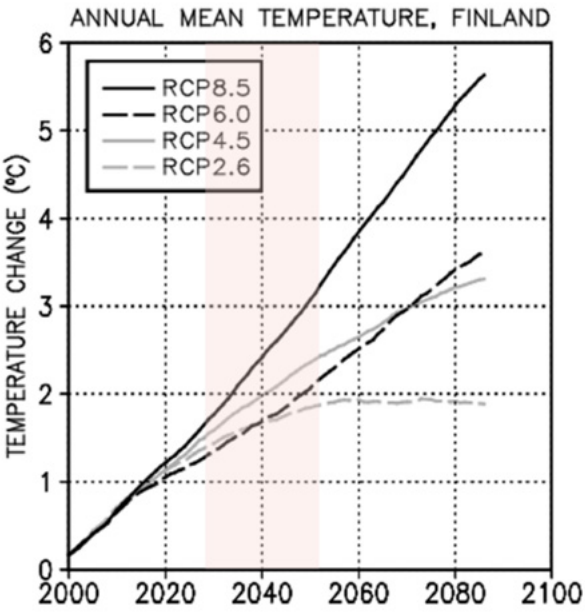
kuu, v. 2018) tarkasteltiin tilannetta, jossa merialueella on purkualueetta lukuun ottamatta jääkansi. Molemmat mallin-nusvuodet (2011 ja 2018) olivat tavanomaisia vuosihuollon aloituksen ajoituksessa sekä voimalaitokselta purettavan jäähdytysveden lämpötilannousun (8-10 °C kesällä, noin 12 °C talvella) suhteen. (Lahti 2021, liite 4).

Valittu avovesikauden mallinnusjakso oli kesän osalta huomattavan lämmin. Lämpötilaolosuhteet vastasivat likimain niitä olosuhteita, jotka ilmastoskenaarioiden perusteella ovat tyypillisiä tämän vuosisadan puolivälissä. Näin ollen valittu tarkastelujakso mahdollistaa jossain määrin myös ilmaston-muutoksen vaikutuksen arvioinnin. Ilmastonmuutoksen en-nustetaan nostavan vuoden keskilämpötilaa, jolloin merellä voi esiintyä useammin keskimääristä lämpimämpiä olosuhteita. Eri ilmastoskenaarioiden mukaan maapallon keskilämpötila voi nousta noin 1,5-5,8 °C vuoteen 2100 mennessä, kun huomioi-daan ennusteiden epävarmuus (IPCC 2014) (Kuva 9-27). Ajan-jaksolla 2006-2015 maapallon lämpötila oli 0,87 °C korkeampi verrattaessa ajanjaksoon 1850-1900 (Allen ym. 2018). Tällä hetkellä globaali ilmasto lämpenee noin 0,2 °C vuosikymme-nessä ja ihmistoiminnan aiheuttama lämpötilannousu tavoitti 1 °C:een vuonna 2017 suhteessa esiteolliseen aikaan. Mikäli lämpötilannousu jatkuu samansuuntaisena, nousee lämpötila noin 1,5 °C vuoden 2040 tienoilla (Allen ym. 2018).

Suomessa vuoden keskilämpötilannousu voi olla glo-baalia muutosta suurempi (Ruosteenoja 2016) (Kuva 9-28). RCP-skenaariosta riippuen ajanjaksolla 2030-2050 muutos voi olla likimain 1,5-3 °C:ta verrattaessa 2000-luvun alkuun (Kuva 9-28). RCP-skenaariot (Representative Concentration Pathways) kuvaavat kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mah-dollisia kehityskulkuja, jotka tuottavat erilaisia säteilypakot-teita eli lämmitysvaikutusta (W/m²), jossa skenaarion numero viittaa säteilypakotteen suuruuteen. RCP2.6 on kaikkein opti-mistisin skenario (vähän päästöjä), joka vaatii ilmastopolitiikan täydellistä onnistumista ja RCP8.5 edustaa voimakkainta skenaariota, jossa kasvihuonekaasupäästöt jatkavat kasvua koko 2000-luvun. RCP4.5 ja RCP6.0 ovat näiden kahden välimuotoja. RCP4.5 skenaariossa ilmastopolitiikka onnis-tuu osittain ja kasvihuonekaasupäästöt kääntyvät laskuun 2040-luvulla. RCP6.0 skenaariossa päästöt ovat aluksi nykyi-sellä tasolla, mutta kasvavat myöhemmin tällä vuosisadalla melko suuriksi. (IPCC 2014). Ennusteiden mukaan lämpene-minen ei jakaudu vuoden aikana tasaisesti. Ruosteenoja ym. (2016) arvioivat, että muutokset lämpötilassa ovat suurempia talvella. Myös kesän keskilämpötilan ennustetaan nousevan, mutta vähäisemmässä määrin. Suomessa keskilämpötilan pitkän ajan muutossuuntia ovat tutkineet mm. Mikkonen ym. (2015), Irannezhad ym. (2015) ja Aalto ym. (2016). Tutkimuk-sissa keskimääräiseksi lämpötilannousuksi vuosikymmentä



Kuva 9-27. Aikasarja maapallon keskilämpötilan muutoksesta RCP2.6 ja RCP8.5 kasvihuonekaasupäästöskenaarioissa ajan-jaksolla 2006-2100 suhteessa ajanjaksoon 1986-2005. Aika-sarjoissa olevat numerot kuvaavat CMIP5 mallien lukumäärää, jota on käytetty mallinnustulosten keskiarvojen laskennassa (CMIP: “Coupled model intercomparison project” eli kytkettyjä ilmastomalleja vertaileva tutkimushanke). Kuvan oikealla puolella olevat diagrammit kuvaavat eri RCP-skenaarioiden tuottamia keskimäärisiä (v. 2081-2100) maapallon lämpötilannousuja sekä ennusteen vaihteluväliä (IPCC 2014).



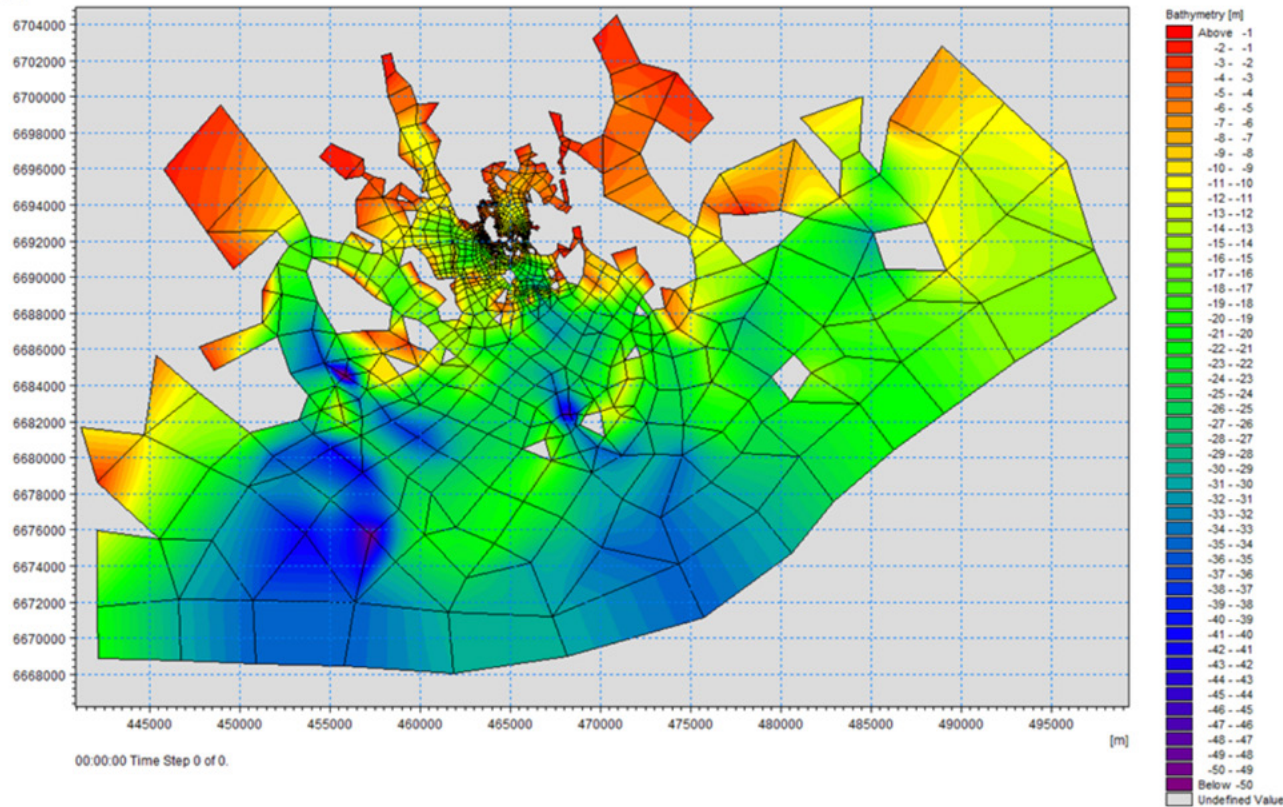
Kuva 9-28. Vuoden keskilämpötilannousu Suomessa eri kasvihuo-nekaasupäästöskenaarioissa ajanjaksolla 2000-2085 verrattuna ajanjaksoon 1981-2010 (Ruosteenoja ym. 2016). Kuvaan lisätty varjostus esittää YVA:ssa tarkasteltavaa jaksoa.

kohti on saatu noin 0,14-0,4 °C. Arvioiden mukaan meriveden keskimääräinen vuotuinen pintalämpötila voi olla Suomenlah-della noin 2-3 °C korkeampi aikavälillä 2069-2098 verrattuna ajanjaksoon 1978-2007 (BACC II Author Team 2015).

Kesän avovesikauden mallinnusvuotena (2011) ilman lämpötila oli Suomenlahden etelärannikolla 1,5-2 °C keski-määristä (1981-2000) lämpimämpi (Ilmatieteen laitos 2020). Kesäkuu oli Helsingissä 2 °C, heinäkuu 3 °C ja elokuu 1,3 °C tavanomaista lämpimämpi. Näin ollen vuoden 2011 aineiston arvioidaan soveltuvan käytön jatkamisen tapauksessa (VE1) YVA:ssa tarkasteltavan aikajänteen 2030-2050 kesätilanteen vaikutusten arviointiin.

Lämpeneminen on merkittävää myös jääolosuhteiden näkökulmasta. Ilmastonmuutoksen arvioidaan pienentävän Itämeren jääpeitteen pinta-alaa ja keskimääristä paksuutta sekä lyhentävän jäätälveä. Talvien välisen vaihtelevuuden ennustetaan kuitenkin säilyvän edelleen jääolojen luontai-sena piirteenä, mutta ankarien jäätälvien esiintymistoden-näköisyyden arvioidaan pienenevän ja leudoimpina talvina merijäätä esiintyisi ainoastaan Perämeren pohjukassa (Luomaranta ym. 2011, Ilmasto-opas 2021). Itäisellä Suomen-lahdella jäätälven pituus on nykyisin noin 80–100 päivää. Mikäli lämpeneminen etenee lineaarisesti, niin vuonna 2030 Itämeren alueen ilmasto olisi noin 0.5–1 °C nykyistä läm-pimämpi (Ilmasto-opas 2021). Näissä olosuhteissa jääolot Itämerellä olisivat hieman nykyistä leudommat ja jäätälven pituus olisi Itämerellä noin 10–20 vuorokautta lyhyempi kuin nykyilmastossa (Ilmasto-opas 2021). Leudoimpina talvina jäätä esiintyisi vain Perämerellä, Saaristomerellä ja itäisellä Suomenlahdella.

Jääpeitteisenä aikana olosuhteet poikkeavat avovesikau-desta erityisesti siten, että lämmennyt jäähdytysvesi voi kulkeutua ympäröivää vettä lämpimämpänä eristävän jää-peitteen alla verrattain pitkiäkin matkoja (Lahti 2021). Jääkan-si estää lämmönsiirtoa ilmakehään sekä tuulen vesikerroksia sekoittavaa vaikutusta, mikä hidastaa lämmenneen jäähdy-tysveden sekoittumista ympäröivään vesimassaan. Ilmas-tonmuutoksesta aiheutuvat jäättömät talvet tai talviaikainen jääkannen laajuuden pieneneminen nopeuttavat lämmön siirtymistä ilmakehään ja alentavat jäähdytysveden aihe-uttamaa meriveden lämpötilan nousua. Mallinnusvuodeksi valittuna vuotena 2018 jääkansi oli maaliskuussa keskimää-räistä laajempi Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella, joten mallinnus antaa konservatiivisen arvion lämpövaikutuksen leviämisestä.



Kuva 9-29. Mallin laskentaverkko ja alueen syvyysprofiili. Laskentaverkon tiheys on suurimmillaan voimalaitoksen lähellä Håstholmsfjärdenillä ja Hudofjärdenillä. Mallin laskentaverkko on kuvattu yksityiskohtaisesti mallinnusraportissa (Lahti 2021).

Laskennassa käytettiin hydraulista mallinnusta, joka tehtiin vuonna 2019 julkaistulla mukautettavan laskentaverkon (Kuva 9-29) omaavalla täydellisin kolmiulotteisin yhtälöin laskevalla DHI:n Mike 3 FM non hydrostatic -virtausmallilla (DHI 2017). Mallilla voidaan kuvata sekä pienempien alueiden hydraulikkaa että laajempien alueiden ilmiötä samanaikaisesti ja se laskee virtausten lisäksi muun muassa meriveden lämpötilan. Lähtötietoina käytettiin muun muassa tuuliolosuhteita, meriveden pinnankorkeutta vaihteluineen, ilman lämpötilaa, jääkantaa sekä meren ja ilmakehän säteilytaseen komponentteja. Mallinnuksen reunaehdot ja alkuarvot on esitetty yksityiskohtaisesti raportissa (Lahti 2021). Mallin käytön pohjana olivat Fortumin aiemmin tekemät laajat ja kattavat merialueen pohjan kartoitukset muun muassa erilaisin kaikuluotausmenetelmin sekä meriveden lämpötilan, suolaisuuden ja virtausten jatkuvatoimisen havainnoinnin aineistot. Mallinnusalue ulottui rannikolta Orrengrundille asti (Kuva 9-29).

Mallilaskennan verifiointi ja validointi on esitetty yksityiskohtaisesti raportissa (Lahti 2021). Malli kalibroitiin vertaamalla laskettuja arvoja vuoden 2011 avovesikauden havaintoihin. Purkupuolella Håstholmsfjärdenillä mallinnetut lämpötilat seurasivat melko tarkasti mitattuja lämpötiloja

aina 7,5 metrin syvyydelle koko kesän. Ottopuolella Hudofjärdenillä mallinnetut lämpötilat vastasivat havaintoja varsin hyvin pintakerroksessa. Jatkuvatoimisiin mittauksiin verrattuna malli toistaa merialueen jatkuvatoimisissa mittauksissa havaitut nopeat lämpötilamuutokset havaittua loivempina. Håstholmsfjärdenin ja Hudofjärdenin mallinnustuloksissa syvemmän veden lämpötilat nousevat elokuun loppua kohti enemmän verrattuna merialueen havaintoihin. Vådholmsfjärdenin osalta mallinnetut syvemmän veden lämpötilat jäivät havaittuja alhaisemmiksi. Mallinnuksen kannalta keskeisin pintakerroksen lämpötila seuraa kuitenkin varsin hyvin mitattuja lämpötiloja. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että mallinnuksessa laskettu meriveden lämpötila vastasi kohtalaisen hyvin mitattuja arvoja ja mallinnustulokset ovat edustavia.

9.16.2.3 VLJ-luolan laajennuksen aiheuttaman kuormituksen arviointi

VLJ-luolan laajennus toteutetaan poraamalla ja räjäyttämällä. Rakennusjätevettä syntyy arviolta kolmen vuoden aikana yhteensä noin 300 000 m³.

Louhinnassa osa räjähdaineesta olevasta liukoisesta

tyyppistä jää louheeseen ja osa liukenee veteen. Lisäksi työmaavedessä on kiviaineksesta peräisin olevaa epäorgaanista kiviä. Johdettavat vedet ovat usein hieman emäksisiä luolan seinämien betonoinnin takia. Tässä arvioinnissa pintavesiin kohdistuvan kuormituksen suuruusluokkaa arvioitiin Espoon Blominmäen kalliopuhdistamon louhinnan aikaisten purkuvesien vuoden 2021 keskimääräisen laadun sekä HSY:n työmaavesiohjeen poistettavien työmaavesien laatuvaatimusten perusteella:

- typpi 6,3 mg/l¹
- kiintoaine 300 mg/l²
- pH 8,51
- öljyt 5 mg/l eikä näkyvää öljykalvoa²

¹ Blominmäen kalliopuhdistamon louhinnan aikaisten purkuvesien keskimääräinen laatu vuonna 2021

² Helsingin kaupungin työmaavesiohje (Helsingin kaupunki)

Arvio kokonaispäästöistä kolmelle vuodelle on:

- typpi 1,9 t
- kiintoaine 90 t
- öljyt ja rasvat 1,5 t

Laskennallinen typen kuormitusmäärä suhteutettiin asukasvastinelukuun (AVL), jonka laskennassa käytettiin jätevesiasetuksessa (157/2017) esitettyjä ominaiskuormituslukuja (typpi = 14 g N/hlö/pvä). Typelle ja kiintoaineelle laskettiin sekoituspitoisuus 500 x 500 m kokoisella merialueella, jonka syvyys on 5 m.

9.16.2.4 Vaikutusten arviointi

Loviisan voimalaitoksen käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston vaikutukset pintavesien vedenlaatuun ja mahdolliset epäsuorat vaikutukset vesiliöstöön sekä vaikutukset vesimuodostumien ekologiseen ja kemialliseen tilaan sekä merenhoitoon arvioitiin asiantuntijatyönä. Arviointi perustui kuvauksiin toiminnoista ja niiden muutoksista, vesiympäristön nykytilatietoon sekä Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden vaikutusten osalta virtauslaskentaan perustuvaan jäähdytysvesimallinnukseen, jonka menetelmiä on kuvattu edellä sekä kattavammin mallinnusraportissa (Lahti 2021).

Vaikutustenarvioinnin tuloksiin perustuen arvioidaan hankkeen vaatimustenmukaisuutta suhteessa EU:n vesipolitiikan puitesäädöksiin (2000/60/EY) sekä meristrategiadirektiiviin (2008/56/EY). Euroopan unionin vesipolitiikan puitesäädöksiin on asettanut jäsenvaltioille tavoitteeksi, että pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila ei heikkene. Direktiivin mukaisena tavoitteena on saavuttaa hyvä tila kaikissa pintavesimuodostumissa viimeistään vuoteen 2027 mennessä. Tilatavoitteiden velvoittavuus hankkeiden lupaharkinnassa tarkentui vuonna 2015 EU-tuomioistuimen ns. Weser-tapauksessa

(C-461/13) antamassa ratkaisussa. Vesipolitiikan puitesäädöksiin mukaan arvioitava hanke ei saa heikentää pintavesimuodostuman ekologista tai kemiallista tilaa tai vaarantaa pintavesien hyvän tilan saavuttamista. Vesienhoidossa pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila arvioidaan vesimuodostumakohtaisesti. Ympäristövaikutusten arvioinnissa vaatimustenmukaisuus suhteessa lainsäädäntöön arvioidaan jokaisen ekologisen tilan luokitellun laatuvaatimusten ja kemiallisen tilan osalta vesimuodostumakohtaisesti. Arvioinnissa huomioidaan myös vaikutukset merenhoitoon.

9.16.3 Nykytila

9.16.3.1 Yleiskuvaus

Håstholmenin saari sijaitsee Suomenlahden sisä- ja ulkosaariston rajalla. Kuvassa 9-30 on esitetty Håstholmenin saarta ympäröivät merialueet, Loviisan edustalle laskevat joet sekä Lappominjärvi, josta voimalaitos ottaa nykytilassa raakavettä. Håstholmenin saaren itäpuolella sijaitsevat Håstholmsfjärdenin ja Klobbfjärdenin lahtialueet, jotka yhdessä muodostavat Suomenlahden sisäsaariston pintavesityyppiä edustavan Klobbfjärden vesimuodostuman (2_Ss_017) (Kuva 9-54). Lämmennyt jäähdytysvesi puretaan Klobbfjärdenin vesimuodostuman länsiosaan Håstholmsfjärdenille.

Håstholmenin saaren länsipuolella sijaitsee Hudöfjärden, joka pääosin sijoittuu Suomenlahden sisäsaariston pintavesityyppiin kuuluvaan Keipsalon vesimuodostumaan (2_Ss_019). Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden otto sijaitsee Hudöfjärdenillä. Suomenlahden ulkosaariston pintavesityyppiä edustava Loviisa-Porvoo-vesimuodostuma (2_Su_030), sijaitsee Håstholmenista etelään. Orrengrundsfjärden on jo varsin avoin merialue ja varsinainen avomeri avautuu noin 12 km Håstholmenista etelään olevan Orrengrundin tasalta.

Loviisan edustan merialueelle ovat tyypillisiä salmien ja matalien vedenalaisten kynnysten erottamat altaat, joiden pohjalta vedenvaihto on vähäistä verrattuna ulompaan merialueeseen. Håstholmsfjärden on puolisoljettu matalahko lahtialue (Kuva 9-30), jonka pinta-ala on noin 9 km², tilavuus 68,5 milj. m³ ja suurin syvyys noin 18 metriä, keskiyvyden ollessa 7,6 metriä. Klobbfjärdenin vesimuodostumaan kuuluvan Håstholmsfjärdenin ja ulomman merialueen välistä vedenvaihtoa rajoittavat useat kapeahkot salmet ja vedenalaiset kynnykset (Launiainen 1979). Håstholmsfjärdenin koillispuolella sijaitsee matalampi Klobbfjärden. Näiden kahden altaan välistä vedenvaihtoa rajoittaa matalikko, jota rikkoo ainoastaan kapea noin 10 metriä syvä vesialue. Klobbfjärden on yhteydessä koillisessa sijaitseviin Tesjokeen (eli Taasianjokeen) ja Kymijoen Ahvenkoskenhaaran suistoihin, Kullafjärdeniin ja Abborrfjärdeniin kapean Jomalsundin kanavan kautta (Kuva 9-30).



Voimalaitos

Kuva 9-30. Loviisan voimalaitosta ympäröivät lähimerialueet, merialueelle laskevat joet ja Lappominjärvi (Lähde: Maanmittauslaitos 2019).

Hudöfjärden (Kuva 9-30) on tilavuudeltaan suurempi kuin Hästholmsfjärden ja sen syvin kohta on 24 metriä. Meri-alue on Hästholmsfjärdeniä avoimempi, joskin etelässä on kynnyksiä, jotka rajoittavat pohjan läheisen alusvesikerroksen vedenvaihtoa. Loviisan Valkon sataman 9,5 metrin väylä parantaa todennäköisesti hieman kyseisen merialueen veden vaihtuvuutta. Ulompana merialueella vesi vaihtuu sisäsaaristoa tehokkaammin.

Lappominjärvi (81V026.1.004_001) on kirkasvetinen ja matala humusjärvi, jonka pinta-ala on noin 1,1 km², tilavuus 1,47 milj. m³ ja keskisyvyys vain 1,35 m (Kuva 9-30). Lappominjärvi on tyypitelty matalaksi humusjärveksi.

9.16.3.2 Kuormitus

Merialueen tilaan vaikuttavat alueella sijaitsevat pistekuormittajat sekä laajemmalta alueelta ja monesta lähteestä tuleva hajakuormitus. Loviisan edustan merialueella pistekuormitusta aiheuttavat Vårdön jätevedenpuhdistamo, Ab

Loviisan Smoltti Oy:n ja Semilax Oy:n kalankasvatustilatokset sekä Loviisan voimalaitos. Voimalaitoksen vesistökuormitus koostuu pääasiassa lämpökuormituksesta. Nykyisessä toiminnassa voimalaitos käyttää jäähdytykseen vuosittain keskimäärin 1 300 milj. m³ merivettä ja purkupuolen merialueelle kohdistuva vuotuinen lämpökuorma on keskimäärin 57 000 TJ. Mereen johdettavaa vuotuista lämpökuormaa ja johdettavan jäähdytysveden lämpötilaa säädelään ympäristöluvan lupaehdoissa. Jäähdytysveden käyttöön liittyvät näkökohdat on kuvattu luvussa 4.2. Radioaktiivisten aineiden päästöt mereen on käsitelty luvussa 4.12.2 ja luvussa 9.8.3.2.

Loviisan voimalaitoksen osuus merialueen pistemäisestä ravinnekuormituksesta on nykytilassa erittäin vähäinen. Loviisan voimalaitoksen jätevesikuormitusta on käsitelty luvussa 4.4. Prosessijäteveden ja talousjäteveden keskimääräinen yhteiskuormitus on ollut fosforin osalta noin 18 kg/v ja typen osalta noin 1 600 kg/v. Loviisan voimalaitoksen osuus on ollut Hästholmenin läheisen vesialueen pistemäisestä fosforikuormituksesta viime vuosina noin 1 % (Taulukko 9-48).

Taulukko 9-48. Keskimääräinen pistekuormitus merialueelle vuosina 2018-2019 (Anttila-Huhtinen & Raunio 2019 ja 2020)

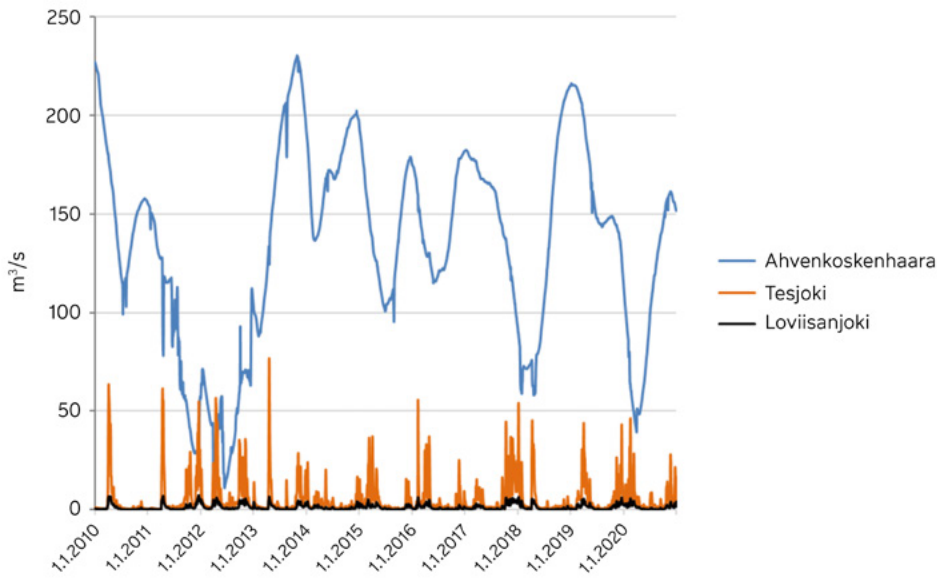
	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi
t/v		
Loviisan voimalaitos (prosessijätevedet ja jätevedenpuhdistamo*)	0,007	1,3
Oy Loviisan Smoltti Ab	0,2	2,8
Semilax (Vastaholmen ja Stenören)	0,4	3,7
Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamo	0,2	21,9
Yhteensä	0,8	29,7

*Loviisan voimalaitoksen jätevedenpuhdistamon kuormitustiedot sisältävät voimalaitoksen talousjätevesien käsittelyn lisäksi Smoltti lietevesien käsittelyn.

Taulukko 9-49. Loviisanjoen, Tesjoen ja Kymmeli Ahvenkoskenhaaran jokivaluman mukana merialueelle tuleva kuormitus vuosina 2010-2020 (VEMALA, tiedot haettu 5.2.2021).

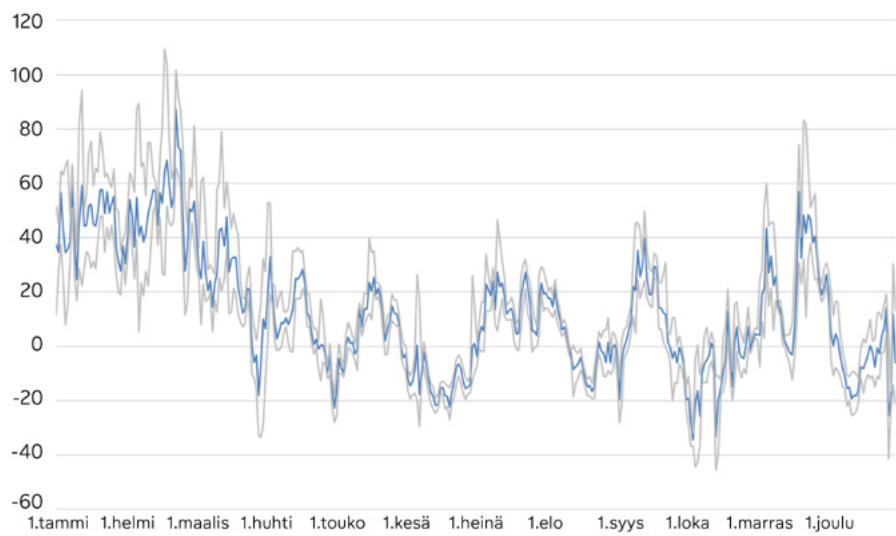
	Kokonaisfosfori t/v		Kokonaistyyppi t/v	
	Ka	Vaihteluväli	Ka	Vaihteluväli
Loviisanjoki (va 81.027)	87	57–111	1 380	917–1 928
Tesjoki (va 15.001)	28	14–45	347	170–613
Kymmeli, Ahvenkoskenhaara (va 14.111)	45*	24–61	2 564	1 144–3 249

* Kymmeli Ahvenkoskenhaaran uomasta lähtevän veden kokonaisfosforipitoisuus on merkittävästi alaisempi kuin Loviisanjoen ja Tesjoen veden kokonaisfosforipitoisuus. Tämän takia uomasta lähtevä kuorma on samaa tasoa kuin pienempivirtaamaisen Loviisan- ja Tesjokien mukanaan tuoma kuorma.



Kuva 9-31. Kymmeli Ahvenkoskenhaaran, Tesjoen ja Loviisanjoen virtaamavaihtelu vuosina 2010–2020 (VEMALA, tiedot haettu 5.2.2021).

Typen osalta kuormitus on vaihdellut välillä 3-6 %. Merkittävin osa ravinnekuormituksesta tulee merialueelle jokivesien kuljettamana hajakuormituksena. Loviisan lähi-merialueelle laskee Loviisanjoki Loviisanlahdelle, josta vedet virtaavat kohti Hudöfjärdeniä (Kuva 9-30). Klobbfjärdenin vesimuodostuman itäpuolella Tesjoki laskee Kullanlahdelle ja Kymmeli Ahvenkoskenhaara Ahvenkoskenlahdelle. Tesjoen ja Ahvenkoskenhaaran mereen purkamasta vedestä osa virtaa kapean Jomalsundin kanavan kautta Klobbfjärdenille ja edelleen Hästholmenia ympäröivälle merialueelle, mutta suurin osa kulkeutuu ulommas merialueelle. Jokien vuosien välinen virtaamavaihtelu on ollut suurta (Kuva 9-31). Loviisanjoen ja Tesjoen virtaamien osuus verrattuna Kymmeli Ahvenkoskenhaaran virtaamaan on vähäinen. Vuosina 2010–2020 osuus oli tyypillisesti noin 4 %, vaihteluvälin ollessa 2-20 %. Taulukossa 9-49 on esitetty keskimääräinen vuosien 2010–2020 jokivesien mukana merialueelle tuleva kokonaisfosfori ja -typpikuormitus (VEMALA 5.2.2021). Jokivesien aiheuttamaan ravinnekuormituksen määrään vaikuttaa



Kuva 9-32. Merivedenkorkeuden päiväkohtaiset keskiarvot sekä vaihteluväli (päiväkohtainen) Porvoon Emäsälössä vuonna 2020 suhteessa teoreettiseen keskiveteen (Ilmatieteen laitos 2021).

suuresti ajankohdan sateisuus. Runsassateisina vuosina ravinteiden huuhtoutuminen voi olla kaksin- tai kolminkertaista vähäsateisiin vuosiin verrattuna (Karonen ym. 2015). Merenpohjan huonosta happitilanteesta aiheutuva sisäinen fosforikuormitus on ajoittain merkittävää sekä Hästholmsfjärdenillä että Hudöfjärdenillä (Leino 2012). Suomenlahdella pohjasedimentin fosforin pidätyskyky on yleisesti huono ja sisäinen kuormitus ylläpitää rehevöitymiskehitystä koko Suomenlahden alueella.

9.16.3.3 Merialueen virtaus- ja kerrostuneisuusolot

Suomenlahdella, kuten koko Itämerellä, vesi on virtausliikkeessä, joka aiheutuu tuulesta, ilmanpaine-eroista ja tiheyseroista vesimassojen välillä. Itämerellä virtaukset riippuvat pitkälti säätilasta ja ovat siksi vaihtelevia (Ilmatieteen laitos 2021). Suomenlahden pintavirtaukset ovat pääosin vastapäivään kiertäviä (Andrejev ym. 2004) ja Suomenlahden pohjoisrannikolla keskimääräinen virtaus suuntautuu rannikon suuntaisesti länteen. Vedenvaihto Suomenlahden ja varsinaisen Itämeren välillä on intensiivistä, koska välillä ei ole virtauksia vähentäviä kynnyksiä.

Loviisan voimalaitoksen edustalla meriveden nettovirtaus suuntautuu länteen. Paikallistasolla merkittävien virtauksiin vaikuttava tekijä lähimerialueella on tuuli, joka vaikuttaa ilmanpaineen ohella myös meriveden pinnankorkeuteen. Muita paikallistasolla vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa alueen topografia (esim. saaret ja salmet), merenpohjan muodot (esim. vedenalaiset kynnykset) ja syvyysprofiili sekä jokivalunta.

Loviisan voimalaitoksen läheisyydessä yleisin tuulensuunta

vuosien 2010–2020 tuntikeskiarvoihin perustuen on lounaasta tai itälounaasta (28 %) (Lahti 2021; liite 4). Yleisin tuulennopeus on ollut samalla ajanjaksolla 3-4 m/s.

Loviisan voimalaitoksella mitataan merivedenkorkeutta, jonka vuorokausikeskiarvot ovat yleisimmin vaihdelleet välillä -30 cm ja 30 cm. Muu lähin toinen merivedenkorkeuden mitausasema sijaitsee Porvoon Emäsälössä, jonka mareografi rekisteröi pinnankorkeutta tunnin välein (Kuva 9-32). Merivedenkorkeuden vuorokausikeskiarvot vaihtelivat vuonna 2020 Emäsälössä välillä -34 cm ja 87 cm teoreettisen keskiveden suhteen (Ilmatieteen laitos 2021).

Hästholmenia ympäröivällä merialueella pintakerroksen virtaus suuntautuu kaakkoistuulella Hästholmsfjärdeniä kohti ja samalla virtaus Hästholmsfjärdeniltä Vådholmsfjärdenille on pääosin estynyt. Lännen-, lounaan- ja luoteenpuoleisella tuulella Hästholmsfjärdeniltä purkautuu pintavettä Vådholmsfjärdenin suuntaan. Merivedenkorkeuden nousu heikentää Hästholmsfjärdenin vedenvaihtoa, kun taas matalalla vedenkorkeudella pintavesi pääsee helpommin virtaamaan Vådholmsfjärdenille. Hästholmsfjärdenin ja ulomman merialueen vedenvaihtoa rajoittavat alueiden väliset kapeahkot matalat salmet. (Fortum Power and Heat Oy 2019b)

Nykytilassa Loviisan voimalaitoksen jäähdytysvesikierrolla on vähäistä vaikutusta lähimerialueen virtauksiin. Jäähdytysvesikierto siirtää vettä Hudöfjärdenistä Hästholmsfjärdeniin keskimäärin 44 m³/s. Virtausnopeutta nostava vaikutus on voimakkain pintakerroksessa ja keskittyy lähinnä jäähdytysveden purkupaikan läheisyyteen ja Hästholmsfjärdenin ja Vådholmsfjärdenin väliin salmiin, mutta ei ulotu Klobbfjärdenille asti (Marjamäki 2012). Osa jäähdytysvedestä kiertää Hästholmenin

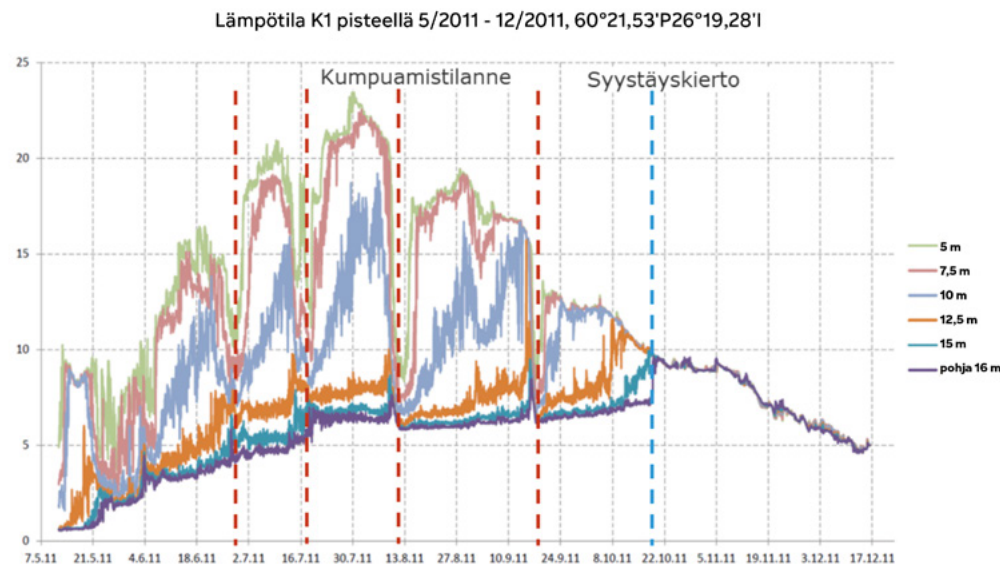
saaren eteläpuolelta kohti Hudöfjärdeniä. Hästholmenin ja mantereen väliin rakennettu penger heikentää alueen virtauksia.

Lämpötilan vuodenaikaisvaihtelu on merkittävin meriveden syvyys-suuntaista kerrostuneisuutta säätelevä tekijä rannikon läheisellä merialueella. Keväällä, jäiden lähdön jälkeen aurin gon säteilyn lisääntyessä, meriveden pinnan lämpeneminen saa aikaan pystysuoraa kiertoliikettä (kevään täyskierto), kunnes pintaveden lämpötila ylittää veden maksimitiheyden (4 °C) lämpötilan. Täyskierron jälkeen pintakerroksen lämpeneminen etenee ja vesimassa kerrostuu, kun kevyempi lämmin vesi jää pintakerrokseen tiheämmän viileän veden päälle. Kesäinen lämpötilan harppauskerros eli termokliini muodostuu yleensä 10–20 m syvyyteen ja painuu kesän edetessä syvemmälle, sekoittuvan pintakerroksen paksuuntuessa. Termokliini estää kylmemmän alusveden ja pintakerroksen välistä sekoittumista ja aineidenvaihtoa. Termokliinin olemassaolo myös edesauttaa jokien tuoman makean veden pysymistä pintakerroksessa, sillä veden pystysuuntainen sekoittuminen termokliinin läpi on heikkoa. Matalilla merialueilla tuulen vaikutus meriveden kerrostuneisuuteen on merkittävä ja voimakkaalla tuulella sekoittumista tapahtuu myös kesäkerrostuneisuuden aikana. Loppukesästä merivesi viilenee vähitellen ja termokliini alkaa heiketä. Syksyn aikana tapahtuu täyskierto, jolloin vesirungon lämpötila on kauttaaltaan sama. Talvea kohti meriveden viileneminen jatkuu edelleen ja pintakerrokseen muodostuu vähitellen kevyempi viileämmän veden kerros, jonka lämpötila on lähellä jäätymis-

pistettä. Rannikon jokisuistojen läheisyydessä makea jokivesi voi kevyempänä muodostaa makean veden patjan jään alle ja vaikuttaa sitä kautta vesimassan kerrostuneisuuteen. Jääkansi muodostuu Suomen merialueilla yleensä keskitalvella.

Veden kerrostuneisuusdynamikkaan liittyy läheisesti kumpuamis-/painumisilmiö, joka vaikuttaa ajoittain pintaveden lämpötiloihin sisä- ja ulkosaaristossa. Kumpuamisessa rannikkoalueen pintavettä virtaa ulommas merialueelle korvautuen syvemmältä nousevalla ravinnepitoisella ja viileällä vedellä (Raateoja ja Setälä 2016) ja vaikutus ilmenee vesimassan äkillisenä viilenemisenä. Loviisan edustalla lännen puolelta rannikon suuntaisesti riittävän pitkään puhaltava tuuli voi aiheuttaa kumpuamista. Pitkäkestoiset idänpuoleiset tuulet voivat vastaavasti aiheuttaa ns. painumistilanteen, jossa Suomen rannikolle virtaa lämmintä pintavettä ja Viron rannikolle kumpuaa viileää vettä (Raateoja ja Setälä 2016). Painumistilanteet nostavat ajoittain meriveden lämpötilaa myös Loviisan edustalla (Fortum Power and Heat Oy 2019a).

Esimerkiksi Hudöfjärdenillä sisäsaaristossa merivesi on kesäkaudella voimakkaasti lämpötilakerrostunut ja syvänteissä on selvästi pintakerrosta viileämpää vettä (Kuva 9-33). Vuoden 2011 mittauskampanjan aikana pintaveden lämpötila nousi heinäkuun loppupuolelle saakka, jonka jälkeen vesimassa alkoi jäähtyä. Heinä- syyskuun aikana oli nähtävissä kumpuamistilanteita, joiden aikana meriveden pintakerroksen lämpötila romahti nopeasti. Syystäyskierto tapahtui lokakuun puolenvälin tienoilla.



Kuva 9-33. Meriveden lämpötilan kehitys Hudöfjärdenillä pisteellä K1 vuoden 2011 mittauskampanjan aikana touko- joulukuussa. Kumpuamistilanteet on esitetty punaisella katkoviivalla. Vesikerrosten väliset lämpötilaerot tasoittuivat lokakuun loppupuolella (Lindfors ym. 2012).

Taulukko 9-50. Pintaveden keskimääräinen sekä maksimi- ja minimilämpötila (°C) avovesikaudella kesä-syyskuussa vuosina 2000-2020 sekä otoskoko (n). Tarkkailupisteiden sijainnit on esitetty kuvassa (Kuva 9-37) (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021).

Tarkkailupiste	Lämpötila	Lämpötila	Lämpötila	n
	Keskiarvo	Maksimi	Minimi	
Hudöfjärden 1	18,4	23,5	14,1	22
Hudöfjärden 2	17,6	24,1	11,2	32
Hudöfjärden 3	16,7	24,5	8,6	154
Hästholmsfjärden 11	20,4	28	14,8	87
Hästholmsfjärden 12	19,4	27,6	11,9	89
Hästholmsfjärden 8	19,2	27,6	11,9	153
Hästholmsfjärden 9	19,3	27,5	14,3	56
Klobbfjärden 6	18,5	26,4	12,7	87
Orregrundsfjärden 15	15,9	23,1	9	87
Vådholmsfjärden 20	17,2	24,5	11	88

Loviisan voimalaitoksen merkittävin ympäristövaikutus on lämpökuormitus jäähdytysveden purkupuolelle, minkä vuoksi meriveden lämpötiloja on seurattu pitkäjänteisesti aina 1960-luvulta asti. Tarkkailutulosten, jatkuvatoimis-ten mittaustulosten, erillisten mittauskampanjoiden sekä mallinnuksen perusteella jäähdytysvesi nostaa meriveden lämpötilaa ja on vaikuttanut edellä kuvattuun luontaiseen lämpötilakerrostuneisuuteen erityisesti Hästholmsfjärdenillä jäähdytysveden purkualueen lähellä. (Fortum Power and Heat Oy 2019b; Lahti 2021)

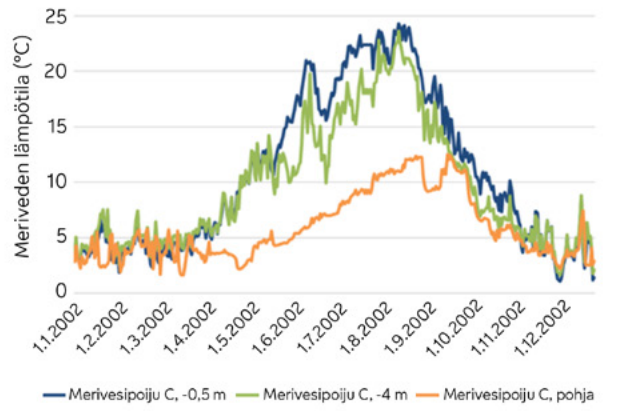
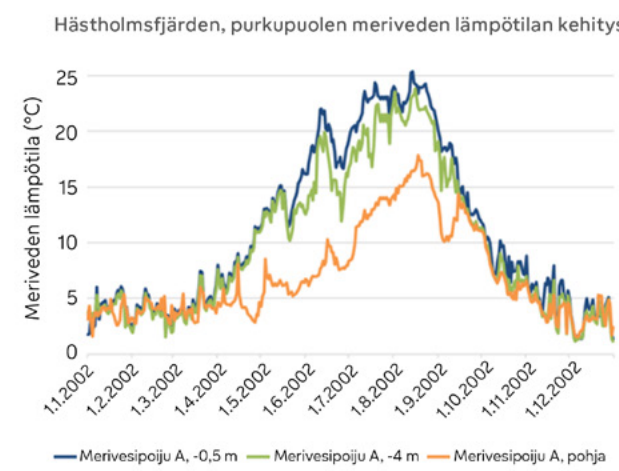
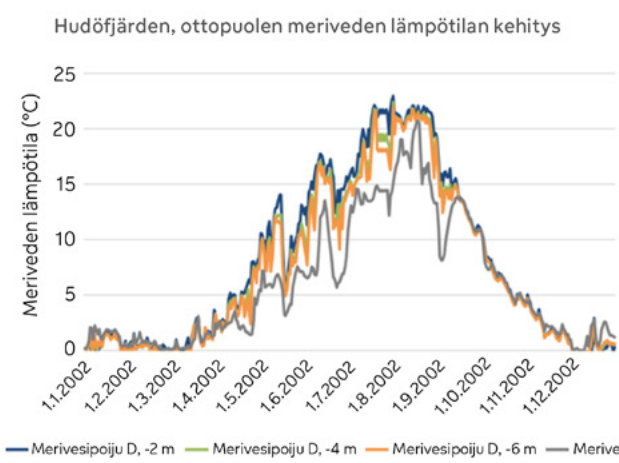
Tulokset osoittavat, että pintakerroksen lämpötila kohoaa keskimäärin yli 3 °C noin 1–1,5 km etäisyydellä purkupaikasta. Yli 2 °C vaikutus havaitaan noin 1,5–2,5 km etäisyydellä ja yli 1 °C vaikutus ulottuu noin 3–3,5 km etäisyydelle (Marjamäki 2012). Jäähdytysveden lämpövaikutus on selvästi havaitta-vissa myös pitkän ajan vedenlaadun tarkkailun tuloksista, jossa Hästholmsfjärdenin tarkkailupisteiden avovesikauden keskimääräiset- ja maksimilämpötilat ovat muita merialueita korkeammat (Taulukko 9-50).

Jäähdytysveden otto- ja purkupuolen meriveden lämpöti-laa seurataan jatkuvatoimisesti mittauspoijuilla, joiden sijainti on esitetty kuvassa 9-37. Kuvassa 9-34 on esitetty merive-den lämpötilan vuodenaikaiskehitys eri vesikerroksissa jääh-dytysveden otto- ja purkupuolella eri etäisyyksillä purkupai-kasta vuodelta 2002, jolta oli saatavissa eheimmät aikasarjat. Vuosi 2002 oli lämpötilaoloiltaan tavanomainen. Kuvasta nähdään, että lämpimästä jäähdytysvedestä muodostuva kerros leviää merialueelle muutaman metrin paksuisena pin-

tavesikerroksena eikä sekoitu helposti alla olevan tiheämmän veden kanssa. Lämpövaikutuksen on havaittu voimistavan Hästholmsfjärdenin syvyyssuuntaista lämpötilakerrostu-neisuutta (Fortum Power and Heat Oy 2019b). Lämpimän jäähdytysveden leviämistä ja lämpövaikutusta on käsitelty myös luvuissa 9.16.4.1 ja 9.16.4.2.

Meriveden virtaukset, joita on kuvattu aiemmin, säätelevät lämpimän jäähdytysveden leviämistä merialueella. Kaak-koistuulen vallitessa lämpövaikutus jää pääosin Hästholms-fjärdenin alueelle. Sama ilmiö on nähtävissä meriveden pinnankorkeuden noustessa. Lounais- ja luoteistuulella sekä vedenkorkeuden ollessa keskimääräistä alhaisempi, lämmin vesi leviää paremmin myös Vådholmsfjärdenin puolelle. (For-tum Power and Heat Oy 2019b)

Lämpötilaseurannan ja alueella tehtyjen mallinnusten pe-rusteella jäähdytysveden purun aiheuttama pintakerrokseen (1 metri) keskittyvä suurin lämpötilannousu rajoittuu avovesikaudel-la tyypillisesti Hästholmenin itäpuolelle Smedsholmarna saarten, Reimarsin saaren sekä purkupaikan eteläpuolelle jäävien saarten ja salmien alueelle (Kuva 9-54 ja luvussa 9.16.4.1). Lämpökuor-ma jakautuu veden pintakerrokseen tasaisesti ja sekoittuminen alempiin vesikerroksiin on vähäistä. Vådholmsfjärdenillä ja syvemmissä vesikerroksissa vaikutus on siten vähäinen. Ajoittain pintaveden lämpötilan kohoamista voidaan tuuliolosuhteista tai jäätilanteesta riippuen havaita laajemmalla alueella. Lisäksi lämmennyt vettä kulkeutuu jonkin verran myös jäähdytysveden ottopuolelle Hudofjärdenille takaisinkiertona. (Marjamäki ja Lahti 2012; Fortum Power and Heat Oy 2019b; Lahti 2021)



Kuva 9-34. Meriveden lämpötilan vuotuinen kehitys jatkuvatoimisilla mittauspoijuilla vuonna 2002 jäähdytysveden ottopuolella Hudöfjärdenillä (ylin kuva) sekä purkupuolella Hästholmsfjärdenillä mittauspoijulla A (vasen kuva) ja C (oikea kuva). Poijujen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 9-37).

Lämpimän jäähdytysveden leviäminen lähimerialueella on selvimmin havaittavissa talvella, jolloin lämmin jäähdytysvesi pitää osan Hästholmsfjärdeniä purkuaukon edustalla sulana läpi vuoden (Ilus 2009). Purkualueen välittömässä läheisyydessä lämmin jäähdytysvesi on aluksi pintakerroksessa, missä lämpötilannousu on noin 5–15 °C (Lahti 2021). Suolainen ja lämmin jäähdytysvesi vajoaa vähitellen tiheyttään vastaa-vasti jokien tuoman kylmän makean veden pintakerroksen ja kylmän suolaisemman merivesikerroksen väliin, muodostaen pinnanläheisen lämpimän veden välikerroksen, joka havaitaan selvimmin Hästholmsfjärdenillä ja Vådholmsfjärdenille johta-vien salmien edustalla. Välikerroksessa lämpötilannousu on suurimmillaan noin 5 °C (Lahti 2021). Kauempana välikerroksen lämpötila laskee vähitellen ympäröivän kylmän veden sekoittu-

essa siihen. Lämmintä jäähdytysvettä työntyy välikerroksessa myös talvella Hudöfjärdenin puolelle, jossa lämpötilannousu on ollut noin 0-3 °C. (Marjamäki 2012; Lahti 2021)

Suomenlahdella suolapitoisuus pienenee itää kohti men-täessä ja sisäsaaristossa alusveden ja pintakerroksen väliset erot suolapitoisuudessa ovat tyypillisesti melko pieniä. Pintakerroksen keskimääräinen suolapitoisuus on pysynyt Hästholmenin lähimerialueella pitkällä aikavälillä tasaisena ja murtovedelle tyypillisenä, vaihdellen välillä 3,5–5 ‰. Alusve-dessä keskimääräinen pitoisuus on hieman korkeampi, noin 4–6 ‰. Loviisanjoki, Tesjoki ja Kymijoen Ahvenkoskenhaara tuovat makeaa vettä lahtialueille, mikä vaikuttaa osaltaan kerrostuneisuuteen. Jokien vaikutus nähdään hyvin satelliit-tikuvista esim. keväällä, jolloin sameaa vettä leviää laajallekin



Kuva 9-35. Satelliittikuva Tesjoen vaikutuksesta keväällä 23.4.2018 Loviisan voimalaitoksen läheiseen merialueeseen, jossa Klobbfjärdenille kulkeutuu savisameaa makeaa jokivettä. Alkuperäinen kuva: ESA Copernicus Sentinel data, prosessointi SYKE (SYKE 2018).

alueelle merenlahtiin ja muun muassa Tesjoen vettä työntynyt Jomalsundin kanavan kautta Klobbfjärdenille (Kuva 9-35).

9.16.3.4 Jääolot

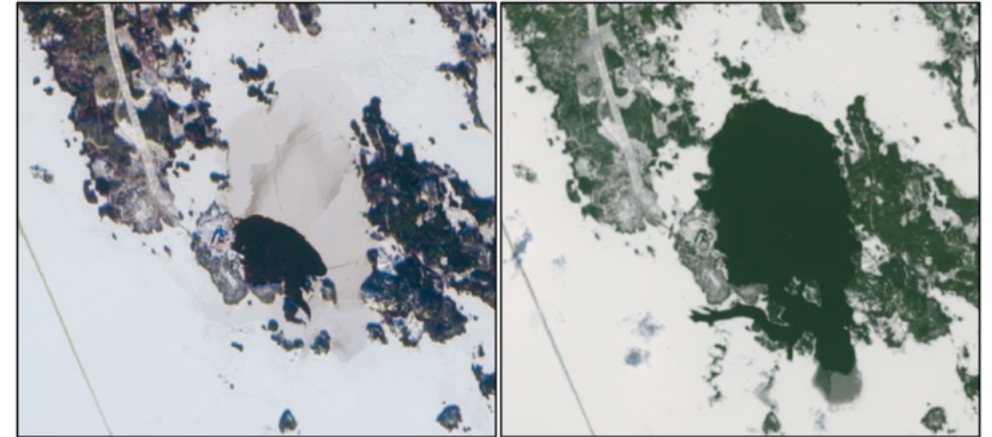
Merialueen jäätilannetta seurataan osana voimalaitoksen velvoitetarkkailua. Pysyvä jääpeite muodostuu alueella normaalia myöhemmin ja jäiden lähtö tapahtuu aiemmin verrattuna alueisiin, joille ei kohdistu lämpökuormitusta. Voimalaitoksen jäähdytysveden vaikutus jääpeitteeseen näkyy sulan veden alueena, mikä nähdään myös satelliittikuvista. Esimerkiksi vuonna 2018 sulan veden alue oli satelliittikuvissa pienimmillään helmikuun lopussa (Kuva 9-36). Huhtikuun alussa alue oli laajentunut merkittävästi ja huhtikuun puolen välin paikkeilla jäät sulivat merialueella. Jääpeite onkin yleensä talvella heikko voimalaitoksen edustalla ja Hästholmsfjärdeniltä ulos johtavissa salmissa.

Hästholmsfjärdenin pohjoisosissa ja Klobbfjärdenillä jää on yleensä kantava. (Ilus 2009)

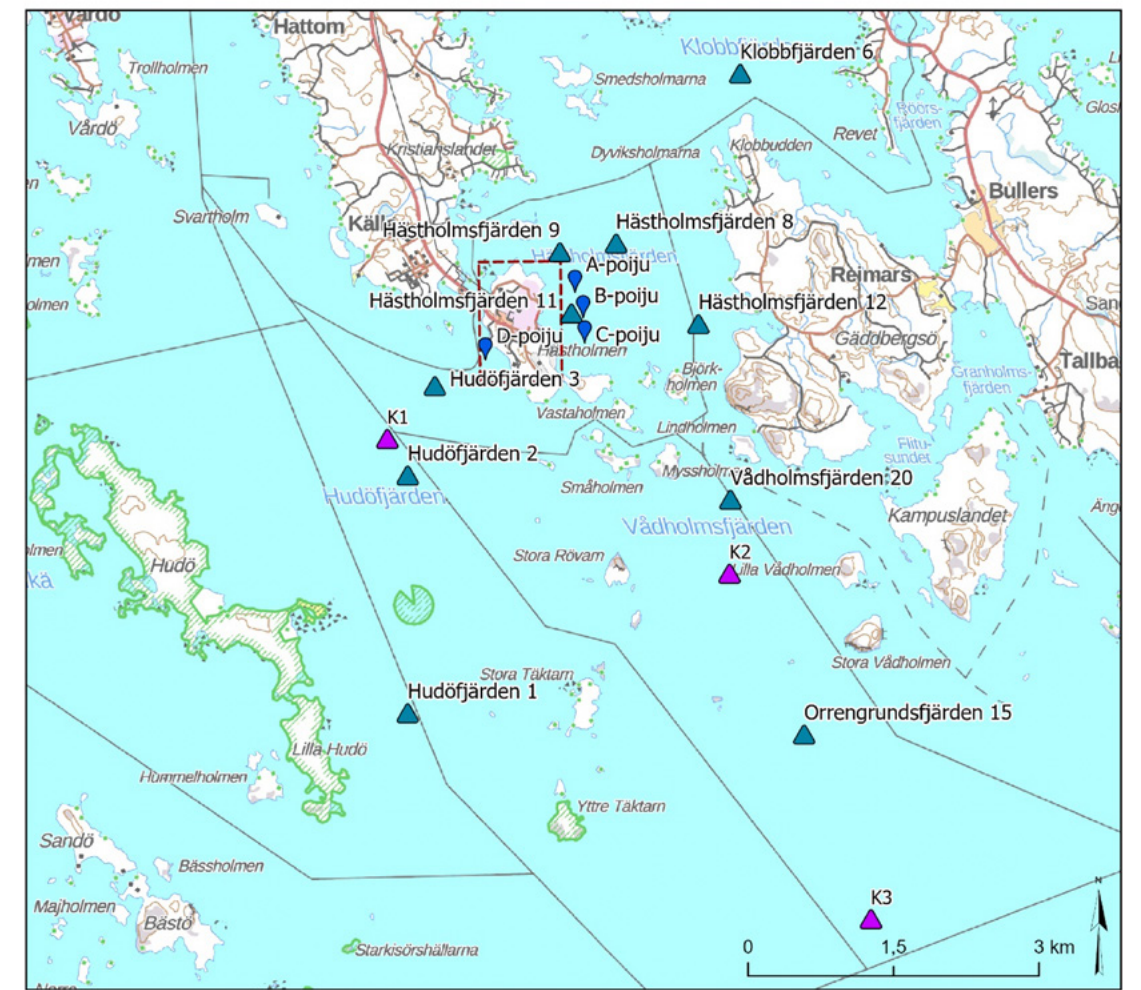
Jäätilanne ja sula-alueen koko vaihtelee huomattavasti riippuen talven ankaruudesta. Ankarina talvina sulan veden alue voi olla erittäin pieni, kun taas leutoina talvina alue on suurin. Heikentyneestä jäätilanteesta varoitetaan varoitustauluilla ja paikallisessa sanomalehdessä.

9.16.3.5 Meriveden laatu

Loviisan voimalaitoksen lähimerialueen vedenlaatua on tarkkailtu vuosikymmenten ajan. Voimalaitoksen velvoitetarkkailuun on sisällytetty vedenlaadun tarkkailua usealta eri syvyydeltä. Meriveden laadun tarkkailupisteet on esitetty kuvassa 9-37. Lisäksi kuvassa on esitetty jatkuvatoimisten lämpötilamittauspöijujen A-D sijainti sekä vuoden 2011 avovesikaudella toteutetun meriveden lämpötilan jatkuvatoimisen seurannan pisteet K1-K3.



Kuva 9-36. Sulan veden alueen koon vaihtelua voimalaitoksen merialueella talvella 2018. Vasemmanpuoleinen satelliittikuva on helmikuun lopusta (27.2.2018), jolloin sula-alue oli pienimmillään. Oikeanpuoleinen kuva on huhtikuun alusta (3.4.2018), huhtikuun puolenvälin paikkeilla jäät sulivat merialueelta. Alkuperäiset kuvat: ESA Copernicus Sentinel Data, prosessointi: SYKE (SYKE 2018).



Kuva 9-37. Loviisan voimalaitoksen merialueen velvoitetarkkailun meriveden laadun seurantapisteen (Lähde: Maanmittauslaitos 2019; Anttila-Huhtinen & Raunio 2018).



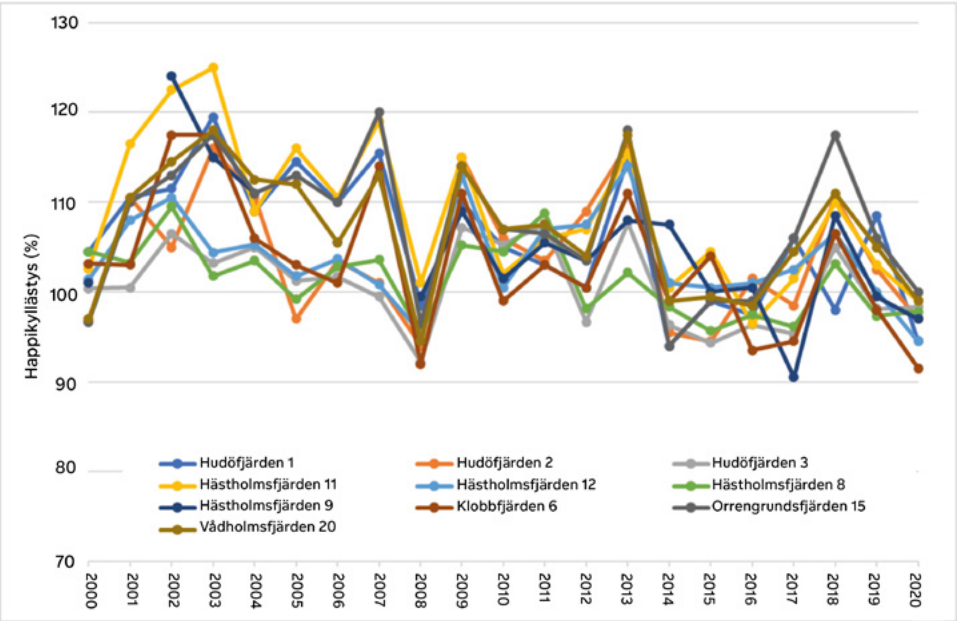
Loviisan voimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt mereen on kuvattu luvussa 4.12.2 ja 9.8.3.2. Ympäristön nykytila säteilyn osalta on kuvattu luvussa 9.8.3.

Pintakerroksen (0-1 metriä) kasvukauden (touko-lokakuu) happitilanne on ollut vedenlaadun seurantapisteillä keskimäärin hyvä (Kuva 9-38). Happikyllästy on vaihdellut

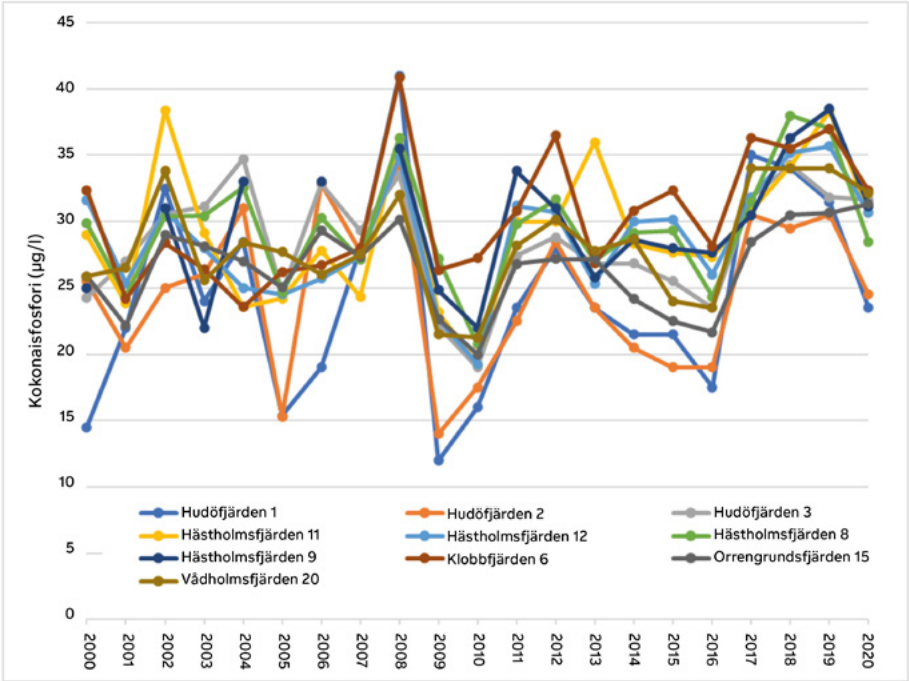
kasvukaudella välillä 70-130 %. Pintakerroksessa on havaittu kiihtyneestä kasviplanktonituotannosta aiheutuvaa hapen ylikyllästystä kaikissa seurantapisteissä, mikä on tyypillinen ilmiö rehevissä vesissä. Alusveden happitilanne on ollut kasvukaudella keskimäärin pintavettä heikompi johtuen muun muassa veden lämpötilakerrostuneisuudesta. Jaksolla

2000–2020 ei happitilanteessa ole havaittu selkeää kehityssuuntaa (Kuva 9-39) (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Sen sijaan alueellinen vaihtelu on selvästi pintakerrosta suurempaa. Viime vuosina alusveden hapettomuutta on havaittu lähinnä Hästholmsfjärdenin syvänteissä ja ajoittain välivedessä, mutta happivajetta on esiintynyt myös Hudöfjärdenin puolella. Alusveden happitilanne on vedenlaatutietojen perusteella ollut heikko Hästholmsfjärdenin syvänteissä jo 1970-luvulta alkaen ennen voimalaitoksen käyttöönottoa, välivedessä happitilanne heikentyi 1990-luvulla (Avoin tieto,

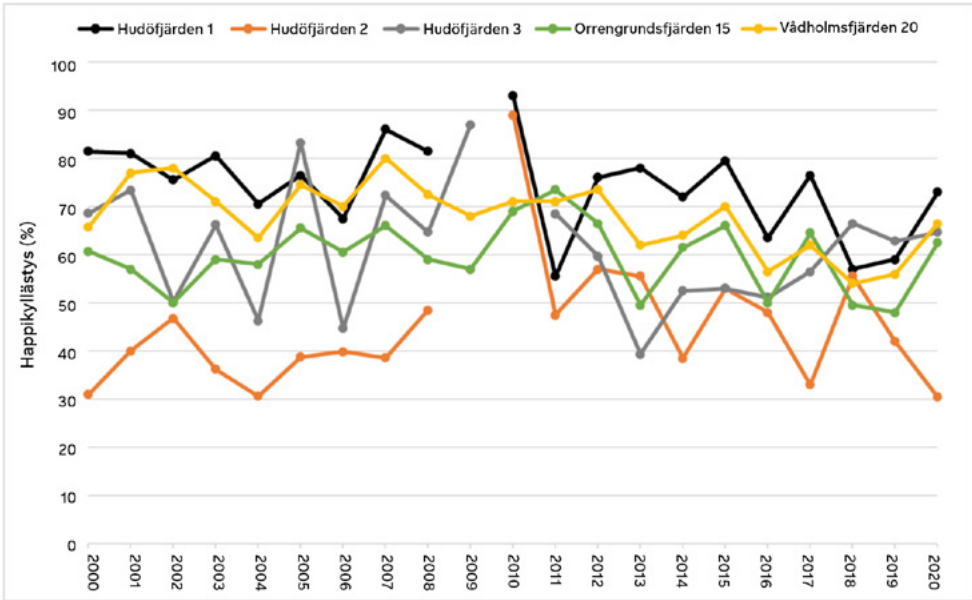
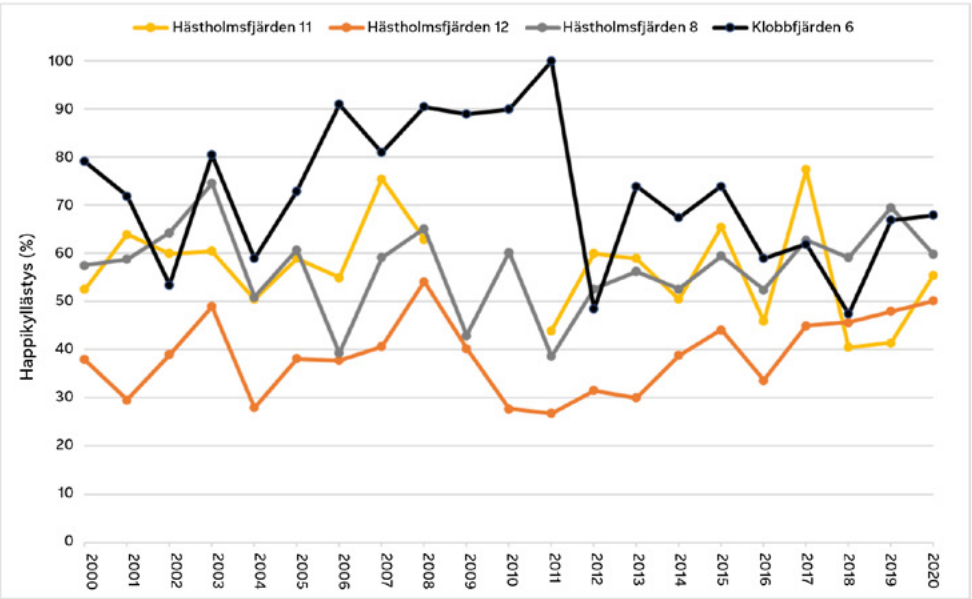
Hertta tietokanta, 24.3.2021).
Kasvukauden (touko-lokakuu) keskimääräisten ravinnepitoisuuksien perusteella Hästholmenin lähimerialueen pintavesi on ollut lievästi rehevää tai rehevää. Kasvukauden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus on vuosina 2000–2020 vaihdellut vedenlaadun seurantapisteillä pintakerroksessa välillä 12–41 µg/l (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021) (Kuva 9-40). 2000-luvulla fosforipitoisuuksien vaihtelussa ei ole havaittavissa varsinaista kehityssuuntaa. Pintaveden keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus on vaihdellut välillä



Kuva 9-38. Meriveden pintakerroksen keskimääräinen (touko-lokakuun keskiarvo) happikyllästy Loviisan merialueella vuosina 2000-2020 (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021).



Kuva 9-40. Meriveden pintakerroksen keskimääräinen (touko-lokakuun keskiarvo) kokonaisfosforipitoisuus Loviisan merialueella vuosina 2000-2020 (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021).



Kuva 9-39. Meriveden pohjanläheisen vesikerroksen keskimääräinen (touko-lokakuun keskiarvo) happikyllästy Loviisan merialueella vuosina 2000–2020. Ylempänä Hästholmsfjärdenin ja Klobbfjärdenin alue ja alempana kuva Hudöfjärdenin alueesta sekä Vådholmsfjärdenistä ja Orrengrunds-fjärdenistä (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021).

250–475 µg/l (Kuva 9-41). Kokonaistyyppipitoisuus notkahti selvästi vuonna 2009, jonka jälkeen pitoisuus on lievästi noussut, jäädén kuitenkin keskimäärin samalle tasolle kuin vuosina 2000–2008.

Pohjan tuntumassa alusvedessä ravinnepitoisuudet ovat olleet korkeampia kuin pintavedessä (Kuva 9-42 ja Kuva 9-40). Hästholmsfjärdenin syvänealueella (Hästholmsfjärden 12) on toistuvasti ollut muita pisteitä korkeampia kokonaisfosfori ja

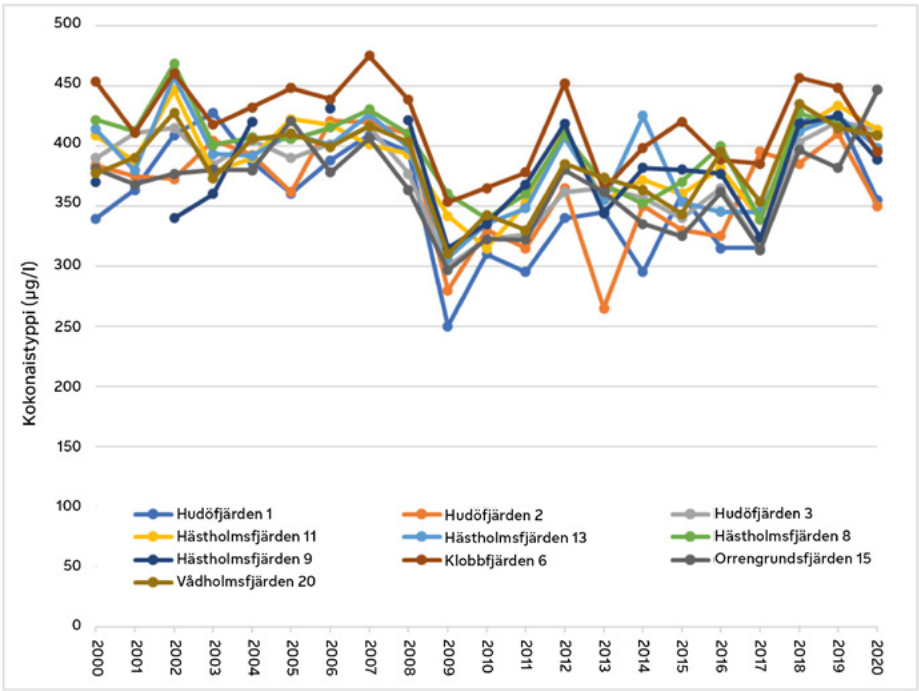
-typpipitoisuuksia alusveden heikon happitilanteen tai hapetomisuuden seurauksena, jolloin ravinteita liukenee sedimentistä veteen. Vuosien 2000–2020 touko-lokakuussa fosforipitoisuus on ollut pohjanläheisessä alusvedessä keskimäärin 200 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 613 µg/l. Samaa ilmiötä on havaittavissa Hudöfjärden 2 seurantapisteellä. Muilla pisteillä keskimääräinen fosforipitoisuus on vaihdellut alusvedessä 50 µg/l molemmin puolin ja tyyppipitoisuus on ollut luokkaa

375–434 µg/l. Pitoisuudet voivat kuitenkin ajoittain kohota selvästi happivajeen seurauksena.

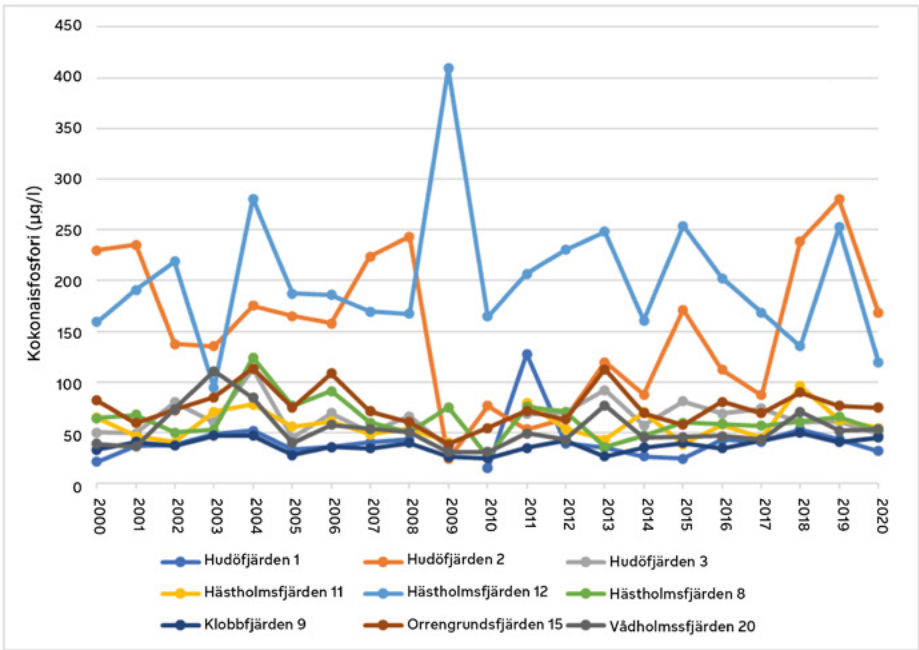
Loviisan merialueella on mitattu näkösyvyyttä 1970-luvulta lähtien. Näkösyvyys kuvaa sitä, kuinka syvälle vedessä näkee veden pinnalta katsottaessa. Näkösyvyyttä pienentävät vedessä olevat hiukkaset (mm. kasviplanktonlevät ja jokivesien tuoma savisamennus) tai esimerkiksi kova tuuli, joka sekoittaa veteen sedimentissä olevia hiukkasia. Rehevöityminen on

merkittävä näkösyvyyttä pienentävä tekijä vesistöissä.

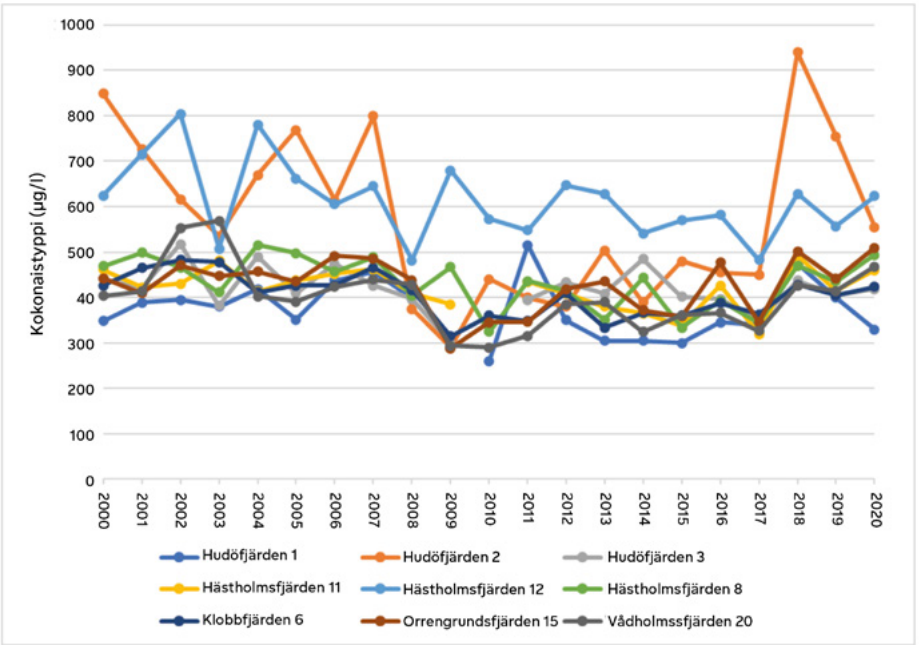
Vedenlaadun seurannan perusteella näkösyvyys on pienentynyt Hästholmenin lähimerialueella (Kuva 9-44). Näkösyvyys on ollut Klobbfjärdenillä ja Hästholmsfjärdenillä muita ympäröiviä merialueita pienempi jo 1970-luvulla ja laskevaa suuntausta on ollut havaittavissa koko lähimeri-alueella tarkkailun alusta 2000-luvulle saakka. Näkösyvyyden pieneminen on seurausta Suomenlahden yleisestä



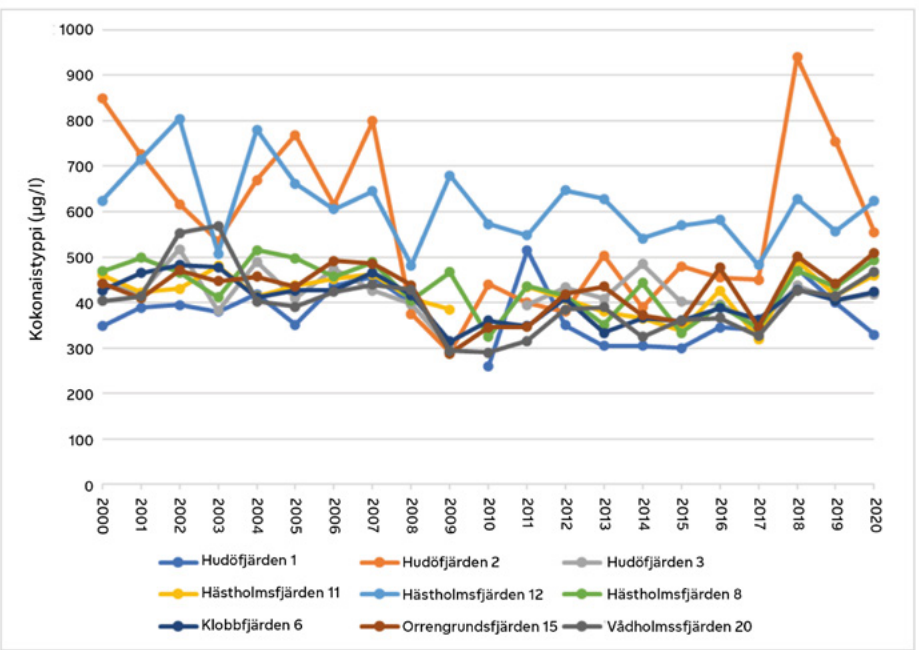
Kuva 9-41. Meriveden pintakerroksen keskimääräinen (touko-lokakuun keskiarvo) kokonaistyyppipitoisuus Loviisan merialueella vuosina 2000–2020 (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021).



Kuva 9-42. Meriveden alusvesikerroksen keskimääräinen (touko-lokakuun keskiarvo) kokonaisfosforipitoisuus Loviisan merialueella vuosina 2000–2020 (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021).



Kuva 9-43. Meriveden alusvesikerroksen keskimääräinen (touko-lokakuun keskiarvo) kokonaistyyppipitoisuus Loviisan merialueella vuosina 2000–2020 (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 11.2.2021).



Kuva 9-44. Näkösyvyys (m) Hästholmenin lähimerialueella keskikesällä kesä-elokuussa (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 12.2.2021).

rehevöitymiskehityksestä, mutta myös paikalliset tekijät vaikuttavat. Klobbfjärdenin muita alhaisempaa näkösyvyyttä selittää Tesjoelta Jomalsundin kautta tuleva kiintoaine- ja ravinnepitoinen jokivesikuormitus (Kuva 9-35). Viime vuosina näkösyvyyden laskeva suuntaus näyttäisi tasaantuneen.

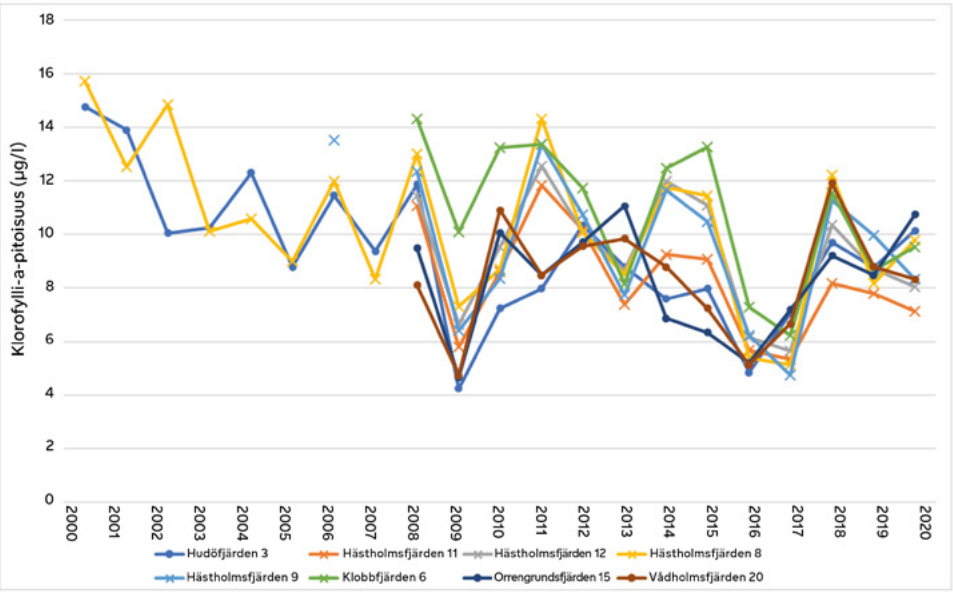
9.16.3.6 Kasviplankton

Kasviplanktonlevät ovat pieniä yksisoluisia eliöitä ja perustuottajina muodostavat meriekosysteemissä ravintoverkon perustan. Kasviplanktonyhteisöä säätelevät monet eri fysi-kaalis-kemialliset tekijät, joita ovat muun muassa valo, lämpötila, ravinnepitoisuudet ja -suhteet sekä bioottiset tekijät, joita ovat muun muassa eläinplanktonin laidunnus ja kilpailu ravinteista. Suomenlahden kasviplanktonyhteisöillä on selvä vuodenaikaissuksessio, joka sisältää kevätkukinnan, kesäminimin, myöhäiskesän maksimin ja ajoittain myös pienemmän syyskukinnan.

Voimalaitoksen lähimerialueella kasviplanktonlajisto ja -biomassa sekä kasviplanktonin vuodenaikaissuksessio (kehittyminen) on ollut Suomenlahden rannikkovesille tyypillinen. Talvella valon määrä ja merialueen sekoittumisolosuhteet rajoittavat kasviplanktonin kasvua, vaikka levätuotannolle on riittävästi tarjolla ravinteita. Perustuotanto on kasviplanktonin kevätkukinnan aikana suurimmillaan ja sen voimakkuus vaihtelee alueellisesti sekä vuosien välillä, ollen suurin Suomenlahdella (Fleming ja Kaitala 2006). Vuoden 2017 tarkkailussa voimalaitoksen lähimerialueen toukokuun runsaimmat taksonit, panssarisiimalevät (valtalajina suuri-kokoinen Peridiniella catenata) ja piilevät, olivat tyypillisiä kevätkukinnan leväryhmiä (Hakanen 2018).

Kesällä kasviplankton käyttää lähinnä kierrätettyjä ravinteita, koska lämpötilan harppauskerros estää ravinteiden siirtymistä syvemmistä vesikerroksista tuottavaan valoisaan pintakerrokseen ja liukoisten ravinteiden pitoisuus on pintakerroksessa pieni. Vallitsevia kesäajan leväryhmiä ovat tyypillisesti rihmamaiset syanobakteerit eli sinilevät, panssarilevät sekä pienet autotrofiset siimaeliöt ja nanoflagellaatit. Voimalaitoksen lähimerialueella sinilevien määrä on vaihdellut vuosittain ja sinilevien osuus on yhteisössä suurimmillaan loppukesästä (Hakanen 2018). Runsain sinilevälaji oli vuoden 2017 tarkkailussa rihmamainen myrkytön Aphanizomenon (Hakanen 2018). Suomenlahdella rehevöityminen on johtanut sinilevien massaesiintymisten keskimääräiseen voimistumiseen myöhäiskesällä, vaikka esiintymien voimakkuuden alueellinen ja ajallinen sekä vuosien välinen vaihtelu on suurta (Bruun ym. 2010). Syksyn kasviplanktonyhteisöissä vallitsevina ovat Loviisan merialueella esiintyneet kylmän veden suurikokoiset piilevälajit (Hakanen 2018).

Levien määrää vedessä kuvaavan lehtivihreä- eli a-klorofyllipitoisuuden vuosikeskiarvoista on tarkkailun alkuvuosilta vain hajanaisia tietoja. Tarkkailun alkuvuosiin verrattuna a-klorofyllipitoisuudet ovat kasvaneet, mikä kuvastaa levämäärän kasvua (Taulukko 9-51). Täydellisin tarkkailuaineisto on saatavissa tarkkailupisteiltä Hästholmsfjärden 8 ja Hudöfjärden 3. Näillä pisteillä keskimääräinen klorofyllipitoisuus osoitti laskevaa suuntausta (levämäärän vähentymistä) 2000-luvulla vuoteen 2009 saakka (Kuva 9-45) (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Sama kehityssuunta havaittiin myös vuonna 2008 tarkkailuun lisätyillä pisteillä (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Tämän jälkeen klorofyllipitoisuus kohosi uudelleen ja vuosien välinen vaihtelu on ollut suurta. Korkeim-



Kuva 9-45. Pintakerroksen asemakohtainen keskimääräinen a-klorofyllipitoisuus (µg/l) kasvukaudella (touko-lokakuu) Loviisan merialueella vuosina 2000-2020 (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018).

Taulukko 9-51. A-klorofyllipitoisuuden vuosikeskiarvot eri ajanjaksoilla vuodesta 1970 eteenpäin. Alkuvuosien tiedot ovat hajanaisia ja otoskoko (n) on ollut hyvin pieni (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 17.2.2021).

Piste	1970-1980	n	1981-1990	n	1991-2000	n	2001-2010	n	2011-2020	n
Hudöfjärden 1	—		—		—		22,5	2	—	
Hudöfjärden 2	0,2	1	7,3	8	3,1	1	17,3	2	—	
Hudöfjärden 3	—		—		12,03	12	10,9	72	8,3	62
Hästholmsfjärden 11	3,8	1	14,8	1	—		8,6	17	7,9	61
Hästholmsfjärden 12	3,7	1	7,9	16	7,7	1	8,7	19	9,1	62
Hästholmsfjärden 8	2,9	5	—		12,8	11	10,9	72	9,1	56
Hästholmsfjärden 9	—		12,8	1	—		9,4	25	9,1	60
Klobbfjärden 6	—		—		—		11,6	19	9,9	61
Orrgrundsfjärden 15	—		—		—		7,3	19	7,9	61
Vådholmsfjärden 20	—		—		—		7,5	19	9	61

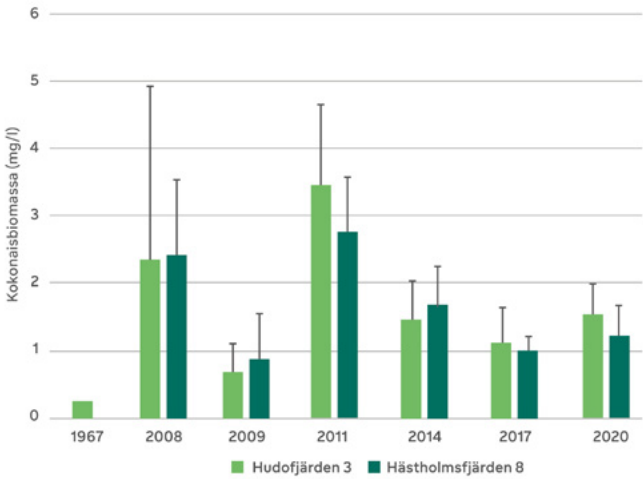
mat pitoisuudet on havaittu vuosina 2011 ja 2014. Nykytilassa klorofyllipitoisuuden arvot kuvastavat lähinnä rehevää vesistöä. Jäähdytysveden purkualueella Hästholmsfjärdenillä voimalaitoksen aiheuttama lämpökuorma on osaltaan kiihdyttänyt rehevöitymistä.

Suomenlahden tilassa tapahtuneet muutokset ovat heijastuneet myös voimalaitoksen lähimerialueen tilaan. Suomenlahdella levämäärät ovat kasvaneet 2000-luvun alkupuolelle asti rehevöitymisen takia. Suomenlahdella levien määrä alkoi kasvaa uudestaan 2010-luvun loppupuolella, mikä liittyi välillisesti 2010-luvun suolapulsseihin, jotka työnsivät tieltään vähähappista ja fosforipitoista vettä Itämeren pääaltaasta (Gotlannin syväne) Suomenlahdelle. Esimerkiksi vuosien 2014–2016 suolapulssien vaikutus näkyi Loviisan vesistö-tarkkailun vuoden 2018 tuloksissa a-klorofyllipitoisuuden ja perustuotannon nousuna (Anttila-Huhtinen & Raunio 2019).

Kasviplanktonin kokonaisbiomassasta on säännöllisiä tarkkailutietoja vuodesta 2008 eteenpäin (Avoin tieto, kasviplanktonrekisteri, 15.2.2021). Kattavin aineisto on tarkkailupisteiltä Hudöfjärden 3 ja Hästholmsfjärden 8. Biomassat ovat merkittävästi korkeampia verrattuna vuoden 1967 biomassaan, joka on laskettu vain yhden heinäkuun näytteen perusteella ja on ainoastaan suuntaa antava (Kuva 9-46). Muutokset ovat todennäköisimmin seurausta Suomenlahden yleisestä rehevöitymisestä. Vuosina 2014–2020 biomassa on ollut keskimäärin 0,9-1,7 mg/l. Biomassa on kääntynyt laskuun vuoden 2011 jälkeen.

Loviisan merialueelta on olemassa ajallisesti harvinaisen pitkä kasviplanktonin perustuotannon mittausaineisto, jossa varhaisimmat tulokset ovat vuodelta 1967, mutta näyttäisi kääntyneen laskuun vuoden 1997 jälkeen (Anttila-Huhtinen

& Raunio 2018). Tarkkailun aikana perustuotannon määrä on kasvanut sekä jäähdytysveden purkualueella että ottopuolella 1990-luvun puoliväliin saakka. Kasvu on yhteydessä yleiseen ravinnepitoisuuksien nousuun Suomenlahdella ja Suomenlahden yleiseen rehevöitymiskehitykseen. Rehevöitymiskehitys on kuitenkin ollut voimakkaampaa Hästholmsfjärdenin puolella (asema 2, Hästholmsfjärden 8) kuin läheisellä vertailualueella Hudöfjärdenin puolella (asema 8, Hudöfjärden 3), mikä viittaa osaltaan voimalaitoksen jäähdytysveden



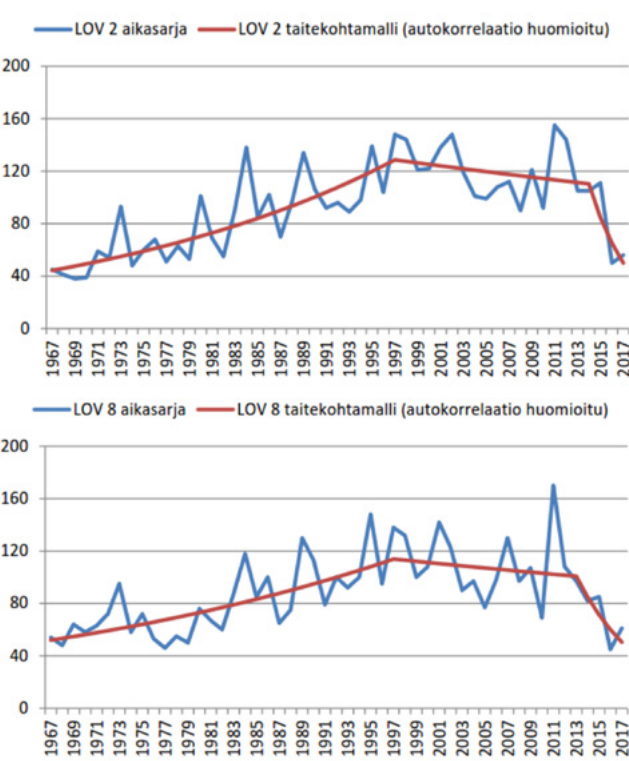
Kuva 9-46. Kasviplanktonin kokonaisbiomassa Hudöfjärdenin puolella sekä Hästholmsfjärdenillä. Vuodelta 1967 on vain yksi mittaus heinäkuulta. Muina vuosina otoskoko on ollut 2-6 (Avoin tieto, kasviplanktonrekisteri, 15.2.2021).

vaikutukseen (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). 2000-luvulla perustuotanto nousi jo selvästi rehevää vesistöä kuvaavalle tasolle. Aineistoon sovitetun taitekohtamallin perusteella rehevöitymiskehitys näyttäisi kuitenkin kääntyneen laskuun (Kuva 9-47). Vuosien välinen vaihtelu on suurta, mutta taitekohtamallin mukaan muutokset perustuotannon määrässä ajoittuvat vuosiin 1997 ja 2013–2014. Laskeva suuntaus alkoi jo vuonna 1997 mutta voimistui edelleen vuosina 2013–2014. Erityisesti vuosien 2016 ja 2017 alhaiset perustuotantoluvut vahvistivat laskevaa suuntausta.

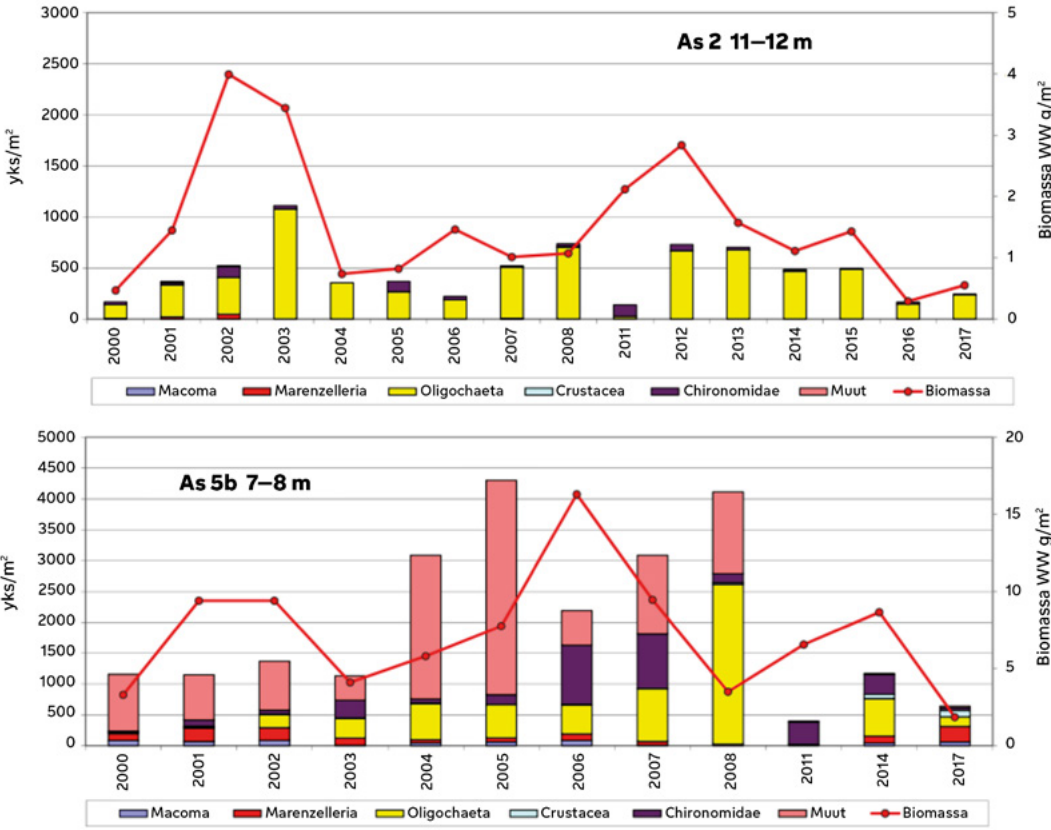
9.16.3.7 Vesikasvillisuus

Vesikasvillisuutta on tarkkailtu Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella vuodesta 1971. Hästholmenin saaren rannat ovat pääosin kivipohjaisia ja veden pinnan alla pohja jyrkkenee yleensä nopeasti, minkä vuoksi vesikasvillisuusvyöhykkeet ovat yleensä olleet kapeita (Ilus 2009). Vuonna 2017 seurantalijnjoilla tavattiin yhteensä 12 vesikasvilajia, jotka kuuluivat putkilokasveihin ja makroleviin. Havaittu lajisto oli alueelle tavanomaista kuten karvalehti, tähkä-ärviä, merinäkinruoho, ahvenvita, hapsivita, pikkuhaura, viherahdinparta, pilviruskolevä, rakkohauru ja suolilevä (Monivesi Oy 2018).

Vesikasvien runsaudessa Hästholmsfjärdenillä ja Hudöfjärdenillä ei ole havaittu merkittävää muutosta vuosien 2008, 2011, 2014 ja 2017 välillä. Vuosien 1977–2017 välillä vesikasvillisuus Hästholmsfjärdenillä ja Hudöfjärdenillä on muuttunut siten, että fysikaalis-kemialliselle kuormitukselle (ravinteet, lämpötila, näkösyvyys) herکت vesikasvit ovat taantuneet molemmilla



Kuva 9-47. Perustuotanto pinta-alayksikköä kohti (mg C/m²d) jäähdytysvesien vaikutusalueella Hästholmsfjärdenillä (asema LOV 2, ylempi kuva) ja vertailualueella Hudöfjärdenillä (asema LOV 8, alempi kuva) vuosina 1967-2017 (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018).



Kuva 9-48. Pohjaeläinryhmien yksilötiheydet ja biomassat 2000-luvulla Loviisan Hästholmsfjärdenillä (asemat 2 ja 5b). Ryhmä ”Muut” sisältää vaeltajakotilon (*Potamopyrgus antipodarum*) yksilömäärän. Kuvien Y-akselien asteikot ovat erilaiset (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018).

merialueilla vuoden 1980 jälkeen, kun taas tietyt putkilokasvit ja rihmalevät ovat hyötynet lämmenneestä vedestä. Muutos Hästholmsfjärdenillä on ollut suurempi kuin Hudöfjärdenillä. Erityisesti yksivuotiset rihmalevät ovat hyötynet pidentyneestä kasvukaudesta. Lämpövaikutus näkyy erityisesti vesikasvien runsaampana esiintymisenä - veden pinnasta 1,5 metrin syvyyteen Hästholmsfjärdenin alueen (voimalaitoksen jäähdytysveden vaikutusalue) seurantalijnjoilla (Monivesi Oy 2018). Rantakasvillisuuden lisääntyminen ja rantojen rehevöityminen näkyy noin kilometrin säteellä jäähdytysveden purkupaikasta.

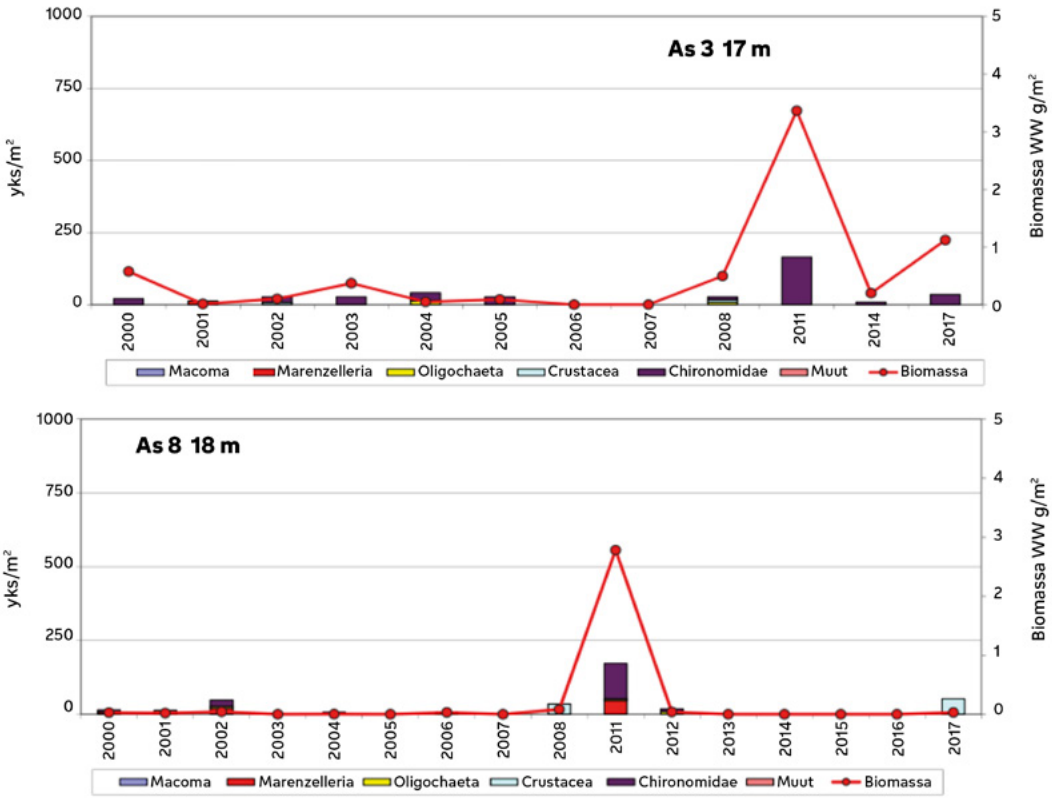
9.16.3.8 Pohjaeläimistö

Hästholmenia ympäröivän merialueen pohjaeläinyhteisöjä on ensimmäisen kerran kartoitettu vuonna 1966, jolloin lajimäärä todettiin varsin niukaksi. Lajimäärää rajoittaa Suomenlahdella murtoveden suolapitoisuus, joka on merellisille lajeille liian matala ja makean veden lajeille liian korkea. Säännöllisemmat pohjaeläintarkkailut Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella aloitettiin vuonna 1973. Runsaan 40 vuoden aikana alueen pohjien tilassa ja pohjaeläimistössä on tapahtunut suuria muutoksia. Itäisellä Suomenlahdella pohjien ja pohjaeläimistön tila on ollut pitkään huono heikon happitilanteen takia ja erityisesti syvemmillä alueilla pohjien tila heikentyi rajusti 1980-luvulta. 1990-luvun alkupuolella tulleiden suolapulssien jälkeen pohjaeläinyhteisöt taantuivat pahasti erityisesti Suomenlahden syvännealueilla (Jaale & Norkko 2008). Loviisan voimalaitoksen tarkkailualueella on matalien kynnysten erottamia erillisiä altaita, joilla pohjan läheisen veden vaihtuvuus on huono. Voimalaitoksen lämpökuorma vaikuttaa myös osaltaan heik-

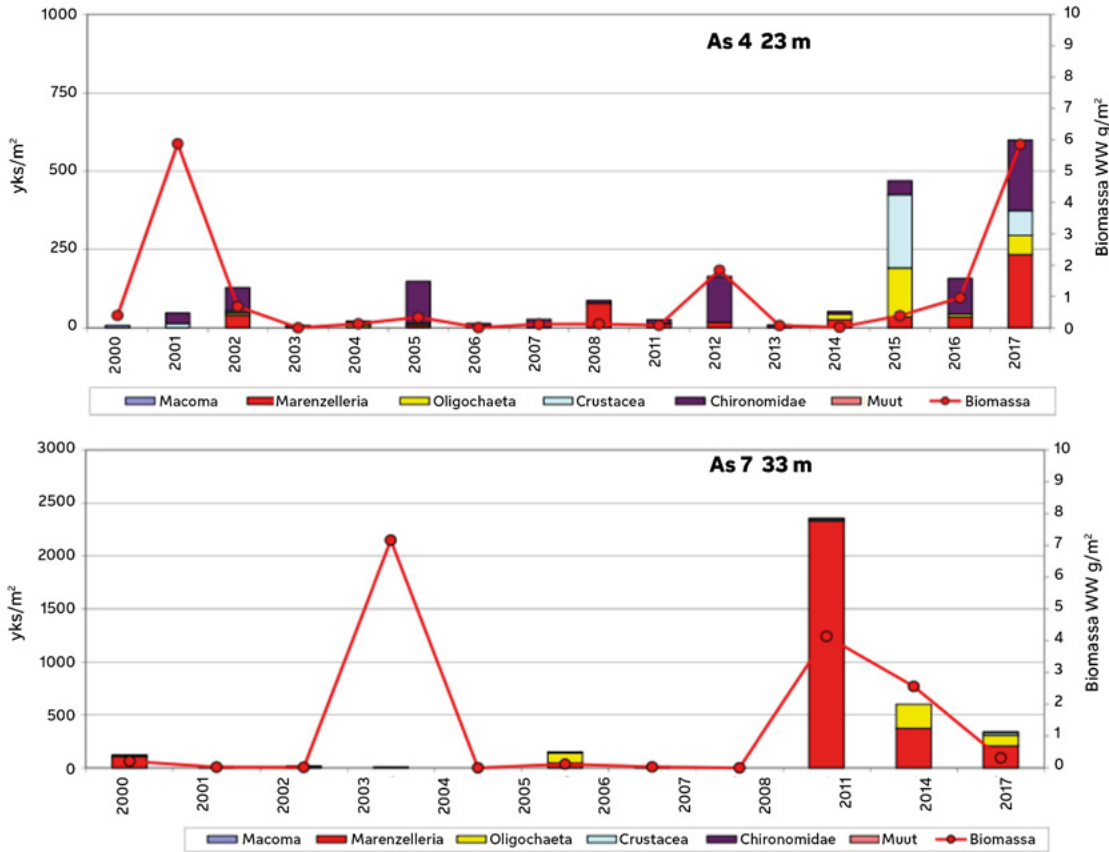
koa happitilannetta lisäävästi, koska kohonneet lämpötilat heikentävät pohjan happitilannetta sekä hajotustoiminnan että kohonneen perustuotannon kautta (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Heikkeneminen on näkynyt muun muassa Itäiselle Suomenlahdelle tyypillisten pohjaeläinlajien, liejusimpukan ja valkokatkan, voimakkaana taantumisenä eikä lajeista ole juurikaan havaintoja Loviisan voimalaitoksen vaikutus-tarkkailun syvemmiltä asemilta.

2000-luvulla pohjaeläimistön muutokset ovat olleet vähäisempiä. Vuonna 2017 toteutetun laajan pohjaeläintarkkailun (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018, Monivesi Oy 2018) perusteella Klobbfjärdenin ja Hästholmsfjärdenin matalilla liejupohjilla pohjaeläimistö koostui rehevän pohjan harvasukasmadoista ja surviaissääskentoukista. Voimalaitoksen jäähdytysveden purkupaikan läheisellä näyteasemalla pohjaeläimistö on kuitenkin ollut koko 2000-luvun muita asemia monimuotoisempi (Kuva 9-48). Tämä johtuu todennäköisesti alueen paremmasta vedenvaihtuvuudesta ja pohja-aineksen karkeammasta laadusta. Jäähdytysveden lämpövaikutus voi myös suosia joidenkin tulokaslajien esiintymistä. Eräs tällainen tulokaslaji on vaeltajakotilo (*Potamopyrgus antipodarum*), jonka 1990-luvulla alkanut runsas esiintyminen purkupaikkaa lähellä sijaitsevalla 5b asemalla jatkui 2000-luvulla aina vuoteen 2008 (Kuva 9-48).

Syvemmillä merenpohjilla (profundaalialueet, joissa valon määrä ei enää mahdollista vihreiden kasvien kasvua) Hästholmsfjärdenillä (asema 3) sekä Hudöfjärdenillä (asema 8), Vådholmsfjärdenillä (asema 4) ja Orrengrunds-fjärdenilla (asema 7) pohjien tila on ollut 2000-luvulla enimmäkseen huono (Kuva 9-49 ja Kuva 9-50). Kuitenkin Vådholmsfjärdenilla (asema 4) pohjan tila on ollut kolmen viimeisen tutkimusvuoden aikana



Kuva 9-49. Pohjaeläinryhmien yksilötiheydet ja biomassat 2000-luvulla Loviisan Hästholmsfjärdenin profundaalialueella (asema 3) sekä Hudöfjärdenillä (asema 8). Vuosilukujen skaala eroaa kuvissa (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018).



Kuva 9-50. Pohjaeläinryhmien yksilötiheydet ja biomassat 2000-luvulla Loviisan Vårdholms-fjärdenillä (asema 4) ja Orrengrunds-fjärdenillä (asema 7). Vuosilukujen skaala eroaa kuissa (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018).

aiempia vuosia parempi (Kuva 9-50). Marenzelleria -liejuputkimato on yleistynyt viime vuosina uloimmilla näyteasemilla Vårdholmsfjärdenillä ja Orrengrunds-fjärdenillä (Kuva 9-50). Rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinyhteisöjen tilaa kuvaavan BBI-luokitteluindeksin mukaan Klobbfjärdenin vesimuodostuman pohjan tila on 2000-luvulla ollut enimmäkseen huono, kun se oli vielä 1970- ja 1980-luvulla välttävä (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Ulompana merialueella, Loviisa-Porvoo vesimuodostumassa pohjien tila on vaihdellut enemmän, mutta on jaksolla 2013-2017 kohentunut välttävää tyydyttäväksi (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). BBI-indeksi olettaa, että lajiston monimuotoisuus ja herkkien lajien osuus pohjaeläinyhteisössä pienenee ympäristöstressin kasvaessa (Perus ym. 2007). BBI-indeksi perustuu kvantitatiivisiin näytteisiin ja se lasketaan pohjaeläinyhteisön lajikoostumuksesta ja lajien herkkyydelle asetetuista arvoista. BBI-indeksi on alun perin kehitetty Merenkurkun alueelle eikä ehkä sellaisenaan sovellu Suomenlahden alueelle ja lajistolle kovin hyvin, minkä vuoksi BBI-arvojen mukaisiin tilaluokkiin kannattanee suhtautua varauksella. Indeks ei muun muassa

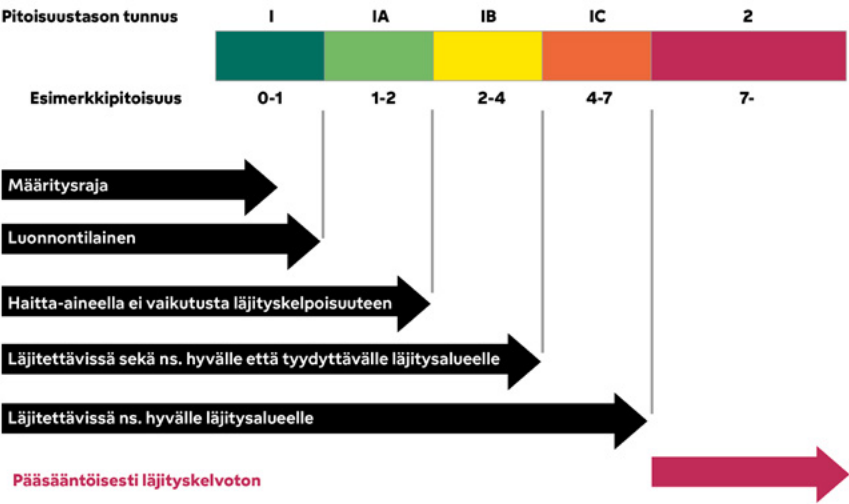
huomioi Suomenlahden sisäsaaristolle tyypillisiä makean veden surviaissääskiä eikä harvasukasmatoja lajitasolle, jolloin vaateliaampien lajien esiintyminen jää huomiotta. Lisäksi indeksissä Marenzelleria -liejuputkimadon herkkyyssarvo on sama kuin liejusimpukalla, vaikka Marenzelleria pystyy elämään huonoissa ja vähähappisissa olosuhteissa (Anttila-Huhtinen 2018). Rantavyöhykkeen pohjaeläinyhteisössä on vuosien välistä vaihtelua (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Vuonna 2017 hyönteisten osuus oli selvästi suurempi kuin vuoden 2014 tutkimuksessa, jolloin yhteisö oli mereisempi. Rantavyöhykkeessä runsain pohjaeläinryhmä vuosina 2014 ja 2017 kaikilla näytepisteillä on ollut äyriäiset (mm. Gammarus-suvun katkat) (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Äyriäisten lisäksi sisimmällä näyteasemalla merkittäviä pohjaeläinryhmiä olivat simpukat ja hyönteiset mukaan lukien surviaissääsken toukat. Hyönteisistä runsain laji oli Caenis horaria -päivänkorento ja simpukoista pienet liejusimpukat (Macoma baltica). Ulommaksi merelle siirryttäessä hyönteisten osuus väheni ja vastaavasti kotiloiden ja harvasukasmatojen osuus korostui.

Taulukko 9-52. Pohjaeläinseurannassa havaitut vieraslajit sekä yleistietoa lajeista (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018, Vieraslajiportaali 18.2.2021).

Vieraslaji	Suomalainen nimi/ryhmä	Yleistietoa lajeista
Marenzelleria	liejuputkimato	Pehmeät pohjat. Sietää alhaista happipitoisuutta. Havaittiin Suomenlahdella ensimmäisen kerran 1990. Valtalaji tutkimusalueen ulommilla tarkkailuasemilla. Levinneisyys kattaa koko Itämeren.
Paranais frici	harvasukasmato	Pehmeät pohjat.
Potamopyrgus antipodarum	vaeltajakotilo	Pehmeät pohjat/litoraali. Levisi 1920-luvulla Suomen rannikolle. Toistaiseksi ei ole havaittu aiheuttavan riskiä Itämeren ekosysteemille.
Murchisonella	kotilolaji	Litoraali. Havaittiin Haminassa ensimmäisen kerran vuonna 2013 ja Loviisassa vuonna 2014. Muodollista lajinkuvausta ei vielä ole tehty.
Amphibalanus improvisus	merirokko	Kovat pohjat/litoraali. Itämerelle 1840-luvulla. Muokannut levittäytymisen jälkeen rannikoiden eliöyhteisöjä tila- ja ravintokilpailun seurauksena. Häiritsee mm. rakkohaurun ja simpukoiden kiinnittymistä alustaan. Aiheuttaa Fouling-haittaa.
Cordylophora caspia	kaspiantpolyyppi	Kovat pohjat. Itämerelle 1800-luvulla. Kaspiantpolyyppi on lämpimän veden laji, joka pystyy talvehtimaan kylmässä lepovaiheiden avulla. Laji voi kilpailla tilasta ja ravinnosta sinisimpukan ja muiden koville pinnoille kiinnittyvien lajien kanssa. Aiheuttaa Fouling-haittaa.
Mytilopsis leucophaeta	valesinisimpukka	Kovat pohjat/litoraali. Tällä hetkellä esiintyy vain Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten ympäristössä. Havaittiin Loviisassa 2003 ja on runsas Hästholmsfjärdenillä. Kilpailee elintilasta ja ravinnosta muiden alustaan kiinnittyvien eliöiden kanssa. Aiheuttaa Fouling-haittaa.
Gammarus tigrinus	tiikerikatka	Kovat pohjat. Suomessa ensimmäinen havainto Haminan satama-alueella vuonna 2003. Syrjäyttänyt Itämerellä paikoin alkuperäisiä lajeja, aggressiivinen kilpailija.
Paleomon elegans	sirokatkarapu	Kovat pohjat. Suomen ensimmäinen havainto vuonna 2003. Itämerellä on paikoin mahdollisesti syrjäyttänyt alkuperäisiä lajeja, hyvä kilpailija.

Tarkkailun pohjaeläinnäytteistä on myös löytynyt Macrolea -uposkuoriaisten toukkia. Suomessa tavataan kolme lajia, joista meriuposkuoriainen (Macrolea pubipennis) on Suomen uhanalaisuusluokituksen mukaan silmällä pidettävä (NT) (Hyvärinen ym. 2019). Uposkuoriaisten lajia ei voida tunnistaa toukkavaiheessa, joten meriuposkuoriaisen esiintymistä Hudöfjärdenin Fallholmenin lounaispuolella ja Myssholmenin rantavyöhykkeen tutkimuslinjoilla ei voida poissulkea. Meriuposkuoriainen on luontodirektiivin liitteen II laji sekä Suomen kansainvälinen vastuulaji. Loviisan lähimerialueelle on levinnyt myös ns. vieraslajeja eli eliölajeja, jotka eivät esiinny tarkasteltavalla alueella alkuperäisinä, vaan ovat ihmisen sinne tahattomasti siirtämiä kantoja. Vieraslajit saattavat uudessa ympäristössä lisääntyä ja levittäytyä nopeasti sekä vallata tilaa muilta lajeilta, sillä niillä ei monestikaan ole luontaisia saalistajia tai kilpailijoita. Vuoden 2017 Loviisan edustan merialueen yhteistarkkailun pohjaeläintutkimuksissa tavattiin yhteensä yhdeksän vieraslajia (Taulukko 9-52). Eniten vieraslajeja havaittiin rantavyöhykkeessä. Alueella esiintyviä vierasperäisiä lajeja

ovat esimerkiksi merirokko (Balanus improvisus), kaspiantpolyyppi (Cordylophora caspia) ja valesinisimpukka (Mytilopsis leucophaeta). Valesinisimpukka on lämpövaikutuksesta hyötyvä laji, jota on Suomessa havaittu Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimaloiden lähimerialueilla (Vieraslajiportaali 7.4.2021) ja jota havaittiin vain tarkkailulinjoilla, jotka sijaitsevat jäähdytysveden vaikutusalueella. Edellä mainitut kolme lajia aiheuttavat myös ns. biofouling-ilmiötä, jolla tarkoitetaan erilaisten vedenalaisten pintojen biologista likaantumista (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Fouling-eliöstöstä valesinisimpukka aiheuttaa eniten ongelmia Loviisan voimalaitoksen jäähdytysvesijärjestelmissä, minkä vuoksi voimalaitoksella on tehty valesinisimpukkaan liittyvää lähimerialueen seurantaa ja tutkimuksia vuodesta 2005. Merivesijärjestelmissä olevaa kasvuston määrää seurataan myös Loviisan voimalaitoksella säännöllisesti määräaikaistarkastusten yhteydessä, ja liian suuria kasvustoja poistetaan mm. huoltoseisokin aikana.



Kuva 9-51. Normalisoidun sedimentin laatuluokitus (Ympäristöministeriö 2015).

9.16.3.9 Sedimentit

Loviisan ydinvoimalaitoksen läheisyydessä merenpohjan maakerrokset koostuvat pääosin moreenista tai karkearakeisista maalajeista, sorasta ja hiekasta, joiden päälle on paikoin kerrostunut savea ja silttiä, jonka paksuus vaihtelee.

Sedimentin laatua selvitettiin Hästholmenin läntisellä meri-alueella, jäähdytysveden ottopuolella, vuonna 2019 (Lindfors ym. 2020). Sedimentit on raportissa luokiteltu ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaan (Ympäristöministeriö 2015) (Kuva 9-51). Sedimentin laatu radioaktiivisten aineiden osalta on kuvattu luvussa 9.8.3.4.

Tulosten perusteella normalisoitujen sedimenttinäytteiden metallipitoisuudet olivat tasolla 1-1A (luonnontilainen/ei vaikutusta läjityskelpoisuuteen. Dioksiini- ja furaanipitoisuudet ylittävät tason 2 (pääsääntöisesti läjityskelvoton) kahdeksassa näytteessä yhdestätoista tutkitusta näytteestä ja taso 1C (lajitettävissä ns. hyvälle läjitysalueelle) ylittyi kaikissa tutkituissa näytteissä. Orgaanisiin tinayhdisteisiin kuuluvan tributyyliitinan (TBT) ja analysoitujen polyaromaattisien hiilivetyjen (PAH-yhdisteet) pitoisuudet olivat sedimentissä lievästi koholla, mutta pääosin arvot olivat tasolla 1A tai pienempiä ja vain yksittäisissä näytteissä pitoisuus oli tasolla 1B.

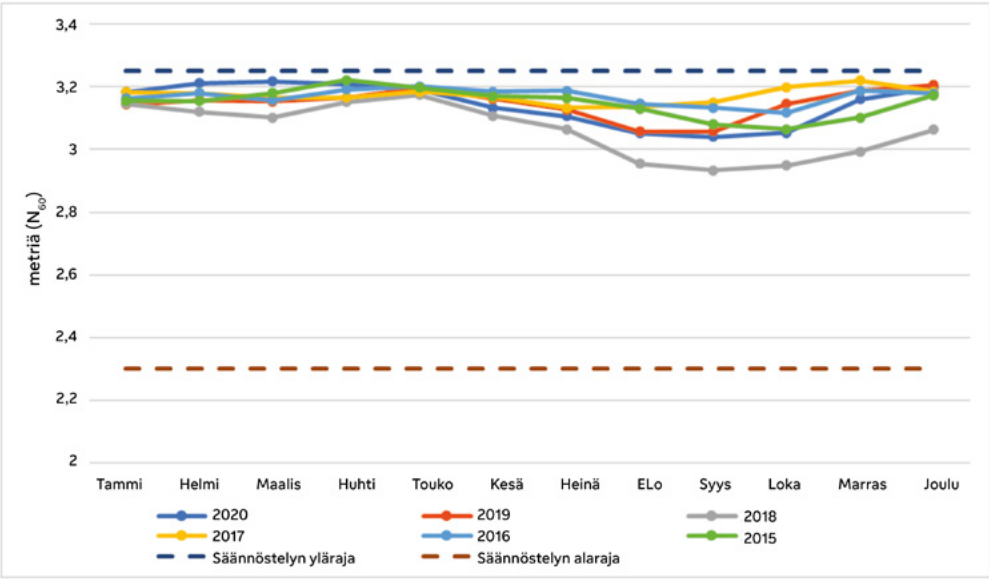
Kohonneet dioksiini- ja furaanipitoisuudet ovat tyypillisiä Itäisen Suomenlahden ja Kymijoen vesistöalueelle johtuen alueen teollisesta historiasta. Haitallisia dioksiineja ja furaaneja syntyy tahattomasti mm. erilaisissa teollisissa prosesseissa, esimerkiksi jätteiden poltossa ja kemiallisissa tuotannossa. Vastaavasti TBT:tä sisältäviä yhdisteitä käytettiin aiemmin mm. alusten pohjamaaleissa estämässä eliöiden kiinnittymistä alusten pohjiin sekä maataloudessa homeenestoaineena siemenillä. (Lindfors ym. 2020)

9.16.3.10 Lappominjärvi

Voimalaitosalueen pohjoispuolella noin viiden kilometrin päässä sijaitsee Lappominjärvi, josta otetaan voimalaitoksen tarvitsema raakavesi (Kuva 9-30). Järven pintaa on vuosikymmeniä sitten laskettu viljelymaiden kuivatustarkoituksessa, mutta myöhemmin 1970-luvulla pintaa on nostettu Imatran Voiman eli nykyisen Fortumin vedenoton tarpeen takia (Ramboll Finland Oy 2012a). Järveen istutetaan vuosittain hauenpoikasia ja sitä hapetetaan Fortumin toimesta.

Lappominjärven tulovirtaama on luokkaa 2,3 milj. m³/v. Vettä pumpataan voimalaitoksen tarpeisiin keskimäärin 20-30 m³/h ja vuotuinen tarve on ollut noin 200 000 m³/v. Fortumin käyttö tulovirtaamasta on alle 10 %. Säännöstelyluvan mukaan säännöstelyn yläraja on 3,25 m ja alaraja 2,3 m (N60). Lupaehtojen mukaan vettä voidaan ottaa järvestä lyhytaikaisesti 180 m³/h ja neljännesvuosittain enintään 150 m³/h. Vuosina 2015-2020 veden pinnankorkeus kuukausikeskiarvoina on ollut melko vakaa ja pysynyt lähellä säännöstelyn ylärajaa (Kuva 9-52). Myös vuosien välinen vaihtelu on ollut vähäistä, eikä järveä ole tarvinnut tyhjentää lähelle alarajaa. Lappominjärven laskuojassa on Långstrandintien eteläpuolella pato, jonka kautta vettä voidaan tarpeen mukaan juoksuttaa Lappomviken lahdelta.

Vesistömallijärjestelmän tietojen mukaan järven tuleva fosforikuormitus on melko vähäinen, 128 kg/a (Vesistömallijärjestelmä 18.2.2021). Järvellä ei ole myöskään havaittu sisäistä kuormitusta (Niiranen & Hagman 2012). Lappominjärven vedenlaatutiedot vuosilta 2011–2018 (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 15.2.2021) on koottu taulukkoon 9-53.



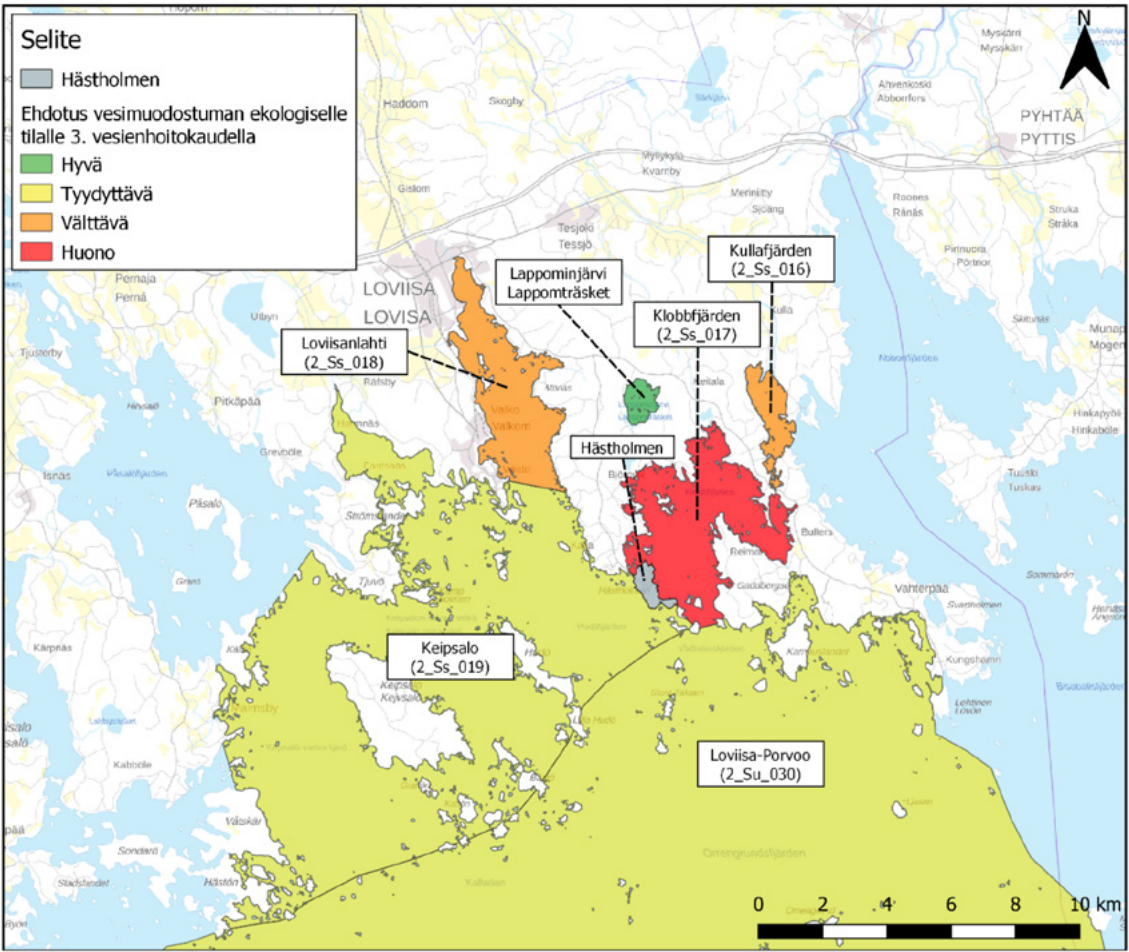
Kuva 9-52. Lappominjärven veden pinnankorkeus kuukausikeskiarvoina vuosina 2015–2020 sekä säännöstelyn ylä- ja alaraja.

Lappominjärven happipitoisuus ja happikyllästytykset ovat pysyneet vähintään tyydyttävällä tasolla. Järvessä tehtävä hapetus on parantanut happiolosuhteita. Järvivesi on ollut neutraalia ja alkaliniteetti eli kyky vastustaa pH:n muutoksia on ollut hyvällä tasolla. Lappominjärven veden väriluku on tyypillinen humusvesille. Kokonaisfosforipitoisuus ja a-klorofyllipitoisuus ovat tyypillisiä lievästi reheville vesille.

Kokonaistyyppipitoisuus on luonteenomainen humusvesille. Veden sameus kuvaa lievästi sameaa vettä. Matalana järvenä Lappominjärvi on altis tuulen aiheuttamalle sedimentin resuspensiolle (sedimentin sekoittuminen veteen) (Niiranen & Hagman 2012). Kokonaisuutena tarkastellen vedenlaatu on ollut hyvä.

Taulukko 9-53. Lappominjärven keskimääräinen vedenlaatu vuosilta 2011-2018. Näytteet on otettu tammikuun ja maaliskuun välillä sekä heinä-elokuussa.

Heinä-elokuu			Tammiki- maaliskuu		
	Yksikkö	Keskiarvo	n	Keskiarvo	n
Hapen kyllästysaste	kyll.%	88	4	67	4
Happi, liukoinen	mg/l	7,6	4	9,3	4
pH		7,1	3	6,6	4
Alkaliniteetti	mmol/l	0,2	3	0,3	4
Kokonaisfosfori	µg/l	18,7	3	13,7	4
Kokonaistyyppi	µg/l	653	3	757	4
Sameus	FNU	2,0	3	3,0	4
Sähkönjohtavuus	mS/m	7,3	3	8,5	3
Väriluku	mg/l Pt	62	3	96	3
Klorofylli-a	µg/l	6,2	2	—	—



Kuva 9-53. Kartta pintavesien ekologisesta tilasta alustavassa vesienhoidon 3. suunnittelukauden luokituksessa Hästholmenin lähialueen vesimuodostumissa (SYKE).

Lappominjärven kasvillisuus koostuu ilmaversoiisiin kuuluvista järviruo'osta ja järvikaislasta. Näiden edessä on tiheästi uistinvitaa, ulpukkaa ja lummetta (Niiranen & Hagman 2012). Uposlehtisistä vesikasveista esiintyy ahvenvitaa ja näkinsammalta. Uistinviita muodostaa laajoja kasvustoja, samoin ulpukka ja lumme. Järven pohjaeläinyhteisöistä ei ole tallennettuja tietoja (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 26.3.2021). Järvellä on ollut ajelehtivia turvelauttoja, joiden on arveltu muodostuneen matalille soistuneille ranta-alueille, kun järven pintaa nostettiin 1970-luvulla (Niiranen & Hagman 2012). Lappominjärven matalilla rannoilla kasvillisuus on kiinnittynyt rantavyöhykkeen eloperäiseen maaperään. Talvella jäät ovat irrottaneet rantavyöhykkeestä lauttoja, jotka ovat kulkeutuneet virtausten mukana jonkin matkaa järvessä. Säännöstelyn vaikutukset näkyvätkin yleisesti eniten rantavyöhykkeessä.

9.16.3.11 Vesien- ja merenhoito

Vesipuidedirektiivin (Euroopan parlamentti ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY annettu 23 lokakuuta 2000, yhteisön

vesipolitiikan puitteista) tavoitteena on parantaa pintavesien laatua, jotta hyvä tila voitaisiin saavuttaa kaikissa pinta- ja pohjavesissä. Tavoiteaikatauluna hyvän ekologisen ja kemiallisen tavoitteen saavuttamiselle oli vuosi 2015. Tavoitetta voidaan lykätä vuoteen 2027 saakka. Vesipuidedirektiivin tavoitteet liittyvät esimerkiksi saastumisen ehkäisemiseen ja vähentämiseen, kestävän vedenkäytön edistämiseen, ympäristön suojelemiseen ja vesiekosysteemien parantamiseen. Käytännössä vesipuidedirektiivi kattaa merialueilla rannikko-
vyöhykkeen yhteen merimailiin asti alumeren rajasta.

Suomen meristrategia (merenhoitosuunnitelma) toteuttaa EU:n meripolitiikkaa ja sitä vastaavaa meristrategian puitedirektiiviä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/56/EY, annettu 17 päivänä kesäkuuta 2008 yhteisön meripolitiikan puitteista) kansallisella tasolla. Suomen merenhoitoalue ulottuu rantaviivasta talousvyöhykkeen ulkorajalle ja jakautuu kuudelle Itämeren altaalle, joka noudattaa HELCOM:in sovittua allasjakoa. Loviisan merialue sijoittuu Suomenlahden merialueelle.

Direktiivit on toteutettu Suomessa lailla vesien- ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004), valtioneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006) ja valtioneuvoston asetuksessa vesienhoitoalueista (1303/2004). Suomen valtioneuvosto hyväksyi vesienhoitosuunnitelmat vuosille 2016–2021 joulukuussa 2015. Vesienhoitosuunnitelmat sisältävät tietoa vesiympäristön tilasta, paineista, joita ympäristön tilaan kohdistuu, ympäristön tilan seurannasta sekä toimenpiteistä, joita pintavesien tilan tavoitteiden saavuttamiseksi on tehty. Suomenlahden rannikkovesiä koskee voimassa oleva Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosiksi 2016–2021 sekä ehdotus vesienhoitosuunnitelmaksi vuosiksi 2022–2027 (Karonen ym. 2015; Mäntykoski ym. 2020).

Merenhoidon toimenpideohjelma ympäristön hyvän tilan saavuttamiseksi merialueilla, sai Valtioneuvoston hyväksynnän joulukuussa 2015 (Laamanen 2016). Ohjelmassa on yhteenveto meriympäristön tilasta (meren hyvän tilan laadulliset kuvaajat) ja ihmisen aiheuttamista paineista meriympäristölle ja siihen on koottu meriympäristön hyvän tilan edistämiseksi tehtävät toimenpiteet.

Suomen vesienhoitosuunnitelmat ja merenhoitosuunnitelma päivitetään kuuden vuoden välein. Suunnitelmat vuosille 2022–2027 ovat valmistuneet ja niiden kuuleminen päättyi 14.5.2021. Vesienhoitosuunnitelmat ja merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma esitellään valtioneuvostolle hyväk-

syttäväksi vuoden 2021 lopussa.

Alustava arvio (vesienhoidon 3. suunnittelukausi) Suomen pintavesien ekologisesta ja kemiallisesta tilasta on julkaistu (Kuva 9-53). Arvion mukaan rehevöityminen on edelleen suurin ongelma. Suomenlahden rannikkovesien tila on osittain parantunut ja on enimmäkseen tyydyttävä tai välttävä. Ravinnekuormitus on kuitenkin jatkunut edelleen liian suurena ja johtanut rehevöitymiseen, leväkukintoihin ja pohjan läheisen vesikerroksen hapettomuuteen, joka on myös ylläpitänyt sisäistä fosforikuormitusta (Mäntykoski ym. 2020).

Seuraaviin taulukoihin on koottu pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitus Loviisan voimalaitoksen lähimeri-alueella sekä Lappominjärvessä vesienhoidon toisella kaudella sekä alustava kolmannen suunnittelukauden luokitus (Taulukko 9-54 ja Taulukko 9-55). Merialueen vesimuodostumat kuuluvat pintavesityyppiin Suomenlahden sisäsaaristo (Ss) tai Suomenlahden ulkosaaristo (Su). Lappominjärvi on pintavesityyppiä matalat humusjärvet (Mh).

Yksikään taulukon 9-54 merialueen vesimuodostumista ei ole saavuttanut hyvää tilaa alkuperäisen määrääjän puitteissa. Määrääjän pidentämisen perusteena ovat olleet tekninen kohtuuttomuus ja luonnonolojen ylivoimaisuus. Kolmannella vesienhoitokaudella tavoitteena on vesimuodostumien hyvä tila vuoteen 2027 mennessä. (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 3.3.2021)

Taulukko 9-54. Loviisan voimalaitosta ympäröivän merialueen vesimuodostumien ekologinen ja kemiallinen tila vesienhoidon toisella suunnittelukaudella sekä alustava arvio kolmannen suunnittelukauden tilasta. Biologisten ja fysikaalis-kemiallisten muuttujien osalta on esitetty lukuarvot. Luokittelutiedot on haettu Avoimen tiedon Hertta-tietokannasta.

Biologiset laatutekijät							Fys-kem laatutekijät				Hydrologis- morfologinen muuttuneisuus	Ekologinen tila	Kemiallinen tila
Vesi- muodostuma		Kloro- fyllia	Kasvi- plankton kokonais- biomassa	Pohja- eläimet	Rakko- hauru alaraja suojaisa/ avoin	Biol. plankton yht.	Kok-P	Kok-N	Näkö- syvyys	Fys-kem luokka yht.			
	Vesienhoito- kausi	µg/l	mg/l	BBI	m		µg/l	µg/l	m				
Klobbfjärden 2_Ss_017	2. kausi	10,5	—	0,07	—	Huono	28,7	401,4	2,1	Huono ¹	Hyvä	Huono	Hyvä
	3. kausi	9,39	—	0,19	—	Huono	28,6	379,1	2,2	Välttävä ²	Hyvä	Huono	Hyvää huonompi
Loviisanlahti 2_Ss_018	2. kausi	13,4	—	—	—	Välttävä	38,4	486,1	1,3	Välttävä	Välttävä	Välttävä	Hyvä
	3. kausi	7,62	—	—	—	Välttävä	39,6	415,4	1,51	Välttävä	Välttävä	Välttävä	Hyvää huonompi
Keipsalo 2_Ss_019	2. kausi	7,9	—	0,06	2,5/2,8	Välttävä	26,9	389,4	2,6	Tyydyttävä	Erinomainen	Välttävä	Hyvä
	3. kausi	5,86	—	0,58	1,9/2,6	Tyydyttävä	27,8	355,1	2,86	Tyydyttävä	Erinomainen	Tyydyttävä	Hyvää huonompi
Loviisa-Porvoo 2_Su_030	2. kausi	6,2	1,1	0,23	3,5/3	Välttävä	24,4	371,6	3	Tyydyttävä	Erinomainen	Välttävä	Hyvä
	3. kausi	5,73	0,83	0,45	3,4/3,3	Tyydyttävä	23,2	339,4	3,4	Tyydyttävä	Erinomainen	Tyydyttävä	Hyvää huonompi

Ekologinen tila	Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
Kemiallinen tila	Hyvä	Hyvää huonompi			

¹ Merkittäviä havaittuja happiongelmia
² Happiongelmia

Taulukko 9-55. Lappominjärven vesimuodostuman ekologinen ja kemiallinen tila vesienhoidon toisella suunnittelukaudella ja alustava arvio kolmannen suunnittelukauden tilasta. Biologisten ja fysikaalis-kemiallisten muuttujien osalta on esitetty lukuarvot. Luokitteluaineisto on suppea. Luokittelutiedot on haettu Avoimen tiedon Hertta -tietokannasta.

Laatutekijä	Yksikkö	Lappominjärvi 81V026.1.004_001					
		2. kausi			3. kausi		
		Lukuarvo	Ekologinen tila	Kemiallinen tila	Lukuarvo	Ekologinen tila	Kemiallinen tila
A-klorofylli	µg/l	5,6	Hyvä	Hyvää huonompi	6,2	Hyvä	Hyvää huonompi
Kasviplankton kokonaisbiomassa	mg/l	3,39			3,17		
Haitallisten levien prosenttiosuus	%	4,38			0		
TPI		0,66			-0,66		
Biologinen luokka yht.		Hyvä			Hyvä		
Kokonaisfosfori	µg/l	15			24		
Kokonaistyyppi	µg/l	660			740		
Fys-kem luokka yht.		Erinomainen			Hyvä		

Ekologinen tila	Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
Kemiallinen tila	Hyvä	Hyvää huonompi			

Klobbfjärden vesimuodostuman pinta-ala on 15,7 km². Ekologisen tilan yksittäisissä laatutekijöissä on tapahtunut vähäistä paranemista. Biologisista laatutekijöistä pohjaeläinten tila on noussut vesienhoidon 3. suunnittelukauden alustavassa luokituksessa välttäväksi ja fysikaalis-kemiallinen luokka huonosta välttäväksi. Fysikaalis-kemiallisten lisämuuttujien perusteella (ko. muuttujille ei ole luokkarajoja) suuri osa vesimassasta kärsii happikadosta tai -vajeesta vuosittain. Kolmannen suunnittelukauden alustavassa tila-arviossa ekologinen tila on pysynyt samana kuin edellisillä vesienhoitokausilla (Avoin tieto, Hertta-tietokanta, 3.3.2021).

Loviisanlahti vesimuodostuman pinta-ala on 11,3 km². Tilassa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Yksittäisistä laatutekijöistä kokonaistyyppi on noussut välttävästä tyydyttäväksi, mutta ekologisessa tila-arviossa ei ole muutoksia.

Keipsalo ja **Loviisa-Porvoo** vesimuodostumien ekologinen tila on noussut välttävästä tyydyttäväksi. Kohentunut tila on seurausta biologisten laatutekijöiden (a-klorofylli ja pohjaeläimet) tilan paranemisesta verrattuna aiempaan luokitte luun. Keipsalon vesimuodostuman pinta-ala on 98,5 km² ja Loviisa-Porvoon 1050 km².

Lappominjärvi vesimuodostuman fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden luokka on laskenut erinomaisesta hyvään, mutta muutos on niin vähäinen, ettei ekologisessa tilassa ole tapahtunut muutosta. Kemiallinen tila on pysynyt hyvää huonompana ja siihen vaikuttaa erityisesti elohopean laatu normin ylittyminen ahvenessa. Elohopea on valtaosin peräisin ilman kautta tulevasta laskeumasta, joka kulkeutuu vesistöihin huuhtoumien mukana.

Pintavesien **kemiallinen tila** on pysynyt pääosin ennallaan, mutta palonestoaaineena käytettyjen polybromattujen difenyylietteerien (PBDE) tiukka ympäristölaatu normi aiheuttaa hyvää huonomman kemiallisen tilan kaikissa Suomen

pintavesissä. Tämän takia kemiallinen tila on laskenut hyvää huonommaksi myös Loviisan merialueen vesimuodostumissa.

Merenhoidossa meriympäristön nykytilaa arvioidaan suhteessa hyvän tilan laadullisiin kuvaajiin, joita on kaikkiaan yksitoista. Lauhdevedet eli jäähdytysvedet on mainittu kahden laadullisen nykytilan kuvaajan yhteydessä: ”hydrografisten olosuhteiden pysyvät muutokset eivät vaikuta haitallisesti meren ekosysteemeihin” sekä ”energian mereen johtaminen, mukaan lukien vedenalainen melu, ei ole tasoltaan sellaista, että se vaikuttaisi haitallisesti meriympäristöön (energia ja vedenalainen melu)”. Toimenpideohjelmassa todetaan hydrografisia olosuhteita kuvaavan laadullisen kuvaajan osalta, että ”voimalaitosten lauhdevedet nostavat paikallisesti veden lämpötilaa, mikä voimistaa purkualueella rehevöitymistä ja luo edellytykset muutoksille eliölajistossa. Uusia vieraslajeja tavataan usein lauhdevesien vaikutusalueilta. Nämä vaikutukset ovat pääasiassa paikallisia.” Energian mereen johtamisen laadullisen kuvaajan osalta on todettu, että vaikutukset ovat paikallisia ja ulottuvat muutaman kilometrin päähän voimalaitoksesta.” (Laamanen toim. 2016)

Ehdotuksessa Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmaksi vuosiksi 2022–2027 on todettu seuraavasti: ”Lämpöä johdetaan mereen sähköntuotannon sivutuotteena voimaloiden lauhdevesissä tai teollisuudessa prosessien jäähdytysveden mukana. Vaikutukset ovat yleensä paikallisia ja ulottuvat muutaman kilometrin päähän voimalasta. Lämpökuorman vaikutus on niin paikallista, ettei sen koeta vaikuttavan meren tilaan.” (Laamanen ym. 2020)

Seuraavassa taulukossa on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4). Taulukossa 9-56 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (luku 9.1.4).

Taulukko 9-56. Vaikutuskohteen herkkyys: pintavedet.

Vaikutuskohteen herkkyys: pintavedet	
Yleisiä pintavesien herkkyYTEEN vaikuttavia tekijöitä ovat alueen arvoon liittyvät tekijät, muun muassa suojeluarvot sekä suojeltujen tai herkkien lajien tai vedenalaisten luontotyyppien esiintyminen. Vaikutusalueen ympäristötekijät, mm. valuma-alueen koko, vesialueen tilavuus sekä virtaus- ja sekoittumisolosuhteet vaikuttavat alueen palautumiskykyyn. Herkkyyttä lisääväksi kriteeriksi katsotaan myös riski vesimuodostuman ekologisen tai kemiallisen tilan heikkenemiseen.	
Kohtalainen	Merialueella vaikutusalueen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse erityisiä tai herkkiä kohteita, joihin vedenlaatu ja sen muutokset vaikuttaisivat, mutta alueella saattaa esiintyä silmälläpidettävää meriuposkuoriaista. Pääasiallisen vaikutuskohteen, Håstholmsfjärdenin merialueen, vedenvaihtoa rajoittavat kapeahkot ja matalat salmet, mikä heikentää jäähdytysveden purkualueen sekoittumisolosuhteita. Ulompana merialueella sekoittumisolosuhteet ovat suotuisammat. Vaikutusalueen vesimuodostumien ekologinen tila ei ole saavuttanut hyvää luokkaa, vaikka pientä paranemista verrattuna aiempiin vesienhoitokausiin on havaittavissa. Tämä nähdään herkkyyttä lisäävänä tekijänä. Lappominjärvi on tilavuudeltaan pieni ja matala järvi, mikä lisää järven herkkyyttä. Järveä säännöstellään Fortumin raakavedenoton tarpeisiin. Järven ekologisen tilan tavoite on saavutettu.

9.16.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkamisen tapauksessa toiminnot jatkuvat nykyisen kaltaisina. Merkittävin vaikutus muodostuu jäähdytysveden johtamisen aiheuttamasta lämpökuormasta merialueelle, johon ei ole odotettavissa muutoksia vuositasolla.
Lämpökuormituksen mahdolliset vaikutukset muodostuvat muun muassa muutoksista purkupaikan lähialueen veden lämpötila- ja kerrostuneisuusoiloista sekä kasvukauden pitenemisestä. Lämpötilakerrostuneisuus heikentää pinta- ja alusvesikerroksen välistä sekoittumista ja kerrosten välillä tapahtuvaa hapen ja ravinteiden vaihtoa. Meriveden kohonnut lämpötila myös nopeuttaa vesieliöiden aineenvaihduntaa ja kasvua, lisäten orgaanisen aineksen tuotantoa ja siten lämpövaikutus voi osaltaan voimistaa rehevöitymiskehitystä edellyttäen, että muut tekijät, kuten ravinteiden saatavuus tai valo, eivät rajoita perustuotantoa. Lisäksi meriveden kohonnut lämpötila nopeuttaa orgaanisen aineksen mikrobiologista hajotusta, jolloin hapenkulutus voi lisätä pohjan läheisen vesikerroksen happivajetta. Happivaje tai hapettomuus voimistavat sisäistä kuormitusta, mikä ilmenee alusveden korkeina ravinnepitoisuuksina ja on rehevöitymistä lisäävä tekijä. Lisäksi happivaje heikentää pohjaeläinten elinolosuhteita. Rehevöitymisen seurauksia voivat olla, edellä mainittujen lisäksi, muun muassa kasviplanktonin ja vesikasvillisuuden runsastuminen sekä rakenteelliset muutokset vesiekosysteemissä.
Merialueet, joilla veden lämpötila pysyy läpi vuoden luonnontilaista korkeampana, voivat toimia vieraslajeja vastaanottavina alueina, joissa uuden lajin leviäminen ja sopeutuminen on helpompaa verrattuna merialueisiin, joihin ei kohdistu lämpövaikutusta.

Lappominjärven raakavesilähteeseen kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat vedenpinnan korkeuden vaihtelusta. Raakaveden hankinnan osalta on tarkasteltu vaihtoehtoisia raakaveden hankintatapoja.

9.16.4.1 Jäähdytysvesimallinnuksen tulokset

Lämpökuorman vaikutuksia merialueen lämpötiloihin ja vedenlaatuun arvioitiin jäähdytysveden leviämisen mallinnuksella (ks. luku 9.16.2.2 ja liite 4). Avovesikauden (kesätilanne) mallinnuksessa huomioitiin ilmastomuutoksen vaikutus (luku 9.16.2.2). Lämpökuormituksen vaikutuksia on myös kuvattu nykytilassa luvussa 9.16.3.3. Lämpökuormituksen vaikutusten osalta on huomioitava, että kyseessä ei ole ns. kumuloituva (kertyvä) suure, koska lämpöä siirtyy avovesikaudella jatkuvasti ilmakehään ja lisäksi lämmennyt jäähdytysvesi sekoittuu viileämpään meriveteen. Meriveden pintalämpötila vaikuttaa lämmön siirtoon siten, että veden haihtuessa ilmakehään lämpöä siirtyy sitä enemmän, mitä korkeampi pintalämpötila on (An ym. 2017). Samoin myös lämmönsiirto konvektiolla pinnasta voimistuu. Tämä rajoittaa kerrostuneisuuden voimistumisesta johtuvaa lämpötilan nousua ja myös itse maksimilämpötiloja veden pinnassa.

Avovesikaudella lämpövaikutus on jäähdytysvesimallinnuksen mukaan suurin aivan purkupaikan lähellä ja pienenee kauemmaksi mentäessä. Meriveden keskimääräinen lämpötilannousu (Kuva 9-54) on samaa luokkaa kuin nykyisin. Håstholmsfjärdenillä, lähellä jäähdytysveden purkua sijaitsevilla poijuilla A, B ja C (poijujen sijainti, ks. (Kuva 9-37), meriveden pintalämpötila on noin 1–11 °C lämpimämpää kuin tilanteessa, jossa voimalaitos ei ole käytössä (Kuva 9-54). Pintalämpötilo-

jen vaihteluväli selittyy pääosin tuuliolosuhteiden muutoksilla, jotka vaikuttavat jäähdytysveden kulkeutumiseen. Hästholmsfjärdenillä pohjan tuntumassa lämpötilannousu tapahtuu vähitellen kesän aikana ja on elokuussa noin 2–3 °C:ta. Leviämiskuvista tarkasteltuna meriveden keskimääräinen pintalämpötila voi keskimääräistä lämpimämpänä kesänä olla purkupaikan välittömässä läheisyydessä noin 25–27 °C ja maksimitilanteessa noin 30 °C (Kuva 9-54 ja Kuva 9-55). Pintalämpötila laskee kuitenkin nopeasti etäämmälle siirryt-

täessä, koska pintavesi sekoittuu vaaka- ja pystysuunnassa muuhun vesimassaan ja lämpöä siirtyy myös ilmakehään. Keskimäärin pintalämpötila nousee noin 2 °C eteläisellä Hästholmsfjärdenillä. Läntisellä ja pohjoisella Hästholmsfjärdenillä vaikutus on arviolta enää asteen osia johtuen hitaasta veden virtauksesta näille alueille. Mallinnustulosten perusteella pintaveden lämpötila voi kuitenkin ajoittain nousta osalla näistä alueista jäähdytysveden lämpövaikutuksen myötä, nousun ollessa korkeintaan noin 2 °C. Klobbfjärdenin

vesimuodostumalle laskettuna keskimääräinen pintalämpötilan nousu on arviolta noin 1 °C (Lahti 2021, liite 4).

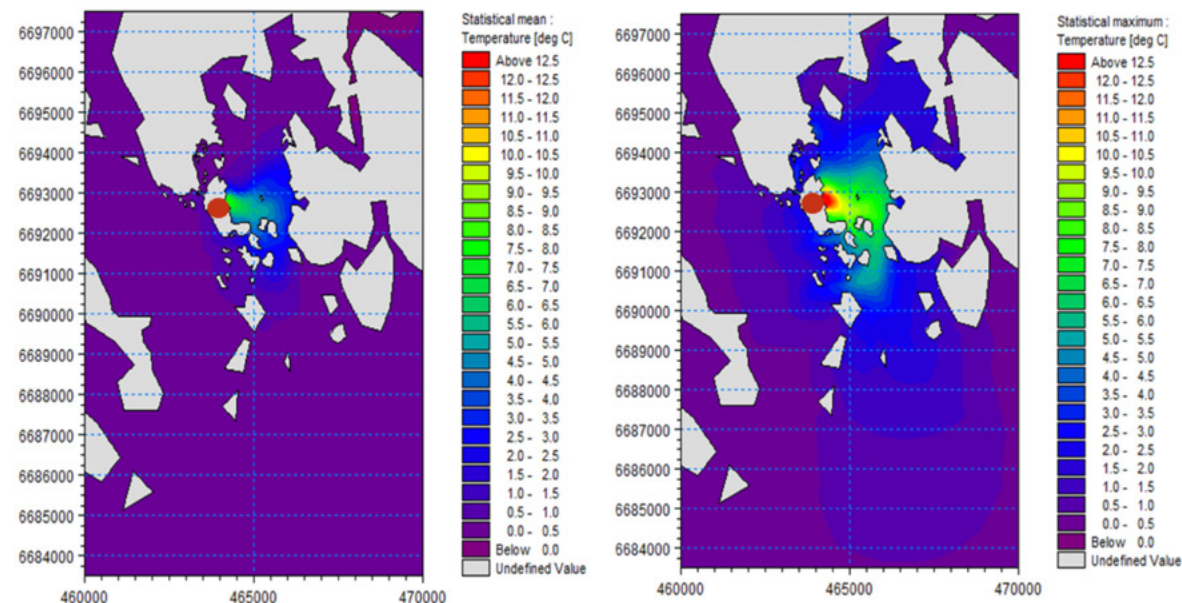
Poikkileikkauksien perusteella lämmin vesi kerrostuu meriveden pintakerrokseen (Kuva 9-56) rajautuen lähinnä ylipäähän 5 metrin vesikerrokseen Hästholmsfjärdenin eteläosassa (Lahti 2021, liite 4).

Hudöfjärdenin puolella, pisteellä K1, lämpötila on keskimäärin noin 0,1–0,9 °C korkeampi verrattuna tilanteeseen, jossa jäähdytysveden lämpövaikutusta ei ole. Lämpövaikutus Hudöfjärdenin puolelle on vähäistä ja rajoittuu yleensä merialueen koillisosaan lähelle Hästholmenia (Kuva 9-54 ja Kuva 9-55). Ajoittain tiettyjen sääolosuhteiden vallitessa pintalämpötila voi kuitenkin nousta enimmillään noin 2 °C Hästholmenin läheisillä osilla Hudöfjärdeniä.

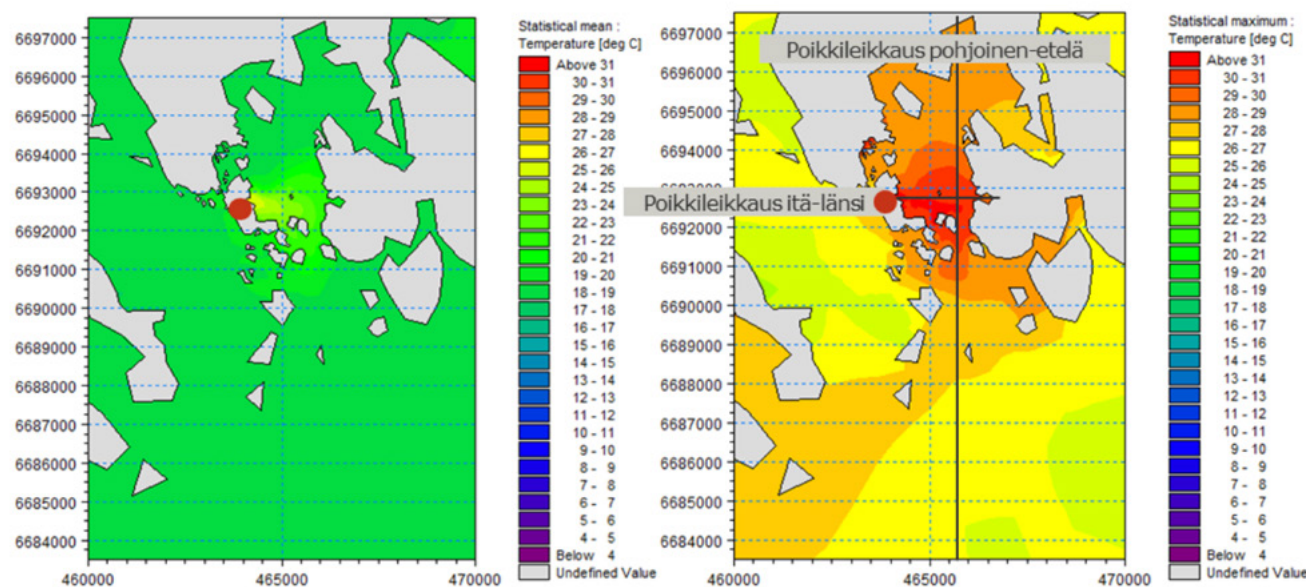
Vådholmsfjärdenillä, Hästholmsfjärdeniltä johtavien

salmien edustalla, pisteellä K2, meriveden pintalämpötila voi olla 0–4,5 °C korkeampi verrattuna tilanteeseen, jossa jäähdytysveden lämpövaikutusta ei ole. Leviämiskuvien perusteella intensiivisin lämpövaikutus keskittyy pintakerrokseen ja rajoittuu Vådholmsfjärdenin pohjoisosaan Hästholmsfjärdeniltä johtavien salmien edustalle (Kuva 9-54 ja Kuva 9-55), jossa keskimääräinen lämpötilannousu on luokkaa 2 °C (Kuva 9-54). Vådholmsfjärdenin eteläosassa lämpötilannousu on enintään asteen luokkaa. Syvemmällä vaikutukset ovat vähäisempiä (Lahti 2021, liite 4).

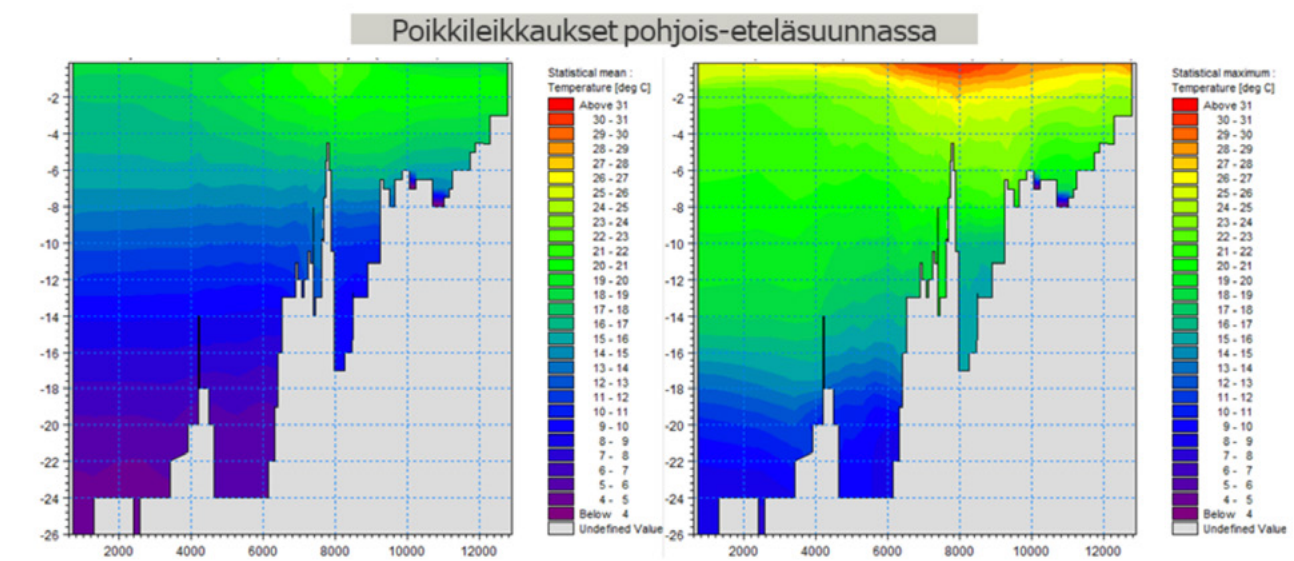
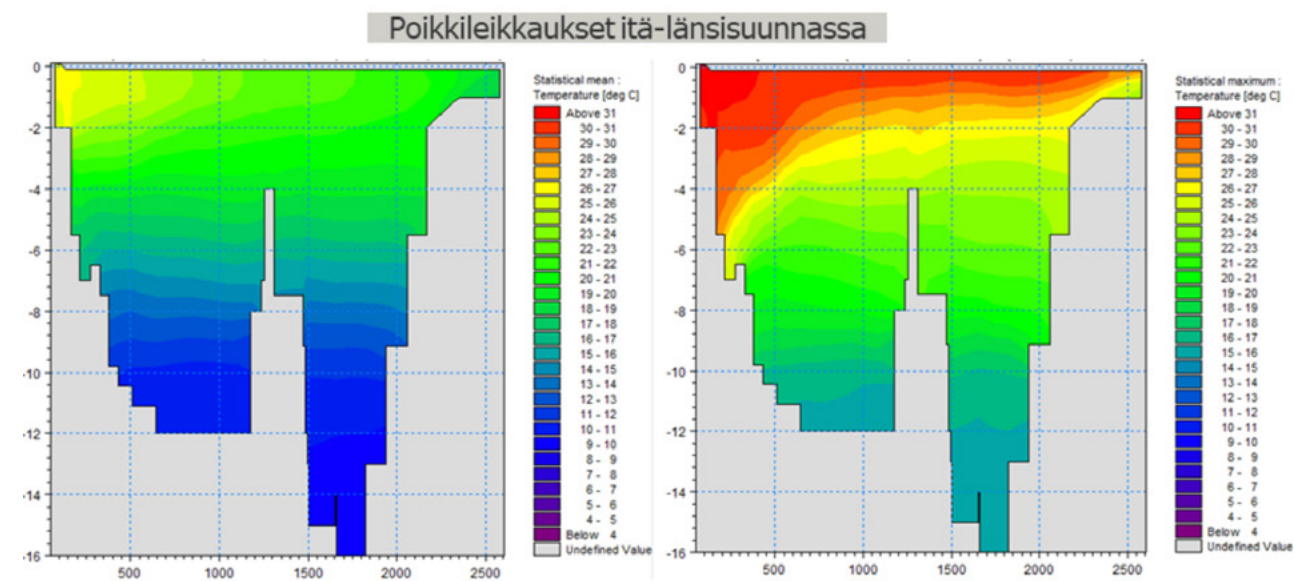
Orrengunds-fjärdenillä, pisteellä K3, lämpövaikutus on hyvin vähäinen pintakerroksessa. Vaikutus on pienellä alueella Orrengunds-fjärdenin luoteisosassa lähellä 0,5 °C, maksimin ollessa Vådholmsfjärdenille johtavalla kohdalla noin 1,5 °C (Kuva 9-54) (Lahti 2021, liite 4).



Kuva 9-54. Eroituskuva voimalaitoksen käytön aiheuttamasta lämpötilannoususta kesällä (erotus: voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä). Vasemmassa kuvassa keskiarvo ja oikeassa maksimi. Hästholmenin sijainti merkitty punaisena pisteellä (Lahti 2021, liite 4).



Kuva 9-55. Meriveden lämpötila pintakerroksessa kesällä voimalaitoksen ollessa käynnissä. Vasemmassa kuvassa keskiarvo ja oikeassa maksimitilanne. Oikeanpuoleiseen kuvaan on merkitty syvyysuuntaisten poikkileikkausten sijainnit (ks. seuraava kuva) itä-länsisuunnassa sekä pohjois-eteläsuunnassa. Hästholmenin sijainti merkitty punaisena pisteellä (Lahti 2021).



Kuva 9-56. Lämpötilan syvyysuuntaisen jakautumisen itä-länsisuunnassa (yläkuva) ja pohjois-eteläsuunnassa (alakuva) kesällä voimalaitoksen ollessa käynnissä. Vasemmassa kuvassa keskiarvo ja oikeassa maksimitilanne. Itä-länsisuunnan leikkauksessa jäähdytysveden purku on kuvan vasemmassa ylänurkassa.

Jääpeitteisenä aikana Hästholmsfjärdenillä, lähellä jäähdytysveden purkua sijaitsevilla mittauspoijuilla A, B ja C (poijujen sijainti, ks. Kuva 9-37), meriveden lämpötila on mallinnuksen mukaan voimalaitoksen käytössä ollessa yhden metrin syvyydellä noin 5–16 °C, 4 metrin syvyydellä noin 5–9 °C ja pohjan tuntumassa noin 3–5 °C korkeampi verrattuna tilanteeseen, jossa voimalaitos ei ole käytössä (Lahti 2021, liite 4). Leviämiskuvista nähdään, että suurin lämpövaikutus keskittyy talvella Hästholmsfjärdenin alueelle pintakerroksen tuntumaan (Kuva 9-57 ja Kuva 9-58).

Hudöfjärdenin puolella, pisteessä K1, voidaan voimalaitoksen käytössä ollessa havaita lämpimän jäähdytysveden jälleenkierron aikaansaama noin 0–3 °C lämpötilannousu, joka rajautuu pääosin 4–5 metrin syvyydelle (Lahti 2021).

Vådholmsfjärdenillä lämpötilannousu keskittyy Vådholmsfjärdenin pohjoisosaan Hästholmsfjärdeniltä johtavien salmien edustalle (Kuva 9-57 ja Kuva 9-58), missä lämpövai-
kutusta näkyy pisteessä K2 vaihtelevasti kaikilla syvyyksillä. Lämpövaikutus on suurimmillaan noin 5 metrin syvyydellä, ollen noin 5 °C korkeampi kuin tilanteessa, jolloin voimalaitos ei ole käytössä. Pienimmillään lämpötilannousu on pinnan tuntumassa (Lahti 2021). Orrengrunds-fjärdenillä lämpövai-
kutus on vähäinen, vaihdellen välillä 0–0,8 °C ja keskittyen 5 metrin alapuolelle.

9.16.4.2 Vaikutukset merialueen lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteisiin

Voimalaitoksen käyttämän jäähdytysveden johtamisen aiheuttama lämpökuorma merialueelle (keskimäärin 57 000 TJ/v) säilyi vuositasolla samansuuruisena kuin nykytilassa. Vaikutukset kestävät enintään noin vuoteen 2050 saakka nykyisten käyttötulupien umpeutumisen jälkeen.

Avovesikaudella lämpövaikutus on paikallinen ja on havaittavissa lähinnä Hästholmsfjärdenillä ja ajoittain Hästholmsfjärdenin ja Vådholmsfjärdenin välisten salmien edustalla Vådholmsfjärdenin pohjoisosassa pintakerroksessa. Jäähdytysveden aiheuttama lämpötilannousu tulee pysymään nykyisellään, koska laitokselta mereen johdettavan jäähdytysveden lämpötilan ja virtaaman lupaehtoihin ei ole odotettavissa muutoksia. Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta keskimääräistä lämpimämpien kesien todennäköisyys kuitenkin kasvaa. Poikkeuksellisen lämpimän mallinnusvuoden valinta tarjoaa siten mahdollisuuden arvioida meriveden lämpötilaolosuhteiden kehittymistä tulevaisuudessa ilmaston lämmetessä.

Keskimääräistä lämpimämpänä vuotena muodostuvat pintalämpötilat ovat hieman korkeampia verrattuna 2010–2020 avovesikauden (kesä-syyskuu) keski- ja maksimilämpötiloihin (Taulukko 9-50). Aikavälin 2030-2050 ilmasto-olosuhteissa vuoden 2011 kesälämpötilat ovat todennäköisesti varsin tavanomaisia, tai ainakin selvästi yleisempiä kuin 2010-luvun alussa. Tarkastelujakson mallinnustuloksista saadaan siten käsitys meriveden lämpötiloista tämän vuosisadan puolenvälin paikkeilla. Pintalämpötilojen nousulla voi olla tulevaisuudessa vaikutusta myös jäähdytysveden purkuun. Loviisan voimalaitoksen ympäristöluvan mukaan mereen johdettavan jäähdytysveden lämpötilan tuntikesiarvo saa

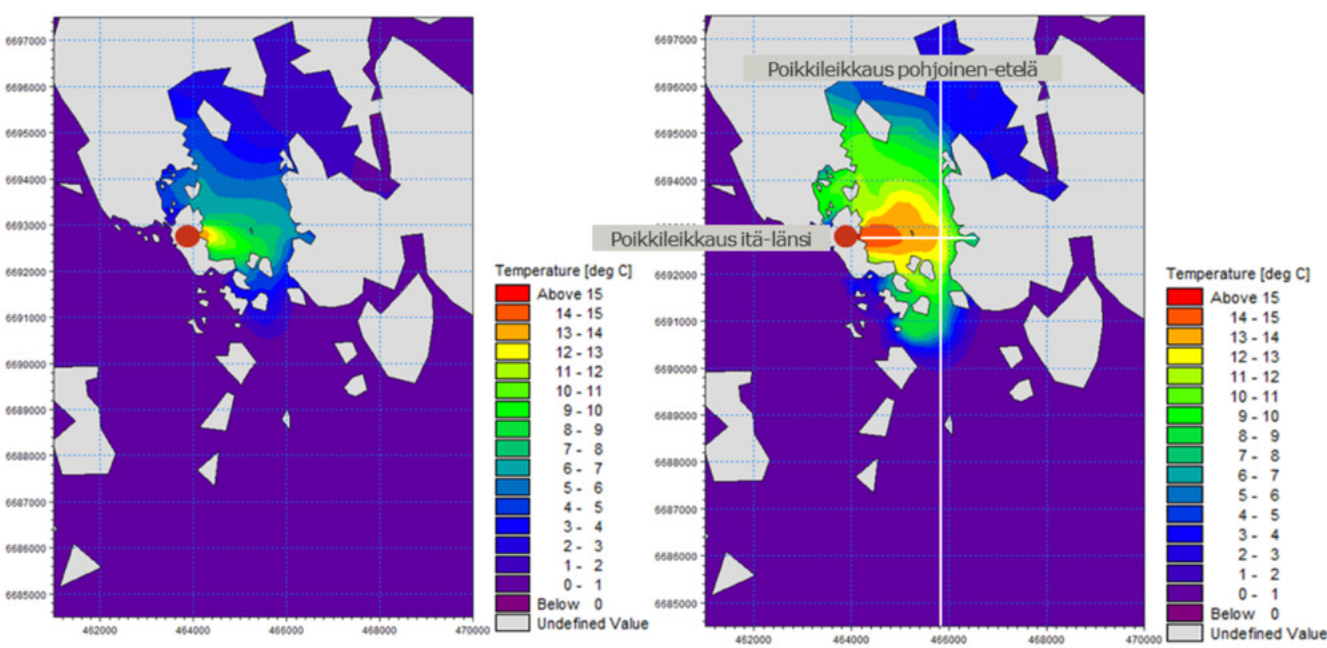
olla korkeintaan 34 °C. Toisin sanoen, otettavan jäähdytysveden lämpötilan noustessa niin korkeaksi, että voimalaitoksen tehoa joudutaan rajoittamaan purettavan jäähdytysveden lämpötilan pitämiseksi alle 34 °C, myös voimalaitoksen lämpövaikutuksen suhteellinen osuus pienenee.

Mallinnukseen perustuvan arvioinnin mukaan lämpötila- ja kerrostuneisuusolot tulevat avovesikaudella pysymään pitkälti nykyisellään. Nykytilassa meriveden lämpötila- ja kerrostuneisuusolot purkupuolella ovat selvästi jäähdytysveden lämpövaikutuksen muokkaamia, mutta vaikutus rajoittuu lähinnä Hästholmsfjärdenin alueelle, jossa lämpövaikutus on voimistanut syvyyssuuntaista lämpötilakerrostuneisuutta (luku 9.16.3.3).

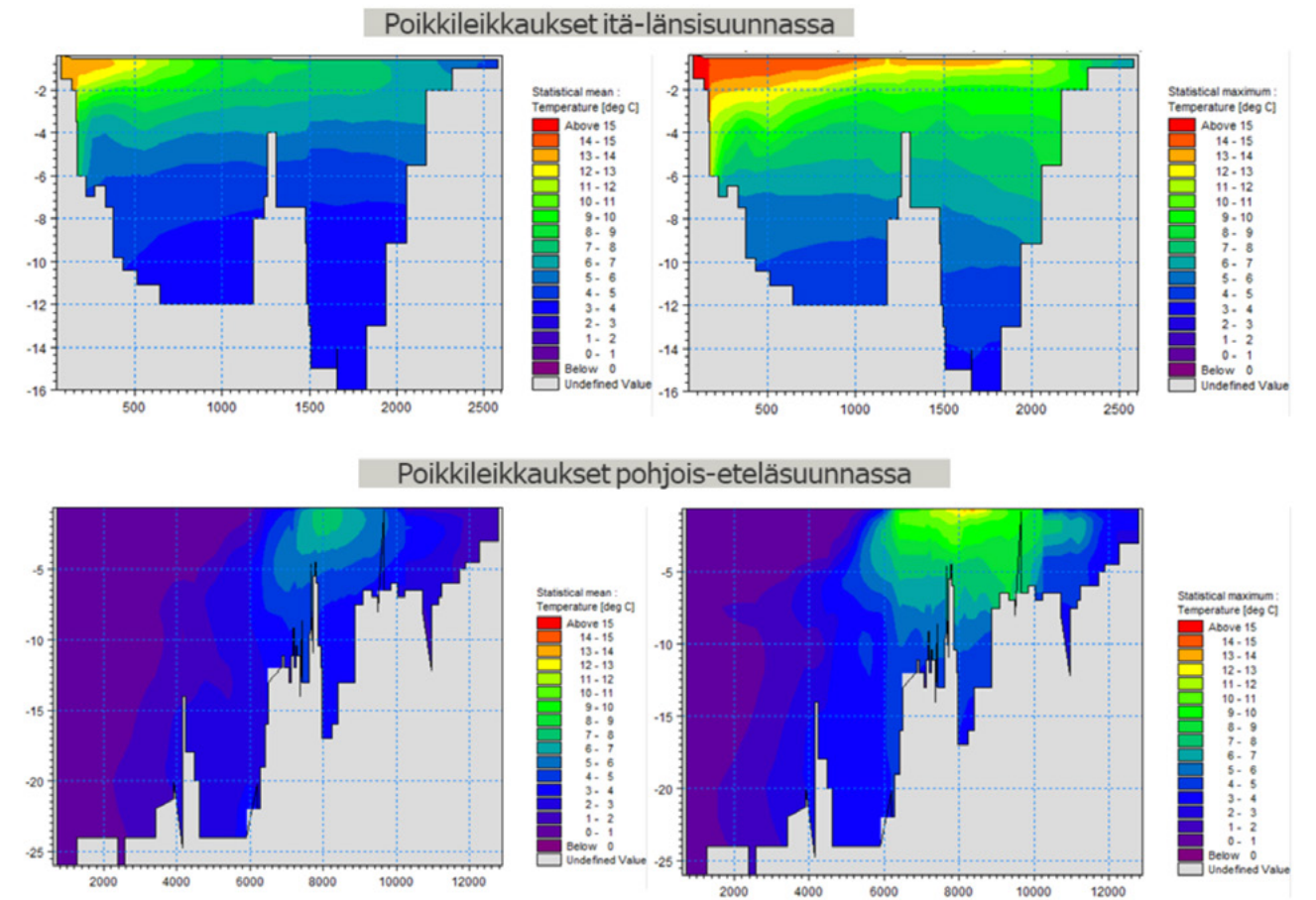
Jääpeitteisen ajan lämpövaikutus säilyy nykyisellään eikä käytön jatkaminen aiheuta merkittävää muutosta. Nykytilan osalta on huomattava, että erityisesti Hästholmsfjärdenin lämpötila- ja kerrostuneisuusolot poikkeavat selvästi luontaisista olosuhteista. Lämpökuormituksen vaikutukset lähimeri-
alueella ovat selvimmin havaittavissa talvisissa olosuhteissa, jolloin lämmin jäähdytysvesi pitää purkuaukon läheisen merialueen sulana.

Kuten nykytilassa (luku 9.16.3.4) on kuvattu, arvioidaan ilmastonmuutoksen pienentävän Itämeren jääpeitteen pinta-alaa sekä lyhentävän jäätalvea (Ilmasto-opas 2021). Talvien välisen vaihtelevuuden arvioidaan kuitenkin säilyvän edelleen jääolojen luontaisena piirteenä. Jääkansi estää tehokkaasti lämpöenergian siirtymistä ilmakehään jäähdytysveden painuttua syvemmälle ja kulkeuduttua jään alle. Leutoina talvina, jolloin jääkansi on laajuudeltaan pieni tai jäätä ei ole ollenkaan, on jäähdytysveden lämpövaikutus suhteessa pienempi ja lämmin vesi ei leviä niin laajalle alueelle kuin edellä on kuvattu. Toisaalta jäähdytysveden lämpövaikutuksesta sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta saattaa tulevaisuudessa aiheutua lievää yhteisvaikutusta, jonka seurauksena jääkannen laajuus voi hieman pienentyä ja jää ohentua nykytilaan verrattuna ja haitata talvella muun muassa jäällä kulkemista.

Lämpökuormituksen vaikutukset ovat paikallisia rajoittuen pääosin Hästholmsfjärdenin alueelle ja osaltaan ylläpitäen lämpötila- ja kerrostuneisuusoloja Hästholmenin lähimeri-
alueella. Ulompana merialueella vaikutukset ovat vähäisiä. Lämpökuormituksen aiheuttama lämpötilannousu tulee olemaan samaa suuruusluokkaa kuin nykytilassa, mutta keskimääräistä lämpimämpien vuosien yleistymisen voi tulevina vuosikymmeninä merkitä meriveden pintalämpötilan hienoista nousua suhteessa nykytilaan. Leutojen talvien yleistymisen voi vähäisessä määrin heikentää merialueen käyttöä talvella jääkannen heikentymisen seurauksesta. Käytön jatkamisen tapauksessa lämpökuormitus ylläpitää epätavallisia ja luontaista voimakkaampia lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteita noin 20 vuotta nykyisten käyttötulupien umpeutumisen jälkeen enintään noin vuoteen 2050 saakka Hästholmsfjärdenillä. Tämän perusteella muutoksen suuruus verrattuna nykytilaan arvioitiin *kohtalaiseksi kielteiseksi* Hästholmsfjärdenillä ja enintään *vähäiseksi kielteiseksi* muilla lähimerialueilla.



Kuva 9-57. Meriveden lämpötila pintakerroksessa talvella voimalaitoksen ollessa käynnissä. Vasemmassa kuvassa keskiarvo ja oikeassa maksimitilanne. Oikeanpuoleiseen kuvaan on merkitty syvyyssuuntaisten poikkileikkausten sijainnit (ks. seuraavat kuvat) itä-länsisuunnassa sekä pohjois-eteläsuunnassa. Hästholmenin sijainti merkitty punaisena pisteellä (Lahti 2021).



Kuva 9-58. Lämpötilan syvyyssuuntainen jakautuminen itä-länsisuunnassa (yläkuva) ja pohjois-eteläsuunnassa (alakuva) talvella voimalaitoksen ollessa käynnissä. Vasemmissa kuvissa keskiarvo ja oikeissa maksimitilanne. Itä-länsisuunnan leikkauksessa jäähdytysveden purku on vasemmassa ylänurkassa.

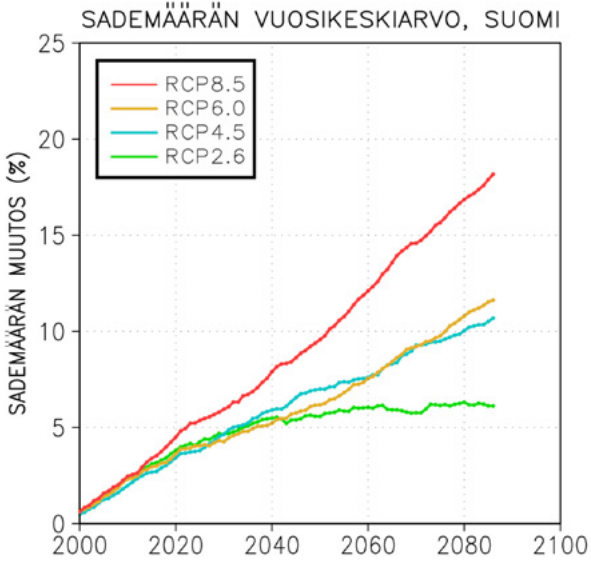
9.16.4.3 Vedenlaatuun kohdistuvat vaikutukset

Edellä kuvatut vaikutukset merialueen lämpötiloihin ja kerrostuneisuuteen vaikuttavat osaltaan myös vedenlaatuun. Suomenlahden yleinen rehevöitymiskehitys on nähtävissä Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella, missä lämpövaikutuksen erottaminen yleisestä rehevöitymisestä on haastavaa. Loviisan lähimerialueen pitkän ajan tarkkailun perusteella tiedetään, että lämmennyt merivesi on osaltaan voimistanut liiallisesta ravinnekuormituksesta aiheutunutta rehevöitymistä lämpökuormituksen vaikutusalueella, erityisesti Håstholmsfjärdenillä. Ilmastomuutos nostaa vuoden keskilämpötilaa, minkä on arvioitu lisäävän ravinteiden hajakuormitusta. Tämän takia ilmastomuutoksen vaikutukset ravinnekuormituksen kehitykseen on huomioitava vaikutusten arvioinnissa.

Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen jätevesipäästöt jatkuvat nykyisellään. Radioaktiivisten päästöjen vaikutukset on arvioitu luvussa 9.8. Ravinnekuormituksen osalta Loviisan voimalaitoksen osuus merialueen muusta pistekuormituksesta ja hajakuormituksesta pysyy merialueella vastaisuudessaakin erittäin vähäisenä (luku 9.16.3.2). Nykyisellään talousjätevedet käsitellään voimalaitosalueen jätevedenpuhdistamolla ja johdetaan Hudöfjärdenille. Käytön jatkamisen tapauksessa vaihtoehtona on jatkaa voimalaitosalueen jätevedenpuhdistamon käyttöä talousjätevesien käsittelyyn. Toisena vaihtoehtona nykyiselle talousjätevesien käsittelytavalle on harkittu, osana mahdollista käyttöveden hankinnan muutosta, talousjätevesien johtamista käsiteltäväksi Loviisan kaupungin (Loviisan Vesi) Vårdön jätevedenpuhdistamolle, jolloin vaikutus kohdistuisi edelleen Hudöfjärdenille, mutta eri pisteeseen. Mahdollisella muutoksella ei ole vaikutusta kuormitukseen, joka voimalaitoksen osalta on erittäin vähäinen suhteessa muihin kuormituslähteisiin. Kuormituksen vaikutus merialueen vedenlaatuun arvioidaan erittäin vähäiseksi.

Ilmastomuutoksen arvioidaan yleisesti lisäävän vesistöjen ravinnekuormitusta ja sitä kautta rehevöitymistä, koska peltojen lumettomuus tulee lisäämään ravinteiden, fosforin ja typen, huuhtoutumista vesistöihin talvella (Mäntyselkä ym. 2020). Tämä johtuu sademäärien kasvusta sekä rankkasateiden voimistumisesta ilmaston lämmetessä (Ilmasto-opas 2021, Ruosteenoja ym. 2016) (Kuva 9-59). Valunnan ja rankkasateiden kasvamisen todennäköisesti lisää ravinnekuormitusta myös metsistä, sillä merkittävä osa metsäalueiden ravinteista huuhtoutuu vesistöihin tulva-aikana. Kuormituksen kasvun suurimmat vaikutukset kohdistuvat arvioiden mukaan Etelä- ja Lounais-Suomen rannikkoseuduille (Mäntyselkä ym. 2020).

Vesistömallijärjestelmässä on arvioitu erilaisia kuormituskenaarioita eri RCP-ilmastokenaarioilla (RCP-skenaarioiden kuvaukset, ks. luku 9.16.2.2) ja maatalouden vesiensuojelutoimenpiteillä. Ajanjaksolla 2021–2050 Suomenlahteen kohdistuvan kokonaisfosforikuormituksen arvioidaan hieman kasvavan (noin 1,5–72 t/v) verrattuna jaksoon 2010–2019 ilmastokenaarioissa, joissa vesienhoidon nykytoimenpiteet olisivat käytössä. Nykytoimenpiteillä tarkoitetaan, että maatalous jatkuu nykyisenkaltaisena ja muut kuormituslähteet



Kuva 9-59. Vuotuisen sademäärän muuttuminen Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1981–2010 keskiarvoon (prosentteina). Muutokset ovat 28 maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvoja, jotka on esitetty erikseen neljälle kasvihuonekaasuskenaariolle (RCP8.5: hyvin suuret päästöt, RCP6.0: melko suuret päästöt, RCP4.5: melko pienet päästöt ja RCP2.6: hyvin pienet päästöt) (Ilmasto-opas 2021; Ruosteenoja ym. 2016).

pysyvät nykyisellä tasolla. Jos maatalouden toimenpiteet ovat käytössä täysimääräisinä, kuormituksen arvioidaan laskevan (lasku ilmastokenaariosta riippuen luokkaa 50–134 t/v). Maatalouden toimenpiteillä tarkoitetaan, että peltojen kipsikäsitelyn lisäksi otetaan käyttöön tarkennettu lannoitus ja maksimimäärä talviaikaista kasvipeitteisyyttä, kerääjäkasvia, rakennekalkki/kuitukäsittelyä ja lietteen sijoitus, mutta eri kasvien viljelypinta-alat ja satotasot säilyisivät nykyisenkaltaisena. Vesistömallijärjestelmän skenaarioissa fosforin tavoitekuorman saavuttaminen nykytoimenpiteillä on epätodennäköistä, mutta maatalouden toimenpiteiden täysimääräisellä käyttöä otolla tavoitekuorma olisi mahdollista saavuttaa. (Vemala, tiedot haettu 3.3.2021)

Suomenlahden typpikuormitus näyttäisi vesistömallijärjestelmän mukaan vähenevän jaksolla 2021–2050 skenaarioissa, joissa maatalouden toimenpiteet ovat täysimääräisinä käytössä (lasku noin 400–1570 t/v). Nykytoimenpiteillä kuormitus kasvaisi jonkin verran RCP-skenaarioissa RCP4.5 (keskimääräinen ilmastomuutosskenaario) ja RCP8.5 (voimakas ilmastomuutosskenaario). (Vemala, tiedot haettu 3.3.2021)

Loviisan edustalla fosfori- ja typpikuormitus pysyivät jaksolla 2021–2050 suunnilleen nykyisellä tasolla ilmastokenaarioissa, joissa nykytoimenpiteet ovat käytössä. Jos maatalouden toimenpiteet saadaan täysimääräisinä käyttöön, kuormitus todennäköisesti laskee. (Vemala, tiedot haettu 3.3.2021)

Ilmastomuutoksella ja sen aiheuttamalla Itämeren lämpenemisellä voi myös olla muita meriekosysteemiin kohdistuvia vaikutuksia. Muutokset talven ankaruudessa vaikuttavat

veden sekoittumiseen talvella ja sitä kautta kevään olosuhteisiin. Jäättöminä talvina talvimyrskyjen aikana Itämeren pääaltaalla ja Suomenlahdella halokliinin (suolaisuuden pysyvä harppauskerros) fosforia voi sekoittua merkittäviä määriä yläpuoliseen vesimassaan. Voimakkaita sinileväkintoja saattaa syntyä, mikäli seuraavana kesänä esiintyy tyyniä ja lämpimiä jaksia, kuten vuosina 2014 ja 2018. Tämä lähinnä Itämeren pääaltaan syvässä vedessä sijaitseva ravinnevarasto hidastaa myös Suomenlahden tilan paranemista, vaikka ulkoista ravinnekuormaa leikattaisiin, koska Suomenlahden merialue on Itämeren pääaltaan hapettomien vesien vaikutuspiirissä. Myös tuulen aikaansaamat kumpuamistapahtumat kuljettavat ravinteikasta vettä pintaveteen, mikä otollisissa olosuhteissa voimistaa leväkukintoja. Elvyttävien suolapulssien harventuminen yhdistettynä korkeaan perustuotantotasoon ja siitä johtuvaan runsaaseen orgaanisen aineen sedimentoitumiseen on johtanut siihen, että vuosina 2018–2020 vähähappista vettä on ollut koko Itämerellä enemmän kuin koskaan mittaushistorian aikana. (Laamanen ym. 2020)

Tarkkailun perusteella Suomenlahden tilassa tapahtuneet muutokset ovat heijastuneet myös voimalaitoksen lähimerialueen tilaan. Esimerkiksi vuosien 2014–2016 suolapulssien vaikutus näkyi Loviisan vesistötarkkailun vuoden 2018 tuloksissa a-klorofyllipitoisuuden ja perustuotannon nousuna (Anttila-Huhtinen & Raunio 2019).

Loviisan voimalaitoksen lähimerialueen vedenlaadun arvioidaan käytön jatkamisen tapauksessa pysyvän lähellä nykytilaa (ks. luku 9.16.3.5). Ravinnekuormituksen pitkän ajan ennusteisiin liittyy kuitenkin epävarmuutta, joka muodostuu epävarmuudesta ilmastomuutosskenaarioiden toteutumisen suhteen sekä erityisesti siitä missä laajuudessa sekä aikataulussa maatalouden kuormitusta vähentävät toimenpiteet toteutuvat Loviisan rannikon valuma-alueilla. Klobbfjärdenin vesimuodostuman tilan kannalta merkittävää on etenkin Tesjoen tuoman kuormituksen pitkän ajan kehitys. Lämpökuormituksen osalta todettiin (luku 9.16.4.1), että pitkällä aikavälillä lämpimien kesien yleistyminen ilmastomuutoksen vaikutuksesta yhdistettynä jäähdytysveden lämpökuormaan, voi vähäisessä määrin lisätä lämpövaikutusta merialueella. Merkittävin vaikutus kohdistuu mallinnuksen mukaan Håstholmsfjärdenille. Mikäli ravinnekuormitus samanaikaisesti kasvaisi, kohdistuisi pääasiassa Håstholmsfjärdenin vedenlaatuun yhteisvaikutusta, koska lämpövaikutuksen tiedetään osaltaan voimistavan liiallisesta ravinnekuormituksesta aiheutuvaa rehevöitymiskehitystä. Vedenlaatuun kohdistuva vaikutus ilmenisi todennäköisesti ravinnepitoisuuksien lievänä nousevana kehityksenä pitkissä aikasarjoissa. Håstholmsfjärdenin syvempien alueiden alusveden happitilanne pysyisi edelleen heikkona, mahdollistaen ajoittaisen fosforin sisäisen kuormituksen jatkumisen.

Toisaalta, mikäli kaikki maatalouden toimenpiteet saadaan käyttöön, ravinnekuormitus todennäköisesti pienenesi ja johtaisi vähitellen ravinnepitoisuuden laskuun merialueella ja tuotantotason pienemiseen, mikä vähentää orgaanisen aineksen happea kuluttavaa vaikutusta pohjan läheisessä

vesikerroksessa parantaen happioloja. Tällä skenaariolla arvioidaan olevan positiivinen vaikutus Klobbfjärdenin vesimuodostumassa. Mahdolliset muutokset vedenlaadussa heijastuvat viiveellä ravintoverkkoon. Näitä vaikutuksia on käsitelty seuraavissa luvuissa.

Käytön jatkamisen tapauksessa vaikutukset jatkuvat enintään noin 2050-luvulle saakka, mutta muutokset verrattuna nykytilaan arvioidaan vähäisiksi. Arviointiin tuo epävarmuutta ilmasto- ja kuormituskenaarioiden toteutuminen. Vedenlaatuun kohdistuva muutoksen suuruus verrattuna nykytilaan käytön jatkamisen tapauksessa arvioidaan varovaisuusperiaatte huomioiden *vähäiseksi kielteiseksi* Håstholmsfjärdenillä (Klobbfjärdenin vesimuodostumassa). Muilla merialueilla vedenlaatu määräytyy lähinnä ravinnekuormituksen pitkän ajan kehityksen sekä Suomenlahden tilan yleisen kehityksen perusteella eikä vedenlaatuun arvioida kohdistuvan vaikutusta.

9.16.4.4 Vaikutukset kasviplanktoniin ja vesikasvillisuuteen

Kasviplanktoniin ja vesikasvillisuuteen kohdistuvat vaikutukset ovat epäsuoria ja aiheutuvat osaltaan mahdollisesta vedenlaadun muutoksesta. Vedenlaadun arvion perusteella vaikutusten arvioidaan pysyvän jotakuinkin nykyisen kaltaisina (ks. luku 9.16.3.6 ja 9.16.3.7). Pitkien aikasarjojen perusteella rehevöityminen on ollut hieman voimakkaampaa Håstholmsfjärdenin alueella verrattuna muihin voimalaitoksen lähellä sijaitseviin merialueisiin. Muun muassa useat yksivuotiset rihmalevät ja putkilokasvit ovat hyötäneet lämmenneestä vedestä ja pidentyneestä kasvukaudesta, kun taas tietyt, vedenlaadun heikentymiselle herkät vesikasvilajit, ovat taantuneet (ks. luku 9.16.3.7). Voimakkain rehevöityminen näkyy arviolta noin 1 km säteellä jäähdytysveden purkupaiakasta (Ilus 2009).

Ilmastomuutoksen seurauksesta jäätalvien ennustetaan pitkällä aikavälillä lyhenevän molemmista päistään, mutta jäätymisen ajankohta muuttuu enemmän kuin jäiden lähtöpäivämäärä (Ilmasto-opas 2021). Nykytilassa jäätalvet ovat olleet Håstholmenin lähimerialueella hyvin vaihtelevia, vaihdellen lähes jäättömistä talvista ankarampiin. Tämän vaihtelun ennustetaan säilyvän pitkällä aikavälillä eikä jäähdytysveden lämpövaikutuksen ja ilmastomuutoksen yhteisvaikutuksen arvioida vaikuttavan voimalaitoksen lähimerialueen kasvukauden pituuteen nykytilaan verrattuna.

Mahdollinen lievä vedenlaadun heikkeneminen Håstholmsfjärdenillä (ks. luku 9.16.4.2) voi vähäisessä määrin lisätä kasviplanktonin sekä vesikasvillisuuden tuotantoa, mikä ilmenisi a-klorofyllipitoisuuden ja perustuotannon lievänä nousuna sekä vesikasvillisuuden runsastumisena. Ilus (2009) on arvioinut, että Håstholmsfjärdenillä perustuotannon muutoksia selittää parhaiten veden lämpötila, ja sen jälkeen näkösyvyys ja kokonaisfosfori. Lisäksi ilmahan tyyppiä sitovat sinilevät voivat hyötyä mahdollisesta lämpenemisestä, sillä niiden lämpötilaoptimi on hieman korkeampi kuin muiden lajiryhmien. Kyseisten leväryhmien tuotanto ei myöskään ole yhtä riippuvaista veden ravinnepitoisuudesta verrattuna

moniin muihin lajiryhmiin. Pitkän ajan kehitys riippuu osittain ilmastomuutosskenaarioiden ja kuormitusta vähentävien toimenpiteiden toteutumisesta ja merialueelle tuleva kuormitus voi pitkällä aikavälillä myös laskea, jos maatalouden toimenpiteet saadaan laajasti käyttöön. Tällä arvioidaan olevan positiivisia vaikutuksia, koska laskeva ravinmäärä pienentää kasviplanktontuotantoa ja hillitsee vesikasvillisuuden runsastumista. Tässä skenaariossa vaikutukset ilmenisivät tuotantotason laskuna (perustuotannon ja a-klorofyllipitoisuuden pieneneminen, rihmaleväbiomassan pieneneminen). Perustuotantoon ja kasviplanktoniyhteisöön kohdistuvien vaikutusten arviointiin sisältyy kuitenkin epävarmuutta, koska ravintoverkon monimutkaisia vuorovaikutussuhteita, mm. kuluttajien (eläinplankton, kalat) sääätelyä, ei ole tässä arvioinnissa voitu huomioida.

Epävarmuuksien takia kasviplanktoniin ja vesikasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten yksityiskohtainen arviointi on haastavaa. Vesikasvillisuuteen ja kasviplanktoniin kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan käytön jatkamisen tapauksessa olevan paikallinen ja rajoittuvan lähinnä Hästholmsfjärdenin merialueelle Klobbfjärdenin vesimuodostumassa. Loviisan voimalaitoksen muulla lähimerialueella vaikutukset määrytyvät ravinnekuormituksen pitkän ajan kehityksen sekä Suomenlahden tilan yleisen kehityksen perusteella.

Kasviplanktoniin ja vesikasvillisuuteen kohdistuva muutoksen suuruus arvioidaan nykytilaan verrattuna varovaisuusperiaate huomioiden *vähäiseksi kielteiseksi* Hästholmsfjärdenillä, koska käytön jatkamisen tapauksessa vaikutukset jatkuvat enintään noin 2050-luvulle saakka. Muille merialueille ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia.

9.16.4.5 Vaikutukset pohjaeläimistöön

Pohjaeläimistöön kohdistuvat vaikutukset ovat epäsuoria ja aiheutuvat merialueen lämpötila- ja kerrostuneisuusdynamiikasta sekä mahdollisesta vedenlaadun muutoksesta (luvut 9.16.4.1 ja 9.16.3.8). Tarkkailun perusteella voimalaitoksen lämpövaikutukset ovat paikallisia ja kohdistuvat lähinnä Hästholmsfjärdenin pohjaeläimistöön, jonka tila on, muun lähimerialueen ohella, ollut 2000-luvulla enimmäkseen huono. Merkittävimpiä tekijöitä arvioidaan jäähdytysveden purku-puolella olevan normaalista poikkeavat kerrostuneisuusolot, jotka heikentävät alusveden tuulettumista sekä rehevöitymisen aiheuttama hapenkulutus, joiden vaikutuksesta syvem-mille pohjille on muodostunut happivajetta. Pohjat ovat olleet huonossa tilassa myös jäähdytysveden ottopuolella, joten pohjaeläinten tilaan on vaikuttanut myös Suomenlahden yleinen rehevöityminen.

Ulommalla merialueella pohjien tilaan on vaikuttanut enem-män Suomenlahden yleinen tilan kehitys, mikä näkyi muun muassa syvännepohjaeläinyhteisöjen voimakkaana taantumi-sena 1990-luvun alkupuolen suolapulssien jälkeen. Ulompana merialueella pohjaeläimistön tila näyttää hieman parantuneen viime vuosina.

Vedenlaadun arvion perusteella merkittäviä muutoksia ei

pitkällä aikavälillä ole odotettavissa. Edellä mainittu ravin-nekuormituksen ja lämpövaikutuksen yhteisvaikutus, jonka toteutuminen sisältää epävarmuutta, voi paikallisesti jossain määrin heikentää happiolosuhteita. Tämä johtuu tuotantota-son noususta, mikä lisää pohjalle vajoavan happea kuluttavan orgaanisen aineksen määrää. Toisaalta vaikutukset voivat olla myös positiivisia ja riippuvat ilmasto- ja kuormitusskenaarioi-den toteutumisesta. Mahdollinen vaikutus keskittyy ensisijai-sesti Hästholmsfjärdenin syvänealueille.

Merialueet, joilla veden lämpötila pysyy läpi vuoden luonnontilaista lämpimämpänä, saattavat toimia vierasla-jeja vastaanottavina alueina, joissa uuden lajin leviäminen ja sopeutuminen uuteen elinympäristöön on helpompaa verrattuna merialueisiin, joihin lämpövaikutusta ei kohdistu. Tällaisissa ympäristöissä riski uusille leviämisille on suurempi. Loviisan lähimerialueella on tarkkailun perusteella tällä het-kellä yhdeksän vieraslajiksi määriteltyä lajia, joista merirokko, kaspianpolyyppi ja valesinisimpukka aiheuttavat Fouling-hait-toja muodostamalla kasvustoja Loviisan voimalaitoksen me-rivesijärjestelmiin. Näistä erityisesti valesinisimpukka hyötyy lämpövaikutuksesta. Vieraslajien osalta tilanteen arvioidaan pysyvän nykyisen kaltaisena, mutta mahdollisten uusien vie-raslajien levittäytymisen ennustaminen on vaikeaa. Esimer-kiksi HELCOM:in arvioiden mukaan vieraslajien leviäminen on hieman vähentynyt vuosina 2011–2016 verrattuna ajanjak-soon 2000–2010, mutta on edelleen tavoitetta korkeampi (State of the Baltic Sea – holistic assessment: non-indigenous species). Vuosina 2011–2016 Itämeren alueelle levisi yhteensä 12 vieraslajia, joista suurin osa on äyriäisiä. Kalaston osalta vieraslajeja on käsitelty luvussa 9.17.

Käytön jatkamisen tapauksessa lämpökuormitus jatkuu noin 20 vuotta nykyisten käyttölupien umpeuduttua enintään noin vuoteen 2050 saakka ja ylläpitää luontaisesta poikkeavia lämpötila- ja kerrostuneisuusoloja Hästholmenin lähimeri-alueella, jotka ovat osaltaan vaikuttaneet myös pohjaeläi-mistön tilaan alueella. Lämpökuormituksen jatkuminen lisää riskiä vieraslajien leviämiselle. Muutokset pohjaeläimistössä ovat todennäköisesti vähäisiä, mutta vaikutusten pitkäkes-toisuuden vuoksi muutoksen suuruus verrattuna nykytilaan arvioidaan enintään *kohtalaiseksi kielteiseksi* Hästholmsfjär-denillä ja enintään *vähäiseksi* Hudöfjärdenin ja Vådholmsfjär-denin puolella. Muille lähimerialueille ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia.

9.16.4.6 Sedimenttiin kohdistuvat vaikutukset (haitta-aineet)

Radioaktiivisten päästöjen vaikutukset on arvioitu luvussa 9.8. Loviisan voimalaitoksen prosessi- eikä jätevesien pääs-töistä aiheudu sedimentin laatuun kohdistuvia vaikutuksia.

Sedimentissä havaitut kohonneet dioksiini- ja furaanipitoi-suudet ovat tyypillisiä Itäisen Suomenlahden ja Kymijoen ve-sistöalueelle johtuen alueen teollisesta historiasta. Haitallisia dioksiineja ja furaaneja syntyy tahattomasti mm. erilaisissa teollisissa prosesseissa, esimerkiksi jätteiden poltossa ja

kemiallisessa tuotannossa. Vastaavasti TBT:tä sisältäviä yhdisteitä käytettiin aiemmin mm. alusten pohjamaaleissa estämässä eliöiden kiinnittymistä alusten pohjiin sekä maa-taloudessa homeenestoaaineena siemenillä. (Lindfors ym. 2020)

YVA-ohjelmassa mainittua Loviisan voimalaitoksen ot-toaukon edustan ja lähimerialueen vesistörakentamistöitä ei suunnitella toteutettavan, eikä vaikutuksia sedimenttiin aiheudu.

Sedimentin laatuun ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella.

9.16.4.7 Lappominjärveen kohdistuvat vaikutukset

Suunnitelmien mukaan voimalaitoksen käyttövesi hankitaan tulevaisuudessa edelleen Lappominjärvestä joko kokonaan, kuten nykyisin, tai Lappominjärven vedenotto korvataan osittain muulla käyttöveden hankinnalla. Käyttöveden han-kintaan liittyvät suunnitelmat on esitelty luvussa 4.3. Mikäli käyttövettä hankittaisiin muualta, säilyy nykyinen voimalai-toksen raakavedenhankintajärjestelmä sekä vedenkäsitte-lylaitos varmuussyistä voimalaitoksen prosessi- ja talousve-den käytössä ja järveä säännöstellään edelleen.

Lappominjärven tila on nykyisellään hyvä eikä tilaan arvioi-da kohdistuvan erityisiä paineita. Vaikutukset pysyvät nykyi-sellään molemmissa vedenhankintaoptioissa. Järven veden-pinnan korkeus on viime vuosina pysytellyt vakaana ja lähellä säännöstelyn ylärajaa. Vedenoton mahdollisesti pienentyes-sä, vedenkorkeutta säädellään säännöstelypadolla. Säännös-tely ylläpitää luontaista suurempaa laimenemistilavuutta eli tilavuutta, johon järveen tuleva ravinnekuormitus sekoittuu ja lisäksi hapetus on parantanut järven happitilannetta.

Käytön jatkamisessa vedenotto jatkuu noin 20 vuotta enintään noin vuoteen 2050 saakka. Vedenotolla tai veden hankinnan optioilla ei arvioida olevan vaikutusta järven nykytilaan.

9.16.4.8 Vaikutukset ekologiseen ja kemialliseen tilaan sekä merenhoitoon

Vedenlaatuun ja vesiympäristöön (kasviplankton, vesikasvilli-suus, pohjaeläimet) kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu edel-lä. Klobbfjärdenin ja ulompien vesimuodostumien ekologinen ja kemiallinen tila on esitetty luvussa 9.16.3.11.

Voimalaitoksen jäähdytysvesi puretaan Klobbfjärdenin vesimuodostumaan. Klobbfjärdenin vesimuodostuman ekolo-ginen tila on arvioitu huonoksi. Tila on osittain aiheutunut jäähdytysveden lämpövaikutuksesta, mikä on voimistanut rehevöitymiskehityksen vaikutuksia vesimuodostumassa. Muissa Loviisan merialueen vesimuodostumissa, joihin vaikuttavat lähinnä Suomenlahden tilan yleiset muutokset, ei lämpövaikutuksella käytännössä ole ekologiseen tilaan kohdistuvaa vaikutusta. Jäähdytysveden purkualueen läheisyydessä vedenlaadun ja vesialueen biologisen tilan arvioidaan pysyvän nykyisen kaltaisena tai enintään lievästi

heikentyvän ilmastomuutoksen ja lämpökuormituksen yhteisvaikutuksen seurauksena. Ekologisen tilan pitkän ajan kehitys riippuu myös hajakuormituksen kehityksestä. Käytön jatkamisen tapauksessa vaikutukset jatkuvat noin 20 vuotta, jolloin vedenlaatuun ja vesiympäristöön kohdistuvan muutok-sen suuruuden arvioitiin vaihtelevan vähäisen ja *kohtalaisen kielteisen* välillä jäähdytysveden purkualueen läheisyydessä Klobbfjärdenin vesimuodostumassa (luvut 9.16.4.2-9.16.4.4).

Biologisiin ja fysikaalis-kemiallisiin lautekijöihin kohdis-tuvien vaikutusten arviointi sisältää epävarmuutta, joka on peräisin pitkästä tarkasteltavasta aikajänteestä, ilmaston-muutoksen ja hajakuormituksen pitkän ajan ennusteisiin liittyvästä epävarmuudesta sekä ravintoverkon monimut-kaisista vuorovaikutussuhteista. Taulukossa 9-57 on arvioitu vesimuodostumien ekologisen tilan mahdollisia kehityspot-kuja. Arvioinnin perusteella käytön jatkamisen tapauksessa lämpövaikutuksen jatkuminen ylläpitää osaltaan Klobbfjärde-nin vesimuodostuman heikentynyttä tilaa eikä tilan odoteta pitkällä aikavälillä merkittävästi kohenevan. Ilman jäähdytys-veden lämpövaikutusta vesimuodostuman ekologinen tila oli-si todennäköisesti samaa luokkaa kuin muilla Suomenlahden sisälähdillä vesienhoidon 3. suunnittelukauden alustavassa luokituksessa.

Ehdotuksessa Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjel-maksi (Ahokas ym. 2020) Klobbfjärdenin vesimuodostuman toimenpiteeksi on mainittu rehevöityneen merenlahden kunnostuksen suunnittelu ja toteutus. Ohjelmassa on edel-leen todettu Klobbfjärdenin vesimuodostuman osalta, että kolmannelle suunnittelukaudelle teollisuudelle esitetään toimenpiteitä laitosten käytön, ylläpidon ja tehostamisen osalta. Vesiensuojelun tehostamistarve arvioidaan ympä-ristölupien tarkastamisen yhteydessä. Toimenpiteeseen kuuluu luvanvaraisten teollisuuden laitosten käyttö siten, että toimintataso pysyy vähintään alkavan suunnittelukau-den (vesienhoidon 3. suunnittelukausi) alkuvaiheen tasolla lupamääräykset täyttäen.

Ehdotuksessa Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuosille 2022–2027 (Mäntykoski ym. 2020) on todettu, että perustelluista syistä hyvän tilan tavoitteen saavuttamista on mahdollista myöhentää vuo-den 2027 jälkeen, mutta kaikkien toimenpiteiden tulee olla tuolloin käynnissä. Ehdotuksessa todetaan, että tavoitteen siirtämistä voidaan perustella ainoastaan luonnonolosuhteil-la, vesistöissä ja eliöstössä ilmenevän muutoksen hitaudella.

Ehdotuksessa Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpi-deohjelmaksi vuosiksi 2022–2027 lämpökuormituksen vaiku-tukset nähdään paikallisena eikä lämpövaikutuksella arvioida olevan vaikutusta meren tilaan laajemmassa mittakaavassa (Laamanen ym. 2020).

Taulukko 9-57. Biologisten ja fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden tilassa tapahtuneet muutokset 2. ja 3. suunnittelukauden välillä sekä arvio siitä miten vesimuodostumien tila voi pitkällä aikavälillä kehittyä ja mikä on käytön jatkamisen toteuttamisen vaikutus ekologiiseen tilaan.

Biologiset laatutekijät	Fys-kem laatutekijät	Arvio ekologisen tilan mahdollisista kehityssuunnista
Klobbfjärdenin vesimuodostuma		
a-klorofyllipitoisuuden lasku on ollut vähäinen. Pohjaeläinten BBI-indeksi osoittaa välttävää tilaa, mutta on vaihdellut paljon ja osoitti 2. kaudella huonoa tilaa. Biologinen luokka on pysynyt huonona. Hyvän tilan saavuttamiseksi esimerkiksi a-klorofyllipitoisuuden pitäisi laskea noin 6 µg/l, mikä on merkittävä lasku suhteessa vesienhoitokausien aikana havaittuihin muutoksiin (Taulukko 9-54).	Kokonaisfosfori ja -typpi tyydyttävässä tilassa. Fosforin lukuarvo on lähellä välttävän tilan rajaa. Fys-kem tila on noussut välttäväksi. Fys-kem lisämuuttujat: happivajetta esiintyy säännöllisesti termokliiniin asti.	Lämpökuormitus on osaltaan muokannut vesimuodostuman lämpötila- ja kerrostuneisuusoloja ja voimistanut rehevöitymiskehitystä. Osaltaan tilaan vaikuttaa myös Suomenlahden tilan yleinen kehitys sekä paikallisemmin Tesjoen vedenlaadun kehitys. Vesimuodostuman tilan kehitys on monien eri tekijöiden summa ja pitkällä aikavälillä tilaan vaikuttaa muun muassa ilmastomuutosskenaarioiden ja maatalouden toimenpiteiden toteutuminen. On epätodennäköistä, että vesimuodostuma saavuttaa hyvän tilan vuoteen 2027 mennessä, koska vasteet muutoksille ovat hitaita. Pitkällä aikavälillä, 2050-luvulle tultaessa, tilaan ei arvioida kohdistuvan merkittävää muutosta, mutta myöskään lievää tilan heikkenemistä ei voida poissulkea. Arvioinnin perusteella pohjaeläinten ja kokonaisfosforin luokat voivat olla vaarassa heikentyä, mikäli hajakuormitusta ei saada leikattua. Toisaalta, jos maatalouden toimenpiteet saadaan Tesjoen valuma-alueella laajamittaisesti käyttöön, Klobbfjärdenin vesimuodostuman tila todennäköisesti paranee. Arviointiin tuo epävarmuutta ilmasto- ja kuormitusskenaarioiden toteutuminen. <i>Lämpövaikutuksen jatkuminen noin 20 vuotta enintään noin vuoteen 2050 voi osaltaan hidastaa vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Loviisanlahden vesimuodostuma		
a-klorofyllipitoisuus laskenut selvästi ja lähenee tyydyttävää tilaa.	Kokonaisravinteista fosforipitoisuus on hieman noussut, mutta ei ole vaarassa laskea huonoon tilaan. Typpipitoisuus on laskenut merkittävästi ja on tyydyttävä.	Lämpökuormituksen vaikutukset eivät ulotu vesimuodostumaan. Voimalaitoksen merkitys pistekuormittajana on vähäinen suhteessa muuhun piste- ja hajakuormitukseen eikä jätevesien johtamisen mahdollisella muutoksella arvioida olevan vaikutusta vesimuodostuman ekologiseen tilaan. Vesimuodostuman tilaan vaikuttaa ennen kaikkea alueen muun kuormituksen kehittyminen. <i>Käytön jatkaminen ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Keipsalon vesimuodostuma		
Biologinen luokka on noussut tyydyttäväksi a-klorofyllin ja pohjaeläimistön tilan luokkien paranemisen seurauksena.	Fys-kem tilan laatutekijöistä kokonaistypen ja näkösyvyyden lukuarvot ovat hieman kohentuneet, mutta luokka on pysynyt samana.	Vesimuodostuman ekologinen tila on noussut tyydyttäväksi. Jäähdytysveden ottopuoli sijaitsee vesimuodostumassa ja Hudöfjärdenin koillisosaan ulottuva jäähdytysveden takaisinkierto, joka aiheuttaa vähäistä lämpötilannousua, käsittää vain pienen osan vesimuodostuman pinta-alasta. Voimalaitoksen aiheuttaman ravinnekuormituksen merkitys on vähäinen. Vesimuodostuman tilaan vaikuttaa ennen kaikkea muun kuormituksen kehittyminen (mm. Loviisanjoki) sekä Suomenlahden tilan yleinen kehitys. <i>Käytön jatkaminen ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Loviisa-Porvoo vesimuodostuma		
Biologinen luokka on noussut tyydyttäväksi a-klorofyllin ja pohjaeläimistön tilan luokkien paranemisen seurauksena.	Fys-kem tilan laatutekijöistä kokonaisfosforin ja -typen sekä näkösyvyyden lukuarvot ovat hieman kohentuneet, mutta luokka on pysynyt samana.	Vesimuodostuman ekologinen tila on noussut tyydyttäväksi. Jäähdytysveden intensiivisin lämpövaikutus keskittyy pintakerrokseen vesimuodostuman pohjoisosaan (Vådholmsfjärdenille Hästholmsfjärdenin salmien edustalle). Vaikutusalue on pieni suhteessa vesimuodostuman pinta-alaan. Vesimuodostuman tilaan vaikuttaa ennen kaikkea muun kuormituksen kehittyminen sekä Suomenlahden tilan yleinen kehitys. <i>Käytön jatkaminen ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Lappominjärven vesimuodostuma		
Biologisessa luokassa ei ole muutoksia.	Kokonaisfosfori ja -typpi laatutekijöiden lukuarvot ovat hieman nousseet, mutta luokat eivät ole muuttuneet. Fys-kem tila on arvioitu hyväksi, kun se edellisellä kaudella oli erinomainen.	Ekologisessa tilassa ei ole muutosta. Suunnitelmien mukaan käyttöveden otto jatkuu nykyisellään / vähenee. Vedenoton ei arvioida vaikuttavan järven nykytilaan (vedenlaatu). <i>Käytön jatkaminen ei vaaranna hyvässä tilassa pysymistä.</i>

9.16.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

VLJ-luolan laajennuksen aikana voimalaitos on toiminnassa ja pintavesiin kohdistuvat vaikutukset (merkittävämpänä jäähdytysvesien lämpökuorman vaikutus) jatkuvat ennallaan, kuten on kuvattu luvussa 9.16.4.

VLJ-luolan laajentamisen aikana syntyy rakentamisaikaisia vesiä, jotka muodostuvat louhinnassa käytettävästä vedestä sekä luolaan suotautuvista vesistä. Mereen johdettava vesi sisältää räjähdaineperäistä liukoista typpeä (ammoniumtyppi) sekä vähäisiä määriä kiintoainetta. Ammoniumtypen hapettuminen voi lisätä vastaanottavan vesistön hapenkulutusta. Liukoinen typpi on kasviplanktonille suoraan käyttökelpoisessa muodossa oleva ravinne, jolloin typpikuormitus voi kiihdyttää kasviplanktontuotantoa erityisesti ravinnerajoitteisissa olosuhteissa (esimerkiksi kesällä kasviplanktonin kevätukinnan jälkeen).

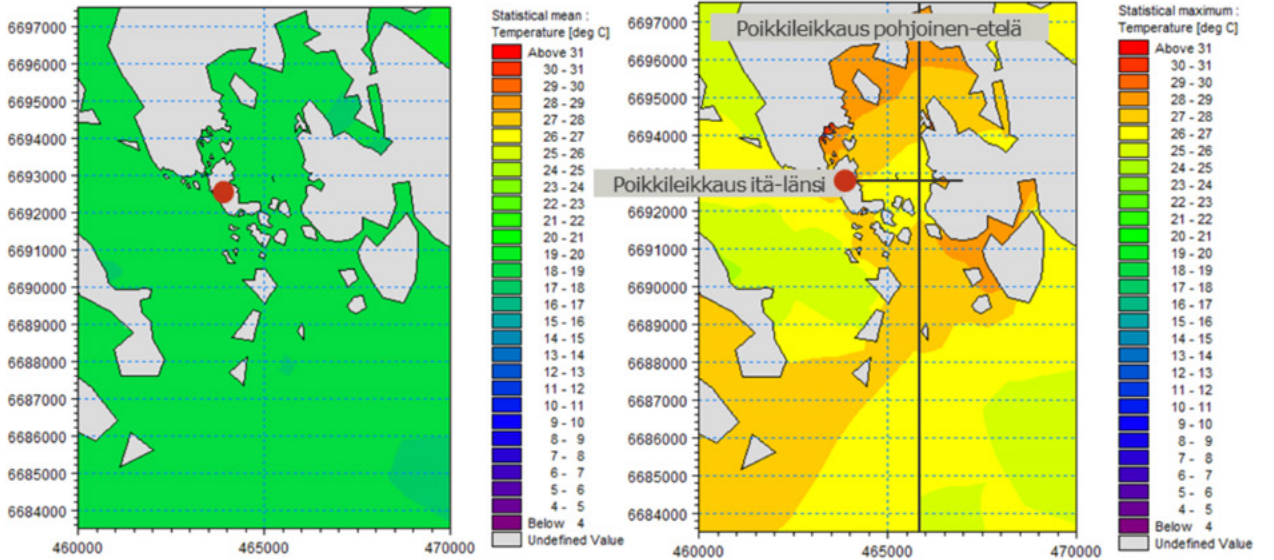
Voimalaitoksen kaupallisen käytön päättyessä jäähdytysveden tarve ja lämpökuormitus vähenevät murto-osaan verrattuna sähkön tuotannon aikaiseen päästöön. Lämpöpäästön pienenemisen myötä vaikutusalueen lämpötila- ja kerrostuneisuusolot palautuvat luontaisiksi.

Purkuvaiheen 1 jälkeen jäähdytysveden määrä on edelleen vähäinen ja lisäksi jätevesien määrä vähenee merkittävästi. KPA-varaston käytön päättymisen jälkeen jäähdytysveden kuormitus loppuu.

Erityisesti lämpökuormituksen pienentymisellä murto-osaan ja päättymisellä on suotuisa vaikutus voimalaitoksen lähimerialueen vedenlaatuun ja vesiympäristön tilaan. Voimalaitoksen käytön aikaisen lämpökuormituksen vaikutusten on arvioitu ulottuvan keskimäärin noin kilometrin säteelle purkupaikasta, joten mahdolliset vaikutukset ovat hyvin paikallisia.

9.16.5.1 Jäähdytysvesimallinnuksen tulokset

Karttakuvissa on esitetty mallinnuksen tulos keskimääraistä lämpimämmän kesän 2011 avovesikauden tilanteesta ilman voimalaitoksen tuottamaa lämpökuormaa ja jäähdytysvesi-virtausta (Kuva 9-60 ja Kuva 9-61). Mallinnuksen mukaan me-riveden pintalämpötila on Hästholmsfjärdenillä noin 1–11 °C, Hudöfjärdenillä noin 0,1–0,9 °C ja Vådholmsfjärdenillä noin 0–4,5 °C viileämpää verrattuna tilanteeseen, jossa voimalai-tos on käynnissä.



Kuva 9-60. Meriveden lämpötila pintakerroksessa kesällä tilanteessa, missä voimalaitos ei ole käytössä. Vasemmassa kuvassa keskiarvo ja oikeassa maksimitilanne. Oikeanpuoleiseen kuvaan on merkitty syvyyssuuntaisten poikkileik-kausten sijainnit (ks. seuraavat kuvat) itä-länsisuunnassa sekä pohjois-eteläsuunnassa. Hästholmenin sijainti merkitty punaisena pisteenä (Lahti 2021, liite 4).

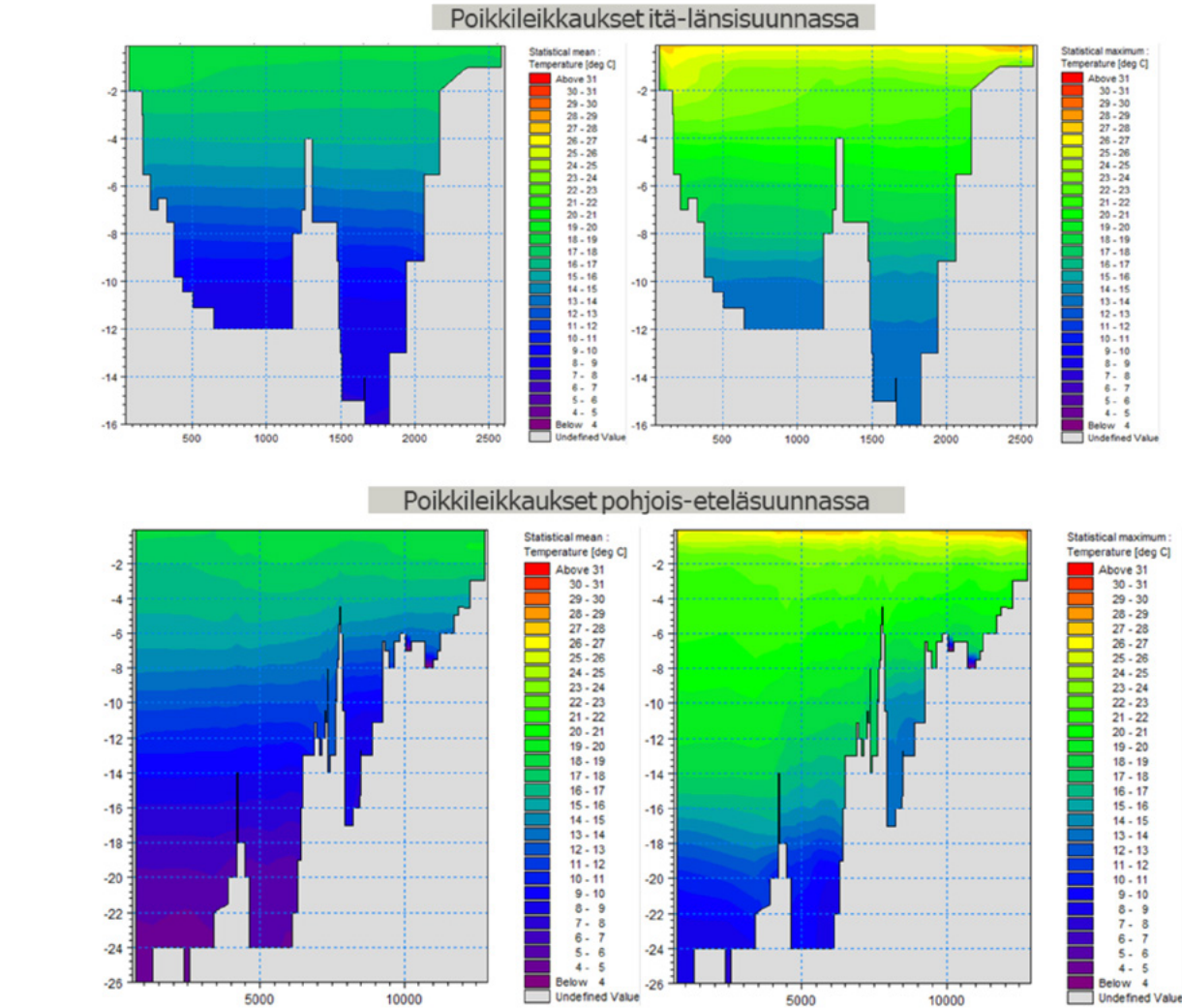
Avovesikaudella, kesätilanteessa jäähdytysveden lämpövaikutus ei ole voimistamassa kerrostuneisuutta, mikä näkyy hyvin lämpötilan syvyysuuntaisen jakauman poikkileikkauksista (Kuva 9-61). Toisin sanoen vesimassa on edelleen kesälle tyypillisesti lämpötilakerrostunut, mutta termokliini ei ole enää yhtä voimakas kuin laitoksen käydessä, jolloin vesimassan sekoittumiseen vaikuttavien tekijöiden merkitys kasvaa.

Talvella, voimalaitoksen käytön päätyttyä, vesimassa tulee olemaan Hästholmsfjärdenillä merkittävästi viileämpi ja varsin tasalämpöinen (Kuva 9-62 ja Kuva 9-63), mikä vähentää talvikerrostuneisuuden voimakkuutta. Jäähdytysveden lämpövaikutus on talvella nostanut meriveden lämpötilaa purkupaikan lähellä 1 m syvyydellä noin 5–16 °C, 4 m syvyydellä noin 5–9 °C ja pohjan tuntumassa noin 3–5 °C ja vesimassa on ollut myös talvisin lämpötilakerrostunut.

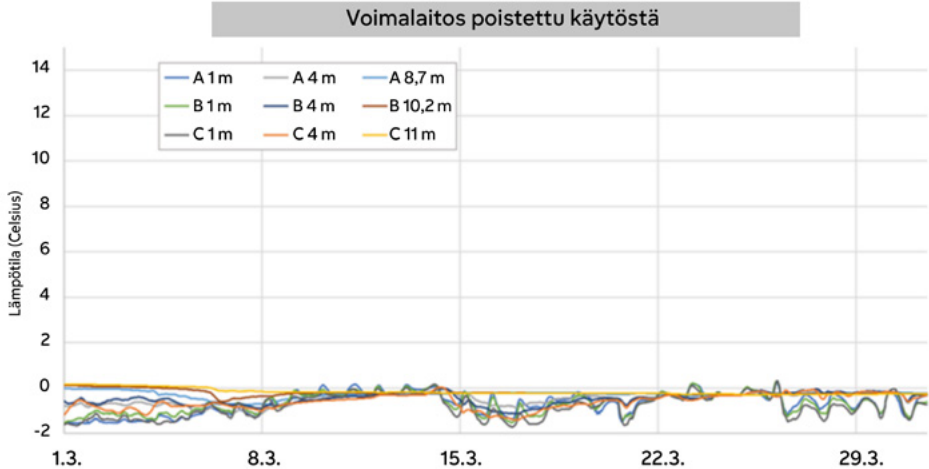
9.16.5.2 Vaikutukset merialueen lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteisiin

Lämpökuormituksen vaikutuksia on kuvattu edellä luvussa 9.16.4.1. Käytöstäpoistossa sähköntuotannon puolittuessa vuoden 2027 jälkeen ja loppuessa vuoden 2030 jälkeen, jäähdytysveden tarve vähenee murto-osaan. Käytetyn ydinpolttoaineen välivaraston itsenäisen käytön aikana jäähdytysveden aiheuttama lämpökuorma on ainoastaan 0,08 % (46,5 TJ/v) voimalaitoksen nykyisestä lämpökuormasta. Välivaraston lämpökuorman vaikutus merialueen lämpötila- ja kerrostuneisuusoloihin on merkityksetön.

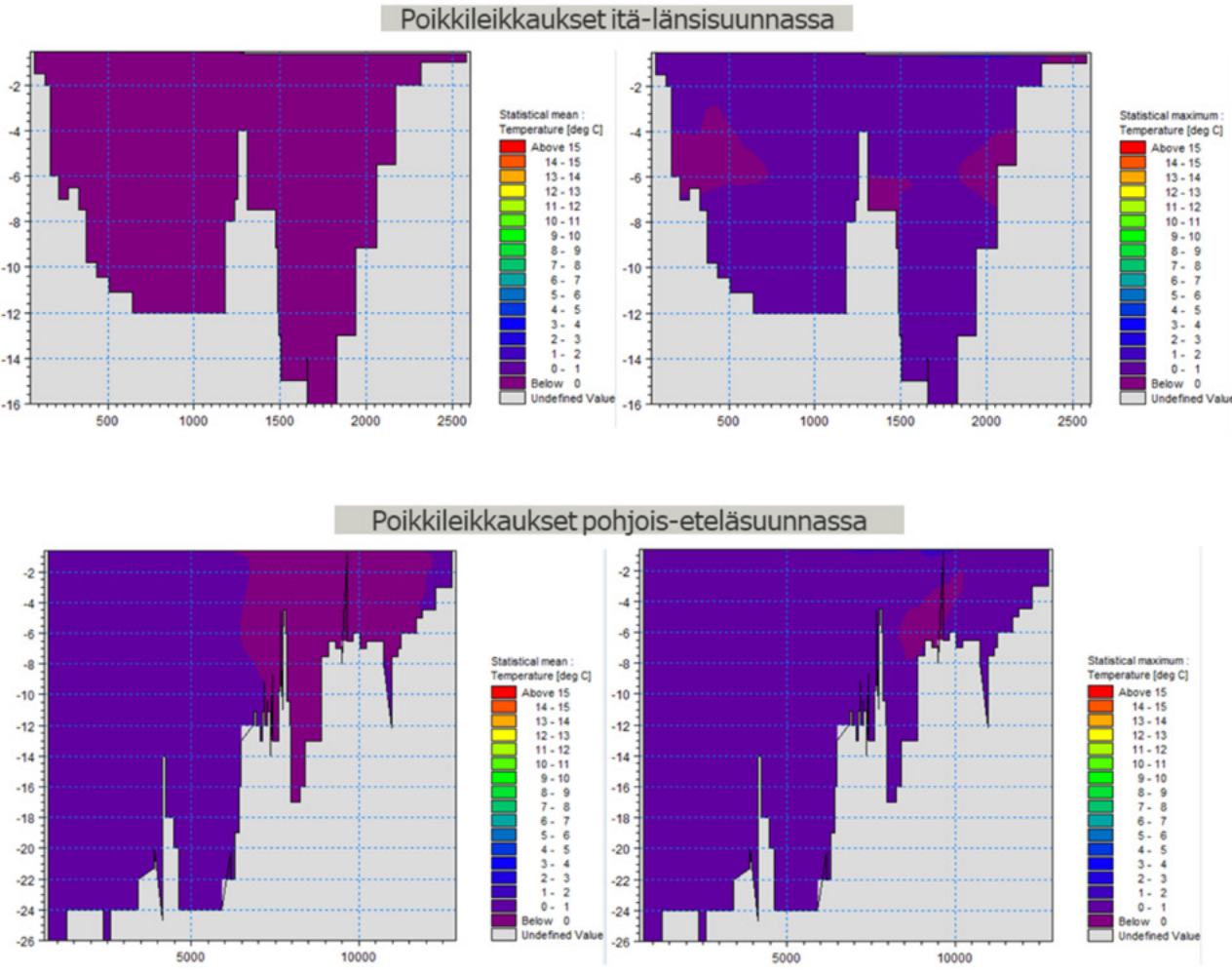
Voimalaitoksen lämpökuormituksen päätyttyä merialueen lämpötila- ja kerrostuneisuusolot palautuvat vastaamaan luontaisia olosuhteita suhteellisen nopeasti ja meriveden lämpötilan vuotuinen kehitys seurailee ilman lämpötilan kehitystä.



Kuva 9-61. Lämpötilan syvyysuuntainen jakautuminen itä-länsisuunnassa (yläkuva) ja pohjois-eteläsuunnassa (alakuva) kesällä tilanteessa, missä voimalaitos ei ole käytössä. Vasemmassa kuvassa keskiarvo ja oikeassa maksimitilanne. Itä-länsi poikkileikkauksessa Hästholmsfjärdenin itäpuoli on kuvassa vasemmalla.



Kuva 9-62. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hästholmsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C talvella tilanteessa, missä voimalaitos ei ole käytössä.



Kuva 9-63. Lämpötilan syvyysuuntainen jakautuminen itä-länsisuunnassa (yläkuva) ja pohjois-eteläsuunnassa (alakuva) talvella mallinnustilanteessa, jossa voimalaitos ei ole enää käytössä. Vasemmassa kuvassa keskiarvo ja oikeassa maksimitilanne. Itä-länsi poikkileikkauksessa Hästholmsfjärdenin itäreuna on kuvassa vasemmalla.

Vesimassa on edelleen kesälle tyypillisesti lämpötilakerrostunut, mutta termokliini ei ole enää yhtä voimakas kuin laitoksen käydessä, jolloin vesimassan sekoittumiseen vaikuttavien tekijöiden merkitys kasvaa. Luontaisissa oloissa matalilla merialueilla tapahtuu tuulen aiheuttamaa, toistuvaa sekoittumista myös kesän kerrostuneina aikoina. Kovalla tuulella sekoittumista voi tapahtua myös Hästholmsfjärdenin syvemmillä alueilla. Jäähdytysvesivirtaaman päättyminen saattaa hieman pidentää veden viipymääikaa Hästholmsfjärdenillä. Hästholmsfjärdenin (sisältäen Klobbfjärden) veden viipymääjaksi ennen voimalaitoksen käyttöönottoa on arvioitu 50–60 päivää (Launiainen 1975). Voimalaitoksen käytön päätyttyä talvikerrostuneisuus on vähäistä ja muun muassa jäättöminä talvina Hästholmsfjärdenin vesimassan arvioidaan sekoittuvan toistuvasti tuulen vaikutuksesta.

Käytöstäpoiston tapauksessa lämpökuormitus vähenee merkityksettömälle tasolle vuosien 2027–2030 jälkeen, jolloin voimalaitoksen kaupallinen käyttö päättyy. Hästholmsfjärdenin lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteet palautuvat kuormituksen loputtua luontaisiksi. Muutos on paikallinen ja rajoittuu pääosin Hästholmsfjärdenille Klobbfjärdenin vesimuodostumaan. Muilla läheisillä merialueella muutos jää vähäiseksi. Lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteisiin kohdistuva muutoksen suuruus verrattuna nykytilaan arvioidaan *kohtalaiseksi myönteiseksi* Hästholmsfjärdenillä ja enintään *vähäiseksi myönteiseksi* muulla lähimerialueella.

9.16.5.3 Vedenlaatuun kohdistuvat vaikutukset

Merkittävimmäksi vaikutukseksi arvioidaan jäähdytysveden lämpökuormituksen loppuminen Hästholmsfjärdenille. Lisäksi Hudöfjärdenin vedenlaatuun kohdistuu vaikutuksia VLJ-luolan louhinnan aikana, jonka arvioidaan kestävän yhteensä 3 vuotta.

- Arvio louhinnan kokonaispäästöistä kolmelle vuodelle on:
 - typpi 1,9 t
 - kiintoaine 90 t
 - öljyt ja rasvat 1,5 t

Räjähdeaineperäisen typen lisäksi VLJ-luolan laajentamisen aikaisissa vesissä on epäorgaanista kiintoainetta. Vedet johdetaan tasausaltaiden ja öljynerotuksen kautta Hudöfjärdenille. Räjähdeaineperäisen typen kuormituksen arviointimenetelmät on kuvattu luvussa 9.16.2.3.

Louhinnan tyyppikuormitus jakautuu kolmelle vuodelle ja on arviolta noin 630 kg/v, mikä vastaa noin 123 ihmisen aiheuttamaa päivittäistä jätevesikuormitusta (AVL). Räjähdysainejääämistä peräisin oleva typpi on pääosin liukoista ammoniumnitraattia. Vuosittainen kuormitus on ainoastaan noin 2 % merialueen vuotuisesta pistekuormituksesta (Taulukko 9-48). Lisäksi merialueelle johdettavassa vedessä on epäorgaanista kiviainesperäistä kiintoainetta, jonka päivittäinen kuorma on arviolta noin 82 kg. Typen laskennallinen sekoituspitoisuus purkupaikan lähellä (500 x 500 m merialue, jonka syvyys on keskimäärin 5 m) on 1,4 µg/l, öljyjen 1,1 µg/l ja kiintoaineen 0,07 mg/l. Pitoisuusnousut ovat vähäisiä ja paikallisia. Sameustason vähäinen nousu keskittyy purkupai-

kan välittömään läheisyyteen. Työmaavesien pH-arvot ovat samaa luokkaa kuin merivedessä (Loviisan merialueella keskimäärin 7,9). Rakentamisen aikaisen kuormituksen ei arvioida vaikuttavan Hudöfjärdenin merialueen vedenlaatuun. Lisäksi myös Loviisan voimalaitoksen aiheuttaman Hudöfjärdenille kohdistuvan ravinteiden pistekuormituksen pienenemisen vaikutus arvioidaan vähäiseksi.

Merkittävin vedenlaatuun kohdistuva vaikutus aiheutuu lämpötila- ja kerrostuneisuusolojen normalisoitumisesta ja keskittyy ensisijaisesti Hästholmsfjärdenin alueelle Klobbfjärdenin vesimuodostumassa. Fysikaalisten lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteiden muutos parantaa Hästholmsfjärdenin sekoittumisosoluhteita. Nykytilassa happitilanne on ollut heikko pohjan läheisessä vedessä, mutta heikentynyttä happitilannetta on esiintynyt myös vesimassan puolivälissä. Muutoksen seurauksena happivajeesta kärsivän vesitilavuuden arvioidaan pienenevän, minkä arvioidaan vähentävän myös sisäistä kuormitusta, jota on ajoittain havaittu erityisesti Hästholmsfjärdenillä pohjanläheisessä vedessä.

On kuitenkin huomioitava, että Hästholmsfjärdenin syvännealueiden happitilanne oli heikko jo 1960-luvulla ennen voimalaitoksen käyttöönottoa. Tämä johtuu ensisijaisesti topografian (kapeat salmet ja vedenalaiset kynnykset) aiheuttamasta huonosta veden vaihtuvuudesta lahdella. Näin ollen syvänteiden happitilanteen paraneminen saattaa jäädä vähäiseksi. Sisäisen kuormituksen pienenemisellä on todennäköisesti lievä paikallinen ravinnetasoja ja rehevyyttä pienentävä merkitys, mutta vaikutus ilmenee viiveellä. Selvästi merkittävämpää vesimuodostuman tilan kannalta on ulkoisen ravinnekuormituksen (erityisesti Tesjoki) kehittyminen pitkällä aikavälillä. Lämpötilojen laskulla on vaikutusta myös eliötasolla, muun muassa mikrobiologisen hajotuksen hidastumisena. Näiden tekijöiden oletetaan osaltaan vähentävän alusveden hapenkulutusta. Muilla voimalaitoksen läheisillä merialueilla vaikutukset arvioidaan vähäisiksi.

Vedenlaatuun kohdistuvan muutoksen suuruudeksi verrattuna nykytilaan arvioidaan enintään *kohtalainen myönteinen* Hästholmsfjärdenillä. Muulla merialueella vaikutus jää vähäiseksi.

9.16.5.4 Vaikutukset kasviplanktoniin ja vesikasvillisuuteen

Lämpövaikutuksen päättymisen vaikutukset muodostuvat kasvukauden pituuden lyhenemisestä sekä vedenlaadun hitaasta palautumisesta, joka arvioidaan paikalliseksi. Vaikutukset ulottuvat eliöstötasolle, kuten edellä todettiin. Rehevöitymiskehitys on ollut ajoittain voimakkaampaa Hästholmsfjärdenin puolella verrattuna Hudöfjärdeniin, mikä viittaa osaltaan voimalaitoksen jäähdytysveden lämpövaikutukseen (Anttila-Huhtinen & Raunio 2018). Vaikutus on ollut havaittavissa lähinnä vesikasvillisuudessa sekä vähäisessä määrin perustuotannossa. Erityisesti yksivuotiset rihmalevät ovat hyötäneet pidentyneestä kasvukaudesta. Rantakasvillisuuden lisääntymistä ja rantojen rehevöitymistä on näkynyt arviolta noin kilometrin säteellä jäähdytysveden purkupaikasta. Biologiseen ympäristöön kohdistuvien muutosten arvioi-

daan näkyvän viiveellä, koska merialueen tilaan vaikuttavat monet eri ympäristötekijät, tärkeimpänä ulkoisen ravinnekuormituksen kehittyminen. Kuten luvussa 9.16.5.2 on todettu, kuormituksen kehittymiseen pitkällä aikavälillä sisältyy epävarmuutta. Vaikutus arvioidaan paikalliseksi ja se rajoittuu ensisijaisesti Hästholmsfjärdenin alueelle Klobbfjärdenin vesimuodostumassa, jonka arvioidaan olevan lämpövaikutuksen loppuessa edelleen rehevä. Vesiympäristön ravintoverkon biologiset vuorovaikutukset ovat monimutkaisia, joten tuotanto- ja yhteisötason muutosten arviointi on haastavaa. On kuitenkin todennäköistä, että muutos ilmenee maltillisena perustuotannon laskevana suuntauksena, minkä seurauksena myös kasviplanktonin biomassassa ja a-klorofyllipitoisuudessa arvioidaan havaittavan laskevaa suuntausta. Yleisesti voidaan myös todeta, että lajit, jotka erityisesti ovat hyötäneet pidentyneestä kasvukaudesta, menettävät kilpailutuansa. Tämän voidaan arvioida jossain määrin pienentävän esimerkiksi yksivuotisia rihmalevämääriä paikallisesti. On myös mahdollista, että lämmölle herkkää, alueella taantunutta lajistoa voi vähitellen palautua alueelle.

Kasviplanktoniin ja vesikasvillisuuteen kohdistuvan muutoksen suuruuden verrattuna nykytilaan arvioidaan olevan enintään *kohtalainen myönteinen* Hästholmsfjärdenillä Klobbfärdenin vesimuodostumassa. Muilla merialueilla vaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi.

9.16.5.5 Vaikutukset pohjaeläimistöön

Lämpövaikutuksen loppumisen vaikutukset muodostuvat lämpötila- ja kerrostumisolojen normalisoitumisesta sekä vedenlaadun hitaasta palautumisesta, joka arvioitiin paikalliseksi. Pohjaeläimistön kannalta merkityksellistä ovat erityisesti pohjan läheisen vesikerroksen happiolot. Hästholmsfjärdenin syvännepohjaeläimistön tila saattaa vähitellen kohentua alusveden happiolosuhteiden paranemisen myötä. Muutoksen arvioidaan tapahtuvan viiveellä ja näkyvän ensisijaisesti pohjaeläinbiomassan nousuna. Pohjaeläimistön lajistossa ei arvioida tapahtuvan merkittäviä muutoksia. Merialueen pohjaeläimistön lajimäärä oli jo ensimmäisissä kartoituksissa 1960-luvulla niukka.

Hästholmsfjärdenin matalien pohjien tilassa sekä ranta-vyöhykkeen pohjaeläimistössä arvioidaan myös tapahtuvan muutoksia. Esimerkiksi voimalaitoksen jäähdytysveden purkupaikan läheisellä näyteasemalla pohjaeläimistö on ollut koko 2000-luvun muita asemia monimuotoisempi, mikä on johtunut todennäköisesti alueen paremmasta vedenvaihtuvuudesta ja pohja-aineksen karkeammasta laadusta. Jäähdytysveden lämpövaikutus on suosinut joidenkin vieraslajien esiintymistä. Tällaisia lajeja ovat olleet mm. vaeltajakotilo ja valesinisimpukka. On todennäköistä, että lajit, jotka merkittävästi ovat hyötäneet lämpövaikutuksesta, tulevat menettämään kilpailuetuansa ja voivat taantua. Biologisten vuorovaikutussuhteiden ennustaminen on haastavaa, joten arvio sisältää epävarmuutta. Koska monet kyseisistä lajeista ovat vieraslajeja, arvioidaan muutos myönteiseksi.

Pohjaeläimistöön kohdistuvan muutoksen suuruudeksi verrattuna nykytilaan arvioidaan enintään *kohtalainen myön-*

teinen Hästholmsfjärdenillä. Muilla merialueilla vaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi.

9.16.5.6 Sedimenttiin kohdistuvat vaikutukset (haitta-aineet)

Sedimenttiin kohdistuvat vaikutukset on arvioitu luvuissa 9.8 ja 9.16.4.6. Käytöstäpoistolla ei arvioida olevan sedimentin laatuun kohdistuvia vaikutuksia.

9.16.5.7 Lappominjärveen kohdistuvat vaikutukset

Käytöstäpoistossa käyttöveden tarve vaihtelee vaihteittain. VLJ-luolan louhinnan aikana käyttöveden tarve lisääntyy hetkellisesti rakentamisen aikana, jolloin voimalaitos on vielä käynnissä. Arvion mukaan louhinnanaikainen kokonaistarve on noin 300 000 m³. Kolmelle rakentamisvuodelle jaettuna keskimääräinen VLJ-luolan louhinnan aiheuttama pumppustarve on noin 11,4 m³/h. Laitoksen ollessa samanaikaisesti käytössä on käyttöveden arvioitu kokonaistarve noin 31-42 m³/h. Pumpattu vesimäärä alittaa selvästi lupaehtojen salliman määrän (lyhytaikaisesti 180 m³/h ja neljännesvuosittain enintään 150 m³/h). Vähäisellä lisäyksellä ei arvioida olevan vaikutuksia Lappominjärven nykytilaan.

Itsenäisen käytön aikana tarvittavan talousveden määrä laskee murto-osaan nykyisestä. Tämä huomioidaan säännöstelyssä ja tarvittaessa juoksutuspadon kautta lasketaan enemmän vettä, jotta vedenpinta ei nouse säännöstelyrajan yläpuolelle.

Tulevaisuudessa säännöstelyn purku voi tulla ajankoh-taiseksi. Toimenpide vaatii vesilain mukaisen luvan, jonka yhteydessä arvioidaan ympäristövaikutukset. Suunnittelutyö tehdään tyypillisesti huomioimalla eri intressitahot sekä vakiintunut vesistön ja rantojen käyttö. Säännöstelyn mahdollisen purun jälkeen säännöstelyn haltijan velvoitteet (muun muassa hauen istutusvelvoite) lakkaavat. Todennäköisesti myös hapetuksesta Fortumin toimesta luovutaan, millä saattaa olla kielteinen vaikutus vedenlaatuun.

Käytöstäpoiston tapauksessa vedenoton muutokset ovat aluksi hyvin vähäisiä ja vedenotto jatkuu nykyiseen tapaan. Vedenoton pienellä muutoksella ei arvioida olevan vaikutusta Lappominjärven nykytilaan. Mahdollinen säännöstelyn purku ajoittuu pitkälle tulevaisuuteen ja voi aiheuttaa vedenlaatuun kohdistuvia kielteisiä vaikutuksia, jos hapetuksesta luovutaan. Tässä tapauksessa vedenlaatuun kohdistuva muutoksen suuruus verrattuna nykytilaan arvioidaan *vähäiseksi kielteiseksi*.

9.16.5.8 Vaikutukset ekologiseen ja kemialliseen tilaan sekä merenhoitoon

Vedenlaatuun ja vesiympäristöön (kasviplankton, vesikasvillisuus, pohjaeläimet) kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu edellä. Klobbfjärdenin ja ulompien vesimuodostumien ekologinen ja kemiallinen tila on esitetty luvussa 9.16.3.11.

Taulukko 9-58. Arvio käytöstäpoiston toteuttamisen mahdollisista vaikutuksista ekologiseen tilaan. Biologisten ja fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden tilassa tapahtuneita muutoksia on esitelty edellä taulukoissa 9-54 ja 9-57.

Vesimuodostuma	Arvio ekologisen tilan mahdollisista kehitysuunnista
Klobbfjärdenin vesimuodostuma	Ekologinen tila on huono. Lämpövaikutuksen loppuessa lämpötila- ja kerrostuneisuusolot sekä kasvukauden pituus normalisoituvat. Muutos parantaa Hästholmsfjärdenin vesimassan kerrosten sekoittumisolosuhteita, minkä arvioidaan parantavan alusveden happitilannetta ja vähentävän ravinteiden sisäistä kuormitusta. Muutoksella on todennäköisesti paikallinen ravinnetasoja ja rehevyyttä pienentävä merkitys, mutta vaikutukset ilmenevät viiveellä. Arvioinnin perusteella kokonaisfosforin ja -typen pitoisuus voi paikallisesti jonkin verran laskea; muutos yhdistettynä kasvukauden lyhenemiseen, ilmenee todennäköisesti mm. perustuotantotason laskuna, mikä saatetaan nähdä laskevana biomassana ja a-klorofyllipitoisuutena. Pohjaeläimistöön kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan tapahtuvan viiveellä ja näkyvän ensisijaisesti syvännepohjaeläimistön biomassan nousuna. Vesimuodostuman tilaan vaikuttaa kuitenkin ennen kaikkea ulkoisen kuormituksen (Tesjoki) kehittyminen. Vesimuodostuman tilan arvioidaan vähitellen palautuvan vastaamaan muiden Suomenlahden sisälahtien tilaa. <i>Käytöstäpoisto ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Loviisanlahden vesimuodostuma	Ekologinen tila on välttävä. Hankkeen lämpökuormituksen vaikutukset eivät ole ulottuneet vesimuodostumaan. Voimalaitoksen jätevesikuormituksen loppumisen vaikutukset arvioitiin merkityksettömiksi. Vesimuodostuman tilaan vaikuttaa ennen kaikkea alueen muun ulkoisen kuormituksen kehittyminen sekä Suomenlahden tilan yleinen kehitys. <i>Käytöstäpoisto ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Keipsalon vesimuodostuma	Ekologinen tila on tyydyttävä. Jäähdytysveden vaikutukset ovat olleet vesimuodostumassa vähäisiä. Voimalaitoksen jätevesikuormituksen loppumisen vaikutukset arvioitiin merkityksettömiksi. Vesimuodostuman tilaan vaikuttaa ennen kaikkea muun ulkoisen kuormituksen kehittyminen sekä Suomenlahden tilan yleinen kehitys. <i>Käytöstäpoisto ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Loviisa-Porvoo vesimuodostuma	Ekologinen tila on tyydyttävä. Jäähdytysveden intensiivisin lämpövaikutus on keskittynyt Hästholmsfjärdenin salmien edustalle ja vaikutusalue on pieni suhteessa vesimuodostuman pinta-alaan. Näin ollen lämpövaikutuksen ei arvioida olevan vaikutusta vesimuodostuman tilaan. Vesimuodostuman tilaan vaikuttaa ennen kaikkea muun kuormituksen kehittyminen sekä Suomenlahden tilan yleinen kehitys. <i>Käytöstäpoisto ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.</i>
Lappominjärven vesimuodostuma	Ekologinen tila on hyvä. Säännöstely ja sen edellyttämät velvoitteet jatkuvat, kunnes säännöstelylle haetaan purkua. Fortumin velvoitteiden mahdollisesti loppuessa pitkällä tulevaisuudessa, voi hapetuksen lopettaminen heikentää vedenlaatua. Nykytilaan kohdistuva muutoksen suuruus on enintään vähäinen kielteinen. <i>Käytöstäpoisto ei heikennä laatutekijöiden luokkaa tai vaarana hyvässä tilassa pysymistä.</i>

Käytöstäpoistossa Klobbfjärdenin vesimuodostumaan kohdistuva jäähdytysveden lämpövaikutus vähenee murto-osaan voimalaitoksen kaupallisen käytön päätyttyä ja päättyy kokonaan itsenäisen käytön vaiheen jälkeen. Muutoksen seurauksena vesimuodostuman lämpötila- ja kerrostuneisuusolot palautuvat luontaisiksi. Muutoksella arvioitiin olevan *vähäinen/kohtalainen myönteinen* paikallinen vaikutus vedenlaatuun ja vesiympäristöön, joka kohdistuu ensisijaisesti Hästholmsfjärdenille Klobbfjärdenin vesimuodostumassa (luvut 9.16.5.2-9.16.5.5).

Biologiisiin ja fysikaalis-kemiallisiin laatutekijöihin kohdistuvien vaikutusten arviointi sisältää epävarmuutta, joka on peräisin ravintoverkon biologisten vuorovaikutusten monimutkaisuudesta. Taulukossa 9-58 on arvioitu vesimuodostumien ekologisen tilan mahdollisia kehityspolkuja käytöstäpoiston tapauksessa.

Biologisten ja fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden tilassa tapahtuneita muutoksia on koottu taulukkoon 9-54 ja 9-57.

Vesienhoidossa tavoiteaikatauluna pintavesimuodostumien hyvän ekologisen ja kemiallisen tilan saavuttamiselle oli vuosi 2015. Tavoitetta voidaan lykätä vuoteen 2027 saakka. Käytöstäpoiston tapauksessa on epätodennäköistä, että Klobbfjärdenin vesimuodostuma saavuttaisi hyvän tilan vuoteen 2027 mennessä, koska tilan paraneminen tapahtuu viiveellä ja merkittävänä tekijänä lämpövaikutuksen ohella on ulkoisen ravinnekuormituksen kehittyminen pitkällä aikavälillä.

Ehdotuksessa Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmaksi vuosiksi 2022–2027 lämpökuormituksen vaikutukset nähdään paikallisena eikä lämpövaikutuksella tai sen loppumisella arvioida olevan vaikutusta meren tilaan laajemmassa mittakaavassa (Laamanen ym. 2020).

9.16.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus voimalaitoksella eivät aiheuta pintavesiin kohdistuvia vaikutuksia.

9.16.7 Vaikutusten merkittävyys

Seuraavassa taulukossa 9-59 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (ks.luku 9.1.4).

Taulukko 9-59. Vaikutusten merkittävyys: pintavedet.

Vaikutusten merkittävyys: pintavedet			
Toimintavaihe	Herkkyyς	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen (Hästholmsfjärden, Klobbfjärdenin vesimuodostumassa)	Kohtalainen/vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen kielteinen , koska pitkällä aikavälillä lämpimien kesien yleistyminen yhdistettynä lämpökuormaan, voi vähäisessä määrin lisätä lämpövaikutusta merialueella. Voimalaitoksen lämpökuormituksen tiedetään osaltaan muuttaneen vesimuodostuman lämpötila- ja kerrostuneisuusoloja, pidentäneen kasvukautta sekä paikallisesti voimistaneen rehevöitymistä. Vaikutusten merkittävyyden arvioitiin vaihtelevan vaikutuskohteittain vähäisestä kielteisestä (vedenlaatu, kasviplankton ja vesikasvillisuus) kohtalaiseen kielteiseen (lämpötila- ja kerrostuneisuusolot, pohjaeläimet). Merialueen tilaan vaikuttaa ennen kaikkea hajakuormitus, joka voi pitkällä aikavälillä myös pienentyä, jos maatalouden toimet saadaan laajasti käyttöön. Lämpövaikutuksen jatkuminen enintään noin vuoteen 2050 hidastaa vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.
	Kohtalainen (muu lähimerialue)	Vähäinen kielteinen / ei muutosta	Vaikutusten merkittävyys on enintään vähäinen kielteinen , koska lämpökuormituksen vaikutus muun lähimerialueen lämpötila- ja kerrostuneisuusoloihin jatkuu enintään noin vuoteen 2050. Muihin vaikutuskohteisiin (mm. vedenlaatu, pohjaeläimet) ei arvioida kohdistuvan vaikutusta, jos muulla lähimerialueella vedenlaatuun sekä vesiympäristön tilaan vaikuttavat pitkälti ravinnekuormituksen pitkän ajan kehitys sekä Suomenlahden tilan yleinen kehitys.
	Kohtalainen (Lappominjärvi)	Ei muutosta	Ei vaikutusta , koska säännöstelyn ei ole havaittu heikentäneen järven vedenlaatua.
Käytöstäpoisto	Kohtalainen (Hästholmsfjärden, Klobbfjärdenin vesimuodostumassa)	Kohtalainen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen myönteinen , koska lämpökuormituksen päätyttyä Hästholmsfjärdenin lämpötila- ja kerrostuneisuusolot sekä kasvukauden pituus palautuvat luontaisiksi ja alusveden happitilanteen arvioidaan vähitellen paranevan, mikä vähentää osaltaan sisäistä kuormitusta. Myönteiset vaikutukset voivat ilmetä viiveellä mm. ravinnetason laskuna, vesikasvillisuuden muutoksina (yksivuotisten rihmalevien määrän väheneminen) ja pohjaeläimistön tilan paranemisena. Käytöstäpoisto ei heikennä ekologisen tilan laatutekijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.
	Kohtalainen (muu lähimerialue)	Vähäinen myönteinen / ei muutosta	Vaikutusten merkittävyys on enintään vähäinen myönteinen , koska lämpökuormituksen vaikutus lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteisiin jää muulla lähimerialueella vähäiseksi. VLJ-luolan louhinnan ei arvioida vaikuttavan Hudöfjärdenin nykytilaan.
	Kohtalainen (Lappominjärvi)	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on enintään vähäinen kielteinen , koska vedenoton muutokset ovat aluksi hyvin vähäisiä eikä muutoksella arvioida olevan vaikutusta järven nykytilaan. Mahdollinen pitkälle tulevaisuuteen ajoittuva säännöstelyn purku voi kuitenkin aiheuttaa vedenlaatuun kohdistuvia kielteisiä vaikutuksia, jos hapetuksesta luovutaan.
Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen (merialueet, Lappominjärvi)	Ei muutosta	Ei vaikutusta , koska toiminnalla ei ole pintavesiin kohdistuvia vaikutuksia.

9.16.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Merkittävin vaikutus aiheutuu jäähdytysveden lämpövaikutuksesta, joka on ollut osatekijänä Klobbfjärdenin vesimuodostuman rehevöitymisessä. Nykyisellään jäähdytysveden lämpötilan nousua ja maksimilämpötilaa on rajoitettu voimalaitoksen ympäristöluvassa.

Loviisan voimalaitoksella on parannettu laitoksen hyötysuhdetta, millä on ollut vähäinen vaikutus lämpökuormaan. Hyötysuhdetta voidaan edelleen hiukan parantaa laiteuusintojen yhteydessä.

Loviisan voimalaitoksen YVA-ohjelmassa tarkasteltiin osana käytön jatkamista mahdollisuutta vesistörakentamistöihin Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden ottoaukon edustalla ja lähimerialueella. Alustavien selvitysten perusteella voitiin arvioida, että otettavan jäähdytysveden lämpötilaa alentamalla pystyttäisiin alentamaan purettavan jäähdytysveden lämpötilaa, vaikka mereen johdettavaan lämpökuormaan ei tällä voida vaikuttaa. Tehtyjen teknis-taloudellisten arviointien perusteella vesistörakentaminen kuitenkin poistettiin ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Asian tarkastelua jatketaan, erillään YVA-selostuksesta, Fortumin tutkimusprojektissa, jossa pyritään mallinnuksen avulla löytämään kustannustehokkaimmat tekniset ratkaisut otettavan jäähdytysveden lämpötilan alentamiseksi.

Klobbfjärdenin vesimuodostuman tilan osalta avainasmassa on hajakuormituksen vähentäminen, josta merkittävä osa tulee Tesjoesta. Vaikuttavimpiin toimenpiteisiin lukeutuvat joen valuma-alueella tehtävät maatalouden toimenpiteet, esimerkiksi peltojen kipsaus. Fortum voisi osallistua selvitykseen Klobbfjärdenin vesimuodostuman muusta toiminnasta kohdistuvien vaikutusten lieventämiseksi ja parantavien toimenpiteiden suunnitteluun.

9.16.9 Epävarmuustekijät

Jäähdytysveden vaikutusta merialueen lämpötila- ja kerrostuneisuusoloihin arvioitiin hydraulisen mallinnuksen perusteella. Mallinnustulokset sisältävät tyypillisesti epävarmuutta, joka on peräisin siitä, että malli jossain määrin yksinkertaistaa fysikaalisia ilmiöitä, jotka vaikuttavat mallinnettavan suureen (tässä tapauksessa lämpötila) leviämiseen. Epävarmuutta vähennetään verifioimalla ja validoimalla malli huolellisesti. Tässä mallinnuksessa merialueelta on saatavissa kattavat tarkkailuaineistot, joiden avulla mallin kelpoisuutta voitiin arvioida. Vertailun perusteella mallinnetut arvot vastaavat kohtalaisen hyvin merialueen mitattuja lämpötiloja. Alusvedessä mallinnettu lämpötila täsmää kesä- ja heinä-

kuussa tehtyjen havaintojen kanssa, mutta nousee enemmän elokuun loppua kohden. Lämpötilavaikutusten arvioinnin kannalta keskeistä on, että pinnanläheiset mallinnetut lämpötilat vastaavat havaintoja. Vastaavuus arvioitiin jäähdytysveden vaikutusten tarkastelun kannalta riittäväksi.

Vesistövaikutuksia arvioitiin pitkällä aikajänteellä, koska käytön jatkamisen tapauksessa lämpövaikutus jatkuisi enintään noin 2050-luvulle. Muodostuvien meriveden lämpötilojen osalta epävarmuus liittyy ilmastomuutoskenaarioiden toteutumiseen ja eri RCP-skenaarioiden sisältämään epävarmuuteen. Ilmastomuutoksen lämpötilaa nostava vaikutus pyrittiin ottamaan huomioon käyttämällä mallinnusvuotena vuotta 2011, joka oli epätavallisen lämmin. Vaikutusten arvioinnissa oli huomioitava myös mahdollinen ravinteiden hajakuormituksen muutos pitkällä aikavälillä. Ravinnekuormituksen pitkän ajan ennusteisiin liittyy kuitenkin epävarmuutta, joka aiheutuu epävarmuudesta ilmastomuutoskenaarioiden toteutumisen suhteen sekä siitä missä laajuudessa sekä aikataulussa maatalouden kuormitusta vähentävät toimenpiteet toteutuvat Loviisan rannikolle laskevien jokien valuma-alueilla.

Lisäksi arviointi sisältää myös epävarmuutta, joka muodostuu vesiympäristön biologisten ja fysikaalis-kemiallisten vuorovaikutussuhteiden monimutkaisuudesta ja pitkistä vasteajoista. On esimerkiksi vaikea ennustaa, missä määrin ja kuinka nopeasti merialue palautuu lämpövaikutuksen aiheuttamasta ympäristöpaineesta. Suomenlahden tilan pitkän ajan kehitys heijastuu myös rannikkoalueiden tilaan. Suomenlahden ravinne dynamiikkaan ja tilan kehittymiseen vaikuttavat välillisesti Itämerelle tulevat suolapulssit, joiden ajoittumista on mahdotonta ennustaa tässä vaikutusten arvioinnista. Arvioinnin kannalta epävarmuustekijänä voidaan pitää myös rannikolla esiintyviä kumpuamis- ja painumisilmiötä, joilla on vaikutusta myös Loviisan lähimerialueen tilaan.

9.17 KALASTO JA KALASTUS

9.17.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen jäähdytysveden vaikutukset Klobbfjärdenin merialueelle ja sitä kautta kaloihin ja kalastukseen säilyvät samanlaisina kuin nykyisin, mutta jatkuvat noin 20 vuotta. Jäähdytysveden lämpövaikutuksen jatkuminen ylläpitää

tilannetta, joka suosii lämpimään veteen sopeutuneita kalalajeja, kuten kuhaa ja särkikaloja. Alueen ympäröivää merialuetta lämpimämmät vedet voivat myös mahdollistaa vieraslaji mustatäplätokon runsastumista alueella. Tämän ei kuitenkaan arvioida vaikuttavan haitallisesti alueen runsaaseen kuhakantaan. Talvikauden kalastusmahdollisuudet säilyvät samalla tasolla jääolojen vaihdellessa voimalaitosta ympäröivillä merialueella, mutta ilmastomuutoksen vaikutuksesta jääkannen laajuus voi hieman pienentyä ja jää ohentua tulevaisuudessa. Voimalaitoksen käytön jatkamisen vaikutuksen merkittävyys suhteessa nykytilaan on kalaston kannalta arvioitu kohtalaisen kielteiseksi ja kalastuksen kannalta vähäiseksi kielteiseksi.

Käytöstäpoiston seurauksena jäähdytysveden lämpökuormituksen aiheuttama vaikutus meriekosysteemiin loppuu ja alue palautuu vähitellen ympäröivän rannikkoalueen sisälahtien vallitsevaan tilaan. Samalla todennäköisyys vieraslajien runsastumisesta alueella pienenee. Myös talvikauden kalastusmahdollisuudet palautuvat paremmalle tasolle jääolojen normalisoituessa, mutta tässäkin vaihtoehdossa ilmastomuutoksen seurauksena jäätalvien esiintyminen todennäköisesti harvenee. Vaikutuksen arvioidaan olevan merkittävyydeltään kalaston kannalta kohtalaisen myönteinen ja kalastuksen kannalta vähäinen myönteinen.

Lappominjärven kalaston kannalta käytöstäpoiston jälkeinen mahdollinen järven säännöstelyn purku ja patorakenteen korvaaminen pohjapadolla avaisi kalojen vaellusyhteyden Lappomvikenille, mutta järven hapetuksen lopettaminen voisi altistaa järven kalat veden laadun heikentymiselle.

Muulla Suomessa muodostuneista radioaktiivisista jätteistä ja niiden varastoinnista tai loppusijoituksesta Hästholmenilla ei kohdistu kalastoon tai kalastukseen vaikutusta.

9.17.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Kalastoon ja kalastukseen kohdistuvan vaikutuksen arvioinnissa on hyödynnetty hankealueella tehtyjä tarkkailututkimuksia, tietoja Suomenlahden kalastosta ja kalataloudesta sekä tutkimuskirjallisuuden tietoja jäähdytysveden kalastovaikutuksista ja vieraslajeista myös muualla kuin hankealueella. Kalastoon ja kalastukseen kohdistuvan vaikutuksen arvioinnissa on lisäksi hyödynnetty vedenlaatuun kohdistuvan vaikutuksen arvioinnin tuloksia mukaan lukien jäähdytysvesimallinnusta (ks. luku 9.16). Vedenlaatuun vaikuttavien hanketoimintojen välilliset vaikutukset kalastoon ja kalastukseen on arvioitu asiantuntija-arvioina.

Loviisan voimalaitoksen lähimerialueen kalastoa ja kalastusta on tarkkailtu vuodesta 1971 lähtien. Tiedot alueen kalastosta perustuvat muun muassa kalastustiedusteluista ja kirjanpitokalastuksesta saatuihin havaintoihin sekä jäähdytysveden mukana voimalaitokselle kulkeutuvan biomassan tarkasteluihin.

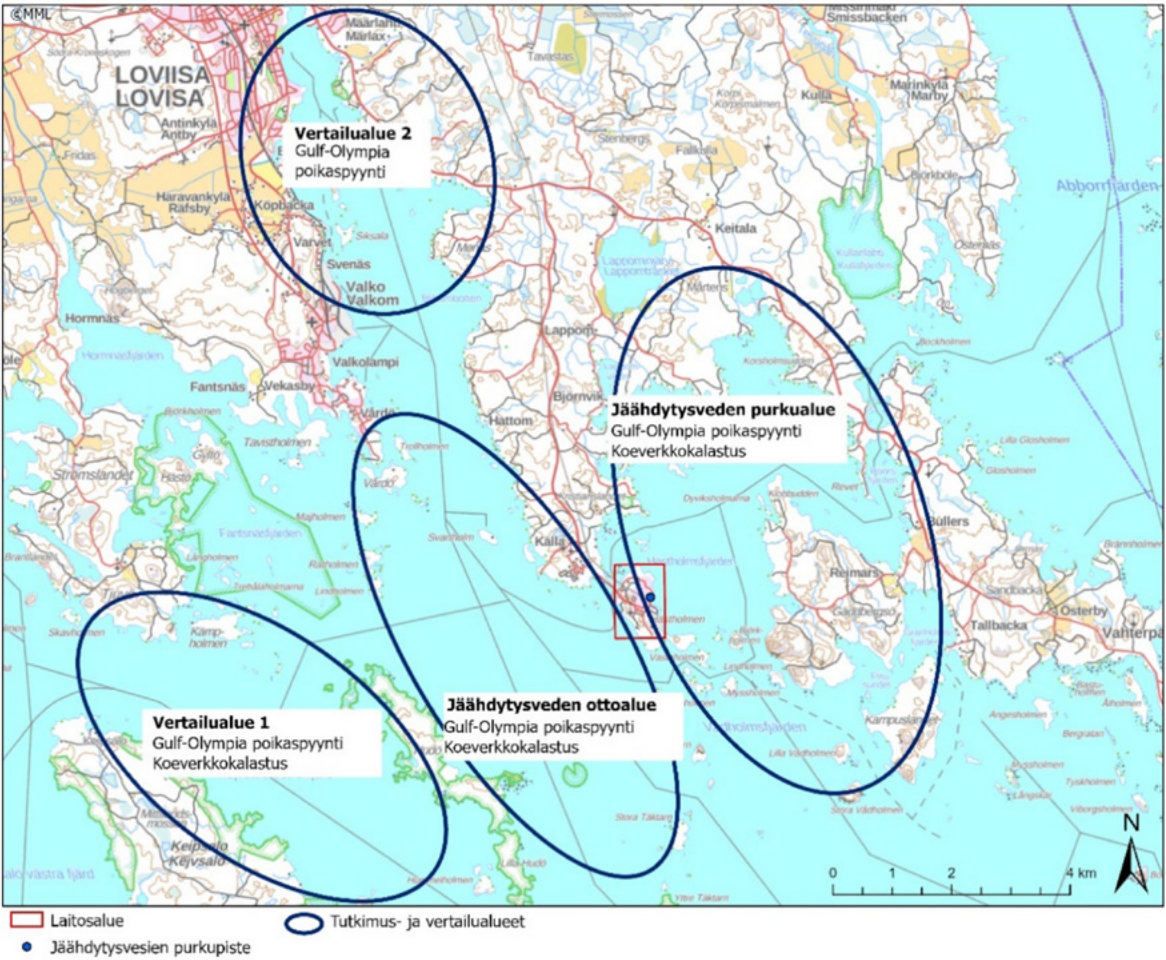
Lisätietoa alueen kalastosta hankittiin toteuttamalla Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella kalastotutkimus keväällä ja loppukesällä 2020 (Roikonen & Kangas 2021). Menetelmänä tutkimuksessa käytettiin Gulf-Olympia -poikaspyyntiä ja verkkokoekalastusta. Gulf Olympia -pyydys on parillinen haavi-pyydys, joka kiinnitetään pystytangoilla veneen keulan sivuille. Pyydyksellä siivilöidään vettä keräten vesimassassa olevia kalanpoikasia. Poikaspyynnillä selvitettiin kalojen lisääntymisalueiden sijoittumista jäähdytysveden otto- ja purkupuolella ja vertailualueilla havainnoimalla kalojen pienpoikasten esiintymistä vapaassa vedessä. Poikaspyynnissä vertailualueita olivat Keipsalon itäisellä selällä sijaitseva Hudön saaren länsipuolen rannanläheinen alue ja Loviisanlahden perukka. Koeverkkokalastuksella selvitettiin kalaston rakennetta Loviisan voimalaitoksen lähialueella ja vertailualueeksi valitulla Keipsalon itäisellä selällä. Tutkimus toteutettiin yleisesti käytössä olevilla kalastotutkimuksen menetelmillä ja siinä noudatettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalastotutkimusten ohjeistusta (Borg ym. 2012).

Lappominjärveä koskeva kalastotieto on peräisin Uudenmaan ELY-keskuksen vuonna 2011 tekemän koekalastuksen saalistiedoista, joita on referoitu Lappominjärven turvelauttojen kartoitusta ja poistamista käsitelleessä esiselvityksessä (Niiranen & Hagman 2012).

Radioaktiivisten aineiden päästöt ja vaikutukset on käsitelty luvussa 9.8.

9.17.3 Nykytila

Hästholmenia ympäröivän merialueen kalasto koostuu sekä merikaloista että murtoveteen sopeutuneesta makeanveden kalalajistosta. Alueella tavataan kalastukselle tärkeitä mereisiä lajeja, kuten silakkaa ja kilohailia, lohta, meritaimenta sekä karia ja vaellussiikaa, ankeriasta ja kampelaa. Näistä vaeltavia lajeja ovat lohi, meritaimen, vaellussiika, silakka ja ankerias. Makeanveden lajeista kalastuksen kannalta keskeisiä lajeja ovat kuha, hauki, ahven ja made. Muita runsaina esiintyviä kalalajeja ovat muun muassa särkikalat: särki, pasuri, lahna ja säyne.



Kuva 9-64. Vuoden 2020 kalastuselvityksen havaintoalueet ja käytetyt tutkimusmenetelmät Loviisan edustan merialueella.

Koeverkkokalastuksen havaintojen perusteella tutkimusalueen (Kuva 9-64) kalaston rakenne ei poikkea merkittävästi muualla Suomenlahdella tehdyistä havainnoista (Roikonen & Kangas 2021). Ahven ja särki ovat yleisesti rannikkoalueen runsaimmat kalalajit, jotka yhdessä pasurin ja kiiskien kanssa kattavat usein yli 80 % kokonaissaaliista. Muualla tehtyihin havaintoihin verrattuna ahvenen osuus nyt tutkituilla alueilla oli kuitenkin huomattavan suuri, mikä varsinkin Keipsalon itäisen selän (vertailualue 1) osalta selittyy pienten yksilöiden suurella määrällä. Hästholmsfjärden poikkesi muista tämän selvityksen alueista suuren kuhasaaliinsa perusteella. Tämä voi selittyä ainakin osittain voimalaitoksen jäähdytysveden meriveden lämpötilaa nostavalla vaikutuksella, sillä kuha suosii elinympäristössään lämmintä vettä. Vieraslajiksi luokiteltavaa mustatäplätokkoa (*Neogobius melanostomus*) saatiin koekalastuksessa saaliiksi muutamia yksilöitä sekä voimalaitoksen jäähdytysveden ottopuolelta että vertailualueelta Keipsalon itäiseltä selältä, muttei yhtäkään jäähdytysveden purkualueelta Hästholmsfjärdeniltä.

Suomenlahden kalaston lisääntymisalueita on selvitetty Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman (VELMU) yhteydessä. Kenttätutkimusaineistojen

pohjalta on laadittu ympäristöhallinnon verkkopalveluun karttoja (VELMU-karttapalvelu 2019) eri kalalajien lisääntymisalueista esiintymistodennäköisyysmallinnukseen perustuen. Mallin mukaan Hästholmenin ympäristössä esiintyy suotuisia lisääntymisalueita muun muassa ahvenelle ja hauelle. Esiintymistodennäköisyysmallinnuksen perusteella kuha lisääntyy lähinnä Loviisanlahden perukassa ja Klobbfjärdenin pohjois- ja kaakkoisrannoilla. Silakan suotuisinta lisääntymisalueetta ovat koko väli- ja ulkosaariston matalat kasvillisuuspohjat. Loviisanlahti on tunnistettu tärkeäksi kalaston lisääntymisalueeksi ja potentiaaliseksi kulkureitiksi Loviisanjokeen tulevaisuudessa mahdollisesti nousevan meritaimenen vaellukselle. Osittain näillä perusteilla Loviisanlahti onkin nimetty yhdeksi Suomen ekologisesti merkittäväksi vedenalaiseksi meriluontoalueeksi, eli ns. EMMA-alueeksi (Lappalainen ym. 2020). Merikutuisen siian lisääntymisalueesta ei VELMU-karttapalvelussa esitetä mallinnustuloksia Loviisan edustan merialueelle.

Gäddbergsön ja Kampuslandetin alueella kalaston poikastuotantoalueiden kartoituksia vuonna 2009 (Pöyry 2009) tehtiin Fennovoima Oy:n Ruotsinpyhtäälle suunnitteleman ydinvoimalaitoshankkeen nykytilakartoituksissa. Kartoitus-

Taulukko 9-60. Vaikutuskohteen herkkyyks: kalasto ja kalastus.

Vaikutuskohteen herkkyyks: kalasto ja kalastus	
Kalaston ja kalastuksen herkkyyks vaikutuskohteena arvioitiin alueella esiintyvän kalaston, kalojen lisääntymisalueiden sijoittumisen perusteella suhteessa hankealueeseen ja alueella harjoitettavaan kalastukseen.	
Kohtalainen	Hankealueella tavataan Suomenlahdella normaalisti esiintyvä kalasto, joka ei merkittävästi poikkea muualla esiintyvistä kalastosta. Hankealueella esiintyy yleisinä koko Suomen merialueella esiintyvien kalalajien, silakan ja tokko-kalojen, poikastuotantoalueita. Alueella on jonkin verran kaupallista kalastusta ja vapaa-ajan kalastusta.

alue sijaitsee Hästholmenin saaren kaakkoispuolella lähimmillään noin kilometrin etäisyydellä Loviisan voimalaitoksesta. Selvitysten tulosten perusteella Hästholmenin läheisellä kaakkoisella merialueella esiintyy merkittäviä silakan ja tokko-kalojen lisääntymisalueita. Myös merikutuisen siian kutualueinaan käyttämiä hiekka- ja sorapohjaisia rantoja löytyi tutkitulta alueelta.

Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella toteutetun kalastotutkimuksen (Roikonen & Kangas 2021) tulosten mukaan Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden purkualuetta Hästholmsfjärdeniä käyttävät kutualueenaan silakka ja tokko-kalat sekä vähemmässä määrin ahven. Kuhan lisääntymisalueeksi havaittiin Loviisanlahden perukka, mutta myös voimalaitoksen jäähdytysveden purkualue Hästholmsfjärden ja Klobbfjärden havaittiin kuhan poikasten suosimaksi alueeksi.

Jäähdytysveden oton yhteydessä voimalaitokselle kulkeutuvasta biomassasta suurin osa on ollut kalaa, joka pääosin on koostunut silakasta tai kuoreesta (Leino 2011). Voimalaitokselle kulkeutuneen kalan määrä on ollut 10–25 tonnia vuodessa. Kalat poistetaan vedestä karkea- ja hienovälppien sekä ketjukorisuodattimien avulla. Välpe, joka koostuu kalojen lisäksi vesikasveista ja levistä, toimitetaan ulkopuoliselle jätehuoltoyhtiölle jatkokäsiteltäväksi ja hyödynnettäväksi materiaalina, kuten muutkin voimalaitoksella syntyvät biojätteet. Näin ollen välppien keräyksellä voidaan katsoa olevan merta puhdistavaa vaikutusta, kun välppien mukana merestä poistuu fosforia karkeasti ottaen 40–100 kg vuodessa.

Säteilyturvakeskuksen tekemän seurannan mukaan Loviisan voimalaitokselta peräisin olevia nuklideja ei ole kaloista löydetty (ks. luku 9.8.3.4). Itämeren kalojen cesiumin aktiivisuuspitoisuudet ovat pieniä (STUK 2021g). Suomenlahden kaloissa merkittävin säteilylähde on Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta peräisin oleva cesium-137.

Alueella harjoitettavaa kalastusta seurataan osana veloitettarkkailua tiedustelemalla kaupallisten kalastajien saaliita

ja kalastusta vuosittaisella kalastuskirjanpidolla. Vuoden 2018 osalta kalastuskirjanpito oli saatu kolmelta alueella kalastusta harjoittaneelta kaupalliselta kalastajalta. Kirjanpito kalastajien kalastus oli pääasiassa verkkokalastusta, joka painottui kevääseen ja syksyyn. Pohjaverkkopyynnin saaliista suurin osa oli kuhaa (57 %), mutta myös haukea (30 %) saatiin saaliiksi. Tulokset olivat aiempien tarkkailuvuosien kaltaisia (ÄF-Consult Oy 2019).

Virkistys- ja kotitarvekalastajille tehdyn kalastustiedustelun mukaan vapaa-ajan kalastajien laskennallinen kokonaissaalis vuonna 2017 oli arviolta 14,9 tonnia ja taloutta kohden noin 20,7 kg. Eniten saaliiksi saatiin haukea, silakkaa, ahventa, lahnaa ja kuhaa. Alueen virkistyskalastajien kalastustoiminta painottuu vahvasti kesäkuukausille (ÄF-Consult Oy 2018).

Lappominjärven kalasto koostuu pääasiassa ahvenista ja särjistä, jotka kattoivat valtaosan vuonna 2011 toteutetun koekalastuksen saaliista (Niiranen & Hagman 2012). Peto-kaloja saaliissa oli 23 % biomassasta ja 7 % kappalemääräisesti. Ahventen keskipaino oli noin 35 g ja särkien noin 45 g, eli valtaosa saaliskaloista oli pienikokoisia. Fortum käyttää Lappominjärveä raakavesilähteenään ja säännöstelee järven pinnankorkeutta (ks. luku 9.16.3.10). Vesitalouslupaani liittyy myös velvoite istuttaa järveen vuosittain 10 000 vastakuoriutunutta hauenpoikasia.

Loviisan voimalaitoksen lähimerialuetta käytetään myös kalankasvatukseen. Loviisan voimalaitos sijaitsee Hästholmenin saarella, jonka pohjoisosassa toimii myös Oy Loviisan Smoltti Ab kalankasvatustila. Kalanpoikasten kasvattamisessa käytetään hyväksi voimalaitoksen lämmintä jäähdytysvettä. Hästholmenin saaren eteläpuoleisessa saaristossa toimii myös kalankasvatustila Oy Semilax Ab. Alue mainitaan kansallisessa vesiviljelyn sijainninhajausuunnitelmassa (MMM 2014) tulevan vesiviljelyn keskittämiseksi.

Taulukossa 9-60 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyks sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (ks. luku 9.1.4).

9.17.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Veden korkea lämpötila nopeuttaa kalojen aineenvaihduntaa ja kasvattaa kalojen ravinnontarvetta. Yleisesti ottaen korkean lämpötilan oletetaan lisäävän kalan kasvua, mikäli muita kasvua rajoittavia tekijöitä ei esiinny. Veden korkea lämpötila kiihdyttää osaltaan myös vesistön perustuotantoa edellyttäen, että perustuotantoon on tarjolla riittävästi ravinteita. Edelleen veden korkea lämpötila lisää runsaamman perustuotannon kautta riskiä alusveden vähähappisten olosuhteiden syntymiselle, millä on kielteinen vaikutus kalaston elinympäristössä.
Voimalaitoksen käytön jatkamisesta aiheutuu alueen kalastolle ja kalastukselle vaikutuksia lämmittävän jäähdytysveden meriekosysteemiin kohdistuvan paikallisen vaikutuksen kautta lähinnä Hästholmsfjärdenille. Jäähdytysvesi yhdessä ilmastomuutoksen merialuetta lämmittävän vaikutuksen kanssa suosii lämpimään veteen sopeutuneiden kalalajien esiintymistä vaikutusalueella. Lämmintä vettä suosivat vieraslajit voivat myös hyötyä tilanteesta ja vaikuttaa runsastumisellaan paikallisten kalalajien kantoihin. Kalastuksen toimintaedellytyksiin voimalaitoksen käytöstä kohdistuva vaikutus pysyy samana, mutta ilmastomuutos voi jatkossa heikentää talvikalastusmahdollisuuksia. Jäättömien talvien esiintymisen on ennustettu lisääntyvän tulevaisuudessa.

Käytön jatkamisen tapauksessa Loviisan voimalaitos johtaa lämmintä jäähdytysvettä Hästholmenin saaren itäpuolelle Hästholmsfjärdenille, mikä osaltaan vaikuttaa paikallisesti meriekosysteemiin ja sitä kautta myös purkupuolen kalastoon. Jäähdytysvesimallinnuksen perusteella (ks. luku 9.16) on arvioitu, että lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteet tulevat pääpiirteittäin säilymään nykyisen kaltaisina. Lämpövaikutus on paikallinen ja vaikutusta on avovesikaudella havaittavissa lähinnä Hästholmsfjärdenillä purkupaikan läheisyydessä pinnan tuntumassa, mutta myös ajoittain Vådholmsfjärdenin pohjoisosassa pintakerroksessa.

Ilmastomuutoksen vaikutuksesta keskimääräistä lämpimämpien kesien todennäköisyys kasvaa, mikä tulee vaikuttamaan ympäristöön myös Hästholmsfjärdenillä. Pintavesien vaikutusten arvioinnin mukaan (ks. luku 9.16.4) Hästholmsfjärdenin vedenlaadun pitkän ajan kehitykseen vaikuttaa ensisijaisesti hajakuormituksen kehittyminen. Nykytilaan verrattuna vedenlaadun muutos voi pitkällä aikavälillä ilmetä ravinnepitoisuuden ja perustuotantotason lievänä nousuna. Arvion mukaan alusveden happitilanne pysyisi edelleen heikkona. Toisaalta mahdollinen hajakuormituksen pieneneminen pitkällä aikavälillä parantaisi vedenlaatua ja vesiympäristön tilaa. Pohjan heikko happitilanne on kuitenkin yleistä myös jäähdytysveden ottopuolella, kuten koko Itäisellä Suomenlahdella, mikä osaltaan heijastuu yleisesti pohjaeläin- ja kalakantoihin.

Lämpimän veden on useissa tutkimuksissa todettu kasvattavan kalabiomassaa paikallisesti parantamalla lämpimistä vesistä hyötyvien lajien lisääntymismenestystä ja nopeuttamalla kasvua (Balkuviené & Pernaravičiūtė 1994, Hakala ym. 2003, Marttila ym. 2005, Keskinen ym. 2011). Veden lämpötilan noususta hyötyvät kevät- ja kesäkutuiset kalalajit, kuten ahven, kuha ja särkikalat. Myös silakan on todettu hyötyvän veden lämpenemisestä ja lievästä ravinnepitoisuuden kasvusta. Etenkin kalojen nuoruusvaiheiden on todettu hyötyvän veden lämpötilan noususta, mikä saattaa usealla lajilla lisätä runsaiden vuosiluokkien määrää ja edelleen petokalojen käytettävissä olevien ravintokalojen määrää. Lämpötilan nousun vaikutuksessa eri lajeille on kuitenkin eroja. Forsmarkin ydinvoimalan merialueella tehdyssä tutkimuksessa (Sandström 1990) havaittiin ahvenen kasvun korreloivan positiivisesti ensimmäisten vuosien aikana, mutta muuttuvan negatiiviseksi seuraavina vuosina kalan saavuttaessa sukukypsyyden. Lämpötilan positiivisen vaikutuksen kasvunopeuteen havaittiin myös palautuvan ahvenille kuuden vuoden iässä. Lämpötilan noususta kärsivät eniten viileän veden lajit, kuten siika, taimen, lohi, made ja harjus (Marttila ym. 2005).

Ilmastomuutos tulee arvioiden mukaan nostamaan meriveden lämpötilaa (BACC II Author Team 2015), mikä jäähdytysveden purkualueella entisestään suosii lämpimään veteen sopeutuneiden kalalajien viihtymistä alueella. Erityisesti kuhan on havaittu useissa tutkimuksissa hyötyvän lämpötilan noususta (mm. Pekcan-Hekim ym. 2011, Lappalainen ym. 2005, Fontell ym. 2004). Kuhan on havaittu tuottavan lämpimämmässä vedessä runsaampia vuosiluokkia, joiden yksilöt ovat nopeakasvuisempia. Nopeakasvuisuus ja suurempi koko parantavat kalanpoikasten mahdollisuuksia selvitä ensimmäisestä talvesta. Tämä voi suosia entisestään kuhan ja särkikalakantojen asemaa Hästholmsfjärdenin-Klobbfjärdenin alueella. Koeverkkokalastuksessa (Roikonen & Kangas 2021) havaittiin Hästholmsfjärdenillä vertailualuetta runsaammin pieniä kuhia, mikä antaa viitteitä alueen soveltuvuudesta kuhalle. Sisälahtialue voi siten jatkossa tuottaa kaloja myös ympäröiville merialueille leviämisen kautta, kun joidenkin lajien poikaset kasvaessaan isommiksi suosivat viileämpää vettä ja uivat pois sisälahdelta.

Lämpötilan nousu voi myös lisätä kalojen stressitasoa loisten ja tautien yleistymisen aiheuttaman haitan takia. Kalatautien ja loisten yleisyyttä tutkittiin Ruotsin Forsmarkin ydinvoimalan jäähdytysveden vaikutusalueelle, mutta siellä ei havaittu lisääntyntä tautien tai loisten määrää paikallisissa kaloissa (Sandström 1990). Kalanpoikasten tuotannon lisääntymisen katsottiin kompensoineen tämän haitan vaikutuksen kalakantoihin. Tätä ei ole tutkittu Loviisan alueella, mutta voidaan arvioida tilanteen olevan siellä Forsmarkin alueen kaltainen, molempien alueiden sijaitessa Itämerellä ja lähes samalla leveysasteella.

Ympäristöä korkeampi lämpötila suosii todennäköisesti myös vieraslaji mustatäplätokan levittytymistä alueelle. Laji on peräisin Mustanmeren ja Kaspianmeren alueilta, josta se on kulkeutunut Itämerelle laivojen painolastivesien mukana (Vieraslajit.fi). Mustatäplätokosta on Suomen merialueella havaintoja Oulun ja Haminan väliseltä merialueelta varsinkin satamien ympäriltä (Luonnonvarakeskus 2021). Vuoden 2020 koekalastuksessa saatiin mustatäplätokkoja Hästholmenin länsipuolisilta alueilta, muttei Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden purkupuolelta Hästholmsfjärdeniltä. Mustatäplätokko tulee todennäköisesti levittytymään myös Hästholmsfjärdenille, missä meriveden lämpötila on korkeammalla tasolla kuin ympäröivällä merialueella. On todennäköistä, että laji leviäisi Hästholmsfjärdenille tulevaisuudessa ilman voimalaitoksen lämmittävää vaikutustakin, mutta se voi Hästholmsfjärdenillä saada korkean lämpötilaoptiminsa takia kilpailuetua muuhun kalalajistoon nähden. Lajin on todettu sietävän korkeita lämpötiloja, sen optimaalisen esiintymislämpötilan ollessa 26 °C (Lee & Johnson 2005), jolloin sen voi olettaa viihtyvän hyvin Hästholmsfjärdenin olosuhteissa. Yleisesti mustatäplätokko sietää lämpötiloja välillä -1–30 °C (Moskal'kova 1996), lajin kriittisen maksimilämpötilan ollessa noin 33 °C (Cross & Rawding 2009). Mustatäplätokko on aggressiivinen kilpailija, jonka on uusilla levinneisyysalueillaan Itämerellä epäilty vaikuttaneen mm. ahvenen, särjen ja kampelan esiintymisiin samoilla alueilla (Kornis ym. 2012). Mustatäplätokan vaikutusta Hästholmsfjärdenin-Klobbfjärdenin kalakantoihin on kuitenkin vaikea ennakoida monimutkaisten ekologisten vuorovaikutussuhteiden takia. Mustatäplätokko voi haitata muiden lajien lisääntymistä valtaamalla elinympäristöjä aggressiivisella käytöksellään, mutta se voi samalla toimia petokaloille, kuten kuhalle ja ahvenelle sekä mm. merimetsoilte tärkeänä ravintokohteena. Meriluonnon monimuotoisuuteen voi kohdistua kielteisiä vaikutuksia kotoperäisten tokko-lajien, kuten mustatokan mahdollisesti hävitessä vieraslajin tieltä.

Petokalojen ja merimetson keskittymisestä mustatäplätokan saalistukseen on havaintoja eteläiseltä Itämereltä (Kornis ym. 2012). Hästholmenin ympäristössä on koekalastuksen perusteella vahva ahvenkanta ja ahvenen on todettu saalistavan mustatäplätokkoa (Kornis ym. 2012), joten ahvenella voisi olla merkitystä mustatäplätokan runsastumisen rajoittajana. Toisaalta Ahvenanmaalla tehdyn tutkimuksen (Herlevi ym. 2018) mukaan mustatäplätokko kilpailee ison ahvenen kanssa samasta pohjaeläinravinnosta. Myös kuhakanta on koekalastuksen perusteella Hästholmsfjärdenin-Klobbfjärdenin alueella voimakas. Siten myös kuhan voidaan olettaa kohdistavan saalistusta alueella mahdollisesti runsastuvaan mustatäplätokkokantaan. Kuhan on Saksassa Kielin kanavassa tehdyssä tutkimuksessa (Hempel ym. 2016) todettu selvästi siirtyneen hyödyntämään mustatäplätokkoa tärkeänä

ravintokohteena. Kuhakoiraat suojelevat kutupesiään toisilta petokaloilta (Hempel ym. 2016) ja voidaan olettaa, ettei mustatäplätokko pysty häiritsemään kuhan lisääntymistä alueella. Kalastuksen kannalta tärkeän kuhan kantaan ei siten arvioida kohdistuvan haitallista vaikutusta mustatäplätokan mahdollisen runsastumisen tapauksessa, sen sijaan kuhakan nan ravintotilanne mahdollisesti paranee. Tässä tapauksessa kuhan saalisosuus alueella harjoitettavassa kalastuksessa voisi jopa parantua.

Ilmastomuutoksen seurauksena kokonaan jäättömien talvien esiintymisen katsotaan yleistyvän. Yhdistettynä voimalaitoksen jäähdytysveden paikalliseen lämpövaikutukseen, saattavat heikot jäätalvet yleistyä Hästholmsfjärdenillä. Tämä voi entisestään heikentää talvikalastuksen toimintaedellytyksiä voimalaitoksen lähimerialueella. Heikentynyt jäätilanne voi esimerkiksi vaikeuttaa kalastajien kulkua pyydyksilleen sekä apajapaikkojen valintaa, mikä heikentää seisovien pyydysten käyttömahdollisuuksia

Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen jäähdytysveden vaikutukset lähimerialueelle ja sitä kautta kaloihin ja kalastukseen säilyvät samanlaisina kuin nykyisin, mutta jatkuvat noin 20 vuotta. Ilmastomuutos voi osaltaan hieman voimistaa vaikutusalueelle kohdistuvan lämpökuorman vaikutuksia. Mustatäplätokan mahdollinen leviäminen Hästholmsfjärdenin-Klobbfjärdenin alueelle ja voimakas runsastuminen voi muuttaa alueen kalaston rakennetta. Nämä tekijät huomioiden vaikutusalueen kalastoon kohdistuvan muutoksen suuruus arvioidaan *kohtalaiseksi kielteiseksi*. Kalastuksen harjoittamisen kannalta lämpökuormituksen jatkamisella ilmastomuutoksen merivettä lämmittävän vaikutuksen ohella ei kuitenkaan arvioida olevan *vähäistä suurempaa kielteistä* vaikutusta. Alueella tärkeään kalastuksen kohdelajiin kuhaan ei arvioida kohdistuvan haittavaikutusta voimalaitoksen käytön jatkumisesta.

9.17.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytöstäpoiston myötä voimalaitoksen lämpimän jäähdytysveden vaikutus vähenee ja lopulta päättyy. Kalaston rakenne ja kalastusmahdollisuudet palautuvat vähitellen ympäröivällä merialueella vallitsevalle tasolle jäähdytysveden lämmittävän vaikutuksen loppuessa. Lappominjärvellä vedenotosta luopuminen voi merkitä tulevaisuudessa myös säännöstelystä luopumista ja järven luusuan patorakenteen korvaamista kalojen vaelluksen mahdollistavalla pohjapadolla. Järven hapetuksen lopettaminen voi kuitenkin altistaa kalaston heikentyvän happitilanteen haittavaikutuksille.

Käytöstäpoiston alkaessa, jäähdytysveden purkumäärän laskiessa murto-osaan, alkaa ekosysteemi Hästholmsfjärdenillä hitaasti palautua vastaavaan tilaan kuin ympäröivillä Suomenlahden rannikkoalueen sisälähdillä, jonne ei kohdistu lämpökuormitusta. Vahva kuhakanta lämpimän veden vaikutusalueella tulee todennäköisesti hieman taantumaan nykytilaan verrattuna. Ilmastonmuutos saattaa pidemmän ajan kuluessa kuitenkin runsastuttaa lämpimämpää vettä suosivia kalalajeja, mikä samalla suosii kuhan esiintymistä. Mustatäplätokolle ei tässä tilanteessa arvioida muodostu-

van muuta Suomenlahden aluetta voimakkaampaa kilpailuetua muuhun lajistoon nähden, kun Hästholmsfjärdenin meriveden lämpötila ei enää poikkea muun rannikkoalueen lämpötiloista. Ilmastonmuutos suosii kuitenkin yleisesti myös mustatäplätokon leviämistä meriveden lämmetessä ja on todennäköistä, että tässäkin tilanteessa laji jossain vaiheessa tulee levittäytymään myös Hästholmsfjärdenille. Alueen kalaston monimuotoisuuden kannalta on kuitenkin myönteistä, jos mustatäplätokko ei pääse hankkeen vaikutusalueella runsastumaan voimakkaammin kuin muulla rannikkoalueella ja siten muuttamaan luonnollista kalaston rakennetta. Kalastovaikutus rajautuu Hästholmsfjärden-Klobbfjärdenin alueelle. Jäätilanne palautuu alueelle tyypilliseksi, eikä talvikalastuksen toimintaedellytyksiin enää kohdistu samanlaisia paikallisia vaikutuksia kuin voimalaitoksen lämpökuorman jäitä heikentävän vaikutuksen vallitessa. Talvikalastuksen osalta jäätilanteen parantuminen on paikallisesti Hästholmsfjärdenin ja Vådholmsfjärdenin pohjoisosien alueen laajuinen. Käytöstäpoistosta kalastoon kohdistuvan vaikutuksen suuruuden arvioidaan olevan *kohtalainen myönteinen*. Vaikutusalueen kalasto voi palautua luontaiseen ympäröivällä rannikkoalueella vallitsevaan tilaan. Kalastuksen kannalta käytöstäpoistolla arvioidaan olevan *vähäinen myönteinen* vaikutus talvikalastuksen toimintaedellytysten parantumisen kautta. Lappominjärvellä säännöstelystä luopuminen mahdollis-

taisi järven luusuaan rakennetun patorakenteen korvaamisen kalaston vaelluksen mahdollistavalla pohjapatorakenteella. Muutos avaisi kaloille kulkuyhteyden järven ja Lappomvikenin välillä. Yhteys mahdollistaisi mm. merialueen haukien kutounsun Lappominjärveen saakka. Toisaalta järven happitilanteen kehityksestä säännöstelyn ja hapetuslaitteen toiminnan loppuessa ei ole kuitenkaan varmuutta, joten vaikutuksen myönteisyyden suuruutta on vaikea arvioida kalaston kannalta. Kalojen vaellusyhteyden palautumisella olisi myönteinen vaikutus, mutta jos järven happitilanne samalla heikkenee, kalaston elinolosuhteet järvessä huononisivat.

9.17.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotolla, käsittelyllä, välivarastoinnilla tai loppusijoituksella voimalaitokselle ei ole vaikutusta voimalaitosta ympäröivän merialueen kalastoon tai alueella harjoitettavaan kalastukseen.

9.17.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-61 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (ks. luku 9.1.4).

9.17.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Pintaveteen kohdistuvien vaikutusten lieventäminen on esitetty luvussa 9.16.8. Fortum kompensoi jäähdytysveden aiheuttamia vaikutuksia alueen kalataloudelle maksamalla vuosittaista kalatalousmaksua. Fortumin kalatalousmaksuvaroja käytetään Uudenmaan merialueella toteutettaviin kalaistutuksiin vahvistamaan kalakantoja sekä lisäämään merialueen virkistyskäyttöarvoa parantamalla kalastusmahdollisuuksia. Fortum myös istuttaa vedenottoluvan määräyksen mukaisesti vuosittain hauenpoikasia Lappominjärveen.

9.17.9 Epävarmuustekijät

Arviointiin liittyy epävarmuutta ilmastonmuutoksen aiheuttamien vaikutusten epävarmuuden takia. Meriveden lämpötilan hankealueella arvioidaan nousevan ilmastonmuutoksen vuoksi, mutta nousun määrästä ei voida olla varmoja. Vaikutusarviointin perustana olleet tiedot alueen kalastuksesta on kerätty vuosikymmenten aikasarjana, eikä niihin katsota sisältyvän epävarmuutta. Kalaston lisääntymisaluettutkimus perustuu vuonna 2020 hankittuun aineistoon ja siihen liittyy siten epävarmuutta vuosien välisen vaihtelun jäädessä yhden vuoden aineistossa näkymättömiin. Myös ainoastaan yhtenä vuonna kerättyyn koeverkkokalastusaineistoon perustuvaan kuvaan alueen kalaston rakenteesta sisältyy epävarmuutta, sillä vuosittainen vaihtelu ei tule aineistosta näkyviin. Myös mustatäplätokon leviämisen aiheuttamiin ekosysteemivaikutuksiin liittyy epävarmuutta monimutkaisten lajien välisten vuorovaikutusprosessien ollessa erittäin vaikeasti ennustettavia vuosikymmenten aikaperspektiivissä.

9.18 KASVILLISUUS, ELÄIMISTÖ JA SUOJELUALUEET

9.18.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen jäähdytysvedet ylläpitävät Hästholmsfjärdenin merkitystä maakunnallisesti tärkeänä vesilintujen talvehtimispaikkana. Lämpövaikutuksen jatkuminen noin 20 vuotta pidempään hidastaa osaltaan vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista, millä saattaa olla joidenkin saaristolintujen kannalta heikentävä vaikutus näiden parimääriin alueella ravintoketjun muutosten kautta. Käytön jatkamisella arvioidaan kokonaisuutena olevan linnuston ja saukon kannalta vähäinen myönteinen vaikutus. Käytön jatkamisella ei ole luonnonsuojelualueisiin kohdistuvia merkittäviä vaikutuksia. Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen vaikutukset maa-alueiden kasvillisuuteen ja eläimistöön säilyvät nykyisen kaltaisina. Käytöstäpoistolla arvioidaan olevan kasvillisuutta, eläimistöä ja luonnon monimuotoisuutta kokonaisuutena tarkastellen vähäinen kielteinen vaikutus, mikä ilmenee maakunnallisesti tärkeän vesilintujen talvehtimisalueen poistumisena. Tällä ei arvioida olevan kuitenkaan kyseisten lintujen populaatioiden kannalta merkittävää vaikutusta. Käytöstäpoistolla ei ole luonnonsuojelualueisiin kohdistuvia vaikutuksia. Jos käytöstäpoisto toteutetaan brownfield-periaatteen mukaan, alueelle jää rakennuksia ja muuta infrastruktuuria, jolloin kasvillisuuden lisääntymistä ei merkittävässä määrin tapahdu. Jos käytöstäpoisto toteutetaan greenfield-periaatteen mukaan lisääntyy kasvipeitteinen pinta-ala voimalaitosalueen maisemoinnin myötä, mikä lisää paikallisesti luonnon monimuotoisuutta. Muualla Suomessa muodostuneilla radioaktiivisilla jätteillä ei ole kasvillisuuteen, eläimistöön tai luonnonsuojelualueisiin kohdistuvia vaikutuksia.

9.18.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Kasvillisuuteen, eläimistöön ja suojelualueisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty mm. melun, pölyn, liikenteen sekä pintavesiin kohdistuvien vaikutuksien arvioinnin tuloksia mukaan lukien jäähdytysvesimallinnuksen tulokset (Lahti 2021). Vaikutusten arviointi perustuu myös alueelle tehtyyn linnustoselvitykseen (Metsänen 2021), joka kattoi Loviisan ydinvoimalaitoksen lähiympäristössä toteutetun pesimälinnustoselvityksen, muutonaikaisten kerääntymien laskentatulokset sekä talviaikaiset havainnot alueen linnuista. Maastotyöt alueella tehtiin vuoden kestäneellä jaksolla (joulukuu 2019 - joulukuu 2020). Varsinaisen selvitysalueen (voimalaitosalue–Hästholmsfjärden) lisäksi samoilla laskentakerroilla tehtiin myös vertailevat laskennat voimalaitoksen länsipuolen merialueelta (Hudöfjärden) ja Loviisanlahdelta kaupungin edustalta. Tämän seurannan lisäksi linnustoselvityksessä hyödynnettiin myös olemassa olevaa muuta aineistoa. Vaikutusten arvioinnissa on lisäksi hyödynnetty julkisista lähteistä saatavia aineistoja, joista tärkeimmät ovat Ympäristöhallinnon ja Suomen ympäristökeskuksen tietokannat sekä BirdLife-järjestön tiedot tärkeistä lintualueista (FINIBA- ja IBA-alueet) sekä muut selvitykset maakunnallisesti arvokkaiksi arvioiduista lintualueista.

Arviointi on tehty asiantuntijatyönä, jonka yhteydessä on arvioitu kunkin tunnistetun vaikutustyyppin todennäköiset vaikutukset vaikutusalueella esiintyvään kasvillisuuteen, eläimistöön ja suojelualueisiin. Luonnonympäristöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty myös muiden arviointien ja tieteellisten tutkimusten avulla kertynyttä tietoutta kunkin vaikutustyyppin (esimerkiksi melu ja pöly) todennäköisistä vaikutuksista arvioitaviin esiintymiin ja lajeihin.

Natura 2000 -verkoston kohteisiin kohdistuvien vaikutusten osalta on arvioitu, voiko lähimpien Natura-alueiden suojelun perusteena oleville luontoarvoille aiheutua merkittäviä vaikutuksia. Muiden luonnonsuojelualueiden ja luonnonsuojeluohjelmien kohteiden osalta on arvioitu, aiheutuuko kohteiden suojelutavoitteiden kannalta merkittäviä vaikutuksia.

Vesikasvillisuus, pohjaeläimistö ja kasviplankton sekä näihin kohdistuvat vaikutukset on käsitelty luvussa 9.18. Vaikutukset kalastoon on käsitelty luvussa 9.17.

Radioaktiivisten aineiden päästöt ja vaikutukset on käsitelty luvussa 9.8.

9.18.3 Nykytila

9.18.3.1 Luontotyytit ja kasvillisuuden yleiskuvaus

Kasvimaantieteellisesti Loviisan seutu kuuluu eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen ja sen lounaismaahan eli niin sanottuun vuokkovyöhykkeeseen, joka on ilmastoltaan suotuisin ja kasvistoltaan rikkain osa eteläboreaalista vyöhykettä. Alue on rajattavissa erityisesti lehto- ja lehtomaisen kasvillisuuden perusteella muusta Etelä-Suomesta. Alueen vaatelaita lehtokasveja ovat muun muassa sini-, kelta- ja valkovuokot, imikkä, mukulaleinikki, kevättähtimö, kiurunkannukset, jänönsalaatti, kevätlinnunsilmä ja mäkilehtoluste. Myös saarnin, pähkinäpensaan ja kynäjalavan levinneisyys ulottuu Loviisan alueelle.

Hästholmenin saaren pinta-ala on noin 75 hehtaaria, josta noin puolet on rakennettu voimalaitostointojen käyttöön. Hästholmen liittyy kapealla maakannaksella pienempään Tallholmenin saareen. Lisäksi Hässjeholmenin ja Tallörenin pienet saaret ovat maakannasten ja hyvin matalien vesialueiden sekä kivikkojen välityksellä lähes maayhteydessä Hästholmenin saareen. Hästholmenin ja Tallholmenin saaret ovat mäntyvaltaisia saaria, joiden alueella on muutamia harvapuustoisia tai puuttomia kalliopaljastumia sekä runsaasti lohkareikkoa. Hästholmenin ja Tallholmenin välisellä kapealla kannaksella esiintyy puustoltaan edustavaa tervaleppälehtoa. Saarten rannat ovat pääosin kivikkoisia eikä laajempia ruovikoita tai muita rantaluhtia juuri esiinny. Ainoastaan Hässjeholmenin ja Hästholmenin välisessä matalikossa ja Tallholmenin kannaksen alueella esiintyy pienialaisia järviruokokasvustoja. Vesikasveja on tarkasteltu tarkemmin luvussa 9.16.3.7.

9.18.3.2 Maa-alueiden eläimistö

Loviisan kaupungin alueella eläimistö on pääasiassa tavanomaista talouskäytössä oleviin metsiin sopeutunutta lajistoa, kuten kettuja, rusakoita ja hirvieläimiä. Suurpedoista Loviisan seudulla on yleisemmin tavattu vain ilveksiä (Luonnonvara-

keskus 2019a).

Linnustoselvityksen (Metsänen 2021) yhteydessä vuonna 2020 Hästholmenin saarella havaittiin metsäjänis, kettu ja metsäkauriita. Hirvikanta on kohtalaisen vahva voimalaitosalueen läheisyydessä ja alueelle johtavan maantien ympäristössä Loviisan keskustan eteläpuolella.

Vaikutusten arvioinnin yhteydessä laaditun linnustoselvityksen (Metsänen 2021) aikana voimalaitoksen jäähdytysveden ottopaikalla havaittiin kaksi saukkoyksilöä. Lajin esiintymisestä alueella ei ole käytettävissä vanhempia tietoja, mutta läpi talven sulana pysyvä merialue voi mahdollistaa lajin talvehtimisen ja lisääntymisen alueella. Saukko on mainittu luontodirektiivin liitteessä IV(a), ja sen lisääntymis- ja levähdyspaikat ovat siten luonnonsuojelulain nojalla rauhoitettuja.

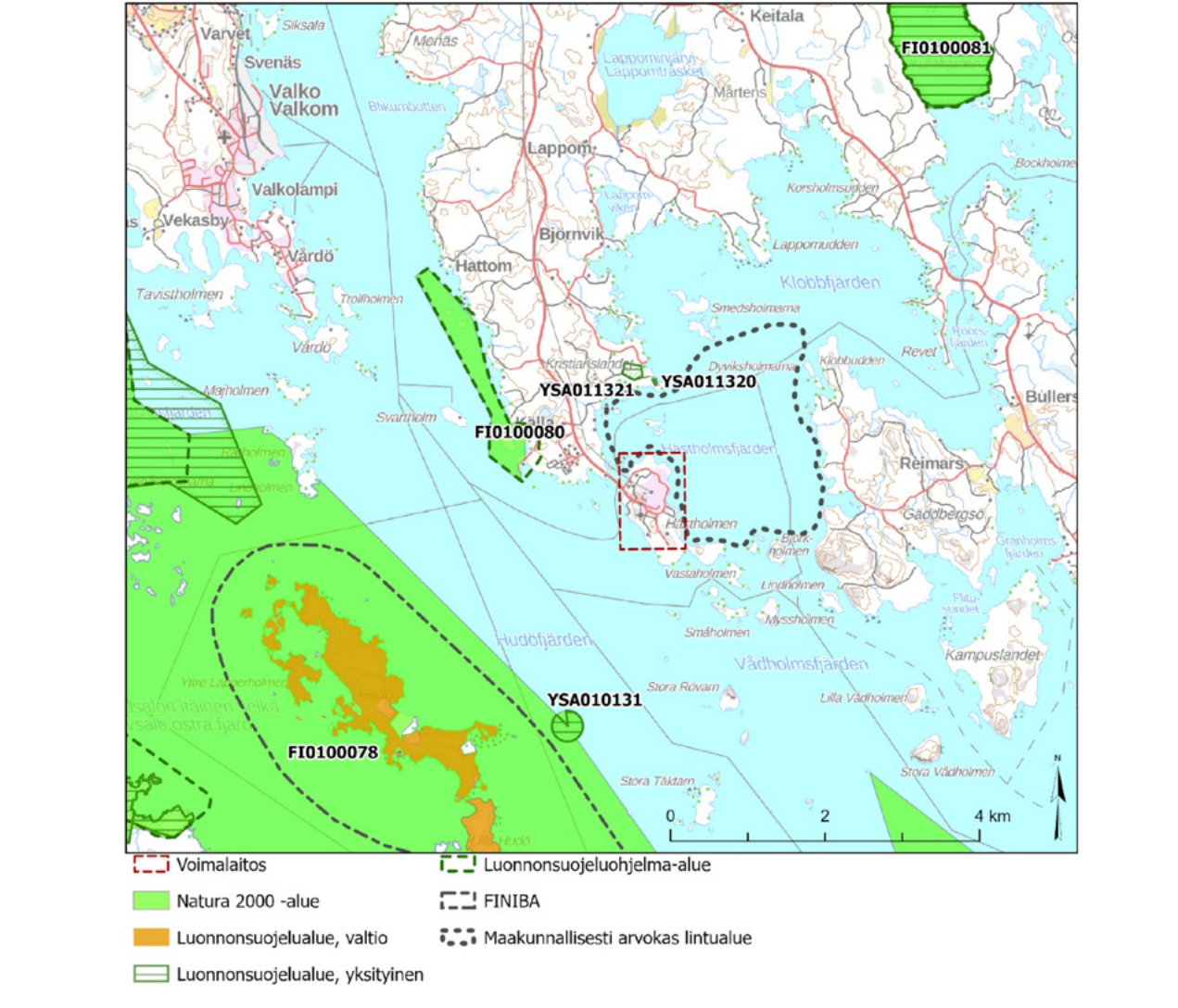
Muista luontodirektiivin IV(a) liitteen lajien (muun muassa liito-oravat ja lepakot) esiintymisestä voimalaitosalueella ei ole käytettävissä tietoja. Lepakoiden ja liito-oravan esiintymistä on kartoitettu kaavoituksen yhteydessä Loviisan pohjoisosan ja Tesjoen osayleiskaava-alueella vuonna 2005. Ainoa kaa-va-alueella havaittu viiksisiipan ja korvayökön lisääntymispaikka sijaitsee noin 10 km päässä Hästholmenilta. Hästholmenin saarella tai sen viereisellä niemellä ei sijaitse liito-oravan suosimia elinympäristöjä eikä voimalaitoksen läheisyydessä ole tiedossa liito-oravan lisääntymis- ja levähdyspaikkoja. (Fortum Power and Heat Oy 2008) Muuttoaikaan keväällä ja syksyllä muuttavia/vaeltavia lepakoita tavataan käytännössä kaikkialla rannikkoseudulla, joten on todennäköistä, että lepakkolajeja voi esiintyä tällöin myös Hästholmenin läheisyydessä.

9.18.3.3 Merinisäkkäät

Loviisanlahdella on tehty havaintoja hylkeistä kalastajille suunnattujen kyselyiden perusteella. Suomenlahden alueella tavataan sekä harmaahylkeitä että itämerennorppia. Harmaahylje on huomattavasti norppaa runsaampi itäisellä Suomenlahdella. Luonnonvarakeskuksen vuoden 2019 laskentojen perusteella Suomenlahden harmaahyljekanta Suomen alueella oli 685 yksilöä (Luonnonvarakeskus 2019b). Itämerennorpan kanta Suomenlahdella (Suomen ja Venäjän kanta yhteensä) arvioidaan olevan alle 200 yksilöä (Maa- ja metsätalousministeriö 2018), joten Loviisan seudulla hyljehavainnot koskevat todennäköisimmin juuri harmaahyljettä. Linnustoselvityksen (Metsänen 2021) yhteydessä vuonna 2020 tehtiin havaintoja harmaahylkeistä Hästholmsfjärdenillä.

9.18.3.4 Arvokkaat meriluontoalueet

Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA) on määritelty osana vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma VELMUa. Voimalaitoksen lähialueelle tai vesistövaikutusten vaikutusalueelle ei sijoitu arvokkaiksi luokiteltuja kohteita (SYKE 2020). Lähimmät luokitellut EMMA-kohteet ovat Loviisanlahden pohjukka (noin 8 km luoteeseen voimalaitoksesta) sen arvokkaan kalakannan vuoksi ja Vahterpään fladat (n. 8 km itäkaakkoon).



Taulukko 9-62. Vaikutuskohteen herkkyyys: kasvillisuus, eläimistö ja suojelualueet.

Vaikutuskohteen herkkyyys: kasvillisuus, eläimistö ja suojelualueet	
Kasvillisuuden, eläimistön ja luonnonsuojelualueiden kannalta kohteen herkkyyteen vaikuttaa huomionarvoisten lajien esiintymät, arvokkaiksi luokiteltujen linnustoalueiden tai muiden luokiteltujen luontokohteiden sijoittuminen alueelle sekä luonnonsuojelualueiden, luonnonsuojelujelmien sekä Natura 2000 -verkoston kohteiden sijoittuminen alueelle.	
Kohtalainen	Voimalaitosalueella tai sen läheisyydessä ei sijaitse luonnonsuojelualueita tai Natura 2000 -verkoston kohteita. Voimalaitosalueelle ei sijoitu huomionarvoisia luontotyyppikohteita, mutta alueella on tavattu uhanalaista tai suojeltua eläimistöä. Voimalaitoksen vesistövaikutusten alueelle sijoittuva Hästholmsfjärden on luokiteltu maakunnallisesti tärkeäksi linnustoalueeksi.

Huhtikuun lopulla laskettua noin 50 kuikan kerääntymää voidaan pitää maakunnallisesti huomionarvoisena. Kuikkien runsasta esiintymistä selittää luultavasti se, että lahti tarjoaa suojaisen ravinteikkaan levähdysalueen muuttoreitin varrella. Suurimmat merimetsomäärät lähentelivät 500 yksilöä, mikä oli huomattavasti suurempi määrä kuin samaan aikaan vertailualueilla Hudöfjärdenillä ja Loviisanlahdella. Merimetsoja kerääntyi etenkin vesien purkuaukkojen läheisyyteen ja pienelle Flitunin luodolle Hästholmsfjärdenille. (Metsänen 2021)

Syksyllä 2020 laskettiin enimmillään 75 harmaasorsaa, mitä voidaan pitää maakunnallisesti merkittävänä kerääntymänä. Voimalaitoksen länsipuolen merialueelle Hudöfjärdenille kerääntyi syksyllä 2020 runsaasti silkkiuikkuja, enimmillään 179 yksilöä. (Metsänen 2021)

Hästholmsfjärdenin pesimälinnusto on sisäsaaristolle tyypillistä lajistoa ja varsinaisten lintuluotojen puuttuminen näkyy sekä yhdyskuntalajien (esim. kalatiira ja naurulokki), että niiden suojassa mielellään pesivien lajien (esim. tukkasotka, lapasorsa) niukkuutena. Hästholmsfjärdenin huomionarvoisia pesimälajeja olivat vuoden 2020 kartoituksessa erittäin uhanalainen tukkasotka, jolta löydettiin yksi pesä Flitunin luodolta. Samalla luodolla pesi myös uusimmassa uhanalaisuusluokituksessa vaarantuneeksi (VU) luokiteltu merilokki ja niin ikään vaarantuneeksi luokiteltu (VU) harmaalokki. Voimalaitoksen ja sen lähiympäristön huomionarvoista lajistoa olivat kesän 2020 inventointien yhteydessä havaittu mustaleppälintu (silmälläpidettävä, NT). Lisäksi voimalaitoksen rakenteissa pesi ilmeisesti haarapääskyjä (vaarantunut) ja räystäspääskyjä (erittäin uhanalainen, EN). Aikaisin keväällä laitoksen eteläpuolella soidinsi kangaskiuru. Laji on melko harvalukuinen pesimälaji Suomessa, mutta silti elinvoimaiseksi luokiteltu.

9.18.3.6 Luonnonsuojelu

Voimalaitosaluetta lähin Natura 2000 -verkoston kohde on lähimmillään noin 1,3 km etäisyydelle luoteeseen sijoittuva Källaudden–Virstholmenin alue (tunnus FI0100080) (Kuva 9-65). Alue on suojeltu luontodirektiivin mukaisena kohteena (SAC-alue). Seuraavaksi lähin Natura 2000 -verkoston kohde on lounaassa lähimmillään noin 2,3 km etäisyydelle sijoittuva huomattavan laaja-alainen Pernajanlahtien ja Pernajan saa-

riston merensuojelualue (FI0100078), joka on suojeltu sekä lintu- että luontodirektiivin mukaisena kohteena (SAC- ja SPA-alue). Pernajanlahtien ja Pernajan saariston merensuojelualueen Natura-alueen rajaukseen sisältyy myös voimalaitosalueen puoleiselle sivulle sijoittuva pieni Kuggenin luoto, joka on rauhoitettu linnustonsuojelualueena (YSA010131). Kullafjärdenin lintuvesi (FI0100081) sijoittuu noin 7 km etäisyydelle voimalaitoksesta koilliseen.

Voimalaitosaluetta lähimmät perustetut luonnonsuojelualueet ovat 0,8–1 km etäisyydelle pohjoiseen sijoittuvat yksityiset luonnonsuojelualueet Karhulahden ranta (YSA011320) ja Bastuängenin säästömetsä (YSA011321) (Kuva 9-65). Karhulahden rannan luonnonsuojelualueen pinta-ala on noin 0,2 hehtaaria ja Bastuängenin säästömetsän noin 4 hehtaaria.

Taulukossa 9-62 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyys sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (Luku 9.1.4).

9.18.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Loviisan voimalaitoksen merkittävin kasvillisuuteen ja eläimistöön kohdistuva ympäristövaikutus on jäähdytysveden lämmittävä vaikutus purkupuolen merialueella. Käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen vaikutukset kasvillisuuteen ja eläimistöön säilyvät nykyisen kaltaisina.

Käytön jatkamisen tapauksessa lämpökuormituksen vaikutukset jatkuvat kauemmin käyttöajan pidentyessä, mikä ylläpitää Hästholmsfjärdenin merkitystä vesilinnuston merkittävänä talvehtimisalueena. Jäähdytysveden lämpövaikutuksen jatkuminen ylläpitää ekosysteemimuutoksia, jotka suosivat särkikalaston runsasta esiintymistä Hästholmsfjärdenillä. Tämä luultavasti hyödyttää alueella nykytilanteessa runsaina esiintyviä, kalaa syöviä vesilintuja (mm. silkkiuikku, isokoskelo, merimetso). Voimalaitoksen jäähdytysvesi ylläpitää alueella myös pakkastalvina sulaa, mikä mahdollistaa saukon kalastamisen sulan äärellä.

SYKE seuraa Itämeren tilaa useiden eri indikaattorien avulla, joista yksi on Itämeren linnuston parimäärien kehitys. Seurannassa olevien 29 lajin osalta 14 lajin kannassa on havaittavissa laskeva trendi ja yhtä monen osalta nouseva trendi (SYKE 2018). Esimerkkejä indikaattorin perusteella viimeisten vuosikymmenten aikana (1980-luvusta alkaen) taantuneista merilinnuista, joita pesii Loviisan merialueilla, ovat mm. tukkasotka, pilkkasiipi, haahka ja riskilä. Usean em. lajin taantumisen syinä ovat muutokset lajien ravintoketjuissa ja muissa Itämeren kemiallisen tilan aiheuttamissa välillisissä muutoksissa. Siten lintukantojen tila on myös laajemmin osoitus Itämeren tilasta luonnon monimuotoisuuden kannalta.

Voimalaitoksen lämpökuormituksesta osaltaan aiheutuvaa purkupuolen vedenlaadun vähäistä heikkenemistä ei voida kokonaan poissulkea (ks. luku 9.16.4.2). Käytön jatkamisen tapauksessa mahdollisella vähäisellä vedenlaadun muutoksella ei arvioida olevan havaittavaa vaikutusta vesiympäristön monimuotoisuuteen (kasviplankton, vesikasvillisuus, pohjaeläimet) nykytilaan verrattuna. Kalastovaikutusten osalta on arvioitu, että mustatäplätokon mahdollinen leviäminen purkupuolelle voi aiheuttaa kielteisiä vaikutuksia monimuotoisuuteen kotoperäisten tokko-lajien, kuten mustatokon mahdollisesti hävitessä vieraslajin tieltä (ks. luku 9.17.4). Vedenlaadun mahdollisella vähäisellä heikkenemisellä saattaa olla joidenkin saaristolintujen kannalta heikentävä vaikutus näiden parimääriin Hästholmsfjärdenin alueella.

Lämpökuormituksen jatkumisella voi olla joihinkin lajeihin sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia. Esimerkiksi tukkasotkan talvehtijamäärät ovat voimalaitoksen lähialueilla tavanomaista runsaammat alueella olevan talviaikaisen sulan vuoksi. Toisaalta runsastunut särkikalakanta saattaa vähentää tukkasotkan ravinnoksi käyttämiä pohjaeläimiä (Suomen riistakeskus 2019).

Ilman jäähdytysveden vaikutusta alueella ei olisi ainakaan

pakkastalvina saukon talvehtimisen mahdollistavaa sulapaikkaa. Saukon ja hylkeiden (lähinnä kyseessä alueella esiintyvää harmaahylje) osalta oleellista on, käytön jatkamisen tapauksessa, vaikutukset alueen kalakantoihin. Kalastovai-
kutusten arvioinnin perusteella jäähdytysveden purkualueen lämmin vesi suosii lämpimään veteen sopeutuneiden kalalajien, kuten kuhan, viihtymistä alueella. Myös silakan on todettu hyötyvän veden lämpenemisestä ja lievistä ravinnepitoisuuden kasvusta. Tämän arvioidaan nykytilanteessa hyödyttävän Hästholmsfjärdenillä saukon ja hylkeiden populaatioita.

Ilmastonmuutos tulee arvioiden mukaan nostamaan meriveden lämpötilaa (BACC II Author Team 2015), mikä jäähdytysveden purkualueella entisestään suosii lämpimään veteen sopeutuneiden kalalajien viihtymistä alueella. Erityisesti kuhan on havaittu useissa tutkimuksissa hyötyvän lämpötilan noususta.

Käytön jatkamisella arvioidaan kokonaisuutena olevan linnuston ja saukon kannalta *vähäinen myönteinen* vaikutus. Käytön jatkamisella ei ole vaikutusta maa-alueen kasvillisuuteen tai eläimistöön. Voimalaitoksen vaikutusalueella esiintyvän eläimistön voi arvioida tottuneen ihmisperäiseen häiriöön (melu, ihmisten ja työkoneiden liikkuminen). Käytöstä jatkaminen ei myöskään edellytä uusien rakennettavien alueiden raivaamista.

Käytön jatkamisen merkittävin ympäristövaikutus on Hästholmsfjärdeniin kohdistuva lämpökuormitus ja sen aiheuttamat välilliset vaikutukset vesialueen ekologisessa tilassa. Lähin Natura 2000 -verkoston kohde, jonka suojeluperusteenä on mainittu vesiekologiasta riippuvaisia luontotyypejä, on 1,3 km etäisyydellä luoteessa sijaitseva Källaudden–Virstholmenin alue Hudöfjärdenin puolella (tunnus FI0100080) (Taulukko 9-63). Jäähdytysvesimallinnuksen (Lahti 2021) ja vesistövaikutusten arvioinnin (ks. luku 9.16) perusteella läm-

Taulukko 9-63. Källaudden–Virstholmenin Natura-alueen (FI0100080) suojeluperusteena mainitut luontotyypit, niiden kytkös vesistövaikutuksiin ja vaikutuksen todennäköisyys/merkittävyyys.

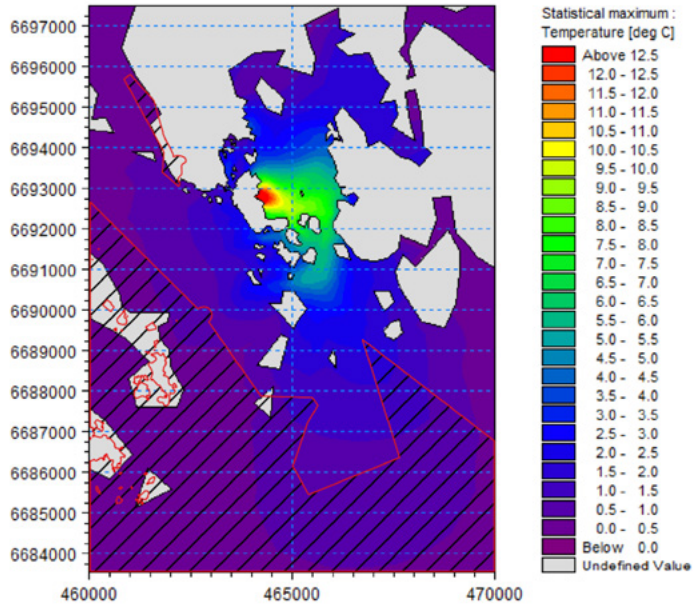
Luontotyypin koodi ja nimi	Mahdollinen vesistövaikutteisuus
1150 Fladat, kluuvijärvet ja laguuninomaiset lahdet	Alueelle kohdistuva lämpökuormasta johtuva vaikutus on nykytilanteessa merkityksetön ja välilliset vaikutukset arvioidaan merkityksettömiksi .
1210 Rantavallien yksivuotinen kasvillisuus	Rantavallien kasvillisuuteen kohdistuva vaikutus edellyttäisi hyvin voimakasta rehevöitymistä ja sen aiheuttamaa ilmaversoisen kasvillisuuden runsastumista. Luontotyyppiin ei kohdistu vaikutusta .
1610 Itämeren harjusaaret ja niiden hiekka-, kallio- ja kivikkorantojen kasvillisuus sekä vedenalainen kasvillisuus	Alueelle kohdistuva lämpökuormasta johtuva vaikutus on nykytilanteessa merkityksetön ja välilliset vaikutukset arvioidaan merkityksettömiksi .
1640 Itämeren boreaaliset hiekkarannat, joilla on monivuotista ruohovartista kasvillisuutta	Hiekkarantojen kasvillisuuteen kohdistuva vaikutus edellyttäisi hyvin voimakasta rehevöitymistä ja sen aiheuttamaa ilmaversoisen kasvillisuuden runsastumista. Luontotyyppiin ei kohdistu vaikutusta .
9080 Fennoskandian metsäluhdat	Merialueen tila ei vaikuta luontotyyppiin. Luontotyyppiin ei kohdistu vaikutusta .

pövaikutus on jäähdytysvesien ottopuolella Källaudden–Virstholmenin Natura-alueella avovesikaudella hyvin vähäinen, käytännössä merkityksetön. Siten kyseiseen Natura-alueeseen ei kohdistu heikentäviä vaikutuksia. Jää-peitteisellä kaudella lämpövaikutus ei ulotu Källaudden–Virstholmenin Natura-alueelle. Tämän perusteella arvioidaan, että kyseiseen Natura-alueeseen ei kohdistu heikentäviä vaikutuksia.

Taulukko 9-64. Pernajanlahtien ja Pernajan saariston merensuojelalueen Natura-alueen (FI0100078) suojeluperusteena mainitut luontotyypit, niiden kytkös vesistövaikutuksiin ja vaikutuksen todennäköisyys/merkittävyys. Taulukon lopussa mainittu suojelupe-rusteena mainittu lintulajisto ja luontodirektiivin II-liitteen eläinlajit.

Luontotyypin koodi ja nimi	Mahdollinen vesistövaikutteisuus
1110 Vedenalaiset hiekkasärkät 1150 Fladat, kluuvijärvet ja laguuninomaiset lahdet 1160 Laajat matalat lahdet 1170 Karit ja kalliorantojen levävyöhykkeelliset vedenalaiset osat 1610 Itämeren harjusaaret ja niiden hiekka-, kallio- ja kivikkorantojen kasvillisuus sekä vedenalainen kasvillisuus 1620 Itämeren ulkosaariston ja merivyohykkeen saarien ja luotojen ryhmät 1650 Itämeren borealiset kapeat murtovesilahdet	Natura-alueelle kohdistuu nykytilanteessa lämpökuormasta johtuva vaikutusta vain hyvin pienelle pinta-alalle, ja tälläkin alueella vaikutus on hyvin vähäinen. Välilliset vaikutukset arvioidaan merkityksettömiksi .
1130 Jokisuistot	Jokisuistot -luontotyyppi on pääasiassa riippuvainen joen tuoman makean veden vaikutuksesta. Luontotyypin esiintymät sijaitsevat kaukana hankealueesta. Luontotyyppiin ei kohdistu vaikutusta .
1210 Rantavallien yksivuotinen kasvillisuus 1220 Kivikkoisten rantojen monivuotinen kasvillisuus 1640 Itämeren borealiset hiekkarannat, joilla on monivuotista ruohovartista kasvillisuutta	Rantakasvillisuuteen kohdistuva vaikutus edellyttäisi hyvin voimakasta rehevöitymistä ja sen aiheuttamaa ilmaversoisen kasvillisuuden runsastumista. Luontotyyppiin ei kohdistu vaikutusta .
1230 Atlantin ja Itämeren rannikoiden kasvipeitteiset rantakalliot 1630 Itämeren borealiset rantaniityt 6270 Fennoskandian runsaslajiset kuivat ja tuoreet niityt 7140 Vaihettumissuot ja rantasuot 7160 Fennoskandian lähteet ja lähdesuot 8220 Kasvipeitteiset silikaattikalliot 9010 Borealiset luonnonmetsät 9020 Fennoskandian hemiborealiset luontaiset jalopuumetsät 9050 Borealiset lehdot 9080 Fennoskandian metsäluhdat 91D0 Puustoiset suot	Merialueen lämpöolot eivät vaikuta luontotyyppiin. Luontotyyppiin ei kohdistu vaikutusta .
Täplälampikorento	Rehevien ruovikoiden laji. Lajiin ei kohdistu vaikutuksia .
Harmaahylje, itämerennorppa	Hylkeet ovat riippuvaisia Natura-alueen kalakantojen ja merialueen ekologisen tilan kehityksestä. Hankkeesta ei aiheudu Natura-alueen kalastoon tai sen merialueen ekologiseen tilaan kohdistuvia vaikutuksia. Välillisenä vaikutuksena Hästholmsfjärdenillä runsaalla särkikala- ym. kalalajistolla saattaa olla vähäinen myönteinen vaikutus harmaahylkeeseen.
Rastaskerttunen, ruokki, jouhisorsa, lapasorsa, heinätavi, harmaasorsa, metsähanhi, karikukko, lapasotka, kaulushaikara, riskilä, ruskosuohaukka, ruisrääkkä, pikkujoutsen, laulujoutsen, nuolihaukka, tuulihaukka, heinäkurppa, kurki, pikkulepinkäinen, selkälokki, pikkulokki, pilkkasiipi, uivelo, sääksi, mehiläishaukka, suokukko, luhtahuitti, haahka, räyskä, kalatiira, lapintiira, kirjokerttu, liro, punajalkaviklo, etelänkiisla	Suojeluperusteena mainitut lajit eivät merkittävässä määrin ruokaile tai talvehdi Hästholmsfjärdenin alueella. Hankkeella ei ole lajeihin kohdistuvia vaikutuksia .

Myöskään mihinkään kauempana sijaitsevaan Natura 2000 -verkoston kohteeseen ei arvioida kohdistuvan heikentäviä vaikutuksia. Jäähdytysvesimallinnuksen ja vesistövaikutusten arvioinnin perusteella lämpövaikutus alueella on merkityk-setön (Kuva 9-66). Mallinnuksen (Lahti 2021) kuvasta on nähtävissä, että Natura-alueelle aiheutuva lämpövaikutus on lämpötilaerojen maksimienkin tapauksessa pientä, pääasias-sa luokkaa 0–1 °C. Suurimmillaan vaikutus voi olla 1,5–2,0 °C



Kuva 9-66. Mallinnuksen mukainen pintalämpötilan erotuksen (voimalai-tos käyttöä - voimalaitos ei käyttöä) maksimi avovesikauden jaksolla. Punaisella rajattu viivoitettu alue on Natura-aluetta (Lahti 2021).

Vådholmsfärdenille ulottuvan Natura-alueen terävän kielek-keen kohdalla. Lämpötilaerojen maksimitilanteet ovat kuiten-kin lyhytkestoisia ja keskimääräisissä olosuhteissa voima-laitoksen toiminnan lämpövaikutus ei ulotu Natura-alueelle avovesikaudella käytännössä lainkaan.

Pernajanlahtien ja Pernajan saariston merensuojelualueen suojeluperusteena on mainittu runsaasti erilaisia vesiluonto-tyyppejä ja vesilintuja (Taulukko 9-64), mutta ei niitä lajeja, joita kerääntyy runsaimmin voimalaitoksen sulan alueelle talvehtimaan. Täten linnustoon kohdistuvalla vähäisel-lä myönteisellä vaikutuksella ei ole välillisiä vaikutuksia Pernajanlahtien ja Pernajan saariston merensuojelualueen suojeluperusteisiin.

Voimalaitoksen muista toiminnoista (melu, pöly) tai liiken-teestä ei aiheudu vaikutuksia luonnonsuojelualueille.

9.18.5 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen

Käytöstäpoiston myötä voimalaitoksen lämpimien jäähdytysvesien vaikutus loppuu. Käytöstäpoistoon liittyvät paikalliset vaikutukset kasvillisuuteen ja eläimistöön syntyvät lähinnä purkutoimenpiteistä ja kuljetuksista sekä mahdollisesta louheen välivarastoinnista. Toimenpiteet kohdistuvat pääosin jo rakennetuille alueille.

Käytöstäpoiston myötä lämpimän jäähdytysveden vaikutus loppuu, ja talvilinnuston esiintyminen Hästholmsfjärdenillä

taantuu. Muutoksen myötä Hästholmsfjärden ei luultavasti ole enää luokiteltavissa maakunnallisesti tärkeäksi lin-nustoalueeksi. Lämpökuormituksen pienenemisen myötä jäähdytysveden purkupuolella sijaitsevan Klobbfjärdenin vesimuodostuman tilan arvioidaan parantuvan. Muutoksella arvioidaan yleisellä tasolla olevan paikallinen myönteinen vaikutus saaristolinnuston elinoloihin sekä meriympäristön monimuotoisuuteen, kun luonnontilaisuutta heikentävä läm-pökuormitus alueella päättyy. Kun tarkastellaan pelkästään linnustoon kohdistuvia vaikutuksia ja erityisesti vaikutuksen merkittävyyttä arvokkaiksi luokiteltujen linnustoalueiden kannalta, käytöstäpoiston vaikutus on kielteinen.

Saukon talvehtimismahdollisuudet alueella heikkenevät talviaikaisen sulapaikan poistuessa, mutta merialueen tilan parantuminen arvioidaan vastaavan suuruiseksi positiiviseksi muutokseksi. Saukon osalta vaikutus arvioidaan siten neut-raaliksi. Käytöstäpoistolla ei ole suoria vaikutuksia luonnon-suojelualueisiin, sillä purkutoimenpiteiden aiheuttama häiriö ei ulotu luonnonsuojelualueille tai Natura 2000 -verkoston kohteiden alueille.

Käytöstäpoistoon liittyvät paikalliset vaikutukset kasvil-lisuuteen ja eläimistöön syntyvät lähinnä purkutoimenpi-teistä ja kuljetuksista. Toimenpiteet kohdistuvat pääosin jo rakennetuille alueille. Vaikutus kohdistuu tavanomaiseen kasvillisuuteen, eikä vaikutusalueella tiedetä esiintyvän eri-tyisiä huomionarvoisia lajeja tai uhanalaisia luontotyypejä. Jos VLJ-luolan louhinnasta syntyvää louhetta välivarastoi-daan voimalaitosalueella, voi mahdollisen varastointialueen raivaaminen edellyttää esim. puuston poistoa ja pintamaiden tasaamista. Jos käytöstäpoisto toteutetaan brownfield-pe-

riaatteen mukaan, alueelle jää rakennuksia ja muuta infra-struktuuria, jolloin kasvillisuuden lisääntymistä ei merkitävissä määrin tapahdu. Jos käytöstäpoisto toteutetaan greenfield-periaatteen mukaan voimalaitosalue saatetaan vastaamaan mahdollisimman paljon luonnontilaa ja kasvi-peitteisen alueen pinta-ala lisääntyy alueella nykytilaan verrattuna. Maisemoinnin vaikutus eläimistöön riippuu käytetävistä kasvillisuudesta, mutta lähtökohtaisesti muutoksen voi arvioida lisäävän kasvillisuutta, eläimistöä ja sitä kautta luonnon monimuotoisuutta alueella. Vaikutus on paikallinen ja pinta-alaltaan vähäinen.

Käytöstäpoistolla arvioidaan olevan kokonaisuutena *vähäinen kielteinen* vaikutus, mikä ilmenee maakunnallisesti tärkeän vesilintujen talvehtimisalueen poistumisena. Tällä ei arvioida olevan kuitenkaan kyseisten lintujen populaatioiden kannalta merkittävää vaikutusta, sillä kyseisten lajien pää-asialliset talvehtimisalueet sijaitsevat luontaisesti lännempänä ja etelämpänä Itämeren alueella.

9.18.6 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteid^{en} vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus voimalaitoksella eivät aiheuta kasvillisuuteen, eläimistöön tai luonnonsuojelualueisiin kohdistuvia vaikutuksia. Kuljetusten

aiheuttama liikenteen häiriön lisääntyminen kuljetusreitⁱⁿ varrelle arvioidaan merkityksettömäksi tekijäksi, verrattuna kuljetusreiteillä tapahtuvaan muuhun liikenteeseen.

9.18.7 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-65 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (ks. luku 9.1.4).

9.18.8 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Purkutoimenpiteiden vaikutuksia voidaan vähentää suunnit^{telemalla} koneiden ja materiaalien välivarastointi työmaalla siten, että vaikutus alueella esiintyvään kasvillisuuteen ja elinympäristöihin on mahdollisimman vähäinen.

9.18.9 Epävarmuustekijät

Ilmastomuutoksesta johtuen jääpeitteisten talvien määrä tai jääpeitteisten vuorokausien määrä talven aikana tulevat todennäköisesti pienentymään Loviisan alueella, mikä lisää vesilinnustolle soveltuvien talvehtimisalueiden määrää Loviisan alueella ja laajemmin. Tämä vaikeuttaa Hästholmsfjärdenin linnustollisen merkittävyyden arviointia tulevien vuosikymmenten osalta.

9.19 IHMISTEN ELINOLOT JA VIIHTYVYYS

9.19.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen vaikutusten merkittävyys arvioidaan kokonaisuutena vähäiseksi kielteiseksi, koska toiminnan jatkuessa vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen jatkuvat noin 20 vuotta. Lämpimän jäähdytysveden purkaminen yhdistettynä ilmastomuutoksen tuomiin muutoksiin voi vaikuttaa alueen vesistöjen virkistyskäyttöarvoon lähinnä Hästholmsfjärdenin alueella. Muilta osin vaikutukset ja ihmisten kokema haitta pysyvät pääosin nykyisen kaltaisina. Mahdollisesta lisärakentamisesta voi aiheutua hieman lisähaittaa. Toiminnan jatkuessa ihmisten mahdollinen huoli turvallisuusriskeistä jatkuu ja voi jätemäärien kasvaessa ja laitoksen ikääntyessä lisääntyä. Käytön jatkamisella voi olla myönteisiä vaikutuksia alueen väestörakenteeseen.

Voimalaitoksen käytöstäpoisto aiheuttaa selkeän ja havaittavan muutoksen voimalaitosalueella tapahtuviin toimintoihin. Kokonaisuudessaan käytöstäpoiston eri vaiheet kestävät useita vuosikymmeniä. Kestoltaan pitkäaikainen muutos voi synnyttää asukkaissa epävarmuutta tulevasta sekä siihen liittyviä huolia ja odotuksia. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu kohtalaiseksi kielteiseksi. Käytöstäpoiston aikana toiminnoista aiheutuva ajoittainen melu voi vaikuttaa erityisesti voimalaitoksen lähialueilla lomailevien mökkiläisten asuinviihtyvyyteen sekä vesialueiden ja rantojen käyttäjien virkistyskokemukseen. Aktiivisimmassa purkuvaiheessa lisääntyvä liikenne voi heikentää lähialueen liikenneturvallisuutta ja vaikuttaa liikenteen sujuvuuteen. Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointiin ja kuljetuksiin voi liittyä huolta turvallisuusriskeistä. Erityisesti kuljetukset voivat aiheuttaa huolta laajemmalla alueella. Voimalaitoksen käytöstäpoisto ja sähköntuotannon päättymisen voi aiheuttaa muutoksia paikalliseen identiteettiin sekä huolta muutoksen vaikutuksista Loviisan seudun elinvoimaisuuteen.

Kun VLJ-luola on suljettu, vaikutusten merkittävyys muuttuu vähäiseksi myönteiseksi. Voimalaitosalueen toimintojen päättyessä huoli mahdollisista toimintaan liittyvistä onnettomuuden tai muun poikkeustilanteen riskeistä päättyy. Käytön lopettamisen seurauksena jäähdytysveden tarve ja lämpökuormitus vähenevät murto-osaan itsenäistettävien laitoksien käytön vaiheessa ja lakkaavat lopulta kokonaan. Muutoksen aiheuttamat myönteiset vaikutukset Hästholmsfjärdenin vesiympäristön tilaan voivat vaikuttaa pitkällä aikavälillä myönteisesti vesialueen ympärivuotiseen virkistyskäyttöön ja rantakiinteistöjen asuinviihtyvyyteen. Jos käytöstäpoiston lopuksi kaikki voimalaitosrakenteet ja rakennukset puretaan ja alue maisemoidaan greenfield-periaatteen mukaan, on sillä myönteisempi vaikutus lähialueiden asuinviihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön, kuin rakenteiden osittaisella purkamisella (brownfield-periaate).

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden kuljetukset, käsittely ja loppusijoitus ei aiheuta sellaisia vaikutuksia, jotka voisivat kohdistua ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen. Muualla Suomessa muodostuneiden jätteiden vastaanotto Loviisan voimalaitokselle aiheuttaa kuitenkin asukkaissa huolta. Vaikka asukkaiden kokemalle lisähuolelle ei olisi realistisia perusteita, huoli on kuitenkin todellinen sosiaalinen vaikutus, jonka suuruus arvioidaan vähäiseksi kielteiseksi.

9.19.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa on tarkasteltu ihmiseen, yhteisöön tai yhteiskuntaan kohdistuvia mahdollisia vaikutuksia:

- asuin- ja elinympäristön viihtyisyyteen ja turvallisuuteen
- liikenteeseen ja liikkumiseen
- lähialueiden ulkoilu- ja virkistyskäyttöön
- yhteisöllisyyteen ja paikalliseen identiteettiin
- palveluihin ja elinkeinoelämään
- väestörakenteeseen
- aineellisen omaisuuden ja lähialueen kiinteistöjen käyttöön.

Aluetaloudellisten vaikutusten arvioinnin tulokset on esitetty luvussa 9.13. Poikkeus- ja onnettomuustilanteiden mahdollisia vaikutuksia on tarkasteltu luvuissa 9.21 ja 9.22.

Sosiaaliset vaikutukset kytkeytyvät tiiviisti muihin vaikutuksiin (kuten aluetalous, melu, päästöt, liikenne ja maisema) joko välittömästi tai välillisesti. Lisäksi sosiaalisia vaikutuksia voi ilmetä esimerkiksi jo hankkeen suunnittelu- ja arviointivaiheessa muun muassa asukkaiden huolina, pelkoina, toiveina tai epävarmuutena tulevaisuudesta.

Sosiaalisten vaikutusten arviointi on tehty asiantuntija-arviona, joka perustui seuraaviin lähtötietoihin:

- muiden vaikutusarviointien tulokset
- asukaskyselyn tulokset
- pienryhmätilaisuudessa saatu palaute
- YVA-ohjelmasta jätetyt mielipiteet
- arviointimenettelyn aikana saatu muu palaute mm. yleisötilaisuudet, seurantaryhmän kokoukset ja kalastajaillat)
- väestö-, kartta- ja muut tilastoaineistot.

Vaikutuksia ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen on arvioitu käyttäen apuna Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus Stakesin laatimaa opasta ”Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioiminen” (Kauppinen ja Nelimarkka 2007) ja sosiaali- ja terveysministeriön ohjetta ”Ympäristövaikutusten arviointi, Ihmisiin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset” (Sosiaali- ja terveysministeriö 1999).

9.19.2.1 Asukaskysely

YVA-selostusvaiheessa toteutettiin Loviisan ydinvoimalaitoksen lähialueiden asukkaille suunnattu kysely, jonka tarkoituksena oli selvittää voimalaitoksen lähialueiden käyttöä ja merkitystä, vastaajien näkemyksiä asuinympäristönsä nykytilasta sekä mielikuvia suunnitelluista toiminnoista.

Asukaskysely lähetettiin yhteensä 1 300 talouteen 9. joulukuuta 2020. Kysely lähetettiin kaikkiin vakituisiin ja vapaa-ajan asuntoiin 0–5 kilometrin säteellä voimalaitoksesta, mukaan lukien Lappominjärven rantakiinteistöjen asukkaat. Yhteensä talouksia tällä alueella oli 295. Lisäksi kysely lähetettiin satunnaisotannalla 5–20 kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta sijaitseviin talouksiin.

Taulukko 9-66. Kyselyn vastausaktiivisuus eri vastaajaryhmissä. Yli 5 km etäisyydellä asuville ja lomaileville lähetettyjen lomakkeiden määrään sisältyy myös kolme kontrollilomaketta.

	Lähetetyt lomakkeet	Vastaajien lukumäärä	Vastaus-prosentti
Vakituinen asukas 0–5 km	37	30	81 %
Vapaa-ajan asukas 0–5 km	258	99	38 %
Vakituinen asukas 5–20 km	831	158	19 %
Vapaa-ajan asukas 5–20 km	177	75	42 %
Yhteensä	1303	362	28 %

Taulukko 9-67. Loviisan kaupungin väestörakenne vuonna 2019 (Tilastokeskus 2021a) ja kyselyyn vastanneet.

	Asukkaita yht.	Naisia	Miehiä	18–30 v	31–50 v	51–65 v	Yli 65 v
Loviisan kaupunki	14 772	50 %	50 %	12 %	27 %	28 %	33 %
Asukaskyselyyn vastanneet kaikki vastaajat	362	41 %	59 %	3 %	17 %	32 %	49 %

Valintakriteerien mukaisesti kysely lähetettiin vain ta-
louksiin, joissa oli 18–80-vuotiaita asukkaita ilman suora-
markkinointikieltoa. Digi- ja väestötietoviraston rekisterissä
olevan tiedon mukaisesti talouksiin lähetettiin kaikkiaan 1303
kyselylomaketta. Luvuissa on mukana myös kolme kontrol-
lilomaketta, jotka lähetettiin kyselyn virallista tarkistusta
varten Suomen Postiin sekä Digi- ja väestötietovirastoon.
Kyselyyn pystyi vastaamaan joko postittamalla täytetyn
kyselylomakkeen tai vastaamalla kyselyyn internetissä 11.
tammikuuta 2021 mennessä. Vastauksia määräaikaan men-
nessä saatiin 362 kappaletta.

Kyselyn vastausprosentti oli 28. Taulukossa 9-66 on eritel-
ty kyselyn vastausaktiivisuutta vastaajaryhmittäin. Aktiivi-
simmin kyselyyn vastasivat vakituiset lähiasukkaat. Myös
lähellä ja kauempana asuvien vapaa-ajan asukkaiden vas-
tausaktiivisuus oli korkeampi kuin yleisesti postikyselyissä.

Kyselyyn vastanneissa yli 65-vuotiaiden ja miesten osuus oli
suurempi kuin heidän osuutensa väestörakenteesta (Taulukko
9-67). Vastaajista puolet (49 %) oli asunut tai lomaillut lähi-
seudulla yli 40 vuotta ja neljäsosa vähintään 20 vuotta. Alle 10
vuotta alueella asuneita tai lomaileita oli vain 9 % vastaajista.

Asukaskyselyn tuloksia käsiteltiin tilastollisella laskenta-
sovelluksella (Excel-pohjaisella Tixel-sovelluksella). Tilastol-
lista merkitsevyyttä taustamuuttujien (vastaajan sukupuoli,
ikäryhmä, elämäntilanne, asumisen kesto, sekä vakinaisen
ja loma-asunnon sijainti) suhteen tutkittiin Khiin neliö -tes-
tillä. Tulosten tarkastelussa käsitellään vain niitä tilastolli-
sesti merkitseviä tuloksia, joilla on käytännön merkitystä
kyselyn ja sosiaalisten vaikutusten arvioinnin kannalta.
Asukaskyselyn tuloksien kaaviokuvien yhteydessä on ilmoi-
tettu ne kysymykset, joissa on tilastollisesti merkitsevää

eroa (P=0,005 tai vähemmän) lähiasukkaiden ja kauempana
asuvien vastaajien välillä.

9.19.2.2 Pienryhmätilaisuudet

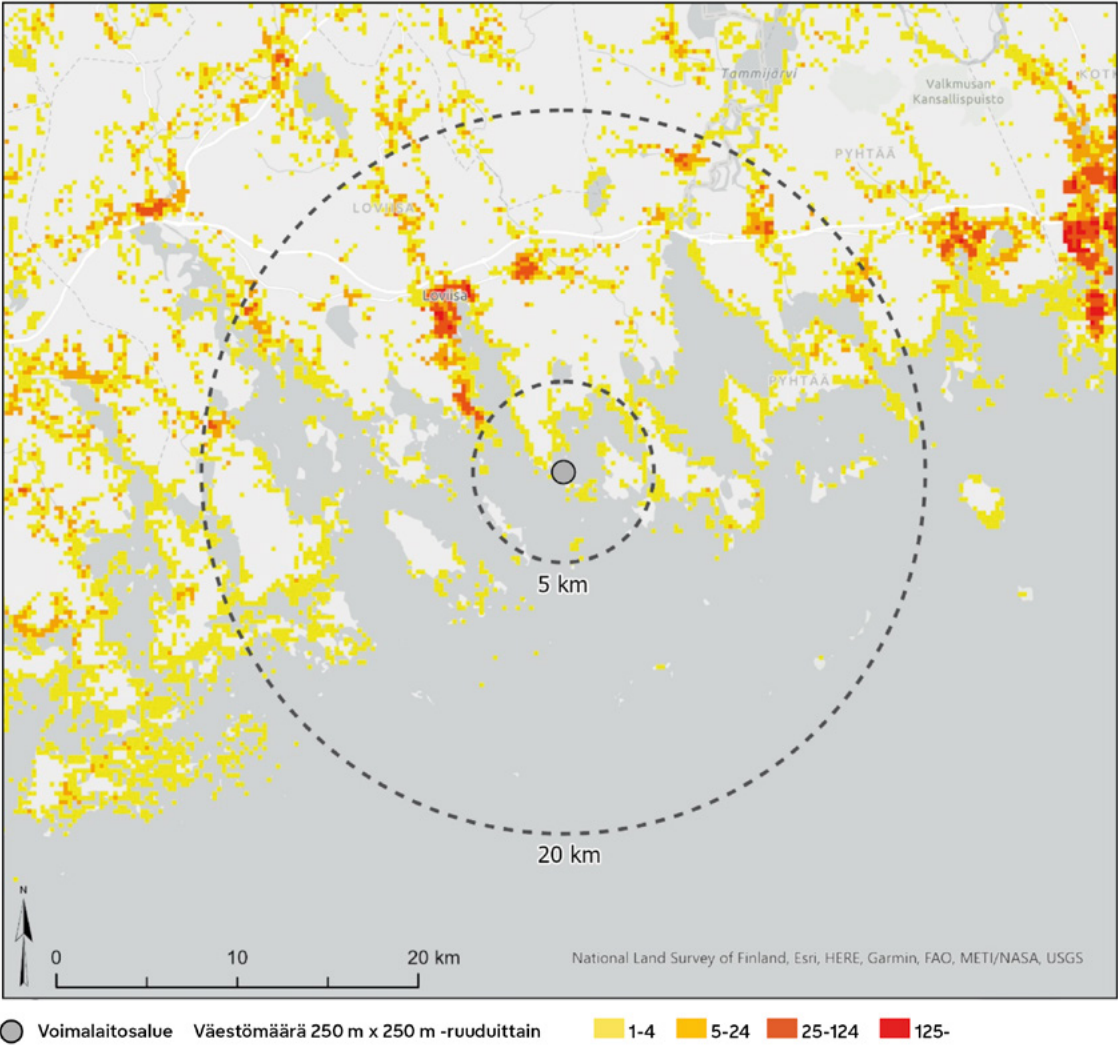
Helmikuussa 2021 järjestettiin pienryhmätilaisuus asukkaille.
Tieto pienryhmätilaisuudesta jaettiin asukaskyselyn saate-
kirjeessä, jossa olevan linkin kautta kaksi osallistujaa ilmoitti
kiinnostuksensa osallistua tilaisuuteen. Heidän lisäksi kut-
su tilaisuuteen lähetettiin kahdelle henkilölle, jotka ilmoittivat
yhteystietonsa asukaskyselyn vastauslomakkeella.

Pienryhmätilaisuus järjestettiin vallitsevan koronatilanteen
takia etäyhteydellä Microsoft Teams -sovelluksella. Tilaisuu-
teen osallistui yksi asukas sekä kaksi hankkeesta vastaavan
edustajaa ja kaksi YVA-konsultin edustajaa. Tilaisuudessa
keskusteltiin muun muassa YVA-menettelyn etenemisestä,
asukaskyselyn alustavista tuloksista sekä aluetaloudellisten
vaikutusten arvioinnin tuloksista.

9.19.2.3 Arviointimenettelyn aikana saatu muu palaute

Arviointimenettelyn aikana saatiin palautetta myös muista
kanavista, muun muassa YVA-ohjelmavaiheen yleisötalaisuu-
desta ja YVA-menettelyä varten perustetun seurantar ryhmän
kokouksista (ks. luku 8.5.3) sekä alueen kalastajille järjestetyistä
kalastajailloista. YVA-ohjelmasta yhteysviranomaiselle jätetyt
mielipiteet ja niiden huomioon ottaminen on esitetty liitteessä 3.

YVA-ohjelmasta annettiin yhteensä 11 mielipidettä. Mielipi-
teissä nostettiin esille muun muassa laitoksen ikääntymisen
myötä kasvavat ydinturvallisuusriskit, ydinjätteen loppusijoi-
tukseen liittyvät epävarmuudet, raakavedenoton vaikutukset



Kuva 9-67. Väestön jakautuminen 5 ja 20 kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta.

Lappominjärven rehevöitymiseen ja vedenpinnan laskuun,
vesialueen tarkkailuohjelman laajuus sekä jäähdytysveden
vaikutukset. Yhdessä mielipiteessä kannatettiin käyttöluopien
jatkamista Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

YVA-ohjelman yleisötalaisuudessa keskusteltiin mm. mah-
dollisista investointitarpeista, muualla Suomessa syntyvän ra-
dioaktiivisen jätteen vastaanottamisesta sekä laitosrakennuk-
sen tulevaisuudesta käytöstäpoiston jälkeen. Lisäksi yleisöstä
tuli kysymys vaikutuksista lähialueen kiinteistöjen arvolle.

9.19.3 Nykytila

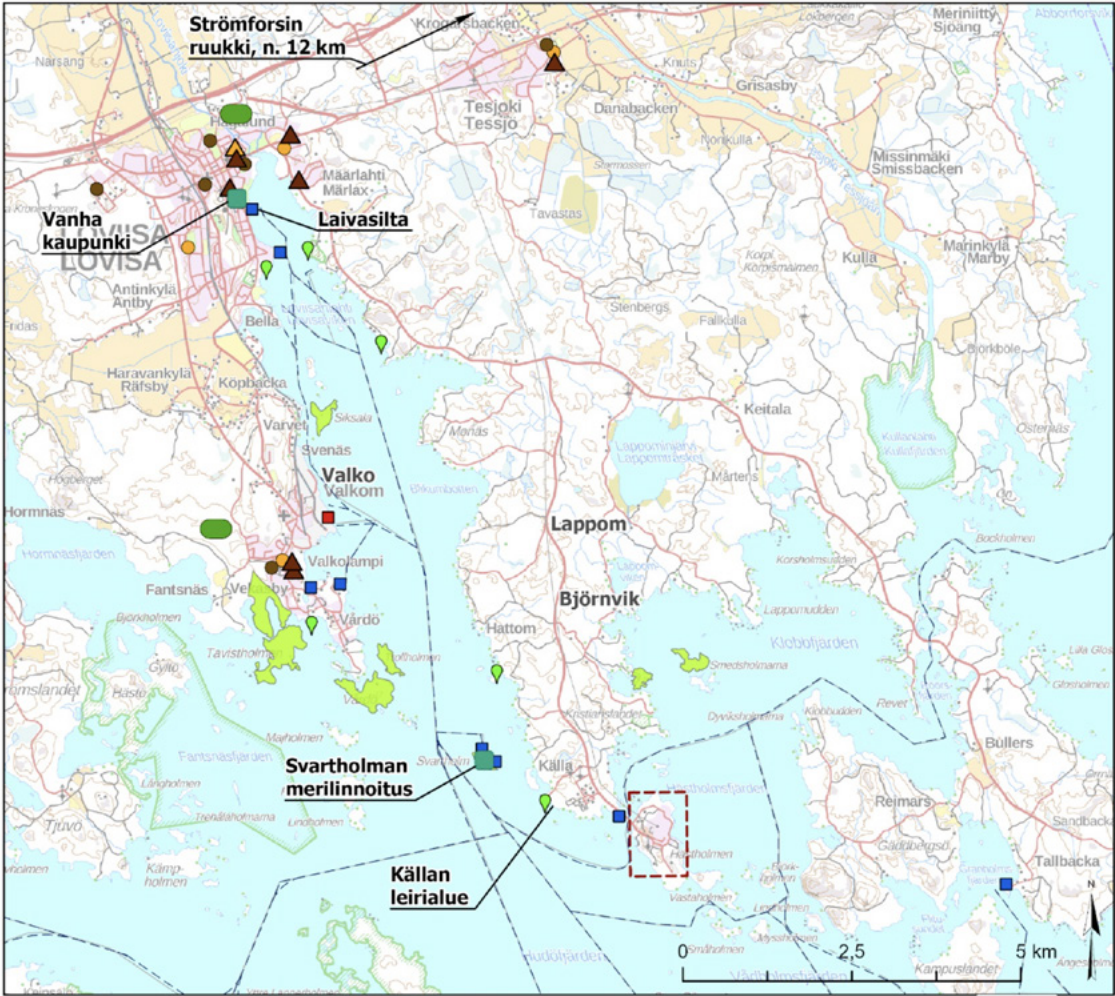
9.19.3.1 Väestö ja asukkaat

Loviisan kaupunki sijaitsee Suomenlahden rannikolla noin 90
km Helsingistä itään. Loviisan naapurikuntia ovat Lapinjärvi,
Pyhtää, Myrskylä, Kouvola ja Porvoo. Loviisa muodostaa
yhdessä Lapinjärven kanssa Loviisan seutukunnan. Loviisan
väkiluku vuonna 2019 oli 14 772. Naapurikunnista Lapinjär-

vellä väkiluku oli 2 606, Pyhtäällä 5 140, Myrskylässä 1 882,
Kouvolassa 82 113 ja Porvoossa noin 50 380.

Ruotsinkielisten osuus väestöstä on Loviisassa (40,5 %) ja
Lapinjärvellä (30,4 %) selvästi suurempi kuin Pyhtäällä (7,2 %).
Loviisan seutukunnassa yli 65-vuotiaiden osuus väestöstä on
suurempi ja alle 15-vuotiaiden osuus pienempi kuin Uudella-
maalla ja koko maassa keskimäärin. Opiskelu- ja työikäisten
osuus väestöstä on hieman pienempi kuin Uudellamaalla
ja koko maassa keskimäärin. Väestönkehitys on Loviisan
seudulla ollut jo pitkään laskeva. Vuonna 2019 muuttotappio
oli Loviisassa 15 henkilöä, Lapinjärvellä 29 ja Pyhtäällä 11
henkilöä (Tilastokeskus 2021b). Väestöennusteen mukaan
väestömäärä Loviisan alueella tulee pysymään melko samana
vuoteen 2040 (Uudenmaan liitto 2019).

Alle viiden kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta asuu
ympärivuotisesti noin 40 henkilöä (Kuva 9-67). Lähimmät
yksityiskäytössä olevat asuinrakennukset sijaitsevat noin
900 metrin etäisyydellä voimalaitosalueesta Bodängenisissä
(Kuva 9-3). Vakituinen asutus on pääosin sijoittunut voi-



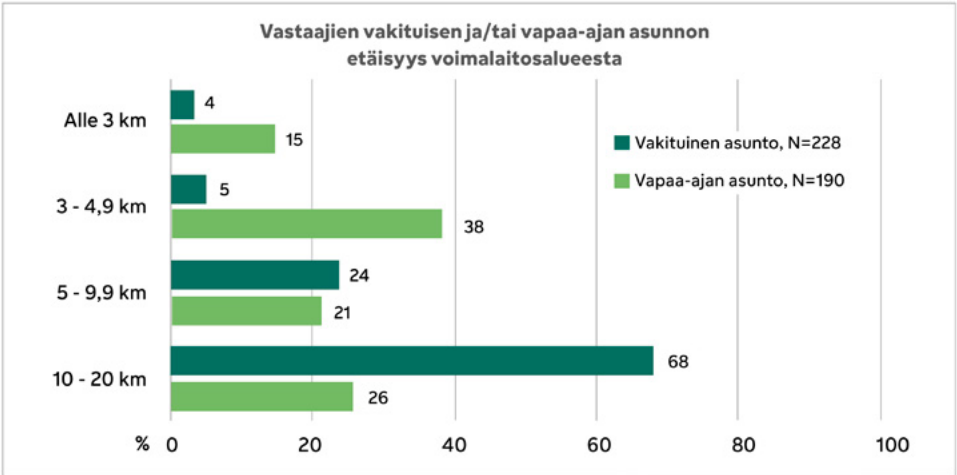
- Voimalaitos
- Päiväkoti
- Merkittävä matkailukohde
- Navigointilinja
- Terveyskeskus
- Vierasvenesatama
- Koulu
- Uimaranta
- Rahtisatama
- Palvelutalo
- Ulkoilualue
- Virkistysalue, maakuntakaava

Kuva 9-68. Voimalaitosalueen lähimmät herkätkohteet sekä matkailu- ja virkistyskohteet.

malaitoksesta pohjoiseen Björnvikin ja Lappomin alueille. Kahdenkymmenen kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta asuu noin 12 400 henkilöä (Kuva 9-67). Lähialueen suurin väestökeskittymä on Loviisan kaupungin keskusta noin 12 km etäisyydellä voimalaitoksesta. Vajaan tuhannen asukkaan taajamia ovat Tesjoki sekä Ruotsinpyhtään ja Pyhtään kirkonkylät. Pienempiä taajamia ovat Kuggom, Pernajan kirkonkylä ja Isnäs sekä Purola Pyhtäällä.

Hästholmenin lähiympäristössä on runsaasti vapaa-ajan

asutusta (Kuva 9-3). Voimalaitosalueen lähimmät vapaa-ajan asunnot ovat Fortumin omistuksessa. Muut lähimmät vapaa-ajanasunnot sijaitsevat Hästholmenin etelä- ja kaakkoispuolisilla saarilla (Vastaholmen, Småholmen, Måsholmen, Högholmen, Myssholmen, Björkholmen ja Kojholmarna) sekä mantereen puolella lähimmillään 1,3 km etäisyydellä voimalaitoksesta. Voimalaitoksesta viiden kilometrin etäisyydellä on vajaa 500 vapaa-ajan asuntoa ja kahdenkymmenen kilometrin etäisyydellä noin 3 000 vapaa-ajan asuntoa.



Kuva 9-69. Vastaajien vakituisten ja vapaa-ajan asunnon etäisyys voimalaitosalueesta. Kuvaan on merkitty eri etäisyyksillä sijaitsevien asuntojen prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).

9.19.3.2 Herkät kohteet sekä matkailu- ja virkistyskohteet

Ydinvoimalaitosta ympäröi viiden kilometrin etäisyydelle ulottuva suojavyöhyke, jolla on maankäyttöön kohdistuvia rajoituksia (STUK Y/2/2018). Suojavyöhykkeellä ei esimerkiksi saa sijaita kohteita, joissa käy tai on huomattavia ihmismääriä, kuten kouluja, sairaaloita, hoitolaitoksia, kauppia tai muita kuin ydinvoimalaitokseen liittyviä merkittäviä työpaikka- ja majoitusalueita (YVL A.2).

Voimalaitosalueen lähimmät herkätkohteet sekä matkailu- ja virkistyskohteet on esitetty kuvassa (Kuva 9-68). Lähin koulu ja päiväkotit sijaitsevat Valkon kylässä noin seitsemän kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta.

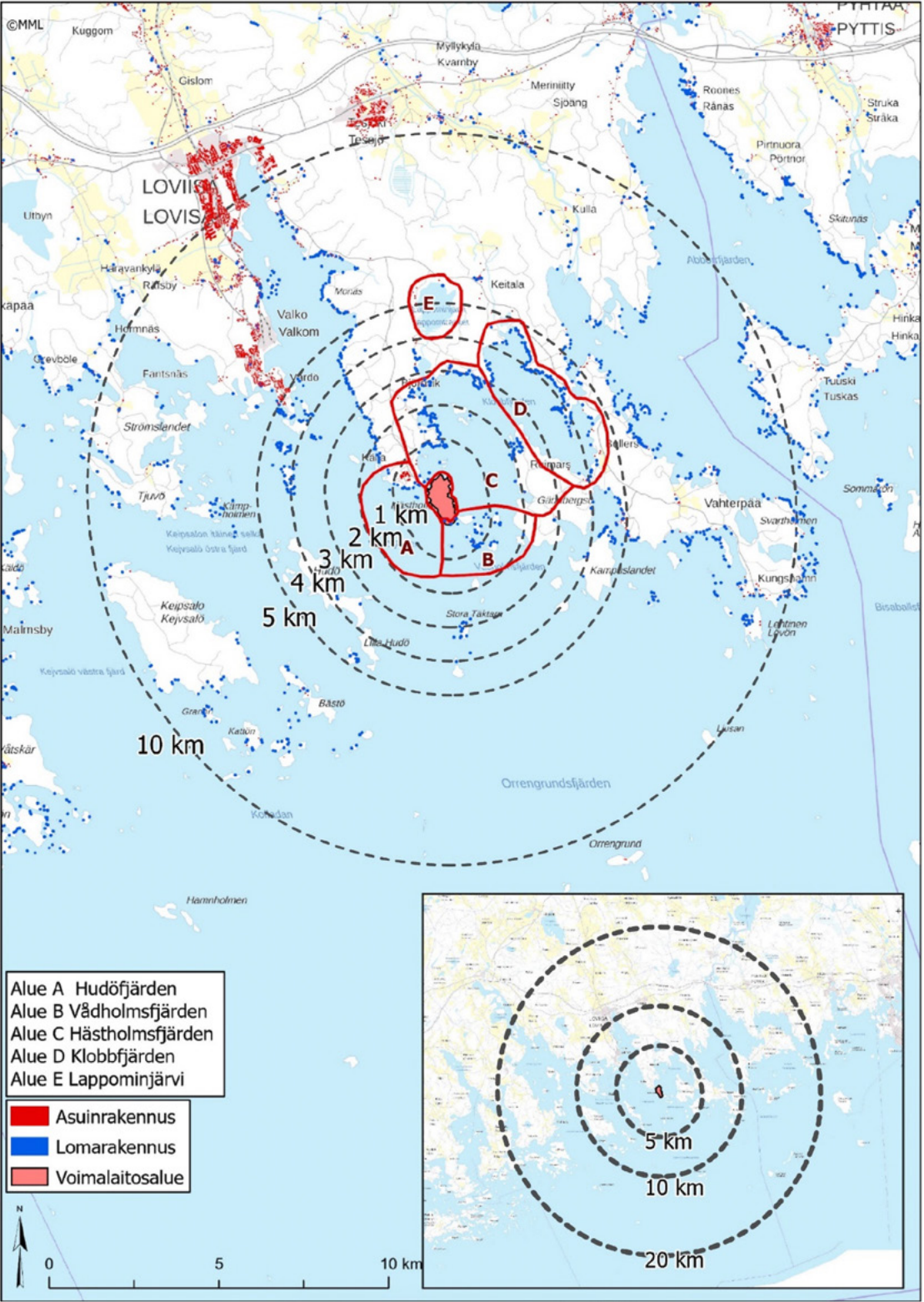
Lähin matkailukohde on Svartholman merilinnoitus, joka sijaitsee noin kahden kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta. Kauempana sijaitsevia muita matkailukohteita ovat Loviisan vanha kaupunki ja vierasvenesatama Laivasilta sekä Strömforsin ruukki. Svartholma on suosittu käyntikohde, jonne pääsee reittiliikennelaivan lisäksi myös omalla veneellä. Muita Loviisan vierasvenesatamia ja -laitureita ovat Bockhamn, Lillfjärden, Kabböle, Rönnäs ja Backstensstrand. Loviisan alueella toimii useita kalastus-, majoitus-, luonto- ja

aktiiviteettipalveluita tarjoavia yrityksiä. Matkailu alueella on ollut viime vuosina kasvussa, mutta alue ei kuulu maan keskeisiin matkailukohteisiin (Visit Loviisa 2021).

Loviisan kaupungin leirialue Källä sijaitsee voimalaitoksesta runsaan kilometrin etäisyydellä länteen. Leirialue on tarkoitettu kaupungin eri hallintokuntien, paikallisten yhdistysten ja yhteisöjen leiri-, retki-, ja virkistystoimintaan, jossa etusijalla on nuorisotoiminta. Loviisan vesialueilla on useita virkistyskohteita sekä maa-alueella ulkoilureittejä, luontopolkuja ja ulkoilualueita.

9.19.3.3 Asukkaiden alueiden käyttö

Asukaskyselyn vastaajista 228 henkilöllä on kyselyn jakealueella vakituinen asunto ja 190 henkilöllä vapaa-ajan asunto. Vastaajien vakituisten ja vapaa-ajan asuntojen etäisyys voimalaitoksesta on esitetty kuvassa 9-69. Lähiasukkaiksi kyselyssä määriteltiin vastaajat, jotka ilmoittivat asuvansa tai lomailevansa alle viiden kilometrin (0–4,9 km) etäisyydellä voimalaitoksesta. Lähiasukkaisiin laskettiin myös Lappominjärven rantakiinteistöjen asukkaat. Koko kyselyn



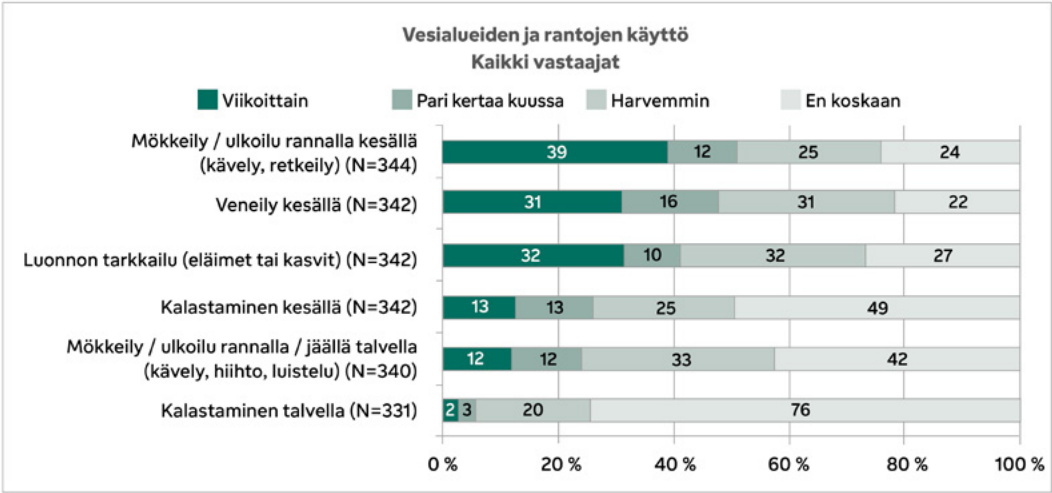
Kuva 9-70. Asukaskyselyn saatekirjeen kartta voimalaitoksen lähiympäristön vesialueista ja asutuksen sijoittumisesta. Etäisyyssektorit on laskettu Hästholmenin saaren rataviivasta.

vastaajista 36 % (129 vastaajaa) oli lähiasukkaita ja heistä neljäsosa oli vakituksia asukkaita. Vastanneista lähiasukkaista suurimmalla osalla vakituinen tai vapaa-ajan asunto sijaitsi Hästholmsfjärdenin tai Klobbfjärdenin alueella. Kyselyn saatekirjeen kartalle (Kuva 9-70) rajatut alueet olivat Hudöfjärden, Vådholmsfjärden, Hästholmsfjärden, Klobbfjärden ja Lappominjärvi.

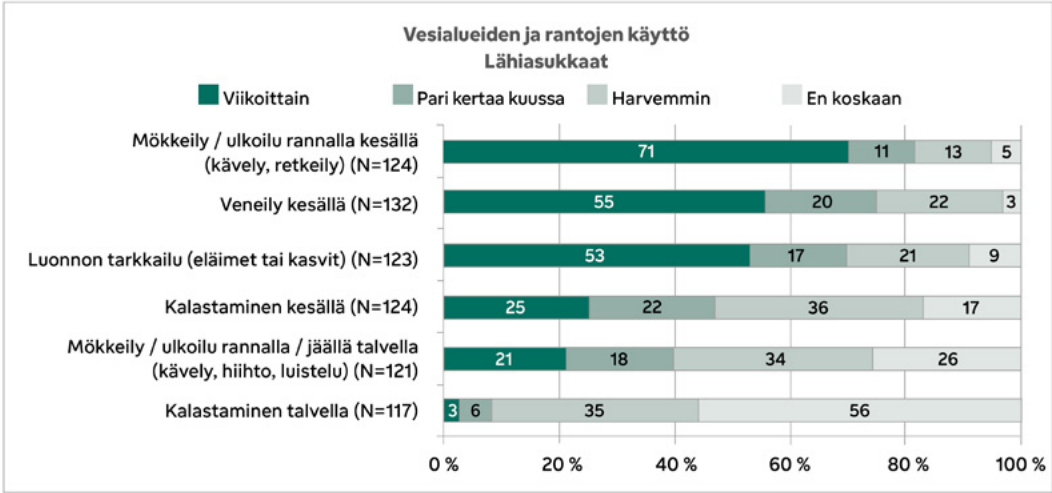
Asukaskyselyn mukaan asukkaat käyttävät ydinvoimalaitosta ympäröiviä vesialueita ja rantoja kesäisin mökkeilyyn ja ulkoiluun, veneilyyn sekä luonnon tarkkailuun (Kuva 9-71

ja Kuva 9-72). Kaikissa vastauksissa on tilastollisesti merkitsevä ero lähiasukkaiden ja kauempana asuvien vastaajien välillä lähiasukkaiden käyttäessä alueita aktiivisemmin. Vaikka suurin osa alle 5 km etäisyydellä voimalaitoksesta olevasta asutuksesta on vapaa-ajan asutusta, käytetään osaa vapaa-ajan kiinteistöistä ympäri vuoden. Yli kolmasosa lähiasukkaista kertoi mökkeilevänsä tai ulkoilevansa alueilla talvisin vähintään kuukausittain.

Lähiasukkaiden ja kauempana asuvien vastauksissa oli tilastollisesti merkitsevä ero, kysyttäessä vastaajien näkemystä



Kuva 9-71. Asukaskyselyn vastaajien näkemys voimalaitosalueen lähiympäristössä sijaitsevien vesialueiden ja rantojen käytöstä (kaikki vastaajat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).



Kuva 9-72. Asukaskyselyn vastaajien näkemys voimalaitosalueen lähiympäristössä sijaitsevien vesialueiden ja rantojen käytöstä (lähiasukkaat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).

vesialueiden tuntemisesta. Tutuimpia alueista olivat voimalaitoksen itä- ja koillispuolella sijaitsevat Hästholmsfjärden ja Klobbfjärden. Hieman alle puolet lähiasukkaista piti näitä alueita henkilökohtaisesti tärkeinä ja tuttuina, kun kauempana asuvista vastaajista näin koki noin 10 %.

Taulukossa 9-68 on esitetty vaikutuskohteen herkkyyks sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (ks. luku 9.1.4).

9.19.4 Asukkaiden näkemykset

9.19.4.1 Asukkaiden näkemykset nykyisen toiminnan vaikutuksista

Vastaajien näkemykset voimalaitoksen nykyisen toiminnan vaikutuksista lähialueilla vaihtelivat (Kuva 9-73 ja Kuva 9-74). Tu-
loksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja asunnon etäisyyden ja elämäntilanteen suhteen. Lähiasukkaat arvioivat nykyisen toiminnan vaikutuksia kauempana asuvia kielteisemmin.

Asukaskyselyn tulosten tarkastelussa on keskitytty lä-
hiasukkaiden vastauksiin niissä kysymyksissä, jotka koskevat toiminnan vaikutuksia voimalaitoksen lähialueella. Kielteisinä vaikutukset kokevien vastaajien osuus oli suurin kysymyk-
sissä, jotka koskivat vaikutuksia maisemaan, lämpimän

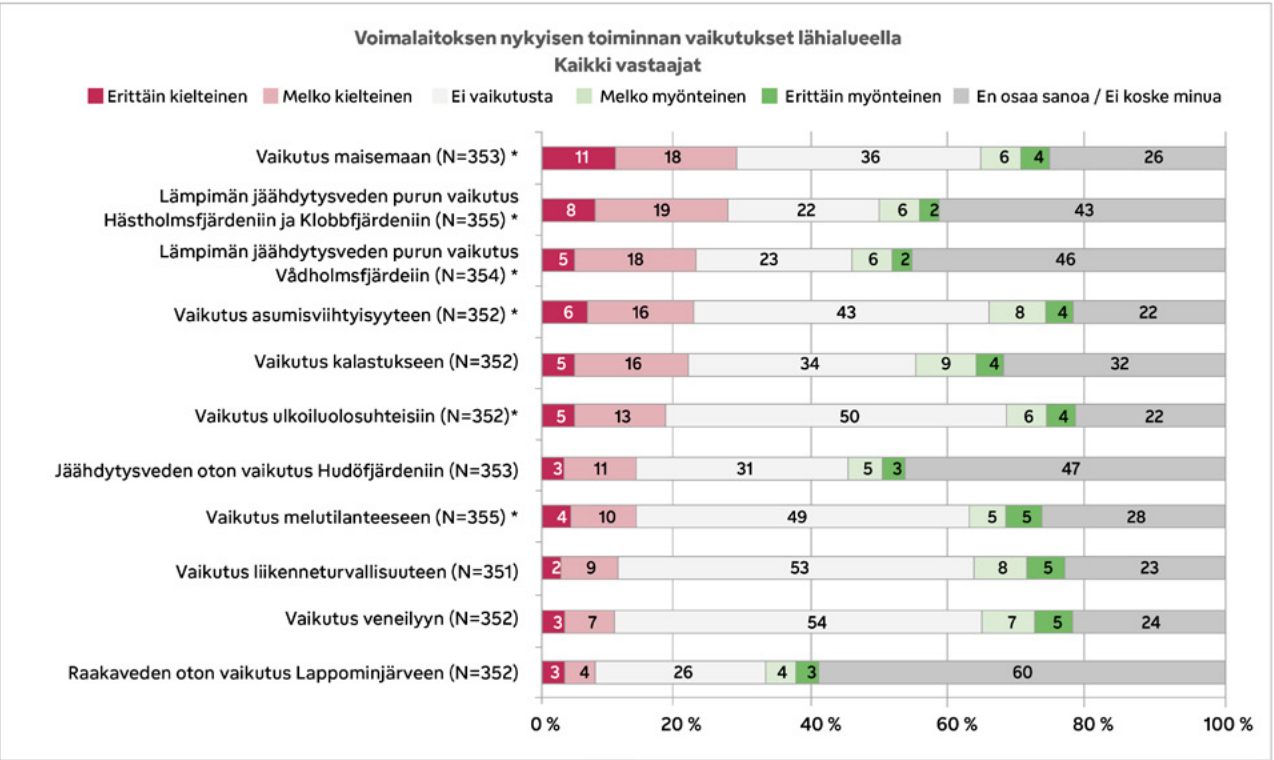
jäähdytysveden purun vaikutuksia Hästholmsfjärdeniin, Klobbfjärdeniin ja Vådholmsfjärdeniin, sekä vaikutuksia asuinviihtyvyyteen ja kalastukseen. Neutraalimmin vastaajat arvioivat veneilyyn, liikenneturvallisuuteen, ulkoiluolosuhteisiin ja melutilanteeseen kohdistuvia vaikutuksia (Kuva 9-73).

Avointen vastausten kommenteissa vastaajat saivat halutessaan tarkentaa vastauksiaan. Kielteisiä huomioita olivat rantojen rehevöityminen, vaikutukset jäällä liikkumi-
seen ja talvikalastukseen, voimalaitosalueen valonheittimien aiheuttama häikäisy sekä voimalaitokselta ajoittain kuuluva melu ja humina. Muutamissa kommenteissa koettiin liiken-
neturvallisuutta heikentävänä Atomitien suuret ajonopeudet ja liikennemäärät vuosihuollon aikaan sekä puuttuva kevyen liikenteen väylä. Toisaalta osa vastaajista kiitteli voimalaitok-
selle johtavien teiden hyvää kunnossapitoa, josta hyötyvät myös mökkiläiset. Huoli Lappominjärven ja Lappomvikenin rehevöitymisestä tuotiin myös esille muutamissa avoimis-
sa vastauksissa sekä yhdessä YVA -ohjelmasta annetussa mielipiteessä.

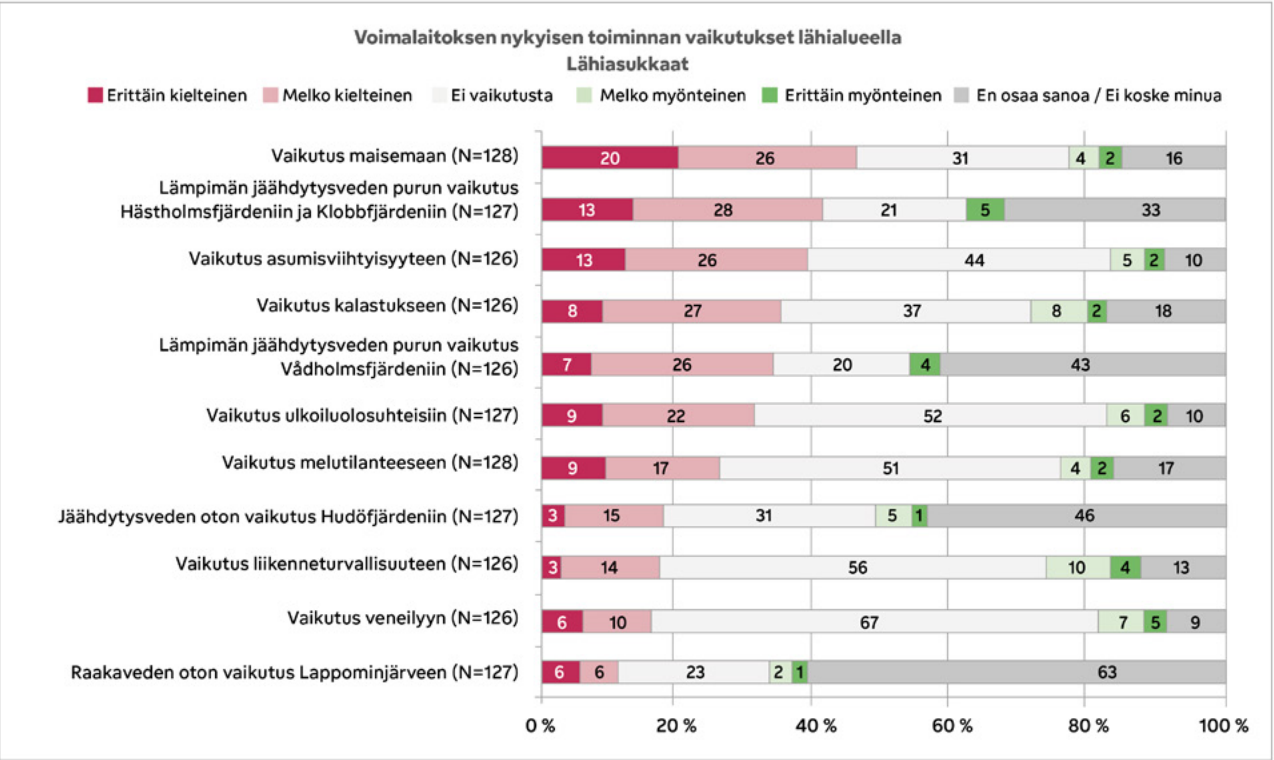
Voimalaitoksen lähialueen vesistöjä koskevissa kysymyk-
sissä on suuri “en osaa sanoa / ei koske minua” -vastausten määrä, joka kertoo siitä, että osa vastaajista ei ole osannut arvioida toimintojen vesistövaikutuksia.

Taulukko 9-68. Vaikutuskohteen herkkyyks: ihmisten elinolot ja viihtyvyys.

Vaikutuskohteen herkkyyks: ihmisten elinolot ja viihtyvyys	
Vaikutuskohteen herkkyyteen vaikuttaa alueen potentiaalisten haitankärsijöiden määrä sekä herkkien kohteiden, kuten koulujen, päiväkotien ja palvelutalojen sijoittuminen. Herkkyyttä lisää, mikäli alueella on harrastus- tai virkistyskäyttöarvoa tai maisemallisia arvoja, eikä vaihtoehtoisia alueita ole tarjolla. Altistuvien kohteiden lisäksi herkkyyteen vaikuttaa alueen nykyisten ympäristöhäiriöiden tilanne (esim. liikenne, melu) sekä ympäristön muutostila.	
Kohtalainen	Ydinvoimalaitosalueen ympärillä on viiden kilometrin etäisyydelle ulottuva suojavyöhyke. Tällä suojavyöhykkeellä ei esimerkiksi saa sijaita kohteita, joissa käy tai on huomattavia ihmismääriä, kuten kouluja, sairaaloita, hoitolaitoksia tai kauppia. Alle viiden kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta on runsaasti loma-asutusta. Loviisan vesialueilla on useita virkistyskohteita sekä maa-alueella ulkoilureittejä, luontopolkuja ja ulkoilualueita. Voimalaitoksen lähiympäristössä sijaitsee leirialue Källä sekä Svartholman merilinnoitus. Voimalaitosalue on sijainnut alueella pitkään ja sen rakentaminen on aiemmin muokannut Hästholmenin saarta ja sen ympäristöä, joten sopeutumiskyky muutoksiin on kohtalainen. Alue on pysynyt pitkään melko muuttumattomana ja siellä on nykyisin vain vähän ympäristöhäiriöitä, kuten melua aiheuttavia toimintoja.



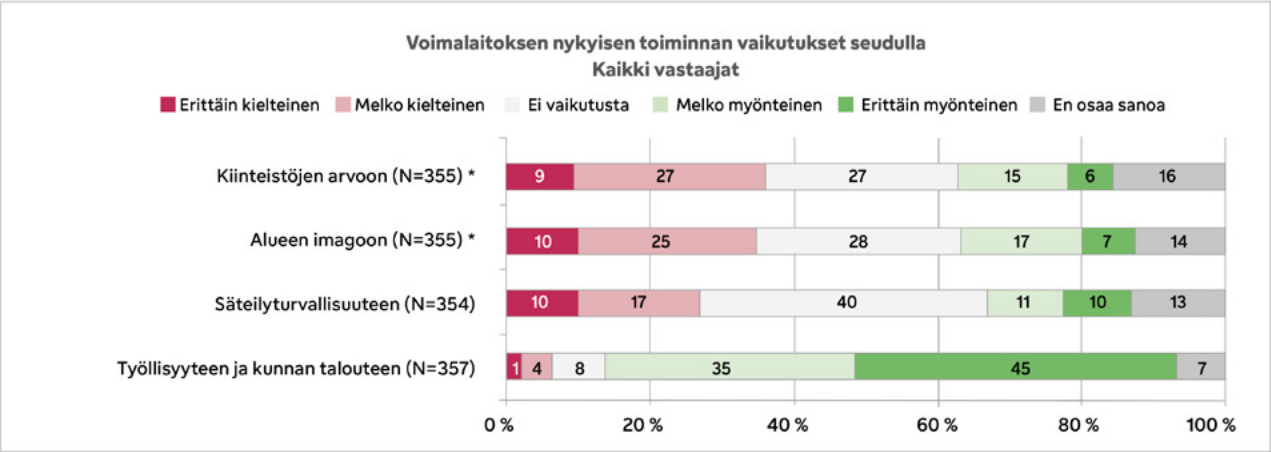
Kuva 9-73. Asukaskyselyn vastaajien näkemys voimalaitoksen nykyisen toiminnan vaikutuksista lähialueella (kaikki vastaajat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet, vastaajajoukon lukumäärä (N) ja tähdellä (*) asiat, joissa on vastaajaryhmittäin tilastol-
lisesti merkitsevää eroa asunnon etäisyyden suhteen



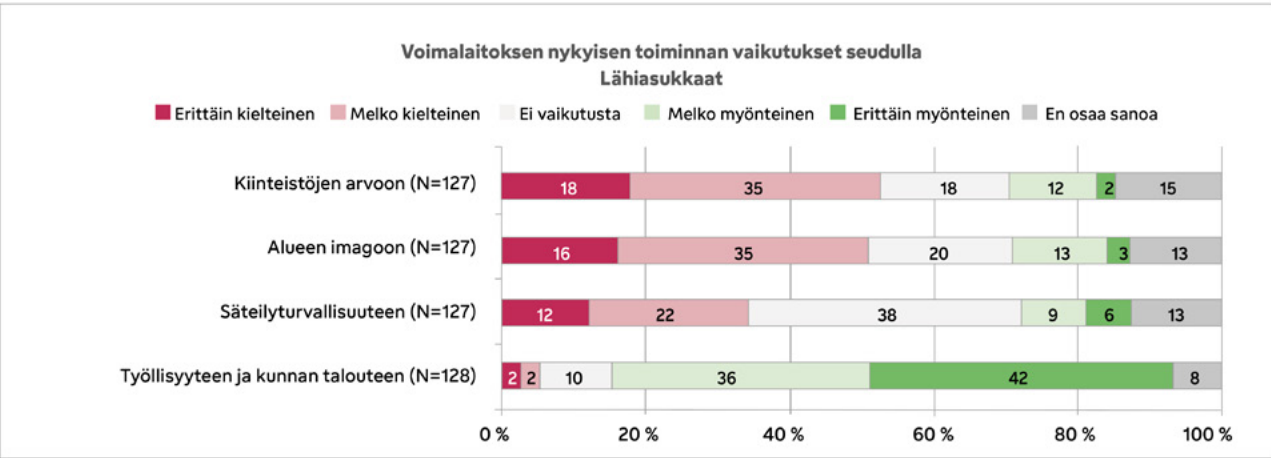
Kuva 9-74. Asukaskyselyn vastaajien näkemys voimalaitoksen nykyisen toiminnan vaikutuksista lähialueella (lähiasukkaat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).

Kysyttäessä nykyisen toiminnan vaikutuksia seudulla, suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että toiminnalla on myönteinen vaikutus työllisyyteen ja kunnan talouteen (Kuva 9-75 ja Kuva 9-76). Kysyttäessä vaikutuksista kiinteistöjen arvoon, alueen imagoon ja säteilyturvallisuuteen oli vastauksissa enemmän hajontaa myönteisten, neutraalien ja kielteisten näkemysten välillä. Lähiasukkaat arvioivat vaikutukset kiinteistöjen arvoon ja alueen imagoon kielteisemmin kuin kauempana asuvat.

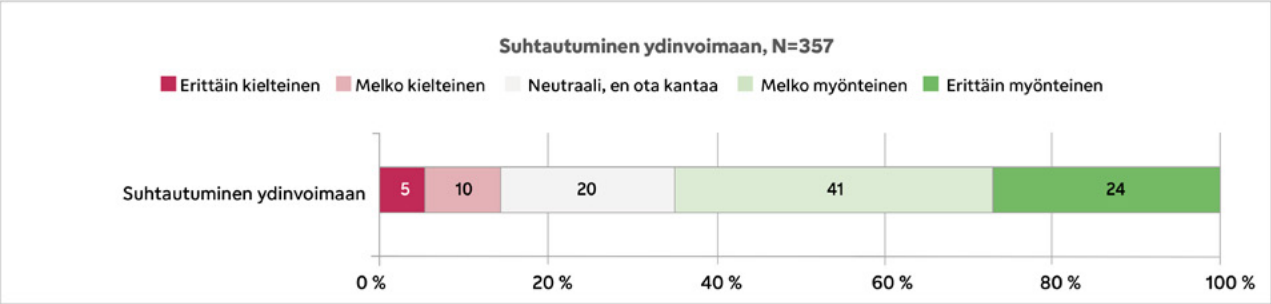
Asukaskyselyssä vastaajilta kysyttiin suhtautumista ydinvoimaan yleisellä tasolla. Vastaajista kolme neljäsosaa kertoi suhtautuvansa myönteisesti ydinvoimaan (Kuva 9-77).



Kuva 9-75. Asukaskyselyn vastaajien näkemys voimalaitoksen nykyisen toiminnan vaikutuksista seudulla (kaikki asukkaat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet, vastaajajoukon lukumäärä (N) ja tähdellä (*) asiat, joissa on vastaajaryhmittäin tilastollisesti merkitsevää eroa asunnon etäisyyden suhteen.



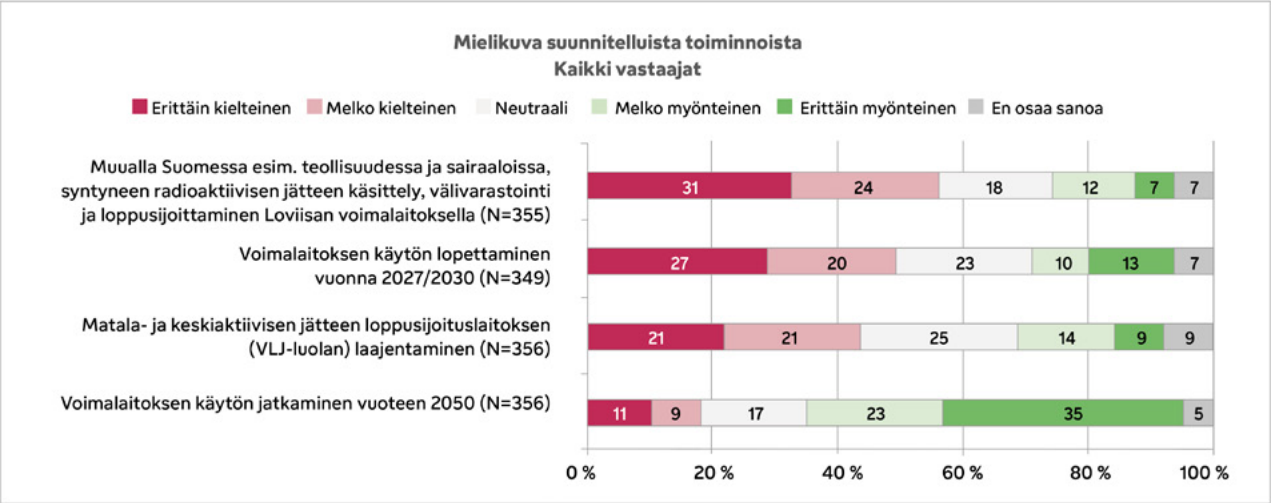
Kuva 9-76. Asukaskyselyn vastaajien näkemys voimalaitoksen nykyisen toiminnan vaikutuksista seudulla (lähiasukkaat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).



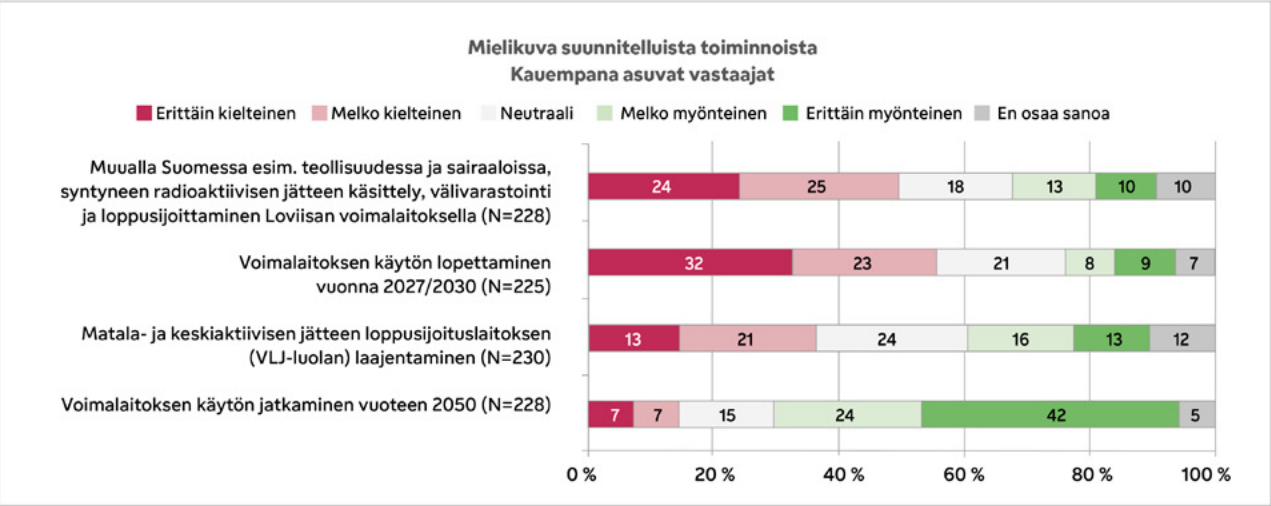
Kuva 9-77. Vastaajien suhtautuminen ydinvoimaan. Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet.

9.19.4.2 Asukkaiden näkemykset suunnitelluista toiminnoista

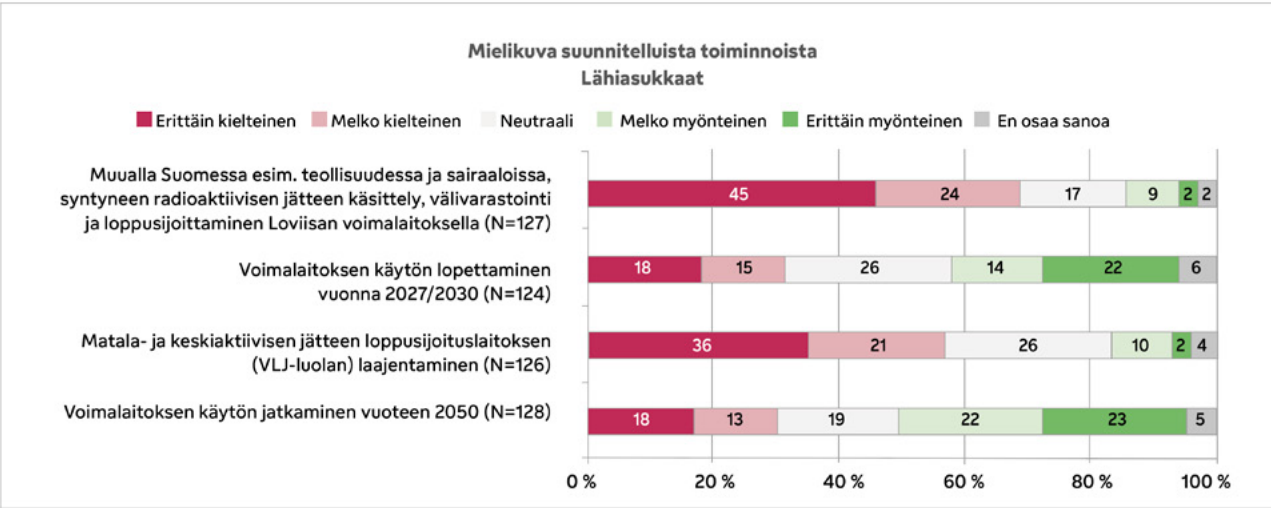
Asukaskyselyn vastaajien mielikuvat suunnitelluista toiminnoista vaihtelivat, mutta myönteisimmin vastaajat suhtautuivat voimalaitoksen käytön jatkamiseen vuoteen 2050 (Kuva 9-78, Kuva 9-79 ja Kuva 9-80). Kaikissa vastauksissa oli tilastollisesti merkitsevää eroa lähiasukkaiden ja kauempana asuvien vastaajien välillä. Lähiasukkaat suhtautuivat kauempana asuvia kielteisemmin muihin toimintoihin paitsi käytön lopettamiseen vuonna 2027/2030.



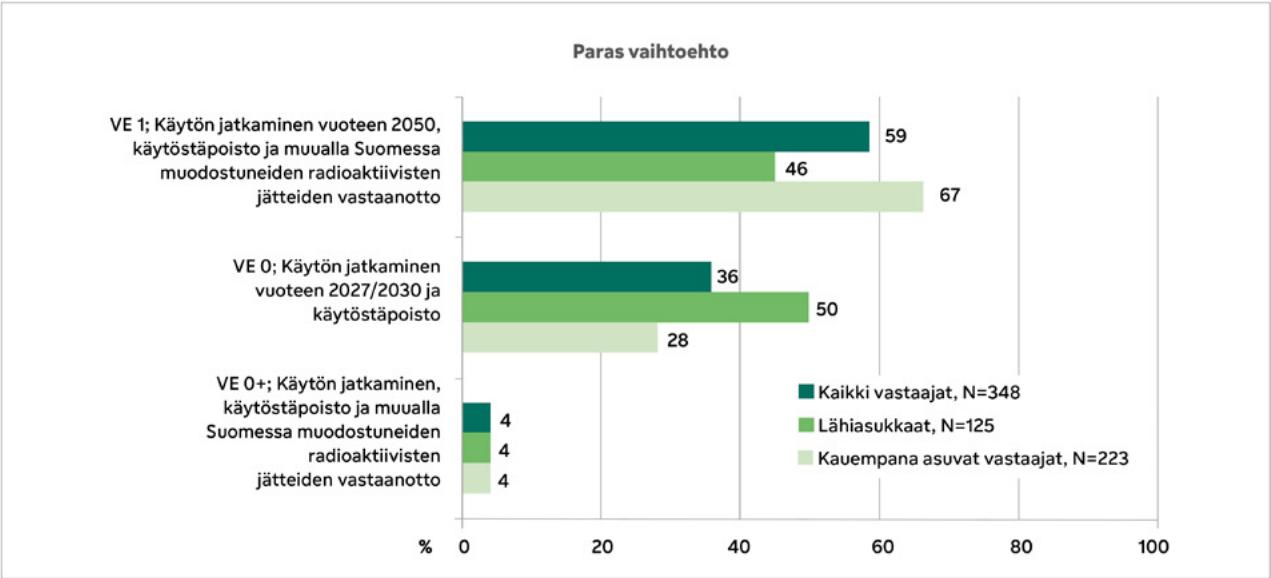
Kuva 9-78. Asukaskyselyn vastaajien mielikuva suunnitelluista toiminnoista (kaikki vastaajat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).



Kuva 9-79. Asukaskyselyn vastaajien mielikuva suunnitelluista toiminnoista (kauempana asuvat vastaavat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).



Kuva 9-80. Asukaskyselyn vastaajien mielikuva suunnitelluista toiminnoista (lähiasukkaat). Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).



Kuva 9-81. Asukaskyselyn vastaajien näkemys parhaasta vaihtoehdosta. Kuvaan on merkitty vastaajaryhmien prosenttiosuudet ja vastaajajoukon lukumäärä (N).

Lähes kolme neljäsosaa lähiasukkaista suhtautui kielteisesti muualla Suomessa syntyneen radioaktiivisen jätteen käsittelyyn, välivarastointiin ja loppusijoitukseen Loviisan voimalaitoksella. Myös VLJ-luolan laajentamiseen suhtautui kielteisesti yli puolet lähiasukkaista.

Asukaskyselyn kaikkien vastaajien keskuudessa käytön jatkaminen sai enemmän kannatusta kuin käytön lopettaminen (Kuva 9-81). Tuloksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja lähiasukkaiden ja kauempana asuvien välillä. Kauempana asuvista selkeä enemmistö kannatti käytön jatkamista, mutta lähiasukkaiden vastaukset jakautuivat tasaisemmin käytön jatkamisen ja käytön lopettamisen välillä.

Kun vastaajien näkemystä parhaasta hankevaihtoehdosta analysoitiin ottaen huomioon suhtautuminen ydinvoimaan, havaittiin vastaajien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Käytön jatkamista kannatti myönteisesti ydinvoimaan suhtautuvista 78 % ja neutraalisti suhtautuvista 34 %. Käytöstäpoistoa kannatti kielteisesti ydinvoimaan suhtautuvista 86 % ja neutraalisti suhtautuvista 57 %. Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto sai kaikkien ryhmien keskuudessa vähän kannatusta.

Kuten kyselyn vastauksista nähdään, vastaajien näke-

myksissä on paljon vaihtelua. Ydinvoimalaitoksen toimintaan liittyy epävarmuuksien ja huolen lisäksi myös myönteisiä näkökulmia.

Useissa avoimissa kommentteissa oltiin tyytyväisiä voimalaitoksen nykyiseen toimintaan ja kannatettiin toiminnan jatkamista. Voimalaitoksen myönteinen merkitys Loviisan kaupungin taloudelle ja työllisyydelle nousi esille useissa kommentteissa. Osa toiminnan jatkamiseen myönteisesti suhtautuvista vastaajista piti tärkeänä olemassa olevan voimalaitoksen ja vuosien kuluessa kertyneen ydinvoima-asiantuntemuksen hyödyntämistä tulevassa toiminnassa. Voimalaitoksen toiminnan jatkaminen nähtiin myös kannatettavana energiantuotantomuotona siihen saakka, kunnes ydinvoimalla tuotetun energian korvaamiselle uusiutuvilla energiamuodoilla on edellytyksiä.

”Toivottavasti voimalaitos jatkaa toimintaansa. Se tarjoaa kaivattuja työpaikkoja alueelle. Ydinjätteen sijoitus tänne ei ole houkuttelevaa.”

”Jossainhan sähköä on tuotettava (mahd. pienillä ilmasto-vaikutuksilla) ja Loviisan laitos on jo paikallaan ja hyvin toimi-

nut, joten toiminnan jatkaminen on minusta hyvä vaihtoehto. Olettaen että käytön jatkamiseen liittyvät huolto ja korjausinvestoinnit tehdään asiallisesti.”

”Hyvän laitoksen koko elinkaari kannattaa hyödyntää mahdollisimman hyvin, turvallisuusasiat huomioiden.”

”Ydinvoimalaitos on tärkeä Loviisan kaupungille mm. työllisyyden kannalta. Merkittävänä asiana tulevaisuuden kannalta tulisi selvittää lauhdevesien lämmön hyödyntäminen esim. kiinteistöjen lämmityksessä Loviisassa tai muissa lähikaupungeissa.”

”Ennen vanhaan olin epävarma ja pelkäsin turvallisuutta. Nykyään luotan siihen, että turvallisuus maksimoidaan. Vaihtoehtoja, mistä kyllin rajoitettu ja harvat puhtaita. Tarvitsemme erilaisia, joista ydinvoima yksi.”

”Loviisan voimalaitoksella on kaikki edellytykset jatkaa turvallista ydinenergian tuottamista aina 2050 vuoteen asti. Myös osaamista radioaktiivisen jätteen varastointiin kannattaa hyödyntää.”

”En kannata uuden ydinvoiman rakentamista. Vanhojen laitosten käyttöä tulee kuitenkin jatkaa niin kauan, kun ne ovat turvallisia ja ilmastokysymykset / uusiutuvan energian riittävyys on ratkaistu.”

Kyselyn vastauksista nähdään myös, kuinka etenkin VLJ-luolan laajentaminen ja muualla Suomessa syntyneen radioaktiivisen jätteen käsittely ja loppusijoitus herätti huolta, mikä näkyi myös avoimissa vastauksissa. Useissa kommentteissa kannatettiin toiminnan jatkamista vuoteen 2050 ilman muualta tuotua radioaktiivista jätettä. Muutamilla avoimen kommentin jättäneillä vastaajilla oli käsitys, että Loviisan alueelle sijoitettaisiin muista ydinvoimalaitoksista tuotua radioaktiivista jätettä. Ikääntyvän ydinvoimalaitoksen toimintaan ja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyvät epävarmuudet ja riskit tuotiin esille myös YVA-ohjelmasta anetuissa mielipiteissä. Epätietoisuus ja epävarmuus käsiteltävän ja loppusijoitettavan radioaktiivisen jätteen sisällöstä ja vaikutuksista tulevaisuudessa voi aiheuttaa vastaajissa ristiriitaisia tunteita.

”Käytön jatkaminen vuoteen 2050 ok, mutta omasta takaa syntyneessä jätteessä riittävästi huolehdittavaa.”

”Ristiriitainen tunne; energia tarve ei vähene ja jos/kun Loviisan yksiköt poistuvat, jossain muualla jollain muulla tavalla energiaa pitää tuottaa kuitenkin.”

”Suomessakaan seisminen stabiliteetti ja peruskallion eheys ei ole täydellisiä, miksi jätteet laitettaisiin meren rantaan, josta aikojen saatossa pääsisivät meren kautta laajalti saastuttamaan.”

”Emme kannata Loviisan ydinvoimalan käytön jatkamista post 2030. Itäinen sijainti ja ydinvoiman vanhanaikaisuus on johtanut tähän mielipiteeseen, Ydinvoima tuntuu tarpeettoman vaikealta ja raskaalta myös loppusijoituksen näkökulmasta.”

Loviisan voimalaitos on ollut toiminnassa jo pitkään ja asukkailla on käsitys voimalaitoksen käytön aikaisista vaikutuksista, jotka kohdistuvat pääosin lähialueille. Voimalaitoksen vaikutukset seudun talouteen ja työllisyyteen nähdään myönteisinä ja ne vaikuttavat myös siihen, että useat asukkaat kannattavat toiminnan jatkamista vuoteen 2050 asti. Osa vastaajista, jotka kannattavat käytön jatkamista, suhtautuvat kuitenkin kielteisesti VLJ-luolan laajentamiseen. Hanke aiheuttaa samanaikaisesti toiveita myönteisistä talous- ja työllisyysvaikutuksista sekä epävarmuutta ja huolta liittyen esimerkiksi ydinjätteen käsittelyyn ja loppusijoituksen turvallisuuteen sekä toiminnan vaikutuksiin lähialueilla.

Ihmisten kokemat huolet tai odotukset voidaan tulkita vaikutuksiksi tai indikaattoriksi sellaisista vaikutuksista, joita ihmiset yleisesti pitävät tärkeinä, koska ne muuttaisivat heidän elinympäristöään. Huolet ja odotukset ovat yleensä suurimmillaan hankkeen suunnitteluvaiheessa, jolloin tilaa spekuloinnille on enemmän, suunnittelu on vielä kesken eikä kaikkia päätöksiä ole tehty. Kun mahdollinen rakentaminen, purkutoiminta tai muu toiminta käynnistyy ja mahdolliset vaikutukset alkavat toteutua, odotukset ja huolet alkavat yleensä vähentyä, mikäli haittavaikutuksia ei ilmene ja epävarmuuden tilalle saadaan tarkempaa ja konkreettisempaa tietoa. Kokemukseen ja huolen voimakkuuteen voi vaikuttaa se, missä valossa Loviisan ydinvoimalaitoksen toimintaa tai yleisemmin ydinvoimaan liittyviä kysymyksiä käsitellään julkisuudessa ja yhteisön keskuudessa. Ihmiset voivat myös muuttaa käsityksiään hankkeen ajanakin, esimerkiksi vuorovaikutuksen, lisäinformaation, vaikutusarviointien tulosten ja uutisoinnin perusteella. Huolia tai odotuksia pidetään sosiaalisina vaikutuksina sellaisinaan, riippumatta asiantuntija-arvioiden tuloksista ja vastaanottajien näihin liittyvästä tietämyksestä, koska ne aiheuttavat tietynlaisia vaikutuksia vastaanottajaan.

9.19.5 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkamisen vaikutukset muodostuvat pääosin kuten voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa. Ihmisten elinoloihin ja viihtyvyYTEEN vaikuttavia toimintoja ovat etenkin lämpimien jäähdytysvesien purun vaikutus Hästholmsfjärdenin vesistön virkistyskäyttöön, voimalaitosrakenteiden näkyminen maisemassa, toiminnan aiheuttamat lähialueiden käyttörajoitukset, liikenne voimalaitosalueelle johtavilla teillä sekä työllisyys- ja aluetalousvaikutukset, jotka heijastuvat myös väestörakenteeseen. Sosiaalisia vaikutuksia ovat myös käytön jatkamisen asukkaissa mahdollisesti aiheuttamat huolet ja odotukset sekä vaikutukset paikalliseen identiteettiin. Käytön jatkamisen aikana alueella voidaan tehdä mahdollisia muutos- ja lisärakennustöitä, joista voi aiheutua voimalaitoksen lähiympäristöön tärinä-, melu-, maisema-, ilmanlaatu- ja liikennevaikutuksia.

Käytön jatkamisen sosiaaliset vaikutukset muodostuvat pääosin kuten voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa, mutta jatkuvat noin 20 vuotta nykyisen lupajakson päättymisen jälkeen, eli noin vuoteen 2050.

Asukaskyselyssä voimalaitoksen nykyisen toiminnan kielteisimpinä vaikutuksina lähialueilla koettiin vaikutukset maisemaan, lämpimän jäähdytysveden purun vesistövaikutukset sekä vaikutukset asuinvihtyvyYTEEN ja kalastukseen.

Voimalaitoksen rakentaminen on 1970-luvulta lähtien muokannut Hästholmenin saarta ja sen ympäristöä, ja voimalaitos on ollut maisemassa näkyvä elementti useiden vuosikymmenten ajan. Osa alueella asuvista ja lomailevista on vuosien saatossa tottunut voimalaitoksen näkymiseen maisemassa, mutta asukaskyselyssä lähiasukkaista lähes puolet kokivat yhä voimalaitoksen vaikutukset maisemaan kielteisinä. Häiritseväenä on koettu myös voimalaitosalueen kirkas valaistus. Vapaa-ajan asunnon pihapiirin ohella voimalaitos voi näkyä maisemassa myös silloin, kun asukkaat ja muut virkistyskäyttäjät käyttävät voimalaitosta ympäröiviä vesialueita esimerkiksi veneilyyn tai virkistyskalastukseen. Käytön jatkamisen vaihtoehdossa maisemavaikutukset jatkuvat pääosin nykyisen kaltaisina. Alueelle mahdollisesti rakennettavat lisärakennusten aiheuttamat maisemalliset muutokset ovat vain vähäisiä ja kohdistuvat pääosin voimalaitoksen läheisyyteen (ks. luku 9.3).

Voimalaitoksen käytön jatkamisen vaikutukset lähialueiden asuinvihtyvyYTEEN sekä vesialueiden ja lähellä sijaitsevien virkistyskohteiden, kuten Svartholman merilinnoituksen ja Källan leirialueen, käyttöön pysyvät nykyisen kaltaisina. Asukkaiden mahdollisesti kokema haitta pysyy ennallaan. Jäähdytysveden purkaminen Hästholmsfjärdeniin on

vaikuttanut voimalaitoksen lähialueilla asuvien ja lomailevien elämään useiden vuosikymmenten ajan. Vesistövaikutusarvioinnin (ks. luku 9.3) mukaan jäähdytysveden aiheuttama lämpökuorma on vaikuttanut jääpeitteen laajuuteen ja voinut osaltaan voimistaa myös Hästholmsfjärdenin rehevöitymistä. Tosin rehevöityminen on myös yleisesti lisääntynyt koko Suomenlahden alueella. Vesistövaikutusarvioinnin mukaan jäähdytysveden aiheuttama lämpövaikutus saattaa vähäisessä määrin voimistaa rehevyyttä pitkällä aikavälillä paikallisesti ja lähinnä Hästholmsfjärdenin alueella. Lämpökuormituksen lisäksi jääpeitteen laajuuteen ja merialueen käyttöön talviaikana voi vaikuttaa leutojen talvien yleistyminen. Kalastovaikutusten arvioinnin (ks. luku 9.17) perusteella lämpötilan noususta hyötyvät kasvukauden pitenemisen myötä esimerkiksi ahven, kuha ja särkikalat. Samalla lämpötilan nousu voi tuoda alueelle vieraslajeja, jotka voivat syrjäyttää paikallisia kalalajeja.

Lämpimän jäähdytysveden purkamisen jatkuessa alueen vesistöjen virkistyskäyttöarvo ja ranta-alueiden asuinvihtyvyys säilyy pääosin nykyisellään, mutta kun huomioon otetaan myös ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset, voi esim. Hästholmsfjärdenin virkistyskäyttöarvo tulevaisuudessa hieman heikentyä erityisesti jäätilanteen osalta. Huonontuva jäättilanne voi heikentää mahdollisuuksia jäällä liikkumiseen ja talvikalastukseen.

Suunnitelmien mukaan voimalaitoksen käyttövesi hankitaan tulevaisuudessa edelleen Lappominjärvestä joko kokonaan kuten nykyisin tai Lappominjärven vedenotto korvataan osittain muulla käyttöveden hankinnalla. Käytön jatkamisella ei vesistövaikutusten arvioinnin mukaan arvioida olevan vaikutusta Lappominjärven nykytilaan.

Nykyisen toiminnan liikennevaikutukset ovat suurimmillaan kesällä vuosihuoltojen aikaan, jolloin osa asukkaista on kokenut liikenneturvallisuuden heikentyneen liikenteen lisääntyessä voimalaitoksille johtavilla teillä. Vuosihuollot ovat kestoltaan 2–8 viikkoa ja ne pidetään heinä- ja lokakuun välillä. Liikennevaikutusten arvioinnin (ks. luku 9.4) mukaan käytön jatkuessa vaikutukset olisivat nykyisen kaltaisia. Myös melu- ja tärinävaikutusten arvioinnin (luvut 9.5 ja 9.6) mukaan vaikutukset säilyvät pääosin nykyisen kaltaisina, mutta mahdollisten lisärakennusten rakentamisaikana voi syntyä tilapäistä melua tai tärinää. Osa lähiasukkaista on kokenut voimalaitokselta tulevan huminan, ja vuosihuoltojen aikaan kuuluvat äänet häiritsevinä. Asukkaiden mahdollisesti kokema haitta pysyy ennallaan. Mahdollisesta lisärakentamisesta voi koitua hieman lisähaittaa.

Aluetalousvaikutusten arvioinnin (ks. luku 9.13) mukaan Loviisan alueella on yksipuolinen elinkeinorakenne ja korkea työttömyys. Käytön jatkamisella olisi myönteinen työllisyysvaikutus sekä Loviisan seutukunnassa että laajemmin sen ulkopuolella. Käytön jatkamisella voi olla myönteisiä vaikutuk-

sia alueen väestörakenteeseen, jos voimalaitoksen toiminta työllistää työikäistä väestöä ja saa heitä pysymään alueella.

Voimalaitoksen ympärillä on 5 km suojavaYöhyke, jolla ei saa sijaita herkkiä kohteita kuten kouluja tai terveyskeskuksia. Lisäksi voimalaitoksen lähiympäristön merialuetta valvotaan ja maihinnousu voimalaitosalueelle on kielletty. Käytön jatkuessa rajoitukset pysyvät ennallaan. Alle 5 km etäisyydellä voimalaitoksesta sijaitsee vajaa 500 loma-asuntoa, joista osa on käytössä ympäri vuoden. Voimalaitoksen lähialueilla on paljon pitkäaikaisia asukkaita, sillä kyselyyn vastanneista noin puolet kertoi asuneensa tai lomailleensa alueella yli 40 vuotta. Osa lähiasukkaista arvioi voimalaitoksen nykyisen toiminnan vaikuttavan kielteisesti kiinteistöjen arvoon. Voimalaitoksen läheisyys ja epävarmuus tulevasta voi heijastua kiinteistöjen houkuttelevuuteen erityisesti voimalaitoksen lähialueilla.

Ydinvoimalaitoksen toimintaan liittyvät riskit voivat aiheuttaa huolta ydinenergian turvallisuudesta sekä lähialueella että laajemmin Suomen väestötasolla ja myös valtion rajojen ulkopuolella. Ydinturvallisuutta on kuvattu tarkemmin luvuissa 7.5-7.8, vakavan reaktorionnettomuuden vaikutuksia luvussa 9.21 ja muita poikkeus- tai onnettomuustilanteita luvussa 9.22. Toiminnan jatkuessa huoli onnettomuusriskeistä jatkuu ja voi lisääntyä laitoksen ikääntyessä. Lisäksi toiminnan jatkuessa alueella välivarastoitavan käytetyn ydinpoltoaineen määrä ja VLJ-luolaan loppusijoitettavan matala- ja keskiaktiivisen radioaktiivisen jätteen määrä kasvaa, mikä voi lisätä mahdollista huolta jätteiden käsittelyyn liittyvistä turvallisuusriskeistä.

Käytön jatkamisen sosiaalisten vaikutusten muutoksen suuruus arvioidaan kokonaisuutena vähäisiksi kielteisiksi, kun huomioon otetaan voimalaitoksen lisäkäyttövuoDET.

9.19.6 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytöstäpoistovaiheessa vaikutuksia elinoloihin ja viihtyvyYTEEN syntyy lähinnä VLJ-luolan laajennukseen liittyvistä louhinnoista, louheen murskauksesta ja kuljetuksista, rakennusten purkutöistä ja mahdollisesta betonin murskauksesta sekä raskaasta liikenteestä niin voimalaitosalueelle johtavilla teillä kuin voimalaitosalueella. Hästholmsfjärdeniin johdettavan lämpimän jäähdytysveden määrä ja lämpökuorma vähenee ja lopulta lakkaa, mikä vaikuttaa vesistön virkistyskäyttöön. Voimalaitoksen toiminnan päättymisen voi aiheuttaa muutoksia paikalliseen identiteettiin. Sosiaalisia vaikutuksia ovat myös käytöstäpoiston asukkaissa mahdollisesti aiheuttamat huolet ja odotukset.

Voimalaitoksen nykyinen toiminta on ollut pitkäkestoista. Vaikka erityisesti osa lähialueilla asuvista ja lomailevista on kokenut haittaa nykyisestä toiminnasta, ovat nykyisen toiminnan vaikutukset pysyneet pääosin samankaltaisina. Voimalaitoksen käytöstäpoisto aiheuttaa selkeän ja havaittavan muutoksen voimalaitoksen alueella tapahtuviin toimintoihin ja niistä aiheutuviin vaikutuksiin käytöstäpoiston eri vaiheissa. Kokonaisuudessaan käytöstäpoiston eri vaiheet kestävät useita vuosikymmeniä. Kestoltaan pitkäaikainen muutos voi synnyttää asukkaissa epävarmuutta tulevasta sekä siihen liittyviä huolia ja odotuksia.

Loviisan voimalaitos on Suomen ensimmäinen ydinvoimalaitos. Se on sijainnut alueella 1970-luvulta lähtien ja muodostunut osaksi Loviisan alueen identiteettiä. Voimalaitoksen käytöstäpoisto ja sähköntuotannon päättyminen voi aiheuttaa muutoksia paikalliseen identiteettiin. Muutokset voivat olla sekä myönteisiä että kielteisiä ja niihin vaikuttaa myös käytöstäpoiston pitkä ajallinen kesto. Käytöstäpoistoon liittyvät suunnitelmat ja sen aiheuttamat tulevat muutokset toiminnassa voivat nostaa asukkaissa esiin huolia muutoksen vaikutuksista Loviisan seudun elinvoimaisuuteen, kun käytöstäpoiston lopputilanteessa poistuvat sekä toiminnan aiheuttamat haitat että hyödyt.

VLJ-luolan laajennus

VLJ-luolan laajennus kestää arvioiden mukaan noin 3 vuotta ja se tehdään voimalaitoksen yhä ollessa toiminnassa. VLJ-luolan laajennukseen liittyvät räjäytystyöt sekä mahdollinen louhitun kiviaineksen murskaus ja kuljetus välivarastotavaksi joko voimalaitosalueelle tai muualle aiheuttaa melu-, liikenne-, tärinä- ja pölyvaikutuksia.

Tärinävaikutusten arvioinnin mukaan louhinnan räjäytykset suunnitellaan siten, ettei voimalaitoksen ja VLJ-luolassa jo oleville radioaktiivisille jätteille aiheudu haittaa. Lisääntyvät raskaan liikenteen kuljetukset voivat hieman lisätä liikenteestä aiheutuvaa tärinää aivan teiden lähiympäristöön. Käytöstäpoiston tärinävaikutukset on arvioitu vähäisiksi kielteisiksi. Myös kallion sisällä tehtävistä räjäytyksistä aiheutuvan melun ja pölyn leviäminen voimalaitosalueen ulkopuolelle arvioidaan vähäisiksi.

Vaikka räjäytystöiden tärinän ja melun ei arvioida haittaavan asumista eikä virkistystä, voi asukkailla kuitenkin syntyä huolta räjäytystöiden vaikutuksista. Ihmisten kokemaan tärinän häiritsevyyteen vaikuttavat pelkän tärinän suuruuden lisäksi ne olosuhteet, joissa tärinää havaitaan. Tärinän kokemus on yksilöllistä. Tärinä voidaan kokea haitalliseksi erityisesti silloin, jos myös tärinälhteestä aiheutuva melu koetaan haitalliseksi.

Meluvaikutusten arvioinnin mukaan VLJ-luolan laajentamisen merkittävin melulähde on louheen kuljettaminen. Lisäksi jos louheen murskausta tehdään maan pinnalla, eikä maan alla VLJ-luolassa, voi melu olla kuultavissa hetkellisesti lähisaarilla ja mantereella. Louheen murskaus ei ole jatkuvaa, vaan sitä tehdään tarpeen mukaan ajoittaisesti. Jos louhetta välivarastoidaan voimalaitosalueella, aiheutuu sen sijoittamisesta hetkellistä meluvaikutusta lähiympäristöön. Jos louhe kuljetetaan välivarastoitavaksi muualle, lisää se liikenteen melu-, tärinä- ja ilmanlaatuvaikutuksia kuljetusreittien varrella.

Esimerkiksi ajoneuvojen lastauksen yhteydessä syntyy satunnaisia kolahdusääniä, jotka ovat lyhytkestoisia, mutta jotka voidaan kokea hyvin häiritseviksi. Sama koskee työ-koneiden peruutushälytinten ääniä. Melun kokeminen on subjektiivista, joten yksilöiden äänikokemukset poikkeavat lähtökohtaisesti toisistaan. Melun kokemiseen vaikuttavat myös muun muassa odotukset ja toiveet ympäristön äänimaisemasta. Melun häiritsevyyteen vaikuttavat melun akustisten ominaisuuksien lisäksi tilanteeseen ja olosuhteisiin liittyvät tekijät, kuten altistuneen elinolut, yksilön mahdollisuus vaikuttaa melulähteeseen sekä meluun liittyvät psykologiset tekijät, kuten ennakoasenteet ja suhtautuminen melulähteeseen sekä siihen liittyvät pelot ja huolet (Jauhiainen ym. 2007). Voimalaitosta ympäröivien vesialueiden rannoilla on runsaasti loma-asutusta ja vesialueita käytetään virkistykseen, joten on todennäköistä, että ainakin osa vapaa-ajan asukkaista voi kokea voimalaitosalueella syntyvät raskaan liikenteen ja työ-koneiden äänet häiritsevinä.

Meluvaikutusten arvioinnin mukaan toiminnan suunnittelussa hyödynnetään kokemuksia, joita on kerätty voimalaitosalueella aiemmin tehdyn VLJ-luolan louhinnan yhteydessä. Meluvaikutukset ja niiden vähentämiskeinot ovat selvillä, ja niiden perusteella toiminta suunnitellaan siten, että meluvaikutuksia voidaan lieventää. Louheen välivarastointi voimalaitosalueella tai sen ulkopuolella kestää noin 30–40 vuotta. Jos louhetta välivarastoidaan voimalaitosalueella, se aiheuttaa maisemavaikutusten arvioinnin mukaan vähäisiä kielteisiä vaikutuksia. VLJ-luolan laajentamisen vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen arvioidaan suuruudeltaan *vähäisiksi kielteisiksi*.

1. purkuvaihe

Ensimmäisessä purkuvaiheessa puretaan suurin osa aktivointuneista ja kontaminoituneista osista. Purkuvaiheen kestoksi on arvioitu noin 7 vuotta. Purkutöiden säteilyvaikutuksia on arvioitu luvussa 9.10.5.

Purkuvaiheessa syntyvistä vaikutuksista voimalaitosalueen ulkopuolella on havaittavissa erityisesti melu- ja liikennevaikutuksia. Esimerkiksi työ-koneiden äänet voivan kantautua alueen ulkopuolelle. Liikennevaikutusten arvioinnin mukaan 1. purkuvaiheessa liikennemäärät kasvavat nykyisestä ja

ovat enimmillään hetkittäin rinnastettavissa voimalaitoksen nykyisen toiminnan aikaisten vuosihuoltojen liikennemääriin. Lisääntyvä liikenne voi heikentää etenkin voimalaitokselle johtavia teitä käyttävien vakituisten ja vapaa-ajan asukkaiden koettua liikenneturvallisuutta ja vaikuttaa liikenteen sujuvuuteen. Nykytilassa lisääntyneen liikenteen vaikutukset ovat kohdistuneet vuosihuoltojen yhteyteen, mutta purkuvaiheessa vaikutukset liikenteeseen sijoittuvat eri vuodenaikoihin.

Vesistövaikutusten arvioinnin mukaan voimalaitosyksiköiden toiminnan päättyessä jäähdytysveden tarve ja lämpökuormitus vähenevät murto-osaan toiminnan aikaiseen päästöön verrattuna. Muutoksen aiheuttamat myönteiset vaikutukset erityisesti Hästholmsfjärdenin vesiympäristön tilaan voivat vaikuttaa pitkällä aikavälillä myönteisesti vesialueen ympärivuotiseen virkistyskäyttöön ja rantakiinteistöjen asuinviihtyvyyteen. Vaikutukset ovat suuruudeltaan vähäisiä myönteisiä.

Vesistövaikutusten arvioinnin mukaan käytöstäpoiston vaihtoehdossa vedenoton muutokset Lappominjärveen ovat aluksi hyvin vähäisiä ja vedenotto jatkuu nykyiseen tapaan. Tulevaisuudessa vedenoton lopettamiseen mahdollisesti liittyvä säännöstelyn purku voi aiheuttaa vähäisiä kielteisiä vaikutuksia vedenlaatuun. Mahdollisen säännöstelyn purun vaikutuksia Lappominjärven virkistyskäyttöön ja rantakiinteistöjen asuinviihtyvyyteen ei tämänhetkisillä tiedoilla ole mahdollista arvioida.

Ensimmäisen purkuvaiheen vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen arvioidaan suuruudeltaan kohtalainen kielteisiksi.

Itsenäistettävien laitosten käyttö, 2. purkuvaihe ja VLJ-luolan sulkeminen

Asiantuntija-arvion mukaan useita vuosikymmeniä kestävän itsenäistettävien laitosten käytön aikana voimalaitosalueella mahdollisesti syntyvät melu-, pöly- tai tärinähaitat ovat niin vähäisiä, ettei niillä arvioida olevan vaikutusta lähimpien loma- tai asuinrakennusten asuinviihtyvyyteen tai vesialueiden virkistyskäyttöön.

Itsenäistettävien laitosten käytön aikana voimalaitosalueella välivarastoituna ollutta käytettyä ydinpolttoainetta kuljetetaan vaihteittain Loviisasta Eurajoen Olkiluotoon joko maantiekuljetuksina tai maantie-laiva-maantie -kuljetusten yhdistelmänä. Käytetyn ydinpolttoaineen varastoinnin loppuessa Loviisan voimalaitosalueella, päättyy myös mahdollinen huoli varastointiin liittyvistä riskeistä. Kuitenkin huoli käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten ja Eurajoen Olkiluodossa tapahtuvan loppusijoituksen turvallisuudesta voi aiheuttaa sosiaalisia vaikutuksia voimalaitoksen lähialueita laajemmalla alueella. Käytetyn ydinpolttoaineen käsittelyn, kuljetuksen ja loppusijoituksen vaikutuksia on kuvattu luvussa 9.10.5.1. Normaalitytilanteessa käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksesta ihmisille ja ympäristölle aiheutuva säteilyaltistus on hyvin

pieni, eikä ylimääristä altistusta voi käytännössä erottaa ympäristön taustasäteilyn aiheuttamasta altistuksesta. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta Eurajoen Olkiluodossa on kuvattu luvussa 9.10.5.1.

Itsenäistettävien laitosten purkamisen (2. purkuvaihe) sekä VLJ-luolan sulkemisen vaiheessa toiminnoista syntyy melu- ja tärinävaikutuksia. Jos VLJ-luolan laajentamisen aikana louhittu kiviaines välivarastoidaan voimalaitosalueella, ei VLJ-luolan sulkemisvaiheessa louhetta ole tarve kuljettaa voimalaitosalueen ulkopuolelta. Jos louhe on välivarastoitu muualla, lisää se sulkemisvaiheessa jonkin verran raskaan liikenteen kuljetuksia ja niistä aiheutuvia haittoja kuljetusreittien varrella.

Brownfield-periaatteen mukaan tehdyllä käytöstäpoistolla ei ole merkittävää vaikutusta lähialueen maisemaan, koska voimalaitosalueen rakennukset jäävät paikoilleen.

Aluetalousvaikutusten arvioinnin (ks. luku 9.13) mukaan voimalaitoksen käytöstäpoiston seurauksena poistuvat toiminnan aikaiset myönteiset vaikutukset Loviisan seudun talouteen ja työllisyyteen. Samalla Loviisan seutukunnassa toimiville yrityksille syntyy uudenlaista kysyntää. Käytönajan vaikutukset ja käytöstäpoiston vaikutukset kohdistuvat kuitenkin pääosin eri toimialoille ja toimijoille, jolloin vaikutukset ovat osalle toimijoista myönteisiä ja osalle kielteisiä. Myönteiset vaikutukset päättyvät käytöstäpoistovaiheen lopussa toiminnan päätyttyä.

Itsenäistettävien laitosten käytön ja niiden purkuvaiheen vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen arvioidaan suuruudeltaan kohtalaiseksi kielteisiksi ennen kuin vaikutukset muuttuvat vähäisiksi myönteisiksi VLJ-luolan sulkemisen myötä.

Purkutoimien viimeistely ja maisemointi

Käytöstäpoiston 1. ja 2. purkuvaiheessa alueelta on purettu kaikki radioaktiivisuutta sisältävät rakennukset ja rakenteet (brownfield-periaate). Jos laitosalueelta puretaan greenfield-periaatteen mukaan loputkin rakennukset, näiden konventionaalisten purkutöiden aikaan syntyy erityisesti melu- ja liikennevaikutuksia. Voimakkain melua tuottava toimenpide on ajoittainen betonin murskaus, josta aiheutuva melu voi olla kuultavissa lähisaarilla ja mantereella vaikuttaen heikentävästi asuinviihtyvyyteen sekä vesialueiden, lähisaarten ja rantojen virkistyskäyttöön. Kuitenkin esimerkiksi murskauspaikan valinnalla ja mitoitettavien melusuojausten avulla toiminnan meluvaikutuksia voidaan lieventää. Myös työ-koneiden äänet voidaan kokea häiritsevinä. Ilmanlaatuvaikutusten arvioinnin (ks. luku 9.7) mukaan purkutöistä ja betonin murskauksesta aiheutuu jonkin verran pöly- ja pakokaasupäästöjä mutta niiden arvioidaan vaikuttavan lähinnä Hästholmenin saarella ja raskaan liikenteen kulkureittien varrella. Purkutoiminnoista mahdollisesti aiheutuva tärinä on pienimuotoista eikä sen arvioida haittaavan asumista eikä virkistyskäyttöä.

Rakennusten purkaminen vaikuttaa sekä lähi- että kaukomaisemaan. Voimalaitosrakenteet ovat maisemassa näkyvä elementti ja niiden purkaminen aiheuttaa myönteisiä maisemallisia vaikutuksia. Myönteisiä maisemallisia vaikutuksia vähentää käytöstäpoiston pitkä aikajänne, kun purkutöitä tehdään vaihteittain ja maisema muuttuu useiden vuosikymmenten aikana. Voimalaitoksen rakennusten purkaminen voidaan nähdä myös kielteisenä asiana voimalaitoksen ollessa osa alueen maisemakuvaa ja rakennettua ympäristöä.

Jos käytöstäpoiston lopuksi kaikki voimalaitosrakenteet ja rakennukset puretaan ja alue maisemoidaan greenfield-periaatteen mukaan, on sillä myönteisempi vaikutus lähialueiden asuinviihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön, kuin rakenteiden osittaisella purkamisella (brownfield-periaate).

Konventionaalisten purkutoimien vaikutusten arvioidaan purkutoimintojen osalta olevan suuruudeltaan *kohtalainen kielteinen*, ennen kuin vaikutukset muuttuvat kohtalaisiksi myönteisiksi maisemoinnin myötä.

9.19.7 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Asukaskyselyn perusteella asukkaat suhtautuivat kielteisesti muualta Suomesta tuodun radioaktiivisen jätteen vastaanottamiseen Loviisan voimalaitokselle ja loppusijoittamiseen VLJ-luolaan. Vastaajat olivat huolissaan tämän vaikutuksista, vaikka muualta Suomesta tuodun radioaktiivisen jätteen osuus olisi korkeintaan 2 % voimalaitoksella syntyvästä kokonaisjättemäärästä.

Huoltien ja kielteisten näkemysten syntymiseen voi osittain vaikuttaa se, että radioaktiivisen jätteen luonnetta, syntyvien jätteiden määrää tai käsittelyyn liittyviä riskejä on haastavaa ymmärtää. Radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen liittyvät toimintamallit eivät ole kaikille selvillä. Loviisan voimalaitokselle muualta Suomesta tuodut radioaktiiviset jätteet voidaan myös kokea ylimääräisenä ja tarpeettomana häittana, kun niistä ei saada voimalaitoksen tavoin sähköntuotantohyötyä.

Muualta Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden kuljetukset ja käsittely sekä loppusijoitus ei muiden vaikutusarviointien mukaan aiheuta sellaisia vaikutuksia, jotka voisivat kohdistua ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen. Vaikka asukkaiden kokemalle lisähuolelle ei olisi realistisia perusteita, huoli on kuitenkin todellinen sosiaalinen vaikutus, jonka suuruus arvioidaan *vähäiseksi kielteiseksi*.

9.19.8 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-69 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (ks. luku 9.1.4).

9.19.9 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Monet ydinenergian tuotantoon liittyvät huolet ovat yhteydessä säteilyturvallisuuteen. Huolta voivat lisätä mahdolliset muutokset nykyiseen toimintaan, esimerkiksi VLJ-luolan laajentaminen tai reaktorirakennusten purkutytöt. Tiedottamisella ja vuorovaikutuksella on mahdollista osittain vähentää perusteettomia huolia, pelkoja ja epävarmuutta.

Myös muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto, käsittely ja loppusijoitus Loviisan voimalaitoksella on herättänyt asukkaissa huolta. Huolien lieventämiseksi on tärkeää viestiä ihmisille selkeästi. Asiaa voidaan konkretisoida käyttämällä havainnollisia esimerkkejä vastaanotettavan jätteen laadusta ja määrästä, sekä turvallisen käsittelyn, välivarastoinnin ja loppusijoituksen merkityksestä. Lisääntynyt tieto auttaa ihmisiä ymmärtämään millaista jätettä mahdollisesti vastaanotettaisiin. Samat periaatteet toimivat myös viestittäessä voimalaitoksella syntyvän radioaktiivisen jätteen käsittelystä, välivarastoinnista ja loppusijoituksesta.

Tarjoamalla tutkittua tietoa, seurantatietoja sekä avointa tiedotusta, vähennetään myös virheellisen tai vääristyneen tiedon leviämistä ja huolta aiheuttavien huhujen syntymistä. Toisaalta toiminnan aikana mahdollisia haittoja voidaan riittävällä tiedonsaannilla paremmin seurata sekä niihin reagoida, jos ympäröivään yhteisöön on jo valmiiksi toimiva viestintäkanava.

Suunniteltujen toimintojen aikaisia haittoja voidaan osittain vähentää suunnittelulla ja haitallisten vaikutusten lieventämiskeinoja on tarkasteltu tarkemmin mm. melua, pölyä, tärinää, liikennettä, radioaktiivisten aineiden päästöjä ja säteilyä käsittelevissä vaikutusarviointiluvuissa.

9.19.10 Epävarmuustekijät

Elinoloihin ja viihtyvyyteen kohdistuvat vaikutukset ovat subjektiivisia ja sidoksissa kohteeseen sekä kokijaan, kuten myös aikaan ja paikkaan. Vaikutusten arvioinnin aikana yksittäisten asukkaiden, toisin sanoen vaikutusten kohteiden, näkemyksiä ja ajatuksia joudutaan nostamaan yleisemmälle tasolle, jolloin osa yksilötason tiedosta häviää. Toisaalta vaikutusarviointia olisi mahdollon tehdä yksilökohtaisesti, joten jonkin asteinen tiedon yleistäminen on välttämätöntä.

Suunniteltujen toimintojen jakautuminen pitkälle aikavälille lisää arvioinnin epävarmuutta erityisesti useiden kymmenien vuosien päähän sijoittuvien vaikutusten arvioinnissa. Epävarmuutta lisäävät esimerkiksi tulevaisuuden globaalit ilmiöt ja teknologiakehitys.

Arviointiprosessin dokumentoinnilla pyritään minimoimaan subjektiivisuuteen liittyvät epävarmuustekijät siten, että arvioinnin lukijan on mahdollista päätellä, mihin vaikutusarvioija näkemyksensä perustaa. Muiden vaikutusarviointien mahdolliset epävarmuudet voivat kertaantua sosiaalisten vaikutusten arviointiin niiltä osin kuin ne vaikuttavat asuin- ja elinympäristön viihtyvyyteen.

9.20 IHMISTEN TERVEYS

9.20.1 Arvioinnin päätulokset

Käytön jatkamisen sekä käytöstäpoiston aikana syntyy mm. melua, tärinää, pakokaasupäästöjä ja pölyä kuten voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa. Voimalaitosalueella tapahtuvista toiminnoista ei arvioida olevan suoraa terveydellistä haittaa lähialueen asukkaille. Tieliikenteestä aiheutuvat pakokaasupäästöt ja pöly rajoittuvat tieverkon läheisyyteen, joten konventionaalisille terveyshaitoille altistuminen on vähäistä.
Normaalikäytöstä aiheutuvien radioaktiivisten päästöjen vaikutuksen ympäröivän luonnon säteilyrasitukseen arvioidaan edelleen olevan hyvin vähäinen kuten nykyisin eikä suoraa terveydellistä haittaa muodostu. Käytöstäpoistossa käytettävät purkumenetelmät valitaan niin, että viranomaisen vahvistamat radioaktiivisten aineiden päästörajat alitetaan, jolloin terveydellistä haittaa ei muodostu.
Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden käsittelystä tai kuljetuksista ei arvioida aiheutuvan konventionaalisia terveysvaikutuksia. Säteilyaltistus rajoittuu ainoastaan jätteitä käsittelevään henkilökuntaan ja säteilyannokset jäävät selvästi alle asetettujen annosrajojen.

9.20.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Terveysvaikutusten arvioinnin tarkoitus on selvittää todennäköisiä välillisiä ja välittömiä terveyshaittoja, joita käytön jatkaminen tai käytöstäpoisto voivat aiheuttaa. Terveyshaitta on määritelty terveydensuojelulaissa (763/1994) ihmisessä todettavana sairautena, muuna terveydenhäiriönä tai sellaisena tekijänä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä.

Merkittävien terveysvaikutusten yleisiä tunnistamisperusteita ovat:

- vakavuusaste (kuolema, vamma, epidemian uhka, sairaus, taudin oireet, unihäiriöt)
- vaihtelu ajan mukaan (tunti-, vuorokausi- ja vuodenaikavaihtelu)
- kesto (pysyvä, vuosia, kuukausia)
- kohdistuminen erityisryhmiin (lapset, vanhukset, sairaat, eri altisteille herkistyneet yksilöt)
- altistustapa (ihon kautta, hengitettynä, nieltynä, aistinelinten kautta)
- altistuvien ihmisten lukumäärä (yksi henkilö – koko vaikutusalueen väestö).

Taulukko 9-69. Vaikutusten merkittävyys: ihmisten elinolot ja viihtyvyys.

Vaikutusten merkittävyys: ihmisten elinolot ja viihtyvyys			
Toimintavaihe	Herkkyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Kohtalainen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen, koska toiminnan jatkuessa vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen jatkuvat noin 20 vuotta. Lämpimän jäähdytysveden purkaminen yhdistettynä ilmastomuutoksen tuomiin muutoksiin voi vaikuttaa alueen vesistöjen virkistyskäyttöarvoon lähinnä Hästholmsfjärdenin alueella. Muilta osin vaikutukset ja ihmisten kokema haitta pysyvät pääosin nykyisen kaltaisina. Mahdollisesta lisärakentamisesta voi aiheutua hieman lisähaittaa. Toiminnan jatkuessa ihmisten mahdollinen huoli turvallisuusriskeistä jatkuu ja voi jättemäärien kasvaessa ja laitoksen ikääntyessä lisääntyä. Käytön jatkamisella voi olla myönteisiä vaikutuksia alueen väestörakenteeseen.
Käytöstäpoisto: VLJ-luolan laajennus 1. purkuvaihe Itsenäistettävien laitosten käyttö 2. purkuvaihe	Kohtalainen	Kohtalainen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on kohtalainen kielteinen, oska voimalaitoksen käytöstäpoisto aiheuttaa selkeän ja havaittavan muutoksen voimalaitosalueella tapahtuviin toimintoihin. Kokonaisuudessaan käytöstäpoiston eri vaiheet kestävät useita vuosikymmeniä, mikä voi synnyttää asukkaissa epävarmuutta tulevasta sekä siihen liittyviä huolia ja odotuksia. Käytöstäpoiston aikana toiminnoista aiheutuva ajoittainen melu voi vaikuttaa erityisesti voimalaitoksen lähialueilla lomailevien mökkiläisten asuinviihtyvyyteen sekä vesialueiden ja rantojen käyttäjien virkistyskokemukseen. Aktiivisimmassa purkuvaiheessa lisääntyvä liikenne voi heikentää lähialueen liikenneturvallisuutta ja vaikuttaa liikenteen sujuvuuteen. Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointiin ja kuljetuksiin voi liittyä huolta turvallisuusriskeistä. Erityisesti kuljetukset voivat aiheuttaa huolta laajemmalla alueella. Voimalaitoksen käytöstäpoisto ja sähköntuotannon päättymisen voi aiheuttaa muutoksia paikalliseen identiteettiin sekä huolta muutoksen vaikutuksista Loviisan seudun elinvoimaisuuteen.
Käytöstäpoisto: VLJ-luolan sulkemisen jälkeen	Kohtalainen	Vähäinen myönteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen myönteinen, koska ydinvoimalaitokseen liittyvä toiminta alueella päättyy. Voimalaitosalueen toimintojen päättyessä huoli mahdollisista toimintaan liittyvistä onnettomuuden tai muun poikkeustilanteen riskeistä päättyy. Käytön lopettamisen seurauksena jäähdytysveden tarve ja lämpökuormitus vähenevät murto-osaan itsenäistettävien laitoksien käytön vaiheessa ja lakkaavat lopulta kokonaan. Muutoksen aiheuttamat myönteiset vaikutukset Hästholmsfjärdenin vesiympäristön tilaan voivat vaikuttaa pitkällä aikavälillä myönteisesti vesialueen ympärivuotiseen virkistyskäyttöön ja rantakiinteistöjen asuinviihtyvyyteen. Jos käytöstäpoiston lopuksi kaikki voimalaitosrakenteet ja rakennukset puretaan ja alue maisemoidaan greenfield-periaatteen mukaan, on sillä myönteisempi vaikutus lähialueiden asuinviihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön, kuin rakenteiden osittaisella purkamisella (brownfield-periaate).
Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Kohtalainen	Vähäinen kielteinen	Vaikutusten merkittävyys on vähäinen kielteinen, koska muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto Loviisan voimalaitokselle aiheuttaa asukkaissa huolta, vaikka varsinaisia suoria vaikutuksia ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen toiminnasta ei synny.

Joistakin hankkeista voi myös aiheutua lieviä ja/tai tilapäisiä vaikutuksia ihmisille sekä heidän elinympäristöönsä. Tällaisia ovat esimerkiksi melun ja hajun aiheuttamat viihtyvyyshaitat, joita ei kuitenkaan pidetä terveyshaittoina. Poikkeus- ja onnettomuustilanteista aiheutuvia vaikutuksia on käsitelty erikseen luvuissa 9.21 ja 9.22.

Terveysvaikutukset voivat olla suoria tai epäsuoria. Suoralle terveyshaitalle altistumisessa vaikutustienä voi olla mm. iho, ruoansulatus, hengityselimet, aistinelimet, verenkiertoelimet, luusto ja lihakset sekä sisäelimet ja hermosto. Epäsuoralle terveyshaitalle altistumisessa vaikutustienä voi olla mm. hengitysilma, talousvesi, elintarvikkeet, asumisolosuhteet, työolosuhteet, liikkuminen, lepo ja virkistyminen sekä harrastustoiminta. Näin ymmärrettynä terveys on hyvin laaja käsite.

Konventionaalisia terveysvaikutuksia arvioitiin perustuen pääosin melu-, tärinä- ja ilmanlaatuvaikutusten arvioinnin tuloksiin. Vaikutusten suuruutta verrattiin tunnettuihin raja- ja ohjearvoihin, sekä muihin tunnuslukuihin. Tutkimuksiin perustuvat raja- ja ohjearvot määrittävät altistumis- ja pitoisuusrajan terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi. Raja- ja ohjearvojen ylittäminen todennäköisesti aiheuttaa osalle altistuvista terveysvaikutuksia, kun taas niiden allittuessa vaikutuksia ei todennäköisesti aiheudu. Tarkastelussa huomioitiin vaikutusten ulottuminen pääasiassa lähimpiin asutuksiin ja lomarakennuksiin, läheisiin ulkoilureitteihin sekä virkistysalueille. Terveysteen liittyvät vaikutukset arvioitiin asiantuntija-arviona.

Meluvaikutusten terveyshaittojen arviointi perustuu hankkeen suunnittelutietoihin sekä voimalaitosalueen ympäristössä aiemmin vuosina 2013, 2017 ja 2020 tehtyihin melumittausten tuloksiin (ks. luku 9.5) sekä aiempaan kokemukseen rakennus- ja purkutöiden sekä louhintojen melupäästöistä. Tuloksia on verrattu voimalaitoksen ympäristöluvassa määritettyihin raja-arvoihin.

Tärinän osalta on huomioitu VLJ-luolan louhinnasta ja purkutoiminnoista sekä kuljetuksista aiheutuneet tärinävaikutukset. Tärinäarvioinnissa on huomioitu ihmisten mahdollisesti kokemat häiriövaikutukset. Tärinän merkitys on tehty asiantuntija-arviona perustuen aiempiin vastaaviin louhinta-hankkeisiin ja aiempaan VLJ-luolan louhintatyöstä saatuu tietoon ja kokemukseen.

Ilmanlaadun vaikutusta mahdollisesti syntyviin terveyshaittoihin arvioitiin asiantuntija-arvion perusteella. Tämän lisäksi arvioitiin eri päästölähteitä ja niiden päästöjen todennäköisiä fysikaalisia ja kemikaalisia ominaisuuksia terveysvaikutusten kannalta. Voimalaitoksen hätädieselgeneraattorien ja dieselvaravoimalaitoksen päästöt arvioitiin käyntiaikojen ja polttoaineen kulutusarvion perusteella. Tämän lisäksi liikenteen pakokaasupäästöt sekä käytöstäpoistosta syntyvien louhinta- ja purkutoimenpiteiden päästöt otettiin huomioon.

Konventionaalisten terveyshaittojen lisäksi arvioitiin säteilyannosta laskennallisesti. Radioaktiivisten aineiden päästöjä ja säteilyä tarkastellaan tarkemmin luvussa 9.8 ja säteilystä aiheutuvia terveysvaikutuksia kuvataan yleisesti luvussa 7.2. Tässä luvussa kuvataan tiivistetysti edellä mainittujen lukujen pohjalta aiheutuvaa teoreettista säteilyaltistusta ja sen terveysvaikutuksia. Vaikutusten arvioinnissa tarkastellaan normaalitoiminnasta aiheutuvaa säteilyannostusta vertaamalla sitä väestön yksilölle aiheutuvan vuosiannoksen raja-arvoon (0,1 mSv). Mahdolliset onnettomuus- ja poikkeustilanteet sekä niistä aiheutuvat haitat on arvioitu erikseen luvuissa 9.21 ja 9.22.

9.20.3 Taustatietoa terveysvaikutuksista

9.20.3.1 Melu

Melulle altistuminen voi vaikuttaa ihmisten terveyteen tai viihtyvyyteen. Koetun melun häiritsevyyteen vaikuttavat vastaanottajan ominaisuudet: ikä, sukupuoli, sairastuvuus tai muu herkkyys. Häiritseväksi koettu melu voi aiheuttaa negatiivisia terveysvaikutuksia. Ympäristömelu on ilmansaasteiden ohella yksi Euroopan suurimpia ympäristöongelmia, koska se on stressitekijä, eikä sen vaikutustapoja vielä tarkkaan tunneta. Melualtistuksen kuitenkin tiedetään aiheuttavan fysiologista stressiä, joka on yhdistetty muun muassa sydän- ja verenkiertoelimistön sairauksien riskitekijöihin sekä unihäiriöihin. Stressireaktio on usein tiedostamaton, mutta sitä voi vahvistaa tietoinen kokemus melun kiusallisuudesta.

Valtioneuvoston päätöksen (993/1992) mukaan melun painotettu keskiäänitaso (LAeq) saa olla asuinalueella päivällä 55 dB (klo 7–22) ja yöllä (klo 22–7) 50 dB. Loma-asumisen osalta vastaavat keskiäänitasot ovat päivällä 45 dB ja yöllä 40 dB. Asuinalueiden ohjearvoja pidetään terveysperusteisina, koska niillä altistus on jatkuvaa. Loma-asutusalueiden matalammat ohjearvot perustuvat virkistyskäyttöhaittoihin ja odotuksiin loma-asutusalueen äänimaisemasta. Loviisan voimalaitoksen ympäristöluvan lupamääräyksen mukaan voimalaitoksen toiminnasta aiheutuva melu, lukuun ottamatta lakisääteisistä testauksista aiheutuvaa melua, ei saa loma-asumiseen käytettävissä kohteissa ylittää päivällä melutasoa 45 dB eikä yöllä melutasoa 40 dB.

9.20.3.2 Tärinä

Ihmisen kokemaan tärinän häiritsevyyteen vaikuttavat pelkän tärinän suuruuden lisäksi ne olosuhteet, joissa tärinää havaitaan. Tärinä esimerkiksi häiritsee ihmisiä enemmän yöaikaan. Tähän vaikuttaa paitsi vuorokauden aika, myös se, että levossa ja vaakatasossa maatesa tärinä havaitaan helpommin. Tärinän kanssa koettava yhtäaikainen melu saattaa

aiheuttaa yhteisvaikutuksen, jossa tärinä koetaan suurempana kuin jos melua ei kuuluisi. Lisäksi tärinän aiheuttaessa vaikutuksia ympäröivässä rakennuksessa, kuten tavaroiden heiluminen, ikkunoiden heliseminen jne., lisääntyy asukkaiden häiriintymisen kokemus merkittävästi.

Tärinän kokemus on yksilöllistä. Osa ihmisistä kokee jo havaintokynnyksen ylittävän tärinän voimakkaan epämiellyttävänä, kun taas osa ihmisistä ei häiriinny tottumisen seurauksena merkittävästäkään värähtelystä. Tärinä koetaan helposti haitalliseksi erityisesti silloin, kun myös tärinälähteestä aiheutuva melu koetaan haitalliseksi.

9.20.3.3 Ilmanlaatu

Ilmassa leviävät hiukkaset ovat sekoitus ominaisuuksiltaan erilaisia ja eri kokoisia hiukkasia, joiden alkuperä on lukuisista erilaisista päästölähteistä. Ilmansaasteina leviäviä hiukkasia ja/tai kaasumaisia yhdisteitä päätyy ihmisen toiminnasta ilmaan mm. teollisuuden prosesseista, liikenteestä ja puun pienpoltosta. Suomessa ilman pienhiukkasista jopa yli puolet on peräisin kaukokulkeumasta. Kaikkein pienimmät, ultra-pienet ja nanokokoiset hiukkaset taas rajoittuvat pääasiassa lähelle niiden lähdeä, kuten polttoprosessia. Ilmanlaadulle annetut hengitettävien hiukkasten raja-arvot on annettu valtioneuvoston asetuksessa VNa 79/2017.

Ilmanlaadun muutokset vaikuttavat pääasiassa hengitys- ja verenkiertoelimistöön, mutta voivat myös olla edesauttamassa useiden eri sairauksien syntyä tai niiden pahenemista. Hiukkasten osalta terveyshaittojen syntyyn vaikuttavat niiden pitoisuus, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden koko. Hiukkasten pitoisuus ilmassa, kuten myös niiden haitallisuus vaihtelevat vuodenajoin. Hiukkasten pääasiallinen vaikutusmekanismi elimistössä on tulehdus. Pitkäaikaisen pienhiukkasaltistuksen tiedetään lisäävän riskiä sairastua sydän- ja hengityselimistön sairauksiin, sekä keuhkosyöpään. Pienhiukkasilla on osoitettu olevan yhteyksiä useiden muiden sairauksien syntyyn, kuten astman puhkeamiseen, mutta myös hermostollisiin sairauksiin. Näiden lisäksi on arvioitu, että hiukkasaltistuksen yhteisvaikutus esimerkiksi melun kanssa voi lisätä uusien sairauksien synnyn riskiä. Ilmansaasteille herkimpiä väestöryhmiä ovat lapset, vanhukset sekä entuudestaan hengitys- tai verenkiertoelimistön sairauksia sairastavat.

9.20.3.4 Säteily

Ionisoiva säteily voi vahingoittaa soluja. Soluvaurion kannalta merkitystä on säteilyannoksen suuruudella ja sillä, saako ihminen säteilyannoksen lyhyen vai pitkän ajan kuluessa. Säteilyn terveysvaikutuksia sekä vertailutietoa säteilyn lähteistä ja säteilyannoksista Suomessa on esitetty tarkemmin luvussa 7.2.

Suorat vaikutukset ovat varmoja haittavaikutuksia, jotka liittyvät hyvin suuriin äkillisiin säteilyn kerta-annoksiin. Suoria säteilyn haittavaikutuksia ovat esimerkiksi säteilysairaudet, säteilyn aiheuttamat palovammat, harmaakaihi silmässä tai sikiövaurio.

Satunnaiset pitkäaikaiset vaikutukset voivat periaatteessa saada alkunsa pienestäkin säteilyaltistuksesta. Satunnaiset vaikutukset ovat tilastollisia haittavaikutuksia ja niille on tyypillistä, että säteilyannoksen kasvaessa haittavaikutuksen riski kasvaa. Säteilyn satunnaisia haittavaikutuksia ovat esimerkiksi erilaiset syövät sekä perinnölliset muutokset.

Pienten säteilyannosten aiheuttamaa syöpäriskiä ei käytännössä voi havaita väestössä, koska syöpä on niin tavallinen tauti. Säteilyn mahdollisesti aiheuttama pieni lisäksi hukkuu tilastollisesti luonnolliseen vaihteluun. Esimerkiksi Tšernobylin laskeuma, jonka kokonaisannos suomalaiselle on 80 vuoden aikana keskimäärin kaksi millisievertiä, saattaa arvion mukaan aiheuttaa tuona aikana joitakin syöpäkuolemia Suomessa. Samana aikana miljoona ihmistä kuolee kuitenkin syöpään muista syistä. (STUK 2021h)

9.20.4 Nykytila

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) ylläpitämän suomalaisten terveyden ja hyvinvoinnin tietokannan (Sotkanet.fi) sairastavuusindeksi on laadittu sairastavuuden alueellisen vaihtelun ja yksittäisten alueiden sairastavuuden muutosten mittariksi. Indeksissä on otettu huomioon seitsemän eri sairausryhmää. Indeksien sisältämät sairausryhmät sisältävät mm. suomalaisille yleiset sydän- ja verisuonisairaudet sekä tuki- ja liikuntaelinsairaudet, tapaturmat ja dementian. Indeksien arvo on sitä suurempi, mitä yleisempää sairastavuus alueella on. Loviisan alueen ikävakioitu sairastavuusindeksi on ollut viime vuosien perusteella hieman korkeampi kuin keskimäärin koko maassa. Vuonna 2016 indeksien arvo Loviisassa oli 102,5, kun se koko maassa oli 100. Indeksillä on ollut viime vuodet laskeva, esimerkiksi vielä vuonna 2012 se oli 111,8. Ikävakioitu syöpäindeksi Loviisan alueella vuonna 2016 on ollut 110,7. Siten Loviisassa sairastavuus on hieman korkeampaa kuin keskimäärin Suomessa. Keskimääräistä suurempi sairastuvuus voi johtua väestön ikärakenteesta, kun taas syöpäindeksin osalta mahdollisia syitä on useampia, kuten mm. Loviisan sijainti alueella, jossa radonia tavataan sisäilmassa keskimääräistä enemmän.

Säteilyturvakeskuksen ympäristön säteilyvalvontaohjelman puitteissa ydinvoimalaitoksen ympäristön asukkaille järjestetään kerran vuodessa mahdollisuus osallistua mittaukseen, jossa selvitetään ihmiskehoon kertyneiden radioaktiivisten aineiden määrä. Postitse lähetettävä kutsukirje lähetetään ensisijaisesti henkilöille, joilla on mittauksen järjestämisvuotena asuinosoite 5 km säteellä

Taulukko 9-70. Vaikutuskohteen herkkyys: ihmisten terveys.

Vaikutuskohteen herkkyys: ihmisten terveys	
Vaikutusalueen herkkyystaso määrytyy asuin- ja elinympäristön ominaisuuksien, kuten alueen asutuksen, palvelujen, väestörakenteen ja ympäristön palautuvuuden tai sopeutumiskyvyn mukaan. Herkkyystasoon vaikuttavat esimerkiksi herkkien kohteiden sijainti, asukkaiden määrä sekä ihmisiin nykyisellään kohdistuvat haitat.	
Vähäinen	Ydinvoimalaitosalueen ympärillä on viiden kilometrin etäisyydelle ulottuva suojavyöhyke, jolla ei esimerkiksi saa sijaita kohteita, joissa käy tai on huomattavia ihmismääriä, kuten kouluja, sairaaloita, hoitolaitoksia tai kauppoja. Tällä alueella ei sijaitse myöskään muita herkkiä kohteita kuten kouluja tai päiväkoteja. Alle kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta ei ole vakituista asutusta. Alle viiden kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta asuu ympärivuotisesti noin 40 henkilöä. Kahdenkymmenen kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta asuu noin 12 400 henkilöä. Alueen lähiympäristössä on runsaasti vapaa-ajan asutusta. Loviisan alueen ilmanlaatu on hyvä. Ympäristön altistuneimman henkilön voimalaitoksen toiminnasta aiheutuva laskennallinen annos Loviisassa on pysynyt selkeästi alle 1 % ydinenergia-asetuksessa (161/1988) asetetusta rajasta 0,1 mSv. (STUK 2021e) Loviisan voimalaitoksen ympäristön asukkaissa ei mittauksissa havaittu voimalaitoksilta peräisin olevia radioaktiivisia aineita vuonna 2019.

ydinvoimalaitoksesta. Lisäksi kutsuttavien joukkoa täyden-
netään otannalla henkilöistä, joiden asuinosoite sijaitsee
5–7 km säteellä ydinvoimalaitoksesta. Ydinvoimalaitoksen
ympäristön asukkaiden kehon sisältämät gammasäteilevät
radionuklidit määritetään suoralla gammaspektrometrisellä
mittauksella kehon ulkopuolelta. Loviisan voimalaitoksen ym-
päristön asukkaissa ei mittauksissa havaittu voimalaitoksilta
peräisin olevia radioaktiivisia aineita vuonna 2019. Myöskään
aikaisempien vuosien kokokehomittauksista ei ole havaittu
voimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia aineita.

Loviisan voimalaitoksen ympäristön säteilyvalvontaa on
käsitelty luvussa 9.8.3.4. Loviisan voimalaitoksen ympäris-
töstä havaittujen voimalaitoksen käytöstä peräisin olevien
radioaktiivisten aineiden määrät ovat niin pieniä, että niillä ei
ole merkitystä ympäristön eikä ihmisten säteilyaltistukseen.
Päästöjen perusteella laskettu säteilyannos ympäristön
eniten altistuneelle yksilölle Loviisan ydinvoimalaitoksen ym-
päristössä vuonna 2019 oli alle 1 % ydinenergia-asetuksessa
(161/1988) asetetusta rajoituksesta, joka on 0,1 millisievertiä.
(STUK 2020c)

Taulukossa 9-70 on esitetty vaikutuskohteen herkkyys
sekä herkkyyttä määrittäviä tekijöitä (ks. luku 9.1.4).

9.20.5 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
Käytön jatkamisen ilmanlaatuvaikutukset muodostuvat hätädieselgeneraattorien ja dieselvaravoimalaitoksen sekä liikenteen päästöistä (hiilidioksidi-, typen oksidi-, rikin oksidi- ja hiukkaspäästöt, pöly). Melua aiheutuu voimalaitoksen käytöstä, liikenteestä ja työkoneista. Tärinälähteenä on ainoastaan liikenne. Ydinvoimalaitoksessa syntyy sen käytön aikana

radioaktiivisia aineita, jotka puhdistetaan suodattamalla ja viivästetään siten, että niiden säteilyvaikutus ympäristössä on hyvin pieni. Vaikutukset säilyvät nykyisen kaltaisina, mutta jatkuvat noin 20 vuotta.

Käytön jatkamisen tapauksessa syntyvät konventionaaliset
terveysvaikutukset liittyvät pääasiassa toiminnasta syntyviin
melu- ja ilmapäästöihin sekä tärinään. Toiminnan jatkuessa
nykyisellään konventionaalisille terveysvaikutuksille altis-
tuminen on vähäistä. Vaikutukset rajautuvat pääasiassa
voimalaitosalueelle, mutta melulle voi altistua ajoittain myös
lähisaarten ja mantereen asuin- ja lomarakennuksilla.

Voimalaitoksen toiminnan jatkuessa samanlaisena kuin
nykyisinkin ei melutasoissa tapahdu muutoksia. Mahdollisia
raja-arvoylityksiä voi tulla satunnaisesti muutos- ja rakenta-
mistöistä. Tähän liittyvä melu on kuitenkin tilapäistä ja siksi
siitä ei aiheudu terveyshaittaa. Toiminnan pysyessä ennal-
laan melun ei odoteta aiheuttavan terveyshaittoja. Tilapäistä
tärinävaikutusta voi esiintyä lisärakennusten rakennustöiden
ja liikennöinnin yhteydessä, mutta ne rajautuvat voimalai-
tosalueelle tai teiden välittömään läheisyyteen, eikä niillä
arvioida olevan terveyshaittoja.

Käytön jatkaminen vaikuttaa ilmanlaatuun lievästi. Ilmaan
kohdistuvat päästöt muodostuvat pääasiassa hätädieselge-
neraattoreiden ja dieselvaravoimalaitoksen lyhytkestoisista
koestuksista. Liikenteen lähipäästöjen vaikutus jää teiden
läheisyyteen. Pakokaasupäästöjen määrät vähenevät tulevai-
suudessa autokannan sähköistyessä, joten liikenneperäiset
päästöt ovat pääasiassa katu-, rengas- ja jarrupölyä. Näiden
vaikutus rajautuu pääasiassa kulkuväylien välittömään lä-
heisyyteen. Ilmaan kohdistuvien päästöjen osalta toiminnan
jatkumisen ei arvioida aiheuttavan suoraa terveyshaittaa
voimalaitoksen ja kulkuväylien ulkopuolisilla alueilla.

Loviisan voimalaitoksen ympäristössä havaittavat radioak-
tiiviset aineet ovat pääosin peräisin luonnosta tai kulkeutua
muualta ja ovat vain vähäisessä määrin peräisin ydinvoimalai-
tokselta. Käytön jatkamisen tapauksessa Loviisan ydinvoi-
malaitoksen normaalikäytöstä aiheutuvien radioaktiivisten
päästöjen vaikutuksen ympäröivän luonnon säteilyrasituk-
seen arvioidaan edelleen olevan hyvin vähäinen kuten nykyti-
lanteessakin (ks. luku 9.8.3). Suomessa ydinvoimalaitosten
aiheuttama säteilyannos ympäristön asukkaille on ollut alle
prosentin valtioneuvoston asettamasta annosrajoituksesta,
joka on 0,1 mSv vuodessa (STUK 2021a).

Voimalaitoksen käytön jatkamisella ei arvioida olevan muu-
tosta laitoksen nykyisiin terveysvaikutuksiin, mutta vaikutuk-
set jatkuvat noin 20 vuotta.

9.20.6 Käytöstäpoiston ympäristövaikutukset

Vaikutusten muodostuminen
VLJ-luolan louhinnasta ja voimalaitoksen purkutoiminnoista aiheutuu ajoittaista melua ja tärinää. Lisäksi liikenteestä syntyy pakokaasupäästöjä ja pölyä. Tärinävaikutukset muodostuvat VLJ-luolan laajennukseen liittyvistä maanalaisista räjäytystöistä, mahdollisista rakennusten purkutöistä sekä lisääntyvistä raskaista kuljetuksista
VLJ-luolan laajennuksessa pölypäästöjä aiheutuu esimerkiksi maanalaisista räjäytystöistä, kuljetuksesta ja louheen läjityksestä. Maanalaisiin räjäytyksiin liittyy myös typen ja rikin oksidipäästöjä. Lisäksi itsenäistettävien laitososien käytön vaiheessa syntyy hieman päästöjä dieselgeneraattoreiden koestuksista. Käytöstäpoiston purkutoiminnoista aiheutuu hallittuja radioaktiivisia päästöjä ilmaan ja vesistöön sekä säteilyaltistusta lähinnä purkutöihin ja jätteiden käsittelyyn osallistuvalle henkilökunnalle. Päästöt ja säteilyannokset ovat raja- arvojen alapuolella, eikä niistä aiheudu terveysvaikutuksia.

Käytöstäpoiston aikana melua syntyy VLJ-luolan louhinnasta
sekä purkutoimista voimalaitosalueella. Melu on luonteeltaan
ajoittaista ja voi sopivissa olosuhteissa kuulua lähisaarten
ja mantereen alueilla. Merkittävin melu rajautuu kuitenkin
voimalaitosalueelle tai sen läheisyyteen. Melusta synty-
vien vaikutuksen arvioidaan jäävän vähäisiksi, kun otetaan
huomioon vaikutusten rajautuminen pääasiassa voimalaito-
salueelle sekä vaikutusten tilapäinen kesto. Tällä ei arvioida
olevan terveydellistä haittaa.

VLJ-luolan louhinnasta ja purkutoiminnoista syntyvä tärinä
on luonteeltaan lievää ja rajautuu tärinälähteen läheisyy-
teen. Käytöstäpoistoon liittyvistä kuljetuksista voi aiheutua
pidempikestoista liikenneperäistä tärinää, mutta se rajautuu
kuljetusreittien läheisyyteen. Tärinän ei arvioida aiheuttavan

terveyshaittaa lähialueen asuin- ja lomarakennuksilla.

Ilmanlaatuun kohdistuvat vaikutukset liittyvät VLJ-luolan
louhintaan ja siitä syntyviin pölypäästöihin sekä räjäytyksistä
syntyviin rikin- ja typenoksidien päästöihin. Lisäksi pölyämis-
tä voi tapahtua louheen tai mahdollisen betonin murskauk-
sen yhteydessä sekä liikenteestä. Liikenteestä aiheutuu myös
pakokaasupäästöjä. Itsenäistettävien laitosisien käytön
vaiheessa syntyy hieman päästöjä dieselgeneraattoreiden
koestuksista. Konventionaaliset päästöt ilmaan (mm. hiili-
dioksidin, typen oksidien, rikin oksidien ja hiukkasten pääs-
töt) ovat pääasiassa paikallisia ja ajoittaisia sekä rajoittuvat
voimalaitosalueen ja kuljetusreittien läheisyyteen. Arvion
mukaan käytöstäpoiston toimintojen vaikutuksista ei aiheudu
ympäristöön ilmanlaadun raja- tai ohjearvojen ylityksiä. Kui-
tenkin sopivissa sääolosuhteissa lähinnä liikenteen päästöis-
tä voisi aiheutua hetkellisiä pitoisuuksien kohoamisia. Tästä
ei kuitenkaan arvioida aiheutuvan terveysvaikutuksia, sillä
tilanteet ovat todennäköisimmin luonteeltaan ohimeneviä ja
lyhytkestoisia. Ilmaan kohdistuvien päästöjen leviämiseen
vaikuttaa toiminnasta syntyvien hiukkasten koko. Käytös-
täpoiston ja VLJ-luolan laajennuksen louhinnasta syntyvät
hiukkaset ovat pääasiassa pienhiukkasia suurempia, eli yli 2,5
µm halkaisijaltaan, jolloin ne laskeutuvat aiemmin ja lähem-
mäksi. Suurimmat raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoi-
suudet esiintyvät lähellä päästölähdettä, kuten murskainta
tai kuljetusreittiä.

Kun Loviisan voimalaitoksen toiminta loppuu, ei sen toimin-
nasta synny enää vastaavia radioaktiivisten aineiden päästö-
jä kuin nykyisessä toiminnassa. Käytöstäpoistovaiheessa voi
kuitenkin syntyä hetkellisiä hallittuja radioaktiivisia päästöjä
ilmaan ja vesistöön. Käytöstäpoiston suunnittelun edetessä
määritellään tavoitteet ja päästörajat käytöstäpoistovaiheen
radioaktiivisten aineiden päästöille. Käytettävät menetelmät
käytöstäpoistolle valitaan niin, että myöhemmin viranomai-
sen vahvistamat päästörajat alitetaan, jolloin terveydelli-
siä vaikutuksia ei muodostu. Ydinenergia-asetuksessa on
asetettu väestön yksilön saaman vuosiannoksen rajoitus 0,01
mSv ydinvoimalaitoksen ja muun ydinreaktorilla varustetun
ydinlaitoksen käytöstäpoistamisesta (161/1988 22 b §).

9.20.7 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Mualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten
jätteiden vastaanotosta, käsittelystä, välivarastoinnista ja
loppusijoituksesta voimalaitokselle ei arvioida aiheutuvan
konventionaalisia terveysvaikutuksia. Säteilyaltistus rajoittuu
ainoastaan jätteitä käsittelevään henkilökuntaan, ja säteily-
annokset jäävät selvästi alle asetettujen annosrajojen.

9.20.8 Vaikutusten merkittävyys

Taulukossa 9-71 on arvioitu vaikutusten merkittävyys vaiku-
tuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella
(ks. luku 9.1.4).

9.20.9 Haitallisten vaikutusten lieventäminen

Haitallisten vaikutusten lieventämiskeinoja on esitetty seu-
raavissa luvuissa:

- liikenne (ks. luku 9.4)
- melu (ks. luku 9.5)
- värinä (ks. luku 9.6)
- ilmanlaatu (ks. luku 9.7)
- radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus
(ks. luku 9.8).

9.20.10 Epävarmuustekijät

Terveysvaikutusten arvioinnin epävarmuustekijät liittyvät
pääosin vaikutusarviointiosioissa kuvattuihin epävarmuuste-
kijöihin. Lisäksi terveysvaikutusten arviointiin epävarmuutta
tuovat yksilöiden väliset erot.

9.21 VAKAVA REAKTORIONNETTOMUUS

Ydinvoimalaitoksen onnettomuustilanteessa ympäristöön
voi päästä terveydelle haitallisia radioaktiivisia aineita. Tässä
luvussa tarkastellaan vakavaa reaktorionnettomuutta, jossa
ympäristöön pääsevien radioaktiivisten aineiden määrä on
merkittävä. Lievempiä tapauksia käsitellään luvussa 9.22.
Vakava reaktorionnettomuus on ydinvoimalaitoksella erit-
täin epätodennäköinen äärimmäinen tapahtuma, jonka toteu-
tuminen edellyttäisi useita vikoja laitoksen järjestelmissä ja
ongelmia laitoksen ohjaamisessa. Laitoksen suunnittelussa ja
toiminnassa on varauduttu erilaisiin häiriö- ja onnettomuus-
tilanteisiin, mukaan lukien vakava reaktorionnettomuus, jotta
niiden seuraukset voidaan pitää mahdollisimman pieninä.
Ydinturvallisuutta käsitellään tarkemmin luvussa 7.5-7.8.

9.21.1 Arviointimenetelmät

Tässä luvussa esitetään vakavan reaktorionnettomuuden
aiheuttaman ympäristöpäästön laskentamenetelmä ja ole-
tukset.
Vakavan reaktorionnettomuuden arvio pohjautuu oletuk-
seen, jossa ympäristöön vapautuu ydinenergia-asetuksen
161/1988 22 b § mukaisesti vakavan onnettomuuden raja-ar-
voa vastaava määrä radioaktiivisia aineita. Päästö sisältää
100 terabecquereliä (TBq) cesium-137 (Cs-137) -nuklidia sekä
lisäksi myös muita radionuklideja samassa suhteessa kuin
niitä cesium-137:ään nähden oletetaan onnettomuudessa va-
pautuvan. Tarkasteltu kuvitteellinen vakava reaktorionnetto-
muus vastaa päästössä vapautuvan aktiivisuuden perusteella
INES 6 -luokan onnettomuutta kansainvälisellä ydinlaitos-
tapahtumien ja ydinonnettomuuksien luokitusasteikolla.

Onnettomuuspäästön leviämisen vaikutuksia on tarkasteltu
1 000 km etäisyydelle saakka voimalaitoksesta.
Mallinnustuloksia verrataan STUKin valmiusohjeessa VAL
1 (STUK 2020a) esitettyihin väestönsuojelullisiin toimenpide-
rajoihin koskien evakuointia ja sisälle suojautumista. Lisäksi
on arvioitu vakavan reaktorionnettomuuden aiheuttaman
radioaktiivisen laskeuman ja säteilyannoksien vaikutuksia.
Onnettomuuden jälkihoitoa sekä sosiaalisia ja sosioekonomi-
sia vaikutuksia on käsitelty yleisellä tasolla.

9.21.1.1 Päästö- ja annosrajat

Ydinenergia-asetuksen (161/1988 22 b §) mukaan ydinvoima-
laitoksen vakavasta onnettomuudesta aiheutuvasta radioak-
tiivisten aineiden päästöstä ei saa seurata tarvetta väestön
laajoille suojautumistoimenpiteille eikä pitkäaikaisille laajojen
maa- ja vesialueiden käyttörajoituksille. Pitkäaikaisvaikutus-
ten rajoittamiseksi ulkoilmaan vapautuvan Cs-137-päästön
raja arvo on 100 TBq. Raja-arvon ylittymisen mahdollisuuden
on oltava erittäin pieni. Myös väestön suojautumistoimen-
piteitä onnettomuuden aikaisessa vaiheessa edellyttävän
päästön mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.
Väestönsuojelullisten toimenpiteiden raja-arvoista an-
netaan suuruusluokkia ja suuntaa antavia tasoja ohjeessa
VAL 1 (STUK 2020a). Taulukossa 9-72 on esitetty tiivistet-
ysti ohjeisiin VAL 1 (STUK 2020a) ja YVL C.3 (STUK 2019a)
liittyvät sisälle suojautumisen ja evakuoinnin annoskriteerit,
alueet sekä toimenpidetasot liittyen laskeuman voimakkaisiin
gamma- ja beetasäteilijöihin. Taulukossa 9-72 mainitut 5 km
suojavyöhyke ja 20 km varautumisalue on esitetty Loviisan
voimalaitoksen osalta kuvassa 9-67.

9.21.1.2 Päästö ja sen vapautuminen ilmakehään

Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvia säteilyan-
noksia ja laskeumaa mallinnettiin käyttämällä lähtökohtana
Loviisan voimalaitokselle tehtyjä analyyseja, joiden avulla on
mahdollista arvioida ympäristöön vapautuvia radionuklidien
määriä. Säteilyannosarvioiden pohjana käytettiin kuvitteel-
lista onnettomuutta, jossa ympäristöön vapautuu yhteensä
200 radionuklidin tai olomuodon aktiivisuus.
Tässä kuvitteellisessa vakavan reaktorionnettomuuden
tapauksessa ilmakehään vapautuu 100 TBq Cs-137-nuklidia
ja muita radionuklideja samassa suhteessa kuin niitä ce-
sium-137:ään nähden oletetaan onnettomuudessa vapautuvan.
Vakavassa reaktorionnettomuudessa jodi on yksi tärkeimmistä
säteilyannoksia aiheuttavista radioaktiivisista aineista. Koska
jodin eri olomuodoilla on toisistaan poikkeavat säteilyannos-
kertoimet, huomioidaan leviämislaskennassa yleisesti jodin eri
olomuodot tarkemman annosarvion laatimiseksi. Leviämislas-
kennassa jodin olomuotojakauma oletetaan kaikille päästön
sisältämille jodin isotoopeille sellaiseksi, että 95 % jodeista
vapautuu aerosolimuotoisena (hiukkasmainen), 4,85 % alkuai-
nemuotoisena ja 0,15 % orgaanisena jodina (European utility
requirements for LWR nuclear power plants 2016).

Taulukko 9-71. Vaikutusten merkittävyys: ihmisten terveys.

Vaikutusten merkittävyys: ihmisten terveys			
Toimintavaihe	Herkkyyys	Suuruus	Merkittävyys
Käytön jatkaminen	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta. Käytön jatkamisen aikana syntyy mm. melua, värinää, pakokaasupäästöjä ja pölyä kuten voimalaitoksen nykyisessä toiminnassa. Voimalaitosalueella tapahtuvista toiminnoista ei arvioida olevan terveydellistä haittaa lähialueen asukkaille. Tieliikenteestä aiheutuvat pakokaasupäästöt ja pöly rajoittuvat tieverkon läheisyyteen, joiden osalta konventionaalisille terveyshaitoille altistuminen on vähäistä. Normaalkäytöstä aiheutuvien radioaktiivisten päästöjen vaikutuksen ympäröivän luonnon säteilyrasitukseen arvioidaan edelleen olevan hyvin vähäinen kuten nykyisin. Käytön jatkamisella ei arvioida olevan muutosta laitoksen nykyiseen toimintaan ja siitä aiheutuviin vaikutuksiin.
Käytöstäpoisto	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta. Käytöstäpoiston aikana syntyy mm. melua, värinää, pakokaasupäästöjä ja pölyä. Itsenäistettävien laitososien käytön vaiheessa syntyy hieman päästöjä dieselgeneraattoreiden koestuksista. Voimalaitosalueella tapahtuvista toiminnoista ei arvioida olevan terveydellistä haittaa lähialueen asukkaille. Tieliikenteestä aiheutuvat pakokaasupäästöt ja pöly rajoittuvat tieverkon läheisyyteen, joiden osalta konventionaalisille terveyshaitoille altistuminen on vähäistä. Käytöstäpoistossa käytettävät purkumenetelmät valitaan niin, että viranomaisen vahvistamat radioaktiivisten aineiden päästörajat alitetaan, jolloin terveydellistä haittaa ei muodostu.
Muulla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet	Vähäinen	Ei muutosta	Ei vaikutusta. Muulla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden käsittelystä tai kuljetuksista ei arvioida aiheutuvan terveydellistä haittaa. Säteilyaltistus rajoittuu ainoastaan jätteitä käsittelevään henkilökuntaan, ja säteilyannokset jäävät selvästi alle asetettujen annosrajojen.

Taulukko 9-72. Väestönsuojelullisia toimenpiteitä, annoskriteereitä ja aluerajauksia sekä laskeumaan liittyviä toimenpidetasoja.

Toimenpide	Annoskriteeri (VAL 1)	Suurin etäisyys voimalaitoksesta, jolle toimenpide saa ulottua (YVL C.3)	Ohjeellinen toimenpidetaso (VAL 1)
Sisälle suojautuminen	> 10 mSv kahden vuorokauden aikana	Voimalaitoksen varautumisalue (20 km)	Laskeuman beeta- ja gammasäteilijöiden laskeuma ylittää 10 000 000 Bq/m² kauemmin kuin 2 päivän ajan
Evakuointi	> 20 mSv ensimmäisen viikon aikana suojautumattomalle henkilölle	Voimalaitoksen suojavyöhyke (5 km)	Laskeuman beeta- ja gammasäteilijöiden laskeuma ylittää 10 000 000 Bq/m² kauemmin kuin 2 päivän ajan

Käsiteltävässä vakavassa reaktorionnettomuudessa voimalaitos tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon täydellä teholla primääripiirin putken katketessa. Useiden vikojen seurauksena reaktorin vedenpinta laskee johtaen polttoaineen vaurioitumiseen ja radioaktiivisuuden vapautumiseen suojarakennukseen. Onnettomuudessa oletetaan lisäksi vuoto suojarakennuksesta, jonka seurauksena aktiivisuudelle muodostuu vuotoreitti suojarakennuksesta ilmakehään. Päästön oletetaan alkavan noin 2,5 tunnin kuluttua reaktorin alasajosta (pikasulusta) ja se vapautuu ilmakehään suodattamattomana noin 31 metrin korkeudelta maan pinnasta. Päästön vaikutukset mallinnetaan käyttämällä annoslaskennassa päästön kestona 22 tuntia.

9.21.1.3 Leviämislaskenta

Säteilyannosten ja radioaktiivisen laskeuman mallinnus tehtiin Fortum Power and Heat Oy:n kehittämällä Tuulet-ohjelmalla, jonka STUK on hyväksynyt käytettäväksi ympäristön asukkaiden säteilyannosten laskennassa. Mallinnus pohjautuu Tuulet 2.0.0 -ohjelmaversioon, jota on ympäristövaikutusten arviointia varten muokattu mahdollistamaan päästön arviointi 1 000 km etäisyydelle voimalaitoksesta. Muokatun ohjelmaversion tuloksia on verrattu ulkoisten annoksien osalta Yhdysvaltojen National Oceanic and Atmospheric Administrationin (NOAA) julkaisemaan HYSPLIT-ohjelmaan (NOAA 2020). Vertailut osoittavat, että Tuulet-ohjelman mallintamat ulkoiset säteilyannokset ovat samaa suuruusluokkaa HYSPLIT-mallin kanssa.

Tuulet-ohjelmassa on huomioitu voimalaitoksen rakennusten vaikutus tuulikenttään ja siten päästön lähtökorkeuden vaikutus leviämiseen. Päästöpilven pystysuuntaisessa leviämisessä on huomioitu heijastuminen maanpinnasta ja ilmakehän inversiokerroksista, joiden korkeus riippuu ilmakehän stabiilisuudesta.

Tuulet-ohjelmassa päästöpilven leviämistä on kuvattu gaussisella vanamallilla, missä otetaan huomioon radioaktiivisten aineiden hajoaminen sekä laskeutuminen maanpinnalle kuiva- ja märkälasseutuna. Tulosten tilastollisen käsittelyn mahdollistamiseksi mallinnuksessa käytettiin kolmen vuoden sääaineistoja Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmästä. Sääaineisto on valittu siten, että se edustaa monipuolisesti ilmastoa voimalaitoksen lähialueilla. Efektiivisen koko kehon säteilyannoksen laskennassa otettiin huomioon suora gammasäteily päästöpilvestä, gamma- ja beetasäteily laskeumasta ja järvivedestä sekä hengityksen ja ruuan kautta elimistöön joutuneiden radioaktiivisten aineiden aiheuttama sisäinen annos. Tytärnuklidien syntymistä ja kulkeutumista ei mallinnettu erikseen, mutta niiden annosvaikutus on huomioitu emonuklidien annoskertoimissa ja keskimääräisissä gammaenergioissa.

Tuulet-ohjelmassa on mallinnettu radioaktiivisten aineiden rikastuminen ja kulkeutuminen biosfäärissä. Nuklidien

laskeutuminen suoraan kasvien pinnoille ja kulkeutuminen maaperästä kasvin sisäosiin juurioton kautta on huomioitu. Aktiivisuutta voi myös huuhtoutua pois kasvien pinnoilta. Aktiivisuuden päätyminen kasveihin riippuu siitä, tapahtuuko päästö kesällä kasvukaudella vai sen ulkopuolella. Sadonkorjuu aika vaikuttaa radioaktiivisuuden kulkeutumiseen laidunheinästä ja rehusta lehmiin. Lehmistä aktiivisuutta päätyy ihmisiin naudanlihan syönnin ja maidon juonnin kautta. Radioaktiivisuutta voi myös päätyä esimerkiksi metsäniityltä riistaeläimiin ja lopulta riistan syönnin kautta ihmisiin. Talvella päästö laskeutuu aluksi jään ja lumen päälle, joten aktiivisuus päättyy ravintoketjuun viiveellä lumien suluttua. Järviin laskeutuva aktiivisuus sekoittuu aluksi järven vesitilavuuteen, päättyy sieltä lopulta järvikaloihin ja kalansyönnin kautta ihmisiin. Ravinnon kautta vuoden aikana kertyvän säteilyannoksen muodostuminen voidaan jakaa tuoreen ravinnon ja varastoidun ravinnon nautintajaksoon.

Yli 100 km etäisyyksillä oletetaan konservatiivisesti jokaisessa laskentapisteessä säteilyannosta kertyvän kaikkien annosreittien kautta, vaikka todellisuudessa merialueilla annosta kertyy käytännössä ainoastaan yli kulkevasta päästöpilvestä tulevasta suorasta säteilystä ja hengityksen kautta elimistöön päätyneistä radioaktiivisista aineista. Tuulet-ohjelman arvioimat laskeumat ja säteilyannokset ovat siten konservatiivisia.

Säteilyannoksia mallinnettaessa ei oleteta mitään väestön-suojellullisia toimenpiteitä, eli esimerkiksi sisälle suojautumisen ja ravinnon nautinnan muutosten säteilyannosta pienentävää vaikutusta ei huomioida. Laskeumat ja säteilyannokset esitetään 5 % ylitystodennäköisyydellä. Tämä tarkoittaa sitä, että 95 % todennäköisyydellä laskeuma tai säteilyannos jää pienemmäksi kuin esitetty tulos.

9.21.1.4 Ikäryhmät ja säteilyannoksien integroimisajat

Kansainvälisen säteilysuojelukomitean (International Commission on Radiological Protection - ICRP) mukaan säteilyannoksia mallintaessa on hyvä huomioida erilaiset ikäryhmät, sillä näillä on erityyppiset ravinnon kulutustottumukset. ICRP:n suositusten (ICPR 2006) mukaisesti tässä mallinnuksessa käsitellään ikäryhmät 1-vuotiaat, 10-vuotiaat ja aikuiset. Näistä ikäryhmistä niin sanottu edustava henkilö Loviisan voimalaitoksen ympäristön säteilyannoksille on aikuinen. Koko eliniän aikana kertyvä säteilyannos arvioidaan käyttäen 1-vuotiaille 70 vuoden altistusaikaa (integrointi-aika), 10-vuotiaille 60 vuoden altistusaikaa ja aikuisille 50 vuoden altistusaikaa. Jokaisessa ikäryhmässä huomioidaan ikäryhmälle tyypillinen ravinnon nautintamäärä pohjautuen suomalaisiin kulutustottumuksiin. Arvioitaessa säteilyannosta lapsille huomioidaan henkilön kasvu sekä sen seurauksena muuttuvat elintavat ja ravinto.

Vakavan reaktorionnettomuuden aiheuttamia potentiaalisia

Taulukko 9-73. Vakavan reaktorionnettomuuden aiheuttamat säteilyannokset 1-vuotiaalle, 10-vuotiaalle ja aikuiselle 1–1 000 km etäisyydellä päästön vapautumispisteestä 2 vuorokauden, 7 vuorokauden, 1 vuoden sekä eliniän aikana.

	1-vuotiaalle arvioitu annos [mSv]				10-vuotiaalle arvioitu annos [mSv]				Aikuiselle arvioitu annos [mSv]			
Etäisyys (km)	2 d	7 d	1 a	70 a	2 d	7 d	1 a	60 a	2 d	7 d	1 a	50 a
1	24,1	26,1	121,0	267,0	25,2	27,4	105,0	292,0	19,5	21,6	88,8	320,0
5	4,4	4,8	26,1	60,1	4,5	4,9	22,9	65,7	3,8	4,1	20,1	73,1
10	2,0	2,2	15,0	27,7	2,1	2,2	10,6	30,0	1,8	1,9	10,0	34,1
15	1,3	1,4	11,7	21,3	1,4	1,5	7,9	20,1	1,2	1,3	7,0	22,1
20	1,0	1,1	8,0	14,5	1,0	1,1	5,4	13,9	0,9	1,0	4,8	15,2
50	0,35	0,37	2,08	3,91	0,36	0,38	1,49	3,78	0,32	0,35	1,35	4,26
100	0,23	0,23	0,31	0,41	0,23	0,23	0,28	0,40	0,22	0,23	0,27	0,43
300	0,07	0,07	0,11	0,16	0,07	0,07	0,10	0,16	0,07	0,07	0,09	0,17
500	0,04	0,04	0,06	0,09	0,04	0,04	0,05	0,09	0,04	0,04	0,05	0,10
700	0,02	0,02	0,04	0,06	0,02	0,02	0,03	0,06	0,02	0,02	0,05	0,06
1 000	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04

väestönsuojelutoimenpiteitä mallintaessa on syytä huomioida sekä sisälle suojautuminen että evakuointi. VAL 1 -ohjeen (STUK 2020a) mukaan sisälle suojautumista tulee tutkia kahden vuorokauden aikana saatavan säteilyannoksen suhteen ja evakuoinnissa tulee tarkastella ensimmäisen viikon aikana saatavaa säteilyannosta. Lisäksi voidaan myös tarkastella vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvaa säteilyannosta ensimmäisen vuoden ja koko ihmisen eliniän aikana.

9.21.2 Säteilyannokset ja laskeuma

Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvat säteilyannokset on esitetty taulukossa 9-73. Säteilyannokset on arvioitu 1-vuotiaalle, 10-vuotiaalle ja aikuiselle 1–1 000 km etäisyydellä Loviisan voimalaitoksesta. Väestönsuojelutoimenpiteiden arviointia varten säteilyannokset on esitetty kahden ja seitsemän vuorokauden altistusajoilla. Tämän lisäksi säteilyannoksia on arvioitu yhden vuoden ja koko eliniän altistusajoilla.

Mallinnuksen mukaan (Taulukko 9-73) vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena esimerkiksi 20 kilometrin etäisyydellä päästön vapautumispisteestä asuvalle aikuiselle säteilyaltistuksen on arvioitu olevan noin 4,8 mSv yhden vuoden altistusajalla. Loviisan voimalaitoksen varautumisalueen eli 20 kilometrin ulkopuolella vakavasta reaktorionnettomuudesta yhden vuoden altistusajan aiheuttama säteilyannos jää pienemmäksi kuin suomalaisen saama keskimääräinen vuotuinen säteilyannos. Suomalaisen keskimääräisen vuotuisen säteilyannoksen suuruudeksi on arvioitu 5,9 mSv (STUK 2020b).

1- ja 10-vuotiaan säteilyannokset ovat tyypillisesti aikuisen säteilyannoksia suurempia voimalaitoksen lähialueilla johtuen esimerkiksi erilaisesta ravinnosta, jossa korostuu mm. maidon käyttäminen aikuisiin verrattuna. Vaikka 1-vuotiaalla ja 10-vuotiaalla elinikäinen altistumisaika on pidempi kuin aikuisella, ei tämä automaattisesti tarkoita suurempaa elinikäistä säteilyannosta, koska säteilyannosta kertyy eniten onnettomuutta seuraavina hetkinä.

Taulukko 9-74. Suurimpia säteilyannoksia laskeuman kautta aiheuttavien nuklidien laskeumat [kBq/m²] eri etäisyyksillä voimalaitokses-ta vakavassa reaktorionnettomuudessa.

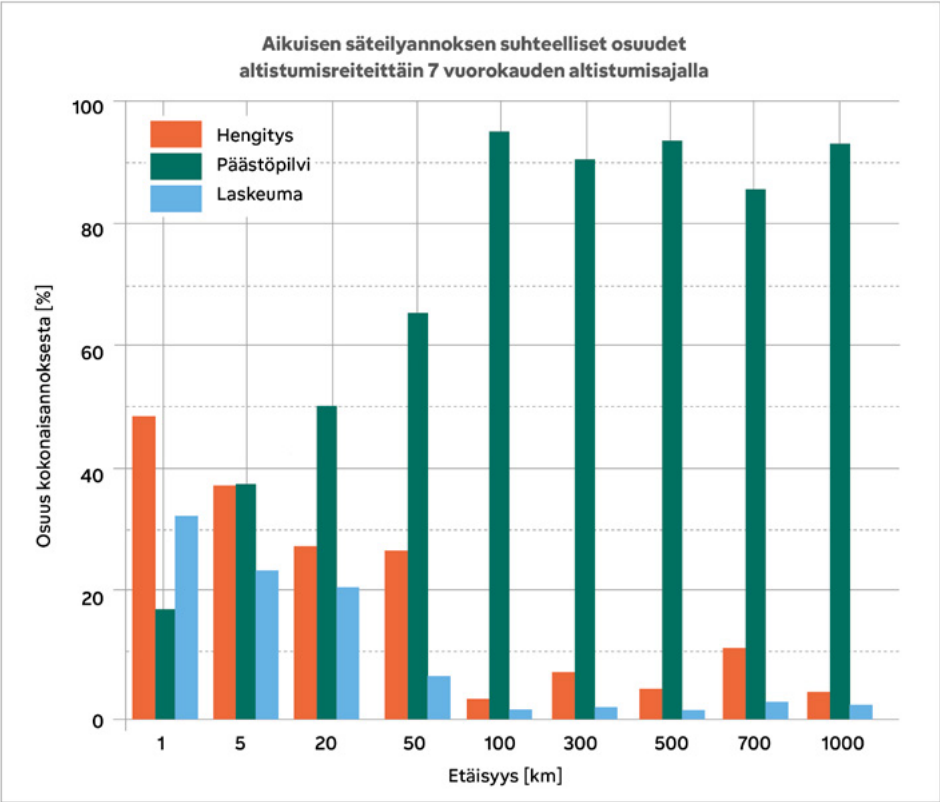
Laskeuma [kBq/m²]										
Etäisyys (km)	Cs-134	Cs-137	I-131 (aerosoli)	I-131 (orgaa-ninen)	I-131 (alkuaine)	I-132 (aerosoli)	I-132 (orgaa-ninen)	I-132 (alkuaine)	Te-132	Sr-90
1	706	441	4353	0,5	1472	5424	0,6	1828	4983	1,1
5	126	79	779	0,07	181	970	0,09	225	892	0,2
10	56	35	344	0,03	65	429	0,04	81	394	0,09
15	33	21	205	0,02	35	256	0,02	43	235	0,05
20	23	21	141	0,01	22	176	0,02	28	162	0,04
50	6,3	4,0	39	0,005	4,8	49	0,006	6,0	45	0,01
100	0,4	0,3	2,6	0,0004	0,2	3,3	0,0005	0,3	3,0	0,0007
300	0,2	0,1	1,1	0,0003	0,07	1,4	0,0004	0,09	1,2	0,0003
500	0,1	0,07	0,7	0,0003	0,04	0,8	0,0003	0,05	0,8	0,0002
700	0,08	0,05	0,5	0,0002	0,03	0,6	0,0003	0,04	0,05	0,0001
1 000	0,05	0,03	0,3	0,0002	0,02	0,4	0,0002	0,03	0,03	0,0001

Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvan laskeu-man arvioita on esitetty taulukossa 9-74 niille cesium (Cs), jodi (I) ja telluuri (Te) nuklideille, jotka säteilyannosanalyysin perusteella aiheuttavat suurimman annoksen laskeuman kautta yhden vuoden altistusajalla. Jodi-isotooppien I-131 ja I-132 osalta on esitetty laskeumat jodin kolmelle eri olomuodolle (aerosoli, orgaaninen ja alkuaine), sillä näillä on erilaiset laskeumanopeudet ilmasta maahan. Lisäksi taulukossa on huomioitu myös pitkäikäinen strontiumin-90 (Sr) -nukliidi.

9.21.2.1 Säteilyannosten vaikutukset

Säteilyn terveysvaikutuksia on kuvattu yleisesti luvussa 7.2. Mallinnuksen perusteella suurin säteilyannos kilometrin etäisyydellä kaikki ikäryhmät huomioiden on kahden ensimmäisen vuorokauden aikana noin 25 mSv ja ensimmäisen viikon aikana noin 27 mSv. Tämän suuruiset säteilyannokset eivät aiheuta suoria säteilyvaikutuksia ihmisille eivätkä kehityshäiriöitä sikiölle. Noin 30 mSv säteilyannos vastaa kolmea koko kehon tietokonetomografiakuvausta (STUK 2021j). Veren kuvan muutos muutaman päivän sisällä vaatii noin 500 mSv:n suuruisen säteilyannoksen. Äkilliset yli 100 mSv säteilyannokset sikiön ollessa herkässä kehitysvaiheessa voivat johtaa kehityshäiriöihin (STUK 2019b). Vertaamalla mallinnettujen säteilyannosarvioiden (Taulukko 9-73) tuloksia taulukon 9-72 annoskriteereihin, sekä sisälle suojautumisen että evakuoinnin annoskriteerit ylitetään alle

viiden kilometrin etäisyydelle voimalaitoksesta jäävällä alueel-la. Toisin sanoen yli 5 km etäisyydellä voimalaitoksesta sisälle suojautumisen tai evakuoinnin annoskriteerit eivät ylitä. Tarkasteltaessa säteilyannosta voimalaitoksen suojavyö-hykkeen ulkoreunalla eli 5 km etäisyydellä voimalaitokses-ta, ovat vakavasta reaktorionnettomuudesta koko eliniän ajalle arvioidut säteilyannokset 1-vuotiaalle noin 60 mSv (70 vuoden altistumisaika), 10-vuotiaalle noin 66 mSv (60 vuoden altistumisaika) ja aikuiselle noin 73 mSv (50 vuo-den altistumisaika). Voimalaitoksesta 20 km etäisyydellä säteilyannokset ovat ikäryhmästä riippumatta noin 1 mSv:n luokkaa ensimmäisten päivien aikana. Koko eliniälle arvioidut säteilyannokset 20 km etäisyydellä ovat suurimmillaan noin 15 mSv:n luokkaa. Aikuisen henkilön tapauksessa säteilyannos on arvioitu lisäksi myös kalastajalle. Kalastajan oletetaan asuvan 5 km päässä voimalaitoksesta ja käyttävän paikallista kalaa ravin-noksi vuodessa noin kahdeksan kertaa enemmän kuin mitä suomalainen keskimäärin syö kalaa vuodessa. Korostuneen paikallisen kalan käytön vaikutuksesta elinikäisen säteilyan-noksen on arvioitu olevan suurimmillaan 164 mSv (50 vuoden altistusaika). Kun mallinnuksen tuloksia verrataan suomalaisen vuo-tuiseen keskimääräiseen säteilyannokseen, joka on noin 5,9 mSv/vuosi (STUK 2020b), voidaan todeta, että 50 vuoden aikana suomalainen saa muista lähteistä keskimäärin noin 295 mSv säteilyannoksen. Lisäksi esimerkiksi ihminen, joka



Kuva 9-82. Aikuisen henkilön säteilyannoksen suhteelliset osuudet altistusreiteittäin seitsemän vuorokauden säteilyannoksen altistusajalla.

asuu kerrostalossa sellaisessa paikassa, jossa hän altistuu talousveden tai huoneilman kautta runsaasti radonille, voi suurimmillaan saada 50 vuoden aikana jopa yli 1 500 mSv säteilyannoksen (STUK 2020b). Mallinnuksen tuloksia tarkasteltaessa on syytä huomioida, että vakavan reaktorionnettomuuden sattuessa viranomai-set aloittaisivat hyvin nopealla aikataululla väestönsuojelu-toimenpiteet kuten sisälle suojautumisen, mitä esitetyissä annosarvioissa ei ole otettu huomioon. Näin ollen esitetyt tulokset ovat myös tältä osin konservatiivisia. Aikaisessa vaiheessa toteutetuilla väestönsuojelutoimenpiteillä on mah-dollista pienentää selvästi onnettomuuden alkuvaiheessa saatuja suurimpia säteilyannoksia, jotka aiheutuvat hengi-tyksen kautta kehoon kulkeutuvasta aktiivisuudesta sekä ilmavirran mukana kulkevan päästöpilven ja maassa olevan laskeuman aiheuttamasta suorasta ulkoisesta säteilystä. Kuvassa 9-82 on havainnollistettu taulukossa 9-73 esitetyn aikuisen henkilön seitsemän vuorokauden altistumisajan säteilyannoksen suhteellisiä osuuksia etäisyyden funktiona. Ravintoannosreittiä ei ole esitetty kuvassa, koska seitsemän päivän altistusajalla tämän altistusreitin kautta ei käytän-nössä tule säteilyannosta (toisin kuin esimerkiksi yhden vuoden altistusajalla). Kuvasta nähdään, että ensimmäisen viikon aikana voimalaitoksen lähialueilla hengitys ja laskeuma aiheuttavat suurimman osan säteilyannoksesta. Sen sijaan etäisyyden kasvaessa päästöpilvestä tuleva säteily alkaa dominoida. Päästöpilvestä aiheutuvaa suoraa säteilyannosta

on mahdollista rajoittaa tehokkaasti sisälle suojautumisella (ks. luku 9.21.3), joka suojaa myös verrattain tehokkaasti sekä hengityksen kautta että laskeumasta saatavalta säteilyan-nokselta. Pidemmillä altistusajoilla laskeuman ja etenkin ravinto-nautinnan vaikutukset alkavat dominoida säteilyannosta. Välttämällä saastuneiden alueiden ravintotuotteiden käyttöä on mahdollista ainakin osittain välttää myös ravinnon kautta saatavaa säteilyannosta. 9.21.2.2 Radioaktiivisen laskeuman vaikutukset Laskeumalla tarkoitetaan onnettomuudesta peräisin olevien ilmassa kulkeutuneiden radioaktiivisten hiukkasten laskeu-tumista päästöpilvestä maahan tai veteen sekä painovoiman (kuivalaskeuma) että sateen (märkalaskeuma) aiheuttamana. Laskeuma voi jäädä maan pinnalle ja aiheuttaa säteilyannos-ta suoran säteilyn kautta tai se voi kulkeutua maaperässä syvemmälle ja siirtyä kokonaan tai osittain monimutkaisten mekanismien kautta kasveihin, sieniin ja eläimiin. Radioaktii-visuus voi kulkeutua myös ihmiseen ravinnon kautta. Lisäksi on mahdollista, että maan pinnalta laskeuma päätyy esimer-kiksi tuulen vaikutuksesta takaisin ilmaan. Vesistöissä osa laskeumasta sekoittuu veteen ja osa sedimentoituu pohjalle, josta se voi myös sekoittua uudelleen veteen virtausten vaikutuksesta.

Laskeuman vaikutuksia tarkasteltaessa tulee huomioida erityisesti pitkäikäinen Cs-137-nuklidi (puoliintumisaika noin 30 vuotta) sekä hieman lyhytikäisempi Cs-134-nuklidi (puoliintumisaika noin kaksi vuotta). Usein laskeuman yhteydessä tarkastellaan myös lyhytikäisempiä jodin isotooppeja (esimerkiksi I-131:n puoliintumisaika on noin kahdeksan vuorokautta) eri olomuodoissa sekä Sr-90-nuklidia (puoliintumisaika noin 29 vuotta). Näiden lisäksi tarkasteluun on otettu mukaan myös nuklidit Te-132 (puoliintumisaika noin kolme vuorokautta) ja lyhytikäinen I-132 (puoliintumisaika noin 2,3 tuntia), joka on Te-132-nuklidin radioaktiivinen hajoamistuote. Jalokaasuja ei tässä yhteydessä käsitellä, sillä ne eivät aiheuta laskeumaa.

Vertaamalla mallinnettujen laskeuma-arvioiden (Taulukko 9-74) tuloksia taulukon 9-72 toimenpidetasoihin, sekä sisälle suojautumisen että evakuoinnin toimenpidetasot ylitetään alle 5 km etäisyydelle voimalaitoksesta jäävällä alueella. Toisin sanoen yli 5 km etäisyydellä voimalaitoksesta sisälle suojautumisen tai evakuoinnin annoskriteerit eivät ylitä.

STUKin VAL 1 -ohjeen mukaisin kriteerein tarkasteltuna alle yhden kilometrin etäisyys voimalaitoksesta on mallinnuksen perusteella erittäin voimakkaasti kontaminoitunut, eli alue sisältää paljon radioaktiivisuutta kaikilla pinnoilla. Voimalaitoksen suojavyöhykkeen ulkorajalla (5 km etäisyys laitoksesta) alue on voimakkaasti kontaminoitunut. Alue 15 km etäisyydellä on kontaminoitunut ja 80 km:sta eteenpäin alue on lievästi kontaminoitunut tai lähes puhdas.

Tarkastelluista nuklideista suurin vaikutus heti onnettomuuden jälkeen on jodin isotoopeilla. Jodi pyrkii varastoitumaan ihmisessä kilpirauhaseen, mutta sen vaikutuksia voidaan lieventää oikea-aikaisella joditablettien ottamisella, jolloin kilpirauhaseen saadaan varastoitumaan stabiilia jodia radioaktiivisen jodin sijaan. Pitkän puoliintumisaajan nuklideista Cs-134 ja erityisesti Cs-137 ja Sr-90 aiheuttavat säteilyannosta laskeuman kautta vuosia. Tyypillisesti cesium kertyy ihmiskehossa lihaksiin ja strontium luustoon. Biologinen puoliintumisaika on monesti selvästi fysikaalista puoliintumisaikaa lyhyempi, tarkoittaen sitä, että esimerkiksi ihmisen elimistöön päätyvä Cs-137 poistuu elimistöstä nopeammin kuin pelkän fysikaalisen puoliintumisen avulla.

Radioaktiivinen laskeuma voi aiheuttaa joko lyhytaikaisia (esim. jodit) tai pitkäaikaisia (esim. cesiumit ja strontium) maan tai vesialueiden käytön rajoitteita sekä elintarvikkeiden käyttöön kohdistuvia rajoitteita. Vertaamalla taulukon 9-74 laskeuma-arvioita ja ohjetta VAL 1, mallinnettu vakava reaktorionnettomuus aiheuttaisi muun muassa rakennetun ympäristön puhdistamista, luonnontilaisten alueiden virkistyskäytön rajoittamista sekä alueella asuvien ihmisten mittausten- ja puhdistusten järjestämistä alle 15 km säteellä voimalaitoksesta. Lisäksi rakennettujen virkistyspaikkojen käyttöä tulisi rajoittaa 80 km etäisyydelle saakka. Viranomaisten toimesta asetettaisiin rajoituksia myös ravinnoksi käytettävälle tuotteille, kuten esimerkiksi marjoille, sienille, kaloille, riistalle ja maitotuotteille, pohjautuen niiden aktiivisuuspitoisuuksiin (VAL 1 -ohje).

9.21.3 Vaikutusten lieventäminen

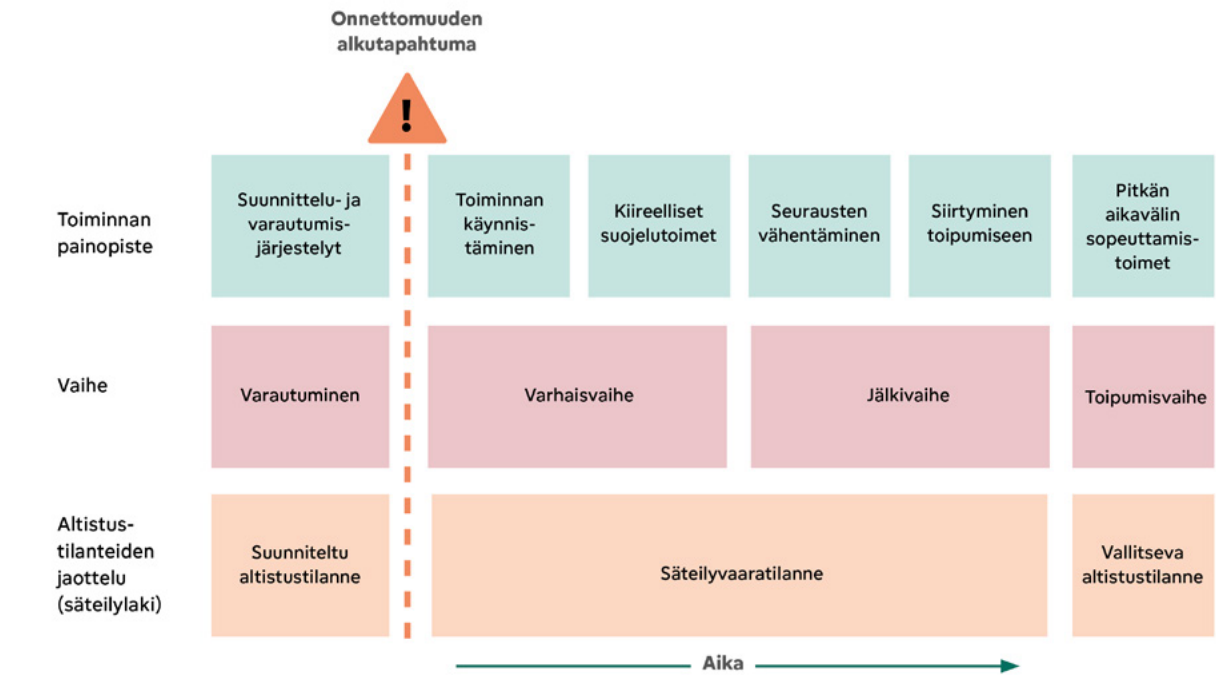
Vakavan reaktorionnettomuuden aiheuttaman päästön vaikutuksia voidaan lieventää erilaisilla väestönsuojelutoimenpiteillä, kuten joditablettien ottamisella ja sisälle suojautumisella, evakuoimalla väestö ennen päästön kulkeutumista tietylle alueelle tai suorittamalla väestön evakuointi myöhemässä vaiheessa, mikäli säteilytilanne sitä edellyttää.

Mikäli väestö saadaan evakuoitua ennen päästön saapumista alueelle, voidaan onnettomuuden aiheuttamalta säteilyannokselta välttyä jopa kokonaan. Joissakin tapauksissa, kuten esimerkiksi silloin, kun väestöä ei syystä tai toisesta saada evakuoitua ajoissa ennen päästöpilven saapumista alueelle, sisälle suojautuminen on hyvä keino pienentää radioaktiivisen pilven aiheuttamaa säteilyaltistusta.

Sisälle suojautumisen tehokkuus riippuu muun muassa rakennuksessa käytetyistä materiaaleista sekä suojautumiseen käytettävän tilan sijainnista rakennuksessa. STUK on arvioinut (STUK 2020a), että pienimmilläänkin sisälle suojautuminen oikeaoppisesti tehtynä laskee säteilyannoksen 1/3:aan siitä, mitä annos olisi ilman sisälle suojautumista. Tehokkaimmillaan sisälle suojautuminen on silloin, kun rakennuksen ilmanvaihto on saatu pysäytettyä ja kun tila, jota suojautumiseen käytetään, on esimerkiksi kerrostalon väestönsuoja. Tällöin säteilyannoksen arvioidaan jäävän jopa 1/500:aan annoksesta, joka saataisiin suojautumattomana. (STUK 2020a)

Laskeuman vaikutuksia voidaan lieventää monin eri tavoin riippuen siitä, millaisesta alueesta on kyse. Esimerkiksi asfaltoituja kaupunkiympäristöjä voidaan pestä, jolloin veden mukana saadaan poistettua merkittäviä osuuksia laskeumasta ja maa-alueita voidaan muokata niin, että niiden pinnalla olevaa eniten laskeumaa sisältävää maa-aineista poistetaan ja kuljetetaan hallittuun säilytyspaikkaan. Laskeumatilanteessa ensisijaiset puhdistustoimet kohdistetaan sellaisiin elinympäristöihin, joissa ihmiset viettävät suuren osan ajastaan (esimerkiksi asunnot) tai joissa on suuri asukastiheys (kaupunkialueet).

STUKin VAL 1 -ohje (STUK 2020a) antaa suuntalinjat säteilyvaaratilanteen varhais- ja jälkivaiheessa tarvittaviin väestön suojelutoimenpiteisiin. Ohjeessa käydään läpi suojelutoimien sisältöä ja perusteita sekä esitetään erilaisia annoskriteereitä ja ohjeellisia toimenpidetasoja, joiden ylittyessä on syytä aloittaa suojelutoimenpiteet. Säteilyvaaratilanteessa STUK arvioi pelastuslain 379/2011 mukaisesti tilanteen turvallisuusmerkitystä sekä antaa suojelutoimia koskevia suosituksia suojelutoimista päättävälle viranomaisille. Säteilyvaaratilanteessa ydinvoimalaitoksen luvanhaltija toimii tiiviissä yhteistyössä STUKin kanssa varmistaen parhaalla mahdollisella tavalla voimalaitoksen ja sen ympäristön turvallisuutta. VAL 1 -ohjeen liite 4 koostaa keskeiset vastuut säteilyvaaratilanteen suojelutoimissa. Viranomaisten toiminta säteilyvaaratilanteessa on ohjeistettu sisäministeriön säteilytilanneohjeessa (Sisäministeriö 2016). Kuvassa 9-83 esitetään suojelutoiminnan painopisteet säteilyvaaratilanteen eri vaiheissa.



Kuva 9-83. Säteilyvaaran kehittyminen ja vaiheet (STUK 2020a).

Suojelutoiminnan tärkeänä perustana on ennakoon varautuminen mahdolliseen onnettomuuteen, mikä mahdollistaa suunniteltujen toimenpiteiden nopean käynnistämisen heti onnettomuuden tapahduttua.

Onnettomuuden varhaisvaiheessa suojelutoiminnan painopiste on toiminnan käynnistämisessä ja kiireellisissä suojelutoimissa. Varhaisvaiheessa suojelutoimet kohdistuvat erityisesti ihmisiin ja tuotantoon, tavoitteena sekä suojella ihmisiä että helpottaa ja lieventää jälkivaiheessa tarvittavia toimia. Väestöä ja vaara-alueella työskenteleviä koskevat kiireelliset suojelutoimet ovat esimerkiksi suojautuminen sisätiloihin tai ulkona olon rajoittaminen, joditablettien ottaminen, alueen eristäminen ja kulkurajoitukset, väestön evakuointi sekä vaara-alueella työskentelevien henkilöiden suojeleminen. Tämän lisäksi käynnistetään toimenpiteitä elintarvikkeiden, rehujen alkutuotannon ja talousveden, elintarvikeraaka-aineiden, valmiiden tuotteiden sekä tuotantolaitosten suojaamiseksi. Voimaan asetetaan tarvittaessa myös elintarvikkeiden ja tavaroiden kaupan rajoituksia. (STUK 2020a)

Onnettomuuden jälkivaiheessa suojelutoiminnan painopiste on seurausten vähentämisessä ja siirtyminen tapahtumasta toipumiseen. Jälkivaiheessa suojelutoimet kohdistuvat ihmisten ja tuotannon lisäksi elinympäristöön ja yhteiskunnan toimintojen palauttamiseen. Väestön ja saastuneella alueella työskentelevien osalta suojelutoimet ovat saman tyyllisiä kuin onnettomuuden varhaisvaiheessa. Lisätoimia ovat ihmisten mittaaminen ja puhdistaminen, radioaktiivisten aineiden poisto ja niiden kulkeutumisen vähentäminen. Muita mahdollisia toimenpiteitä ovat alueelliset maankäyttörajoitukset

sekä elintarvikkeiden, elintarviketuotannon ja vesihuollon käyttörajoitukset. (STUK 2020a)

Suojelutoimien viimeinen vaihe on toipumisvaihe, jonka aikana painopiste on pitkän aikavälin sopeuttamistoimissa (STUK 2020a).

9.21.4 Sosiaaliset ja sosioekonomiset vaikutukset

Vakavan reaktorionnettomuuden vaikutukset yhteiskunnalle ovat moninaisia ja pitkäkestoisia. Vaikutukset yhteiskuntaan ja sen toimintoihin riippuvat muun muassa asuinpaikasta (kaupunkiympäristö verrattuna maaseutuun) ja viranomaisen määräämistä väestönsuojelutoimista (väestön evakuointi sekä sovellettavat raja-arvot liittyen esim. annosnopeuteen ja laskeumaan). Vastatoimenpiteinä tulisi myös huolehtia onnettomuuden jälkivaikutusten hallinnasta, pitkän aikavälin terveydenhuollosta, henkisestä ja psyykkisestä hyvinvoinnista sekä yhteiskunnan tukemisesta monilla muilla tavoilla.

Onnettomuuden seurauksena saastuneita alueita, kuten esimerkiksi ravinnon tuotantoalueita voidaan joutua poistamaan käytöstä pitkäksi aikaa tai jopa lopullisesti. Asuttuja urbaaneja ympäristöjä voidaan puhdistaa selvästi helpommin kuin vaikkapa viljelymaata tai metsää. Tämä voi johtaa alueiden arvon alenemiseen toisilla alueilla merkittävästi enemmän kuin toisilla, vaikka saastumisen taso olisikin sama.

Vakavan reaktorionnettomuuden vaikutukset kohdistuvat sekä rakennettuun infrastruktuuriin että luontoon, mutta sillä on myös psykologisia vaikutuksia ihmisiin. Laajamittainen ympäristön saastuminen vakavan reaktorionnettomuuden

seurauksena voi johtaa työpaikkojen menetyksiin ja sitä kautta henkilöiden toimeentuloon, krooniseen ahdistukseen ja erilaisiin aiheellisiin tai aiheettomiin pelkoihin ympäristön säteilystä. Lisäksi pelkkä väestön laajamittainen evakuointi voi johtaa merkittäviin ongelmiin psyykkisessä hyvinvoinnissa, vaikka suorilta säteilyn vaikutuksilta voitaisiinkin oikea-aikaisella evakuoinnilla välttää jopa kokonaan. Onnettomuudessa säteilylle altistuneita voidaan myös syrjiä.

Tšernobylin onnettomuuden sosiaalisia ja sosioekonomisia vaikutuksia on tutkittu laajalti (ks. Chernobyl Forum 2005). Onnettomuuden seurauksena noin 116 000 asukasta evakuoitiin pian onnettomuuden jälkeen ja kaiken kaikkiaan yli 330 000 asukasta on evakuoitu vuosien saatossa. Vaikka uudelleen asutus vähensikin väestön saamaa säteilyannosta, moni on pitänyt sitä traumaattisena kokemuksena materiaalisten korvausten (kuten uusi asunto) jälkeenkin. (Chernobyl Forum 2005)

Onnettomuuden sosiaaliisiin ja sosioekonomisiin vaikutuksiin kuuluivat esimerkiksi laajat maankäyttörajoitukset aiemmin viljelykelpoisilla maa-alueilla sekä niiden tuotteiden, joita kasvatetaan jo turvallisiksi luokitelluilla alueilla, vieroksuminen kuluttajien toimesta. Tämä on osaltaan vaikuttanut kokonaistalouteen niillä alueilla, joilla koettiin suurin Tšernobylin onnettomuuden aiheuttama radioaktiivinen laskeuma. (Chernobyl Forum 2005)

Väestörakenne on myös kokenut merkittäviä muutoksia, sillä onnettomuudesta eniten kärsineillä alueilla väestön ikäjakauma on painottunut epänormaaleilla tavalla vanhuksiin. Tämä johtuu mm. muuttoliikkeestä, jonka aikana nuorempi väestö on omatoimisesti hakeutunut kauemmaksi. Tämä on luonut epänormaalin ikäjakauman lisäksi myös psykologisia vaikutuksia. Kyseisillä alueilla kuolleisuus ylittää syntyvyyden ja eri aloille on vaikea saada ammattimaista työvoimaa. Tällä on ollut vaikutusta monille aloille, kuten esimerkiksi sosiaalipalveluihin. Onnettomuudessa eniten saastuneilla alueilla elävät ihmiset suhtautuvat omaan terveydentilaansa muilla alueilla asuvia ihmisiä negatiivisemmin. Esille ovat nousseet myös tietynlainen uhriutuminen sekä kulttuuri, jossa on alettu nojata entistä enemmän valtion maksamiin avustuksiin. (Chernobyl Forum 2005)

Fukushiman onnettomuutta koskevan tutkimuksen mukaan (Hasegawa ym. 2016) onnettomuus on aiheuttanut psyykkisiä ongelmia, kuten esimerkiksi traumaperäisiä stressireaktioita, kroonista ahdistuneisuutta sekä syyllisyyden tunnetta, epämääräistä menettämisen tunnetta, erilleen siirrettyihin perheisiin tai yhteisöihin liittyviä tuntemuksia sekä häpeän tunnetta. Erityisesti evakuoitujen, hoitoa tarvitsevien vanhusten joukossa havaittiin lisääntyneitä kuolemia, joiden on arvioitu johtuvan useiden evakuointien aiheuttamista jatkuvista muutoksista ravinnon, hygienian sekä lääketieteellisen ja yleisen hoidon suhteen. Tämän lisäksi Fukushima onnettomuus aiheutti niin sanottuja elämäntyyliin liittyviä muutoksia, sillä monilla evakuiduilla muuttuivat esimerkiksi ravintotottumukset, liikunnan määrä sekä tupakan ja alkoholin käyttö. Muutosten on arvioitu aiheuttavan näihin elintapoihin liittyvien sairauksien, kuten ylipainon, määrän kasvua. (Hasegawa ym. 2016)

9.21.5 Vertailua Fukushima onnettomuuteen

Fukushiman onnettomuus on hyvin dokumentoitu alusta lähtien ja esimerkiksi laskeumaa sekä säteilyannoksia on kartoitettu laajalla alueella nykyhetkeen saakka. Fukushima onnettomuus johti kolmen laitossyksikön reaktorisydämen sulamiseen ja tämän seurauksena merkittävään radioaktiivisten aineiden vapautumiseen ja siitä seuranneisiin väestön-suojelutoimenpiteisiin. Fukushima onnettomuuden luokitus on INES 7 ydinlaitostapahtumien kansainvälisellä vakavuusasteikolla. Mallinnetun Loviisan voimalaitoksen kuvitteellisen vakavan reaktorionnettomuuden luokitus on päästössä vapautuvan aktiivisuuden perusteella INES 6.

Taulukossa 9-75 on esitetty vertailutietoa Fukushima onnettomuudesta sekä mallinnetusta Loviisan voimalaitoksen vakavasta reaktorionnettomuudesta. Taulukon perusteella Fukushima onnettomuuden päästö oli noin 150 kertaa suurempi sekä jodin että cesiumin osalta verrattuna Loviisan voimalaitoksen vakavan reaktorionnettomuuden esimerkitapaukseen. Tästä huolimatta mallinnettu I-131-laskeuma on Loviisan voimalaitoksen vakavan reaktorionnettomuuden esimerkkitapauksessa paikoin jopa kaksinkertainen Fukushima onnettomuudesta julkaistuihin tietoihin nähden, mikä osaltaan kertoo laskentamallin konservatiivisuudesta. Cs-137-radionuklidin osalta Fukushima alueella havaittu laskeuma on kuitenkin selvästi suurempi. Säteilyannokset ovat samaa suuruusluokkaa ja paikoin jopa hyvin lähellä toisiaan kaikissa ikäryhmissä.

Loviisan voimalaitoksen vakavan reaktorionnettomuuden arvioinnissa laskeuma ja säteilyannokset on arvioitu konservatiivisesti eikä mallinnuksessa ole huomioitu suojelutoimenpiteiden vaikutusta säteilyannosta pienentävänä tekijänä. Todellisessa onnettomuustilanteessa suojelutoimenpiteet toteutettaisiin viranomaisten ohjeistamassa laajuudessa. Fukushima onnettomuudessa tehtiin kattavia suojelutoimenpiteitä väestön suojaamiseksi. Lisäksi osa Fukushima onnettomuuden päästöistä kulkeutui idän suuntaan merelle eikä koko päästö aiheuttanut laskeumaa maa-alueille. Tämä tarkoittaa sitä, että Fukushima ympäristöstä mitattu maahan pudonnut laskeuma ei vastaa kokonaisuudessaan sitä aktiivisuuden määrää, joka onnettomuudessa vapautui ilmakehään. Näin ollen suora vertailu Loviisan voimalaitoksen vakavan reaktorionnettomuuden esimerkin ja Fukushima onnettomuuden välillä ei ole suoraviivaista.

9.22 MUUT POIKKEUS- JA ONNETTOMUUSTILANTEET

9.22.1 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Poikkeus- ja onnettomuustilanteita ja niiden ympäristövaikutuksia on tarkasteltu ydinlaitoksille asetettaviin viranomaisvaatimuksiin ja tehtyihin selvityksiin perustuen. Poikkeus- ja onnettomuustilanteiden tunnistamiseksi on tarkasteltu muun muassa Loviisan ydinvoimalaitokselle laadittuja turvallisuus- ja riskianalyysyjä.

Taulukko 9-75. Vertailua Fukushima onnettomuuden ja mallinnetun Loviisan voimalaitoksen vakavan reaktorionnettomuuden välillä (Extension Site of Distribution Map of Radiation Dose 2021; Unsear 2013; Unsear 2015).

	Fukushiman ydinvoimalaitosonnettomuus	Loviisan voimalaitos – mallinnettu vakava reaktorionnettomuus		
Päästö ilmaan [TBq]				
I-131	151 000	1040		
Cs-137	14 500	100		
Laskeuma voimalaitoksesta noin 100 km sisään jäävällä alueella [kBq/m²]				
I-131, min	0,4 ^a (1340)	1,07		
I-131, max	7400 ^b	14 681		
Cs-137, min	< 300	0,1		
Cs-137, max	3000 - 14 700	1090		
Säteilyannos [mSv]				
	1 vuoden altistusaika ^c	Elinikäinen altistusaika ^c	1 vuoden altistusaika ^d	Elinikäinen altistusaika ^d
1-vuotias	2,0 - 7,5	2,1 - 18,0	0,3 - 8,0	0,4 - 14,5
10-vuotias	1,2 - 5,9	1,4 - 16,0	0,3 - 5,4	0,4 - 13,9
Aikuinen	1,0 - 4,3	1,1 - 11,0	0,3 - 4,8	0,4 - 15,2

- a: Laskeuma päästövanan suunnassa noin 3 kk onnettomuuden jälkeen, jolloin I-131:n puoliintumisaika on merkittävästi vaikuttanut arvoon. Suluissa oleva arvo on skaalattu onnettomuushetkeen päivämäärälle 12.3.2011, jolloin säteilytasojen havaittiin ensimmäistä kertaa nousevan (Unsear 2013). Skaalaustekijä 3357,341 perustuu I-131:n puoliintumisaikaan (8,0252 d) ja 94 d ajan jaksoon.
- b: Namien kaupungissa onnettomuuden jälkeisinä päivinä.
- c: Fukushima onnettomuudelle ilmoitetut säteilyannokset vastaavat viitteessä (Unsear 2013) annettua annokselle arvioitua vaihteluväliä Fukushima prefektuurissa niiltä alueilta, joissa ei suoritettu väestön evakuointia. Evakuointialue ulottui alussa 20 km etäisyydelle voimalaitoksesta ja aluetta laajennettiin myöhemmin erityisesti luoteen suunnassa.
- d: Vertailun vuoksi Loviisan voimalaitoksen kuvitteellisessa vakavan reaktorionnettomuuden tapauksessa esitetään säteilyannosten vaihteluväli 20 - 100 km etäisyydellä voimalaitoksesta.

Käsiteltävät poikkeus- ja onnettomuustilanteet liittyvät voimalaitoksen sisäisiin ja ulkoiisiin tapahtumiin, joissa reaktorin ja käytetyn polttoaineen varastojen turvallisuustoiminnoilla ei ole käynnistystarvetta tai ne toimivat suunnitellusti. Toisin sanoen tilanne ei suoraan aiheuta ydinenergia-asetuksen (161/1988) mukaista häiriö- tai onnettomuustilannetta tai tapahtumaluokan mukaiset hyväksymiskriteerit täyttyvät. Poikkeus- ja onnettomuustilanteet saattavat vaikuttaa normaalikäytön toimintoihin sekä turvallisuustoimintoihin ja sitä kautta heikentää voimalaitoksen turvallisuustasoa. Ydinvoimalaitoksen häiriö- ja onnettomuustilanteiden luokittelua, niihin varautumista sekä niiden hallintaa ja valmiustoimintaa on kuvattu luvussa 7.

Jotkin ulkoiset tapahtumat voivat johtaa voimalaitoksen hetkelliseen alasajoon, jolloin kaupallinen sähköntuotanto keskeytetään ja voimalaitos siirretään seisokkitilaan sekä tarvittaessa työt lopetetaan. Esimerkkejä tällaisista tapahtumista ovat öljyonnettomuus merialueella, korkea ilman tai meriveden lämpötila sekä korkea tai matala meriveden pinnankorkeus. Voimalaitoksen alasajolla pyritään takaamaan

voimalaitoksen mahdollisimman turvallinen tila, mikäli tilanne jostain syystä pahenisi.

Sähköverkon häiriöissä laitoksen tuottamaa sähköä ei voida siirtää valtakunnan verkkoon, minkä seurauksena voimalaitos jää omakäyttöteholle tai ajetaan alas ja käytetään voimalaitosalueen dieselgeneraattoreita alueella tarvittavaan sähkön tuotantoon.

Häiriöiden tai onnettomuuksien hallintaan liittyvien toimenpiteiden epäonnistuessa tai niiden toteuttamiseen tarvittavien järjestelmien ollessa käyttökunnottomia voi tilanne pahentua. Tarkemmin toimenpiteitä ja järjestelmiä esitellään luvussa 7.5.2. Äärimmillään tilanne voi lukuisten vikojen ja virheiden seurauksen pahentua vakavaksi reaktorionnettomuudeksi, jonka seurauksia ja vaikutuksia on käsitelty luvussa 9.21. Tällaisen tilanteen todennäköisyys on kuitenkin erittäin pieni.

Käytön jatkamisen tapauksessa säteilyannosten arviointi on tehty lievemmälle tapaukselle, jossa turvallisuusjärjestelmät toimivat suunnitellusti. Kyseessä on käytön aikainen suuri vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin. Tapaus kattaa

laajan joukon erilaisia ydinvoimalaitoksen häiriö- ja onnettomuustilanteita, joista valtaosassa vaikutukset ovat selvästi tässä esitettyä tapausta lievemvät ja joissakin tapauksissa samaa suuruusluokkaa. Ydinenergia-asetuksen (161/1988) luokituksen mukaisesti onnettomuus kuuluu tapahtumaluokan luokan B oletetun onnettomuuden laajennus. Kansainvälisen luokituksen mukaisesti päästössä vapautuvan aktiivisuuden perusteella tapaus on luokkaa INES 4.

Lisäksi käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston osalta on tarkasteltu mahdollisia muita poikkeus- tai onnettomuustilanteita, joissa vähäinen määrä radioaktiivisia aineita voi levitä ympäristöön. Tällaiset tilanteet on laitoksen turvallisuusanalyseissa arvioitu mahdollisiksi esimerkiksi käsiteltäessä käytettyä ydinpolttoainetta tai radioaktiivisia jätteitä, tai mikäli radioaktiivisia aineita sisältävässä järjestelmässä on vuoto. Vähäisiä radioaktiivisia päästöjä aiheuttavia tilanteita voi esiintyä kaikissa laitoksen elinkaaren vaiheissa, kunnes laitos on poistettu käytöstä. Esimerkiksi tulipalot saattavat aiheuttaa radioaktiivisen päästön, mutta myös turvallisuustason heikkenemistä esimerkiksi vahingoittamalla osaa turvallisuusjärjestelmistä.

Säteilyannosarviot on laadittu Tuulet-ohjelmalla. Päästöjen leviämisen vaikutuksia tarkastellaan 1 000 km sijaan 1–100 km etäisyydelle saakka voimalaitoksesta, sillä päästöt ovat selvästi pienempiä kuin vakavan reaktorionnettomuuden päästö, eikä päästöjen vaikutusalue ulotu sen vuoksi yhtä laajalle. Arvioinnissa käytetään konservatiivisia oletuksia ja annokset arvioidaan käyttäen 0,5 % ylitystodennäköisyyttä yhden vuoden integrointiajalla.

Vaikutusten arvioinnissa on myös tarkasteltu konventio-naalisia poikkeus- ja onnettomuustilanteita, joilla ei lähtökoh-taisesti ole oleellisia vaikutuksia laitoksen turvallisuustasoon. Tällaiset tilanteet eivät aiheuta radioaktiivisia päästöjä, ja ne liittyvät esimerkiksi öljyn ja muiden kemikaalien kuljetuk-siin, purku- ja lastaustapahtumiin, varastointiin ja käyttöön. Onnettomuuksien syitä voivat olla esimerkiksi laiteviat ja inhimilliset virheet.

9.22.2 Käytön jatkaminen

9.22.2.1 Radioaktiiviset päästöt

Säteilyannosten kannalta pahin tapaus Loviisan voimalai-toksella on vakava reaktorionnettomuus, joka on käsitelty luvussa 9.21. Tässä luvussa käsitellään onnettomuustapaus, joka on suuri vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin. Tapaus kattaa laajan joukon erilaisia ydinvoimalaitoksen häiriö- ja onnettomuustilanteita, joista valtaosassa vaikutukset ovat selvästi tässä esitettyä tapausta lievemvät ja joissakin tapauksissa samaa suuruusluokkaa. Näihin lukeutuvat myös voimalaitoksen tiloissa tapahtuvat tulipalot tai räjähdykset, joista voi aiheutua radioaktiivisia päästöjä ympäristöön.

Painevesilaitoksella, kuten Loviisan voimalaitoksella, on mahdollista, että höyrystimissä tapahtuvan vaurion seurauk-sena reaktoria jäähdyttävää vettä voi päästä sekundääripii-riin. Vuodon ollessa suuri, osa vedestä ja höyrystä puhalle-taan ilmakehään kunnes piirien paineet ovat tasaantuneet.

Taulukko 9-76. Primääripiirin suuresta vuodosta sekundääripiiriin muodostuvasta ilmapäästöstä aikuiselle aiheutuvat suurimmat etäisyyskohtaiset säteilyannokset [mSv] 1–100 km etäisyydellä Loviisan voimalaitoksesta.

Etäisyys [km]	Aikuiselle arvioitu säteilyannos [mSv]
1	1,5
5	0,78
15	0,16
20	0,11
50	0,02
100	0,005

Primääripiirin vesi sisältää radioaktiivisia aineita. Onnetto-muus aiheuttaa voimalaitoksen ympäristön asukkaalle (etäi-syys 1 km voimalaitoksesta) suurimmillaan 3,3 mSv säteily-annoksen yhden vuoden altistusajalla. Annoksesta 1,5 mSv aiheutuu ilmapäästöstä ja 1,8 mSv meripäästöstä. Onnet-tomuudesta aiheutuva säteilyannos on noin 55 % suomalai-sen keskimäärin saamasta vuotuisesta säteilyannoksesta 5,9 mSv. Taulukossa 9-76 esitetään ilmapäästöstä arvioidut säteilyannokset eri etäisyyksillä Loviisan voimalaitoksesta.

Loviisan voimalaitoksen järjestelmissä on normaalikäytön aikana radioaktiivisia aineita. Vuodot järjestelmistä johtavat vain vähäisiin radioaktiivisiin päästöihin. Tällainen tapahtuma aiheuttaa voimalaitoksen ympäristön asukkaalle (etäisyys 1 km voimalaitoksesta) selvästi alle 0,1 mSv säteilyannoksen yhden vuoden säteilyannoksen altistusajalla. Tämä sätei-lyannos on noin 1 % suomalaisen keskimäärin saamasta vuotuisesta säteilyannoksesta 5,9 mSv. Päästö radioaktiivi-sia aineita sisältävästä järjestelmästä voi esiintyä joidenkin luvussa 9.22.2.2 esitettyjen tapahtumien ja maanjäristyksen seurauksena.

Jätteiden, ml. käytetyn ydinpolttoaineen, käsittelyn ja varastoinnin poikkeus - ja onnettomuustilanteita käsitellään luvussa 9.22.4.

9.22.2.2 Palot, räjähdykset, öljy- ja kemikaalivahingot

Tässä luvussa käsiteltävien onnettomuuksien syitä voivat olla esimerkiksi laiteviat, inhimilliset virheet tai maanjäris-tys. Taulukossa 9-77 esitetään tarkemmin miten paloihin, räjähdyksiin sekä öljy- ja kemikaalivahinkoihin on varauduttu ja minkälaisia vaikutuksia niistä voi aiheutua. Nämä tilanteet voivat joissakin tapauksissa johtaa myös radioaktiivisten aineiden leviämiseen ympäristöön. Tilanteisiin on varauduttu

Taulukko 9-77. Poikkeustilanteiden vaikutukset ja niihin varautuminen.

Poikkeustilanne	Vaikutus	Varautuminen
Palot ja räjähdykset	- Henkilö- ja omaisuusvahingot - Rakenteiden vaurioituminen - Suurpalossa savukaasujen leviäminen ympäristöön - Suurpalossa sammutusvesien valuminen ympäristöön - Vähäinen radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön mahdollista	- Rakenteellinen palosuojaus (suojattavien järjestelmien erottelu ja sijoitus sekä palotekninen osastointi). - Laitoksen ohjaajien ohjeistus tilanteen hallitsemiseksi. - Palokuormien minimointi ja asianmukainen säilytys. - Prosessijärjestelmissä syntyvien palavien kaasujen asianmukainen käsittely. - Paineistettujen säiliöiden ylipainesuojaus. - ATEX laite- ja olosuhdesäädösten soveltaminen. - Paloilmaisinjärjestelmä. - Sammutusjärjestelmät. - Vetyvuotojen hälytykset. - Laitoksen oma koko ajan valmiudessa oleva palokunta. - Henkilöstön koulutus ja pätevyysvaatimukset. - Palo- ja pelastussuunnitelma ja yhteistyö muiden toiminnanharjoittajien sekä viranomaisten kanssa. - Suodatettu ilmanvaihtojärjestelmä.
Kevyen polttoöljyn kuljetus-onnettomuus tai vuoto	- Öljypäästö maaperään tai vesistöön	- Kuljetukset tapahtuvat vaarallisten aineiden kuljetusta koskevien määräysten (VAK) mukaan. - Kuljetukset tapahtuvat laitosalueella opastettuja alfaltoituja kuljetusreittejä pitkin. - Hätädieselgeneraattorien ja dieselvaravoimalaitoksen polttoainetäydennyksissä hyödynnetään laitosalueen jakeluputkistoa. - Purkausalueet asfaltoitu ja dieselrakennusten, joissa suurimmat öljyvarastot sijaitsevat, purkauspaikkojen sadevedet käsitellään öljynerottimessa ennen jäähdytysveden purkutunneliin johtamista. - Kaikissa varastosäiliöissä on pinnankorkeuden mittaus, ylitäytön estin ja purku-tapahtumaa valvovat sekä säiliöauton kuljettaja että voimalaitoksen edustaja. - Polttoöljyn varastosäiliöt on sijoitettu omiin erillisiin huonetiloihin, joiden tilavuus vastaa vähintään varastosäiliön tilavuutta. Huoneista ei ole viemärointiä. Varastosäiliöitä pienemmät päivä- ja käyttösäiliöt sijaitsevat tiloissa, jotka on viemäroity joko keruualtaaseen tai öljynerotuksen kautta jäähdytysveden purkutunneliin. - Varasto- ja päiväsäiliöitä tarkkaillaan päivittäin mahdollisen vuodon havaitsemiseksi. Myös säiliöiden kunto on säännöllisten tarkastusten piirissä. - Kaikissa öljynerottimissa on öljynilmais-in, joka öljyn ilmaantuessa sulkee erottimen purkuventtiilin ja tekee hälytyksen valvomoon. Öljynerottimien ja -ilmaisimien kunto ja toimintakyky ovat säännöllisen tarkastuksen piirissä, ja tarkastuksista pidetään kirjaa. - Vuotojen varalle on laitosalueella saatavilla imeytysainetta. - Vartiointihenkilöstö tarkkailee öljyn esiintymistä ympäröivällä vesialueella, viemärien suulla ja purkuojoissa. - Öljyvahinkojen varalle on laadittu toimintasuunnitelmia. - Öljyvahinkojen torjunta kuuluu laitospalokunnalle.
Öljyvuoto piha-alueella	- Öljypäästö maaperään ja vesistöön	- Työkoneiden vuotojen varalle on laitosalueella saatavilla imeytysainetta. - Päämuuntaja-alueella tapahtuva öljyvuoto kerätään talteen muuntajien alla olevaan vuotoöljyn keräilyaltaaseen. Jokaisen muuntajan alla on allas mihin muuntajan öljytilavuus kokonaisuudessaan mahtuu. - Varapäämuuntaja sijaitsee valuma-altaassa, joka kerää pienehköt öljyvuodot.
Kemikaalien kuljetus-onnettomuus tai kemikaalivuoto	- Henkilövahingot (esim. syövyttävät kemikaali-roiskeet) - Kemikaalipäästö maaperään ja vesistöön	- Kuljetukset tapahtuvat vaarallisten aineiden kuljetusta koskevien määräysten (VAK) mukaan. - Kuljetukset tapahtuvat laitosalueella opastettuja asfaltoituja kuljetusreittejä pitkin. - Sisätiloissa tapahtuvat kemikaalivuodot ohjataan keruujärjestelmään. - Kemikaalin pääsy ympäristöön estetään erillisen vuoto-ohjeen mukaan. - Kemikaalien siirroissa voimalaitosalueella noudatetaan niitä koskevia turvallisuusohjeita ja -määräyksiä. Esim. hydratsiinitynnryrien kuljetusta varten on laadittu käsittelyohje.

voimalaitoksen suunnittelussa sekä ohjeistuksessa. Yksittäisten tapahtumien vaikutukset rajautuvat pienelle alueelle ja radioaktiivisten aineiden päästöt ovat vähäisiä. Mahdollisissa laajemmissa tapahtumissa, esimerkiksi joidenkin varautumistoimenpiteiden epäonnistuesssa, päästö voi olla suurempi. Tässä tapauksessa päästön ja sen vaikutusten arvioidaan kuitenkin olevan selvästi alle oletetun onnettomuuden luokan B laajennustapauksen. Siten edellä luvussa 9.22.2.1 esitetyt säteilyannokset kattavat myös näiden tilanteiden aiheuttamat ympäristön asukkaan säteilyannokset.

Laitospalokunnan tehtäviin kuuluu palontorjunnan lisäksi kemikaali- ja öljyvahinkojen torjunta. Laitospalokunta ylläpitää sellaista torjuntakalusto ja -ainevalmiutta siten, että se pystyy hoitamaan pienet tapahtumat ja aloittamaan vahinkojen torjunnan isoissa tapahtumissa, kunnes alueellinen pelastustoimi saapuu paikalle.

9.22.2.3 Varautuminen ilmastomuutokseen

Ilmastomuutos vaikuttaa ulkoisten tapahtuminen voimakkuuteen ja voimakkaiden ilmiöiden esiintymisen todennäköisyyteen. Ilmastomuutoksen seurauksena muun muassa maan pinnan läheisen ilman sekä meriveden keskimääräinen lämpötila kasvavat tulevaisuudessa, ja sekä ilman että meriveden lämpöaallot tulevat yleistymään. Lisäksi sademäärät tulevat todennäköisesti kasvamaan. Lämmön ja hiilidioksidin sitoutuminen meriin muuttaa meriveden kerrostuneisuus- ja pH-olosuhteita. Kasvavat sademäärät puolestaan laimentavat meriveden suolaisuutta suoran sadannan, ja toisaalta myös valunnan kautta. Muutokset näissä ympäristön fysikaalisissa suureissa muodostavat monimutkaisia takaisinkytkentöjä keskenään, mikä tekee muutosten suuruuden arvioinnista hankalaa ja virheatista. (Bolle ym. 2015)

Luvussa 7.5.6 esitetyn mukaisesti Loviisan voimalaitoksen toiminnan näkökulmasta yksi ilmastomuutoksen aiheuttamista uhkakuvista on meriveden pinnankorkeuden nousu. Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin IPCC:n (IPCC 2018) mukaan meriveden globaali pinnannousu olisi vuonna 2050 pahimmankin ilmastomuutoskenaarion mukaan noin 0,3 m verrattuna vuoden 1986–2005 keskimääräiseen pinnankorkeuteen. Laitospaikalla vaikutus olisi alle puolet tästä johtuen maanpinnan kohoamisesta. Hetkellinen korkea merivesi johtuu sääilmiöistä, joita Loviisan voimalaitoksella seurataan ja ennustetaan jatkuvasti. Korkean meriveden pinnan tapauksessa laitos ajetaan jo aikaisessa vaiheessa seisokkitilaan ja tietyille järjestelmille asennetaan tulvasuojaukset.

Ilman ja meriveden lämpötilan nousu voi tulevaisuudessa aiheuttaa voimalaitoksella tehonrajoituksia tai hetkellisen alasajotarpeen johtuen ympäristöluvan ehdoista ja laitteiden jäähdytyskapasiteettiin kohdistuvista vaatimuksista. Lisääntyvät voimakkaat myrskyt voivat aiheuttaa häiriöitä kantaverkossa, mihin laitoksella on varauduttu lukuisilla varavoimalähteillä.

Ilmastomuutokseen liittyvää tutkimusta seurataan jatkuvasti ja arvioitujen vaikutuksien perusteella tehdään tarvittaessa muutostöitä luvussa 7.8 esitetyn mukaisesti.

9.22.3 Käytöstäpoisto

Käytöstäpoiston valmisteluvaiheessa voimalaitos on vielä käynnissä tai seisokkitilassa. Kun käytetty ydinpolttoaine on siirretty reaktorirakennuksista käytetyn polttoaineen varastoille, voi varsinainen purkutoiminta alkaa. Samalla suuri osa voimalaitoksen järjestelmistä muuttuu tarpeettomiksi, sillä onnettomuusriskiä ei reaktorille tai reaktorirakennuksen polttoainealtaille enää ole. Ylimääräiset kemikaalit, polttoöljy ja öljy poistetaan, minkä jälkeen myös näihin liittyvät riskit poistuvat.

Järjestelmien ja rakenteiden purkaminen, pakkaaminen sekä kuljetukset aiheuttavat riskejä, joihin varautuminen ovat pääosin samankaltaista kuin voimalaitoksen käytön aikana. Tätä käsitellään luvussa 9.22.2. Jätteen, ml. käytetyn ydinpolttoaineen, kuljetuksen, käsittelyn ja varastoinnin poikkeus- ja onnettomuustilanteita käsitellään luvussa 9.22.4 ja 9.22.5. Toiminnan luonne ja mittakaava on kuitenkin erilainen kuin käytön aikana. Esimerkiksi palojen ennaltaehkäisy ja sammuutus on tärkeässä osassa näiden riskien hallitsemiseksi.

Purkutoimenpiteiden ja muiden käytöstäpoiston vaiheiden toteuttamisen suunnittelussa henkilöstön säteilysuojelu otetaan erityisesti huomioon. Yksittäisten työtapojen ja käytettyjen työkalujen huolellisella valinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi henkilöstölle aiheutuviin säteilyannoksiin. Kunakin laitteen tai järjestelmäkokonaisuuden purkutöiden toteuttamista varten on laadittu säteilysuojelullinen suunnitelma, jota vielä tarkennetaan ennen purkutöiden aloitusta. Alle on listattu säteilysuojelullisia toimenpiteitä, joita hyödynnetään käytöstäpoiston toteutuksessa:

- jo sähköntuotannon ja vuosihuoltojen aikana käytetyt säteilysuojelulliset toimet
 - säteily- ja kontaminaatiotasojen aktiivinen seuranta
 - säteilytyön keston minimointi hyvällä suunnittelulla
 - oikeaoppinen suojavarusteiden käyttö (hengityssuojain, käsineet ym.)
 - väliaikaisten säteilysuojien rakentaminen
 - laitteiden dekontaminointi
 - voimakkaasti säteilevien jätteiden purkaminen ja pakkaaminen veden alla

- käytöstäpoiston työvaiheiden järjestyksen optimointi
- työmenetelmien, esim. putkien katkaisumenetelmien optimointi
- kauko-ohjattujen piikkaus- ja sahausrobottien käyttö
- betonirakenteiden sahauksen suorittaminen veden alla
- työkohteille asennettava suodatettu kohdepoisto (kohdistettu imu / pölynpoisto)
- työkohteelle tai laajemmalle alueelle asennettavat pölyn kulkeutumisesteet
- mitoitettu säteilysuoja reaktoripainesäiliön sydänvyöhykkeen ympärillä
- käytöstäpoistoa varten modifioitu säteilysuojasynterireaktorin sisäosien kuljetusta varten
- nosturin ohjaus erillisestä säteilysuojatusta ohjauskäsin
- nosturin kauko-ohjaus reaktorirakennuksen ulkopuolelta käsin videoyhteyden avulla
- aktiivisimpien jätteiden kuljetusajoneuvoon asennettava lisäsäteilysuoja.

Käytöstäpoiston aikana voi yllä esitetyistä toimenpiteistä huolimatta esiintyä tilanteita, joissa ympäristöön pääsee vähäinen määrä radioaktiivisia aineita. Luvussa 9.22.2.1 esitetty annosarvio 0,1 mSv pätee myös näihin tilanteisiin.

Yllä esitetyn lisäksi käytöstäpoistoon liittyvään purkotoimintaan liittyvät samankaltaiset riskit kuin mihin tahansa purkutoimintaan. Nämä riskit ovat henkilöriskejä, joihin varaudutaan hyvällä suunnittelulla ja toteutuksella. Mahdolliset poikkeustilanteet eivät vaikuta ympäristöön. Osassa töistä, esimerkiksi asbestin purussa, noudatetaan vaatimusten mukaisia suojaustoimenpiteitä.

9.22.4 Käytetty ydinpolttoaine sekä voimalaitokselta muodostuva matala- ja keskiaktiivinen jäte

9.22.4.1 Käytetyn ydinpolttoaineen käsittely, varastointi ja kuljetus

Polttoainevarastojen käytön aikana voi esiintyä vähäisiä radioaktiivisia päästöjä aiheuttavia tilanteita kuten voimalaitoksen käytön aikanakin, jota käsitellään luvussa 9.22.2.1. Kuitenkin järjestelmiä on vain vähän ja siten todennäköisyyskin tällaiselle tilanteelle on pienempi kuin voimalaitosyksiköille. Luvussa 9.22.2.1 esitetty 0,1 mSv kattaa myös KPA-varastoissa säilytettävän käytetyn polttoaineen jälkilämmön poiston menetyksen.

Käytetyn polttoaineen kuljetuksiin reaktorirakennusten ja käytetyn polttoaineen varastojen välillä ei sovelleta IAEA:n turvallisuusvaatimuksia (IAEA 2018) ja lakia vaarallisten aineiden kuljetuksista (2.8.1994/719), sillä kuljetukset tapahtuvat voimalaitosalueella. Oleellisilta osin vaatimukset on kuitenkin huomioitu, esimerkiksi säteilyn annosnopeus siirtosäiliön pinnalla vastaa voimalaitosalueen ulkopuoliselle kuljetuksille asetettuja vaatimuksia. Siirtoja suoritetaan useita joka vuosi käytön aikana ja käytöstäpoiston alkuvaiheessa tarkoitusta varten suunnitellulla siirtosäiliöllä. Siirtojen häiriö- ja onnettomuustilanteiden ei arvioida aiheuttavan radioaktiivisia päästöjä, sillä säiliötä kuljetetaan matalalla eikä edes säiliön kaatuminen aiheuta sen rikkoutumista. Näin ollen poikkeustilanne johtaisi henkilöstön säteilyannoksiin. Annosten suuruus on vastaava kuin jäljempänä on arvioitu Olkiluotoon kuljetuksen yhteydessä sattuvassa onnettomuustilanteessa, jossa säiliö ei rikkoudu.

Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset kapselointiin ja loppusijoitukseen Olkiluotoon ovat vaarallisten aineiden kuljetuksia, joissa sovelletaan mm. IAEA:n turvallisuusvaatimuksia (IAEA 2018) ja lakia vaarallisten aineiden kuljetuksista (2.8.1994/719). Näiden mukaan kuljetussäiliön tulee mm. kestää pudotus yhdeksän metrin korkeudelta, tulipalo ja upotus veteen. Ulkoisen säteilyn annosnopeus ei saa ylittää arvoa 2 mSv/h kuljetusvälineen (ajoneuvon) ulkopinnalla eikä arvoa 0,1 mSv/h kahden metrin etäisyydellä siitä. Kuljetuksille laaditaan kuljetussuunnitelma ja valmiussuunnitelma. Onnettomuustilanteessa pelastushenkilöstö voi joutua työskentelemään kuljetussäiliön läheisyydessä, jolloin esim. kahdeksan tunnin työskentely kahden metrin etäisyydellä aiheuttaisi korkeintaan 0,8 mSv säteilyannoksen. Tämä säteilyannos on noin 14 % suomalaisen keskimäärin saamasta vuotuisesta säteilyannoksesta 5,9 mSv. Noin 30–50 metrin etäisyydellä kuljetussäiliöstä sen aiheuttama säteilyn annosnopeus vastaa luonnon taustäsäteilyä. Vakavimmissa liikenteellisissä onnettomuuksissa, jos kuljetussäiliön tiiveys menetetään, seurauksena voisi olla jalokaasujen tai muiden haihtuvien aineiden muodostama radioaktiivinen päästö, josta aiheutuisi yksilölle mitättömän pieni säteilyannos (Posiva 2012, liite 18).

9.22.4.2 Ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteiden käsittely

Voimalaitoksen käytön aikana radioaktiivisia jätteitä käsitellään, kuljetetaan ja varastoidaan kerrallaan suhteellisen vähän, joten poikkeus- ja onnettomuustilanteista arvioidaan syntyvän pääosin vain vähäisiä radioaktiivisia päästöjä. Käytöstäpoiston aikana määrät ovat suurempia, mutta käytöstäpoiston yksityiskohtaisessa suunnittelussa voidaan radioaktiivisten jätteiden käsittelymenetelmien ja pakkausten valinnalla sekä logistisilla järjestelyillä ehkäistä poikkeus- ja onnettomuustilanteiden syntymistä, samoin kuin pienentää niiden vaikutuksia.

Esitettyihin annosarvioihin (alle 0,1 mSv radioaktiivisia aineita sisältävien järjestelmien vuodosta ja 3,3 mSv erittäin epätodennäköisestä suuresta tulipalosta) sisältyvät myös jätteidenkäsittelyonnettomuudet. Taulukossa 9-78 esitetään mahdollisia ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteiden käsittelyyn liittyvien poikkeus- ja onnettomuustilanteiden vaikutuksia sekä niihin varautumista. Paloihin varautumisen yleiset periaatteet koskevat myös jätteiden käsittelyä. Niitä on käsitelty taulukossa 9-77.

Taulukko 9-78. Ydinlaitos- ja käytöstäpoistojätteiden käsittelyyn liittyvien poikkeus- ja onnettomuustilanteiden vaikutukset ja niihin varautuminen.

Poikkeustilanne	Vaikutus	Varautuminen
Jätteen käsittely- ja kuljetus-onnettomuudet	- Henkilövahingot - Vähäinen radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön mahdollista.	- Nosto- ja kuljetussuunnitelmat - Jätetyyppiin ja olosuhteisiin soveltuva kuljetuskalusto ja jätteiden pakkaustavat - Säteilyvalvonta - Kulku- ja kuljetusreittien kunnossapito.

9.22.4.3 VLJ-luola

VLJ-luolasta voi aiheutua radioaktiivisten aineiden päästöjä ympäristöön vain poikkeus- ja onnettomuustilanteissa. Pahimmaksi arvioitu tilanne on kuljetusajoneuvon voimakas tulipalo ja se voi aiheuttaa voimalaitoksen ympäristön asukkaalle suurimmillaan 0,2 mSv säteilyannoksen yhden vuoden säteilyannoksen altistusajalla. Tämä säteilyannos on noin 3 % suomalaisen keskimäärin saamasta vuotuisesta säteilyannoksesta 5,9 mSv.

VLJ-luolan käyttövaiheen aikana mahdolliseksi tunnistettu- ja poikkeus- ja onnettomuustilanteita on esitetty taulukossa 9-79. Useimmissa poikkeus- ja onnettomuustilanteissa vaikutukset rajoittuvat VLJ-luolan sisälle. VLJ-luolan sulkemisen jälkeistä tilannetta ja pitkäaikaisturvallisuutta käsitellään luvuissa 7.9.3 ja 9.10.5.2.

9.22.5 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet ja niiden vaikutukset

Muualla muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden käsittelyä ja loppusijoitusta Loviisan voimalaitosalueella koskevat vastaavat poikkeus- ja onnettomuustilanteet, joita on esitetty luvussa 9.22.4. Muualla muodostuneet radioaktiiviset jätteet eivät merkittävästi muuta tilannetta.

Muualla Suomessa muodostuneelle radioaktiiviselle jätteelle erityiseksi poikkeus- ja onnettomuustilanteeksi on tunnistettu ainoastaan kuljetukseen liittyvä häiriötilanne. Kuljetuksiin sovelletaan mm. lakia vaarallisten aineiden kuljetuksista (2.8.1994/719) sekä IAEA:n kuljetuksia koskevia turvallisuusvaatimuksia (IAEA 2018). Kuljetuksia kuvataan yleisesti luvussa 9.10.6. Radioaktiivisen aineen kuljetusturvallisuus varmistetaan ensisijaisesti kollilla, jonka on oltava niin suojaava ja vahva, että se voidaan kuljettaa tavallisen tavaran tavoin. Kollin on pidettävä radioaktiivisen aineen aiheuttamat haitat vähäisinä sekä kuljetuksessa että mahdollisessa onnettomuustilanteessa. Radioaktiivisten aineiden kuljetukseen käytettäville kolleille on asetettu erilaisia vaatimuksia mm. kuljetettavan aineen radioaktiivisuuden ja muiden ominaisuuksien mukaan ottaen huomioon, millaisia vaikutuksia kollien vaurioitumisesta esim. liikenneonnettomuudessa voisi aiheutua. Säädöksissä esitetään mm. aktiivisuusrajat, joita suurempia aktiivisuuksia kuljetettaessa kollin on kestättävä mm. pudotus yhdeksän metrin korkeudelta kovalle alustalle ja polttokoe 30 minuuttia +800 °C:n lämpötilassa. Kollit merkitään asianmukaisesti ja rahtikirjoissa kuvataan kollien sisältö sillä tarkkuudella kuin jätteen radioaktiivisuus ja muut ominaisuudet huomioon ottaen on tarpeellista. Kuljetuksen suorittajan on huolehdittava, että ajoneuvon kuljettajalla on riittävä pätevyys ja että ohjaamossa on helposti saatavissa vakiomuotoiset kirjalliset turvallisuusohjeet esim. onnettomuustilanteiden varalle.

Edellä esitetyillä toimilla varmistetaan, että mahdollisessa häiriö- tai onnettomuustilanteessa kuljettaja ja pelastustoimi pystyvät ottamaan huomioon kuljetettavan radioaktiivisen aineen. Kuljetettavien radioaktiivisten aineiden säteilysuojaus mitoitetaan niin, että se ei rajoita mahdollisia pelastustoimia. (STUK 2012)

9.23 YHTEISVAIKUTUKSET MUIDEN HANKKEIDEN KANSSA

Voimalaitosalueella tai sen läheisyydessä ei ole tällä hetkellä tunnistettu olevan suunnitteilla tai käynnissä uusia hankkeita, joilla voisi olla yhteisvaikutuksia Loviisan voimalaitoksen käytön jatkamisen tai käytöstäpoiston tapauksessa. Hankkeella voi kuitenkin olla tulevaisuudessa liittymäpin-taa esimerkiksi lämpöenergian mahdolliseen hyödyntä-miseen tai voimajohtojen jatkokäyttöön, mutta näistä ei ole riittävästi tietoa vielä, eikä niiden tarkastelua ei ole sisällytety tähän YVA-menettelyyn. Voimalaitoksen erilaiset energi-antuotannon mahdollisuudet, kuten esimerkiksi prosesseissa syntyvän lämpöenergian hyödyntäminen, voi kuitenkin tulla ajankohtaiseksi tulevaisuudessa. Voimajohtojen jatkokäytöstä voimalaitoksen käytöstäpoiston tapauksessa päättää niiden omistaja Fingrid Oyj.

9.24 SUOMEN VALTION RAJAT YLITTÄVÄT VAIKUTUKSET

9.24.1 Vakavan reaktorionnettomuuden vaikutukset

Suomen valtion rajat ylittävien vaikutusten arvioimiseksi on mallinnettu vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvaa radioaktiivisen päästön leviämistä, siitä johtuvaa laskeumaa ja väestön säteilyannoksia 1 000 km etäisyydelle saakka Loviisan ydinvoimalaitoksesta. Mallinnuksessa on tarkasteltu erittäin epätodennäköistä vakavaa reaktorionnettomuutta, jossa ympäristöön vapautuu ydiner-gia-asetuksen 161/1988 22 b § raja-arvoa vastaava 100 TBq cesium-137 (Cs-137) -nuklidin päästö sekä muita reaktori-inventaarin radionuklideja samassa suhteessa. Päästössä vapautuvan aktiivisuuden perusteella kyseessä on INES 6 -luokan onnettomuus.

Mallinnusmenetelmät ja mallinnetun kuvitteellisen vakavan reaktorionnettomuuden vaikutukset on kuvattu tarkemmin luvussa 9.21. Mallinnuksen lähtökohtana on käytetty Loviisan voimalaitokselle tehtyjä analyys-eja ja mallinnuksen oletuk-silla varmistetaan arvioitujen laskeuman ja säteilyannosten konservatiivisuus. Esimerkiksi väestönsuojelutoimenpiteitä ja elintarvikkeiden käyttörajoituksia, joilla säteilyannoksia olisi mahdollista pienentää sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä, ei ole otettu mallinnuksessa huomioon.



Kuva 9-84. Suuntaa antavia etäisyyksiä Loviisan ydinvoimalaitoksesta 1 000 km saakka.

Kuvassa 9-84 on havainnollistettu etäisyyksiä muihin maihin 1 000 km etäisyydelle saakka Loviisan ydinvoimalaitoksesta. Esitetyt etäisyydet ovat mallinnuksessa käytetyt laskentapisteet, joihin perustuu arvio vakavan reaktorionnettomuuden radioaktiivisen päästön aiheuttamasta laskeumasta ja säteilyannoksista myös Suomen rajojen ulkopuolella. Mallinnuksen tulosten perusteella vakavalla reaktorionnettomuudella ei ole välittömiä terveysvaikutuksia voimalaitoksen lähiympäristön asukkailla eikä myöskään Suomen rajojen ulkopuolella. Viiden kilometrin etäisyydellä voimalaitoksesta,

mallinnetusta vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuva säteilyannos kahden päivän aikana on kohderyhmästä riippuen 3,8–4,5 mSv. Suomen lainsäädännön ja viranomaisvaatimusten asettamien annoskriteerien perusteella (Taulukko 9-72) sisälle suojautumisen ja evakuoinnin annoskriteerit ylitetään alle 5 km etäisyydelle voimalaitoksesta ulottuvalla suojavyöhykkeellä. Väestönsuojelutoimenpiteiden tarve ei näin ollen ulotu yli Suomen rajojen. Taulukossa 9-80 on esitetty vakavan reaktorionnettomuuden radioaktiivisesta päästöstä aiheutuvia maakohtaisia

Taulukko 9-80. Vakavasta reaktorionnettomuudesta lapsille ja aikuiselle arvioitujen maakohtaisten säteilyannosten suuruusluokat. Säteilyannoksien vaihteluväli vastaa valtion rajojen sisään jäävien alueiden likimääräistä etäisyysväliä Loviisan voimalaitoksesta.

Maa	Valtion alueiden likimääräinen etäisyys Loviisan voimalaitoksesta (max, min) [km]	1-vuotiaan elinikäisen annoksen vaihteluväli [mSv]	10-vuotiaan elinikäisen annoksen vaihteluväli [mSv]	Aikuisen elinikäisen annoksen vaihteluväli [mSv]
Viro	300, 100	≤0,16–0,41	≤0,16–0,40	≤0,17–0,43
Venäjä	1000, 100	≤0,03–0,41	≤0,03–0,40	≤0,04–0,43
Ruotsi	1000, 300	0,03–0,16	0,03–0,16	0,04–0,17
Latvia	500, 300	0,09–0,16	0,09–0,16	0,10–0,17
Liettua	700, 500	≤0,06–0,09	≤0,06–0,09	≤0,06–0,10
Valko-Venäjä	1000, 500	≤0,03–0,09	≤0,03–0,09	≤0,04–0,10
Norja, Puola, Ukraina, Tanska	1000, 700	≤0,03–0,06	≤0,03–0,06	≤0,04–0,06
Saksa	1000	≤0,03	≤0,03	≤0,04

säteilyannoksia 1 000 km asti Loviisan ydinvoimalaitoksesta. Luonnon taustasäteilyn vuosiansiannokset ovat Euroopan alueella noin 1.5-6,2 mSv / vuosi (European Commission 2019). Tähän verrattuna vakavan reaktorionnettomuuden päästön aiheuttamat säteilyannokset jäävät Suomen rajojen ulkopuolella yleisesti tilastollisesti tarkasteltuna merkityksettömän pieneksi. Taulukossa 9-80 on esitetty säteilyannosten suuruusluokka eri maissa karkealla tasolla mallinnuksessa käytettyjen ja kuvassa 9-83 esitettyjen laskentapisteiden mukaan. Aikuiselle arvioidut elinikäiset säteilyannokset ovat suurimmillaan 0,43 mSv ja pienimmillään ≤0,04 mSv. Lasten arvioidut elinikäiset säteilyannokset ovat käytännössä samansuuruiset.

Suurimmat säteilyannokset Suomen rajojen ulkopuolella keskittyvät Viron ja Venäjän lähialueille, joiden rajalle etäisyys Loviisan ydinvoimalaitoksesta on lyhimmillään noin 100 km. Etäisyyden kasvaessa säteilyannokset pienenevät. Ruotsin rannikolle Loviisan ydinvoimalaitoksesta on noin 400 kilometriä. Ruotsin valtion alueella elinikäinen annos on konservatiivisen arvion perusteella suurimmillaan 0,16 mSv lapsille ja 0,17 mSv aikuisille (annokset on esitetty 300 km laskentapisteen kohdalta). Pohjois- ja Etelä-Ruotsissa noin

1 000 km päässä elinikäiset säteilyannokset ovat lapsilla ja aikuisilla luokkaa 0,03–0,04 mSv. Yli 1 000 km etäisyyksillä säteilyannoksia ei ole tarkasteltu tarkemmin laskennallisesti, mutta mallinnuksen tulosten ja asiantuntija-arvion perusteella niiden arvioidaan olevan lapsilla ja aikuisilla pienempiä kuin tai enintään 0,03–0,04 mSv, kuten esimerkiksi Itä/Koillis-Saksassa ja Etelä/Lounais-Puolassa.

9.24.2 Muut vaikutukset

Vakavan reaktorionnettomuuden vaikutuksien lisäksi käytön jatkamisesta tai käytöstäpoistosta ei arvioida olevan muita Suomen valtion rajat ylittäviä vaikutuksia.



10. Ympäristö-vaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu

10.1 YHTEENVETO YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN MERKITTÄVYYDESTÄ

Seuraavassa taulukossa 10-1 vertaillaan nykyisten lupajaksojen jälkeen tapahtuvia toimintavaiheita, joita ovat joko käytön jatkaminen tai käytöstäpoisto. Lisäksi on tarkasteltu erillisenä muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden käsittelyä, välivarastointia ja loppusijoitusta. Tarkastelussa on vaikutuskohtaisesti huomioitu vaikutusten merkittävyys vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden perusteella (ks. luku 9.1.4). Taulukossa keskitytään

vertailemaan nykyisten lupajaksojen jälkeen tapahtuvaa toimintaa Loviisan voimalaitosalueella ja siitä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Käytön jatkamisen toimintavaiheen vaikutukset on arvioitu enintään vuoteen 2050 saakka. Käytöstäpoiston toimintavaiheen osalta on huomioitu siihen kuuluvat toiminnot (mm. VLJ-luolan laajennus, 1. ja 2. purku-vaihe, itsenäisten laitososien käyttö) aina VLJ-luolan sulkemiseen saakka. Arvioinnissa keskitytään normaalin toiminnan vaikutusten arviointiin. Poikkeus- ja onnettomuustilanteet kuvataan luvuissa 9.21, 9.22 ja 9.24.

Taulukko 10-1. Yhteenveto vaikutusten merkittävydestä eri toimintavaiheiden osalta. Värisävyllä on esitetty merkittävyyden taso ja luonne (valkoinen: ei vaikutusta, vihreä: myönteinen, punainen: kielteinen).

Kielteinen vaikutus				Myönteinen vaikutus				
Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
				Käytön jatkaminen	Käytöstäpoisto	Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet		
Maankäyttö ja kaavoitus sekä rakennettu ympäristö				Vähäinen kielteinen	Vähäinen myönteinen	Ei vaikutusta		
Maisema ja kulttuuriympäristö				Vähäinen kielteinen	Vähäinen myönteinen	Ei vaikutusta		
Liikenne				Vähäinen kielteinen	Kohtalainen kielteinen	Ei vaikutusta		
Melu				Ei vaikutusta	Vähäinen kielteinen	Ei vaikutusta		
Tärinä				Ei vaikutusta	Vähäinen kielteinen	Ei vaikutusta		
Ilmanlaatu				Ei vaikutusta	Vähäinen kielteinen	Ei vaikutusta		
Radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyaltistus				Vähäinen kielteinen	Vähäinen kielteinen	Vähäinen kielteinen		
Luonnonvarojen hyödyntäminen				Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen	Ei vaikutusta		
Jätteet ja niiden käsittely (Loviisa)				Vähäinen kielteinen	Vähäinen kielteinen	Vähäinen kielteinen		
Jätteet ja niiden käsittely (koko Suomi)				Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Kohtalainen myönteinen		
Energiamarkkinat ja huoltovarmuus				Suuri myönteinen	Suuri kielteinen	Ei vaikutusta		
Kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastomuutos				Kohtalainen myönteinen	Kohtalainen kielteinen	Ei vaikutusta		

	Käytön jatkaminen	Käytöstäpoisto	Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet
Aluetalous (Loviisan seutukunta)	Erittäin suuri myönteinen	Suuri myönteinen	Ei vaikutusta
Aluetalous (koko Suomi)	Vähäinen myönteinen	Vähäinen myönteinen	Ei vaikutusta
Maa- ja kallioperä	Ei vaikutusta	Vähäinen kielteinen	Ei vaikutusta
Pohjavedet	Ei vaikutusta	Vähäinen kielteinen	Ei vaikutusta
Pintavedet (Hästholmsfjärden, Klobbfjärdenin vesimuodostuma)	Kohtalainen kielteinen	Kohtalainen myönteinen	Ei vaikutusta
Pintavedet (muu lähimerialue)	Vähäinen kielteinen	Vähäinen myönteinen	Ei vaikutusta
Pintavedet (Lappominjärvi)	Ei vaikutusta	Vähäinen kielteinen	Ei vaikutusta
Kalasto	Kohtalainen kielteinen	Kohtalainen myönteinen	Ei vaikutusta
Kalastus	Vähäinen kielteinen	Vähäinen myönteinen	Ei vaikutusta
Kasvillisuus, eläimistö ja suojelualueet	Vähäinen myönteinen	Vähäinen kielteinen	Ei vaikutusta
Ihmisten elinolot ja viihtyvyys	Vähäinen kielteinen	Kohtalainen kielteinen	Vähäinen kielteinen
Terveys	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta

10.1.1 Käytön jatkaminen

10.1.1.1 Myönteiset vaikutukset

Käytön jatkamisen toimintavaiheessa merkittävyydeltään suurimmat myönteiset vaikutukset ovat **aluetaloudellisia** (Taulukko 10-1). Loviisan voimalaitoksen aluetaloudelliset vaikutukset ovat Loviisan seutukunnan tasolla erittäin suuria ja vaikutukset näkyvät myös koko Suomen tasolla.

Myös **energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen** arvioidaan kohdistuvan merkittävyydeltään suuria myönteisiä vaikutuksia. Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Suomen energiajärjestelmän huoltovarmuutta ja vähentää sähkön tuontitarvetta sähkön käytön kasvaessa tulevaisuudessa.

Kasvihuonekaasupäästöihin ja ilmastomuutokseen kohdistuvat vaikutukset ovat merkittävyydeltään kohtalaisia myönteisiä käytön jatkamisen tapauksessa. Ydinvoiman käyttö sähköntuotannossa tukee Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035. Ydinvoimalaitoksen toiminnasta ei synny kasvihuonekaasupäästöjä.

Kasvillisuuteen, eläimistöön ja luonnonsuojelualueisiin kohdistuvien vaikutuksien arvioidaan olevan vähäisiä myönteisiä erityisesti linnuston osalta, kun käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitoksen jäähdytysvesi ylläpitää Hästholmsfjärdenin merkitystä maakunnallisesti tärkeänä vesilintujen talvehtimispaikkana.

10.1.1.2 Kielteiset vaikutukset

Pintavesiin kohdistuva lämpökuormitus jatkuu käytön jatkamisen toimintavaiheessa nykyisellä tasolla. Ilmaston mahdollinen lämpeneminen yhdistettynä jäähdytysveden lämpökuormaan voi lisätä lämpövaikutusta purkupaikan läheisyydessä. Tällä arvioidaan olevan enintään kohtalainen paikallinen kielteinen vaikutus Hästholmsfjärdenillä. Lämpövaikutuksen ja ravinteiden hajakuormituksen yhteisvaikutuksena aiheutuvaa lievää tilan heikkenemistä Klobbfjärdenin vesimuodostumassa ei voida poissulkea.

Kalastoon kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan kohtalaisia kielteisiä. Voimalaitoksen lämpökuorman jatkuminen ylläpitää merialueella tilannetta, joka suosii lämpimään

veteen sopeutuneita kalalajeja, kuten kuhaa ja särkikaloja. Lämpimämmät vedet voivat myös mahdollistaa vieraslaji mustatäplätokon runsastumista alueella, minkä ei kuitenkaan arvioida vaikuttavan alueen kuhakantaan. Vaikutus **kalastukseen** arvioidaan vähäiseksi kielteiseksi.

Voimalaitoksen käytön jatkamisella arvioitiin olevan merkittävyydeltään vähäisiä kielteisiä vaikutuksia maankäyttöön, kaavoitukseen, maisemaan, liikenteeseen sekä ihmisten elinoloihin ja viihtyvyYTEEN. Radioaktiivisten aineiden päästöt, säteilyaltistus, käytetyn ydinpolttoaineen sekä matala- ja keskiaktiivisen jätteen kertymänopeus pysyvät nykyisellään ollen merkittävyydeltään vähäisiä kielteisiä. Loviisan ydinvoimalaitoksen aiheuttama säteilyannos ympäristön asukkaille on ollut selvästi alle prosentin valtioneuvoston asettamasta annosrajoituksesta, joka on 0,1 mSv vuodessa.

10.1.2 Käytöstäpoisto

10.1.2.1 Myönteiset vaikutukset

Voimalaitoksen käytön loputtua sen aikana syntyneet erittäin suuret myönteiset **aluetalous**vaikutukset lakkaavat (Taulukko 10-1). Käytöstäpoiston toimintavaiheen aikana eri toimijoille ja toimialoille syntyy kuitenkin tämän osittain korvaavia aluetaloudellisia vaikutuksia. Vaikutukset Loviisaan seutukuntaan ovat merkittävyydeltään suuria myönteisiä. Aluetalousvaikutukset lakkaavat kun käytöstäpoisto päättyy.

Pintavesiin kohdistuu merkittävyydeltään kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia Klobbfjärdenin vesimuodostumassa, kun lämpökuorma merialueelle lakkaa. Tällöin pintaveden lämpötila- ja kerrostuneisuusolosuhteet sekä kasvukauden pituus palautuvat luontaisiksi. Myönteiset vaikutukset voivat ilmetä viiveellä. Käytöstäpoisto ei heikennä ekologisen tilan laatumerkijöiden luokkaa tai estä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamista.

Kalastoon arvioidaan kohdistuvan merkittävyydeltään kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia, kun lämpökuorman vaikutus meriekosysteemiin loppuu. Talvikauden kalastusmahdollisuudet palautuvat paremmalle tasolle, jolloin **kalastukselle** arvioidaan aiheutuvan vähäinen myönteinen vaikutus.

Käytöstäpoistolla arvioidaan lisäksi olevan vähäisiä myönteisiä vaikutuksia maankäyttöön, kaavoitukseen, maisemaan ja luonnonvarojen hyödyntämiseen.

10.1.2.2 Kielteiset vaikutukset

Voimalaitoksen käytöstäpoistolla on suuri kielteinen vaikutus **energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen**. Voimalaitoksen käytöstäpoisto merkitsisi korvaavan hiilidioksidipäästötömän sähkön hankintatarvetta Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi. Tämä vaatisi mm. uuden sähköntuotantokapasiteetin rakentamista Suomeen sekä lisääntyvää sähkön tuontia. Lisäksi sähkön vientimahdollisuudet Suomesta pienenisivät.

Kasvihuonekaasupäästöihin ja ilmastomuutokseen kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan kohtalainen kielteinen. Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoisto johtaisi tarpeeseen lisätä vastaavasti muuta päästötöntä sähköntuotantokapasiteettia.

Liikennevaikutusten arvioidaan olevan enimmillään kohtalaisia kielteisiä. Liikennemäärät lisääntyvät hetkellisesti purkuvaiheiden aikana mahdollisesti heikentäen liikenteen sujuvuutta. Liikennemäärän lisäys erityisesti Atomitiellä ja Saaristotiellä voi lisätä liikenneturvallisuusriskiä.

Ihmisten elinoloihin ja viihtyvyYTEEN kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan kohtalaisia kielteisiä, koska voimalaitoksen käytöstäpoisto aiheuttaa selkeän ja havaittavan muutoksen voimalaitosalueella tapahtuviin toimintoihin. Voimalaitoksen käytöstäpoisto ja sähköntuotannon päättyminen voi aiheuttaa muutoksia paikalliseen identiteettiin sekä huolta muutoksen vaikutuksesta että konkreettisia vaikutuksia Loviisan seudun elinvoimaisuuteen. Kokonaisuudessaan käytöstäpoiston eri vaiheet kestävät useita vuosikymmeniä.

Käytöstäpoistolla arvioidaan lisäksi olevan vähäisiä kielteisiä vaikutuksia meluun, tärinään, ilmanlaatuun sekä kasvillisuuteen, eläimistöön ja luonnonsuojelualueisiin.

VLJ-luolan laajennuksesta maa- ja kallioperään sekä pohjaveteen kohdistuvat vaikutukset ovat vähäisiä. Käytöstäpoiston radioaktiivisten osien purkutöistä sekä **jätteen käsittelystä** aiheutuu **säteilyaltistusta**, joka jää annosrajojen alapuolelle. VLJ-luolan sulkemisen jälkeen loppusijoitus täyttää pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset.

10.1.3 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto, käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus Loviisan voimalaitoksella ei pääosin aiheuta vaikutuksia (Taulukko 10-1).

Muualla Suomessa muodostuneiden jätteiden vastaanotolla arvioidaan kuitenkin olevan koko Suomen tasolla kohtalainen myönteinen vaikutus jätteisiin ja niiden käsittelyyn, kun eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille tarjotaan turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu Loviisan voimalaitoksella. Loviisan voimalaitoksen olemassa olevat radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn sekä loppusijoittamiseen soveltuvien toimintojen ja tilojen käyttö tukevat yhteiskunnallista kokonaisratkaisua ja turvallisen jätehuollon kehittämistä Suomen tasolla.

Muualla Suomessa muodostuvien radioaktiivisten jätteiden käsittely aiheuttaa vähäistä säteilyaltistusta, joka jätteen pienen määrän takia on vain murto-osa ydinlaitosjätteiden jo sinänsä pienestä säteilyvaikutuksesta. Jätteiden käsittely ja loppusijoitus toteutetaan siten, että niiden vaikutukset henkilöstön ja ympäristön väestön säteilyannoksiin ovat vähäisiä ja että pitkäaikaisturvallisuusvaatimukset täytetään. Vähäisiä kielteisiä vaikutuksia voi silti syntyä muualla Suomessa muodostuneen jätteen aiheuttamasta huolesta.

10.2 VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

10.2.1 Käytön jatkaminen VE1 ja käytöstäpoisto VE0/VE0+

Tarkasteltaessa ja vertailtaessa hankkeen vaihtoehtoja (VE1, VE0 ja VE0+), tulee ottaa huomioon, että käytön jatkamiseen (VE1) kuuluu myös myöhemmin toteutettava käytöstäpoisto sekä muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanottaminen.

Merkittävin ero vaihtoehtojen välillä on voimalaitosalueella tapahtuvien toimintavaiheiden toteutusajankohta:

- Käytön jatkamisen vaihtoehdossa (VE1) voimalaitoksen käyttöä jatketaan noin 20 vuodella nykyisten käyttölu-pien päättymisen ajankohdista 2027 ja 2030. Käytös-täpoistoon liittyvät vaiheet toteutetaan noin vuosina 2045–2090.
- Käytöstäpoiston vaihtoehdossa (VE0/VE0+) voimalai-toksen käyttö loppuu nykyisten käyttölu-pien päättyes-sä vuosina 2027 ja 2030, jolloin lähivuosina aloitetaan voimalaitoksen käytöstäpoistoon valmistautuminen. Käytöstäpoistoon liittyvät vaiheet toteutetaan noin vuosina 2025–2065.
- Muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voima-laitokselle sekä käytön jatkamisen tapauksessa (VE1) enintään vuoteen 2090 saakka että käytöstäpoiston tapauksessa (VE0+) enintään vuoteen 2065 saakka.

Ympäristövaikutusten merkittävyys eroaa toisistaan eri toimintavaiheissa (Taulukko 10-1). Kaikissa vaihtoehdoissa päädytään lopulta samaan tilanteeseen, jossa nykyisenlainen toiminta voimalaitosalueella on päättynyt.

Käytön jatkamisen vaihtoehdossa (VE1) ympäristövai-kutukset ovat kokonaisuudessaan suuremmat kuin muissa vaihtoehdoissa, sillä vaihtoehtoon sisältyy pidempi ydinvoi-malaitoksen käyttöaika sekä lisäksi voimalaitoksen käytöstä-poisto ja muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto. Käytön jatkamisen aikaiset suurimmat kielteiset vaikutukset aiheutuvat jäähdytysveden lämpökuor-masta merialueelle. Käytön jatkamiseen liittyy myös merkit-täviä myönteisiä vaikutuksia, jotka kohdistuvat mm. aluetalo-uteen, energiamarkkinoihin ja kasvihuonekaasupäästöihin.

Kun voimalaitoksen käyttö loppuu, ei näitä myönteisiä vaikutuksia enää synny. Käytöstäpoiston aikana aluetalou-teen aiheutuu vielä myönteisiä vaikutuksia, mutta ne ovat pienempiä kuin käytön aikana ja kohdistuvat eri toimialoille, kunnes vaikutukset lakkaavat kokonaan käytöstäpoiston päätyttyä. Käytöstäpoiston suurimmat myönteiset vaikutuk-set kohdistuvat merialueen tilaan, kun voimalaitoksen jääh-dytysveden aiheuttama lämpökuorma merialueelle päättyy. Käytöstäpoistosta aiheutuu kuitenkin kielteisiä vaikutuksia, erityisesti purkutoiminnoista. Jos voimalaitoksen käytöstä-poisto toteutetaan nykyisten lupajaksojen päätyttyä (VE0/

VE0+), jäävät käytön jatkamiseen (VE1) liittyvät myönteiset ja kielteiset vaikutukset toteutumatta.

Muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotolla ei ole merkittäviä ympäristövaikutuk-sia. Voimalaitoksella on niiden käsittelyyn, välivarastointiin ja loppusijoitukseen olemassa oleva osaaminen, tekniikat ja tilat. Näiden jätteiden vastaanotto Loviisan ydinvoimalai-tokselle edistää koko yhteiskunnan etua, kun eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille tarjotaan turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu.

Fortum Power and Heat Oy:n ydinvoimalaitoksen toiminta on Loviisassa hyvin vakiintunutta ja sen ympäristövaikutuk-set tunnetaan hyvin. Tekniikat, prosessit sekä vaikutusten lieventämiskeinot ovat hyvin tunnettuja. Käytön jatkamisen vaihtoehdossa laitoksen ikääntymisen hallintaan kiinnitetään huomiota ja siihen liittyviä toimenpiteitä on esitetty luvussa 4.1. Näiden toimenpiteiden avulla varmistetaan voimalaitok-sen turvallinen jatkokäyttö. Toiminnassa seurataan parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) kehittymistä, alan lainsää-dännön vaatimuksia sekä kokemuksia muista ydinvoimalai-toksista. Käytöstäpoistosuunnitelmaa tullaan päivittämään ja tarkentamaan hankkeen edetessä. Poikkeus- ja onnet-tomuustilanteiden riskeihin on varauduttu ja varaudutaan huomioon ottaen mm. mahdolliset toimintaympäristön tai lainsäädännön muutokset. Vaihtoehdossa VE1 onnettomuus-riski jatkuu noin 20 vuotta pidempään kuin vaihtoehdoissa VE0 ja VE0+.

Hankkeen vaihtoehdot VE1, VE0 ja VE0+ ovat tehtyjen arviointien perusteella ympäristövaikutuksiltaan toteutta-miskelpoisia. Arviointiselostuksessa esitetyillä haitallisten vaikutusten ehkäisemis- ja lieventämiskeinoilla voidaan mahdollisia ympäristövaikutuksia lieventää, kun ne otetaan mahdollisuuksien mukaan huomioon hankkeen jatkosuunnit-telussa ja toteutuksessa.

10.2.2 Käytöstäpoiston erot vaihtoehdoissa VE1 ja VE0/VE0+

Vaihtoehdossa VE1 käytöstäpoisto toteutetaan muutamia eroavaisuuksia (ks. luku 5.9) lukuun ottamatta pääosin vas-taavasti kuin vaihtoehdossa VE0, jota on kuvattu luvussa 5. Luvussa 9 esitetyt käytöstäpoiston toimintavaiheen ympäris-tövaikutukset ovat molemmissa vaihtoehdoissa pääosin sa-mat. Merkittävin ero on käytöstäpoiston ja sen aiheuttamien ympäristövaikutusten ajankohdassa. Vaihtoehdossa VE0 käytöstäpoistoon liittyvien vaiheiden ympäristövaikutukset ajoittuvat noin vuosille 2025-2065 ja vaihtoehdossa VE1 noin vuosille 2045–2090, jos voimalaitoksen kaupallista käyttöä jatkettaisiin enintään noin 20 vuodella. Voimalaitosyksiköi-den käytöstäpoiston suurimmat työt tapahtuvat pääosin ensimmäisen 10 vuoden aikana laitoksen käytön päättymi-sestä. Vaihtoehtojen VE1 ja VE0 käytöstäpoiston ympäristö-vaikutusten eroja on käsitelty taulukossa 10-2.

Taulukko 10-2. Käytön jatkamisen (VE1) jälkeen toteutettavan käytöstäpoiston erot verrattuna vaihtoehtoon, jossa käytöstäpoisto toteutettaisiin nykyisen lupajaksojen jälkeen (VE0).

	VE0 käytöstäpoisto	VE1 käytöstäpoisto	Yhteenvedo ympäristövaikutusten eroista
Käytöstäpoiston 1. purkuvaihe	Voimalaitosyksiköiden käyttö lopetetaan v. 2027 ja v. 2030. Purkaminen tehdään eri aikaan.	Voimalaitosyksiköiden käyttö voidaan lopettaa samanaikaisesti n. v. 2050 tai lyhyemmällä viiveellä kuin vaihtoehdossa VE0.	Vaihtoehdossa VE1 käytöstäpoisto voitaisiin tehdä samanaikaisesti molemmille laitosyksiköille tai lyhyemmällä viiveellä kuin vaihtoehdossa VE0. Tällöin 1. purkuvaihe voidaan suorittaa hieman nopeammin, mikä voi vähäisessä määrin lisätä liikenne-, melu- ja värinävaikutuksia verrattuna vaihtoehdossa VE0 limittäin tapahtuvaan käytöstäpoistoon. Vaihtoehdossa VE1 saataisiin myös käyttökokemusta ydinvoimalaitosten käytöstäpoistosta muista maista ja käytöstäpoistossa käytettäviä tekniikoita voitaisiin kehittää ja sitä kautta ympäristöön kohdistuvat vaikutukset saattaisivat pienentyä.
Matala- ja keskiaktiivinen ydinlaitosjäte	Käytön aikainen matala-aktiivinen jäte n. 2 700 m³ ja keskiaktiivinen jäte n. 4 900 m³.	Käytön aikainen matala-aktiivinen jäte n. 3 300 m³ ja keskiaktiivinen jäte n. 7 300 m³.	Vaihtoehdossa VE1 käsiteltävän matala- ja keskiaktiivisen ydinlaitosjätteen kokonaismäärä kasvaa 20 lisäkäyttövuoden myötä. Nykyisen VLJ-luolan laajennussuunnitelman arvioidaan olevan riittävä myös vaihtoehdossa VE1, koska ydinlaitosjätteen kertymisnopeutta on saatu pienennettyä eikä käyttöiän jatkaminen merkittävästi lisää käytöstäpoistojätteen määrää.
Käytöstä-poistojätteiden radioaktiivisuus	Käytöstäpoistojätteen sisältämä radioaktiivisuus on n. 22 000 TBq.	Käytöstäpoistojätteen sisältämä radioaktiivisuus on n. 33 000 TBq.	Vaihtoehdossa VE1 tiettyjen käytöstäpoiston jätelajien sisältämän radioaktiivisuuden määrä kasvaa 20 lisäkäyttövuoden myötä. Käytöstäpoistolle asetettavien tavoitteellisten annosrajoitusten ja kyseisten jätelajien käsittelyn tehokkaan säteilysuojauksen ansiosta tällä ei ole merkittävää vaikutusta henkilökunnan säteilyannoksiin. Molemmissa vaihtoehdoissa käytöstäpoiston aikana kertyvä henkilökunnan kollektiivinen säteilyannos on arviolta noin 10 manSv ja väestön yksilölle aiheutuva vuosiansios jää alle käytöstäpoistolle asetetun 0,01 mSv raja-arvon. Jätteen radioaktiivisuuden kasvusta huolimatta pitkäaikaisturvallisuusvaikutukset pysyvät niille asetettujen raja-arvojen alapuolella, mm. eniten altistuvien ihmisten säteilyannos jää alle 0,1 mSv vuodessa.

	VE0 käytöstäpoisto	VE1 käytöstäpoisto	Yhteenvedo ympäristövaikutusten eroista
Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointi	Kokonaismäärä n. 7 700 nippua. Välivarastointi nykyisissä käytetyn ydinpolttoaineen varastossa voimalaitosalueella.	Kokonaismäärä enintään n. 12 800 nippua. Välivarastointi-kapasiteetin kasvattaminen voimalaitosalueella.	Vaihtoehdossa VE1 käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärä kasvaa 20 lisäkäyttövuo- den myötä, mikä lisää voimalaitosalueen käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin tarvetta. Varastointikapasiteetin kasvattaminen toteutetaan joko sijoittamalla polttoaine tiheämmin nykyisten varastojen vesialt- taisiin tai laajentamalla toista nykyistä välivarastoa enintään kahdella uudella vesialtaalla. Mahdollinen varastointikapasiteetin kasvattaminen laajentamalla toista nykyistä välivarastoa (KPA2), ei kuitenkaan merkittävästi lisää käytöstäpoistojätteen määrää vaihtoehdossa VE1. Varastointikapasiteetin lisäämistavoilla ei ole toisistaan poikkeavia vaikutuksia säteilyannoksiin. Kummassakaan vaihtoehdossa käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnista ja käsittelystä voimalaitosalueella ei aiheudu normaalikäytöstä poikkeavia säteily- tai päästövaikutuksia ympäristöön eikä henkilöstön lakisääteisiä raja- arvoja ylitetä.
Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetukset	Maantiekuljetuksia 6-8 kpl vuodessa (1 säiliö kerralla) tai vaihtoehtoisesti laivakuljetuksia 2 kpl vuodessa (3-4 säiliötä kerralla).	Maantiekuljetuksia 6-8 kpl vuodessa (1 säiliö kerralla) tai vaihtoehtoisesti laivakuljetuksia 2 kpl vuodessa (3-4 säiliötä kerralla).	Vaihtoehdossa VE1 käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärän kasvu lisää käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusten kokonaismäärää, mutta vuositasolla kuljetusmäärät ovat molemmissa vaihtoehdossa samat. Vaihtoehdossa VE1 kuljetukset alkavat mahdollisesti myöhemmin ja ajoittuvat pidemmälle aikavälille. Molemmissa vaihtoehdossa käytetyn ydinpolttoaineen kuljetuksesta ihmisille ja ympäristölle aiheutuva säteilyaltistus on hyvin pieni.
Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus	Eurajoen Olkiluoto (Posiva Oy). Kokonaismäärä n. 7 700 nippua.	Eurajoen Olkiluoto (Posiva Oy). Kokonaismäärä enintään n. 12 800 nippua.	Posiva Oy:llä on periaatepäätökset ja rakentamislupa 6500 uraaniton- nin (tU) loppusijoittamiseksi, ja vaihtoehdossa VE1 kertyvä käytetyn ydinpolttoaineen määrä mahtuu tähän kokonaismäärään eikä vaikuta loppusijoituksen turvallisuuteen.

10.2.3 Muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet käytön jatkamisen (VE1) ja käytöstäpoiston (VE0+) tapauksessa

Vaihtoehtoihin VE1 ja VE0+ sisältyy muualla Suomessa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanotto Loviisan ydinvoimalaitokselle. Erona vaihtoehtojen välillä on vastaanotettavan jätteen kokonaisaikataulu. Muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle vielä itsenäistet- tävien laitosten käytön ja purkamisen aikana niin kauan kuin jätteiden käsittelyyn ja loppusijoitukseen tarvittavat toiminnot ovat käytettävissä. Käytön jatkamisen tapauk- sessa (VE1) tämä on enintään noin vuoteen 2090 saakka ja

käytöstäpoiston tapauksessa (VE0+) enintään noin vuoteen 2065 saakka. Vastaanotettavien jätteiden kokonaismäärä on kummas- sakin vaihtoehdossa enintään 2 000 m³. Jätteiden välivaras- toinnin kesto voi kuitenkin olla pidempi käytön jatkamisen tapauksessa (VE1). Tässäkin tapauksessa säteilyvaikutukset ovat jätteen pienen määrän takia vain murto-osa ydinlaitos- jätteiden jo sinänsä pienestä säteilyvaikutuksesta.

10.3 JOHTOPÄÄTÖKSET MERKITTÄVIMMISTÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

Kaikki hankkeen vaihtoehdot (VE1, VE0/VE0+) ovat ympäris- töllisesti toteuttamiskelpoisia.

10.3.1 Vaihtoehto VE1

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamisen vaihtoehto (VE1) tukee pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaista Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035. Käytön jatkaminen tuo merkittävää taloudellista hyötyä arvo- ketjun ja kulutuksen kerrannaisvaikutuksen kautta erityisesti paikallisesti ja alueellisesti. Vaihtoehdossa VE1 merkittävin kielteinen ympäristövaikutus vuoteen 2050 asti on jäähdy- tysveden purkupuolen merialuetta lämmittävä vaikutus, joka on arvioitu merkittävyydeltään enintään kohtalaisen kieltei- seksi. Jäähdytysveden lämmittävä vaikutus jatkuu noin 20 vuodella nykyisen käyttölupajakson jälkeen (v. 2027/2030). Vaihtoehdossa VE1 voimalaitoksen kaupallisen käytön lo- pettamisen myötä jäähdytysveden vaikutukset, kuten myös voimalaitoksen käytön jatkamisen mukana tuomat suuret myönteiset vaikutukset aluetalouteen loppuvat vuonna 2050. Voimalaitoksen kaupallisen käytön lopettamisen suuri kielteinen vaikutus energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen realisoituu myös vuonna 2050. Voimalaitoksen käytöstäpois- ton aikana eri toimijoille ja toimialoille syntyy osittain korvaa- via aluetaloudellisia vaikutuksia, mutta ne jäävät kaupallisen käytön vaikutuksia pienemmiksi. Vaihtoehdossa VE1 voimalaitoksen toiminta jatkuu nykyi- sen kaltaisena seuraavat 20 vuotta, jolloin lisäkäyttövuosien aikana kertyy merkittäviä suoria aluetaloudellisia vaikutuk- sia. Lisäksi kerrannaisvaikutuksina syntyy muille toimialoille Loviisan seutukunnassa liikevaihtoa vuosina 2030-2090 (aluetalousmallinnuksessa vuodet 2030-2080) yli 800 M€, arvonlisäystä yli 460 M€ ja työvoimantarvetta yli 8 900 htv. Vastaavasti aluetalouden kerrannaisvaikutukset ovat koko Suomessa liikevaihtona yli 5 800 M€, arvonlisäyksenä yli 2 900 M€ ja työvoimantarpeena yli 44 200 htv. Selvästi yli puolet aluetaloudellisista vaikutuksista ajoittuu vuosille 2030-2050. Aluetalousvaikutukset lakkaavat vaihtoehdossa VE1 noin vuonna 2090, kun käytöstäpoisto loppuu. Vaihtoehdossa VE1 muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle enintään noin vuoteen 2090 saakka. Tällä ei ole merkittäviä ympäristövaikutuksia, mutta muualla Suo- messa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanot- tamisella on kohtalainen myönteinen vaikutus koko Suomen tasolla. Tämä edistäisi koko yhteiskunnan etua tarjoamalla turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille.

10.3.2 Vaihtoehto VE0/VE0+

Käytöstäpoiston vaihtoehdossa (VE0/VE0+) Loviisan ydinvoimalaitoksen kaupallinen käyttö loppuu nykyisten käyttölupien päättyessä, jolloin jäähdytysveden purkupuol- en merialuetta lämmittävä enintään kohtalainen kielteinen vaikutus loppuu, voimalaitoksen käytön aikaiset suuret aluetalousvaikutukset lakkaavat ja suuri kielteinen vaikutus energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen realisoituu vuosina 2027 ja 2030.

Vaihtoehdossa VE0/VE0+ 2020-luvun loppupuolelta al- kaen vuoteen noin 2065 tapahtuva voimalaitoksen käytös- täpoisto muodostaa Loviisan seutukunnalle uutta kysyntää kerrannaisvaikutuksina yli 300 M€, arvonlisäystä yli 170 M€ ja työvoimantarvetta yli 3 800 htv. Vastaavasti aluetalousvai- kutukset ovat kokonaisuudessaan Suomessa liikevaihtona yli 2 200 M€, arvonlisäyksenä yli 1 100 M€ ja työvoimantarpee- na yli 17 500 htv. Vaihtoehdossa VE0 aluetalousvaikutukset painottuvat 2030- luvulle. Vaihtoehdossa VE0+ muualla Suomessa muodostunutta radioaktiivista jätettä on mahdollista ottaa vastaan Loviisan voimalaitokselle enintään noin vuoteen 2065 saakka. Tällä ei ole merkittäviä ympäristövaikutuksia, mutta muualla Suo- messa muodostuneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanot- tamisella on kohtalainen myönteinen vaikutus koko Suomen tasolla. Tämä edistäisi koko yhteiskunnan etua tarjoamalla turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu eri lähteistä syntyville radioaktiivisille jätteille.



11. Vaikutusten seuranta ja tarkkailu

Hankkeesta vastaavalla on olemassa erilaisia ympäristö-vaikutusten seuranta- ja tarkkailuohjelmia. Edellytykset ohjelmille tulee ympäristölainsäädännöstä ja ydinenergia-lain perusteella annetuista säädöksistä ja ohjeista. Luvussa 11 on keskitytty säännöllisesti tapahtuvaan tarkkailuun ja seurantaan.

11.1 RADIOAKTIIVISTEN PÄÄSTÖJEN TARKKAILU JA SÄTEILYVALVONTA

Voimalaitoksen käytön jatkamisen aikana voimalaitoksen toiminta olisi saman tyyppistä kuin nykyisinkin, minkä vuoksi seurannan ja tarkkailun arvioidaan jatkuvan hyvin samanlaisena kuin nykyisin. Seuraavissa luvuissa on kuvattu tiivistetysti Loviisan ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten päästöjen tarkkailua ja säteilyvalvontaa käytön jatkamisen tapauksessa.

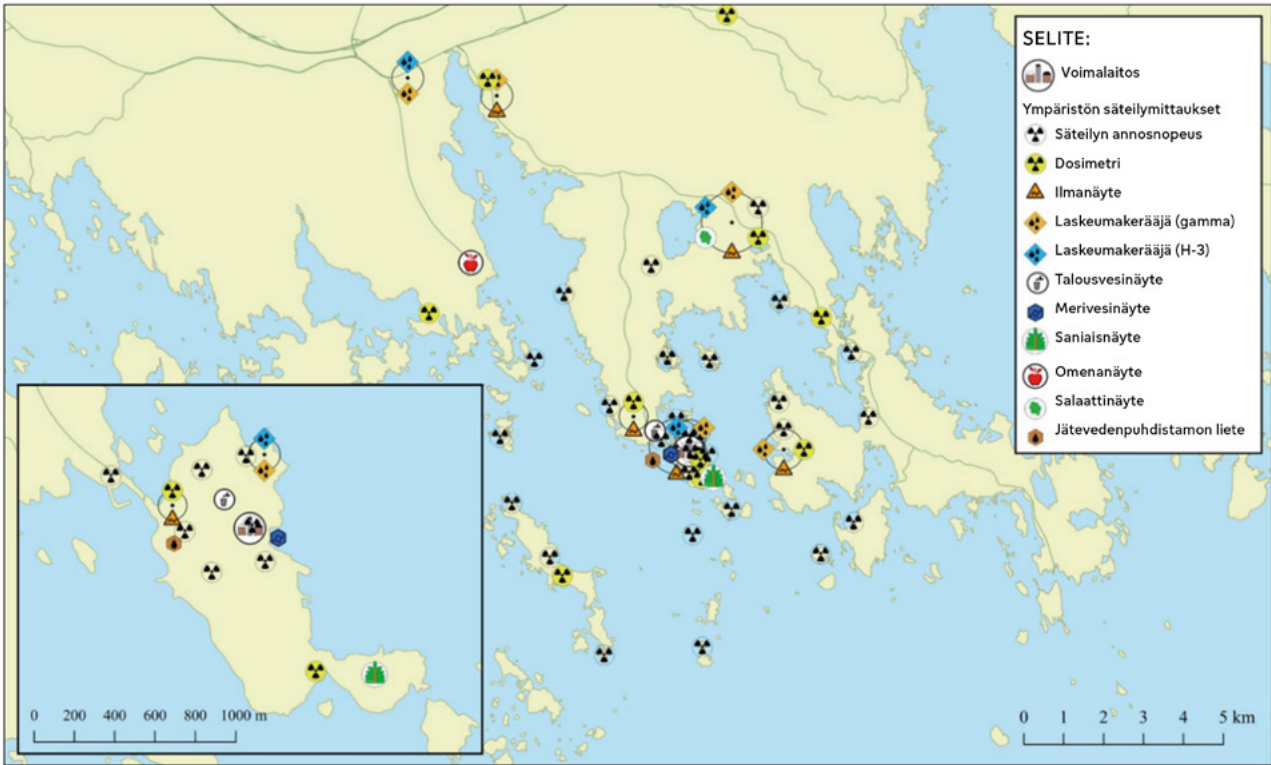
Voimalaitoksen toiminnan päätyttyä ympäristön säteilyvalvonnassa menetellään Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä tavalla. Käytöstäpoiston aikana ja myös sen jälkeen käytetyn polttoaineen välivarastoinnin päättymiseen ja VLJ-luolan sulkemiseen saakka ympäristön säteilyvalvonta jatkunee olennaisesti samankaltaisin menettelyin kuin nykyisin. Radioaktiivisten aineiden päästöjen vähenemisen, päästöreittien muuttumisen ja päästöjen nuklidijakauman muuttumisen vaikutukset valvontatarpeisiin arvioidaan myöhemmin. Arviointi johtanee joihinkin ympäristön säteilyvalvontaohjelman muutoksiin.

11.1.1 Päästömittaukset

Radioaktiivisten aineiden tarkoilla päästömittauksilla varmistutaan siitä, että voimalaitoksen yhteenlasketut päästöt ilmaan tai veteen eivät ylitä Säteilyturvakeskuksen vahvistamia päästörajoja ja ympäristön säteilyannokset ovat alle ydinenergia-asetuksen 12.2.1988/161 22 b § ja 22 d rajojen. Tulokset raportoidaan Säteilyturvakeskukselle määräajoin. Ydinvoimalaitoksen päästöjä valvotaan voimalaitosyksikkö- ja päästöreittikohtaisesti jatkuvatoimisin mittauslaittein sekä näytteenotoilla. Päästöjä ilmaan tapahtuu hallitusti ilmastointi- tipipusta ja mahdollisesti vähäisessä määrin turbiinirakennuksen ilmastoinnin kautta. Mereen aktiivisuutta päästetään hallitusti tarkastussäiliöistä. Mikäli vesi ei ole riittävän puhdasta, se johdetaan uudelleen käsiteltäväksi. Myös oheislaitokset, kuten voimalaitosjätteen loppusijoituslaitos, käytetyn polttoaineen varasto ja nestemäisten jätteiden kiinteytyslaitos ovat voimalaitoksen päästötarkkailun piirissä.

11.1.2 Ympäristön säteilyvalvonta

Fortum valvoo Loviisan voimalaitoksen ympäristöä ympäristön säteilyvalvontaohjelman mukaisesti. Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristön radioaktiivisten aineiden tilaa on seurattu pitkään. Perustilatutkimukset aloitettiin jo vuonna 1966 ennen voimalaitoksen rakentamisen aloittamista. Ympäristön säteilyvalvonta perustuu näytteenottoon ja näytteissä olevien radionuklidien tunnistamiseen sekä niiden pitoisuuksien määrittämiseen. Ympäristön säteilyvalvonnan tarkoituksena on varmistaa, että ydinvoimalaitoksesta aiheutuva väestön säteilyaltistus pidetään niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista ja että määräyksissä esitettyjä raja-arvoja ei ylitetä.



Kuva 11-1. Loviisan voimalaitoksen ympäristön säteilyvalvontaohjelman mittaus- ja näytteenottokohteet. Mikäli sijaintipaikassa on useampia tarkkailukohteita, niin sijaintipaikka on merkitty mustalla pisteellä ja tarkkailukohteet esitetty pisteen ympärille piirretyllä kaarella.

Loviisan ympäristön säteilyvalvontaohjelma keskittyy ulkoisen säteilyn mittauksiin, ihmiseen johtaville aktiivisuuden kulkeutumisreiteille ja radioaktiivisia aineita rikastaviin indikaattoriorganismeihin, esimerkiksi saniaiseen. Loviisan voimalaitoksen ympäristön nykyinen säteilyvalvontaohjelman mukainen tarkkailu on esitetty kuvassa 11-1.

Lisäksi STUK toteuttaa Loviisan voimalaitoksen ympäristössä omaa riippumatonta valvontaa. STUKin ympäristön säteilyvalvontaohjelman puitteissa STUK ottaa ilmanäytteitä laitosten vuosihuoltojen yhteydessä ja kerää maa- ja meriympäristöstä näytteitä säännöllisesti. Näytteenotossa korostuu ensisijaisesti ravintoketjuihin liittyvät näytelajit kuten maito, maataloustuotteet, talousvedet, kalat, riista ja muut elintarvikkeet. (STUK 2020c; STUK 2021c; STUK 2021d)

Ulkoista säteilyä mitataan jatkuvatoimisesti, mikä mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsaannin ympäristön säteilytilanteen muutoksista. Ulkoisen säteilyn mittausta varten voimalaitoksen ympäristössä on kahden ja viiden kilometrin etäisyydellä yhteensä 21, sekä voimalaitosalueella 7, säteilyannosnopeusmittaria (Kuva 11-1). Mittarit ovat osa valtakunnallista säteilymittausverkkoa ja palvelevat siten myös aluevalvontaa. Mittaustulokset ovat reaaliaikaisesti luettavissa voimalaitoksen lisäksi esimerkiksi sisäasiainministeriössä ja Säteilyturvakeskuksessa. Lisäksi tärkeimpiin suuntiin 1–10 km etäisyydelle voimalaitokselta on sijoitettu kymmenen dosimetriasemaa.

Ympäristön säteilyvalvonnessa käytetyillä menetelmillä havaitaan luonnon radioaktiiviset aineet sekä Suomessa että Suomen ulkopuolella tapahtuneet pienetkin päästöt, mikä

osoittaa järjestelmän hyvää havaitsemisherkkyyttä. Käytön jatkaminen ei muuta voimalaitoksen toimintaa säteilyvalvonnan kannalta oleellisella tavalla.

11.1.3 Meteorologiset mittaukset

Meteorologisten mittausten avulla arvioidaan ilmaan pääsien radioaktiivisten aineiden leviämistä voimalaitoksen normaalikäytön ja mahdollisten onnettomuustilanteiden aikana. Meteorologiset tiedot saadaan Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmästä, johon kuuluu kaksi mittauspaikkaa: päähavaintopaikka, joka sijaitsee voimalaitoksen läheisyydessä sekä varmistava lisähavaintopaikka, joka sijaitsee noin 12 km päässä voimalaitoksesta. Kummallakin mittauspaikalla on säämastasto sekä maan pinnalla oleva mittausasema. Säähavaintojärjestelmän havainnot ovat luettavissa reaaliaikaisesti voimalaitoksella, Ilmatieteen laitoksella ja Säteilyturvakeskuksessa. Mitattavia suureita ovat muun muassa tuulen nopeus ja suunta, ilmanpaine, suhteellinen kosteus, sadeaika ja määrä sekä lämpötila.

11.1.4 Säteilyannossarviot

Ydinvoimalaitoksen käytön aikana arvioidaan vuosittain meteorologisten mittausten ja päästöjen perusteella ympäristön väestölle aiheutunut säteilyaltistus. Tulokset raportoidaan Säteilyturvakeskukselle. Mahdollisessa onnettomuustilanteessa meteorologisten mittausten ja päästötietojen

perusteella arvioidaan reaaliaikaisesti ympäristön ihmisille aiheutuvia säteilyannoksia. Arviot palvelevat pelastuspalvelutoimintaa ja niitä verrataan annosnopeusmittareiden antamiin tuloksiin. Arvioinnissa käytetyt säteilyannoslaskentaohjelmat on esitelty Loviisan voimalaitoksen valmiusohjeissa, jotka Säteilyturvakeskus on hyväksynyt.

11.2 JÄÄHDYTYS- JA JÄTEVESIEN TARKKAILU

Voimalaitokselta mereen johdettavien jäähdytys- ja jätevesien määrää ja laatua tarkkaillaan Uudenmaan ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Jäähdytysveden määrää seurataan merivesipumppujen käyttöaikojen ja tuoton perusteella. Merestä otettavan ja sinne johdettavan jäähdytysveden lämpötilaa mitataan jatkuvasti. Mittausten perusteella lasketaan jäähdytysveden lämpötilan nousu lauhduttimissa, jäähdytysveden virtaama sekä vesistöön johdettu lämpömäärä. Jäteveden määrän seuranta perustuu jätevedenpuhdistuslaitoksen mittauksiin. Jätevesitarkkailussa seurataan muun muassa vesistöön johdettavien ravinne- ja kiintoaineiden sekä biologisesti happea kuluttavien aineiden määriä.

Käytöstäpoiston aikana jäähdytys- ja jätevesien tarkkailua tullaan toteuttamaan Uudenmaan ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla.

11.3 VAIKUTUSTARKKAILU

Loviisan voimalaitoksen lähimerialueen vaikutustarkkailu pitää sisällään meriveden laadun tarkkailua (fysikaalis-kemiallinen laatu) sekä biologista että kalataloudellista tarkkailua. Biologinen tarkkailu sisältää joka kolmas vuosi tehtävien kasviplanktonin, pohjaeläinten ja vesikasvillisuuden tarkkailun.

Meriveden laadun tarkkailun ja biologisen tarkkailun yhteydessä mitataan meriveden lämpötila eri näytteenottoasemilla. Merialueen lämpötilatarkkailun lisäksi jääpeitteen muodostumista tarkkaillaan Hästholmenia ympäröivällä merialueella joulukuun alusta alkaen noin kerran kuukaudessa, kunnes jääpeite on sulanut kokonaan ympäröivältä merialueelta.

Loviisan voimalaitoksen kalataloudellinen tarkkailu koostuu kaupallisten kalastajien saaliskirjanpidosta ja kalastustiedusteluista sekä vapaa-ajan kalastajien kalastustiedusteluista. Lisäksi määrävuosina suoritetaan koekalastuksia voimalaitoksen lähimerialueella.

Käytöstäpoiston aikana vesistötarkkailua tullaan toteuttamaan Uudenmaan ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla.

11.4 SAVUKAASUPÄÄSTÖJEN TARKKAILU

Hätädieselgeneraattorien ja dieselvaravoimalaitoksen päästöt lasketaan kevyen polttoöljyn kulutuksen, polttoaineen laatutietojen ja päästökertoimien perusteella. Päästöt raportoidaan vuosittain ympäristönsuojeluviranomaisille. Hätädieselgeneraattorit ja dieselvaravoimalaitos ovat voimalaitoksen varavoiματοutantoa varten, joten niiden käyttö rajoittuu koeajoihin ja on siten hyvin vähäistä.

Päästökauppalaan alaisten hiilidioksidipäästöjen tarkkailu toteutetaan hyväksytyn päästöluvan ehtojen mukaisesti. Päästöluvan edellyttämä ulkopuolisen todentama päästöselvitys toimitetaan vuosittain Energiavirastolle.

11.5 MELUTARKKAILU

Voimalaitoksen ympäristössä tehdään ympäristölupaehtojen mukaisesti melumittauksia, joilla varmistetaan, että voimalaitoksen aiheuttama melu noudattaa viranomaisohjearvoja. Mittaukset suoritetaan ulkopuolisen asiantuntijan toimesta ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 ”Ympäristömelun mittaaminen” mukaisesti. Mittauksia koskevat suunnitelmat toimitetaan hyväksyttäväksi Uudenmaan ELY-keskukselle viimeistään kolme kuukautta ennen mittausten tekemistä.

Ympäristön melutasoon merkittävästi vaikuttavien kiinteiden äänilähteiden äänitehotaso (LWA) mitataan ulkopuolisen asiantuntijan tekemin mittauksin aina laitteen uudistuksen yhteydessä.

Käytöstäpoiston aikana melumittauksia tullaan toteuttamaan Uudenmaan ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla.

11.6 JÄTEKIRJANPITO

Voimalaitoksella seurataan radioaktiivisten ja konventi-onaalisten jätteiden muodostumista, määriä, jätelajeja ja sijoituspaikkoja sekä jatkuvasti, että laajempina yhteenve-toina vuositasona. Radioaktiivisten jätteiden kirjanpidosta ilmenee niin yksittäisten jätepakkausten kuin varastointi- ja loppusijoituspaikkojen sisältämät aktiivisuudet sekä jättemäärät ja -lajit. Konventionaalisten jätteiden kirjanpidosta ilmenee jätte-erien jätelajit, määrät ja jätteen vastaanottaja ja käsittelytapa.

Radioaktiivisista jätteistä laaditaan vuosittain yhteenve-toraportti, joka toimitetaan Säteilyturvakeskukseen tiedoksi. Konventionaalisista jätteistä vuosittainen yhteenvetoraportti toimitetaan ELY-keskukseseen.

11.7 IHMISIIN KOHDISTUVIEN VAIKUTUSTEN SEURANTA

Ihmiisiin kohdistuvia vaikutuksia voidaan seurata esimerkiksi järjestämällä keskustelutilaisuuksia, toteuttamalla asukas-kyselyitä tai haastatteluja sekä keräämällä tietoa sähköisten palautekanavien kautta. Erityisesti käytöstäpoiston aikana asukkaille ja muille sidosryhmille voidaan osoittaa voimalaitokselta yhteyshenkilö, johon voi olla yhteydessä, jos häiritseviä vaikutuksia havaitaan.

Hankkeesta vastaava julkaisee säännöllisesti ajankohtaista tietoa laitoksen toiminnasta verkkosivuillaan sekä kaksi-kolme kertaa vuodessa lähialueen asukkaille jaettavassa paikallislehtiliitteessä.

11.8 VLJ-LUOLAN SEURANTA OHJELMAT

VLJ-luolassa toteutetaan säännöllisesti kalliomekaniikan, hydrologian ja pohjavesikemian seurantaa. Näitä on kuvattu luvuissa 9.14 ja 9.15. Seurantaohjelmia on tarkasteltu vuonna 2020 laaditussa VLJ-luolan määräaikaisessa turvallisuusarvio-ossa, ja niiden on arvioitu olevan riittävän laajat ja kattavat. Seurantaohjelmien laajuutta ja kattavuutta tarkistetaan tarvittaessa, esim. ennen VLJ-luolan laajennuksen louhintatöiden aloittamista.



12. Hankkeen luvitus sekä hankkeen suhde suunnitelmiin ja ohjelmiin

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn päätyttyä hanke etenee lupavaiheisiin. Yhteysviranomaisen YVA-selostuksesta antama perusteltu päätelmä tullaan liittämään eri lupahakemuksiin, kun niiden hakeminen on ajankohtaista. Seuraavassa on kerrottu yleisesti, mitä lupia ja päätöksiä hankkeen eri vaihtoehdot voivat edellyttää. Lisäksi on kuvattu pääpiirteittäin hankkeen suhdetta erilaisiin luonnonvarojen käyttöön ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin ja ohjelmiin.

12.1 YDINENERGIALAIN MUKAISET PÄÄTÖKSET JA LUVAT

Loviisan ydinvoimalaitoksen voimalaitosyksiköillä on ydinenergialain mukaiset käyttöluvut, jotka ovat voimassa vuosien 2027 ja 2030 loppuun. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksen (VLJ-luola) käyttö lupa on voimassa vuoden 2055 loppuun.

Voimalaitoksen käytön jatkamiseksi tulee voimalaitosyksiköille hakea uudet käyttöluvut. Voimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto edellyttää käytöstäpoistoluvan hakemista. Käyttöluvun ja käytöstäpoistoluvan myöntää valtioneuvosto.

Sekä voimalaitoksen käytön jatkamisen että käytöstäpoiston tapauksessa VLJ-luolaa käytetään nykyistä lupaa pidempään ja tämän vuoksi VLJ-luolalle on haettava uusi käyttö lupa. Lisäksi nykyinen VLJ-luolan käyttö lupa ei käsitä kaikkia suunniteltuja käyttötarkoituksia ja nämä voidaan huomioida mahdollisessa lupahakemuksessa. Näitä käyttötarkoituksia ovat muualla Suomessa syntyneen radioaktiivisen jätteen, käytöstäpoistojätteen ja uraania sisältävien jätteiden loppusijoitus. Uraania sisältävillä jätteillä ei tarkoiteta käytettyä ydinpolttoainetta vaan esimerkiksi uraania sisältäviä mittalaitteita.

Itsenäistettävät laitokset tarvitsevat erillisen käyttöluvun, kun voimalaitosyksiköiden käyttö lupa päättyy ja niitä aletaan purkaa käytöstäpoistoluvan tullessa voimaan.

Hankkeen toteuttaminen saattaa edellyttää myös muita ydinenergialain mukaisia lupia.

12.1.1 Käyttö lupa

Lupa ydinlaitoksen käyttämiseen voidaan myöntää edellyttäen, että ydinenergialain 20 §:ssä luetellut edellytykset täyttyvät. Näitä edellytyksiä ovat muun muassa:

- Ydinlaitos ja sen käyttäminen täyttää ydinenergialain mukaiset turvallisuutta koskevat vaatimukset ja työntekijöiden ja väestön turvallisuus on asianmukaisesti otettu huomioon.
- Hakijan käytettävissä olevat menetelmät ydinjätehuollon järjestämiseksi, ydinjätteiden loppusijoitus ja ydinlaitoksen käytöstä poistaminen siihen mukaan luettuna, ovat riittävät ja asianmukaiset.
- Hakijalla on käytettäväänään tarpeellinen asiantuntemus ja erityisesti ydinlaitoksen käyttöhenkilökunnan kelpoisuus ja käyttöorganisaatio ovat asianmukaiset.

- Hakijalla harkitaan olevan taloudelliset ja muut tarpeelliset edellytykset harjoittaa toimintaansa turvallisesti ja Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti.

Ydinlaitoksen käyttämiseen ei saa ryhtyä siihen myönnetyn luvan perusteella ennen kuin STUK on todennut, että ydinlaitos täyttää asetetut turvallisuusvaatimukset, että turvajärjestelyt ja valmiusjärjestelyt ovat riittävät, että ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellinen valvonta on asianmukaisesti järjestetty ja että ydinlaitoksen haltijan vahingonkorvausvastuu ydinvahingon varalta on järjestetty ydinvastuulain edellyttämällä tavalla. Lisäksi edellytetään, että työ- ja elinkeinoministeriö on todennut, että varautuminen ydinjätehuollon kustannuksiin on järjestetty lain edellyttämällä tavalla.

12.1.2 Käytöstäpoistolupa

Lopetettuaan ydinlaitoksen käytön käyttöluvun haltijalla on velvollisuus käynnistää toimenpiteet ydinlaitoksen käytöstäpoistamiseksi ydinenergialain 7 g §:ssä tarkoitetun käytöstäpoistamista koskevan suunnitelman ja vaatimusten mukaisesti. Tätä varten on haettava käyttöluvun jälkeen voimaan astuva käytöstäpoistolupa. Lupaa on haettava riittävän ajoissa siten, että viranomaisten käytettävissä on riittävästi aikaa hakemuksen arviointiin ennen ydinlaitoksen käyttöluvun päättymistä.

Lupa ydinlaitoksen käytöstäpoistamiselle voidaan myöntää edellyttäen, että ydinenergialain 20 a §:ssä luetellut edellytykset täyttyvät. Näitä edellytyksiä ovat muun muassa:

- Ydinlaitos ja sen käytöstäpoistaminen täyttävät ydinenergialain mukaiset turvallisuutta koskevat vaatimukset ja työntekijöiden ja väestön turvallisuus sekä ympäristönsuojelu on otettu asianmukaisesti huomioon.
- Hakijan käytettävissä olevat menetelmät ydinlaitoksen käytöstäpoistamiseksi sekä muu ydinjätehuolto, ovat riittävät ja asianmukaiset.
- Hakijalla on käytettävissään tarpeellinen asiantuntemus ja erityisesti ydinlaitoksen henkilökunnan kelpoisuus sekä ydinlaitoksen organisaatio, ja ne ovat asianmukaiset ja käytöstäpoistamiseen soveltuvat.
- Hakijalla on taloudelliset ja muut tarpeelliset edellytykset toteuttaa käytöstä poistaminen turvallisesti ja Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti.

Ydinlaitoksen käytöstäpoistamista ei saa aloittaa ennen sitä koskevan luvan myöntämistä, ellei luvanhaltijan muissa luvissa toisin määrätä. Ydinlaitoksen käytöstä poistamista ei saa aloittaa siihen myönnetyn luvan perusteella ennen kuin STUK on todennut, että ydinlaitos täyttää käytöstä poistamisen turvallisuusvaatimukset, turvajärjestelyt sekä valmiusjärjestelyt ovat riittävät, ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellinen valvonta on asianmukaisesti järjestetty ja ydinlaitoksen haltijan vahingonkorvausvastuu ydinvahingon

varalta on järjestetty sitä koskevien säännösten mukaisesti. Lisäksi edellytetään, että työ- ja elinkeinoministeriö on todennut, että varautuminen ydinjätehuollon kustannuksiin on järjestetty lain edellyttämällä tavalla.

12.1.3 Muut ydinenergialain mukaiset luvat

Käyttöluvan ja käytöstäpoistoluvan lisäksi hankevaihtoehdot saattavat edellyttää myös muita ydinenergialain mukaisia lupia. Ydinenergialain 21 §:ssä säädetään luvan myöntämisen edellytyksistä muulle ydinenergian käytölle, kuten esimerkiksi ydinaineiden ja ydinjätteiden hallussapidolle, valmistukselle, tuottamiselle, luovutukselle, käsittelylle, käyttämiselle, varastoinnille, kuljetukselle ja tuonnille sekä ydinjätteiden laajamittaista loppusijoitusta vähäisemmälle loppusijoitukselle (toimintalupa). Ydinenergialain 16 §:n 2 momentin mukaan STUK myöntää hakemuksesta luvan edellä mainituille toimintoille.

Lupa muulle ydinenergian käytölle voidaan myöntää, milloin toiminta sitä edellyttää, jos ydinenergialain 21 §:ssä asetetut edellytykset täyttyvät. Näitä edellytyksiä ovat muun muassa:

- Ydinenergian käyttö täyttää ydinenergialain mukaiset turvallisuutta koskevat vaatimukset ja työntekijöiden ja väestön turvallisuus sekä ympäristönsuojelu on otettu asianmukaisesti huomioon.
- Hakijalla on ydinenergian käyttöä varten tarvittavan alueen hallinta.
- Ydinjätehuolto on järjestetty asianmukaisella tavalla ja varautuminen ydinjätehuollon kustannuksiin on järjestetty ydinenergialain säännösten mukaisesti.
- Hakijan järjestelyt STUK:n ydinenergialaissa tarkoitetun valvonnan toteuttamiseksi ovat riittävät.
- Hakijalla on käytettävänä tarpeellinen asiantuntemus sekä toimintaa hoitava organisaatio, ja toimintaa hoitavan henkilökunnan kelpoisuus ovat asianmukaiset.
- Hakijalla harkitaan olevan taloudelliset ja muut tarpeelliset edellytykset harjoittaa toimintaa turvallisesti ja Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti.
- Niiden vieraiden valtioiden suostumukset, joita radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen siirtojen valvonnasta ja tarkkailusta annetussa neuvoston direktiivissä (2006/117/Euratom) edellytetään, on saatu ja direktiivin määräyksiä voidaan muutenkin noudattaa.
- Ydinenergian käyttö muutoinkin täyttää ydinenergialain 5–7 §:ssä säädetyt periaatteet eikä ole ristiriidassa Euratom-sopimuksen velvoitteiden kanssa.

Ydinenergian käyttöön ei saa ryhtyä siihen myönnetyn luvan perusteella ennen kuin STUK on todennut, milloin toiminta sitä edellyttää, että ydinenergian käyttö on asetettujen turvallisuusvaatimusten mukaista, turvajärjestelyt sekä valmiusjärjestelyt ovat riittävät, ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellinen valvonta on asianmukaisesti järjestetty ja vahingonkorvausvastuu toiminnan yhteydessä sattuvan ydinvahingon varalta on järjestetty siitä säädetyllä tavalla.

12.2 SÄTEILYLAIN MUKAISET LUVAT

Loviisan ydinvoimalaitoksen muu säteilytoiminta kuin ydinenergian käyttö edellyttää säteilylain mukaista turvallisuuslupaa. Fortum Power and Heat Oy on toiminnanharjoittaja turvallisuusluvan mukaisessa säteilytoiminnassa koskien avolähteiden, röntgenlaitteiden ja umpilähteiden käyttöä teollisuudessa ja tutkimuksessa.

Loviisan voimalalaitoksen laboratoriossa käsitellään avolähteitä, joilla suoritetaan mm. radiokemiallisia analyyseja. Röntgenlaitteita, kuten XRF-analysaattoreita, käytetään materiaalitarkastuksissa. Umpilähteitä käytetään voimalaitosyksiköillä mm. mittalaitteiden kalibroinnin tarkastuksiin ja toiminnan koestuksiin.

Säteilytoiminnan turvallisuuslupa on toistaiseksi voimassa. Turvallisuuslupa on ajan tasalla pidettävä asiakirja, johon päivitetään tarvittavat muutokset, kuten uusien säteilylähteiden lisääminen tai niiden käytöstä poistaminen. Valvova viranomainen on STUK.

Sekä voimalaitoksen käytön jatkamisen että käytöstäpoiston tapauksessa säteilytoimintaa teollisuudessa ja tutkimuksessa jatketaan riittäväksi katsotulla laajuudella. Turvallisuuslupaa tullaan muuttamaan tarpeen mukaan.

12.3 MUUALLA SUOMESSA MUODOSTUNUT RADIOAKTIIVINEN JÄTE

VLJ-luolan nykyisen käyttöluvan alaisuudessa on mahdollisuus varastoida pieniä määriä muita kuin Loviisan voimalaitokselta peräisin olevia radioaktiivisia jätteitä. Kun VLJ-luolalle haetaan uusi käyttölupa, muualla Suomessa muodostuneen jätteen määrä tullaan määrittelemään tarkemmin. Voimalaitoksen ja VLJ-luolan lupahakemuksiin sisällytetään selvitys ydinlaitoksessa valmistettavien, tuotettavien, käsiteltävien, käytettävien tai varastoitavien ydinaineiden tai ydinjätteiden laadusta ja enimmäismäärästä, ml. muualla Suomessa muodostuneet radioaktiiviset jätteet.

VTT:n FiR 1 -tutkimusreaktorilla on vuoden 2023 loppuun voimassa oleva ydinenergialain mukainen käyttölupa. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy on jättänyt valtioneuvostolle osoitetun hakemuksen, jolla VTT on pyytänyt vuoden 2038 loppuun voimassa olevaa, ydinenergialain 20 §:ssä tarkoitettua lupaa poistaa FiR 1 -tutkimusreaktori käytöstä siten, että Espoon Otaniemessä sijaitsevalla laitosalueella jäljellä olevien radioaktiivisten aineiden määrä on ydinenergialain nojalla asetettujen vaatimusten mukainen. Osana luvitusta VTT:n on toteuttanut FiR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoistoa koskevan YVA:n. VTT:llä on säteilylain mukainen turvallisuuslupa Otaakaari 3 -tutkimuslaboratorion käytöstäpoistoa varten.

VTT on tehnyt Fortum Power and Heat Oy:n kanssa sopimuksen FiR 1 -tutkimusreaktorin ja Otakaari 3 -tutkimuslaboratorion käytöstäpoiston palveluista ja ydinjätehuollosta. VTT on todennut ministeriölle, että Fortumin ja VTT:n välisen sopimuksen mukaiset palvelut täyttävät VTT:n ydinjätehuollon tarpeet. Ydinvoimalaitoksen luvanhaltijana Fortumilla on sopimusvelvoitteiden hoitamiseksi riittävä asiantuntemus ja toimintajärjestelmä. Samalla sopimuksella on järjestetty kokonaisuudessaan myös OK3-laboratorion radioaktiivisten

käytöstäpoistojätteiden huolto. Sopimuksen toteutuminen on ehdollinen sille, että Fortumille myönnetään tarvittavat luvat jätteen käsittelemiseksi ja loppusijoittamiseksi Loviisan voimalaitoksella ja VLJ-luolassa.

12.4 RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN KULJETUSTEN EDELLYTTÄMÄT LUVAT

Radioaktiivisten aineiden ja jätteiden kuljetuksia säätelevät laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (719/1994) ja säteilylaki (859/2018), sekä ydinaineiden ja -jätteiden osalta lisäksi ydinenergialaki (990/1987), sekä näiden nojalla annetut säädökset.

Ydinpolttoaineen kuljetukseen tarvitaan ydinenergia-lain mukainen kuljetuslupa, jonka edellytyksinä ovat mm. kuljetussuunnitelma, turvasuunnitelma ja eräissä tapauksissa valmiussuunnitelma. Kuljetuslupa-asioissa lupaviranomainen on Säteilyturvakeskus. Voimalaitoksen käytön jatkamisen tapauksessa voimalaitokselle tulee edelleen uutta tuoretta polttoainetta, ja sen osalta lupakäytäntö säilyy nykyisen kaltaisena. Käytetyn polttoaineen kuljetuksista kapselointiin ja loppusijoitukseen Eurajoen Olkiluotoon vastaa Posiva. Kuljetuksille tarvitaan ydinenergialain mukainen kuljetuslupa.

Muualla Suomessa syntyneet radioaktiiviset jätteet, joita mahdollisesti käsitellään Loviisan voimalaitoksella tai loppusijoitetaan Loviisan VLJ-luolaan, ovat joko ydinenergialain tarkoittamia ydinjätteitä tai säteilylain tarkoittamia radioaktiivisia jätteitä sen mukaan, kumman lain alaisessa toiminnassa ne ovat syntyneet. Esimerkkinä ydinenergialain mukaisista ydinjätteistä on VTT:n tutkimusreaktorin käytöstäpoisto-jäte, kun taas VTT:n materiaalitutkimuslaboratorion jäte, samoin kuin muualla teollisuudessa, tutkimuslaitoksissa ja terveydenhuollossa syntynyt jäte on pääosin säteilylain tarkoittamaa radioaktiivista jätettä.

Ydinjätteen kuljetukseen edellytetään lähtökohtaisesti kuljetuslupaa, mutta ydinenergia-asetuksen mukaan kuljetuslupaa ei tarvita esimerkiksi siinä tapauksessa jos ydinainetta sisältämättömän kerralla kuljetettavan ydinjätteen aktiivisuus on enintään 1 TBq. Alustavasti on arvioitu, että VTT:n tutkimusreaktorin käytöstäpoistojätteen kohdalla on enintään kaksi kuljetuslupaa edellyttävää kuljetusta. Muista kuljetuksista tehdään ilmoitus Säteilyturvakeskukselle.

Säteilylain mukaista turvallisuuslupaa ei tarvita radioaktiivisten aineiden kuljetukseen lukuun ottamatta korkea-aktiivisten umpilähteiden maantie- ja raidekuljetusta. Niistäkin kuljetuksista, joille ei tarvita turvallisuuslupaa, on kuitenkin tehtävä ilmoitus Säteilyturvakeskukselle. Suurin osa tulevaisuudessa tapahtuvista muualla Suomessa syntyneiden radioaktiivisten jätteiden kuljetuksista lienee aktiivisuudeltaan sellaisia, että ne eivät tarvitse turvallisuuslupaa. Tilannetta tarkastellaan kuitenkin tapauskohtaisesti, ja menettelytapa määräytyy kuljetettavan aineen radioaktiivisuuden mukaan.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kaikista ydinjätteiden tai radioaktiivisten aineiden kuljetuksista joko tehdään ilmoitus Säteilyturvakeskukselle tai niille haetaan kuljetus- tai turvallisuuslupaa siten kuin laki kulloinkin edellyttää. Riippu-

matta ilmoitus- tai luvitusmenettelystä kuljetuksia koskevat em. lait ja niiden nojalla annetut muut säädökset, joissa on mm. kuljetuskollia, sen merkintöjä, kuljetusvälineen varusteita, kuljettajan pätevyyttä ja kuljetusasiakirjoja koskevia määräyksiä.

12.5 KAAVOITUS

Voimassa oleva asemakaava mahdollistaa voimalaitosalueen muutostöiden tekemisen ja lisärakenteiden ja rakennusten rakentamisen sekä voimalaitoksen käytöstäpoiston. Kaavojen muutostarpeet voivat tulla ajankohtaiseksi käytöstäpoiston jälkeen, mikäli ennestään voimalaitoksen toiminnasta aiheutuneita rajoitteita voimalaitosalueen ja sen ympäristön maankäyttöön poistuu. Tieto VLJ-luolan sijainnista on asemakaavassa. Sen osalta on varmistettava, että kaavamerkinnot säilyvät myös tulevaisuudessa. Mahdollisen asemakaava muutoksen hyväksyy Loviisan kaupunginvaltuusto. Lisäksi maankäyttörekistereihin voidaan tarvittaessa määritellä tieto alueen jatkokäyttöä koskevista rajoituksista.

12.6 MAANKÄYTTÖ- JA RAKENNUSLAIN MUKAISET LUVAT

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan tarvittaviin muutostöihin liittyvien voimalaitoksen rakennusten, tarpeellisen infrastruktuurin ja tilojen rakentaminen edellyttää rakennuslupaa. Rakennusvalvonnan tehtävistä ja päätöksen-teosta vastaa Loviisassa kaupungin rakennus- ja ympäristölautakunta.

Rakennusluvan myöntämisen edellytyksenä asemakaava-alueella on, että:

- rakennushanke on voimassa olevan asemakaavan mukainen
- rakentaminen täyttää sille laissa säädetyt tai sen nojalla asetetut vaatimukset
- rakennus soveltuu paikalle
- rakennuspaikalle on käyttökelpoinen pääsytie tai mahdollisuus sellaisen järjestämiseen
- vedensaanti ja jätevedet voidaan hoitaa tyydyttävästi ja ilman haittaa ympäristölle sekä
- rakennusta ei sijoiteta tai rakenneta niin, että se tarpeettomasti haittaa naapuria tai vaikeuttaa naapurikiinteistön sopivaa rakentamista.

Pienemmille rakenteille, kuten säiliöille tai tilapäisille varastorakennuksille, voidaan tarvita erilliset toimenpideluvat, mikäli niitä ei ole sisällytetty rakennuslupahakemukseen. Käytöstäpoiston ja rakennusten purkamisen yhteydessä haetaan maankäyttö- ja rakennuslain edellyttämät purkamisluvat ja tehdään tarvittavat ilmoitukset.

12.7 YMPÄRISTÖ- JA VESITALOUSLUPA

Ydinvoimalaitoksen toiminta edellyttää ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaisen ympäristöluvan (liite 1 Luvanvaraiset toiminnot, taulukko 2 Muut laitokset, kohta 3 Energian

tuotanto, b) ydinvoimalaitos).

Loviisan ydinvoimalaitoksella on Länsi-Suomen ympäristölu-paviraston 8.4.2009 myöntämä ympäristö- ja vesitalouslupa (pääätösnrot 23/2009/2 ja 24/2009/2). Lupa tuli lainvoimai-seksi korkeimman hallinto-oikeuden 19.6.2012 antamalla päätöksellä. Lupa koskee voimalaitoksen käyttöä, jäähdy-tysveden ottoa, voimalaitoksen päästöjä sekä tarkkailua. Raakaveden ottoon Lappominjärvestä on Länsi-Suomen vesioikeuden päätöksellään 27.12.1976 myöntämä vesilain mukainen käyttöveden ottolupa. Kyseinen lupa koskee veden johtamista Lappominjärvestä ja veden pinnan säännöstelyä.

Ympäristöluvanvaraisen toiminnan päästöjä tai niiden vaikutuksia lisäävään tai muuhun toiminnan olennaiseen muuttamiseen on oltava lupa. Lupaa ei kuitenkaan tarvita, jos muutos ei lisää ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia tai riskejä eikä lupaa toiminnan muutoksen vuoksi ole tarpeen tarkistaa. (YSL 29 §) Olemassa olevien ympäristö- ja vesitalo-uslupien muuttamistarvetta, arvioidaan yhdessä viranomais-ten kanssa, mikäli toiminnan jatkamiselle 2027/2030 jälkeen haetaan (ja myönnetään) käyttölupa. Tämänhetkisen arvion mukaan Loviisan ydinvoimalaitoksen toiminnan vaikutukset tulevat pysymään samantapaisina.

Toiminnanharjoittajan on viipymättä ilmoitettava ympä-ristöviranomaiselle myös toiminnan lopettamisesta. Ympä-ristölupaviranomainen voi tarvittaessa antaa määräyksiä toiminnan lopettamisesta.

Uuden ympäristöluvan myöntäminen edellyttää, ettei toiminnasta, asetettavat lupamääräykset ja toiminnan sijo-i-tuspaikka huomioon ottaen, aiheudu yksinään tai yhdessä muiden toimintojen kanssa:

- terveyshaittaa
- merkittävää muuta
 - haittaa luonnolle ja sen toiminnoille
 - luonnonvarojen käyttämisen estymistä tai mel-koista vaikeutumista
 - ympäristön yleisen viihtyisyyden tai erityisten kulttuuriarvojen vähentymistä
 - ympäristön yleiseen virkistyskäyttöön soveltu-vuuden vähentymistä
 - vahinkoa tai haittaa omaisuudelle taikka sen käytölle
 - tai muuta näihin rinnastettavaa yleisen tai yksityi-sen edun loukkausta
- maaperän tai pohjaveden pilaamiskiellon vastaista seurausta
- erityisten luonnonolosuhteiden huonontumista taikka vedenhankinnan tai yleiseltä kannalta tärkeän muun käyttömahdollisuuden vaarantumista toiminnan vaiku-tusalueella
- eräistä naapuruuksuusteista annetun lain tarkoittamaa kohtuutonta rasitusta.

Toiminnalle asetetaan luvassa päästöjä ehkäisevät ja rajoit-tavat lupamääräykset, joiden asettamisessa huomioidaan toiminnan luonne ja paikalliset ympäristöolosuhteet.

Ydinvoimalaitoksen vedenotto- ja purkurakenteet edel-lyttävät vesilain (587/2011) mukaista lupaa. Jos vedenotto

Lappominjärvestä lopetetaan, vedenottoa varten tehtyjen rakenteiden poistaminen edellyttää vesilain mukaisen luvan hakemista.

Mikäli toiminnan harjoittaja hakee uutta vesitalouslupaa hakemukseen tulee vesitalousasioista annetun valtioneu-voston asetuksen (1560/2011) mukaisesti sisältäjä hankkeen kuvaus ja selvitys hankkeen vaikutuksista. Lupa vesitalous-hankkeelle myönnetään, jos:

- Hanke ei sanottavasti loukkaa yleistä tai yksityistä etua, tai
- Hankkeesta yleisille tai yksityisille eduille saatava hyöty on huomattava verrattuna siitä yleisille tai yksityisille eduille koituviin menetyksiin.

Vesitaloushanke ei saa vaarantaa yleistä terveydentilaa tai turvallisuutta, aiheuttaa huomattavia vahingollisia muutoksia ympäristön luonnonsuhteissa tai vesiluonnossa ja sen toimin-nassa taikka suuresti huonontaa paikkakunnan asutus- tai elinkeino-oloja.

Ympäristölupaviranomaisena toimii joko Etelä-Suomen aluehallintovirasto tai Loviisan kaupungin ympäristönsuoje-luviranomainen riippuen lupahakemuksen kohteena olevasta toiminnasta. Vesilupa-asioissa lupaviranomaisena toimii Ete-lä-Suomen aluehallintovirasto. Ympäristölupahakemus sekä samaa toimintaa koskeva vesilain mukainen lupahakemus on käsiteltävä yhdessä ja ratkaistava samalla päätöksellä, jollei sitä ole erityisestä syystä pidettävä tarpeettomana.

Kalliotiloista pois pumpattavasta pohjavedestä on pää-sääntöisesti tehtävä ilmoitus ELY-keskukselle, jos vesimäärä on vähintään 100 m³ vuorokaudessa. Jos pumpattava vesi-määrä on 250 m³ vuorokaudessa tai sen yli, on toiminnalle haettava vesilain mukainen lupa. Mikäli alueelle sijoitetaan käytöstäpoistoa ja purkamistoimia varten betonimurskaa-mo tai mahdollinen VLJ-luolan louheen murskaamo, jonka toiminta-aika on yhteensä vähintään 50 päivää, toiminta tarvitsee ympäristöluvan.

12.8 KEMIKAALILAIN MUKAISET LUVAT JA ASIAKIRJAT

Kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä ja varastoin-tia harjoittavat laitokset tarvitsevat Tukesin myöntämän luvan. Kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin laajuus määräytyy laitoksella varastoitavien kemikaalien määrän ja vaarallisuuden perusteella. Luvassa asetetaan ehtoja toimin-nalle ja laitoksella suoritetaan käyttöönottotarkastus luvan myöntämisen jälkeen. Fortumin Loviisan voimalaitoksella on olemassa oleva lupa kemikaalien laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia varten ja voimalaitos on Tukesin valvoma turvallisuusselvityslaitos.

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005, ns. ”kemikaaliturvallisuuslaki”) rajaa ulos soveltamisalueestaan radioaktiiviset aineet ja radioaktiivisia aineita sisältävät tuotteet. Näin ollen muutok-set radioaktiivisen materiaalin käsittelyssä ja varastoinnissa sekä määrissä eivät lähtökohtaisesti aiheuta muutoksia kemikaaliluvalle.

Muutokset toiminnassa voivat kuitenkin kemikaaliturvalli-

suuslain mukaisesti aiheuttaa veloitteen hakea kirjallisesti lupaa tuotantolaitoksen muutokselle, jos suunniteltu muutos on tuotantolaitoksen perustamiseen rinnastettava laajennus tai muu merkittävä muutos. Merkittäviksi muutoksiksi luo-kitellaan vaarallisten kemikaalien määrän merkittävä kasvu, käsiteltävien tai varastoitavien vaarallisten kemikaalien tai niiden ominaisuuksien tai olomuodon merkittävä muutos, valmistusmenetelmän tai käsittelytavan merkittävä muutos tai muu muutos, joka saattaa vaikuttaa merkittävästi onnet-tomuusriskiin. Ilmoitus toiminnan muutoksesta Tukesille tulee sisältää oleelliset tiedot muutoksesta sekä selvityksen muu-toksen turvallisuusvaikutuksista. Turvallisuusselvityslaitosten tulee myös päivittää turvallisuusselvitys olennaisin osin.

Toiminnan muuttuessa, kuten esim. siirryttäessä käytöstä-poistoon, tehdään tarvittavat ilmoitukset ja haetaan tarvitta-vat luvat kemikaaliturvallisuuslain mukaisesti. Lopettamista koskevaan ilmoitukseen on lisättävä suunnitelma siitä, miten toiminnan lopettamisen jälkeen tuotantolaitoksen ja sen käytöstä poistettavan osan rakenteet ja alueet tarvittaessa puhdistetaan ja miten huolehditaan vaarallisista kemikaaleis-ta ja räjähteistä niin, ettei niistä aiheudu henkilö-, ympäristö-eikä omaisuusvahinkoja.

12.9 MUUT LUVAT JA SUUNNITELMAT

Voimalaitoksen ympäristö on määritetty lentokieltoalueeksi ilmailulta rajoitetuista alueista annetulla valtioneuvoston asetuksella (VNa 930/2014). Lentokieltoalue kattaa voima-laitoksen ympäristön neljän kilometrin säteellä ja alle 2000

metrin korkeudella. Yleisesti ilmailulaki (864/2014) edellyt-tää, että tietyn korkuisen laitteen, rakennuksen, rakennelman ja merkin asettamiseen tarvitaan lentoestelupa. Lentoesteen ylläpitäjän on ilmoitettava estettä ja yhteystietojaan koske-vat muutokset (kuten lentoesteen poistuminen) viipymättä Traficomille tai sen nimeämälle taholle.

Tavanomainen purkutoiminta edellyttää purkusuuenni-telman. Tämän yhteydessä esimerkiksi urakoitsija, jolla on lupaviranomaisen myöntämä asbestipurkutyölupa, toteuttaa tarvittavan asbesti- ja haitta-ainekartoituksen. Kartoituksen perusteella määritetään muun muassa purkumenetelmä, suo-jaukset sekä jätteiden hyötykäyttömahdollisuudet.

Jos melun tai tärinän on syytä olettaa olevan erityisen häi-ritsevää, toiminnanharjoittajan on tehtävä kunnan ympäris-tönsuojeluviranomaiselle ilmoitus tilapäistä melua tai tärinää aiheuttavasta toimenpiteestä (YSL 118 §).

12.10 HANKKEEN SUHDE LUONNONVAROJEN KÄYTTÖÄ JA YMPÄRISTÖNSUOJELUA KOSKEVIIN SUUNNITELMIIN JA OHJELMIIN

Taulukossa 12-1 on esitetty hankkeen suhdetta luonnonva-rojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin keskeisimpiin suunnitelmiin ja ohjelmiin. Näihin kuuluu sekä kansainvälisiä sitoumuksia että kansallisia tavoiteohjelmia, jotka eivät vält-tämättä velvoita toiminnanharjoittajaa suoraan, mutta niiden tavoitteet voivat kohdentua toiminnanharjoittajaan esimer-kiksi erilaisten lupien kautta.

Taulukko 12-1. Hankkeen suhde luonnonvarojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin ja ohjelmiin.

Ohjelman/ suunnitelman nimi	Sisältö	Suhde hankkeeseen
Pariisin ilmastositomus	YK:n ilmastositomuksen 21. osapuolikokouksessa Pariisissa sovittiin 12. joulukuuta 2015 uudesta, maailmanlaajuisesta ja oikeudellisesti sitovasta ilmastositomuksesta. Pariisin ilmastositomus on astunut voimaan 4.11.2016 ja tullut Suomea sitovaksi 14.11.2016. Pariisin ilmastositomuksen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle kahdessa asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan ja pyrkiä toimiin, joilla lämpeneminen saataisiin rajattua alle 1,5 asteen. Pariisin sopimuksen tavoitteena on saavuttaa maailmanlaajusten kasvihuonekaasujen päästöjen huippu mahdollisimman pian sekä vähentää päästöjä nopeasti sen jälkeen siten, että ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasujen päästöt ja nielu ovat tasapainossa tämän vuosisadan jälkipuoliskolla. Päästövähennystavoitteiden lisäksi sopimuksessa on asetettu pitkän aikavälin tavoite ilmastomuutokseen sopeutumiselle sekä tavoite sovittaa rahoitusvirrat kohti vähähiilistä ja ilmastokestävää kehitystä. Viiden vuoden välein tapahtuvissa maailmanlaajuisissa kokonaistarkasteluissa tarkastellaan osapuolien yhteistä edistymistä suhteessa sopimuksen tavoitteisiin. Ensimmäinen kokonaistarkastelu tapahtuu vuonna 2023.	Ydinvoimaan perustuvasta sähköntuotannosta ei synny kasvihuonekaasupäästöjä. Näin ollen Loviisan ydinvoima-laitoksen käytön jatkaminen tukee Pariisin ilmastositomuksen mukaista päästöjen vähentämistavoitetta.

Ohjelman/ suunnitelman nimi	Sisältö	Suhde hankkeeseen
EU:n ilmasto- ja energiapolitiikka 2020 ja 2030	Eurooppa-neuvostossa sovittiin vuonna 2014 EU:n energia- ja ilmastotavoitteista kaudelle 2021–2030. Uudet tavoitteet ovat jatkumoa vuonna 2007 solmitulle 2020-paketille. Vuoteen 2030 mennessä tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä EU-tasolla 40 prosenttia vuoden 1990 tasoon verrattuna. Tavoite on jaettu 43 % päästövähennykseen päästökauppasektorilla (suuret teollisuus- ja energiantuotantolaitokset) ja 30 % päästövähennykseen päästökaupan ulkopuolisilla aloilla vuoteen 2005 verrattuna.	Ydinvoimaan perustuvasta sähköntuotannosta ei synny kasvihuonekaasupäästöjä. Näin ollen Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Euroopan ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteita.
Suomen kansallinen energia- ja ilmastostrategia	Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean lokakuussa 2014 julkaisema mietintö ”Energia- ja ilmastotiekartta 2050” toimii strategisen tason ohjeena kohti tätä tavoitetta. Tiekartassa arvioitiin keinot vähähiilisen yhteiskunnan rakentamiseksi ja Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi 80–95 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Energia- ja ilmastopolitiikassa on kolme peruslottuvuutta, joiden tasapainosta on jatkuvasti huolehdittava siirryttäessä kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Energijärjestelmän on oltava i) kustannustehokas sekä mahdollistettava kansantalouden kasvu ja suomalaisten yritysten kilpailukyky globaaleilla markkinoilla, ii) kasvihuonekaasupäästöjen ja ympäristön näkökulmasta kestävä ja iii) riittävän toimitusvarma.	Ydinvoimaan perustuvasta sähköntuotannosta ei synny kasvihuonekaasupäästöjä. Näin ollen Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitetta. Lisäksi ydinenergia tukee Suomen sähköntuotannon huoltovarmuutta.
Uusi ilmasto- ja energiastrategia	Valtioneuvosto valmistelee työ- ja elinkeinoministeriön johdolla Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaista ilmasto- ja energiastrategiaa. Sanna Marinin hallituksen ohjelman tavoitteena on saavuttaa Suomessa hiilineutraalisuus vuonna 2035 ja hiilinegatiivisuus nopeasti sen jälkeen. Strategia valmistellaan koordinoitusti keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman kanssa, jota ympäristöministeriö koordinoi ja jossa määritellään EU:n päästökauppajärjestelmän ulkopuolisen ns. taakanjakosektorin uudet politiikkatoimet. Strategia kattaa kaikki kasvihuonekaasupäästölähteet (päästökauppasektori, taakanjakosektori, maankäyttösektori) ja nielut (maankäyttösektori). Siinä ovat mukana myös EU:n energiaunionin viiden ulottuvuuden mukaiset tarkastelut (vähähiilisyys ml. uusiutuva energia, energiatehokkuus, energiamarkkinat, energiaturvallisuus sekä TKI-toimet), ilmastomuutokseen sopeutuminen, energia- ja kasvihuonekaasutaseet sekä kattavat vaikutusarviot valitusta politiikkatoimien kokonaisuudesta (ympäristövaikutukset, sukupuolten välinen tasa-arvo, kansantalous, valtiontalous sekä sosiaaliset ja alueelliset vaikutukset). Lisäksi strategiassa voidaan nostaa esille muitakin energia- ja ilmastopolitiikan ajankohtaisia teemoja, esim. energian huoltovarmuus. Päähuomio sekä strategiassa linjattavissa politiikkatoimissa, että niihin perustuvissa skenaarioissa kiinnitetään EU:n vuodelle 2030 asettamien ilmasto- ja energiatavoitteiden täyttämiseen ja hallitusohjelman hiilineutraalius 2035 -tavoitteeseen.	Ydinvoiman käyttö sähköntuotannossa tukee pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman mukaista Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035, jolloin sähkön- ja lämmöntuotannon tulee olla Suomessa lähes päästötöntä 2030-luvun loppuun mennessä huolto- ja toimitusvarmuusnäkökulmat huomioiden. Hallitusohjelman mukaan käytössä olevien ydinvoimaloiden jatkolupiin suhtaudutaan myönteisesti edellyttäen, että STUK puoltaa niitä.

Ohjelman/ suunnitelman nimi	Sisältö	Suhde hankkeeseen
Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030	Keskeisenä keinona EU-velvoitteiden ja kansallisten ilmansuojelutavoitteiden toimeenpanossa on kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030, jonka valtioneuvosto hyväksyi maaliskuussa 2019. Ohjelma sisältää EU:n päästökattodirektiivin (2016/2284) päästövähennysvelvoitteiden toimeenpanemiseksi tarvittavat toimet ja muita ilmanlaadun parantamiseksi tarvittavia toimia.	Ydinvoiman tuotannosta ei synny päästökattodirektiivin rajoittamia päästöjä. Ydinvoimalaitoksen käytön jatkaminen tukee Suomea koskevien tavoitteiden saavuttamista, kun polttoprosesseihin perustuvaa energiantuotantoa korvataan ydinvoimalla.
Vesipolitiikan puitedirektiivi Vesienhoito-suunnitelmat ja toimenpideohjelmat	Vuonna 2000 hyväksyttiin EU:n vesipuitedirektiivi 2000/60/EY (WFD). Direktiivin tarkoituksena oli määrittää puitteet sisämaan pintavesien, suistoalueiden, rannikkovesien ja pohjavesien suojelemiseksi. Vesipuitedirektiivin mukaan jäsenvaltioiden on tunnistettava alueellaan olevat vesistöalueet ja osoitettava ne yksittäisiin vesienhoitoalueisiin. Jokaiselle vesienhoitoalueelle on valmisteltava vesienhoitoalueen hoitosuunnitelma. Suunnitelma sisältää toimenpideohjelman, jonka tulee täyttää direktiivin tavoitteet. Kansallisella tasolla laki vesien- ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004, asetus vesienhoitoalueista 1303/2004, asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006, asetus merenhoidon järjestämisestä 980/2011 ja asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006 toteuttavat EU:n vesipuitedirektiiviä. Vesienhoitosuunnitelmissa ja niitä täydentävissä toimenpideohjelmissa esitetään tietoa vesien tilasta ja niihin vaikuttavista tekijöistä sekä tarvittavista toimista, joilla vesien hyvä tila aiotaan saavuttaa ja ylläpitää. Voimassa olevat suunnitelmat ja toimenpideohjelmat kattavat vuodet 2016–2021. Vesienhoitosuunnitelmien ja toimenpideohjelmien vuosiksi 2022–2027 kuuleminen päättyi toukokuussa 2021 ja suunnitelmat hyväksytään vuoden 2021 loppuun mennessä.	Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma kattaa Suomenlahden rannikkoalueet ja Uudenmaan vesienhoidon toimintaohjelma Loviisan rannikkoalueen. Voimalaitoksen merkittävin vaikutus on vesistöön kulkeutuva lämpökuorma, joka on vaikuttanut heikentävästi lähinnä Klobbfjärdenin vesimuodostuman tilaan. Ehdotuksessa Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa Klobbfjärdenin toimenpiteeksi on mainittu rehevöityneen merenlahden kunnostuksen suunnittelu ja toteutus. Lisäksi vesienhoidon kolmannelle suunnittelukaudelle teollisuudelle esitetään toimenpiteitä laitosten käytön, ylläpidon ja tehostamisen osalta.
Meristrategiadirektiivi Suomen merenhoito-suunnitelma	Meristrategiadirektiivi (2008/56/EY) on direktiivi meriympäristöpolitiikan puitteista, jolla luodaan puitteet ja tavoitteet meriympäristön säilyttämiseksi ja suojaamiseksi ihmisten haitalliselta toiminnalta sekä ihmisten haitallisen toiminnan ennaltaehkäisemiseksi. Suomen meristrategia toteuttaa EU:n meripolitiikkaa ja vastaavaa direktiiviä kansallisella tasolla. Merenhoidon suunnittelu jakaantuu kolmeen osaa ja etenee kuuden vuoden sykleissä. Suomen kansallisen merenhoitosuunnitelman ensivaiheessa on arvioitu meren nykytila sekä asetettu tavoitteet hyvän tilan saavuttamiseksi ja mittarit tilan seuraamiseksi. Merenhoitosuunnitelma kattaa Suomen aluevedet ja talousvyöhykkeen. Merenhoidon toimenpideohjelma sisältää meren tilaa parantavia toimenpide-ehdotuksia. Voimassa oleva toimenpideohjelma kattaa vuodet 2016–2021. Merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelman vuosiksi 2022–2027 ja sen tausta-aineistojen kuuleminen päättyi toukokuussa 2021. Valtioneuvosto hyväksyy uuden toimenpideohjelman joulukuussa 2021.	Tässä YVA-selostuksessa on arvioitu vaikutuksia merialueen tilaan. Arvioinnin mukaan jäähdytysveden lämpövaikutus on paikallinen ja on pitkällä aikavälillä lisännyt paikallisesti osaltaan muun muassa rehevyyttä. Merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmaehdotuksessa jäähdytysveden lämpövaikutus on arvioitu niin paikalliseksi, ettei sen koeta vaikuttavan meren tilaan.

Ohjelman/ suunnitelman nimi	Sisältö	Suhde hankkeeseen
Itämeren suoje lusopimus, Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area (HELCOM) Itämeren suojelun toimintaohjelma (Baltic Sea Action Plan, BSAP) (HELCOM)	Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus (1974, 1992) eli ns. Helsingin sopimus velvoittaa sopimusmaita vähentämään kuormitusta kaikista päästölähteistä, suojelemaan meriluontoa ja säilyttämään lajien monimuotoisuutta. Sopimuksen peruseriaatteita ovat: ympäristönsuojelun kannalta parhaan käytettävissä olevan teknologian käyttäminen, ympäristön kannalta parhaan käytännön soveltaminen ja varovaisuusperiaatteen ja aiheuttamisperiaatteen noudattaminen. Itämeren suojelukomissio (Helsinki Commission, HELCOM) on Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelusopimuksen allekirjoittajavaltioiden perustama hallitusten välinen järjestö. Komissio tarkkailee ja edistää Helsingin sopimuksen soveltamista ja antaa suosituksia sopimusmaiden hallituksille. HELCOM:n ministerikokous hyväksyi Itämeren suojelun toimintaohjelman vuonna 2007. Sen tavoitteena on Itämeren hyvä ekologinen tila vuoteen 2021 mennessä. Ohjelma kattaa Itämeren pahimmat ympäristöongelmat ja toimenpiteet, jotka liittyvät rehevöitymiseen, haitallisiin ja vaarallisiin aineisiin sekä biodiversiteettiin ja luonnonsuojeluun. HELCOM ja sen jäsenvaltiot ovat päättäneet päivittää toimintaohjelman, koska hyvän tilan tavoitetta ei todennäköisesti tulla saavuttamaan vuoden 2021 loppuun mennessä.	Ympäristövaikutusten arvioinnin mukaan jäähdytysveden lämpövaikutus on paikallinen ja on pitkällä aikavälillä lisännyt paikallisesti osaltaan muun muassa rehevyyttä. Lämpövaikutuksella ei ole vaikutusta Itämeren ekologiseen tilaan laajemmassa merkityksessä, kuten on arvioitu merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmassa.
Natura 2000 -verkosto	Euroopan unioni pyrkii pysäyttämään luonnon monimuotoisuuden kadon alueellaan. Yksi tärkeimmistä keinoista päästä tavoitteeseen on Natura 2000 -verkosto. Verkosto turvaa luontodirektiivissä määriteltujen luontotyyppien ja lajien elinympäristöjä. Näitä luontodirektiivin mukaisia alueita kutsutaan SCI-alueiksi. Luontodirektiivi koskee luonnonvaraista eläimistöä, kasvistoa ja luontotyyppejä. Sen tavoitteena on i) saavuttaa ja säilyttää tiettyjen lajien ja luontotyyppien suojelun taso suotuisana, ii) säilyttää laji luontaisessa ympäristössään niin, ettei sen luontainen levinneisyysalue supistu ja iii) säilyttää riittävä määrä lajin elinympäristöjä, jotta kannan säilyminen voidaan turvata myös tulevaisuudessa. Lisäksi verkostoon kuuluu lintudirektiivin mukaisia erityisiä suojelualueita (SPA-alueet). Lintudirektiivi koskee Euroopan luonnonvaraisia lintuja. Direktiivin yleistavoite on ylläpitää tietyt lintukannat sellaisella tasolla, joka vastaa ekologisia, tieteellisiä ja sivistyksellisiä vaatimuksia.	Voimalaitosaluetta lähin Natura 2000 -verkoston kohde on lähimmillään noin 1,3 km etäisyydelle luoteeseen sijoittuva Källaudden–Virstholmenin alue. Vaikutusarvioinnin mukaan voimalaitoksen käytön jatkamisesta tai käytöstäpoistosta ei kohdistu kyseiseen Natura-alueeseen heikentäviä vaikutuksia.

Ohjelman/ suunnitelman nimi	Sisältö	Suhde hankkeeseen
Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon toimintapolitiikka ja sen toteuttamista koskeva kansallinen ohjelma	Käytetyn ydinpolttoaineen ja muun radioaktiivisen jätteen huoltoa käsittelevä kansallinen ohjelma on julkaistu edellisen kerran vuonna 2015. Parhaillaan kansallisen ohjelman päivitystyö on käynnissä. Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon kansallinen ohjelma on kokonaissuunnitelma, jonka tavoitteena on, että kaikesta Suomessa syntyvästä käytetystä ydinpolttoaineesta ja radioaktiivisesta jätteestä huolehditaan turvallisesti ja siten, että kaikki jätehuollon toimenpiteet jätteen syntymisestä sen loppusijoitukseen toteutetaan ilman aiheetonta viivytystä. Kansallisella ohjelmalla varmistetaan käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon toimintapolitiikan toteuttaminen. Toimintapolitiikkaa voidaan pitää Suomessa syntyneen käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollon strategiana. Toimintapolitiikka koostuu useista periaatteista, jotka on sisällytetty ydinenergia- ja säteilylakiin. Periaatteet ovat siten velvoittavia toiminnanharjoittajille ja viranomaisille. Kansallinen ohjelma koskee kaikkea Suomessa syntynyttä käytettyä ydinpolttoainetta ja radioaktiivista jätettä. Päivitettävän kansallisen ohjelman yhtenä tavoitteena on, että kaikelle Suomessa syntyvälle käytetylle ydinpolttoaineelle ja radioaktiiviselle jätteelle kehitetään turvallinen ja kustannustehokas loppusijoitusratkaisu. Tähän tavoitteeseen pääseminen edellyttää muun muassa, että olemassa olevien ydinlaitoksilla syntyneiden radioaktiivisten jätteiden käsittelyyn tarkoitettujen laitosten ja loppusijoitustilojen lupaehdot mahdollistavat muidenkin kuin omassa toiminnassa syntyneiden radioaktiivisten jätteiden käsittelyn ja loppusijoittamisen.	Käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huolto toteutetaan kansallisen ohjelman mukaisesti sekä voimalaitoksen käytön jatkamisen että käytöstäpoiston tapauksessa. Muulla Suomessa muodostuneen radioaktiivisen jätteen vastaanottaminen Loviisan ydinvoimalaitokselle tukisi parhaillaan päivitettävän kansallisen ohjelman tavoitetta.
Valtakunnallinen jätesuunnitelma	Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuoteen 2023 on asetettu jätehuollon ja jätteen synnyn ehkäisyn tavoitteet sekä toimet tavoitteiden saavuttamiseksi. Se hyväksyttiin valtioneuvostossa joulukuussa 2017. Valtakunnallinen jätesuunnitelma päivitetään vuoden 2021 aikana. Samalla suunnitelman voimassaoloaikaa pidennetään vuoteen 2027. Päivitettäessä jätesuunnitelmaa toteutetaan hallitusohjelman kirjaus ”Luodaan jätesektorille kierrätys- ja kiertotaloustavoitteita tukeva visio, joka ulottuu 2030-luvulle. Tavoitteena on kierrätysasteen nostaminen vähintään EU:n kierrätystavoitteiden tasolle”. Myös uusittu jätedirektiivi sekä eräitä muovituotteita koskeva direktiivi edellyttävät uutta sisältöä jätesuunnitelmaan. Tavanomaisten jätteiden jätehuollon periaatteena on niin sanottu etusijajärjestys: 1) jätteen synnyn ehkäisy 2) jätteen uudelleenkäyttö 3) kierrätys aineena 4) hyödyntäminen energiana 5) kaatopaikka.	Ydinvoimalaitoksella syntyy konventionaalisia jätteitä kuten muussakin teollisessa toiminnassa. Radioaktiivisuutta sisältävä jäte voidaan vapauttaa valvonnasta, mikäli jäte-erän aktiivisuus on alle viranomaisten asettamien raja-arvojen. Valvonnasta vapautettu jäte voidaan jatkokäsitellä kuten konventionaalinen teollisuusjäte. Sekä käytön jatkamisen että käytöstäpoiston tapauksessa kiinnitetään huomiota konventionaalisten jätteiden synnyn ehkäisyyn, niiden asianmukaiseen käsittelyyn ja loppusijoittamiseen jätehuollon periaatteiden ja jätelain mukaisesti.



Lähdeluettelo

Aalto, J., Pirinen, P. & Jylhä, K. 2016. New gridded daily climatology of Finland — Permutation-based uncertainty estimates and temporal trends in climate. *Journal of Geophysical Research — Atmospheres*, doi:10.1002/2015JD024651.

Ahokas, T., Nylander, E., Olin, S., Vähä-Vahe, A. & Mäntykoski, A. (toim.) 2020. Ehdotus Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuosille 2022–2027. 115 s.

Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, and K. Zickfeld, 2018. Framing and Context. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

An, N., Hemmati, S. & Cui, Y-J. 2017. Assessment of the methods for determining net radiation at different time-scales of meteorological variables. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 9: 239-246.

Andrejev, O., Myrberg, K., Alenius, P. & Lundberg, P. A. 2004. Mean circulation and water exchange in the Gulf of Finland — a study based on three-dimensional modelling. *Boreal Environment Research* 9: 1-16.

Anttila, P. 1988. Engineering geological conditions of the Loviisa power plant area relating to the final disposal of reactor waste”. Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta, Raportti YJT-88-11.

Anttila, P., Ahokas, H., Front, K., Hinkkanen, H., Johansson, E., Paulamäki, S., Riekkola, R., Saari, J., Saksa, P., Snellman, M., Wikström, L. & Öhberg, A. 1999. Final disposal of spent nuclear fuel in Finnish bedrock – Hästholmen site report.

Anttila-Huhtinen, M 2018. Pohjaeläintutkimukset merialueella Pyhtää-Kotka-Hamina vuosina 2014-2018 ja vertailua aikaisempiin tuloksiin. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 279/2018. 33 s. <http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/julkaisut/>

Anttila-Huhtinen, M. & Raunio, J. 2018. Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitos ja Oy Loviisan Smoltti Ab: Merialueen yhteistarkkailun laaja vuosiraportti 2017. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 272/2018. 52 s. <http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/julkaisut/>

Anttila-Huhtinen, M. & Raunio, J. 2019. Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitos ja Oy Loviisan Smoltti Ab: Merialueen yhteistarkkailun vuosiraportti 2018. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 280/2019. <http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/julkaisut/>

Anttila-Huhtinen, M. & Raunio, J. 2020. Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitos ja Oy Loviisan Smoltti Ab: Merialueen yhteistarkkailun vuosiraportti 2019. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 291/2020. <http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/julkaisut/>

APL Systems 2020a. Mittausraportti Fortum Power and Heat Oy Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristömelumittauksista 23.7.–16.10.2020. <https://www.fortum.com/loviisaia>

APL Systems 2020b. Mittausraportti Fortum Power and Heat Oy Loviisan ydinvoimalaitoksen varoventtiilikoestusten ympäristömelumittauksista 31.7., 28.8. ja 16.10.2020. <https://www.fortum.com/loviisaia>

BACC II Author Team 2015. Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. SpringerOpen. p. 245. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-16006-1>

Balkuviené, G. & Pernaravičiūtė, B. 1994. Growth Rates of Roach (*Rutilus rutilus* (L)) in a Cooling Water Reservoir under Different Thermal Conditions, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, Volyymi79, Numero 1, s. 139–142, 1994.

Benviroc Oy, 2018. Loviisan kasvihuonekaasupäästöt 2009–2016, ennakkotieto vuodelta 2017. Viitattu 5.1.2021. https://www.loviisa.fi/wp-content/uploads/2018/05/CO2-raportti_2017.pdf

Bolle, H-J., Menenti, M. ja Rasool, S. I., 2015. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin.

Borg J., Mitikka V. ja Kallasvuo M. 2012. Menetelmäohjeisto rannikon taloudellisesti hyödyntä-mättömien kalalajien lisääntymis- ja esiintymisalueiden kartoittamiseen. Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia ja selvityksiä 4/2012. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.

Bruckner, T., Fulton, L., Hertwich, E., McKinnon, A., Perczyk, D., Roy, J. Schaeffer, R., Schlömer, S., Sims, R., Smith, P. & Wisser, R., 2014. Technology-specific Cost and Performance Parameters (Taulukko A.III.2) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. IPCC.

Bruun, J.-E., Hällfors, S. & Leppänen, J.-M. 2010. Variation in the composition and the amount of particles at the entrance of the Gulf of Finland and the eastern Gotland Basin. SYKE Merikeskus. 41 s.

Chernobyl Forum 2005. Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine. The Chernobyl Forum: 2003–2005. Second revised version. Viitattu 19.2.2021. <https://www.iaea.org/sites/default/files/chernobyl.pdf>

Cross, E. E. & Rawding, R. S. 2009. Acute thermal tolerance in the round goby, *Apollonia melanostoma* (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Thermal Biology* 34, 85–92.

DHI 2017. Hydrodynamic Module, User Guide. https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE_FM_HD_3D.pdf
https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE3HD_Scientific_Doc.pdf

Energiateollisuus ry 2020. Sähkötilastot. Sähkötase 1970–2019. Viitattu 5.2.2021. https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkotase_1970-2019.html#material-view

Energiateollisuus ry 2021. Sähkötilastot. Viitattu 10.2.2021. <https://energia.fi/tilastot>

Energiavirasto 2021. Sähkön odotetaan riittävän talvipakkasilla Suomessa - vanhojen voimalaitosten sulkeminen on pienentänyt tuotantokapasiteettia. Julkaistu 3.12.2020. Viitattu 2.2.2021. <https://energiavirasto.fi/-/sahkon-odotetaan-riittavan-talvipakkasilla-suomessa-vanhojen-voimalaitosten-sulkeminen-on-pienentanyt-tuotantokapasiteettia>

ENTSO-E & ENTSOG 2020. TYNDP 2020 Scenario Report. Viitattu 2.2.2021. <https://2020.entsos-tyndp-scenarios.eu/>

European Commission 2019. European Commission, Joint Research Centre – Cinelli, G., De Cort, M. & Tollefsen, T. (Eds.), European Atlas of Natural Radiation, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2019, <https://remon.jrc.ec.europa.eu/About/Atlas-of-Natural-Radiation/Download-page>. Viitattu 6.5.2021.

European utility requirements for LWR nuclear power plants 2016. EUR Rev E, Vol 2, Ch. 1, App. A13, Dec 2016.

Extension Site of Distribution Map of Radiation Dose 2021. Viitattu 19.2.2021. https://ramap.jmc.or.jp/map/eng/#lat=33.59133297708078&lon=142.87376037487257&z=6&b=s-td&t=air&s=28,0,0,0&c=largezone,20110429_cs137

Fingrid 2021. Verkkovisioraportti. Viitattu 18.1.2021. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahko-markkinat/fingrid_verkkovisio.pdf

Fleming, V. & Kaitala, S. 2006. Phytoplankton spring bloom intensity index for the Baltic Sea estimated for the years 1992 to 2004. *Hydrobiologia* 554:57–65.

Fontell, E., Lehtonen, H. & Lappalainen, J. 2004. Influence of temperature and depth on spawning site selection of pike-perch (*Sander lucioperca* (L.)) in the Helsinki sea area. Percis III. The third International Percid Fish Symposium. July 20-24, 2003. Madison, Wisconsin USA. S. 103–104.

Fortum Power and Heat Oy 2008. Loviisan ydinvoimalaitoksen laajentaminen kolmannella voimalaitosyksiköllä. Ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Fortum Power and Heat Oy 2019a. Loviisan voimalaitoksen selvitys meriveden lämpötiloista ja niiden vaikutuksesta merialueen tilaan kesällä 2018. Sisäinen raportti LO1-K873-00107.

Fortum Power and Heat Oy 2019b. Selvitys ympäristövaikutuksista 2019. Sisäinen raportti LO1-K870-00141.

Fortum Power and Heat Oy 2019c. Julkinen tiedote, maaliskuu 2019. Toimintaohje säteilyvaaran varalle. Viitattu 24.2.2021. https://www.fortum.fi/sites/default/files/documents/toimintaohje_sateilyvaara_fi_2019.pdf

Fortum Power and Heat Oy 2021. Fortumin Loviisan ydinvoimalaitoksella hyvä tuotantovuosi 2020. Viitattu 10.2.2021. <https://www.fortum.fi/media/2021/01/fortumin-loviisan-ydinvoimalaitoksella-hyva-tuotantovuosi-2020>

Gabi database 2021. Thermal energy from light fuel oil (LFO), EU-28.

Gasum Oy 2019. Gasum Oy Environmental impacts of natural gas lifecycle from Russia to Finland. Report. October 2021. Viitattu 20.1.2021. https://www.gasum.com/globalassets/pdf-files/vuosiraportointi/green-finance/final_gasum_environmental-study_october2019.pdf

Hakala, T., Viitasalo, M., Rita, H., Aro, E., Flinkman, J. & Vuorinen, I. 2003. Temporal and spatial variation in the growth rates of Baltic herring (*Clupea harengus membras* L.) larvae during summer. *Marine Biology* 142: 25–33.

Hakanen, P. 2018. Loviisan edustan tarkkailu 2017. Kasviplankton - lajisto ja biomassat. Raportti nro 2018/10. Meneelmäkuvaus, määritysten tulokset ja tulosten tarkastelu. Tmi Zwerver. 12 s.

Hasegawa, A., Ohira, T., Maeda, M., Yasumura, S. & Tanigawa, K. 2016. Emergency Responses and Health Consequences after the Fukushima Accident. Evacuation and Relocation. *Clinical Oncology*. Volume 28, Issue 4. 2016. Pages 237-244. ISSN 0936-6555. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2016.01.002>

Helsingin kaupunki. Helsingin kaupungin työmaavesiohje. Internet-sivu. <https://dev.hel.fi/paatokset/media/at-t/93/93a6a5cfa77055b1851322fe771b48284826ddc7.pdf>

Hempel M., Neukamm R. and Thiel R. 2016. Effects of introduced round goby (*Neogobius melanostomus*) on diet composition and growth of zander (*Sander lucioperca*), a main predator in European brackish waters. *Aquatic Invasions* (2016) Volume 11, Issue 2: 167–178.

Herlevi H., Aarnio A., Puntila-Dodd R. and Bonsdorff E. 2018. The food web positioning and trophic niche of the non-indigenous round goby: a comparison between two Baltic Sea populations. *Hydrobiologia* (2018) 822:111–128. Springer.

Hiilitieto 2021. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS). Viitattu 20.1.2021. <https://www.hiilitieto.fi/kestava-kehitys/ccs/>

Hokkanen, J., Virtanen, Y., Savikko, H., Känkänen, R., Katajajuuri, J.-M., Sirkiä, A., Sinkko, T. 2015. Alueelliset resurssivirrat Jyväskylän seudulla. Sitran selvityksiä 91. ISBN 978-951-563-909-7. Saatavilla: <https://media.sitra.fi/2017/02/27174807/Selvityksia91-2.pdf>

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus - Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.

IAEA 2008. INES. The International Nuclear and Radiological Event Scale. User’s Manual 2008 Edition. Viitattu 24.2.2021. <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/INES2013web.pdf>

IAEA 2013. Safety Standards for protecting people and the environment. Specific Safety Guide. No. SSG-25. Viitattu 24.2.2021. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1588_web.pdf

IAEA 2018. International Atomic Energy Agency, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, IAEA Safety Standards Series No. SSR-6 (Rev.1), IAEA, Vienna (2018). http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1798_web.pdf

ICPR 2006. Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public. ICRP Publication 101a. Ann. ICRP 36 (3), 2006.

ICPR 2007. ICRP 103, taulukko 1, <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>

Ilmasto-opas 2021a. Suomen muuttuva ilmasto. Viitattu 1.3.2021. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>

Ilmasto-opas 2021b. Suomen muuttuva ilmasto. Viitattu 1.3.2021. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/videot-ja-visualisoinnit/-/artikkeli/a7ea17da-f0a5-4651-8f72-6214dc2f437a/ipcc-meri-lumi-jaa-infografikat.html>

Ilmasto-opas 2021c. Itämeren jääolot. Viitattu 17.2.2021. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/63e8e231-2d68-45cb-97c8-6bbdd9b-5bae5/itameren-jaaolot-muuttuvat.html>

Ilmatieteen laitos 2020. Internet-sivut. <https://www.ilmatie-teenlaitos.fi/vuosi-2011>

Ilmatieteen laitos 2021. Internet-sivu. Avoin data. Viitattu 21.1.2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Ilus, E. 2009. Environmental effects of thermal and radioactive discharges from nuclear power plants in the boreal brackish-water conditions of the northern Baltic Sea. STUK – Radiation and Nuclear Safety Authority University of Helsinki, Faculty of Biosciences Department of Biological and Environmental Sciences, Aquatic Sciences. Academic dissertation.

IPCC 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 s.

IPCC 2018. Special report: Global Warming of 1.5°. Viitattu 12.2.2021. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>

Irannezhad, M., Chen, D. & Kløve, B. 2015. Interannual variations and trends in surface air temperature in Finland in relation to atmospheric circulation patterns, 1961–2011. *International Journal of Climatology*, 35, 3078–3092, doi:10.1002/joc.4193.

Itä-Uudenmaan liitto 2007. Itä-Uudenmaan maisematyypit.

Jaale, M. & Norkko, A. 2008. Pohjaeläimet. Teoksessa: Raateoja, M. (toim.). Itämeri 2008 – Merentutkimuslaitoksen Itämeriseurannan vuosiraportti. – Meri, Report Series of the Finnish Institute of Marine Research no 64:49-51.

Jauhainen, T., Vuorinen, H. S., Heinonen-Guzejev, M. 2007. Ympäristömelun vaikutukset. Ympäristöministeriön julkaisuja Suomen Ympäristö 3/2007.

Karonen, M., Mäntykoski, A., Nylander, E. & Lehto, K. (toim.) 2015. Vesien tila hyväksi yhdessä. Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen toimenpidesuunnitelma vuosiksi 2016- 2021. ELY-keskuksen raportteja 132/2015. 216 s.

Kauppinen, T. ja Nelimarkka, K. 2007. Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioiminen. Oppaita / Stakes : 68 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016100324788>

Keskinen, T., Pulkkanen, M., Huttula, T. & Karjalainen, J. 2011. Vulnerability assessment of ecosystem services for climate change impacts and adaptation (VACCIA). Action 10: Assessment of impacts and adaptation of fisheries production and wash off effects in Lake Päijänne.

Kokkonen V. 2018. Tilastokeskus, Yritystilastot, Toimipaikat toimialoittain ja kunnittain, sähköposti 23.11.2018.

Kornis M. S., Mercado-Silva N. and Vander Zanden J. M. 2011. REVIEW PAPER. Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. Journal of Fish Biology (2012) 80, 235–285.

Kuntaliitto 2020. Kuntien vuoden 2020 veroprosentit. Viitattu 12.2.2020. https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Liite%203_kuntakohtaiset%20prosentit%202020_1.xlsx

Laamanen, M. (toim.) 2016. Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma 2016-2021. Ympäristöministeriön raportteja 5/2016. 198 s.

Laamanen, M. (toim.) 2020. Ehdotus Suomen merenhoidosuunnitelman toimenpideohjelmaksi vuosiksi 2022–2027. 252 s.

Lahti, M. 2021. Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden oton ja purun vaikutukset merialueella. Versio 1. 19.3.2021. 65 s. Esitetty liitteessä 4.

Lappalainen J., Kurvinen L. ja Kuismanen L (toim.) 2020. Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA) – Finlands ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2020. Suomen ympäristökeskus, Merikeskus.

Lappalainen, J., Malinen, T., Rahikainen, M., Vinni, M., Nyberg, K., Ruuhijärvi, J., & Salminen, M. 2005. Temperature dependent growth and yield of pikeperch, Sander lucioperca, in Finnish lakes. Fisheries Management and Ecology, 12, 27–35.

Launiainen, J., 1975. On the physical effects of cooling water discharges by nuclear power stations and their investigation. Meri 2: 45 – 59. ISSN 0356-0023. Finnish Institute of Marine Research. (In Finnish)

Launiainen, J. 1979. Studies of energy exchange between the air and the sea surface on the coastal area of the Gulf of Finland. Finnish Marine Research, 246, 3 – 110. ISSN 0357-1076. Finnish Institute of Marine Research. Leino 2012

Lee, V. A. & Johnson, T. B. 2005. Development of a bioenergetics model for the round goby (*Neogobius melanostomus*). Journal of Great Lakes Research 31, 125 – 134.

Leino K. 2011. Jäähdytysveden mukana Loviisan voimalaitokselle vuosina 1977-1997 kulkeutunut kala ja levä. Raportti LO1-C2-00652, 29.11.2011. Fortum Power and Heat Oy.

Leino, K. 2012. Ravinnekuormitus Loviisan voimalaitoksen lähimerialueella. 6.11.2012. LO1-C2-00717.

Leivo, M. & Lehtiniemi, T. 2019. Porvoon seudun maakunnallisesti tärkeät lintujen muutonaikaiset kerääntymisalueet. Vuoden 2019 uudistettu MAALI-selvitys. Verkkojulkaisu. Viitattu 28.2.2021. https://asiakas.kotisivukone.com/files/psly.kotisivukone.com/tiedostot/MAALI_Raportti_Final.pdf

Liikenne- ja viestintäministeriö 2012. Vaarallisten aineiden kuljetus Suomessa. VAK-strategia 2012–2020. Ohjelmia ja strategioita 5/2012.

Liikennevirasto 2018. Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2018. Viitattu 3.2.2021. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-57_valtakunnalliset_liikenne-ennusteet_web.pdf

Lindfors, A., Huttunen, O., Kiirikki, M. 2012. Lämpötila- ja virtausmittaukset Loviisan voimalaitoksen edustan merialueella avovesikaudella 2011. Luode Consulting Oy 24.2.2012. LO1-C2-00670.

Lindfors, A., Meriläinen, H. & Kronholm, H. 2020. Sedimenttien haitta-aineselvitys Loviisan voimalaitoksen edustan merialueelta. Luode Consulting Oy 31.1.2020. LO1-C2-01316. <https://www.fortum.com/loviisaeia>

Loviisan kaupunki 2020. Lausunto Uudenmaan ELY-keskukselle tienpidon ja liikenteen suunnitelmasta 2021–2024. Viitattu 12.1.2021. <http://julkaisu.loviisa.fi/FIN/kuulutus/6373473507159559111.1599127470972.PDF>

Loviisan kaupunki 2021a. Loviisan kaupungin yleis- ja asemakaavat.

Loviisan kaupunki 2021b. Asemapiirustus. Saaristotie välillä Mannerheiminkatu-Ramsayntie.

Loviisan kaupunki 2021c. Asuminen ja ympäristö. Ilmastomuutos. Viitattu 5.1.2021. <https://www.loviisa.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/ymparistonsuojelu/ilmastomuutos/>

Luomaranta, A., Haapala, J., Gregow, H., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Laaksonen, A. 2010. Itämeren jääpeitteen muutokset vuoteen 2050 mennessä. Raportteja No. 2010:4. Ilmatieteen laitos.

Luonnonvarakeskus 2019a. Riistahavaintopalvelu. Viitattu 19.12.2019. <http://riistahavainnot.fi/> 19.12.2019.

Luonnonvarakeskus 2019b. Viitattu 9.1.2020. <https://www.luke.fi/uutinen/itameren-hyljekannat-jatkavat-kasvua>

Luonnonvarakeskus 2021. Viitattu 23.3.2021. <https://kalahavainnot.luke.fi/kartta>.

Luontoon.fi 2021. Svartholman merilinnointus. Viitattu 1.2.2021. <https://www.luontoon.fi/svartholma>

Maa- ja metsätalousministeriö 2018. Muistio pyyntiluvalla sallittavasta Itämeren norpan metsästyksestä 2018–2019, Dnro 1186/01.03/2018.

Maanmittauslaitos 2021a. Maanmittauslaitoksen avoimet kartta- ja paikkatietoaineistot. Viitattu 1.2.2021. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto>

Maanmittauslaitos 2021b. Maannousu. Viitattu 1.3.2021. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/maannousu>

Marjamäki, M. & Lahti, M. 2012. Selvitys Kirmosundin tiepenkereen aiheuttamista virtausten muutoksista. 17.12.2012. LO1-C2-00735.

Marjamäki, M. 2012. Selvitys Loviisan voimalaitoksen jäähdytys- ja jätevesipäästöistä rantakiinteistöille ja purkalueen vesialueille aiheutuvista vahingoista, 17.12.2012, LO1-C2-00736.

Marttila, V., Granholm, H., Laanikari, J., Yrjölä, T., Aalto, A., Heikinheimo, P., Honkatuki, J., Järvinen, H., Liski, J., Merivirta, R. ja Paunio, M. 2005. Ilmastomuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. Maa- ja metsätalousministeriö. MMM:n julkaisuja 1/2005.

Metsänen, T. 2021. Loviisan ydinvoimalaitoksen linnustoselvitykset 2020. Linnustoseuranta. Raportti 24.2.2021. Luontonselvitys Metsänen. <https://www.fortum.com/loviisaeia>

Mikkonen, S., Laine, M., Mäkelä, H., Gregow, H., Tuomenvirta, H., Lahtinen, M. & Laaksonen, A. 2015. Trends in the average temperature in Finland, 1847–2013. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 29, 1521–1529, doi:10.1007/s00477-014-0992-2.

MMM 2014. Kansallinen vesiviljelyn sijainninohjaussuunnitelma. Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö. Helsinki.

Monivesi Oy 2018. Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitos Oy Loviisan Smoltti Ab Merialueen yhteistarkkailu: vesikasvillisuuden ja kovan pohjan eliöstön tutkimukset vuonna 2017. 2.3.2018.

Moskal’kova, K. I. 1996. Ecological and morphophysiological prerequisites to range extension in the round goby *Neogobius melanostomus* under conditions of anthropogenic pollution. Journal of Ichthyology 36, 584 – 590.

Museovirasto 2021. Kulttuuriympäristön palveluikkuna. Viitattu 19.1.2021. <https://www.kyppi.fi/palveluikkuna/portti/read/asp/default.aspx>

Mäntykoski, A., Nylander, E., Ahokas, T., Olin, S. Vähä-Vahe, A. (toim.) 2020. Vaikuta vesiin. Ehdotus Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuosiksi 2022-2027. Osa 1. 167 s. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyö/Vesienhoitoalueet/KymijokiSuomenlahti

Niiranen & Hagman 2012. Fortum Power and Heat Oy, Lappominjärven turvelauttojen kartoitus ja poistaminen. 24.10.2012. LO1-K879-00024. Ramboll Finland Oy.

NOAA 2020. HYSPLIT. Viitattu 15.12.2020 <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>

Nord Pool 2021. Production. Viitattu 10.2.2021. <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Power-system-data/Production1/Production1/ALL1/Hourly/?view=table>

Nummi 2019. Safety case for Loviisa LILW repository 2018 – Main report. Fortum Power and Heat Oy, Espoo.

OECD/NEA & IAEA 2020. Uranium 2020: Resources, Production and Demand.

OECD/NEA 2014. Managing Environmental and Health Impacts of Uranium Mining, OECD/NEA, Nuclear Development 2014.

Pekcan-Hekim, Z., Lauri, U., Auvinen, H., Heikinheimo, O., Lappalainen, J., Raitaniemi, J. & Söderkultalahti, P. 2011. Climate Warming and Pikeperch Year-Class Catches in the Baltic Sea. A Journal of the Human Environment 40(5):447-456.

Perus, J., Bonsdorff, E., Bäck, S., Lax, H.-G., Villnäs, A. & Westberg, V. 2007. Zoobenthos as indicators of ecological status in coastal brackish waters: a comparative study from the Baltic Sea. Ambio 36(2-3): 250-256.

Posiva 2008. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen laajentaminen. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Posiva Oy.

Posiva 2012. Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemus. Posiva Oy.

Pöyry 2009. Kalojen lisääntymisaluekartoitukset Pyhäjoella, Ruotsinpyhtäällä ja Simossa. Fennovoima Oy. Ydinvoimalaitoshanke. 60K30029.25. Lokakuu 2009.

Raateoja, M. & Setälä O. (toim.) 2016. The Gulf of Finland assessment. Reports of the Finnish Environment Institute 27/2016. 362 s.

Ramboll Finland Oy 2012. Lappominjärven turvelauttojen kartoitus ja poistaminen. Esiselvitys.

Ramboll Finland Oy 2013. Loviisan voimalaitoksen ympäristömelumittaukset 2013. <https://www.fortum.com/loviisaeia>

Ramboll Finland Oy 2017. Loviisan voimalaitoksen ympäristömelumittaukset 2017. <https://www.fortum.com/loviisiaeia>

Ramboll Finland Oy 2021. Onnettomuudet kartalla. Viitattu 7.1.2021 <https://mobilityanalytics.ramboll.com/onn/polisi/>

RIL 253-2010. Rakentamisen aiheuttamat tärinät. 122 s.

Roikonen, T. & Kangas, H. 2021. Loviisan voimalaitos. Kalas-totutkimukset voimalaitoksen lähimerialueella vuonna 2020. Ramboll 25.1.2021. 20 s. <https://www.fortum.com/loviisiaeia>

Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. Geophyica 51(1):17-50.

Räty, A. 2019. FIR 1 - tutkimusreaktorin ja OK3 laboratorion aktiivisuusinventaarit loppusijoituksen turvallisuusanalyysia varten. VTT-R-00739-19.

Sandström O. 1990. Environmental monitoring at the Forsmark nuclear power plant. Cooling water effects. Swedish Environmental Protection Agency, Environmental Impact Assessment Department. Coastal Laboratory. Report 3868. Öregrund.

Sisäministeriö 2016. Säteilytilanneohje, Sisäministeriön julkaisu 10/2016. Viitattu 2.2.2021. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74874/Sateilytilanneohje.pdf?sequence=1>

Sosiaali- ja terveysministeriö 1999. Ympäristövaikutusten arviointi, Ihmisiin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201504225515>

State of the Baltic Sea – holistic assessment: non-indigenous species. Internet-sivu. Viitattu 12.3.2021 <http://stateofthebalticsea.helcom.fi/pressures-and-their-status/non-indigenous-species/>

Strömmer, H. 2019. Vaarallisten aineiden kuljetukset vuonna 2017. Traficomin julkaisuja 4/2019.

STUK 2002. Säteilyn terveysvaikutukset. Paile W (toim.). Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja, osa 4.

STUK 2004. Kokemukset onnettomuuksista ja poikkeuksellisista tapahtumista ydinlaitoksilla. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja, luku 6. Viitattu 24.2.2021. <https://www.stuk.fi/julkaisut/sateily-ja-ydinturvallisuus-kirjasarja/ydinturvallisuus>

STUK 2009. Säteilyn terveysvaikutukset. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja. Säteilyturvakeskuksen julkaisu. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125172/katsaus-sateilyn-terveysvaikutukset-8-2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

STUK 2012. Radioaktiivisten aineiden kuljetus. STUK opas-taa. Syyskuu 2012.

STUK 2015. Säteilyturvakeskuksen turvallisuusarvio Posivan rakentamislupahakemuksesta. Viitattu 5.2.2021. <https://www.stuk.fi/documents/12547/131539/stukin-turvallisuus-arvio-posivan-rakentamislupahakemuksesta.pdf/a8c45d8c-f354-4817-947b-7375624bca7d>

STUK 2019a. Stuklex. Ydinlaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen ja valvonta, 15.3.2019. YVL C.3. Viitattu 9.2.2021. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLC-3>

STUK 2019b. Eeva Salmisen esitys säteilyn terveysvaikutuksista. STUKin järjestämä Syventävä säteilysuojelukou-lus-kurssi 3.12.2019.

STUK 2020a. Stuklex. Suojelutoimet säteilyvaaratilanteessa, 1.9.2020. VAL 1. Viitattu 9.2.2021. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/VAL1>

STUK 2020b. Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018. STUK-A263. Huhtikuu 2020. Siiskonen Teemu (toim.). Viitattu 19.2.2021. https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139611/Suomalaisten_keskima%20a%20ra%20inen_efektiivinen_annos_vuonna_2018.pdf?sequence=6

STUK 2020c. Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2019. STUK-B 253. Toukokuu 2020. Viitattu 17.3.2021. https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139992/Ydinvoimalaitosten_ympe%C3%A4rist%C3%B6n_s%C3%A4teilyvalvonta_Suomessa_Vuosiraportti_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

STUK 2021a. STUK valvoo. Säteilyturvallisuuden valvonta. Viitattu 10.2.2021. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/stuk-valvoo-sateily-ja-ydinturvallisuutta-suomessa>

STUK 2021b. STUK valvoo. Ydinvoimalaitosten työntekijöiden säteilyaltistus. Viitattu 10.2.2021. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-ydinturvallisuusvalvonnan-tehtavat/sateilyturvallisuuden-valvonta/ydinvoimalaitosten-tyontekijoiden-sateilyaltistus>

STUK 2021c. STUK valvoo. Radioaktiivisten aineiden päästöt ilmaan. Viitattu 10.2.2021. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-ydinturvallisuusvalvonnan-tehtavat/sateilyturvallisuuden-valvonta/radioaktiivisten-aineiden-paastot-ilmaan>

STUK 2021d. STUK valvoo. Radioaktiivisten aineiden päästöt mereen. Viitattu 10.2.2021. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-ydinturvallisuusvalvonnan-tehtavat/sateilyturvallisuuden-valvonta/radioaktiivisten-aineiden-paastot-mereen>

STUK 2021e. STUK valvoo. Arviot väestölle aiheutuvasta annoksesta. Viitattu 10.2.2021. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ydinturvallisuus/stukin-ydinturvallisuusvalvonnan-tehtavat/sateilyturvallisuuden-valvonta/arviot-vaestolle-aiheutuvasta-annoksesta>

STUK 2021f. Säteilyn käyttäjälle. Radioaktiivisten aineiden kuljetus. Viitattu 19.2.2021. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/sateilyn-kayttajalle/toiminnan-valvonta/radioaktiivisten-aineiden-kuljetus>

STUK 2021g. Myynnissä olevien luonnontuotteiden radioaktiivisuus. Säteilyturvakeskus. Viitattu 4.3.2021. <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/ympariston-sateilyvalvonta/jatkuva-valvontaohjelma/elintarvikkeiden-radioaktiivisuus/myynnissa-olevien-luonnontuotteiden-radioaktiivisuus>

STUK 2021h. Mitä säteily on. Säteilyn terveysvaikutukset. Viitattu 10.3.3021. <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sateilyn-terveysvaikutukset>

STUK 2021i. Säteilyvaara. Esimerkkejä säteilyannoksista. Viitattu 26.11.2020. <https://www.stuk.fi/aiheet/sateilyvaara/esimerkkeja-sateilyannoksista>

STUK 2021j. Säteily terveydenhuollossa. Röntgentutkimusten säteilyannoksia. Viitattu 14.1.2021. <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia>

STUK 2021k. Säteilyvaara. Ydinlaitos- ja säteilytapahtumien kansainvälinen vakavuusasteikko INES. Viitattu 24.2.2021. <https://www.stuk.fi/aiheet/sateilyvaara/ydinlaitos-ja-sateilytapahtumien-kansainvalinen-vakavuusasteikko-ines>

STUK 2021l. Suomalaisen keskimääräinen säteilyannos. Viitattu 2.2.2021. <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/ihmisen-radioaktiivisuus/suomalaisen-keskimaarainen-sateilyannos>

Suolanen, V., Lautkaski, R., Rossi, J., Nyman, T., Rosqvist, T. & Sonninen, S. 2004. Käytetyn ydinpolttoaineen kuljetusris-kitarkastelun päivitys. Posiva Oy. Raportti 2004-04.

Suomen riistakeskus 2019. Taantuvien riistavesilintujen toimenpideohjelma.

Suomen ympäristökeskus 2018. Viitattu 15.3.2021. Merilintujen pesimispopulaatioiden koko. https://www.ostersjon.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Itameren_tila/Meriluonnon_tila/Merilinnut

Suomen ympäristökeskus 2020. Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2020.

Suomen ympäristökeskus 2021. Ympäristöhallinnon avoin tieto -paikkatietopalvelu.

SVT 2020. Suomen virallinen tilasto. Tieliikenteen tavarankuljetukset. Verkkojulkaisu, ISSN=1798-2995. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 14.1.2021]. <http://www.stat.fi/til/kt-tav/index.html>

SVT 2021. Suomen virallinen tilasto. Kasvihuonekaasut. Verkkojulkaisu, ISSN=1797-6049. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 5.1.2021]. Saatavilla: <https://www.stat.fi/til/khki/index.html>

SYKE 2018. Tarkka-palvelu. Viitattu 1.6.2018. Saatavilla: <https://www.i4.ymparisto.fi/i4/fin/tarkka/index.html?type=RGB&date=2021-04-21&datespan=1&name=DEFAULT&lang=fi&zoom=5.31&lat=64.23000&lon=26.00000>

SYKE 2020. Kuntien ja alueiden khk-päästöt. Viitattu 21.12.2020. Saatavilla: <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>

Talja, A. 2011. Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. Espoo. 35 s. + liitteet 9 s. Viitattu 1.2.2021. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2569.pdf>

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017. LIPASTO yksikö-päästöt -tietokanta. Päivitetty 6.7.2017.

Tilastokeskus 2019a. Kuntien avainluvut. Viitattu 28.11.2019. <https://www.stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html#?active1=SSS&year=2021>

Tilastokeskus 2019b. Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat, alueellinen yritystoimintatilasto. Viitattu 28.11.2019. <https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/>

Tilastokeskus 2021a. Tilastokeskuksen PX-Web tietokannat. Väestörakenne. Väestö iän ja sukupuolen mukaan alueittain. Viitattu 28.3.2021. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__vaerak/

Tilastokeskus 2021b. Kuntien avainluvut. Viitattu 28.3.2021. <https://www.stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html#?active1=SSS&year=2021>

TEM 2019. Kansallisen ydinjäte huollon yhteistyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia. 2019:39. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161762/TEM_39_2019_KansallisenYdinjatehuollon.pdf?sequence=1

TEM 2020a. Yhteenvedo toimialojen Vähähiilitiekartoista. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia. 2020:52. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162494>

TEM 2020b. Työ- ja elinkeinoministeriön lausunto koskien Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutusten arviointiohjelmaa. Yhteysviranomaisen lausunto. VN/16076/2020.

TEM 2020c. Ilmasto- ja energiastrategia. Viitattu 5.1.2021. <https://tem.fi/ilmasto-ja-energiastrategia>

UNSCEAR 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. "Sources and Effects of Ionizing Radiation". Report vol. II.

UNSCEAR 2013. Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2013 report, volume I, scientific annex A. "Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami". Viitattu 9.3.2021. https://www.unscear.org/docs/reports/2013/13-85418_Report_2013_Annex_A.pdf

UNSCEAR 2015. Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. Viitattu 9.3.2021. https://www.unscear.org/unscear/en/publications/Fukushima_WP2015.html

Uudenmaan ELY-keskus 2015. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2015. Raportteja 109/2015. Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2014.

Uudenmaan ELY-keskus 2020. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2020. Raportteja 20/2020. Ilmanlaatu Uudellamaalla 2019.

Uudenmaan liitto 2016. Missä maat on mainiommat. Uudenmaan kulttuuriympäristöt. Uudenmaan liiton julkaisuja E 176.

Uudenmaan liitto 2019. Aineistot: Väestö. Viitattu 17.3.2021. <https://www.uudenmaanliitto.fi/tietopalvelut/uusimaa-tietopankki/aineistot/vaesto>

Uudenmaan liitto 2020a. Uusimaa-kaava 2050. Kaavakartta, merkinnät ja määräykset sekä selvitykset.

Uudenmaan liitto 2020b. Hiilineutraali Uusimaa 2035 -tiekartta. Uudenmaan liiton julkaisuja B 61–2020.

Valtioneuvosto 2021. Marinin hallitus, hallitusohjelma. 3.1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. (Viitattu 2.2.2021) <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

VELMU-karttapalvelu 2019. VELMU-karttapalvelun aineisto. Viitattu 19.12.2019. <https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmu/>

Vieraslajiportaali. Internet-sivu. Viitattu 18.2.2021 <https://vieraslajit.fi/>

Vieraslajit.fi. Viitattu 24.3.2021. Mustatäplätokko. <https://vieraslajit.fi/lajit/MX.53000>

Visit Loviisa 2021. Svartholman merilinnointus. Viitattu 1.2.2021. <https://www.visitloviisa.fi/nae-ja-koe/svartholman-merilinnointus/>

VTT 2014. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. FiR 1 –tutkimusreaktorin käytöstäpoisto. Teknologian tutkimuskeskus VTT. Lokakuu 2014.

VTT 2021. Uutiset, lehdistötiedote 10.02.2021. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/otaniemen-purettavan-tutkimusreaktorin-polttoaine-jatkokayttoon-usassa>

Vuolio, R. 1999. Räjätystyöt. Suomen Maarakentajien Keskusliitto r.y.

Vuori, S., Lautkaski, R., Lehtilä, A., Suolanen, V. 2002. Katsaus eri energiatuotantomuotojen ympäristövaikutuksiin". VTT Tiedotteita - Research Notes 2127. VTT Prosessit, 2002.

Väylävirasto 2020. Liikennemääräkartat. Viitattu 3.2.2021. <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/kartat/liikennemaarakartat>

Ympäristöministeriö 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015. Saatavilla: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/154833/OH_1_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ÅF-Consult Oy 2018. Loviisan voimalaitos. Jäähdytys- ja jätevesien tarkkailu vuonna 2017.

ÅF-Consult Oy 2019. Loviisan voimalaitos. Jäähdytys- ja jätevesien tarkkailu vuonna 2018.



Sanasto ja lyhenteet

Sanasto ja lyhenteet	
Aktivoitumistuotteet	Radioaktiivisia aineita, joita syntyy neutronisäteilyn vaikutuksesta (esim. veden mukana reaktoriin kulkeutuvista epäpuhtauksista, reaktorin sisäosien ja painesäiliön materiaaleissa tai reaktorin läheisyydessä olevien ulkopuolisten rakenteiden materiaaleissa). Veden mukana kulkeutuvat aktivoitumistuotteet voivat kulkeutua reaktorista muihin järjestelmiin ja aiheuttaa niiden kontaminoitumisen.
Alikriittisyys	Tila, jossa ei tapahdu fissiossa vapautuvien neutronien ylläpitämää ketjureaktiota.
AVI	Aluehallintovirasto
Becquerel (Bq)	Aktiivisuuden mittayksikkö, joka tarkoittaa yhtä atomin hajoamista sekunnissa. Radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ilmaistaan becquereleina massa- tai tilavuusyksikköä kohti (Bq/kg tai Bq/l). Becquerelin kerrannaisyksiköitä ovat esimerkiksi kilobecquerel (kBq), joka on tuhat becquerelia, megabecquerel (MBq), joka on miljoona becquerelia ja terabecquerel (TBq), joka on tuhat miljardia becquerelia.
dB	Desibeli eli äänenpainetason yksikkö, jonka asteikko on logaritminen. 10 dB:n lisäys tarkoittaa melun 10-kertaistumista.
Dekontaminointi	Puhdistaminen radioaktiivisesta epäpuhtaudesta (kontaminaatio).
Dosimetri	Säteilyannosmittari
Ekvivalentti (ekv)	Vastaava, samanarvoinen
Ekstensometri	Laite, jolla voidaan mitata mm. kallion liikkeitä.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
Espoon sopimus	Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskeva yleissopimus. Espoon sopimus määrittää yleiset velvollisuudet järjestää jäsenvaltioiden viranomaisten ja kansalaisten kuuleminen kaikissa hankkeissa, joilla on todennäköisesti merkittäviä, valtioiden rajat ylittäviä ympäristövaikutuksia. https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1997/19970067
FIR 1	Espoon Otaniemessä sijaitseva VTT:n omistama TRIGA Mark II -tyyppinen tutkimusreaktori.
Fissiotuotteet	Radioaktiivisia aineita, joita syntyy fissiilien atomiydinten (esim. U-235, Pu-239) haljetessa kevyemmiksi aineiksi. Fissiotuotteet jäävät pääasiassa käytettyyn polttoaineeseen. Ne voivat kuitenkin kulkeutua polttoainevuodon seurauksena reaktorista muihin prosessijärjestelmiin ja aiheuttaa niiden kontaminoitumista.
Fissuometri	Kalliomekaaninen mittalaite, joka mittaa etäisyyden muutoksia ankkuroidintipisteiden välillä ja jonka avulla voidaan seurata esim. kallioraon liikkeitä.
Hajakuormitus	Ympäristöön tulevaa kemiallista kuormitusta, jonka alkuperää ei tarkkaan tiedetä, esimerkiksi maatalouden aiheuttama ravinnekuormitus valuma-alueella.
Hankealue	Hankealueella tarkoitetaan Hästholmenin aluetta, johon sijoittuvat voimalaitoksen nykyiset toiminnot ja niihin hankkeessa suunnitellut muutokset.
Hankkeesta vastaava	Fortum Power and Heat Oy, eli toiminnanharjoittaja, joka on vastuussa YVA-menettelyssä tarkasteltavan hankkeen toteuttamisesta.
Hidastin	Ydinreaktiossa syntyneiden neutronien hidastamiseen käytettävä aine. Hidastimen tehtävänä on ylläpitää ketjureaktiota. Kevytvesireaktoreissa hidastinaineena käytetään tavallista vettä (kevytvesi).
HP/CORD UV -dekontaminointimenetelmä	Menetelmä, jota voidaan käyttää primääripiirin laaja-alaiseen kemialliseen dekontaminointiin alentamaan laitoksen säteilytasoja ja komponenttien aktiivisuuksia. HP = Permanganaihappo, CORD = Chemical Oxidation Reduction Decontamination (kemiallinen hapetus-pelkistys dekontaminointi), UV = UV-valo.
Huoltojäte	Ydinlaitoksen huolto- ja korjaustöissä kertyvä ydinjäte. Huoltojäte koostuu mm. kontaminoituneista suoja- ja eristysmateriaaleista, vioittuneista komponenteista ja käytetyistä työkaluista. Huoltojäte on pääosin matala-aktiivista.
Huoltojätetila	VLJ-luolassa sijaitseva tila, jonne varastoidaan matala- tai keskiaktiivista jätettä. Huoltojätetiloja on Loviisan voimalaitoksen VLJ-luolassa kolme (HJT1, HJT2 ja HJT3).

IAEA	International Atomic Energy Agency (IAEA) on kansainvälinen atomienergiajärjestö.
IBA- ja FINIBA-alueet	IBA-alueet ovat kansainvälisesti tärkeitä lintualueita ja FINIBA-alueet Suomen kansallisesti tärkeitä lintualueita. Alueiden kartoitushankkeesta vastaavat Suomen ympäristökeskus ja BirdLife Suomi ry.
INES	International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) on ydinlaitosten tai säteilyyn käyttöön liittyen tapahtumien luokitteluun käytettävä asteikko, joka kuvaa radioaktiivisen materiaalin päästön ja säteilyaltistuksen vakavuutta.
Itsenäistettävät laitososat	Voimalaitoksesta itsenäistettävät laitososat ovat käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto, nestemäisten jätteiden varasto ja kiinteytyslaitos, joiden käyttöä jatketaan voimalaitosyksiköiden käytön jälkeen. Näiden lisäksi jatketaan myös VLJ-luolan käyttöä. Itsenäistämisellä tarkoitetaan tiettyjen toimintojen, kuten jäähdytyksen ja ilmastoinnin, erottamista voimalaitosyksiköiden järjestelmistä, jotta itsenäistettävät laitososat voivat toimia ilman voimalaitosyksiköitä.
Jäähdytysvesi	Jäähdytysvedeksi kutsutaan merivettä, jonka avulla turbiineilta tuleva höyry jäähdytetään lauhduttimessa takaisin vedeksi, joka jälleen pumpataan höyrystimille. Jäähdytysvesi ei joudu kosketuksiin eikä sekoitu ydinvoimalaitoksen prosessivesien, primääri- tai sekundääripiirien vesien kanssa.
Kansainvälinen kuuleminen	Espoon sopimuksen mukainen valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnin kuulemisenettä, johon eri kohdevaltiot voivat osallistua.
Keskiaktiivinen jäte	Ydinjäte, jonka aktiivisuus on niin suuri, että sitä käsiteltäessä tarvitaan tehokkaita säteilysuojausjärjestelyjä. Jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä 1 MBq/kg ja 10 GBq/kg välillä. Keskiaktiivista jätettä syntyy sekä voimalaitoksen käytön että käytöstäpoiston aikana.
Kevytvesireaktori	Reaktorityyppi, jossa reaktorisydämessä käytetään jäähdytys- ja hidastinaaineena tavallista vettä. Useimmat ydinvoimalaitosreaktorit maailmalla ovat kevytvesireaktoreita.
Kiinteytetty jäte	Sopivan sideaineen (esim. sementin ja muiden seosaineiden) kanssa sekoittamalla kiinteään muotoon saatettu nestemäinen radioaktiivinen jäte.
Kiinteytetyn jätteen tila	VLJ-luolassa sijaitseva tila, jonne varastoidaan kiinteytettyä jätettä.
Kiinteytyslaitos	Laitos, jossa nestemäinen radioaktiivinen jäte saatetaan kiinteään muotoon sekoittamalla se sopivan sideaineen kanssa. Loviisan voimalaitoksen kiinteytyslaitoksella nestemäinen jäte sekoitetaan sementin ja muiden seosaineiden kanssa.
Kilovoltti (kV)	Voltti (tunnus V) on SI-järjestelmän johdettu jännitteen yksikkö. 1 kV=1000 V.
Kollektiivinen säteilyannos	Kollektiivisella (säteily)annoksella tarkoitetaan säteilylle alttiiksi joutuneiden yksilöiden yhteenlaskettua efektiivistä säteilyannosta.
Kontaminaatio	Radioaktiivinen epäpuhtaus.
Konventionaalinen	Tavanomainen, ei radioaktiivisuuteen liittyvä.
Konventionaalinen jäte	Tavanomainen ja vaarallinen jäte, joka ei ole radioaktiivista.
Konvergenssimittaus	Kiinteiden pisteiden välisten etäisyyksien muutosten mittaus. Käytetään usein kallioluolien muodonmuutoksen mittaamiseen.
Kriittisyys	Kriittisyydellä tarkoitetaan tilaa, jossa fissiossa syntyvien, ketjureaktiota ylläpitävien neutronien tuotto ja hävikki ovat tasapainossa niin, että ketjureaktio jatkuu tasaisena.
Kriittisyysturvallisuus	Kriittisyysturvallisuus tarkoittaa ydinreaktorin kriittisyyden hallitsemiseksi ja ylikriittisyyden estämiseksi käytettäviä keinoja ja rajoituksia. Tavoitteena on tahattoman kriittisyyden tai ylikriittisyyden geometrisen järjestyksen syntymisen estäminen.
Kuivasiilo	Reaktorihallin lattiassa sijaitseva rakennelma, joka koostuu 153:sta teräsputkesta. Kuivasiilon teräsputkissa varastoidaan keskiaktiivista kuivaa jätettä, kuten esim. käytöstä poistettuja säätösauvojen välitankoja.
Kuivien jätteiden käsittelytilat	Loviisan voimalaitoksella sijaitsevat tilat, joissa käsitellään ja pakataan muita radioaktiivisia jätteitä kuin nestemäisiä radioaktiivisia jätteitä.
Käytetty ydinpolttoaine, KPA	Ydinreaktorista käytön jälkeen poistettu ydinpolttoaine. Käytetty ydinpolttoaine sisältää fissiotuotteita ja on voimakkaasti säteilevää.

Käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto	Loviisan voimalaitosalueella sijaitseva vesiallasvarasto, jossa varastoidaan reaktorista poistettua korkea-aktiivista käytettyä ydinpolttoainetta. Välivarasto koostuu kahdesta vesiallasvarastosta, KPA1 ja KPA2. Välivarastosta käytetty ydinpolttoaine kuljetetaan kapselointiin ja loppusijoitukseen Posivalle.
Käytöstäpoisto	Lopullisesti suljetun ydinlaitoksen purkaminen niin, ettei laitosalueella tarvita erityisiä toimenpiteitä puretusta ydinlaitoksesta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden vuoksi. Käytöstäpoistoon liittyy myös laitoksen purkamisessa kertyvien matala- ja keskiaktiivisten jätteiden (käytöstäpoistojätteiden) käsittely, välivarastointi ja loppusijoitus. Lisäksi käytöstäpoistossa voi syntyä tavanomaista purkujätettä.
Käytöstäpoistojäte	Voimalaitoksen tai muiden ydinlaitosten hyötykäytön jälkeen tapahtuvassa käytöstäpoistossa syntyvä radioaktiivisuutta sisältävä jäte, joka loppusijoitetaan VLJ-luolaan. Ks. purkujäte.
LAeq	Tietyn ajanjakson keskiäänitaso, jolla arvioidaan vaihtelevan melun voimakkuutta.
Litoraali	Rantavyöhyke
Loppusijoitus	Radioaktiivisten jätteiden sijoittaminen pysyväksi tarkoitettulla tavalla siten, ettei sijoituspaikkaa tarvitse valvoa eikä jätteiden radioaktiivisuus aiheuta vaaraa ihmisille ja ympäristölle.
Loppusijoituslaitos	Ydinlaitos, joka on tarkoitettu radioaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen. Esimerkiksi VLJ-luola.
Loppusijoitustila	Loppusijoituslaitoksen tila, jonne varastoidaan/loppusijoitetaan radioaktiivista jätettä. Loviisan VLJ-luolassa loppusijoitustiloja ovat esimerkiksi huoltojätetilat ja kiinteytetyn jätteen tila.
Loviisan ydinvoimalaitos / voimalaitos	Loviisan Hästholmenilla sijaitseva ydinvoimalaitos ja siihen liittyvät toiminnot.
Mansievert (manSv)	Kollektiivisen säteilyannoksen yksikkö.
Matala-aktiivinen jäte	Ydinjäte, jonka aktiivisuus on niin pieni, että sitä voidaan käsitellä ilman erityisiä säteilysuojausjärjestelyjä. Jätteen aktiivisuuspitoisuus on yleensä enintään 1 MBq/kg. Matala-aktiivista jätettä syntyy sekä voimalaitoksen käytön että käytöstäpoiston aikana.
Millisievert (mSv)	Säteilyannosyksikön sievert tuhannesosa (ks. sievert)
MW	MW eli megawatti. Watti (W) on SI-järjestelmän tehon ja säteilyvirran yksikkö. 1 MW = 1 000 000 W.
Natura 2000	Euroopan unionin suojelualueohjelma, jonka tarkoituksena on suojella luonto- ja lintudirektiivissä lueltujen lajien ja luontotyyppien ydinalueita.
Nestemäisten jätteiden varasto	Loviisan voimalaitoksella sijaitseva tila, jossa varastoidaan nestemäisiä radioaktiivisia jätteitä.
Painevesilaitos	Kevytvesireaktorityyppi, jossa reaktorissa käytetään jäähdytteenä ja hidasteena vettä. Veden paine pidetään niin korkeana, ettei se kiehu korkeasta lämpötilasta huolimatta. Reaktorin sydämen läpi kulkeutunut vesi luovuttaa lämpönsä erillisissä höyrystimissä sekundääripiirin vedelle, joka höyrystyy ja johdetaan pyörittämään turbiinia.
Pitkäaikaisturvallisuus	Radioaktiivisen jätteen loppusijoituksen turvallisuus loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeen ihmisiin ja ympäristöön kohdistuvan säteilyaltistuksen kannalta. Jätteen aktiivisuudesta riippuen tarkastelu aika on sadoista vuosista jopa satoihin tuhansiin vuosiin.
Pitkäaikaisturvallisuusperustelu	Asiakirjakokonaisuus, jolla osoitetaan ydinjätteen loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta koskevien vaatimusten täyttyminen.
Polttoaineen eheys	Tilanne, jossa polttoainesauva pysyy ehjänä eikä sen sisältä vapaudu radioaktiivista ainetta. Polttoaineauriolla tarkoitetaan tilannetta, jossa polttoainesauva menettää tiiviytensä (eheydensä).
PRA	Probabilistic Risk Assessment (PRA), todennäköisyysperusteinen riskianalyysi
Primääripiiri	Jäähdytyspiiri, jolla lämpöä poistetaan energialähteestä kuten reaktorisydäimestä.
Prosessijätevesi	Voimalaitoksen prosessissa muodostuva jätevesi.
Purkujäte	Yleiskäsite ydinlaitosten käytöstäpoiston ja purkamisen yhteydessä muodostuvalle jätteelle. Purkujäte käsittää sekä radioaktiivisuutta sisältävän käytöstäpoistojätteen että ei-radioaktiiviset konventionaaliset eli tavanomaiset jätteet.

Radioaktiivinen aine	Aine, joka hajoaa itsestään muiksi aineiksi ja lähettää samalla ionisoivaa säteilyä.
Radioaktiivinen jäte	Radioaktiivisella jätteellä tarkoitetaan radioaktiivisia aineita ja radioaktiivisten aineiden likaamia laitteita, tavaroita tai aineita, joilla ei ole käyttöä ja jotka radioaktiivisuutensa vuoksi on tehtävä vaarattomiksi.
Reaktoripainesäiliö	Sisäistä painetta kestävä säiliö, jonka sisällä reaktori sijaitsee. tekstiä
SAC	Natura 2000- ohjelmaan liittyvä erityisten suojelutoimien alue. (Special Area of Conservation).
SCI	Natura 2000- ohjelmaan liittyvä yhteisön tärkeänä pitämä alue. (Sites of community importance).
Sekundääripiiri	Jäähdytyspiiri, jolla poistetaan lämpöä primääripiiristä.
Sievert (Sv)	Säteilyannoksen yksikkö, jolla ilmaistaan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Kerrannaisyksiköitä ovat esimerkiksi millisievert (mSv), joka on sievertin tuhannesosa ja mikrosievert (µSv), joka on sievertin miljoonasosa.
SPA	Natura 2000- ohjelmaan liittyvä, lintudirektiivin mukainen erityinen suojelualue. (Special Protection Area).
STUK	Säteilyturvakeskus, joka on Suomessa turvallisuutta valvova viranomainen, tutkimuslaitos ja asiantuntijaorganisaatio.
Säätösauva Säätösauvan absorbaattori Säätösauvan välitanko	Säätösauva: Reaktorisydämessä polttoainenippujen tai -sauvojen välissä oleva liikuteltava komponentti, jolla säädetään sydämen reaktiivisuutta. Säätösauvojen säätökyky perustuu niiden neutroneja absorboivaan ominaisuuteen. Säätösauvat on yleensä ryhmitelty reaktorissa pikasulkuun käytettäviin säätösauvoihin ja reaktorin käynnin aikaiseen säätöön käytettäviin sauvoihin. Säättävät sauvat jaetaan suurissa reaktoreissa vielä useaan eri tavoin säätöön osallistuvaan ryhmään. Absorbaattori (neutroniabsorbaattori): Väliaine tai kappale, joka absorboi vapaita neutroneita. Säätösauvat ovat neutroniabsorbaattoreita ja niiden työntäminen reaktorisydämeen vähentää reaktiivisuutta. VVER-440-reaktorin säätösauva koostuu välitangolla toisiinsa kytketyistä absorbaattoriosasta ja polttoainejatkeesta, jonka päällä absorbaattori sijaitsee. Absorbaattorin tehtävänä on absorboida neutroneita ja sitä kautta vähentää reaktiivisuutta silloin, kun säätösauvan absorbaattoriosaa on työnnettynä reaktorisydämeen.
Talousjätevesi	Asuntojen, toimistojen, rakennusten ja laitosten vesikäymälöistä, keittiöistä, pesutiloista ja niitä vastaavista tiloista ja laitteista sekä elinkeinotoiminnasta peräisin oleva jätevesi.
Tavoitteellinen annosrajoite	Ydinlaitoksessa on oltava käytössä säteilyasetuksessa esitettyjä annosrajoja pienempiä annosrajoituksia.
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö. Toimii ympäristövaikutusten arviointimenettelyn yhteysviranomaisena.
Termokliini	Lämpötilan harppauskerrros, jonka alueella veden lämpötila laskee nopeasti.
Terabecquerel	Radioaktiivisuuden yksikkö, ks. Becquerel.
Transuraanit	Transuraanit eli uraania raskaammat aineet syntyvät mm. U-238:n neutronikaappauksissa. Pysyvät normaalitilanteissa polttoainesauvan suojakuoren sisällä, mutta polttoainevuotojen yhteydessä transuraaneja voi vapautua laitoksen järjestelmiin.
TWh	Terawattitunti. Energian yksikkö, jota käytetään tuotetun energiamäärän, sähkön ja lämmön ilmaisemiseen.
Vaarallinen jäte	Vaarallista jätettä on käytöstä poistettu aine tai esine, joka voi aiheuttaa erityistä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Vaarallisia jätteitä ovat esimerkiksi energiansäästölamput ja muut loisteputket. Aiempi termi: ongelmajäte.
Valvonnasta vapauttaminen	Jos valvonta-alueella syntyvän jätteen aktiivisuus ei ylitä viranomaisen asettamia aktiivisuusrajoja, voidaan jäte vapauttaa valvonnasta. Valvonnasta vapautettu jäte voidaan käsitellä tavanomaisena jätteenä.
Valvonta-alue	Valvonta-alueella tarkoitetaan työaluetta, jolla on noudatettava erityisiä turvaohjeita säteilyltä suojaamiseksi ja jonne pääsyä valvotaan. Valvonta-alueeksi on määriteltävä vähintään ne laitoksen tilat, joissa ulkoinen säteilyannosnopeus saattaa ylittää arvon 3 µSv/h tai joissa 40 tunnin viikoittaisesta oleskelusta voi ydinlaitosperäisistä radionuklideista aiheutua yli 1 mSv:n sisäinen säteilyannos vuodessa. (YVL C.2)

Vapauttamisraja	Aktiivisuuspitoisuutena ilmaistu raja-arvo, jonka tasolla tai alapuolella luvanvaraisesta toiminnasta syntyvät materiaalit voidaan vapauttaa valvonnasta.
Vapautumiseste	Tekninen tai luonnollinen rakenne tai materiaali, jolla aikaansaadaan pitkäaikaisturvallisuuden turvallisuustoimintoja eli estetään radioaktiivisten aineiden vapautumista ympäristöön.
VLJ-luola	Loviisan voimalaitoksen matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitos. Lyhenne VLJ tulee sanasta voimalaitosjäte. Voimalaitosjäte on vanhentunut termi, nykyisin käytetään termiä ydinlaitosjäte.
Voimalaitosalue	Ydinvoimalaitosyksiköiden ja samalla alueella olevien muiden ydinlaitosten käytössä oleva ja sitä ympäröivä alue, jolla liikkuminen ja oleskelu on rajoitettu poliisilain (872/2011) 9 luvun 8 §:n nojalla annetulla sisäasiainministeriön asetuksella (STUK Y/2/2018). Loviisan voimalaitosalue kattaa Hästholmenin ja Tallholmenin saaret sekä niiden läheisen merialueen, Kirmosundin pengersillan ja pääporttirakennuksen.
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
Vuotovesi	Kallioperaään rakennettuun tai louhittuun kuiluun tai tunneliin kerääntyvä pohjavesi. Loviisan voimalaitoksella vuotovesiä muodostuu VLJ-luolassa.
WANO	World Association of Nuclear Operator (WANO), maailman ydinvoimalaitosten käyttäjien liitto.
Weser	Ns. Weser-tuomiossa (C-461/13) on kyse EU-tuomioistuimen Saksan Weser-jokeen liittyvästä päätöksestä, jossa tuomioistuin linjasi vesienhoidon ympäristötavoitteiden olevan oikeudellisesti sitovia hankkeita koskevassa lupaharkinnassa. Weser-tuomion mukaan lupaa ei saa myöntää hankkeelle, jonka seurauksena pintavesimuodostuman tila voi heikentyä.
Ydinaine	Ydinenergian aikaansaamiseen soveltuvia erityisiä halkeamiskelpoisia aineita ja lähtöaineita kuten uraani, torium ja plutonium.
Ydinjäte	Yleisnimitys ydinlaitoksen käytön tai käytöstäpoiston yhteydessä tai seurauksena syntyvälle radioaktiiviselle jätteelle. Ydinjäte on matala-aktiivista tai keskiaktiivista jätettä tai korkea-aktiivista käytettyä ydinpolttoainetta.
Ydinlaitos	Ydinlaitoksella tarkoitetaan ydinenergian aikaansaamiseen käytettäviä laitoksia, tutkimusreaktorit mukaan luettuina, ydinjätteiden laajamittaista loppusijoitusta toteuttavia laitoksia sekä ydinaineen ja ydinjätteen laajamittaiseen valmistamiseen, tuottamiseen, käyttämiseen, käsittelyyn tai varastointiin käytettäviä laitoksia. Esimerkiksi Loviisan ydinvoimalaitoksen tapauksessa, kun voimalaitosyksiköt on poistettu käytöstä jäljelle jäävät itsenäistettävät laitososat muodostavat ydinlaitoksen.
Ydinlaitosjäte	Ydinlaitoksissa, esimerkiksi ydinvoimalaitoksissa, syntyvä matala- ja keskiaktiivinen jäte. Ydinlaitosjätettä syntyy muun muassa radioaktiivisten nesteiden ja kaasujen käsittelyssä sekä valvonta-alueella tehtävissä huolto- ja korjaustöissä.
Ydinpolttoaine	Ydinvoimalaitosten reaktoreissa käytettäväksi tarkoitettu uraani (tai plutonium). Ydinpolttoaine ei pala siinä mielessä, että aine yhtyisi happeen (kuten hiiltä tai puuta poltettaessa), vaan se tuottaa lämpöä, kun uraaniytimet halkeilevat ketjureaktioissa. "Palamistuotteet" ovat ketjureaktioissa syntyvien kevyempien alkuaineiden isotooppeja. Useimmat niistä ovat radioaktiivisia. Loviisan voimalaitoksen käyttämässä ydinpolttoaineessa uraani on uraanidioksidimuodossa (UO ₂).
Ydinvoimalaitos	Ydinvoimalaitoksella tarkoitetaan sähkön tai lämmön tuotantoon tarkoitettua ydinreaktorilla varustettua ydinlaitosta tai samalle laitospaikalle sijoitettujen ydinvoimalaitosyksiköiden ja niiden yhteydessä toimivien muiden ydinlaitosten muodostamaa laitoskokonaisuutta. Ydinvoimalaitos muodostuu yhdestä tai useammasta ydinvoimalaitosyksiköstä, joissa kussakin on yksi reaktori ja yksi tai kaksi turbiinia ja generaattoria.
Ydinvoimalaitosyksikkö / voimalaitosyksikkö / laitosyksikkö	Loviisan voimalaitos koostuu kahdesta ydinvoimalaitosyksiköstä, Loviisa 1 ja Loviisa 2.
Yhteysviranomainen	Tämän YVA-menettelyn yhteysviranomaisena toimii työ- ja elinkeinoministeriö (TEM).
YM	Ympäristöministeriö. Toimii Suomessa kansainvälisen kuulemisen yhteysviranomaisena.
YVA	Ympäristövaikutusten arviointi
YVL-ohjeet	Ydinturvallisuusohjeet, Säteilyturvakeskuksen julkaisemat viranomaisohjeet, joissa esitetään ydinenergian käyttöä koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset.

LIITE 1

YVA-selostuksen asiantuntijat

Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen on laatinut Ramboll Finland Oy yhdessä hankkeesta vastaavan, Fortum Power and Heat Oy:n, kanssa. Selostuksen laatimiseen ovat osallistuneet seuraavat asiantuntijat:

Asiantuntija	Tehtävät ja pätevyys
Antti Lepola Projektinjohtaja	MMM (metsätalouden suunnittelu) Lepolalla on 30 vuoden kokemus ympäristötutkimuksesta ja suunnittelusta. Ydinosaamisaluetta ovat hankkeiden ympäristövaikutusten arviointi (YVA), vesi-, ympäristö- ja kemikaalilupahakemukset sekä niihin liittyvät selvitystyöt. Lepolalla on vahva kokemus energiantuotantoon liittyvästä ympäristökonsultoinnista ja teollisuuden ympäristövaikutuksista. Lepola on osallistunut yli 70 YVA-menettelyyn ja toiminut projektipäällikkönä yli 30 YVA-menettelyssä.
Anna-Katri Räihä YVA-projektipäällikkö ja asiantuntija (alikonstutti)	MMM (ympäristöekonomia) Räihällä on yli 10 vuoden kokemus ympäristökonsultoinnista ja projektinjohdosta eri teollisuuden alojen ympäristöhankkeisiin liittyen. Hänen ydinosaamistaan ovat ympäristövaikutusten arvioinnit, YVA:n kansainvälinen kuuleminen, ympäristölainsäädäntö sekä kasvihuonekaasupäästöjen laskennat. Räihä on toiminut useiden mittavien YVA-menettelyjen projektipäällikkönä ja projektikoordinaattorina sekä toiminut useissa YVA-menettelyjen vaikutusarvioinneissa ympäristöasiantuntijana (mm. kasvihuonekaasupäästöt ja vaikutukset ilmastoon, liikennevaikutukset, luonnonvarojen käytön vaikutukset). Hänen YVA-erikoisosaamisensa kattaa myös viestinnän ja sidosryhmävuoropuhelun eri osa-alueet.
Sanna Sopanen YVA-koordinaattori, pintavedet	FT (akvaattinen ekologia) Sopasella on laaja-alainen asiantuntemus pintavesien laatuun ja vesiympäristöön liittyvistä selvityksistä 20 vuoden ajalta. Erityisosaaminen liittyy vesiekosysteemin vuorovaikutussuhteisiin ja niihin vaikuttaviin tekijöihin sekä sisävesissä että merialueilla. Sopanen on osallistunut lukuisiin ympäristövaikutusten arviointeihin (YVA), luvitus- sekä kaavoitushankkeisiin, luontoselvityksiin, Natura-arviointeihin sekä erilaisiin vesistöselvityksiin vesistövaikutusten asiantuntijana.
Mikko Happonen terveysvaikutukset	FT (ympäristöterveys), dosentti (polttoperäisten päästöjen toksikologia) Hapon toimenkuvaan kuuluvat ilmanlaatuun liittyvät asiantuntijatehtävät sekä ilmanlaatu- ja terveyspalvelujen kehitystehtävät. Tehtäviin kuuluvat myös ympäristö- ja terveystoimialaan liittyvät asiantuntijapalvelut ja niiden raportointi, liittyen ilmanlaatuun, ilmapäästöihin tai muihin ympäristö- ja terveysvaikutuksiin.
Anne Kiljunen ilmanlaatu	FM (epäorgaaninen ja analyyttinen kemia) Kiljunen toimii ympäristöasiantuntijana ja hänellä on kokemusta erilaisista ympäristöasiantuntijan tehtävistä ilmanlaatuun liittyen seitsemän vuoden ajalta. Kokemusta on erilaisista kenttätöistä, mittausten raportoinnista, ympäristölupahakemusten laadinnosta ja ympäristövaikutusten arvioinneista.
Kirsi Koivisto tärinä	DI (pohjarakennus ja maamekaniikka) Koivisto on toiminut yli 10 vuotta tärinäselvitysten ja –tutkimusten parissa. Hänellä on laaja kokemus Suomessa käytetyistä liikennetärinän vaimennukseen soveltuvista menetelmistä ja erilaisten tärinäselvitysten tekemisestä. Koiviston erikoisalaa ovat vaimennusmenetelmien suunnittelu, tutkiminen ja kehittäminen sekä tärinävaikutusten arviointi.
Heini Koutonen Kasvihuonekaasupäästöt	MMM (ympäristöekonomia) Koutonen toimii ympäristökonsulttina monipuolisissa ilmastovaikutusten arvioinnin, päästölaskentaan, elinkaariarviointeihin ja materiaalivirta-analyysiin liittyvissä hankkeissa. Hän on perehtynyt erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen ja hiilinielujen laskentaan ja on aiemmissa töissään laatinut hiilineutraaliustiekarttoja, ilmastovaikutusten arviointeja ja päästölaskentoja sekä tuotetasolla, yritystasolla, hanketasolla että alueellisella tasolla.
Timo Laitinen maisema ja maankäyttö	YTM (yhteiskuntamaantiede) Laitisella on runsaan kuuden vuoden kokemus YVA-menettelyistä ja niihin liittyvistä vaikutusten arvioinneista. Laitinen on osallistunut noin 30 YVA-menettelyyn vaikutusten arvioijana (maisema ja kulttuuriympäristö, maankäyttö ja kaavoitus) ja on toiminut koordinaattorina kymmenessä YVA-menettelyssä.
Otso Lintinen kalasto ja kalastus	MMM (kalatalous) Lintinen toimii projektipäällikkönä erilaisissa vesitutkimuksiin liittyvissä projekteissa. Lintisellä on kokemusta vastaavista tehtävistä 11 vuoden ajalta. Erikoisalana ovat kalataloudelliset tutkimukset.

Asiantuntija	Tehtävät ja pätevyys
Timo Metsänen linnusto (alikonsultti)	Ympäristösuunnittelija AMK, luontokartoittaja (eat) Metsäsellä on yli 20 vuoden kokemus erilaisista linnustoselvityksistä. Toimii hankkeessa Ramboll Finlandin alikonsulttina (Tmi Luontoselvitys Metsänen).
Juho Mäkelä jätehuolto	Ins. AMK (ympäristötekniikka) Mäkelällä on yli 5 vuoden kokemus materiaalitehokkuuteen, jätehuoltoon ja maarakentamiseen liittyvistä työtehtävistä. Hän toimii suunnittelijana materiaalien hyötykäyttöön liittyvissä hankkeissa. Lisäksi hän on toiminut riippumattomana laadunvalvojana ympäristölupavollisissa maarakennuskohteissa.
Jussi Mäkinen luonto ja linnusto	FM (ympäristöekologia) Mäkisellä on 16 vuoden työkokemus luontoarvojen ja maankäytön suunnittelun yhteensovittamisesta erilaisten kaavoitus- ja rakennushankkeiden yhteydessä. Mäkinen on erikoistunut ympäristövaikutuksiltaan merkittävien hankkeiden vaikutusarviointeihin sekä tarvittavien luonto- ja ympäristöselvitysten laatimiseen. Mäkinen on Suomen johtavia asiantuntijoita Natura 2000 -verkostoon liittyvissä kysymyksissä (arvioinnit, poikkeamismenettelyt). Muina erityisosaamisalueina hänellä on ekologisten verkostojen selvitykset, ekologinen kompensaatio, luonnonsuojelulain mukaiset poikkeamislupahakemukset sekä erilaiset lajistوسelvitykset, etenkin linnustوسelvitykset.
Ville Mäntylä purkutoiminnot	Rakennuspiirtäjä Toimii projektipääliikkönä ja haitta-aineasiantuntijana rakentamiseen liittyvissä projekteissa. Kokemusta vastaavista tehtävistä on 18 vuoden ajalta. Erikoisalana ovat purkukonsultointihankkeet sekä asbesti- ja haitta-ainekartoitukset.
Pekka Onnila pohjavedet, maa- ja kallioperä	FM (maaperägeologia) Onnilalla on monipuolinen kokemus pohjavesiriskien ja -vaikutusten arvioinnista mm. YVA-hankkeisiin, kaavoitukseen ja ympäristölupiin liittyen. Onnila vastaa lisäksi työssään useisiin eri toimintoihin ja maankäyttömuotoihin liittyvistä pohjavesitarkkailuista.
Venla Pesonen sosiaaliset vaikutukset	FM (ympäristötiede), ins. AMK (ympäristötekniikka) Pesonen toimii vuorovaikutussuunnittelijana maankäyttöyksikön vuorovaikutustiimissä. Hänellä on usean vuoden monipuolinen kokemus ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnista, sidosryhmäyhteistyön suunnittelusta ja toteutuksesta, tilaisuuksien fasilitoinnista sekä vuorovaikutteisen tiedonhankinnan, analysoinnin ja raportoinnin menetelmistä monenlaisissa hankkeissa.
Arttu Ruhanen melu	Ins. AMK (ympäristötekniikka) Ruhasella on kokemusta ympäristöselvitysten laatimisesta yli kymmenen vuoden ajalta. Hän toimii vuosittain useassa kymmenessä meluselvitysprojektissa suunnittelijana tai projektipääliikkönä. Melusioissa Ruhasen erityisosaaminen keskittyy teollisuuden, kiviainestoinnin ja tuulivoiman meluselvityksiin sekä erilaisiin melumittauksiin.
Tiina Sainio Liikenne	DI (rakennustekniikka) Sainiolla on kokemusta liikenneselvitysten laatimisesta yli viiden vuoden ajalta. Hän toimii pääsuunnittelijana erilaisissa liikenneselvitys- ja suunnitteluprojekteissa. Erityisosaamisena Sainiolla on liikenneturvallisuus sekä katujen ja erilaisten teollisuus- ja palvelukohteiden liikennesuunnittelu.
Heikki Savikko Aluetalous	DI (materiaalitekniikka, teollisuustalous) Savikolla on kokemusta vaikutusten ja vaikuttavuuden arvioinnista, taloudellisten vaikutusten mallintamisesta, materiaali- ja resurssitehokkuudesta, sekä elinkaariarviointiin liittyvistä töistä. Hän on mm. mallintanut raha-, resurssi- ja materiaalivirtoja valtakunta-, alue- sekä yritystasolla, muodostanut resurssivirtojen kytkentöjä ympäristö- ja taloustietoihin sekä ollut mukana kehittämässä resurssitehokkuuden ja -viisauden mittareita ja arviointikeinoja.

Lisäksi YVA-selostuksen laadintaan ovat osallistuneet Fortum Power and Heat Oy:n toimesta seuraavat asiantuntijat:

Asiantuntija	Tehtävät ja pätevyys
Jarkko Ahokas	DI (energiatekniikka) Ydinturvallisuus
Nici Bergroth	DI (prosessitekniikka) Ydintekniikka ja -turvallisuus
Tapani Eurajoki	DI (ydin- ja energiatekniikka) Ydinjätteet, pitkäaikaisturvallisuus, ulkopuoliset jätteet
Mika Harti	DI (energiatekniikka) Ydinturvallisuus
Juha-Pekka Jurvanen	FM (meteorologia) Valmiustoiminta, jäähdytysveden leviäminen
Matti Kaisanlahti	DI (energiatekniikka) Ulkopuoliset jätteet
Laura Kekkonen	DI (ydintekniikka) Ydinpolttoaineen hankinta, käytetty ydinpolttoaine
Pasi Kelokaski	FM (radiokemia) Voimalaitoksen käytöstäpoisto
Markku Lahti	TkT (vesitalous ja hydrologia) Hydrologia ja ympäristövaikutukset, jäähdytysvesimallinnus
Jesse Lavonen	Ins. AMK (energia- ja ympäristötekniikka) Voimalaitoksen käytöstäpoisto, ulkopuoliset jätteet
Maria Leikola	TkT (materiaalitekniikka) Voimalaitoksen käytöstäpoisto
Joni Niiranen	Ins. AMK (ympäristötekniikka) Loviisan Voimalaitoksen EHS-asiantuntija, voimalaitoksen ympäristönäkökohdat
Satu Ojala	FM (limnologia) Voimalaitoksen vesistöön liittyvät näkökohdat
Maiju Paunonen	Ins. AMK (ympäristötekniikka) Käytetty ydinpolttoaine; varastointi ja loppusijoitus
Anu Ropponen	DI (ympäristötekniikka) voimalaitoksen ympäristönäkökohdat
Tommi Ropponen	FT (fysiikka) Säteilyturvallisuus, onnettomuustilanteet
Teemu Seitomaa	DI (energiatekniikka) Voimalaitoksen käytöstäpoisto

LIITE 2

Työ- ja elinkeino- ministeriön lausunto koskien Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutusten arviointiohjelmaa

Fortum Power and Heat Oy toimitti 13.8.2020 työ- ja elinkeinoministeriölle ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain (252/2017) mukaisen arviointiohjelman (YVA-ohjelma). Arviointiohjelma koskee Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamista enintään noin 20 vuodella voimassa olevien käyttöilupien päättymisen jälkeen, minkä jälkeen ydinvoimalaitos poistettaisiin käytöstä. Vaihtoehtoisesti Loviisan ydinvoimalaitos poistettaisiin käytöstä jo voimassa olevien käyttöilupien jälkeen.

1 Ympäristövaikutusten arviointimenettely ja hanketiedot

Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-menettely) annetun lain tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja arvioinnin yhtenäistä huomioon ottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa sekä samalla lisätä kaikkien tiedon saantia ja osallistumismahdollisuuksia.

Arviointiohjelma on hankkeesta vastaavan tahon suunnitelma tarvittavista selvityksistä ja arviointimenettelyn järjestämisestä ympäristövaikutusten arvioimiseksi. Arviointiohjelma sisältää tiedot hankkeesta, sen vaihtoehdoista sekä kuvauksen ympäristön nykytilasta. Ohjelman sisällöstä ja siinä esitettävistä tiedoista säädetään YVA-menettelystä annetun valtioneuvoston asetus sen (277/2017, YVA-asetus) 3 §:ssä.

YVA-menettelyn seuraavassa vaiheessa hankkeesta vastaava laatii ympäristövaikutusten arviointiselostuksen, joka tehdään arviointiohjelman ja yhteysviranomaisen siitä antaman lausunnon pohjalta. Yhteysviranomainen antaa selostuksen tiedoksi julkisella kuulutuksella, tiedottaa selostuksesta ainakin yhdessä hankkeen vaikutusalueella yleisesti leviävässä sanomalehdessä, pyytää selostuksesta lausuntoja ja varaa mahdollisuuden mielipiteiden esittämiseen. Tarkistettuaan arviointiselostuksen riittävyyden ja laadun yhteysviranomainen laatii perustellun päätelmän hankkeen merkittävistä ympäristövaikutuksista ja antaa sen tiedoksi julkisella kuulutuksella. Ympäristövaikutusten arviointiselostus ja perusteltu päätelmä on liitettävä mahdollisiin hanketta koskeviin ydinenergialain (990/1987) mukaisiin lupahakemuksiin.

YVA-lain 10 §:n mukaan ydinenergialaissa tarkoitettuja ydinlaitoksia koskevissa hankkeissa yhteysviranomaisena toimii työ- ja elinkeinoministeriö.

1.1 HANKKEESTA VASTAAVA

Hankkeesta vastaava on Fortum Power and Heat Oy (Fortum). Fortum Power and Heat Oy:n konsulttina ympäristövaikutusten arvioinnissa on toiminut Ramboll Finland Oy.

1.2 HANKE JA SEN VAIHTOEHDOT

Arviointiohjelma koskee Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkamista ja vaihtoehtoisesti käytöstäpoistoa. Loviisa 1- ja Loviisa 2 -ydinvoimalaitosyksiköiden ja niiden ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisten rakennusten ja varastojen voimassa olevat käyttöluvut päättyvät vuosina 2027 ja 2030. Ohjelma käsittelee myös matala- ja keskiaktiivisen ydinjätteen loppusijoituslaitoksen (VLJ-luolan) käyttöä. VLJ-luolan voimassa oleva käyttölupa päättyy vuonna 2055. Ohjelmassa tarkastellaan kolmea eri vaihtoehtoa jatkotoiminnalle.

Vaihtoehdon 1 (VE1) mukaan yhtiö jatkaisi Loviisa 1 ja 2 -ydinlaitosyksiköiden käyttöä enintään noin 20 vuodella voimassa olevien käyttöilupien jälkeen. Myös Loviisa 1 ja 2 -ydinvoimalaitosyksikköjen ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisten rakennusten ja varastojen käyttö jatkuisi tarvittavine laajennuksineen. Ydinvoimalaitoksella olisi mahdollista käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa myös pieniä määriä muualla Suomessa syntynyttä radioaktiivista jätettä.

Vaihtoehdon 0 (VE0) mukaan ydinvoimalaitos poistettaisiin käytöstä voimassa olevien käyttöilupien päätyttyä. Laitosyksiköiden ydinjätehuollon kannalta tarpeellisten rakennusten ja varastojen käyttö jatkuisi, kunnes ne kävisivät tarpeettomiksi ja ne poistettaisiin käytöstä.

Vaihtoehto 0+ (VE0+) on muutoin sama kuin vaihtoehto 0, mutta lisäksi ydinvoimalaitoksella olisi mahdollista käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa myös pieniä määriä muualla Suomessa syntynyttä radioaktiivista jätettä.

1.3 HANKKEEN LIITTYMINEN MUIHIN HANKKEISIIN

Arviointiohjelman mukaan hanke ei suoraan liity muihin Lo-viisan ydinvoimalaitoksella tällä hetkellä käynnissä oleviin tai suunniteltuihin hankkeisiin.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytetty polttoaine on määrä sijoittaa Posiva Oy:n käytetyn polttoaineen loppusijoitus-laitokseen Olkiluotoon. Hankkeella on näin ollen vaikutusta Posiva Oy:n käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitokseen ja sinne sijoitettavan käytetyn ydinpolttoaineen määrään.

Arviointimenettelyssä tarkastellaan vaihtoehtoja, joihin sisältyy mahdollisuus käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa myös muualla Suomessa syntyneitä pieniä määriä radioaktiivista jätettä. Hanke liittyy siis myös muualla Suomessa käynnissä oleviin, tyypillisesti teollisuuden, terveydenhuollon ja tutkimuslaitoksien hankkeisiin, joista syntyy em. matala- ja keskiaktiivisia jätteitä.

Hanke liittyy myös Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n FIR 1 -tutkimusreaktorin sekä Otakaari 3:ssa (OK3) sijaitsevan radioaktiivisten rakennemateriaalien tutkimuslaboratorion käytöstäpoistohankkeisiin. Arviointimenettelyssä on huomioitu käytöstäpoistohankkeissa syntyvien matala- ja keskiaktiivisten purkujätteiden mahdollinen välivarastointi Loviisan ydinvoimalaitoksella ja loppusijoitus VLJ-luolaan. Lisäksi menettelyssä on varauduttu FIR 1-tutkimusreaktorin käytetyn ja käyttämättömän ydinpolttoaineen väliaikaiseen varastointiin Loviisan ydinvoimalaitoksella. Välivarastointi jatkuisi, kunnes VTT etenee ydinpolttoaineen jatkovalmistelussa.

Hanke saattaa liittyä erilaisiin luonnonvarojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin ja ohjelmiin, kuten kansallisiin tavoiteohjelmiin ja kansainvälisiin sitoumuksiin.

Ohjelmassa todetaan, että tulevaisuudessa hankkeella saattaa olla vaikutusta nykyisten voimajohtojen jatkokäyttöön sekä laitoksen tuottaman lämpöenergian (hukkalämmön) mahdolliseen hyödyntämiseen, mutta näiden tarkastelu on jätetty nykyisen arviointimenettelyn ulkopuolelle.

2 Lupamenettelyt

Ydinlaitoksen käyttäminen ja käytöstä poistaminen edellyttävät ydinenergiain mukaista lupaa. Luvat myöntää valtioneuvosto. Hanke saattaa edellyttää myös muita, ydinenergiain 21 §:n, mukaisia lupia, jotka myöntää Säteilyturvakeskus.

Loviisan ydinvoimalaitoksen laitosyksiköiden voimassa olevat käyttöluvut päättyvät vuosina 2027 (Loviisa 1) ja 2030 (Loviisa 2). Laitosyksiköihin kuuluvien ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisten rakennusten ja varastojen sekä niiden laajennusten voimassa olevat käyttöluvut päättyvät vuonna 2030. Voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen (VLJ-luola) voimassa oleva käyttölupa päättyy 2055.

Mikäli hankkeesta vastaava haluaa jatkaa ydinvoimalaitos-yksiköiden käyttöä, on laitosyksiköille haettava uudet käyttö-

luvut. Muussa tapauksessa on haettava lupaa ydinlaitoksen käytöstä poistamiseksi. Mikäli hankkeesta vastaava haluaa käyttää VLJ-luolaa voimassa olevaa lupaa pidemmän ajan, myös tämä edellyttää uuden käyttöluvan hakemista. Johtuen VLJ-luolan ydinvoimalaitosyksiköitä pidemmästä käyttöajasta, on VLJ-luolan lupa käytännöllistä eriyttää erilliseksi lupapäätökseksi.

Muita arviointiohjelmassa käsiteltyjä mahdollisia lupia ovat maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaiset luvat, ympäristönsuojelulain (527/2014) mukainen ympäristölupa, vesilain (587/2011) mukainen vesitalouslupa sekä kemikaalilain (390/2005) mukaiset luvat. Edellä mainittuihin lakeihin liittyy myös erilaisia ilmoitusvelvollisuuksia.

Alueen voimassa oleva asemakaava mahdollistaa arviointiohjelmassa esitettyjen vaihtoehtojen toteuttamisen.

2.1 YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Fortum Power and Heat Oy toimitti arviointiohjelman työ- ja elinkeinoministeriölle 13.8.2020. Arviointiohjelman toimittaminen käynnisti YVA-menettelyn.

Fortum Power and Heat Oy laatii ympäristövaikutusten arviointiselostuksen arviointiohjelman ja yhteysviranomaisen siitä antaman lausunnon perusteella. Yhtiö on arvioinut jättävänsä selostuksen yhteysviranomaiselle vuoden 2021 syksyllä.

Hankkeeseen sovelletaan myös valtioiden välistä arviointimenettelyä mahdollisista rajat ylittävistä ympäristövaikutuksista. Menettelyssä varataan ns. Espoon sopimuksen (67/1997) piiriin kuuluville valtioille ja niiden kansalaisille mahdollisuus osallistua ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Kansainvälisen kuulemisen järjestelyistä vastaa ympäristöministeriö.

2.2 KÄYTTÖLUVAT

Ydinvoimalaitosyksiköiden ja niiden käytön kannalta tarvittavien ydinpolttoainehuollon ja ydinjätehuollon kannalta tarpeellisten rakennusten ja varastojen käyttö sekä VLJ-luolan käyttö vaativat valtioneuvoston myöntämät käyttöluvut, joista säädetään ydinenergiain 20 §:ssä.

Lupa ydinlaitoksen käyttämiseen edellyttää ydinenergiain turvallisuutta koskevien vaatimusten, työntekijöiden ja väestön turvallisuuden sekä ympäristönsuojelun asianmukaista huomioimista. Hakijalla tulee olla käytössään riittävät ja asianmukaiset menetelmät ydinjätehuollon järjestämiseksi sekä käytössään tarpeellinen asiantuntemus. Hakijalla har- kitaan olevan taloudelliset ja muut tarpeelliset edellytykset harjoittaa toimintaa turvallisesti ja Suomen sopimusvelvoitteiden mukaisesti. Lisäksi ydinlaitos ja sen käyttämisen täytyy täyttää muun muassa yhteiskunnan kokonaisetua koskeva periaate.

2.3 KÄYTÖSTÄPOISTOLUPA

Lopetettuaan ydinlaitoksen käytön ydinenergiain 20 §:n mukaisen käyttöluvan haltijalla on velvollisuus käynnistää toimenpiteet ydinlaitoksen käytöstä poistamiseksi. Käytöstä poistaminen tapahtuu ydinenergiain 7 g §:ssä tarkoitetun suunnitelman ja vaatimusten mukaisesti. Luvanhaltijan on lisäksi haettava lupa ydinlaitoksen käytöstä poistamiselle. Lupa on haettava riittävän ajoissa siten, että viranomaisten käytettävissä on riittävästi aikaa hakemuksen arviointiin ennen ydinlaitoksen käyttöluvan päättymistä. Arviointiohjelmassa on esitetty kaksi vaihtoehtoista ajankohtaa käytöstäpoistamiselle. Vaihtoehdossa 1 käytöstäpoisto tapahtuisi vuosina 2050–2060.

Vaihtoehdoissa 0 ja 0+ käytöstäpoisto tapahtuisi jo vuosina 2030–2040.

Lupa ydinlaitoksen käytöstä poistamiselle edellyttää muun muassa, että ydinenergiain mukaiset turvallisuutta koskevat vaatimukset, työntekijöiden ja väestön turvallisuus sekä ympäristönsuojelu on otettu asianmukaisesti huomioon.

3 Arviointiohjelmasta tiedottaminen ja kuuleminen

Työ- ja elinkeinoministeriö tiedotti arviointiohjelmasta YVA-lain ja -asetuksen mukaisesti hankkeen vaikutusalueilla ja järjesti asiasta kuulemisen. Kuulemisesta ilmoitettiin 27.8.2020 alkaen ministeriön ja vaikutusalueen kuntien verkkosivuilla sekä seuraavissa lehdissä: Helsingin Sanomat, Hufvuds-tadsbladet, Kymen Sanomat, Loviisan Sanomat, Uusimaa, Itäväylä, Östnyland ja Nya Östis. YVA-ohjelma oli nähtävillä 27.8.-26.10.2020 työ- ja elinkeinoministeriön verkkosivuilla.

Ministeriö järjesti yhdessä hankkeesta vastaavan kanssa yleisötilaisuuden Loviisassa 3.9.2020. Yleisötilaisuuteen osallistui paikan päällä kuusi henkilöä ja verkon välityksellä noin 50 henkilöä.

Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi arviointiohjelmasta lausunnot seuraavilta tahoilta: ympäristöministeriö, sisäministeriö, ulkoministeriö, puolustusministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö, valtiovarainministeriö, Säteilyturvakeskus, Etelä-Suomen aluehallintovirasto, Uudenmaan ELY-keskus, Uudenmaan liitto, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes, Suomen ympäristökeskus, Itä-Uudenmaan pelastuslaitos, Itä-Uudenmaan poliisilaitos, Loviisan kaupunki, Myrskylän kunta, Pyhtään kunta, Porvoon kaupunki, Lapinjärven kunta, Kouvolan kaupunki, AKAVA ry, Elinkeinoelämän keskusliitto EK, Energiateollisuus ry ET, Geologian tutkimuskeskus, Greenpeace, Fennovoima Oy, Fingrid Oyj, Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry, Museovirasto, Natur och Miljö rf, Posiva Oy, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy,

Teollisuuden Voima Oyj, Toimihenkilökeskusjärjestö STTK ry, Suomen luonnonsuojeluliitto ry, Suomen yrittäjät ry, Suomen Ammattiliittojen Keskusliitto SAK ry ja WWF.

Näiden lisäksi myös muilla tahoilla ja kansalaisilla on ollut mahdollisuus esittää mielipiteensä hankkeesta. YVA-ohjelmasta pyydettyjä lausuntoja ja esitettyjä mielipiteitä käsitellään yhteenvetona kohdassa 4.

Työ- ja elinkeinoministeriö pyysi 25.8.2020 lähettämässään toimenpidepyynnössä ympäristöministeriötä järjestämään Espoon sopimuksen mukaisen kansainvälisen kuulemisen Loviisan ydinvoimalaitoksen YVA-menettelyyn liittyen sekä välittämään saadun palautteen YVA-yhteysviranomaiselle (TEM) otettavaksi huomioon lausunnossaan YVA-ohjelmasta.

Ympäristöministeriö lähetti hankkeen sopimuksen mukaisen ilmoituksen toimitettujen lisäaineistojen kanssa 27.8.2020 Ruotsille, Virolle, Latvialle, Liettualle, Puolalle, Saksalle, Tanskalle, Norjalle ja Venäjälle. Hankkeen YVA-menettelystä tiedotettiin lisäksi kaikkia muita Espoon sopimuksen osapuo- lia. Itävalta ja Hollanti vastasivat haluavansa saada Espoon sopimuksen mukaisen ilmoituksen, joka on niille toimitettu.

Kuulutus, YVA-ohjelma sekä lausuntoaikana saadut lausunnot ja mielipiteet ovat työ- ja elinkeinoministeriön verkkosivuilla osoitteessa <https://tem.fi/loviisa-1-ja-2-yva-ohjelma>.

4 Yhteenvedo lausunnoista ja mielipiteistä

Ministeriöön toimitettiin yhteensä 39 kappaletta kansallisen kuulemisen lausuntoja ja mielipiteitä. Museovirasto ilmoitti toimittaneensa lausuntopyynnön edelleen Itä-Uudenmaan alueelliselle vastuumuseolle (Porvoon museo). Seuraavat organisaatiot eivät vastanneet lausuntopyyntöön: puolustusministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö, Suomen ympäristökeskus, Myrskylän kunta, Kouvolan kaupunki, AKAVA ry, Elinkeinoelämän keskusliitto, Energiateollisuus ry, Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto MTK ry, Suomen yrittäjät ry, WWF.

Lausunnoissa arviointiohjelmaa pidetään pääosin kattavana. Lausunnonantajat esittävät kuitenkin joitakin yksittäisiä kommentteja, jotka tulisi huomioida ja arvioida YVA-menettelyssä. Kommentteja tuli erityisesti ydinvoimalaitoksen vesistövaikutuksiin sekä onnettomuusmallinnukseen liittyen.

Lausunnoissa otettiin kantaa myös ohjelmassa esitettyihin hankevaihtoehtoihin. Useat lausunnonantajat kertoivat puoltavansa ydinvoimalaitoksen käytön jatkamista perustuen muun muassa ilmastotavoitteisiin ja taloudellisiin tekijöihin. Käytöstäpoiston kannattamista perusteltiin yleisesti ydinenergian käytöstä luopumisella tai perustuen siihen, että Loviisan laitokset ovat jo iäkkäitä. Toisaalta myös moderni- soinnit tulivat esiin lausunnoissa.

Espoon sopimuksen mukaisessa kansainvälisessä kuulemisessa Ruotsi, Viro, Venäjä, Norja, Tanska, Liettua, Saksa ja Itävalta ovat ilmoittaneet osallistuvansa hankkeen YVA-menettelyyn. Latvia ja Puola eivät katso olevansa kohdeosa-puolia eivätkä osallistu YVA-menettelyyn. Maat haluavat kuitenkin saada arviointiselostuksen tiedoksi. EU-kansalais-ten ja -järjestöjen lausuntoja vastaanotettiin yhteensä 20 kappaletta. Kansainvälisessä kuulemisessa korostui vakavan ydinonnettomuuden riskit ja sen seuraukset. Bulgaria, Kanada, Kreikka, Romania ja Unkari vastasivat hankkeen YVA-menettelyn vireilläolosta lähetettyyn tietoon. Maat eivät katso olevansa kohdeosapuolia eikä Espoon sopi-muksen menettelyä näin ollen ole tarpeen jatkaa. Romania ja Unkari pyytävät saada arviointiselostuksen tiedoksi. Lausunnot ja mielipiteet ovat saatavilla työ- ja elinkeinomi-nisteriön verkkosivuilla.

4.1 PYYDETYT VIRANOMAISLAUSUNNOT

4.1.1 Maa- ja metsätalousministeriö

Maa- ja metsätalousministeriö toteaa, että ilmastonmuu-toksen vaikutukset olisi tullut ottaa huomioon jo arviointioh-jelmassa. Ilmastonmuutoksen huomioiminen on merkityk-sellistä erityisesti silloin, mikäli toiminta Loviisassa päättyy. Ministeriö muistuttaa, että ilmastomuutoksen riskien huomi-oimista tulee kehittää ja edistää jatkuvasti hankkeissa, joihin toiminnan luonteen sekä pitkän toiminta-ajan vuoksi liittyy erityisiä ilmastoriskejä. Ministeriö toteaa, että ohjelmassa oli käsitelty tulvia ainoastaan ilmastonmuutoksen tuomana riskinä. Loviisa on kuitenkin jo nyt merkittävä tulvariskialue, mikä tulisi ottaa ohjelmassa huomioon. Lisäksi ohjelmassa tulisi ministeriön mukaan tarkastella kaloille, kalataloudelle ja merinisäkkäille aiheutuvia mahdollisia haittavaikutuksia varovaisuusperiaa-tetta noudattaen. Esimerkiksi toimenpiteitä kalakannoille tärkeillä kutu- ja esiintymisalueilla tulee pyrkiä välttämään.

4.1.2 Geologian tutkimuskeskus

Geologian tutkimuskeskus (GTK) toteaa, että ympäristölu-pien ehdoissa mereen palautuvan jäähdytysveden lämpö-tilalle on asetettu yläraja, jota ei saa ylittää. GTK:n mukaan arviointimenettelyssä tulee selvittää, miten 20 vuoden käy-tön jatkoaika yhdistettynä ilmastonmuutoksen aiheuttamaan meriveden lämpenemiseen vaikuttaa lupaehtojen rajoissa pysymiseen. Asialla saattaa olla vaikutuksia voimalaitoksen tuotantoon sekä ohjelmassa viitattuihin mahdollisiin jäähdy-tysvesijärjestelmän muutostarpeisiin. Käytöstäpoistojätteiden loppusijoittaminen edellyttää VLJ-luolan merkittävää laajentamista. Laitosyksiköiden

käytön jatkamisesta aiheutuvaa louhinnan laajuutta ei esitetä YVA-ohjelmassa riittävän selvästi.

GTK huomauttaa, että arvioinnin yhteydessä on syytä tar-kastella Hästholmenin kalliomallin päivitystarvetta erityisesti vettä johtavien rakenteiden kannalta. VLJ-luolan kohtalaisen suuri laajennustarve tulee luultavasti lisäämään vesivuotoja ja sitä kautta mereen pumpattavan veden määrää. Jotta kas-vavan pumppauksen määrää ja vaikutuksia voidaan arvioida luotettavasti, laajennuksen suunnittelun (mm. asemointi ja mahdollinen injektointisuunnittelu) tulee perustua ajanta-saiseen rakennegeologiseen ja hydrogeologiseen tietoon. GTK:n näkemyksen mukaan on tärkeää tarkastella, miten esitetyt vaihtoehdot vaikuttavat ympäristövaikutusten seurantaohjelmien päivitystarpeeseen. GTK nostaa esille erityisesti kalliopohjavesiolosuhteiden muuttumisen VLJ-luo-lan laajentamisen johdosta. Lisäksi vuoteen 2060 tai 2080 mennessä perustilan muutoksia saattaa aiheutua ilmaston lämpenemisestä, sademäärän muutoksista ja lyhenevästä talvikaudesta. Nämä vaativat mahdollisesti lisääntyvää seurantaa sekä ympäristön että itsenäistettävien laitososien toiminnan kannalta.

4.1.3 Itä-Uudenmaan pelastuslaitos

Itä-Uudenmaan pelastuslaitos toteaa laativansa ydinlaitok-selle ulkoisen pelastussuunnitelman yhdessä toiminnanhar-joittajan kanssa. Käytöstäpoiston tapauksessa pelastuslaitos ylläpitää pelastussuunnitelmaa ja järjestää lakisääteisiä valmiusharjoituksia, kunnes kohde ei enää aiheuta pelastus-lain (379/2011) 48 §:n perusteella erityistä vaaraa. Pelastuslaitos toteaa, että hankevaihtoehdoissa toimin-nanharjoittajan tulee noudattaa Säteilyturvakeskuksen ja Turvallisuus- ja kemikaaliviraston asettamia lupaehtoja ja vaatimuksia valmiusjärjestelyjen osalta. Pelastuslaitos antaa pyydettyäessä vastuuviranomaisille lausuntoja pelastustoi-men ohjausvelvoitteen mukaisissa asioissa. Käytöstäpoistolupaa hakiessa luvanhakijan on toimitettava Säteilyturvakeskukselle suunnitelma turva- ja valmiusjär-jestelyistä. Pelastusviranomainen antaa tarvittaessa edellä mainittuihin suunnitelmiin lausuntoja koskien pelastustoimin-nan toimintaedellytysten toteutumista.

4.1.4 Itä-Uudenmaan poliisilaitos

Itä-Uudenmaan poliisilaitos kertoo merkitsevänsä hankkeen tiedoksi ja huomioivansa sen vaikutukset poliisitoimintaan lainsäädännön mukaisesti. Lausunnossaan poliisilaitos kertoo omasta vastuualueestaan, johon lukeutuu muun muassa eri-laisten valmius- ja turvajärjestelyjen säännöllinen suunnittelu ja tarkastelu sekä harjoittelu yhteistyössä muiden turvalli-suusviranomaisten kanssa. Poliisilaitos korostaa säännöllisen ja käytännönläheisen yhteistyön merkitystä erilaisten uhkien

ja vaaratilanteiden estämiseksi eri viranomaisten, toiminnan-harjoittajan ja voimalaitoksen henkilökunnan välillä.

Uhkakuvien osalta poliisilaitos nostaa esille esimerkiksi Kansallisen terrorismintorjunnan strategian 2018– 2021, jossa käsitellään terrorististen toimien mahdollista pyrki-mystä hyödyntää ydinaseita tai muita radioaktiivisia aineita. Lisäksi poliisilaitos muistuttaa, että suuronnettomuuksiin varautuminen edellyttää koulutusta, harjoittelua ja etukäteis-suunnitelmia.

4.1.5 Porvoon museo

Porvoon museo katsoo, että ohjelmassa kuvatut selvitykset ovat riittäviä arvioitaessa vaihtoehtojen vaikutuksia alueen kulttuuriympäristöön ja maisemaan. Museo nostaa esille muun muassa tarkastelualueella sijaitsevat valtakunnallisesti merkittävän Svartholman linnoituksen kulttuuriympäristön ja muinaisjäännösalueen sekä maakunnallisesti merkittävät Gäd-dbergsön länsi- ja eteläosat sekä niiden välisen vesialueen.

4.1.6 Säteilyturvakeskus

Säteilyturvakeskuksen (STUK) mukaan arviointiohjelma täyttää YVA-lain 16 §:ssä säädetyt YVA-ohjelman kriteerit säteily- ja ydinturvallisuuden osalta. STUK tulee arvioimaan turvallisuuteen liittyvien vaatimusten täyttymisen yksi-tyiskohtaisesti käyttö- tai käytöstäpoistolupahakemuksen käsittelyn yhteydessä. Ennakoiden tulevaa lupaprosessia STUK odottaa hankkeesta vastaavan täydentävän joitakin osa-alueita arviointiselostuksessa ja arviointiohjelman mu-kaisissa tutkimuksissa.

STUK:n mukaan selostuksessa tulisi käsitellä BAT-peri-aatteen soveltamista päästöjen pienentämiseen. Tiedossa tai suunnitteilla olevia uusia ratkaisuja ja menettelyjä tulisi käsitellä ainakin vaihtoehdon 1 kohdalla.

STUK toteaa, ettei arviointiohjelmasta selviä, mitä aineita merenpohjan sedimenttien haitta-aineselvitys käsittää. STUK edellyttää, että mahdollisella ruoppausalueella olevien sedimenttien keinotekoisten radioaktiivisten aineiden määrät selvitetään, ja arvioidaan mahdollisen vapautumisen vaikutus ympäristöön ruoppaustöiden yhteydessä. STUK:n mukaan myös virtauskenttien muutosten vaikutukset radioaktiivisten aineiden kulkeutumiseen purkuaukolta tulisi selvittää uuden pengerrakenteen huomioivassa jäähdytysvesimallinnuksessa ja sen pohjalta tehtävissä asiantuntija-arvioissa.

Vaihtoehdossa 1 käytettyä ydinpolttoainetta syntyy enemmän kuin Posivan loppusijoitushankkeen lupaproses-sissa ja päätöksissä on huomioitu aikaisemmin. Arviointise-lostuksessa olisi hyvä arvioida, onko vaihtoehdon 1 eli jatko-käytön yhteydessä syntyvällä käytetyllä ydinpolttoaineella vaikutuksia Posivalle myönnettyihin periaatepäätöksiin ja rakentamislupaan.

YVA-selostuksessa tulisi myös ilmoittaa muualta Suomesta Loviisan voimalaitokselle tulevan jätteen arvioitu aktiivisuu-den määrä, nuklidikoostumus ja radioaktiivisten aineiden fysikaalinen/kemiallinen olomuoto.

Lisäksi STUK tuo esille, että kappaleessa 3.1 viitataan vesi-päästöjen osalta viranomaisen asettamiin aktiivisuusrajoihin. Viranomainen, eli STUK, ei kuitenkaan ole asettanut rajoja, vaan vahvistanut luvanhaltijan esittämät rajat ydinenergia-lain 7 c §:n mukaisesti.

4.1.7 Uudenmaan ELY-keskus

Uudenmaan ELY-keskus toteaa, että arviointiohjelma vaikut-taa asianmukaisesti laaditulta ja hankkeen sekä ympäristön nykytilan kuvaukset kattavilta. ELY-keskus esittää täyden-nyksiä muun muassa seuraaviin kohtiin.

ELY-keskuksen mukaan vaikutusten arvioimiseksi tehtävät selvitykset tulee kuvata riittävällä tarkkuudella, mikä ei toteutunut pintavesiin kohdistuvien vaikutusten kohdalla. Sedimenttien haitta-aineselvitys, vesirakennus-töiden vaikutukset virtausolosuhteisiin sekä arvioinnissa käytetyt menetelmät muun muassa vedenalaisen melun arvioimiseksi olisi tullut kuvata yksityiskohtaisemmin. Myös jäähdytysvesimallinnuksen kuvausta tulee tarkentaa esimerkiksi lähtöoletuksien ja herkkyysanalyysin osalta. Eri vaihtoehtojen vaikutukset Lappominjärven vedenlaa-tuun ja ekologiseen tilaan tulee arvioida.

ELY-keskus huomauttaa, että arviointiselostuksessa tulee esittää viimeisimpiin tutkimuksiin pohjautuva malli maaperä-, kallioperä- ja pohjavesiolosuhteista sekä arvio kalliotiloihin kertyvistä vuotovesistä. Tiedot käytetyistä tutkimuksista tulee tarkentaa selostukseen. Tiedot lähis-töllä olevista kaivoista, mukaan lukien lämpökaivot, tulee päivittää säännöllisesti.

Lausunnossa nostetaan esille voimalaitoksen käytön jatkamisen ja siihen liittyvän vesirakentamisen negatiiviset vaikutukset kalataloudelle. Ohjelmassa tulisi tarkastella lauhdevesien vaikutuksia vieraslajeihin ja olemassa olevaan lajistoon esitettyä laajemmin.

ELY-keskuksen mukaan hankkeen ilmastovaikutukset on tärkeä kuvata arviointiselostuksessa omana kohtanaan ra-kentamisen ja käytöstäpoiston vaikutukset sekä pitkäaikais-vaikutukset eritellen. Ilmastovaikutusten arvioinnin kohdalla tulisi tarkentaa, sisältyykö ydinpolttoaineen tuotantoket-jun ja käytetyn polttoaineen loppukäsittelyn vaikutukset tarkasteluun. Hankevaihtoehtojen suoria ilmastovaikutuksia olisi hyvä suhteuttaa kansallisten ilmastotavoitteiden lisäksi myös alueellisiin tavoitteisiin. Selostuksessa tulisi esittää käytön jatkamisen vaikutukset kotimaisen sähköntuotannon rakenteeseen ja päästöihin. Myös ilmastonmuutoksen ai-heuttamat riskit ydinvoimalaitoksen toiminnalle tulisi kuvata selostuksessa.

ELY-keskus pyytää tarkennuksia hankkeen edellyttämiin ympäristö- ja vesilupiin. Esimerkiksi vedenoton lopettamisen tapauksessa vedenottoa varten tehtyjen rakenteiden poistaminen edellyttää vesilain mukaista lupaa, mitä ei mainittu ohjelmassa.

Lausunnossa todetaan, että myös liikennevaikutuksia sekä melu- ja värinävaikutusten arviointia tulee tarkentaa. ELY-keskus esittää erinäisiä huomioita liittyen muun muassa osallistumisen pandemiajärjestelyihin, vaikutusalueeseen ja altistuviin asukkaisiin, Uudenmaan vaihemaakuntakaavan voimaantuloon, VLJ-luolan laajentamisesta syntyvän louheen hyödyntämiseen ja pilaantuneen maaperän kohteisiin. Lisäksi arviointiselostukseen tulisi selventää, minkä toteutustavan perusteella ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin lisäämisen ympäristövaikutuksia arvioidaan.

4.1.8 Uudenmaan liitto

Uudenmaan liitto katsoo, että arviointiohjelma antaa riittävät edellytykset arviointiselostuksen laatimiselle. Liitto toteaa, että ohjelmassa esitetyt hankevaihtoehdot ovat voimassa olevien maakuntakaavojen sekä maakuntavaltuuston 25.8.2020 hyväksymän Itä-Uudenmaan vaihemaakuntakaavan 2050 mukaisia. Hankealueella on voimassa myös rantaosayleiskaava ja Hästholmenin ydinvoimalaitosalueen asemakaavan muutos ja laajennus. Maakuntakaava ei ole voimassa oikeusvaikutteisen yleis- tai asemakaavan alueella, mutta se on ohjeena laadittaessa ja muutettaessa niitä.

4.1.9 Lapinjärven kunta

Lapinjärven kunta katsoo, että turvallisuus- ja varautumisnäkökulmia on tärkeää huomioida riittävästi hankkeen koko vaikutusalueen osalta kuntarajoista riippumatta.

4.1.10 Loviisan kaupunki

Loviisan kaupunginhallitus puoltaa ydinvoimalaitoksen käytön jatkamista, sillä se ei näe ydinvoimalan turvallisuudessa tai tuotantokyvyyssä ongelmia. Kaupunki katsoo, että ydinvoima on korvaamaton tapa tuottaa hiilidioksidipäästötöntä ja kotimaista sähköä kasvavaan tarpeeseen.

Kaupunki toteaa, että infrastruktuuri vaatii ja on vaatinut huomattavia investointeja mm. sähkönsiirron turvallisuuden takaamiseksi. Jos käyttöä ei jatketa ja uutta ydinvoimaa rakennetaan muualle, investoinnit menevät hukkaan. Kaupunki viittaa laitoksen merkittäviin paikallisiin talousvaikutuksiin, kuten työllistämiseen.

Loviisan kaupungin mukaan Hästholmen soveltuu hyvin ydinvoimalatoimintaan, eikä kaupungilla ole suunnitelmia tai tarpeita muuttaa alueen suunnittelua siten, että toiminta

kyseenalaistuisi tai vaikeutuisi.

Loviisan kaupungin rakennus- ja ympäristölautakunta katsoo, että on tärkeää selvittää ja arvioida kaikki toimenpiteet, joilla pystyttäisiin vähentämään mereen johdettavaa lämpökuumaa tilanteessa, jossa toimintaa jatketaan (VE1). Jäähdytysvesi vaikuttaa paikallisesti lähiympäristöön, esimerkiksi matalien merenlahtien rehevöitymiseen. Ohjelmassa on tuotu esiin, että vesistörakentamistöiden avulla voi olla mahdollista alentaa mereen johdettavaa jäähdytysveden lämpötilaa.

Lautakunta katsoo, että on tärkeää selvittää nykyisen vedenoton ja siihen sisältyvän veden pinnan säännöstelyn vaikutuksia Lappominjärveen ja sen ympäristöön sekä Lappomvikeniin. Käyttövesi valmistetaan tällä hetkellä Lappominjärvestä pumpatusta raakavedestä. Ohjelman mukaan käyttövesihuollon (prosessi-, palo-, pesu- ja huuhteluvesi sekä talousvesi) vaihtoehtoisia tapoja tarkastellaan.

4.1.11 Porvoon kaupunki

Porvoon kaupunki katsoo, että arviointiohjelma on laadittu pääpiirteittäin kattavasti, ja että keskeiset vaikutukset on tunnistettu. Ohjelma oli kuitenkin paikoittain vaikeaselkoinen, mihin tulisi kiinnittää huomiota selostusvaiheessa.

Porvoon kaupungin mukaan ohjelmasta ei käy ilmi, ennustetaanko käytön jatkamisen kasvattavan meriveteen kohdistuvaa lämpökuumaa ja kuinka mahdollisen lämpökuorman lisääntymisen vaikutuksia on tarkoitus arvioida. Kaupunki myös huomauttaa, että vesistövaikutusten arvioinnissa on syytä ottaa huomioon eri kuormitustekijöiden, kuten lämpökuorman, merirakentamisesta johtuvan veden samentumisen ja haihdutuskonsentraatin käsittelystä aiheutuvien tyyppipäästöjen, yhteisvaikutukset.

Porvoo ehdottaa, että ohjelman energiamarkkinat ja huoltovarmuus -osiossa tulisi esittää laitoksen osuus Suomen sähköntuotannosta läpinäkyvämmiin, ja mukana tulisi olla pitkän tähtäimen arvio sähköntuotannosta ja Loviisan voimalaitoksen osuudesta. Tällöin käyttölupien jatkoa olisi helpompi verrata korvaaviin vaihtoehtoihin. Lisäksi hiilidioksidipäästöjen laskentatapaa tulisi selventää viimeistään selostusvaiheessa.

4.1.12 Pyhtään kunta (Kotkan kaupungin ympäristöpalvelut)

Pyhtään kunta toteaa arviointiohjelman olevan kattava, ja että siinä on tunnistettu hankkeen merkittävimmät ympäristövaikutukset. Pyhtää haluaa kuitenkin painottaa Pyhtään sekä keskeisten asutuskeskusten läheisyyttä (noin 20 km Loviisasta). Tämän takia herkkien kohteiden tunnistaminen ja merkittävimpien vaikutusten tarkastelu alueellisesti riittä-

vässä laajuudessa on tärkeää. Herkkien kohteiden, niiden etäisyyksien sekä vaikutusten esittäminen kartan ja kehien avulla havainnollistaisi tilannetta ja siten myös varautumiseen liittyviä toimenpiteitä.

4.1.13 Sisäministeriö, ulkoministeriö, valtiovarainministeriö, ympäristöministeriö, Etelä-Suomen aluehallintovirasto, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes

Yllä mainituilla viranomaisilla ei ollut lausuttavaa hankkeeseen liittyen.

4.2 MUUT PYYDETYT LAUSUNNOT

4.2.1 Greenpeace

Greenpeace painottaa Espoon ja Aarhusin sopimuksien sekä ympäristövaikutusten arvioinnista annetun direktiivin noudattamisen tärkeyttä. Järjestö toteaa, että eri vaihtoehtojen tarkastelussa tulisi huomioida myös kokonaistaloudelliset vaikutukset.

Arviointimenettelyyn tulisi järjestön mukaan sisällyttää myös skenaario, jossa voimalaitos suljettaisiin etuajassa voimalaitoksessa ilmenevän vian vuoksi. Tarkasteluun tulisi ottaa mukaan myös Suomen hiilineutraaliustavoite vuoteen 2035 mennessä sekä EU:n päästövähennystavoite vuodelle 2030, ja varmistaa tavoitteiden saavuttaminen, vaikka voimalaitokset suljettaisiin etuajassa tai käyttöä ei jatkettaisi nykyisen lupajakson jälkeen.

Järjestö ehdottaa, että menettelyssä tulisi esittää arvio voimalaitoksen toimintavarmuudesta mahdollisesti haettavan jatkoajan päättymiseen saakka. Arviossa tulisi tarkastella muun muassa reaktoreiden ikääntymistä sekä luonnonolosuhteiden ja sähkömarkkinoiden muutoksia. Greenpeace pitää vakavan ydinonnettomuuden mallinnusta sekä varautumissuunnitelmaa keskeisenä arviointimenettelyn osana.

Lisätietoja lausunnon taustoista esitettiin lausunnon mukana tulleessa liitteessä.

4.2.2 Fennovoima Oyj

Fennovoima Oyj ilmoittaa puoltavansa Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkoa ja luottavansa viranomaisen kykyyn arvioida laitoksen käytön turvallisuus. Yhtiö perustelee kantaansa muun muassa kasvihuonekaasujen vähentämisellä, huoltovarmuudella ja kustannustehokkuudella. Lisäksi lausunnossa mainitaan Loviisan ydinvoimalan erinomainen käyttöhistoria niin turvallisuuden, käytettävyyden kuin luotettavuuden suhteen.

4.2.3 Natur och Miljö rf

Natur och Miljö rf pitää arviointiohjelmaa yleisesti ottaen huolellisesti laadittuna. Järjestön mukaan YVA-menettelyn painopiste tulisi olla ydinvoimalaitosten käyttöiän turvallisuudessa jatkamisessa, vaikka myös käytöstäpoiston tarkastelu on oleellista. Suomessa syntyvien radioaktiivisten jätteiden huollon kannalta on tärkeää, että myös vaihtoehto O+ on mukana arvioinnissa ja Suomi ottaa vastuun näiden jätteiden loppusijoituksesta.

Natur och Miljö toteaa ydinonnettomuuden riskianalyysin olevan tärkein osa YVA-menettelyä, ja ehdottaa useamman eri onnettomuusskenaarion tarkastelua. Järjestö esittää myös, että ohjelmassa mainitun kansalaiskyselyn tulisi kattaa vähintään koko Etelä-Suomen asukkaat, sillä mahdollinen ydinonnettomuus koskettaisi laajempaa aluetta kuin ohjelmassa esitetty 20 kilometriä.

Järjestön mukaan arviointimenettelyssä tulisi ottaa huomioon myös polttoainehuollon ympäristövaikutukset. Ohjelman kohtaa 6.15 (luonnonvarojen hyödyntäminen) tulisi täydentää polttoainesauvojen tuotannon ympäristövaikutuksilla, jotta vaikutukset voidaan ottaa mukaan hankevaihtoehtojen vertailuun.

Jos käytetyn polttoaineen välivaraston kapasiteetin lisäys toteutetaan sijoittamalla polttoainetta aikaisempaa tiheämmin, tulee tämä vaihtoehto esittää selostusvaiheessa riittävällä tarkkuudella turvallisuuden arvioimiseksi. Arviointiohjelmassa olisi lisäksi hyvä esittää, miten jäähdytysvestistä aiheutuva lämpökuorma vaikuttaa alueen vesiluontoon mahdollisen jatkokäytön aikana. Myös ohjelmassa esitetyllä ruoppauksella on haittavaikutuksia, joita voidaan järjestön mukaan vähentää oikean ruoppausajankohdan valitsemisella.

Natur och Miljö ilmoittaa lisäksi halukkuutensa osallistua hankkeen yhteydessä järjestettäviin sidosryhmätapaamisiin.

4.2.4 Posiva Oy

Posiva Oy toteaa, että arviointiohjelman eri vaihtoehdossa on varauduttu käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen riittävässä määrin. Posiva Oy:llä on käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamiseksi periaatepäätökset ja rakentamislupa 6500 uraanitonnia (tU) vastaavalle määrälle. Nykyisten käyttöikien mukaan Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten loppusijoitettavan polttoaineen määrä on noin 5500 tU. Jos Loviisa 1- ja 2-laitosyksiköiden käyttöä päätetään jatkaa 20 vuodella, käytetyn ydinpolttoaineen määrä olisi yhteensä noin 6000 tU. Posiva Oy ei näe estettä Loviisan voimalaitosyksiköiden käytön mahdolliselle jatkamiselle, sillä loppusijoittamisen toteuttaminen ja turvallisuus eivät vaarannu.

4.2.5 STTKry

STTK ry pitää ympäristövaikutusten arviointiohjelmaa riittävänä. Ohjelmassa esitetyt muutostyöt ovat kohtalaisen pieniä, eivätkä ne vaikuta alueen ympäristöön merkittävästi. STTK ry suhtautuu myönteisesti voimalaitoksen jatkokäyttöön perustuen Suomen ydinenergiaturvallisuuden korkeaan tasoon ja päästövähennystavoitteisiin.

4.2.6 Suomen Ammattiliittojen Keskusjärjestö SAK ry

Suomen Ammattiliittojen Keskusjärjestö SAK ry (SAK) kertoo puoltavansa vahvasti Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkoa 10–20 vuodella edellyttäen, että se on Säteilyturvakeskuksen arvioin mukaan turvallista. SAK perustelee kantaansa ydinvoiman kasvihuonepäästöttömyydellä, sähkön kulutuksen kasvulla ja energiaturvallisuudella. Kotimainen ja kohtuuhintainen sähkö tukee järjestön näkemyksen mukaan suomalaisen teollisuuden kilpailukykyä.

4.2.7 Suomen luonnonsuojeluliitto

Suomen luonnonsuojeluliitto (SLL) tuo ilmi, ettei arviointiohjelmassa ole käsitelty ilmastonmuutoksen vaikutuksia voimalan toimintaan suunnitellulla jatkoojalla. Mahdollisia vaikutuksia ovat esimerkiksi merenpinnan nousun kiihtyminen, tulvien lisääntyminen, meren lämpötilan nousu ja uusien lajien massaesiintymiset sekä esimerkiksi voimistuvien sateiden myötä lisääntyvät sedimenttivalumat. Ohjelmassa tulisi arvioida ilmastonmuutoksen ja voimalan vesistövaikutusten yhteisvaikutukset vesistöön ja sen eliöihin (mm. haitallisten vieraslajien esiintyminen).

SLL katsoo, että ympäristövaikutusten arvioinnin perustana tulisi olla ennakoidut olosuhteet lähellä suunnitellun jatkoajan loppua. Ohjelmassa tulisi arvioida olosuhteiden muuttuminen ja tästä koituvat vaikutukset ja riskit 20–50 vuoden aikajänteelle varovaisuusperiaatetta käyttäen.

4.2.8 Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n (VTT) mukaan arviointiohjelma on YVA-lain kannalta riittävä. VTT pitää Loviisan voimalaitoksen käytön jatkamisen selvittämistä hyvänä asiana kansallisten ja kansainvälisten ilmastotavoitteiden kannalta.

VTT kertoo lausunnossaan, että Fortumin YVA-ohjelmaan sisältyy VTT:ltä peräisin olevien radioaktiivisten jätteiden ympäristövaikutusten arviointi, ja VTT:n näkemyksen mukaan jätteet on huomioitu ohjelmassa asianmukaisesti. VTT kertoo solmineensa maaliskuussa 2020 Fortumin kanssa sopimuksen FiR 1 -tutkimusreaktorin purkamisesta, sekä tutkimus-

reaktorin ja käytöstä poistettavan tutkimuslaboratorion (Otakaari 3) radioaktiivisten jätteiden huollon palveluista. VTT:n radioaktiiviset jätteet syntyvät näistä purkutöistä. Fortumin YVA-ohjelmassa on viitattu myös aiemmin vuosina 2013-2015 toteutettuun FiR 1 -tutkimusreaktorin käytöstäpoiston ympäristövaikutusten arviointiin.

VTT ymmärtää, että Loviisan voimalaitokselle mahdollisesti sijoitettava muualla Suomessa syntynyt radioaktiivisesta jätettä (korkeintaan 2 000 m³) pitää sisällään myös muut VTT:ltä kertyvät loppusijoitusta vaativat radioaktiiviset jätteet, eli vähintään VTT:n ydinturvallisuustalon toiminnasta syntyvät jätteet. Näiden radioaktiivisten jätteiden määrä on vielä täsmentymättä, eikä niistä ole käyty sopimusneuvotte-luja. VTT katsoo, että Fortumin esittämä enimmäismäärä on riittävää varautumista.

VTT pitää lisäksi erinomaisena, että VLJ-luolaan varaudutaan sijoittamaan myös muualta Suomesta peräisin olevia radioaktiivisia jätteitä. Tämä on VTT:n mukaan erittäin myönteistä radioaktiivisten jätteiden kansallisen jätehuollon näkökulmasta.

4.2.9 Fingrid Oyj, Teollisuuden Voima Oyj

Fingrid Oyj:llä ja Teollisuuden Voima Oyj:llä ei ole lausuttavaa hankkeeseen liittyen.

4.3 KANSAINVÄLISEN KUULEMISEN LAUSUNNOT

4.3.1 Itävalta

Itävallan ilmasto-, ympäristö-, energia-, liikkuvuus-, innovaatio- ja teknologiaministeriö ilmoittaa Itävallan osallistuvan ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Ministeriön mukaan merkittävien Itävaltaan kohdistuvien ympäristövaikutusten mahdollisuutta ei voida poissulkea etenkin vakavan onnettomuuden tapauksessa. Suomen toivotaan myöhemmin lähettävän Itävallalle arviointiselostuksen sekä tiedot julkisesta kuulemisesta ja menettelyyn osallistumisesta.

Lausunnon liitteenä oli Itävallan ympäristöviraston asiantuntijoilla teetetty lausunto. Lausunnossa otetaan kantaa ympäristöselostuksen sisältöön usean eri osa-alueen kohdalla. Sen mukaan hankevaihtoehtojen arvioinnissa tulisi ottaa huomioon skenaariot tulevaisuuden sähköntarpeesta, energiatehokkuudesta, energian säästämisestä sekä muista vaihtoehdoista sähkön tuottamiselle.

YVA-selostuksen tulisi sisältää aikataulut ja vaihtoehdot ydinjätehuollon järjestelyille tapauksessa, jossa käytön jatkamisessa syntyneiden matala- ja keskiaktiivisten jätteiden ja käytetyn polttoaineen loppusijoittamiseksi ei ole saatavilla

tarvittavaa kapasiteettia. Selostuksessa tulisi myös ottaa kantaa KBS-3-menetelmän toimivuuteen kuparin korroosion osalta.

Lausunnossa käsitellään VVER 440 –reaktorityypin pitkän aikavälin käyttöön ja ikääntymiseen liittyviä näkökulmia ja nostetaan esille useiden eri tahojen tekemiä selvityksiä asiaan liittyen.

Lausunnon mukaan YVA-selostukseen on sisällytettävä kattava kuva tieteen ja teknologian tämänhetkisestä tasosta sekä selvitykset kaikista tapauksista, jossa näistä poiketaan. Selostuksessa tulisi myös muun muassa listata kaikki toimet käyttöiän parantamiseksi ja vakavan reaktorionnettomuuden estämiseksi. Myös paineastian haurastumista tulisi käsitellä.

Onnettomuustilanteen analyysi tulee päivittää päivitetyn todennäköisyysperustaisen riskianalyysin mukaiseksi, sillä ohjelmassa esitetty lähdetermi on tähän nähden liian matala. Lähdetermiä pidetään liian matalana myös mahdollisesti Itävaltaan ulottuvien vaikutusten tarkastelun kannalta. YVA-selostuksessa tulisi selvittää, miten sydänsulan paineastiassa pidättämiseen liittyvät turvallisuuskysymykset on ratkaistu. Lausunnossa todetaan, että maanjäristyksiin, tulviin ja äärimmäisiin sääilmiöihin liittyvät tilanteet (ml. turvallisuusmarginaalit, äärimmäiset seuraukset sekä kaavaillut toimet näiden ehkäisemiseksi) tulee esittää YVA-selostuksessa. Onnettomuustilanteiden tarkastelussa tulee lisäksi tarkastella tilannetta, jossa ydinlaitokseen hyökkää jokin kolmas osapuoli.

Anti Atom Beaufragter des Landes Oberösterreich (osavaltion virasto) esittää lausunnossaan 12 perustelua, joihin viitaten se esittää luopumista Loviisan voimalaitosyksiköiden käyttöiän pidennyksistä. Useissa näissä kohdissa se toteaa annettujen tietojen olevan puutteellisia ja edellyttää YVA-selostusvaiheessa parempia ja täydellisempiä tietoja. Ykkösuperusteluna esitetään, että ydinvoimalaitosten käyttöiän jatkaminen nostaa ydinenergian riskkejä Euroopassa, sillä suurin osa eurooppalaisista ydinvoimalaitoksista ovat ydinturvallisuusteknisesti vanhentuneita. Esimerkkinä vanhenemisilmiöistä on otettu esiin VVER-voimalaitosten reaktori-paineastian säteilyhaurastuminen, joka koskee myös Loviisan voimalaitoksen paineastioita. Lausunnossa todetaan Loviisa 1:n elvytyshehkutuksen tapahtuneen vuonna 1996 ja YVA:n jatkokäsittelyssä edellytetään lisätietoja ydinvoimalaitoksen reaktorien paineastioiden käyttöiän hallinnasta. Myös koko laitoksen käytöstäpoistosta edellytetään selostusvaiheessa konkreettisempia ja täydellisempiä tietoja käytöstä-poistotoimenpiteistä.

4.3.2 Latvia

Latvian ympäristöviranomainen ilmoittaa, ettei Latvia osallistu ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn, mutta toivoo saavansa tietoa arviointimenettelyn tuloksista.

4.3.3 Liettua

Liettuan ympäristöministeriö ilmoittaa Liettuan aikovan osallistua ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Ministeriö huomauttaa, että menettelyssä tulisi keskittyä erityisesti ydinvoimalaitoksen ikääntymisen hallinnan toimeenpanoon ja edistämiseen, ja tähän liittyvät turvallisuusnäkökohdat tulisi käsitellä Espoon sopimuksen mukaisesti.

4.3.4 Norja

Norjan ympäristöviranomaisella ei ole huomautettavaa ympäristövaikutusten arviointiohjelmaan liittyen, mutta kertoo haluavansa osallistua menettelyn myöhempään vaiheeseen.

4.3.5 Puola

Puolan ympäristöviranomainen ilmoittaa, ettei se aio osallistua ympäristövaikutusten arviointiin, mutta toivoo saavansa tietoa menettelyn ja erityisesti onnettomuusmallinnuksen tuloksista. Ympäristöviranomainen kertoo huomioineensa Suomenlahden suojellut lajit ja elinympäristöt sekä Natura 2000 -alueet sekä arvioineensa häiriötilanteessa tapahtuvaa säteilyaltistusta.

4.3.6 Ruotsi

Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto (Naturvårdsverket) ilmoittaa Ruotsin tahdosta osallistua ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Virasto pyysi arviointiohjelmasta lausuntoja viranomaisilta, järjestöiltä ja kansalaisilta. Järjestöjen ja kansalaisten antamien lausuntojen tiivistelmät löytyvät kohdasta 4.4. Muut lausunnot ja mielipiteet.

Ruotsin säteilyturvaviranomaisen (Strålsäkerhetsmyndigheten) mukaan vakava onnettomuus ydinvoimalaitoksella on erittäin epätodennäköinen, mutta vaikuttaisi tapahtu-essaan esimerkiksi Ruotsin maaperän radioaktiivisuuteen. Siksi on tärkeää, että Ruotsi osallistuu arviointimenettelyyn. Säteilyturvaviranomaisen mukaan arviointiohjelma on hyvin suunniteltu. Lausunnon mukaan ohjelmassa voisi kuitenkin painottaa käytetyn polttoaineen välivarastoinnin lisääntymistä, sillä se lisää mahdollisuutta pitkäikäisten nuklidien (esim. Cs-137) vapautumiseen. Voimalaitoksen käyttöiän pidentämisessä tulisi hyödyntää parasta saatavilla olevaa tekniikkaa päästöjen minimoimiseksi. Lausunnon mukaan ohjelmassa voisi lisäksi ilmaista selvemmin sen, että myös menettelyssä hyödynnetyt asiantuntijalausunnot perustuvat erilaisiin selvityksiin ja mittauksiin.

Maatalousvirasto (Jordbruksverket) toteaa, että menettelyssä tulisi tarkastella onnettomuustilanteessa vapautuvien radioaktiivisten aineiden vaikutuksia Ruotsin maatalouteen, karjanhoitoon, kalastukseen, poronhoitoon, viljelyyn, maa-

seutuun sekä metsänhoitoon.

Meri- ja vesiviranomainen (Havs och Vattenmyndigheten) toteaa, että rajat ylittäviä ympäristövaikutuksia arvioidessa korostuu onnettomuustilanteet, joilla voi olla seurauksia Itämeren lajeille ja luontotyypeille. Lausunnossa todetaan myös normaalitoiminnan aikaiset vaikutukset vesistöihin jäähdytysveden ottoon ja palauttamiseen liittyen. Viranomainen ei kuitenkaan pidä tarpeellisen osallistua arviointimenettelyyn.

Ruotsin saamelaiskäräjät (Sametinget) nostaa esille mahdollisen onnettomuustilanteen vaikutukset poronhoitoon. Onnettomuustilanteessa radioaktiiviset päästöt voivat kerääntyä poroihin, ja niitä joudutaan lopettamaan liian korkeiden haitta-ainepitoisuuksien takia, mistä koituu taloudellista haittaa. Näin tapahtui Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden seurauksena. Ohjelmassa tulisi selvittää onnettomuuden vaikutukset poronhoitoalueelle, toimenpiteet mahdollisten vahinkojen lieventämiseksi sekä se, kenen vastuulle vahinkojen korvaaminen kuuluu.

Seuraavat tahot vastasivat lausuntopyyntöön, mutta heillä ei ollut huomautettavaa arviointiohjelmaan liittyen: Totalförsvarets forskningsinstitut, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Länsstyrelsen i Uppsala, Länsstyrelsen i Stockholm.

4.3.7 Saksa

Saksan lausunnon antaa ensisijaisesti Mecklenburg-Vorpomerin osavaltio. Mecklenburg-Vorpommerin osavaltio kertoo kannattavansa voimalaitoksen käytöstäpoistoa ydinonnettomuuksiin vedoten. Osavaltion mukaan voimalaitoksen käytön jatkon (VE1) vaikutustenarvioinnissa tulisi huomioida paineastioiden haurastuminen.

Lausunnon antoi myös Rheinland-Pfalzin osavaltio, joka toteaa lausunnossaan, että EU-mailla on oikeus valita omat energialähteensä. Suomi on valinnut ydinenergian jatkorakentamisen tien. Osavaltio pitää parempana valintana energiansäästöä ja uusiutuvien energiavarojen käyttöä. Loviisan jatkokäyttöön Rheinland-Pfalz ottaa kielteisen kannan eli se näkee YVAssa parhaana vaihtoehtona käytöstäpoiston vaihtoehdon. Se muistuttaa, että korkean riskin teknologian vuoksi onnettomuus Loviisassa voi vaikuttaa 1800 kilometrin päässä olevaan osavaltioon tunneissa.

4.3.8 Tanska

Tanskan hätätilavirasto ilmoittaa haluavansa osallistua ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Hätätilaviraston mukaan arviointiohjelmassa esitetystä vakavan onnettomuustilanteen terveys- ja ympäristövaikutuksia laskiessa tulisi käyttää realistisempaa lähdeterminiä ja tarkastella erilaisten isotooppien sekoitusta. Nyt käytetyt arvot (100 TBq Cs-137-nuklidia) ovat viraston mukaan hyväksyttävä tapa

laskentataakan keventämiseksi. Ne eivät kuitenkaan vastaa onnettomuuden todellisia vaikutuksia, sillä esimerkiksi eri isotoopit vaikuttavat eri kudostyyppeihin. Lisäksi virasto odottaa hankkeesta vastaavan täydentävän haitallisten vaikutusten ehkäisemistä ja lieventämistä koskevaa lukua myös radioaktiivisten aineiden vapautumisen osalta.

4.3.9 Venäjä

Venäjän federaation luonnonvara- ja ympäristöministeriö ilmoittaa Venäjän olevan kiinnostunut Loviisan ydinvoimalaitosta koskeviin YVA-menettelyn kansainvälisiin konsultaatioihin, vaikka se ei ole Espoon sopimuksen osapuoli.

4.3.10 Viro

Viron ympäristöministeriö ilmoittaa Viron osallistuvan ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. Ympäristöministeriö kertoo järjestäneensä asiasta julkisen kuulemisen, jonka tuloksena ei kuitenkaan tullut kommentteja arviointiohjelmaan liittyen.

Ympäristöministeriön lausunnon liitteenä oli ympäristökomitean (Environmental Board) lausunto. Lausunnossa todetaan, ettei ohjelmassa esitetyt vaihtoehdot aiheuta nykytilaa suurempia ympäristövaikutuksia tai riskiä. Ympäristökomitea puoltaa voimalaitoksen käytön jatkamista, ja toteaa sen olevan hyödyllisempi ratkaisu sekä Suomen että Viron kannalta. Lausunnossa käsitellään hyvin toiminutta yhteistyötä STUK:n kanssa ja todetaan ohjelman mukainen poikkeus- ja onnettomuustilanteiden arviointi.

4.4 MUUT LAUSUNNOT JA MIELIPITEET

4.4.1 Common Earth, Friends of the Earth Austria, Friends of the Earth Bulgaria, Friends of the Earth (FoE) Finland, Southbohemian Mothers, Verein Lebensraum Waldviertel, Wiener Plattform Atomkraftfrei

Yllä mainitut järjestöt toimittivat ministeriölle saman mielialpiteen. Lausuntojen mukaan ympäristöselostuksessa tulisi esittää uusiutuvalle energialle perustuva vaihtoehto sekä pitkän aikavälin ennuste Suomen energiatarpeista. Järjestöjen mukaan selostuksessa on tarkennettava vakavien ydinonnettomuuksien riskiarvioita, käyttää suurempaa lähdeterminiä ja tarkastella laajempaa vaikutusaluetta. Lausunnoissa viitataan flexRISK-tutkimushankkeeseen. Järjestöt tuovat esille, että selostuksessa tulisi käsitellä myös laitoksen ikääntymisestä, sekä esimerkiksi terrorismista ja ilmastonmuutoksesta, aiheutuvien riskien vaikutuksia. Lisäksi järjestöt toteavat, että

arviointiohjelmassa tulisi ottaa kantaa kuparin korroosiota koskevaan tutkimukseen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusmenetelmään liittyen.

4.4.2 Folkkampanjen mot Kärnkraft & Kärnvapen

Ruotsalainen Folkkampanjen mot Kärnkraft & Kärnvapen -järjestö kannattaa voimalaitoksen käytöstäpoistoa ilman mahdollisuutta vastaanottaa muualta Suomesta tulevaa jätettä (VE0). Järjestö perustelee kantaansa ydinvoimalaitoksen ikääntymisestä johtuvilla turvallisuusriskeillä, uusiutuvien energianlähteiden yleistymisellä ja edullisuudella sekä tarpeella suojella Itämeren saasteilta ja radioaktiivisilta päästöiltä.

4.3.3 Loviisan Seudun Vihreät ry

Loviisan Seudun Vihreät ry esittävät, että arviointiselostuksen tulisi sisältää taulukko, jossa eri sähköntuotantomuotojen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä vertaillaan koko elinkaarihuomioiden, mukaan lukien polttoainehuolto. Menettelyssä tulisi tarkastella myös vaihtoehtoa, jossa Loviisan voimalaitoksen käyttöluvia jatketaan, mutta laitosalueelle ei tuoda muualla Suomessa syntyviä radioaktiivisia jätteitä. Menettelyssä tulisi arvioida käytön jatkon vaikutukset Loviisan merialueen ekosysteemiin, kuten kalastoon, planktonin ja pohjaeläimiin.

4.4.4 Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning -järjestön (MKG) näkemyksen mukaan ydinvoimalaitoksen käyttöiän pidentäminen tarkoittaa merkittävää riskiä Ruotsille, sillä onnettomuuden riskit kasvavat laitoksen ikääntyessä. MKG viittaa flexRISK-tutkimukseen, jonka perusteella onnettomuusmallinnuksessa käytetty lähdetermi ja vaikutusalue ovat liian pieniä. Järjestö toteaa, ettei laitoksen käyttöikää ei tule jatkaa, mikäli muodostuvan ydinjätteen kestävästä käsittelystä ei ole takeita. MKG viittaa KBS-3-menetelmään ja kuparin korroosioon liittyvään tutkimukseen.

4.4.5 Miljövänner för kärnkraft

Miljövänner för kärnkraft pitää arviointiohjelmaa kattavana ja luottaa Suomen ydinvoimalan turvallisuuskulttuuriin. Järjestö kertoo odottavansa, että laitoksien käyttöluvia pidennetään vedoten muun muassa kasvihuonekaasuttomuuteen. Lausunnossa nostetaan esille maailmanlaajuiset kokemukset siitä, että paine- ja kevytvesireaktoreiden käyttöiät ovat pidempiä kuin alkuperäiset arviot. Lausunnossa todetaan, ettei Ruotsin tarvitse järjestön mukaan osallistua arviointimenettelyyn.

4.4.6 Naiset Atomivoimaa Vastaan ja Naiset Rauhan Puolesta

Naiset Atomivoimaa Vastaan ja Naiset Rauhan Puolesta –liikkeiden mukaan Loviisan ydinvoimalaitoksen käyttöluvia ei tulisi jatkaa. Liikkeet perustelevat kantaansa muun muassa laitoksen ikääntymisestä ja ilmastonmuutoksesta aiheutuvilla riskeillä. Liikkeet kyseenalaistavat myös loppusijoitusmenetelmien turvallisuuden.

Lausunnon mukaan arviointiohjelmassa tulisi esittää riskiraportti, jossa vertaillaan käyttöiän pidentämiseksi tehtyjä ja suunniteltuja toimenpiteitä uusia reaktoreita koskeviin turvallisuusvaatimuksiin. Liikkeet korostavat, että ydinonnettomuuden riskiä tulee käsitellä avoimesti, ja arviointiin tulisi sisällyttää myös vakavimman mahdollisen onnettomuuden tarkastelu.

Liikkeet haluavat tietää, miten ohjelmassa on huomioitu EU:n parhaan käytettävissä olevan teknologian periaate ja mihin energiankulutusennusteisiin voimalaitoksen käyttöiän pidentämisen tarpeellisuus perustetaan. Lausunnossa nostetaan esille myös ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset toiminnalle ja polttoainetuotannon ympäristövaikutuksiin vaikuttaminen.

4.4.7 Suomen Ekomodernistit ry

Suomen Ekomodernistit ry puoltaa Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön jatkoa 10 tai 20 vuodella edellyttäen, että käyttö on turvallista. Järjestön mukaan Loviisan ydinvoimalaitoksella on tärkeä rooli niin Suomen energiahuollossa kuin kasvihuonepäästöjen vähentämisessä vuosien 2030 ja 2050 välillä. Lisäperusteluina järjestö nostaa esille teollisuuden kasvavan päästöttömän sähköntarpeen, liikenteen sähköistymisen sekä muun tasaisen ja joustavan tuotantokapasiteetin poistumisen.

4.4.8 Teknologiateollisuus ry

Teknologiateollisuus ry:n mukaan arviointiohjelma on asianmukaisesti laadittu ja täyttää lain vaatimukset. Järjestö ilmoittaa kannattavansa voimalaitoksen käytön jatkamista, sillä Suomi tulee tarvitsemaan lisää hiilidioksidineutraalia sähköä lähivuosikymmeninä. Järjestö toteaa Loviisan laitoksen käyttöikäiden käyttökertoimien olevan korkeat, minkä lisäksi yksiköt ovat modernisointitöiden ja automaatiojärjestelmien uusinnan myötä uudenveroisessa kunnossa.

4.4.9 Vesiluonnon puolesta ry

Vesiluonnon puolesta ry ottaa kantaa radioaktiivisten aineiden ja ympäristömyrkkujen ympäristövaikutusten selvittämisen puolesta. Menettelyssä tulisi arvioida ydinpolttoai-

neen kuljetuksen ja tuotannon vaikutukset riittävän tarkasti, minkä lisäksi järjestö pitää tärkeänä muun muassa alueen eliöstön suojelua esimerkiksi jäähdytysveden ottoon liittyen.

4.4.10 Yksityishenkilöiden mielipiteet

Mielipiteessä 1 kannatetaan Loviisan ydinvoimalan käyttölu-pien jatkamista, sillä tämä edesauttaisi Suomen ilmastota-voitteiden saavuttamista kustannustehokkaalla tavalla. Mielipiteessä 2 käsitellään Lappomvikenin ja Lappom-träsketin rehevöitymistä, vedenpinnan laskua ja alueen linnuston katoamista. Kirjoittajan mukaan Fortum on laimin-lyönyt vesiluvan mukaiset velvoitteet koskien Lappomträsketistä Lappomvikiiniin kulkevaa laskupuroa sekä Sundetin laskuojaa. Kirjoittaja ehdottaa voimalaitoksen talousveden ottamista Loviisan Valkosta sekä korostaa tarvetta parantaa Lappomvikenin tilaa mahdollisimman pian. Mielipiteen 3 oli allekirjoittanut kaksi kansalaista. Lausunnos- sa otetaan kantaa ELY-keskuksen vastuualueelle kuuluvaan vesi-alueen tarkkailuohjelmaan, joka on lausunnonantajien näkemyk- sen mukaan liian suppea. Lausunnossa todetaan voimalaitoksen lauhdevesien vaikuttavan myös laajemmalle Hästholmsfjärdenin ja Kristianslandetin alueelle. Lausunnossa viitataan korkeimman hallinto-oikeuden päätökseen (508/2017), jossa Fortum mää- rättiin maksamaan korvauksia virkistyskäytön vaikeutumisesta alueen rantakiinteistöjen omistajille. Espoon sopimuksen mukaisessa kansainvälisessä kuulemi- sessä 11 Saksan ja Belgian kansalaista olivat allekirjoittaneet sisällöltään identtisen lausunnon (mielipiteet 1-9). Lausunnos- sa vedottiin tapahtuneisiin ydinonnettomuuksiin, ja todettiin riskien lisääntyvän ydinvoimalaitoksen ikääntyessä. Lau- sunnon mukaan ydinjätettä ei voida varastoida turvallisesti miljoonia vuosia. Ydinvoima ei ole ilmastoystävällistä, kun mukaan huomioidaan tuotannon koko elinkaari. Lausunnossa kannatetaan uusiutuviin energianlähteisiin sijoittamista. Mielipiteessä 10 todetaan, että Loviisan ydinvoimalaitos tulisi sulkea mahdollisimman nopeasti. VLJ-luola sekä muut laitostekonaisuuteen kuuluvat varastot tulisi siirtää pois rannikolta. Lausunnossa kyseenalaistetaan myös käytetyn polttoaineen loppusijoituksen turvallisuus. Mielipiteessä 11 vastustetaan ydinvoimalaitoksen käyttöiän pidentämistä. Kirjoittaja viittaa ydinvoimalaitoksen ikään- tymisen myötä lisääntyviin riskeihin, flexRISK-tutkimukseen sekä käytetyn polttoaineen loppusijoitusmenetelmään liitty- viin epävarmuuksiin.

4.5 YLEISÖTILAISUUDESSA ESITETTY HUOMIOT

Työ- ja elinkeinoministeriö järjesti arviointiohjelmaa käsit- televän yleisötilaisuuden Loviisassa 3.9.2020. Tilaisuuden käytännön järjestelyistä vastasi Fortum. Yleisötilaisuuteen

osallistui paikan päällä kuusi henkilöä, minkä lisäksi verkon kautta tilaisuutta seurasi noin 50 henkilöä. Tilaisuudessa keskusteltiin mm. mahdollisista investointitarpeista, muualla Suomessa syntyvän radioaktiivisen jätteen vastaanottami- sesta sekä laitoserakennuksen kohtalosta käytöstäpoiston jälkeen. Lisäksi yleisöstä tuli kysymys eri jatkovaihtoehtojen vaikutuksista lähialueen kiinteistöjen arvolle.

5 Yhteysviranomaisen lausunto

Työ- ja elinkeinoministeriön lausunto perustuu YVA-lain ja -asetuksen vaatimuksiin (YVAL 16, 18 §, YVAA 3 §) sekä arvi- ointiohjelmasta saatuihin lausuntoihin ja mielipiteisiin. Fortum Power and Heat Oy:n laatima YVA-ohjelma kattaa YVA-asetuksen 3 §:n mukaiset sisältövaatimukset. Annetuis- sa lausunnoissa arviointiohjelmaa pidetään pääosin kattava- na. Ministeriö katsoo, että arviointiohjelma on laajuudeltaan ja tarkkuudeltaan riittävä suunnitelma hankkeen ympäris- tövaikutusten arvioimiseksi edellyttäen, että tässä lausun- nossa esitetyt asiat otetaan huomioon hankkeen edetessä ja YVA-menettelyn myöhemmissä vaiheissa. Lisäksi lau- sunnoissa ja mielipiteissä on esitetty muitakin kysymyksiä, huomautuksia ja näkökohtia, joihin hankkeesta vastaavan on syytä kiinnittää huomiota. Hankkeesta vastaava selvittää hankkeen ja sen vaihtoeh- tojen vaikutukset arviointiohjelman ja yhteysviranomaisen lausunnon pohjalta. Arviointiselostuksessa on esitettävä YVA-asetuksen 4 § kohdan 15 mukaisesti selvitys siitä, miten yhteysviranomaisen lausunto arviointiohjelmasta on otettu huomioon.

5.1 HANKEKUVAUS JA VAIHTOEHDOT

Arviointiohjelmassa on esitetty YVA-asetuksen 3 §:n mu- kaisesti kuvaukset hankkeesta, sen tarkoituksesta, suunnit- teluvaiheesta, sijainnista, koosta, maankäyttötarpeesta ja hankkeen liittymisestä muihin hankkeisiin. Ohjelma sisältää tiedot hankkeesta vastaavasta, arvion hankkeen suunnittelu- ja toteuttamisaikataulusta ja toteuttamisen edellyttämistä suunnitelmista ja luvista. YVA-asetuksen mukaan arviointiohjelmassa on esitettävä hankkeen kohtuulliset vaihtoehdot, jotka ovat hankkeen ja sen erityisominaisuuksien kannalta varteenotettavia. Yhtenä vaihtoehtona tulee olla hankkeen toteuttamatta jättäminen. Vaihtoehtojen määritteleminen ja tarkasteleminen ovat YVA-menettelyn keskeisiä osia, sillä tarkoitus on tuottaa tietoa hankkeen vaihtoehtoisten ratkaisujen vaikutuksista ja pyrkiä vähentämään hankkeen aiheuttamia haitallisia ympä- ristövaikutuksia.

5.1.1 Käytön jatkaminen

Hankevaihtoehdossa 1 voimalaitoksen käyttöä jatkettaisiin enintään noin 20 vuodella. Arviointiohjelmassa kerrotaan, että toiminta olisi samankaltaista tähänastisen toiminnan kanssa, eikä esimerkiksi termisen tehon korotuksia ole suun- nitteilla. Käytön jatkaminen voi edellyttää kuitenkin joitakin modernisointi- ja rakentamistöitä. Käytetyn polttoaineen välivarastoa joko laajennettaisiin tai sen kapasiteettia lisättäisiin. Jäähdytysveden ottorakenteisiin liittyen tehtäi- siin mahdollisesti jäähdytysveden lämpötilan alentamiseen tähtääviä vesirakennustöitä. Joitakin vanhoja rakennuksia, kuten vastaanottovarasto ja jätevesilaitos, saatetaan korvata uusilla rakennuksilla, minkä lisäksi voimalaitoksen käyttö- ja jätevesiyhteyksiin saatetaan tehdä muutoksia. Vaihtoehdossa 1 varauduttaisiin myös käytöstäpoistoon, johon kuuluu muun muassa VLJ-luolan laajentaminen ja käyttö noin vuoteen 2090 asti ennen sulkemista sekä itse- näistettävien laitososien valmistelutyöt ja käyttö sekä lopulta käytöstä poistaminen.

5.1.2 Nollavaihtoehdot

Arviointiohjelma sisältää kaksi nollavaihtoehtoa (VE0, VE0+), joissa molemmissa Loviisan ydinvoimalaitos poistettaisiin käytöstä voimassa olevien käyttölu-pien jälkeen. Vaihtoehdot ovat muutoin samoja, mutta vaihtoehdossa 0+ ydinvoima- laitoksella olisi lisäksi mahdollista käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa myös pieniä määriä muualla Suomessa synty- nyttä radioaktiivista jätettä. YVA-ohjelmassa käytöstäpoistolla tarkoitetaan voimalai- toksen radioaktiivisten järjestelmien ja laitteiden purkamista sekä purkamisesta syntyvän jätteen loppusijoittamista. Käy- töstäpoistoon valmistaudutaan käytön aikana muun muassa VLJ-luolan laajentamisella niin, että käytöstäpoistossa synty- nyt radioaktiivinen jäte voidaan sinne loppusijoittaa. Lisäksi käytöstäpoiston yhteydessä tulee muun muassa itsenäistää tiettyjä jätehuoltoon liittyviä toimintoja ja laitoksia. Arvioin- tiohjelman mukaan voimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto- vaihe sijoituisi vuosiin 2030–2040. VLJ-luolan käyttö jatkuisi noin vuoteen 2065 asti. Voimalaitoksen käytöstäpoistamiselle tulee hakea käytös- täpoistolupa. Käytöstäpoistosta säädetään ydinenergialaissa ja -asetuksessa sekä Säteilyturvakeskuksen määräyksissä ja ohjeissa.

5.1.3 Vaihtoehtojen vertailu

Hankkeen vaihtoehtojen ja niiden ympäristövaikutusten ver- tailu on keskeinen osa YVA-menettelyä. Arviointiohjelmassa kerrotaan, että menettelyn aikana tullaan vertailemaan hank- keen ja sen toteuttamatta jättämisen ympäristövaikutuksia

ja niiden välisiä eroja. Ympäristövaikutusten merkittävyyttä arvioinnissa otetaan huomioon sekä muutoksen suuruus että vaikutuskohteen herkkyyks. Vaikutukset luokitellaan merkit- tävyyden perusteella vähäisiin, kohtalaisiin, suuriin ja erittäin suuriin. Vaikutukset voivat olla ympäristön kannalta joko myönteisiä tai kielteisiä.

5.2 VAIKUTUKSET JA NIIDEN SELVITTÄMINEN

Arviointiohjelmassa on kuvattu hankkeen todennäköisen vaikutusalueen nykytila ja kehitys. Arviointiohjelmassa on eritelty alustavat tarkastelu- ja vaikutusalueet, joiden laajuus on arvioitu vaikutuskohtaisesti. Arviointiohjelma sisältää ehdotuksen tunnistetuista ja ar- vioitavista ympäristövaikutuksista, mukaan lukien valtoiden rajat ylittävistä ympäristövaikutuksista ja yhteisvaikutusis- ta muiden hankkeiden kanssa sekä perustelut arvioitavien vaikutusten rajaukselle. Alustavien suunnittelutietojen perusteella arvioituna käytön jatkamisen tapauksessa hankkeen merkittävin ympäristövaikutus on ohjelman mukaan jäähdytysveden lämpökuorma lähimerialueeseen. Vastaavasti käytös- täpoistoon valmistautumisen merkittävimmiksi ympä- ristövaikutuksiksi on alustavasti tunnistettu VLJ-luolan laajentamiseen liittyvästä louhinnasta syntyvät vaikutuk- set. Käytöstäpoiston merkittävimmät ympäristövaikutuk- set syntyvät alustavan arvion perusteella radioaktiivisten laitososien purkamisesta ja jätteiden käsittelystä, kuljetta- misesta ja loppusijoituksesta. Ympäristövaikutuksia koskevat laaditut ja suunnitellut selvitykset sekä niissä käytettävät menetelmät ja niihin liit- tyvät oletukset on kuvattu ohjelmassa. Aikaisemmin tehtyjen selvitysten hyödyntämisen lisäksi osana arviointia tehdään erityisselvityksiä, joita ovat muun muassa merenpohjan sedimenttien haitta-aineiden selvitys sekä aluetaloudellisten vaikutusten arviointi. Arviointiohjelman mukaan arviointiin liittyvät epävarmuus- tekijät ja niiden merkitys kuvataan arviointiselostuksessa, jossa esitetään lisäksi selvitys haitallisten vaikutusten eh- käisemisestä ja lieventämisestä. Ympäristövaikutuksien ar- vioinnin yhteydessä tarkastellaan ja tarvittaessa päivitetään olemassa olevaa ympäristövaikutusten seurantaohjelmaa. Seuraavaksi ministeriö esittää joitakin yksityiskohtaisia seikkoja, jotka hankkeesta vastaavan on syytä huomioida hankkeen jatkotyössä.

5.2.1 Käytön jatkaminen ja laitoksen ikääntymisen hallinta

Hankevaihtoehdossa 1 voimalaitoksen käyttöä jatkettaisiin enintään noin 20 vuodella. Arviointiohjelmassa kerrotaan,

että järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden ikääntymiseen varaudutaan suunnitteluvaiheen ratkaisuilla, käytön aikaisella valvomisella sekä ylläpitämällä laitoksen hyväkuntoisuutta käytöstäpoistoon asti. Arviointiohjelmassa mainitaan myös viime vuosina tehdyt toimenpiteet laitoksen modernisoimiseksi ja todetaan voimalaitoksella olevan erinomaiset tekniset ja turvallisuuteen liittyvät edellytykset jatkaa toimintaansa voimassa olevien lupajaksojen jälkeen.

Lausunnoissa käytön jatkamiseen suhtauduttiin vaihtelevasti. Suuri osa suomalaisista lausunnonantajista kertoi kannattavansa voimalaitoksen jatkokäyttöä. Kantaa perusteltiin muun muassa laitoksen hyvällä käyttöhistorialla, korkeatasoisella turvallisuuskulttuurilla, aikaisemmillä modernisointitoilla, päästövähennystavoitteilla sekä työllisyysvaikutuksilla. Käytön jatkamista vastustettiin Itävallan ja Saksan osavaltioiden lausunnoissa sekä kansalaisjärjestöiltä ja kansalaisilta tulleissa kannanotoissa. Esille nostettiin erityisesti laitoksen ikääntymisen myötä kasvavat ydinturvallisuusriskit, kuten paineastian haurastuminen. Lisäksi Greenpeacen mukaan arviointimenettelyyn tulisi sisällyttää skenaario, jossa voimalaitos suljettaisiin etuajassa voimalaitoksessa ilmenevän vian takia. Myös Liettua painotti lausunnossaan ikääntymisen hallinnan tärkeyttä.

STUK:n sekä Ruotsin säteilyturvaviranomaisen mukaan arviointiselostuksessa tulisi soveltaa BAT-periaatetta päästöjen pienentämiseen etenkin, jos laitoksen käyttöä tullaan jatkamaan. Itävallan lausunnon mukaan YVA-selostukseen olisi sisällytettävä kuvaus tieteen ja teknologian tämänhetkisestä tasosta sekä selvitys kaikista tapauksista, joissa näistä poiketaan. Selostuksessa tulisi myös listata kaikki suunnitellut toimet käyttöiän ja turvallisuuden edistämiseksi.

Työ- ja elinkeinoministeriö pitää tärkeänä, että mahdolliseen käytön jatkamiseen ja käytöstä poistoon liittyvät riskitekijät sekä laitoksen ikääntymisen vaikutukset selvitetään sekä keinot vaikutusten estämiseksi tai lieventämiseksi arvioidaan huolellisesti. STUK arvioi käytön jatkamisen tai käytöstäpoiston turvallisuutta myöhemmin lupahakemuksen käsittelyn yhteydessä.

Ministeriö katsoo, että selostuksessa tulisi kuvata tiiviisti niitä menetelmiä, joilla ikääntymistä seurataan sekä vähennetään ikääntymisen seurauksia. Erityisesti tulisi kuvata niitä menetelmiä, joilla ehkäistään mahdollisia ikääntymisestä seuraavia onnettomuus- sekä siten suuren päästön riskejä, kuten paineastian ikääntymistä. Selostuksessa tulisi myös käsitellä BAT-periaatteen soveltamista päästöjen pienentämiseen tai ehkäisemiseen.

5.2.2 Jäähdytysveden otto, vesirakentaminen, vaikutukset vesistöihin ja niiden eliöstöön

Arviointiohjelman mukaan käytön jatkamisen merkittävin ympäristövaikutus on jäähdytysveden palauttamisesta aiheutuva lämpökuorma lähimerialueeseen. Vaihtoehdon 1 yhteydessä on kerrottu mahdollisista jäähdytysveden ottorakenteen edustan ja lähimerialueen vesirakennustöistä. Tarkoituksena on alentaa otettavan ja mahdollisesti myös palautettavan jäähdytysveden lämpötilaa. Ohjelmassa on tunnistettu, että vesirakentamiseen liittyvästä ruoppauksesta, louhinnasta ja uuden pengerrakenteen rakentamisesta voi syntyä ympäristövaikutuksia.

Jäähdytysveden ottamiseen liittyvät vaikutukset nostettiin esille useassa lausunnossa. Loviisan kaupungin rakennus- ja ympäristölautakunta pitää erityisen tärkeänä, että menettelyssä arvioidaan kaikki toimenpiteet, joilla mereen johdettavaa lämpökuormaa voidaan vähentää. Geologian tutkimuskeskuksen mukaan arviointimenettelyssä olisi syytä ottaa huomioon ilmastomuutoksen aiheuttaman meriveden lämpenemisen vaikutukset mereen palautettavan veden lämpötilaan.

STUK edellyttää, että menettelyssä selvitetään ruoppausalueen sedimenttien keinoitekoisten radioaktiivisten aineiden määrät ja arvioidaan näiden mahdollista vapautumista ruoppaustöiden yhteydessä. Uuden pengerrakenteen huomioivassa jäähdytysvesimallinnuksessa tulisi huomioida virtauskenttien muutoksien vaikutukset radioaktiivisten aineiden kulkeutumiseen. Myös Uudenmaan ELY-keskus esittää, että selostuksessa tulisi tarkentaa tietoja sedimenttien haitta-aineselvityksestä, vesirakennustöiden vaikutuksista virtausolosuhteisiin sekä jäähdytysvesimallinnukseen.

Porvoon kaupunki muistuttaa, että vesistövaikutuksia arvioidessa tulisi huomioida eri tekijöiden, kuten lämpökuorman, veden samentumisen ja typpipäästöjen, yhteisvaikutukset. Maa- ja metsä- talousministeriön sekä ELY-keskuksen lausunnossa kiinnitetään huomiota vesistöjen eliöstöön kohdistuviin vaikutuksiin. Lausunnossa kehoitetaan varovaisuusperiaatteen noudattamiseen ja todetaan, että esimerkiksi toimenpiteitä kalakannoille tärkeillä kutu- ja esiintymisalueilla tulisi välttää.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käyttövesi otetaan tällä hetkellä Lappominjärvestä. Loviisan kaupungin rakennus- ja ympäristölautakunta sekä Uudenmaan ELY-keskus katsovat, että on tärkeää selvittää eri hankevaihtojen vaikutuksia Lappominjärveen, sen ympäristöön ja Lappominlahteen. Alue nostettiin esille myös yhdessä kansalaiselta tulleessa lausunnossa, jossa käsiteltiin Lappominjärven ja Lappominlahden rehevöitymistä, vedenpinnan laskua ja linnuston katoamista.

Lausunnoissa otettiin kantaa myös ruoppauksen haitta-vaikutusten vähentämiseen oikean ajankohdan valinnalla,

lauhdevesien tarkkailualueen laajuuteen, eliöstön suojelemiseen ja meriekosysteemivaikutusten arviointiin.

Ministeriö katsoo, että jäähdytysvesien vaikutukset ovat merkittävin normaalikäytön aikaisista ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutuksista. Tästä johtuen tehtävissä mallinnuksissa tarkasteltaessa lämpökuorman ympäristövaikutuksia tulee käyttää saatavilla olevaa tietoa laajasti hyväksi. Mallinnuksessa tulee ottaa myös huomioon ilmastomuutoksen vaikutus laitoksen ympäristöön kohdistamaan kuormaan. Jäähdytysvesistä johtuvan ympäristökuormituksen laskenta tulee esittää konservatiivisesti ja tulokset tulee esittää havainnollisesti. Ministeriö toteaa myös, että vesistöihin kohdistuvia ympäristövaikutuksien arviointia ei tule rajoittaa ainoastaan jäähdytysvesiin vaan vaikutukset tulee arvioida koko laitoksen toiminnan osalta.

5.2.3 Poikkeus- ja onnettomuustilanteet

Arviointiohjelman mukaan YVA-selostukseen sisällytetään vakavan reaktorionnettomuuden mallinnus, jonka oletuksena on, että onnettomuudessa vapautuu 100 TBq Cs-137-nuklidia. Määrä vastaa ydinenergia-asetuksen mukaista vakavan onnettomuuden raja-arvoa. Arviointiohjelmassa esitetyn onnettomuusmallinnuksen tarkastelualue on 1000 km voimalaitoksesta. Selostuksessa on lisäksi tarkoitus käsitellä myös muita poikkeustilanteita, kuten tulipaloja tai kuljetuksiin liittyviä riskitilanteita sekä konventionaalisia ympäristö- ja turvallisuusriskejä.

Useat eri lausunnonantajat kiinnittivät huomiota arviointiohjelmassa esitettyyn onnettomuusmallinnukseen. Muun muassa Itävallan sekä useiden kansalaisjärjestöjen ja kansalaisten lausunnoissa mallinnuksessa käytettyä lähdetermiä sekä tarkasteltua vaikutusaluetta pidettiin liian pieninä ympäristövaikutusten arviointiin. Kansalaisjärjestöt vetosivat asian yhteydessä flexRISK- tutkimuksiin.

Myös Tanskan hätätilaviraston lausunnossa esitettiin, että onnettomuustilanteen terveys- ja ympäristövaikutuksia arvioitaessa tulisi käyttää realistisempaa lähdetermiä ja käsitellä erilaisten isotooppien sekoitusta. Hätätilavirasto kuitenkin kertoo hyväksyvänsä valitun lähdetermin käytön laskutaakan keventämiseksi. Natur och Miljö rf esittää, että arviointimenettelyssä tulisi tarkastella useampaa onnettomuusskenaariota.

Ruotsin maatalouslautakunta toteaa, että menettelyssä tulisi tarkastella onnettomuustilanteessa vapautuvien radioaktiivisten aineiden vaikutuksia Ruotsin maatalouteen, karjanhoitoon, kalastukseen, poronhoitoon, viljelyyn, maaseutuun sekä metsänhoitoon. Ruotsin saamelaiskäräjät painottavat onnettomuustilanteessa poronhoitoon kohdistuvia vaikutuksia.

Työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että Suomessa (ydinenergia-asetus 22b §) on asetettu suuren päästön raja-

arvoksi 100 TBq cesium-137 -päästölle ja tätä arvoa on käytetty lähdeterminä, joka kuvaa suomalaisissa ympäristövaikutusten arvioinneissa INES 6 -luokan onnettomuutta. Useissa lausunnoissa ja mielipiteissä on kuitenkin esitetty realistisemman lähdetermin sisällyttämistä tehtäviin tarkasteluihin. Ministeriö katsoo, että hankkeesta vastaavan on tarkoituksenmukaista esittää vertailua käytetyn lähdetermin sekä realistisemman, tarkasteltavalle laitokselle arvioidun, päästön välillä. Samassa yhteydessä hankkeesta vastaavan on myös hyvä selvittää niitä laitoksen turvallisuusperiaatteita, joilla pyritään estämään suuri päästö vakavien onnettomuuksien tilanteessa.

Lisäksi työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että poikkeus- ja onnettomuustilanteiden vaikutusten arvioinnissa ei tule rajoittua vain suojavyöhykkeeseen tai pelastustoiminnan varautumisalueeseen. YVA-selostuksessa on YVA-asetuksen mukaisesti esiteltävä erilaisia päästöjä aiheuttavia onnettomuustilanteita ja kuvattava havainnollistavien esimerkkien avulla vaikutusalueiden laajuutta sekä päästöjen vaikutuksia ihmisiin ja luontoon.

5.2.4 Ulkoiset uhat

Arviointiohjelmassa todetaan, että ilmastomuutoksen tuomia riskejä, kuten tulvia ja merenpinnan nousua, käsitellään arviointiselostuksessa. Maa- ja metsätalousministeriö, Uudenmaan ELY-keskus sekä Suomen luonnonsuojeluliitto kiinnittävät huomiota ilmastomuutoksen vaikutusten puutteelliseen käsittelyyn ohjelmassa.

Maa- ja metsätalousministeriö muistuttaa, että ilmastomuutoksen riskien huomioimista tulee edistää hankkeissa, joihin toiminnan luonteen tai pitkän toiminta-ajan takia liittyy erityisiä ilmatoriskejä. Ministeriö toteaa, että tulvariskiä olisi tullut käsitellä ohjelmassa myös ilmastomuutoksesta erillisenä tekijänä.

Suomen luonnonsuojeluliiton mukaan mahdollisia ilmastomuutoksen vaikutuksia voivat olla esimerkiksi merenpinnan nousun kiihtyminen, merenpinnan lämpötilan nousu, voimistuvien sateiden myötä lisääntyvät sedimenttivalumat, uusien lajien massaesiintymiset sekä tulvat. Liitto katsoo, että ympäristövaikutusten arvioinnin perustana tulisi olla ennakoitua olosuhteet lähellä jatkoajan loppua.

Työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että hankkeen ulkoiset uhat sekä ilmastomuutoksesta johtuvat riskit tulee ottaa huomioon hankkeen turvallisuutta arvioitaessa. STUK arvioi hankkeen turvallisuutta myöhemmin lupahakemuksen käsittelyn yhteydessä. Työ- ja elinkeinoministeriö kuitenkin katsoo, että selostuksessa tulisi arvioida ilmastomuutoksen laitospaikalla aiheuttamia ilmiöitä sekä niihin varautumista.

5.2.5 Vaikutukset ilmastoon

Arviointiohjelmassa todetaan, että hankkeen ilmastovaikutuksia tarkastellaan toiminnassa syntyvien kasvihuonepäästöjen kautta. Arviointiohjelmassa tullaan myös vertailemaan eri energiatuotantomuotojen hiilidioksidipäästöjä perustuen muun muassa eri polttoaineiden elinkaaritutkimuksiin. Uudenmaan ELY-keskus toteaa, että hankkeen ilmastovaikutukset olisi tärkeä kuvata arviointiselostuksessa oman otsikon alle rakentamisen ja käytöstäpoiston vaikutukset sekä pitkäaikaisvaikutukset eriteltynä. Ilmastovaikutusten arvioinnin kohdalla tulisi ELY-keskuksen mukaan tarkentaa, sisältyvätkö ydinpolttoaineen tuotantoketjun ja käytetyn polttoaineen loppukäsittelyn vaikutukset tarkasteluun, minkä lisäksi hankevaihtoehtojen suoria ilmastovaikutuksia olisi hyvä suhteuttaa kansallisten ilmastotavoitteiden lisäksi myös alueellisiin tavoitteisiin.

Natur och Miljö, Vesiluonnon puolesta ry sekä useat EU-kansalaiset toivat esille lausunnoissaan, että arviointimenettelyssä olisi syytä huomioida myös polttoainehuollon ympäristövaikutukset.

Loviisan Seudun Vihreät ry esittää, että arviointiselostukseen tulisi liittää taulukko, jossa eri sähköntuotantomuotojen hiilidioksidipäästöjä vertaillaan koko elinkaari huomioiden.

Porvoon kaupungin mukaan hankkeen hiilidioksidipäästöjen laskentatapaa tulisi tarkentaa arviointiselostuksessa. Maa- ja metsätalousministeriö painottaa puolestaan ilmastomuutoksen huomioimisen tärkeyttä erityisesti käytöstäpoiston tapauksessa.

Ministeriö pitää asianmukaisena, että hankkeesta vastaava tarkastelee ilmastovaikutuksia toiminnan kasvihuonepäästöjen kautta sekä vertailee eri energiantuotantomuotoja huomioiden eri polttoaineiden elinkaaren.

5.2.6 Energiamarkkinat

Arviointiohjelman mukaan sähkömarkkinoihin kohdistuvia vaikutuksia tarkastellaan vaihtoehtojen eri aikataulut huomioiden. Ohjelmassa todetaan, että käytöstäpoiston tilanteessa korvaavan sähkön tuotantomuotoa ja sijaintipaikkaa on kuitenkin vaikea arvioida.

Lausunnoissa otettiin kantaa Suomen sähköntuotantoa ja -kulutusta koskeviin ennusteisiin. Uudenmaan ELY-keskuksen ja Porvoon kaupungin näkemysten mukaan voimalaitoksen osuus Suomen sähköntuotannosta tulisi esittää läpinäkyvämmiin, ja mukaan tulisi sisällyttää pitkän aikavälin ennuste voimalaitoksen osuuden ja Suomen sähkömarkkinoiden kehityksestä. Kaupungin mukaan tämä helpottaisi eri energiantuotantomuotojen vertailua. Itävallan mukaan menettelyssä tulisi käsitellä eri skenaarioita tulevaisuuden sähköntarpeesta ja eri vaihtoehdoista sähkön tuottamiselle.

Greenpeace tuo lisäksi esille, että menettelyssä tulisi tarkastella hankkeen kokonaistaloudellisia vaikutuksia.

Ministeriö katsoo, että sähkömarkkinoihin kohdistuvien vaikutusten tarkastelu eri vaihtoehtojen aikataulut huomi-

oiden on asianmukainen. Tulokset sekä tarkastelun lähtökohdat tulee ilmaista selkeästi ja läpinäkyvästi. Ministeriö toteaa myös, että hankkeesta vastaava on sähköä tuottava ja myyvä yritys. Maanlaajuisten energiahuollon tarkastelujen tekeminen on valtiovallan tehtävä.

Lisäksi ministeriö huomauttaa, että valtioneuvosto valmistelee parhaillaan työ- ja elinkeinoministeriön johdolla uutta kansallista ilmasto- ja energiastrategiaa, jossa on pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelman mukaisesti tavoitteena Suomen hiilineutraalius vuonna 2035.

5.2.7 Käytön jatkamisen vaikutus ydinjätehuoltoon

Voimalaitoksen käytön jatkaminen lisää kertyvän matala- ja keskiaktiivisen jätteen sekä käytetyn ydinpolttoaineen kokonais määrää. Ohjelmassa arvioidaan, että käytön jatkaminen noin 20 vuodella tuottaisi noin 600 m³ matala-aktiivista ja 2 400 m³ keskiaktiivista jätettä lisää pakattuna.

Ydinjätteiden huollon menetelmät pysyisivät kuitenkin pääsääntöisesti samoina, ja VLJ-luolan olemassa olevan kapasiteetin arvioidaan riittävän myös käytön jatkamisessa syntyvien ydinjätteiden loppusijoittamiseen. Geologian tutkimuskeskuksen mukaan louhinnan laajuus käytön jatkamisen tapauksessa on kuitenkin esitetty epäselvästi eikä arviointiohjelmassa esitetä riittävän selvästi sitä, minkälaisia vaatimuksia erityisesti keskiaktiivisen jätteen lisääntyminen aiheuttaa VLJ-luolan lisätilan louhimiselle.

Merkittävin ydinjätehuoltoon liittyvä käytön jatkamisen aiheuttama muutos kohdistuisi alustavan arvion mukaan käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointiin Loviisan ydinvoimalaitoksella. Käytetyn polttoaineen vuosikertymän odotetaan olevan 24 tonnia uraania (UO₂). Käytön jatkaminen noin 20 vuodella lisäisi käytetyn ydinpolttoaineen määrää vajaalla 500 uraanitonnia vastaavalla määrällä.

Ohjelman mukaan käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin lisäys toteutettaisiin joko laajentamalla välivarastoa tai sijoittamalla ydinpolttoainetta välivaraston altaisiin nykyistä tiheämmin. Välivarastossa olevan käytetyn ydinpolttoaineen jäähdytystarpeen ei odoteta kasvavan merkittävästi polttoaineen lisääntyvästä määrästä huolimatta, sillä polttoaineen lämmöntuotto alenee koko ajan välivarastoinnin aikana. Jäähdytyskapasiteettia on kuitenkin mahdollista tarvittaessa lisätä.

Uudenmaan ELY-keskus toteaa, että arviointiselostuksessa on tärkeä kuvata, minkä vaihtoehdon perusteella käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin lisääntymisen ympäristövaikutukset arvioidaan. Ruotsin säteilyviranomaisen mukaan YVA-menettelyssä tulisi painottaa käytetyn polttoaineen välivarastoinnin lisääntymistä, sillä se lisää mahdollisuutta pitkäikäisten nuklidien vapautumiseen. Natur och Miljö rf esittää, että mikäli käytetyn polttoaineen välivarastointi toteutetaan sijoittamalla polttoainetta

varastoaltaisiin nykyistä tiheämmin, tulee vaihtoehto kuvata arviointiselostuksessa riittävällä tarkkuudella turvallisuuden varmistamiseksi.

Käytetty ydinpolttoaine on tarkoitus välivarastoinnin päätyttyä loppusijoittaa Posiva Oy:n loppusijoituslaitokseen Eurajoen Olkiluotoon. Säteilyturvakeskuksen lausunnossa nostetaan esille, että mahdollisen käytön jatkamisen yhteydessä käytettyä polttoainetta syntyisi enemmän kuin aikaisemmin on huomioitu Posivan loppusijoitushankkeen lupamenettelyissä. Posiva Oy toteaa kuitenkin omassa lausunnossaan, että loppusijoitushankkeelle myönnetty periaatepäätös ja rakentamislupa mahdollistavat polttoaineen loppusijoittamisen edellä mainittu polttoaineen lisäys huomioiden.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuutta kyseenalaistettiin Itävallan lausunnossa sekä useissa järjestöjen ja kansalaisten kannanotoissa. Esille nousi erityisesti KBS-3-menetelmän osalta tehdyt tutkimukset kuparikapselin ennenaikaisesta korroosiosta, johon Itävallan mukaan tulisi ottaa kantaa arviointiselostuksessa. Greenpeace esitti lisäksi, että ydinjätehuoltoa tulisi yleisesti käsitellä menettelyssä kattavammin erityisesti loppusijoituksen osalta.

Työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että käytön jatkamisesta aiheutuvien ydinjätteiden määrän lisääntymisestä huolimatta ydinjätehuollon menetelmät pysyvät pääsääntöisesti samoina ja tarvittavaa kapasiteettia on mahdollista lisätä. Ministeriö arvioi matala- ja keskiaktiivisen ydinjätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen määrän lisääntymisen vaikutuksia määräajoin osana Loviisan ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollon kokonaisuutta. Käytetyn ydinpolttoaineen määrän lisääntyminen ja sen vaikutukset Posiva Oy:n toimintaan on tarvittaessa huomioitava.

STUK arvioi ydinjätehuollon turvallisuutta Loviisan ydinvoimalaitoksen mahdollisten käyttölupahakemuksien käsittelyn yhteydessä. Lisäksi STUK arvioi käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuutta Posivan käyttölupahakemuksen käsittelyn yhteydessä. Ministeriön näkemyksen mukaan tässä vaiheessa on riittävää, että Fortum huolehtii siitä, että kuparikapselin korroosioon liittyvää selvitystyötä tehdään, esimerkiksi Posiva Oy:n toimesta osana kapselointi- ja loppusijoituksen käyttöluapaiheeseen valmistautumista. Lisäksi selostuksessa tulee täsmentää, minkä vaihtoehdon perusteella arvioidaan käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin lisääntymisen ympäristövaikutukset.

5.2.8 Käytöstäpoisto sekä käytetyn polttoaineen välivaraston, nestemäisten jätteiden varaston, kiinteytyslaitoksen ja VLJ-luolan itsenäistäminen

Loviisan ydinvoimalaitoksen käyttövaiheen jälkeen toteutetaan ydinvoimalaitosyksiköiden käytöstäpoisto. Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistostrategiaksi on valittu välitön purku. Purkamista edeltää kuitenkin muutamia vuosia kestävä

valmisteluvaihe. Arviointiohjelmassa on esitetty kaksi vaihtoehtoista ajankohtaa käytöstäpoistamiselle. Vaihtoehdossa 1 käytöstäpoisto tapahtuisi vuosina 2050–2060. Vaihtoehdossa 0 ja 0+ käytöstäpoisto tapahtuisi jo voimassa olevan käyttöluvun jälkeen vuosina 2030–2040.

Loviisan ydinvoimalaitoksella on käytöstäpoistostrategian mukainen käytöstäpoistosuunnitelma. Käytöstäpoistosuunnitelman lähtökohtana on tällä hetkellä ydinvoimalaitoksen 50 vuoden käyttöikä ja käytöstäpoisto voimassa olevan käyttöluvun jälkeen vuosina 2030-2040. Käytöstäpoistosuunnitelmassa esitetään kaikki käytöstäpoistoon liittyvät vaiheet ja niiden ajantasaiset suunnitelmat. Käytöstäpoistosuunnitelmaa arvioidaan määrävälein, ja suunnitelma kehittyy ydinvoimalaitoksen käyttökokemusten, viranomaispalautteen sekä kansainvälisten hankkeiden seurannan perusteella kohti lopullista suunnitelmaa ennen käytöstäpoiston toteutusta.

Käytöstäpoisto toteutetaan ajallisesti kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa itsenäistetään ydinvoimalaitosyksiköistä käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto, nestemäisten jätteiden välivarasto, kiinteytyslaitos ja VLJ-luola, sekä puretaan ydinvoimalaitosyksiköt. Toisessa vaiheessa käytetyn ydinpolttoaineen välivarastoinnin päätyttyä, eli aikaisintaan 2060-luvulla, puretaan jäljelle jääneet laitokset ja suljetaan VLJ-luola.

Loviisan ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto ja purkaminen tuottavat huomattavia määriä matala- ja keskiaktiivista jätettä, mutta käytetyn polttoaineen kertyminen loppuu käyttövaiheen päättymiseen. Käytöstäpoistoon liittyy huomattava määrä jätteiden karakterisointia, lajittelua, pakkaamista, kuljetusta ja loppusijoitusta. Ohjelman mukaan loppusijoitettavan käytöstäpoistojätteen määrä on noin 25 000 m³.

Arviointiohjelmassa on alustavasti tunnistettu merkittävimmiksi ympäristövaikutuksiksi henkilökunnan mahdollinen säteilyaltistus radioaktiivisten laitososien purkamisessa, jätteiden käsittelyssä, kuljettamisessa ja loppusijoittamisessa. Lisäksi vaikutuksia voi syntyä myös prosessivesistä, jotka käsitellään ja johdetaan puhdistettuina mereen. Myös muita toiminnan loppumiseen liittyviä ympäristövaikutuksia on alustavasti tunnistettu.

Ministeriön näkemyksen mukaan ohjelman käytöstäpoistoa koskeva osuus on riittävä. Ministeriö arvioi määräajoin Loviisan ydinvoimalaitoksen ajan tasalla saatettua käytöstäpoistosuunnitelmaa. Käytöstäpoistosuunnitelmassa käsitellään myös henkilöstön säteilysuojelusuunnittelua. Ministeriö on edellisessä arvioinnissaan kiinnittänyt huomiota suunnitelman kattavuuteen itsenäistettävien laitosten käytön ja alustavasti myös niiden käytöstäpoiston osalta. Loviisan ydinvoimalaitoksen lopullisen käytöstäpoistosuunnitelman hyväksyy käytöstäpoistoa koskevassa lupavaiheessa STUK.

5.2.9 VLJ-luolan laajentaminen, käyttö ja sulkeminen

Ohjelman mukaan VLJ-luolaa laajennetaan jo Loviisan ydinvoimalaitoksen käytön aikana käytöstäpoistojätteiden loppusijoittamista varten. Jos Loviisan ydinvoimalaitos siirtyy käytöstäpoistovaiheeseen voimassa olevan käyttöluvan päättymisen jälkeen (VE0 ja VE0+) on laajentaminen ajankoh-taista jo 2020-luvun loppupuolella ja muussa tapauksessa (VE1) 2040-luvun loppupuolella. Käytöstäpoistojätteiden loppusijoitustilat on suunniteltu nykyisten käytön aikaisten jätteiden loppusijoitustilojen yhteyteen niin, että tilat muodostavat yhtenäisen ja toimivan kokonaisuuden.

Loppusijoitustilat on sijoitettu maan alle noin 110 metrin syvyydelle merenpinnasta.

VLJ-luolan laajentamiseen liittyvä louhinta ja louheen väliaikainen varastointi on tunnistettu ohjelmassa käytöstä-poistoon valmistautumisen merkittävimmäksi ympäristövai-kutukseksi. Käytöstäpoistojätteiden sijoittamisesta syntyvä laajennustarve on ohjelman mukaan noin 57 000 m³.

Geologian tutkimuskeskus (GTK) toteaa lausunnossaan VLJ-luolan laajentamistarpeen olevan merkittävä. GTK toteaa lisäksi, että arvioinnin yhteydessä tulisi tarkastella Hästholmenin kalliomallin päivitystarvetta erityisesti vettä johtavien rakenteiden kannalta. Laajennuksen suunnittelun tulee perustua ajantasaiseen rakenne- ja hydrogeologiseen tietoon. Myös ympäristövaikutusten seurantaohjelmien päivi-tystarvetta on tarkennettava eri vaihtoehtojen vaikutuksien kannalta. Ilmaston lämpeneminen, sademäärän muutokset ja lyhenevä talvikausi vaikuttavat muun muassa kalliopohjave-sien seurantaan.

Uudenmaan ELY-keskus pitää niin ikään tärkeänä, että se-lostuksessa esitetään viimeisimpiin tutkimustuloksiin pohjau-tuva malli maaperä-, kallioperä- ja pohjavesiolosuhteista sekä arvio kalliotiloihin kertyvistä vuotovesistä. ELY-keskus esittää lisäksi, että arviointiselostuksessa tulisi tarkentaa VLJ-luolan laajentamisessa syntyvän louheen hyötykäyttöä.

Ohjelman mukaan luolan käyttö jatkuisi joko 2060-luvulle (VE0, VE0+) tai noin vuoteen 2090 (VE1) saakka. Käytön pää-tyttyä luola suljetaan täyttämällä vapautumisesteitä sisältä-vät tilat sekä ajotunneli, minkä jälkeen alue jää viranomaisten jälkivalvontaan.

Ohjelman mukaan VLJ-luolan sulkemisen jälkeistä pitkä-aikaisturvallisuutta arvioidaan osa ympäristövaikutusten arviointia. Hankkeesta vastaava laati vuonna 2018 Loviisan voimalaitoksen käytön ja käytöstäpoiston aikana syntyvän radioaktiivisen jätteen loppusijoitusta käsittelevän turvalli-suusperustelun. Turvallisuusperustelussa osoitetaan loppu-sijoituksen pitkäaikaisturvallisuutta koskevien vaatimusten täyttyminen. Ohjelman mukaan arviointiselostuksessa tullaan esittämään STUKin vuonna 2019 hyväksymän turval-lisuusperustelun keskeiset tulokset ja arvioidaan erikseen muun muassa voimalaitoksen käyttöiän pidentämisen vaiku-tuksen pitkäaikaisturvallisuuteen.

Työ- ja elinkeinoministeriö pitää tärkeänä, että hankkeesta vastaava arvioi maaperä-, kallioperä- ja pohjavesiolosuhteita kuvaavien mallien ajantasaisuuden, kalliotiloihin kertyvien vuo-tovesien määrän ja seurantaohjelman päivitystarpeet. Myös VLJ-luolan laajentamisessa syntyvän louheen hyötykäyttöä tulee tarkentaa selostuksessa. VLJ-luolan laajennus on mer-kittävä verrattuna olemassa olevaan laajuuteen. VLJ-luolan käyttöikä pitenee esitetyissä vaihtoehdoissa voimassa olevaa käyttöilupaa pidemmälle ajalle. Pidempi käyttöikä edellyttää uuden käyttöluvan hakemista luolalle. VLJ-luolan voimassa oleva käyttölupa ulottuu vuoteen 2055 asti.

Ministeriön näkemyksen mukaan selostuksessa on hyvä tuoda selkeästi esille VLJ-luolan tuleva lupamenettely luolan laajennustarve huomioiden sekä käyttöluvalla loppusijoitet-tavien radioaktiivisten jätteiden kokonaisuus. Käyttöluvan pituudessa on huomioitava mahdollisuuksien mukaan myös luolan sulkeminen, sillä voimassa olevan ydinenergialain mukaan loppusijoituslaitokset suljetaan käyttöluvan nojalla. Säteilyturvakeskus arvioi käyttölupamenettelyn yhteydessä VLJ-luolan pitkäaikaisturvallisuutta.

5.3 YDINJÄTEHUOLTOYHTEISTYÖ

Vaihtoehdot 1 ja 0+ sisältävät mahdollisuuden vastaanot-taa, käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa pieniä määriä muualla Suomessa syntynyttä radioaktiivista jätettä. Muualla syntynyt jäte on tyypillisesti peräisin teollisuudesta, yliopis-toista, tutkimuslaitoksilta ja sairaaloista. Ohjelmassa on arvioitu, että Loviisan voimalaitokselle sijoitettavan muualla Suomessa muodostuneen jätteen määrä on korkeintaan 2 000 m³, mikä on murto-osa loppusijoitettavan ydinjätteen kokonaismäärään verrattuna. VTT pitää arviointiohjelmassa esitettyä muualta Suomesta tulevan jätteen määrää riittävä-nä varautumisena.

Loviisan voimalaitokselle on tarkoitus sijoittaa myös VTT:n FIR 1 -tutkimusreaktorin sekä Otakaari 3:ssa sijaitsevan tutkimuslaboratorion käyttö- ja käytöstäpoistojätteet. Fortum ja VTT ovat allekirjoittaneet sopimuksen tutkimusreaktorin purkamisesta sekä tutkimusreaktorin ja käytöstä poistettavan tutkimuslaboratorion jätehuollon palveluista. Lisäksi tutkimus-reaktorin käytöstäpoiston yhtenä vaihtoehtona on väliva-rastoida käytettyä ja käyttämätöntä polttoainetta Loviisan voimalaitoksella. VTT:n jätteiden tuominen Loviisan voimalai-tosalueelle edellyttää ydinenergialain mukaista lupaa.

Lausunnoissa suhtaudutaan pääosin positiivisesti muualla Suomessa syntyneiden jätteiden vastaanottamiseen Loviisan ydinvoimalaitoksella. VTT sekä Natur och Miljö rf toteavat, että tällaisten jätteiden vastaanotto Loviisassa on tärkeä Suomen kansallisen radioaktiivisten jätteiden huollon kannal-ta. Natur och Miljö rf:n mukaan Suomen tulisikin ottaa vastuu näiden jätteiden loppusijoituksesta. Loviisan Seudun Vihreät esittivät, että menettelyyn tulisi sisällyttää vaihtoehto, jossa voimalaitoksen käyttöä jatkettaisiin, mutta laitosalueelle ei tuotaisi muualla Suomessa syntyneitä jätteitä.

STUK:n mukaan arviointiselostuksessa tulisi ilmoittaa myös muualta Suomesta tulevan jätteen arvioitu aktiivisuu-den määrä, nuklidikoostumus ja radioaktiivisten aineiden fysikaalinen ja kemiallinen olomuoto.

Työ- ja elinkeinoministeriön näkemyksen mukaan kaikelle Suomessa syntyneelle radioaktiiviselle jätteelle tulee olla kä-sittely- ja loppusijoitusreitti. Muualla Suomessa syntyneiden jätteiden käsittely ja loppusijoitus Loviisan ydinvoimalaitos-alueelle täydentäisi merkittävällä tavalla kansallista radioak-tiivisten aineiden jätehuollon kokonaisuutta. Ministeriö näkee, että hankkeesta vastaavan on mahdollista tarkentaa STUK:n esille nostamia jätteiden ominaisuuksia koskevia tietoja arviointiselostuksessa vain varsin yleisellä tasolla. Säteilyturvakeskus arvioi muualla Suomessa syntyneiden ra-dioaktiivisten jätteiden huollon turvallisuutta osana Loviisan ydinvoimalaitoksen jätehuollon kokonaisuutta Loviisan ydin-voimalaitoksen ja VLJ-luolan lupamenettelyjen yhteydessä.

5.4 HANKKEESTA VASTAAVAN JA YHTEYSVIRANOMAISEN PÄTEVYYS

Arviointiohjelma sisältää tiedot arviointiohjelman laatijoiden pätevyydestä. Ministeriö katsoo, että hankkeesta vastaaval-la on käytettävissään riittävä asiantuntemus ympäristövaiku-tusten arviointiohjelman laadintaan.

Yhteysviranomaisena toimiva työ- ja elinkeinoministeriö on varmistunut, että sen omalla ympäristövaikutusten arvioin-tiohjelman tarkasteluun ja yhteysviranomaisen lausunnon laadintaan osallistuvalla henkilöstöllä on arvioinnin kohteena olevan hankkeen laadun ja laajuuden sekä tehtävän vaativuu-den edellyttämä riittävä asiantuntemus.

5.5 SUUNNITELMA ARVIOINTIMENETTELYN JA SIIHEN LIITTYVÄN OSALLISTUMISEN JÄRJESTÄMISESTÄ

Arviointiohjelma sisältää suunnitelman arviointimenettelyn ja siihen liittyvän osallistumisen ja vuorovaikutuksen järjestä-misestä. Ohjelmassa kuvataan YVA-ohjelman ja myöhemmin YVA- selostuksen yhteydessä järjestettävät yleisötilaisuudet. Arviointimenettelyä varten aiotaan perustaa eri sidosryh-mistä koostuva seurantaryhmä. Lisäksi selostusvaiheessa järjestetään kysely lähialueen asukkaille sekä pienryhmätilai-suuksia eri kohderyhmille.

Uudenmaan ELY-keskus ja Greenpeace pitävät tärkeänä, että vallitsevan pandemiatilanne huomioidaan osallistumis-järjestelyissä. Natur och Miljö rf ehdottaa, että ohjelmassa mainittu kansalaiskysely kattaisi koko Suomen tai vähintään Etelä-Suomen asukkaat, sillä mahdollinen ydinonnettomuus vaikuttaisi laajemmalle kuin ohjelmassa esitetyn 20 kilomet-rin etäisyydelle.

Työ ja elinkeinoministeriö toteaa, että YVA-selostuksen valmistuttua ministeriö kuuluttaa siitä ja asettaa sen nähtä-

ville sekä pyytää siitä viranomaisten ja mahdollisten muiden tahojen lausunnot. YVA-selostuksesta järjestetään yleisö-tilaisuus, jonka yhteydessä järjestetään kaikille riittävät mahdollisuudet osallistua tilaisuuteen olosuhteet huomioi-den. Työ ja -elinkeinoministeriön YVA-selostuksesta yhteysviranomaisena antama perusteltu päätelmä toimi-tetaan tiedoksi vaiku- tusalueen kunnille ja asianomaisille viranomaisille.

5.6 YVA-MENETTELYN AIKATAULU

Arviointiohjelma sisältää hankkeen sekä YVA-menettelyn alustavan aikataulun. Ohjelmassa esitetyn arvion mukaan hankkeesta vastaava luovuttaa arviointiselostuksen yhteys-viranomaiselle elokuussa 2021. Arviointiselostuksen nähtävil-läoloaika olisi vuoden 2021 syys- ja lokakuussa. Yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä annettaisiin tällöin joulukuussa 2021.

6 Yhteysviranomaisen lausunnosta tiedottaminen

Yhteysviranomainen toimittaa lausuntonsa ja muut lausunnot ja mielipiteet hankkeesta vastaavalle. Yhteysviranomaisen lausunto toimitetaan samalla tiedoksi asianomaisille viran-omaisille sekä julkaistaan yhteysviranomaisen verkkosivuilla.

Elinkeinoministeri Mika Lintilä	
Erityisasiantuntija Jaakko Louvanto	
Jakelu	Fortum Power and Heat Oy
Tiedoksi	Työ- ja elinkeinoministeriö Asianomaiset viranomaiset Muut lausunnonantajat

LIITE 3

Yhteysviranomaisen lausunnon huomioon ottaminen arviointiselostusta laadittaessa

Yhteysviranomaisena toimiva työ- ja elinkeinoministeriö antoi lausuntonsa hankkeen YVA-ohjelmasta 26.11.2020. Lausunnon mukaan Fortum Power and Heat Oy:n laatima YVA-ohjelma kattaa YVA-asetuksen 3 §:n mukaiset sisältövaatimukset. Yhteysviranomainen katsoi, että arviointiohjelma oli laajuudeltaan ja tarkkuudeltaan riittävä suunnitelma hankkeen ympäristövaikutusten arvioimiseksi edellyttäen, että yhteysviranomaisen lausunnossa esitetyt asiat otetaan huomioon hankkeen edetessä ja YVA-menettelyn myöhemmissä vaiheissa. Lisäksi lausunnoissa ja mielipiteissä on esitetty muitakin kysymyksiä, huomautuksia ja näkökohtia, joihin hankkeesta vastaavan on syytä kiinnittää huomiota. Arviointiselostuksessa on esitettävä YVA-asetuksen 4 § kohdan 15 mukaisesti selvitys siitä, miten yhteysviranomaisen lausunto arviointiohjelmasta on otettu huomioon.

Oheisessa taulukossa on tiivistetysti esitetty asiat, joihin yhteysviranomaisen lausunnon mukaan tulee kiinnittää huomiota vaikutusten arviointityön aikana tai täydentää arviointiselostuksen laadinnassa. Taulukon oikeanpuoleisessa sarakkeessa on kuvattu, miten lausunnot on otettu huomioon YVA-selostuksessa.

Yhteysviranomaisen lausunnon pääkohdat	Huomiointi YVA-selostuksessa
5.1 Hankekuvaus ja vaihtoehdot	
YVA-asetuksen mukaan arviointiohjelmassa on esitettävä hankkeen kohtuulliset vaihtoehdot, jotka ovat hankkeen ja sen erityisominaisuuksien kannalta varteenotettavia. Yhtenä vaihtoehtona tulee olla hankkeen toteuttamatta jättäminen. Vaihtoehtojen määrittäminen ja tarkasteleminen ovat YVA-menettelyn keskeisiä osia, sillä tarkoitus on tuottaa tietoa hankkeen vaihtoehtoisten ratkaisujen vaikutuksista ja pyrkiä vähentämään hankkeen aiheuttamia haitallisia ympäristövaikutuksia.	Ei huomioitavaa ohjelmassa esitettyyn.
5.1.1 Käytön jatkaminen	
Yhteysviranomainen on lausunnossaan kuvannut käytön jatkamisen hankevaihtoehtoa (VE1), jossa käyttöä jatkettaisiin enintään 20 vuodella. Käytön jatkaminen voi edellyttää joitakin modernisointi- ja rakentamistöitä. Käytetyn polttoaineen välivarastoa joko laajennettaisiin tai sen kapasiteettia lisättäisiin. Jäähdytysveden ottorakenteisiin liittyen tehtäisiin mahdollisesti jäähdytysveden lämpötilan alentamiseen tähtääviä vesirakennustöitä. Joitakin vanhoja rakennuksia, kuten vastaanottovarasto ja jätevesilaitos, saatetaan korvata uusilla rakennuksilla, minkä lisäksi voimalaitoksen käyttö- ja jätevesiyhteyksiin saatetaan tehdä muutoksia. Vaihtoehdossa 1 varauduttaisiin myös käytöstäpoistoon.	Teknis-taloudellisiin selvityksiin perustuen vesistörakentamistöitä ei kuitenkaan suunnitella toteutettavan ja tämän vuoksi niitä ei tarkastella YVA-selostuksessa.
5.1.2 Nollavaihtoehdot	
Yhteysviranomainen on lausunnossaan kuvannut kahta nollavaihtoehtoa (VE0, VE0+). Voimalaitoksen käytöstäpoistamiselle tulee hakea käytöstäpoistolupa. Käytöstäpoistosta säädetään ydinenergialaissa ja –asetuksessa sekä Säteilyturvakeskuksen määräyksissä ja ohjeissa. Yhteysviranomaisen lausunnossa ei tullut esille asioita, joita on erikseen tarpeen ottaa huomioon ympäristövaikutusten arvioinnissa.	Ei huomioitavaa ohjelmassa esitettyyn.
5.1.3 Vaihtoehtojen vertailu	
Yhteysviranomaisen lausunnossa ei tullut esille asioita, joita on erikseen tarpeen ottaa huomioon ympäristövaikutusten arvioinnissa.	Ei huomioitavaa ohjelmassa esitettyyn.

Yhteysviranomaisen lausunnon pääkohdat	Huomiointi YVA-selostuksessa
5.2 Vaikutukset ja niiden selvittäminen	
5.2.1 Käytön jatkaminen ja laitoksen ikääntymisen hallinta	
Työ- ja elinkeinoministeriö pitää lausunnossa tärkeänä, että mahdolliseen käytön jatkamiseen ja käytöstäpoistoon liittyvät riskitekijät sekä laitoksen ikääntymisen vaikutukset selvitetään sekä keinot vaikutusten estämiseksi tai lieventämiseksi arvioidaan huolellisesti. STUK arvioi käytön jatkamisen tai käytöstäpoiston turvallisuutta myöhemmin lupahakemuksen käsittelyn yhteydessä. Ministeriö katsoo, että selostuksessa tulisi kuvata - tiiviisti niitä menetelmiä, joilla ikääntymistä seurataan sekä vähennetään ikääntymisen seurauksia. - Erityisesti tulisi kuvata niitä menetelmä, joilla ehkäistään mahdollisia ikääntymisestä seuraavia onnettomuus- sekä siten suuren päästön riskejä, kuten paineastian ikääntymistä. - Selostuksessa tulisi myös käsitellä BAT-periaatteen soveltamista päästöjen pienentämiseen tai ehkäisemiseen.	Säteilyturvallisuuteen, mm. ydinturvallisuuden arviointiin ja parantamiseen sekä onnettomuusriskeihin keski-tytään luvussa 7. Ikääntymisen hallinta ja kunnossapito samoin kuin tähän liittyvät selvitys-, kehitys- ja parannuskohteet on esitetty luvussa 4.1. Toimenpiteitä ja menetelmiä on käsitelty myös luvuissa 7.8 Turvallisuuden arviointi ja parantaminen, 9.10.4 Käytön jatkamisen ympäristövaikutukset. BAT-periaatteen toteutumisen varmistaminen on esitetty luvussa 4.12.3.
5.2.2 Jäähdytysveden otto, vesirakentaminen, vaikutukset vesistöihin ja niiden eliöstöön	
Arviointiohjelman mukaan käytön jatkamisen merkittävin ympäristövaikutus on jäähdytysveden palauttamisesta aiheutuva lämpökuorma lähimerialueeseen. Vaihtoehdon 1 yhteydessä on kerrottu mahdollisista jäähdytysveden ottorakenteen edustan ja lähimerialueen vesirakennustöistä, jonka tarkoituksena on alentaa otettavan ja mahdollisesti myös palautettavan jäähdytysveden lämpötilaa. Ohjelmassa on tunnistettu, että vesirakentamiseen liittyvästä ruoppauksesta, louhinnasta ja uuden pengerrakenteen rakentamisesta voi syntyä ympäristövaikutuksia.	Vesistöarakentaminen poistettiin arviointi-menettelystä teknis-taloudellisten arviointien perusteella, asian tarkastelua jatketaan Fortumin sisäisessä projektissa (luku 9.16.8).
Jäähdytysveden ottamiseen liittyvät vaikutukset nostettiin esille useassa lausunnossa. Olisi erityisen tärkeänä, että menettelyssä arvioidaan kaikki toimenpiteet, joilla mereen johdettavaa lämpökuormaa voidaan vähentää. Arviointimenettelyssä olisi myös huomioitava ilmastomuutoksen aiheuttaman meriveden lämpenemisen vaikutukset mereen palautettavan veden lämpötilaan.	Jäähdytysvesimallinnuksen lähtötiedot ja arviointi-menetelmät on kuvattu luvussa 9.16.2 ja liitteessä 4. Haitallisten vaikutusten lieventämiskeinoja on kuvattu luvussa 9.16.8.
Lausunnoissa esitettiin että, ruoppausalueen sedimenttien keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät tulisi selvittää ja arvioida näiden mahdollista vapautumista ruoppaustöiden yhteydessä. Selostuksessa tulisi myös tarkentaa tietoja sedimenttien haitta-aineselvityksestä, vesirakennustöiden (mm. uusi pengerrakenne) vaikutuksista virtausolosuhteisiin sekä jäähdytysvesimallinnukseen sekä virtauskenttien muutoksien vaikutuksista radioaktiivisten aineiden kulkeutumiseen.	Ruoppausten ja vesirakennustöiden vaikutuksia ei ole arvioitu, koska toiminto jätettiin pois ympäristövaikutusten arvioinnista (ks. edellä). Sedimenttejä tarkkaillaan osana Fortumin säteily-valvontaohjelmaa (ks. luku 9.8.3.4).
Lausunnoissa tuotiin esille, että vesistövaikutuksia arvioidessa tulisi huomioida eri tekijöiden, kuten lämpökuorman, veden samentumisen ja tyyppipäästöjen, yhteisvaikutukset ja kiinnittää huomiota vesistöjen eliöstöön kohdistuviin vaikutuksiin. Varovaisuusperiaatetta tulisi noudattaa ja esimerkiksi toimenpiteitä kalakannoille tärkeillä kutu- ja esiintymisalueilla välttää.	Vaikutukset merialueella on arvioitu luvussa 9.16. Arvioinnissa on huomioitu yhteisvaikutukset sekä arvioitu vesieliöstöön kohdistuvat vaikutukset.

Yhteysviranomaisen lausunnon pääkohdat	Huomiointi YVA-selostuksessa
Loviisan ydinvoimalaitoksen käyttövesi otetaan tällä hetkellä Lappominjärvestä. On tärkeää selvittää eri hankevaihtojen vaikutuksia Lappominjärveen, sen ympäristöön ja Lappominlahteen.	Lappominjärveen kohdistuvat vaikutukset on arvioitu luvuissa 9.16.4.7 ja 9.16.5.7.
Työ- ja elinkeinoministeriö katsoo, että jäähdytysvesien vaikutukset ovat merkittävin normaalikäytön aikaisista ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutuksista. Tästä johtuen tehtävissä mallinnuksissa tarkasteltaessa lämpökuorman ympäristövaikutuksia tulee käyttää saatavilla olevaa tietoa laajasti hyväksi. - Mallinnuksessa tulee ottaa myös huomioon ilmastomuutoksen vaikutus laitoksen ympäristöön kohdistamaan kuormaan. - Jäähdytysvesistä johtuvan ympäristökuormituksen laskenta tulee esittää konservatiivisesti ja tulokset tulee esittää havainnollisesti. - Ministeriö toteaa myös, että vesistöihin kohdistuvia ympäristövaikutuksien arviointia ei tule rajoittaa ainoastaan jäähdytysvesiin vaan vaikutukset tulee arvioida koko laitoksen toiminnan osalta.	Mallinnustulokset on esitetty YVA-selostuksen liitteessä 4 sekä vesistövaikutus- arvioinnissa luvussa 9.16. Mallinnuksessa huomioitiin ilmaston-muutoksen vaikutus, tulokset esitettiin konservatiivisesti kuvilla havainnollistaen. Vesistövaikutukset on arvioitu laitoksen koko toiminnan osalta luvussa 9.16.
5.2.3 Poikkeus- ja onnettomuustilanteet	
Työ- ja elinkeinoministeriö sai useita lausuntoja, joissa oli kiinnitetty huomiota arviointiohjelmassa esitettyyn vakavan reaktorionnettomuuden onnettomuusmallinnukseen. Työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että Suomessa (ydinenergia-asetus 22b §) on asetettu suuren päästön raja-arvoksi 100 TBq cesium-137 -päästölle ja tätä arvoa on käytetty lähdeterminä, joka kuvaa suomalaisissa ympäristövaikutusten arvioinneissa INES 6 -luokan onnettomuutta. Useissa lausunnoissa ja mielipiteissä on kuitenkin esitetty realistisemman lähdetermin sisällyttämistä tehtäviin tarkasteluihin. Ministeriö katsoo, että hankkeesta vastaavan on tarkoituksenmukaista esittää vertailua käytetyn lähdetermin sekä realistisemman, tarkasteltavalle laitokselle arvioidun, päästön välillä. Samassa yhteydessä hankkeesta vastaavan on myös hyvä selvittää niitä laitoksen turvallisuusperiaatteita, joilla pyritään estämään suuri päästö vakavien onnettomuuksien tilanteessa.	Vakavan reaktorionnettomuuden mallinnus tehtiin suunnitelman mukaisesti. Päästö koostuu yhteensä 200 nuklidista tai olomuodosta. Päästössä vapautuu 100 TBq Cs-137-nuklidia ja muita radionuklideja samassa suhteessa kuin niitä Cs-137-nukliidiin nähden oletetaan onnettomuudessa vapautuvan. Realistisempana päästönä on tarkasteltu onnettomuus-tapausta, jossa primääripiiristä syntyy suuri vuoto sekundääripiiriin. Häiriö- ja onnettomuus-tilanteiden luokittelu ja niitä koskevat vaatimukset on esitetty luvussa 7.4. Turvallisuusperiaatteita on esitetty luvussa 7.5. Vakavan reaktorionnettomuuden mallinnus on esitetty luvussa 9.21 ja Suomen valtion rajat ylittävät vaikutukset luvussa 9.24. Muut poikkeus- ja onnettomuustilanteet on esitetty luvussa 9.22 ja yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa luvussa 9.23.
Lisäksi työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että poikkeus- ja onnettomuustilanteiden vaikutusten arvioinnissa ei tule rajoittaa vain suojavyöhykkeeseen tai pelastustoiminnan varautumisalueeseen. YVA-selostuksessa on YVA-asetuksen mukaisesti esiteltävä erilaisia päästöjä aiheuttavia onnettomuustilanteita ja kuvattava havainnollistavien esimerkkien avulla vaikutusalueiden laajuutta sekä päästöjen vaikutuksia ihmisiin ja luontoon.	Vakavan reaktorionnettomuuden vaikutuksia on arvioitu 1 000 km etäisyydelle saakka (luvut 9.21 ja 9.24). Realistisemman onnettomuus-tapauksen (suuri vuoto primääri-piiristä sekundääripiiriin) vaiku-tuksia on tarkasteltu 100 km etäisyydelle saakka (luku 9.22).

Yhteysviranomaisen lausunnon pääkohdat	Huomiointi YVA-selostuksessa
5.2.4 Ulkoiset uhat	
Työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että hankkeen ulkoiset uhat sekä ilmastonmuutoksesta johtuvat riskit tulee ottaa huomioon hankkeen turvallisuutta arvioitaessa. STUK arvioi hankkeen turvallisuutta myöhemmin lupahakemuksen käsittelyn yhteydessä. Työ- ja elinkeinoministeriö kuitenkin katsoo, että selostuksessa tulisi arvioida ilmastonmuutoksen laitospaikalla aiheuttamia ilmiöitä sekä niihin varautumista.	Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on käsitelty luvussa 9.12 sekä pintavesi- ja kalastovaikutusten arvioinnissa (luvut 9.16-9.17). Varautumista ulkoiisiin ughiin ja ilmastonmuutokseen on käsitelty luvussa 7.5.6.
5.2.5 Vaikutukset ilmastoon	
Hankkeen ilmastovaikutukset olisi tärkeä kuvata arviointiselostuksessa oman otsikkonsa alle rakentamisen ja käytöstäpoiston vaikutukset sekä pitkäaikaisvaikutukset eriteltynä. Ilmastovaikutusten arvioinnin kohdalla tulisi tarkentaa, sisältäytvätkö ydinpolttoaineen tuotantoketjun ja käytetyn polttoaineen loppukäsittelyn vaikutukset tarkasteluun, minkä lisäksi hankevaihtoehtojen suoria ilmastovaikutuksia olisi hyvä suhteuttaa kansallisten ilmastotavoitteiden lisäksi myös alueellisiin tavoitteisiin.	Ilmastovaikutukset on kuvattu käytön jatkamisen ja käytöstäpoiston osalta luvuissa 9.12.4 ja 9.12.5. Luvussa 9.12.4 on käsitelty eri energiatuotantomuotojen kasvihuonekaasupäästöjä niiden elinkaaren ajalta. Lisäksi ilmastovaikutuksia on tarkasteltu suhteessa ilmastotavoitteisiin.
Lausunnoissa tuotiin esille, että arviointimenettelyssä olisi syytä huomioida myös polttoainehuollon ympäristövaikutukset. Myös eri sähköntuotantomuotojen hiilidioksidipäästöjä tulisi vertailla koko elinkaari huomioiden esim. taulukossa.	Ydinpolttoaineen hankinnan ympäristövaikutuksia on käsitelty luvussa 9.9.4. Luvussa 9.12.4 on käsitelty eri energiatuotantomuotojen kasvihuonekaasupäästöjä niiden elinkaaren ajalta.
Lausunnoissa tuotiin esille, että hankkeen hiilidioksidipäästöjen laskentatapaa tulisi tarkentaa arviointiselostuksessa. Lisäksi ilmastonmuutoksen huomioiminen on tärkeää erityisesti käytöstäpoiston tapauksessa.	Laskentatapa on kuvattu luvussa 9.12.2.
Työ- ja elinkeinoministeriö pitää asianmukaisena, että hankkeesta vastaava tarkastelee ilmastovaikutuksia toiminnan kasvihuonepäästöjen kautta sekä vertailee eri energiantuotantomuotoja huomioiden eri polttoaineiden elinkaaren.	Kasvihuonekaasupäästöjä ja ilmastonmuutosta on käsitelty luvussa 9.12.
5.2.6 Energiamarkkinat	
YVA-ohjelmasta annetuissa lausunnoissa otettiin kantaa Suomen sähköntuotantoa ja -kulutusta koskeviin ennusteisiin. Voimalaitoksen osuus Suomen sähköntuotannosta tulisi esittää läpinäkyvämmiin ja mukaan tulisi sisällyttää pitkän aikavälin ennuste voimalaitoksen osuuden ja Suomen sähkömarkkinoiden kehityksestä, tulisi käsitellä eri skenaarioita tulevaisuuden sähköntarpeesta ja eri vaihtoehdoista sähkön tuottamiselle sekä tarkastella hankkeen kokonaistaloudellisia vaikutuksia.	Vaikutuksia energiamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen on tarkasteltu luvussa 9.11.
Työ- ja elinkeinoministeriö toteaa saaduista lausunnoista seuraavasti: sähkömarkkinoihin kohdistuvien vaikutuksien tarkastelu eri vaihtoehtojen aikataulut huomioiden on asianmukainen. Tulokset sekä tarkastelun lähtökohdat tulee ilmaista selkeästi ja läpinäkyvästi. Ministeriö toteaa myös, että hankkeesta vastaava on sähköä tuottava ja myyvä yritys. Maanlaajuisten energiahuollon tarkastelujen tekeminen on valtiovallan tehtävä. Lisäksi ministeriö huomauttaa, että valtioneuvosto valmistelee parhaillaan työ- ja elinkeinoministeriön johdolla uutta kansallista ilmasto- ja energiastrategiaa, jossa on pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelman mukaisesti tavoitteena Suomen hiilineutraalius vuonna 2035.	Aluetaloudelliset vaikutukset on arvioitu luvussa 9.13.

Yhteysviranomaisen lausunnon pääkohdat	Huomiointi YVA-selostuksessa
5.2.7 Käytön jatkamisen vaikutus ydinjätehuoltoon	
Voimalaitoksen käytön jatkaminen lisää kertyvän matala- ja keskiaktiivisen jätteen sekä käytetyn ydinpolttoaineen kokonaismäärää. Ydinjätteiden huollon menetelmät pysyisivät kuitenkin pääsääntöisesti samoina, ja VLJ-luolan olemassa olevan kapasiteetin arvioidaan riittävän myös käytön jatkamisessa syntyvien ydinjätteiden loppusijoittamiseen. Geologian tutkimuskeskuksen mukaan louhinnan laajuus käytön jatkamisen tapauksessa on kuitenkin esitetty epäselvästi eikä arviointiohjelmassa esitetä riittävän selvästi sitä, minkälaisia vaatimuksia erityisesti keskiaktiivisen jätteen lisääntyminen aiheuttaa VLJ-luolan lisätilan louhimiselle.	Tarvittavien lisätilojen louhintatilavuutta käsitellään mm. luvuissa 5.2.1 ja 9.10.5.2. Käytön jatkamisen aikana syntyvän keskiaktiivisen jätteen määrää käsitellään luvussa 4.7.
Uudenmaan ELY-keskus toteaa, että arviointiselostuksessa on tärkeä kuvata, minkä vaihtoehdon perusteella käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin lisääntymisen ympäristövaikutukset arvioidaan. Ruotsin säteilyviranomaisen mukaan YVA-menettelyssä tulisi painottaa käytetyn polttoaineen välivarastoinnin lisääntymistä, sillä se lisää mahdollisuutta pitkäikäisten nuklidien vapautumiseen. Natur och Miljö rf esittää, että mikäli käytetyn polttoaineen välivarastointi toteutetaan sijoittamalla polttoainetta varastoaltaisiin nykyistä tiheämmin, tulee vaihtoehto kuvata arviointiselostuksessa riittävällä tarkkuudella turvallisuuden varmistamiseksi.	Molemmat välivarastointivaihtoehdot on kuvattu luvussa 4.6.
Käytetty ydinpolttoaine on tarkoitus välivarastoinnin päätyttyä loppusijoittaa Posiva Oy:n loppusijoituslaitokseen Eurajoen Olkiluotoon. Säteilyturvakeskuksen lausunnossa nostetaan esille, että mahdollisen käytön jatkamisen yhteydessä käytettyä polttoainetta syntyisi enemmän kuin aikaisemmin on huomioitu Posivan loppusijoitushankkeen lupamenettelyissä. Posiva Oy toteaa kuitenkin omassa lausunnossaan, että loppusijoitushankkeelle myönnetty periaatepäätös ja rakentamislupa mahdollistavat polttoaineen loppusijoittamisen edellä mainittu polttoaineen lisäys huomioiden.	Käytetyn ydinpolttoaineen määrää käsitellään luvussa 5.9. ja määrän kasvun vaikutuksia luvussa 10.2.2.
Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuutta kyseenalaistettiin Itävallan lausunnossa sekä useissa järjestöjen ja kansalaisten kannanotoissa. Esille nousi erityisesti KBS-3-menetelmän osalta tehdyt tutkimukset kuparikapselin ennenaikaisesta korroosiosta, johon Itävallan mukaan tulisi ottaa kantaa arviointiselostuksessa. Greenpeace esitti lisäksi, että ydinjätehuoltoa tulisi yleisesti käsitellä menettelyssä kattavammin erityisesti loppusijoituksen osalta.	Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen ympäristö- vaikutuksia on arvioitu erillisessä Posiva Oy:n laatimassa YVAssa ja näitä vaikutuksia on referoitu lyhyesti tässä YVA-selostuksessa luvussa 9.10.5.1.
Työ- ja elinkeinoministeriö toteaa, että käytön jatkamisesta aiheutuvien ydinjätteiden määrän lisääntymisestä huolimatta ydinjätehuollon menetelmät pysyvät pääsääntöisesti samoina ja tarvittavaa kapasiteettia on mahdollista lisätä. Ministeriö arvioi matala- ja keskiaktiivisen ydinjätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen määrän lisääntymisen vaikutuksia määräajoin osana Loviisan ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollon kokonaisuutta. Käytetyn ydinpolttoaineen määrän lisääntyminen ja sen vaikutukset Posiva Oy:n toimintaan on tarvittaessa huomioitava. STUK arvioi ydinjätehuollon turvallisuutta Loviisan ydinvoimalaitoksen mahdollisten käyttölupahakemuksien käsittelyn yhteydessä. Lisäksi STUK arvioi käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuutta Posivan käyttölupahakemuksen käsittelyn yhteydessä. Ministeriön näkemyksen mukaan tässä vaiheessa on riittävää, että Fortum huolehtii siitä, että kuparikapselin korroosioon liittyvää selvitystyötä tehdään, esimerkiksi Posiva Oy:n toimesta osana kapselointi- ja loppusijoituksen käyttölupavaiheeseen valmistautumista. Lisäksi selostuksessa tulee täsmentää, minkä vaihtoehdon perusteella arvioidaan käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointikapasiteetin lisääntymisen ympäristövaikutukset.	Käytetyn ydinpolttoaineen määrän lisäystä on käsitelty luvuissa 5.9 ja 10.2.2. Posiva esittää käyttölupa- hakemuksensa yhteydessä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen pitkäaikais- turvallisuusperustelun (luku 9.10.5.1). Molemmat välivarastointi- vaihtoehdot on kuvattu luvussa 4.6. Vertailu on esitetty luvussa 10.2.2. Vaihtoehtojen väliset erot ovat vähäisiä (luku 9.10.4.1).
5.2.8 Käytöstäpoisto sekä käytetyn polttoaineen välivaraston, nestemäisten jätteiden varaston, kiinteytyslaitoksen ja VLJ-luolan itsenäistäminen	
Työ- ja elinkeinoministeriön näkemyksen mukaan ohjelman käytöstäpoistoa koskeva osuus on riittävä. Ministeriö arvioi määräajoin Loviisan ydinvoimalaitoksen ajan tasalla saatettua käytöstäpoistosuunnitelmaa. Käytöstäpoistosuunnitelmassa käsitellään myös henkilöstön säteilysuojelusuunnittelua. Ministeriö on edellisessä arvioinnissaan kiinnittänyt huomiota suunnitelman kattavuuteen itsenäistettävien laitosten käytön ja alustavasti myös niiden käytöstäpoiston osalta. Loviisan ydinvoimalaitoksen lopullisen käytöstäpoistosuunnitelman hyväksyy käytöstäpoistoa koskevassa lupavaiheessa STUK.	Käytöstäpoisto käsitellään luvussa 5, itsenäistettävien laitososien käyttöä ja käytöstäpoistoa luvussa 5.4 ja käytöstäpoiston ympäristönäkökohtia luvussa 5.8.

Yhteysviranomaisen lausunnon pääkohdat		Huomiointi YVA-selostuksessa
5.2.9 VLJ-luolan laajentaminen, käyttö ja sulkeminen		
YVA-ohjelman lausunnoissa on todettu muun muassa, että arvioinnin yhteydessä tulisi tarkastella Hästholmenin kalliomallin päivitystarvetta erityisesti vettä johtavien rakenteiden kannalta ja että laajennuksen suunnittelun tulee perustua ajantasaiseen rakenne- ja hydrogeologiseen tietoon. On arvioitava myös kalliotiloihin kertyvien vuotovesien määrää sekä tarkennettava louheen hyötykäyttöä. Myös ympäristövaikutusten seurantaohjelmien päivitystarvetta on tarkennettava eri vaihtoehtojen vaikutuksien kannalta. Annettujen lausuntojen pohjalta työ- ja elinkeinoministeriö pitää tärkeänä, että hankkeesta vastaava arvioi maaperä-, kallioperä- ja pohjavesiolosuhteita kuvaavien mallien ajantasaisuuden, kalliotiloihin kertyvien vuotovesien määrän ja seurantaohjelman päivitystarpeet. Myös VLJ-luolan laajentamisessa syntyvän louheen hyötykäyttöä tulee tarkentaa selostuksessa. VLJ-luolan laajennus on merkittävä verrattuna olemassa olevaan laajuuteen. VLJ-luolan käyttöikä pitenee esitetyissä vaihtoehdoissa voimassa olevaa käyttö lupaa pidemmälle ajalle. Pidempi käyttöikä edellyttää uuden käyttöluvan hakemista luolalle. VLJ-luolan voimassa oleva käyttö lupa ulottuu vuoteen 2055 asti. Työ- ja elinkeinoministeriön näkemyksen mukaan selostuksessa on hyvä tuoda selkeästi esille VLJ-luolan tuleva lupamenettely luolan laajennustarve huomioiden sekä käyttöluvalla loppusijoitettavien radioaktiivisten jätteiden kokonaisuus. Käyttöluvan pituudessa on huomioitava mahdollisuuksien mukaan myös luolan sulkeminen, sillä voimassa olevan ydinenergiain mukaan loppusijoituslaitokset suljetaan käyttöluvan nojalla. Säteilyturvakeskus arvioi käyttö lupamenettelyn yhteydessä VLJ-luolan pitkäaikaisturvallisuutta.		VLJ-luolan laajentamista ja louheen välivarastointia on käsitelty luvussa 5.2 ja laajennuksen ympäristönäkökohdat on erikseen tunnistettu luvun 5.8 alaluvuissa. Ympäristövaikutukset on arvioitu luvussa 9. Pohjavesivirtausten laskentaan käytettävä kalliomalli on viimeksi päivitetty vuoden 2018 turvallisuusperustelua varten ottaen huomioon tuorein tieto (luvut 9.14 ja 9.15). Turvallisuusperustelussa tarkastellaan myös laajennustiloja (luku 9.10.5.2). Seurantaohjelmia käsitellään luvussa 11 ja kallio- ja pohjavesiolosuhteita luvuissa 9.14 ja 9.15. Vuotovesiä on tarkasteltu luvussa 9.15 ja louheen hyötykäyttöä luvussa 9.9. VLJ-luolan luvitusta on käsitelty luvussa 12.1. Hankevaihtoehtojen suuntaa-antavissa aikataulu-arvioissa on otettu huomioon VLJ-luolan sulkeminen (luku 3).
5.3 Ydinjätehuoltoyhteistyö		
Vaihtoehdot 1 ja 0+ sisältävät mahdollisuuden vastaanottaa, käsitellä, välivarastoida ja loppusijoittaa pieniä määriä muualla Suomessa syntynyttä radioaktiivista jätettä. Työ- ja elinkeinoministeriön näkemyksen mukaan kaikelle Suomessa syntyneelle radioaktiiviselle jätteelle tulee olla käsittely- ja loppusijoitusreitti. Muualla Suomessa syntyneiden jätteiden käsittely ja loppusijoitus Loviisan ydinvoimalaitosalueelle täydentäisi merkittävällä tavalla kansallista radioaktiivisten aineiden jätehuollon kokonaisuutta. Ministeriö näkee, että hankkeesta vastaavan on mahdollista tarkentaa STUK:n esille nostamia jätteiden ominaisuuksia koskevia tietoja arviointiselostuksessa vain varsin yleisellä tasolla. Säteilyturvakeskus arvioi muualla Suomessa syntyneiden radioaktiivisten jätteiden huollon turvallisuutta osana Loviisan ydinvoimalaitoksen jätehuollon kokonaisuutta Loviisan ydinvoimalaitoksen ja VLJ-luolan lupamenettelyjen yhteydessä.		Muut radioaktiiviset jätteet on kuvattu luvussa 6.2 sillä yleisellä tasolla mikä on tässä vaiheessa mahdollista. Muualla Suomessa syntyneiden radioaktiivisten jätteiden vastaanottamisen ympäristövaikutuksia on arvioitu luvussa 9.
5.4 Hankkeesta vastaavan ja yhteysviranomaisen pätevyys 5.5 Suunnitelma arviointimenettelyn ja siihen liittyvän osallistumisen järjestämisestä 5.6 YVA-menettelyn aikataulu		
Yhteysviranomaisen lausunnossa ei tullut esille asioita, joita on erikseen tarpeen ottaa huomioon ympäristövaikutusten arvioinnissa.		Ei huomioitavaa ohjelmassa esitettyyn.



LIITE 4

Loviisan voimalaitoksen jäähdytysveden oton ja purun vaikutukset merialueella

1 Johdanto

Tässä työssä selvitetään Loviisan voimalaitoksen nykyisenkaltaisen käytön jatkamisen vaikutusta ympäröivän merialueen veden lämpötilaan. Jäähdytysveden purun vaikutusta voidaan parhaiten arvioida leviämismallilaskelmin. Tarkastelut toteutetaan hydraulisella kolmiulotteisella mallinnuksella, jossa lasketaan veden lämpötila- ja suolaisuuskerrostuneisuus tilanteessa missä voimalaitos on käytössä ja tilanteessa missä voimalaitos ei ole käytössä. Vertaamalla mallinnustuloksia keskenään päästään kiinni voimalaitoksen toiminnan aiheuttamaan lämpövaikutukseen ympäröivillä merialueilla. Mallin alkuarvot, reunaehdot ja laskennan aikaiset ympäristöpakotteet on otettu ympäristömittauksista. Mallinnustuloksia verrataan myös aikaisempiin jäähdytysvesimallinnuksiin ja havaintoihin. Lisäksi luodaan katsaus siihen esiintyykö voimalaitoksen lähellä sijaitsevalla Natura-alueella mallinnuksen mukaan lämpimästä jäähdytysvedestä aiheutuvia lämpövaikutuksia.

Loviisan voimalaitoksen jäähdytykseen käyttämä merivesi otetaan Hästholmenin saaren länsipuolelta Hudöfjärdenistä ja lämmennyt jäähdytysvesi puretaan Hästholmenin saaren itäpuolelle Hästholmsfjärdeniin, joka on kapeiden salmien kautta yhteydessä ulkosaaristoon (Kuvat 2-1 ja 2-2). Voimalaitoksen ympäristön vesikasvillisuuden tarkkailussa on kesäisin ollut nähtävissä Suomenlahden rannikkoalueiden yleinen rehevöitymiskehitys (HELCOM 2018), mutta myös jäähdytysvesien lämmittävä vaikutus. Talvisin lämmennyt jäähdytysvesi heikentää jääpeitettä purkupuolella.

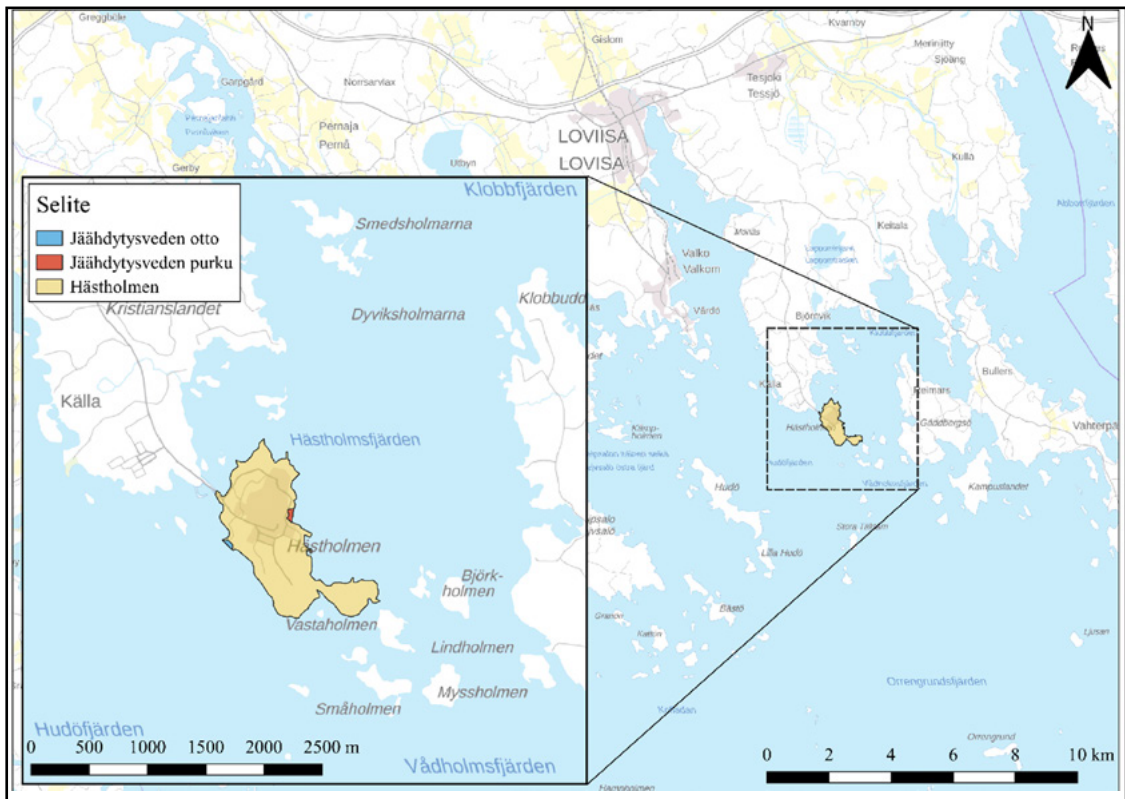
Mallinnus on toteutettu erikseen sekä avovesikaudelle että jääpeitteiselle ajalle. Avovesikauden osalta mallinnuksessa tarkastellaan voimalaitoksen käytön vaikutusta ympäröivän merialueen lämpötilaan vuoden 2011 olosuhteissa, koska lähialueilla tehtiin tuolloin kattavammin meriveden lämpötilamittauksia. Kattavammat meriveden lämpötilatiedot mahdollistavat mallin tarkemman kalibroinnin ja toisaalta tarjoavat hyvän vertailukohdan mallinnustuloksiin. Vuoden 2011 kesäkausi oli myös tavanomaista lämpimämpi ollen lämpötilaolo-

suhteiltaan lähellä ilmastonmuutosskenaarioissa arvioituja 2050-luvun lämpötilaolosuhteita. Käyttämällä avovesikauden mallinnuksessa perustana vuoden 2011 ympäristöolosuhteita saadaan samalla arvioitua lähimerialueiden veden lämpötilaa olosuhteissa, jotka todennäköisesti ilmastonmuutoksen edetessä käyvät yleisemmiksi.

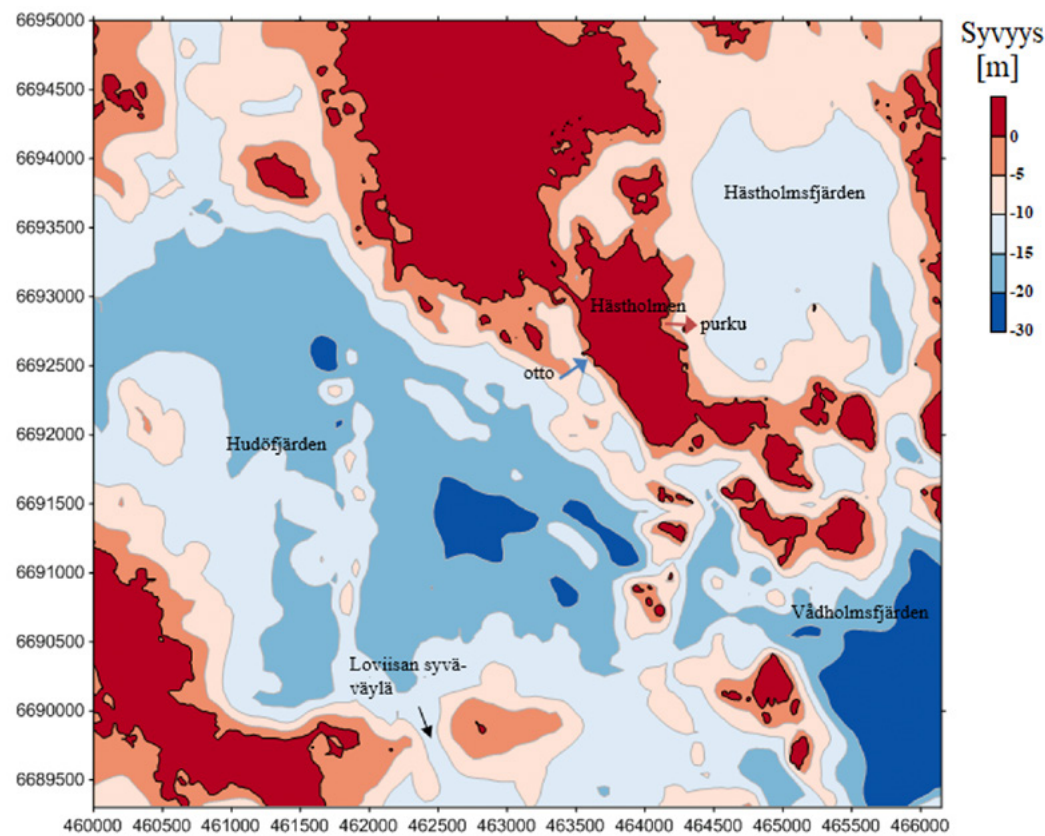
Jääpeitteisen jakson osalta mallinnuksen perustana käytetään vuoden 2018 maaliskuun ympäristöolosuhteita. Jäätalvi 2017-2018 oli tavanomainen ja Itämeren jääpeite oli laajimmillaan maaliskuun 2018 alkupuolella (liite 1). Jääpeitteistä aikaa erikseen tarkastelemalla pyritään arvioimaan lämpimän jäähdytysveden vaikutusta lähialueen jääolosuhteisiin. Ilmastonmuutoksen edetessä keskimääräinen jääpeitteen laajuus ja jääpeitteisen ajan kesto tulevat todennäköisesti supistumaan (Ilmasto-opas 2021a). Tulevaisuudessakin tulee kuitenkin esiintymään merkittävää merijään laajuuden vuosien välistä vaihtelua, jolloin nykyisin tavanomaisia jäätalvia tullaan todennäköisesti havaitsemaan jatkossakin, joskin harvenevissa määrin. Näin ollen jääpeitteisen ajan osalta on järkevää tarkastella tilannetta tavanomaisen jäätalven olosuhteissa, jotta voidaan arvioida lämpimän jäähdytysveden vaikutusta jääpeitteeseen.

2 Tarkastelualue sekä jäähdytysveden otto ja purku

Loviisan voimalaitos sijaitsee Hästholmenin saarella Suomenlahden pohjoisrannalla (Kuva 2-1). Jäähdytysvettä otetaan voimalaitokselle rannasta Hudöfjärdenistä ja se puretaan lämmenneenä Hästholmenin saaren toiselle puolelle Hästholmsfjärdenille. Kuvassa 2-2 on esitetty voimalaitoksen lähimerialueiden syvyys sekä jäähdytysveden otto- ja purku- paikkojen sijainnit. Kuvasta voidaan havaita, että paikalliset syvänteet ja salmet rajoittavat virtausta merialueilta toisille.



Kuva 2-1. Hästholmenin sijainti. (taustakartat: Maanmittauslaitoksen 01/2021 aineistoa, mittakaavat 1:40000 ja 1:80000)



Kuva 2-2. Karkea syvyysmalli Hästholmenin lähialueesta. Jäähdytysveden otto on merkattu sinisellä nuolella ja purku punaisella. Syvyysmallia on tasoitettu. Koordinaatisto ETRS-TM35FIN.

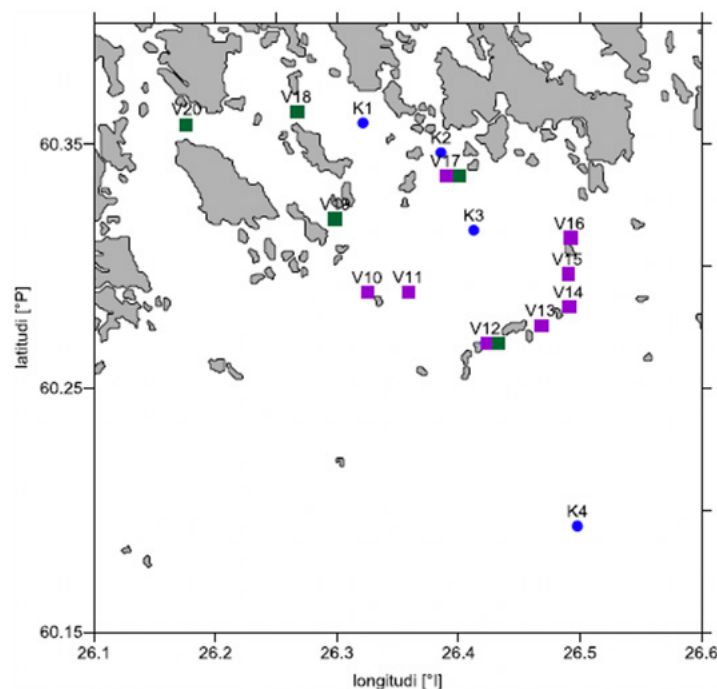
3 Olosuhdetiedot

3.1 ITÄMEREN LÄMPÖTILAVAIHTELUN DYNAMIIKKA

Itämerellä meriveden lämpötilaa säätelee pidemmällä aikaskaalalla vuodenaikojen vaihtuminen, eli auringon säteilyn lämmittävän vaikutuksen muuttuminen vuoden kierron myötä. Talvella auringon säteily on vähäisintä, jolloin myös merivesi on kylmimmillään. Talvella merta peittää jääkansi yleensä ainakin rannikon läheisyydessä, mikä hidastaa meren ja ilmakehän välistä veden ja lämmön vaihtoa. Rannikon jokisuistojen läheisyydessä makea jokivesi voi kevyempänä muodostaa makean veden patjan jään alle ja vaikuttaa sitä kautta vesirungon kerrostuneisuuteen.

Keväällä jään lähdön jälkeen aurinko pääsee lämmittämään meriveden pintakerrosta, joka lämmitessään saavuttaa nopeasti maksimitiheyden lämpötilan. Tällöin tiheämpi vesi vajoaa alaspäin ja alapuolinen kevyempi vesi nousee pinnalle, eli tapahtuu ns. vesirungon täyskierto. Täyskierron jälkeen edelleen lämpenevä pintavesi muuttuu kevyemmäksi kuin alapuolinen kylmä vesi ja muodostuu lämpötilan harppauskerros, eli termokliini, ohuen ja lämpimän pintakerroksen sekä syvemmällä olevan kylmän veden välille.

Kesän aikana meren lämmin pintakerros paksunee tuulen aiheuttaman mekaanisen sekoittumisen seurauksena ja termokliini saavuttaa tyypillisesti 5-10 m syvyyden. Termokliini muodostuu kesän aikana voimakkaaksi, jolloin lämpötila voi laskea 10 °C muutaman metrin matkalla. Termokliinin



Kuva 3-1. Veden lämpötilan havaintopisteiden (Luode Consulting Oy 2012) Hudöfjärden (K1), Vådholmsfjärden (K2), Orrengrunds-fjärden (K3) ja ulkokeri (K4) sijainti.

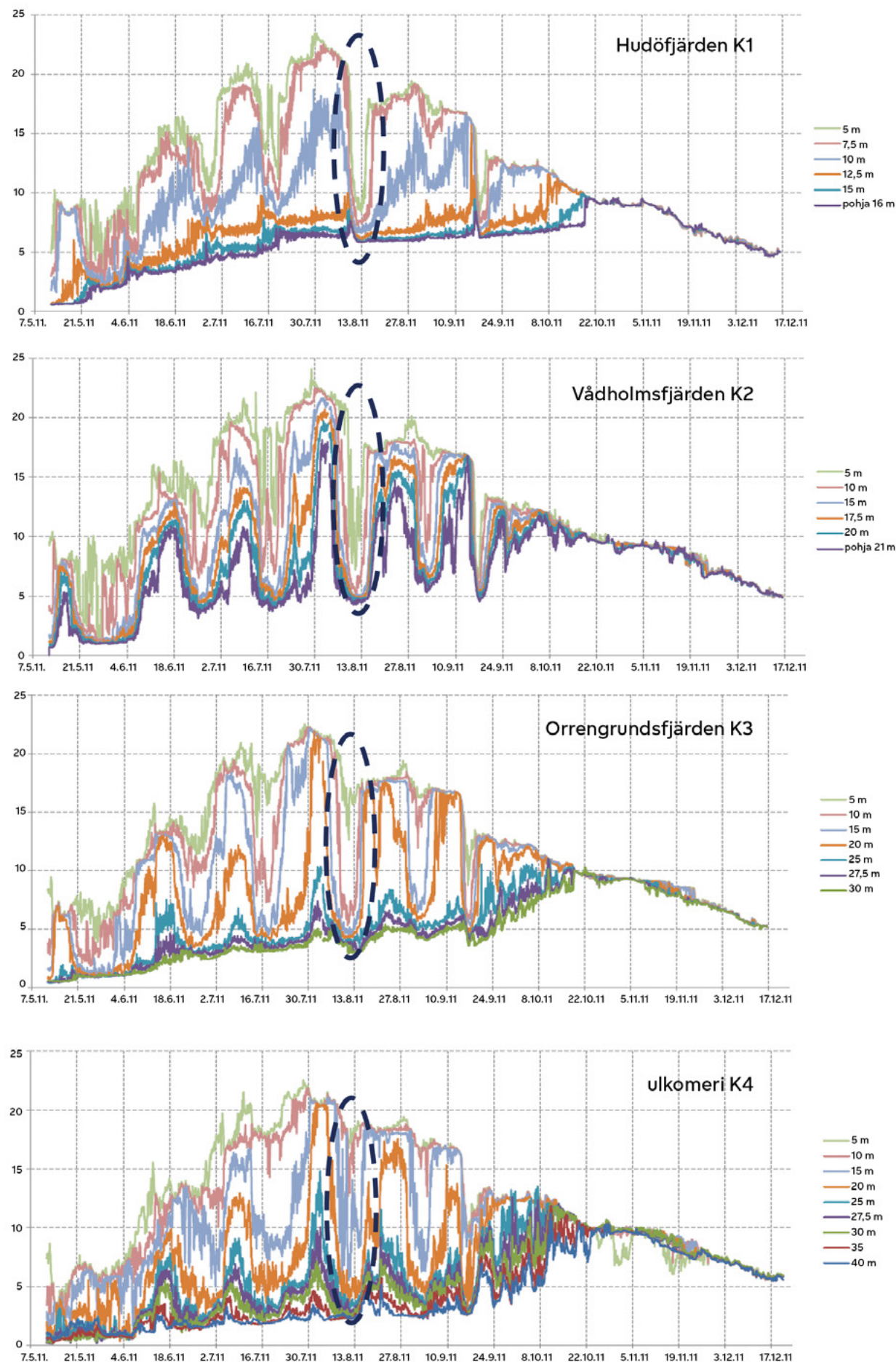
olemassaolo myös edesauttaa jokien tuoman makean veden pysymistä pintakerroksessa, sillä veden pystysuuntainen sekoittuminen termokliinin läpi on heikkoa.

Elokuun loppupuolella pintavesi alkaa jäähtyä, jolloin se tulee alapuolista vettä raskaammaksi ja vajoaa. Tämän seurauksena homogeenisen pintakerroksen (lämpötilan vertikaalimuutos pientä) paksuus alkaa kasvaa ja samalla termokliini alkaa heiketä. Prosessi jatkuu syksyn ajan, jolloin lämpöä siirtyy pinnalta alaspäin. Tämän seurauksena veden lämpötilamaksimi esimerkiksi 30 m syvyydellä saavutetaan tyypillisesti vasta lokakuun puolella, kun se pintaveden osalta saavutetaan tyypillisesti heinä-elokuun vaihteessa. Syksyn aikana tapahtuu vesirungon täyskierto, jolloin vesirungon lämpötila on kauttaaltaan sama.

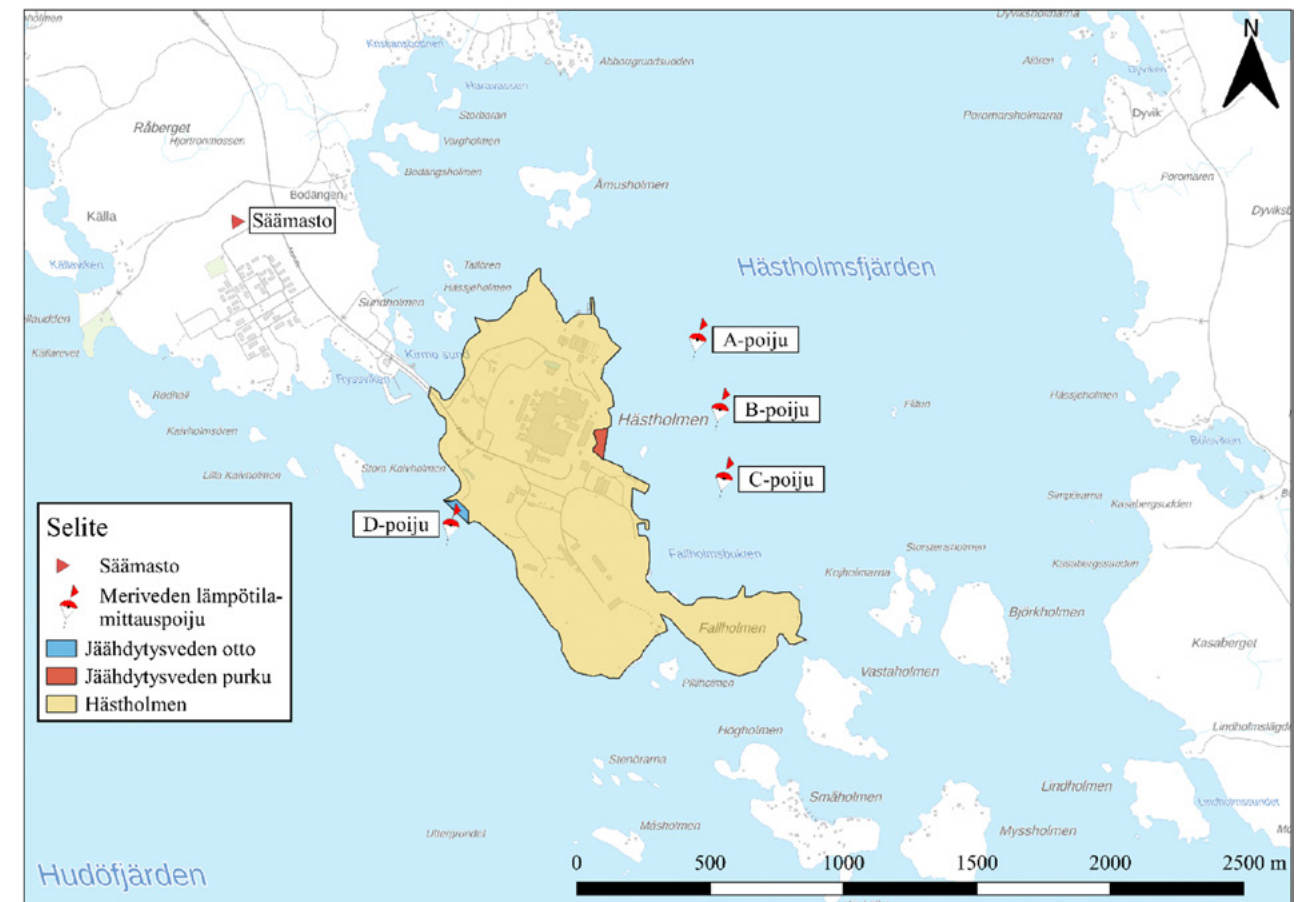
Meriveden lämpötilassa tapahtuu kesäaikaan toisinaan myös hyvin nopeita muutoksia sekä syvyyden että ajan suhteen. Nämä muutokset eivät suoranaisesti liity vuodenaikaiseen lämpötilakehitykseen, vaan niitä säätelevät pikemminkin lyhyemmän aikavälin sääolosuhteet. Rannikon läheisyydessä tapahtuvien nopeiden meriveden lämpötilamuutosten taustalla on usein kumpuamisilmiö, jolloin meriveden lämpötila rannikolla laskee, tai painumisilmiö, jolloin meriveden lämpötila rannikolla nousee. Kumpuamisella ja painumisella tarkoitetaan meren dynamiikan aiheuttamaa veden pystysuuntaista liikettä, jonka edellytyksenä on meriveden pintakerroksen liike kohti rannikkoa tai pois-päin rannikosta tuulen ajamana.

Kumpuamistilanteessa meriveden pintakerros liikkuu rannikosta pois-päin, jolloin pois kulkeutunut pintavesi korvautuu syvemmältä tulevalle viileällä vedellä. Painumistilanne on päinvastainen, eli pintavesi kulkeutuu kohti rannikkoa, jolloin se alkaa pakkautumaan rannikon edustalle ja painuu syvemmälle. Kumpuamiselle on ominaista, että sen aikana veden lämpötila muuttuu koko vesirungon paksuudelta. Painumistilanteessakin lämpötila voi muuttua paksussa vesikerroksessa, jopa koko vesirungon paksuudelta mikäli tilanne on pitkäkestoinen. Talven ja kumpuamisten jäljiltä syvänteisiin kerääntyy usein muuta merialuetta kylmempää vettä. Vesi voi olla pohjalla jopa vain noin viisiasteista, kun pintalämpötila saattaa nousta 20 °C tai korkeammaksikin.

Vuonna 2011 suoritettiin jatkuvatoimisia veden lämpötilan havainnointeja neljässä eri pisteessä eri syvyyksillä (Luode Consulting Oy 2012). Mittauspisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 3-1. Kuvassa 3-2 on esitetty havaintopisteiden Hudöfjärden (K1), Vådholmsfjärden (K2), Orrengrunds-fjärden (K3) ja ulkokeri (K4) mittaustulokset. Kuvan 3-2 kuvaajiin on merkitty tummansinisellä katkoviivalla kyseisten aikasarjojen selkein kumpuamistilanne. Tarkasteltavalle ajanjaksolle osui niitä kuitenkin muitakin ja ne erottuvat tilanteina, jolloin veden lämpötila laskee pintakerrosta myöten. Kuvaajista nähdään, että kumpuamistilanne erottuu lämpötilamittausten perusteella selvästi lähellä rannikkoa, mutta muuttuu epämääräisemmäksi mitä kauemmaksi rannikosta mennään.



Kuva 3-2. Veden lämpötila, Hudöfjärden K1, Vådholmsfjärden K2, Orrerundsfjärden K3 ja ulkomeri K4, (ylhäältä alas) vuonna 2011 (Luode Consulting Oy 2012).



Kuva 3-3. Loviisan voimalaitoksen meriveden lämpötilamittauspoijujen sijainti jäähdytysveden oton edessä Hudöfjärdenillä (punaisella) ja purun puolella Hästholsfjärdenillä (oranssilla). (Taustakartta: Maanmittauslaitoksen 01/2021 aineistoa, mittakaava 1:10000)

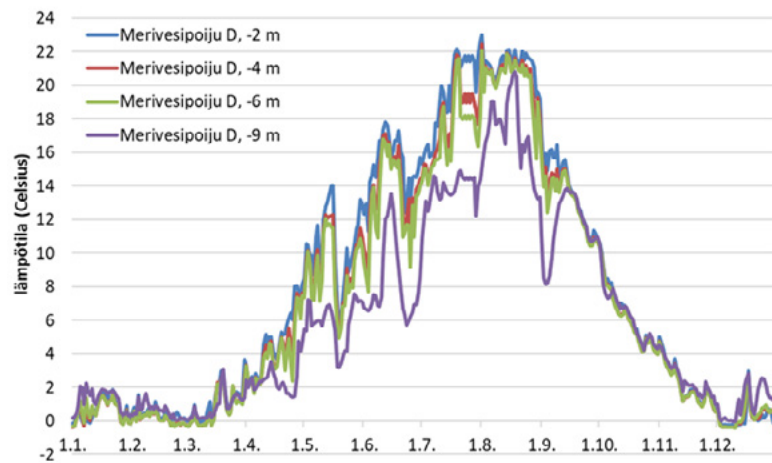
3.2 MERIVEDEN LÄMPÖTILA JATKUVATOIMISTEN POIJUMITTAUSTEN PERUSTEELLA

Meriveden lämpötilaa mitataan jatkuvatoimisin poijumittauksin Hudöfjärdenillä jäähdytysveden ottoaukon edustalla ja Hästholsfjärdenillä jäähdytysveden purkuaukon edustalla. Loviisan voimalaitoksen operoima säämasto sijaitsee Hästholsmenista noin yhden kilometrin päässä luoteessa (Kuva 3-3).

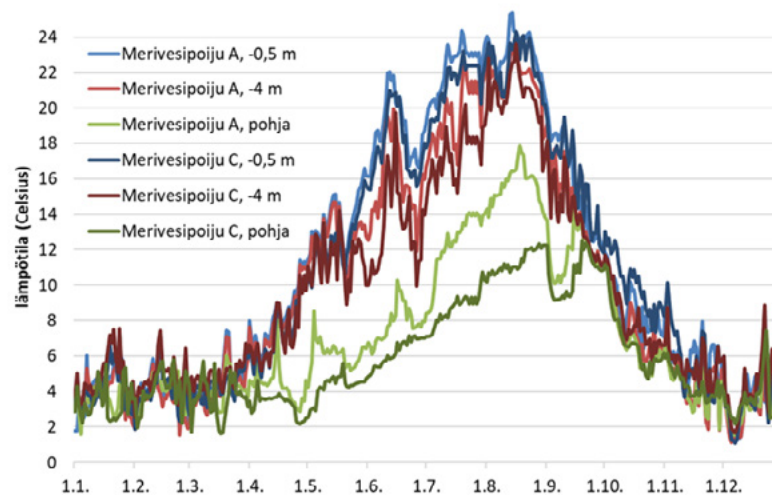
Noin 80 metriä rannasta kohtisuoraan ottoaukon kohdalla sijaitsevan poijun (D) lämpötilahavaintoja on esitetty kuvassa 3-4. Ottoaukon läheisyys vaikuttaa enimmäkseen 6 ja 9 metrin lämpötilalukemiin, ja vähäisemmissä määrin myös pinnanläheisiin mittauksiin saakka, verrattuna Hudöfjärdenin muihin osiin. Lämmennyt vesi puretaan Hästhols-

fjärdenille. Kuvassa 3-5 on esitetty lämpötilahavaintoja vuodelta 2002 Hästholsfjärdenillä sijaitsevilta lämpötilamittauspoijuilta A ja C. Vuoden 2002 aineisto valittiin esimerkiksi, koska tällöin lämpötilamittausten aikasarjat olivat eheimmät. Vuosi 2002 oli meriveden lämpötilaolosuhteiltaan tavanomainen vuosi. Kuvista 3-4 ja 3-5 nähdään, että merivesi alkaa lämmitä maaliskuun puolestavälistä alkaen ja saavuttaa lämpötilamaksiminsa heinä-elokuun vaihteessa. Jäähtyminen alkaa elokuun lopusta ja jatkuu joulukuun alkuun saakka.

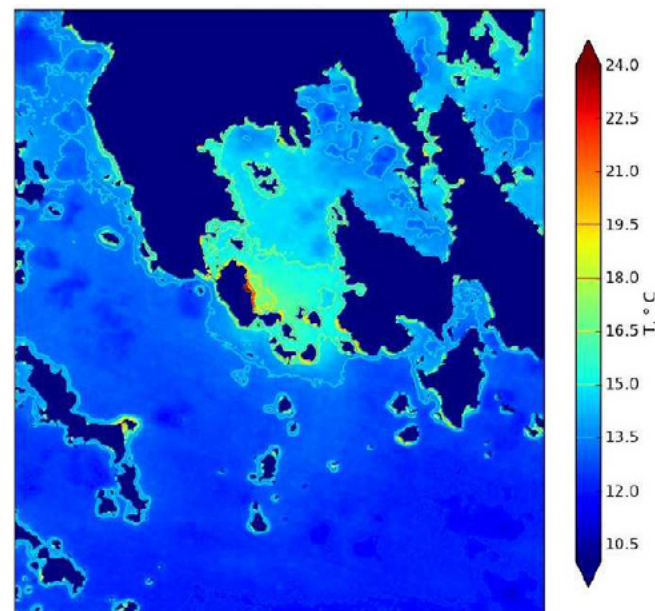
Kuvassa 3-6 on esitetty vuonna 2009 suoritettujen satelliittimittausten lämpötilan keskiarvo. Siitä voidaan havaita voimalaitoksen läheisen eteläisimmän osan Hästholsfjärdeniä olevan noin 2-3 °C lähialueita lämpimämpi.



Kuva 3-4. Veden lämpötila Hudöfjärdenillä lämpötilamittauspoijulla D noin 80 metrin päässä ottoaukolta vuonna 2002.



Kuva 3-5. Veden lämpötila Hästholmsfjärdenillä purkupuolen lämpötilamittauspoijuilla A ja C vuonna 2002.



Kuva 3-6. Veden lämpötila Hästholmsfjärdenillä, satelliittimittauksista laskettu keskiarvo (Marjamäki 2012). Keskiarvoon otettu mukaan 11 satelliittimittausta välillä 16.5.2009-29.9.2009.

3.3 LASKENTAJAKSON VALINTA - AVOVESIKAUSI

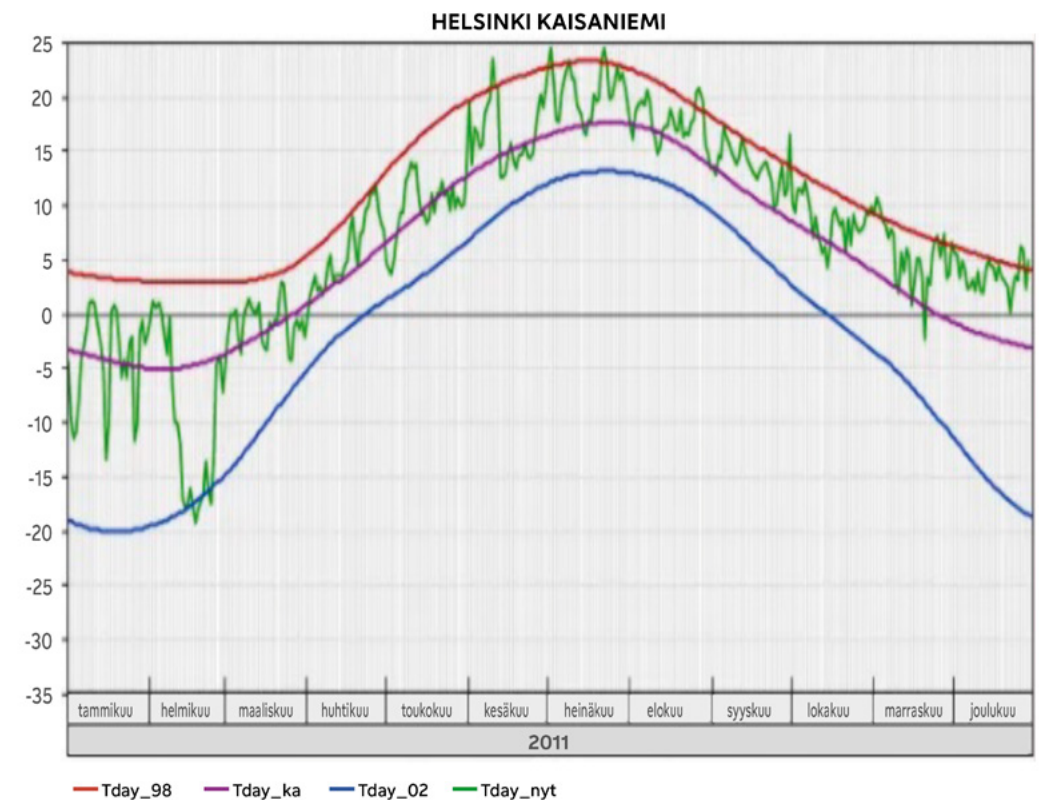
Suomenlahden rannikolla meriveden lämpötila vaihtelee kesällä voimakkaasti ajan ja paikan suhteen kumpuamisten ja painumisten seurauksena.

Kumpuamis- ja painumisilmiöiden dynamiikan vuoksi Loviisan voimalaitoksen edustan olosuhteiden kuvaamiseen mallinnuksella vaaditaan jatkuvatoimisia lämpötilahavainto- ja useista eri pisteistä ja useilta eri syvyyksiltä. Fortum on teettänyt voimalaitoksen ympäristössä meriveden lämpötilan mittauskampanjoita useina eri vuosina, joista toistaiseksi kattavin on tehty kesällä 2011. Alueellisesti kattavasta meriveden lämpötilamittausaineistosta johtuen avovesikausitarkasteluissa käytetään vuoden 2011 kesäkauden, eli ajanjakson 1.6.-30.9, aineistoja.

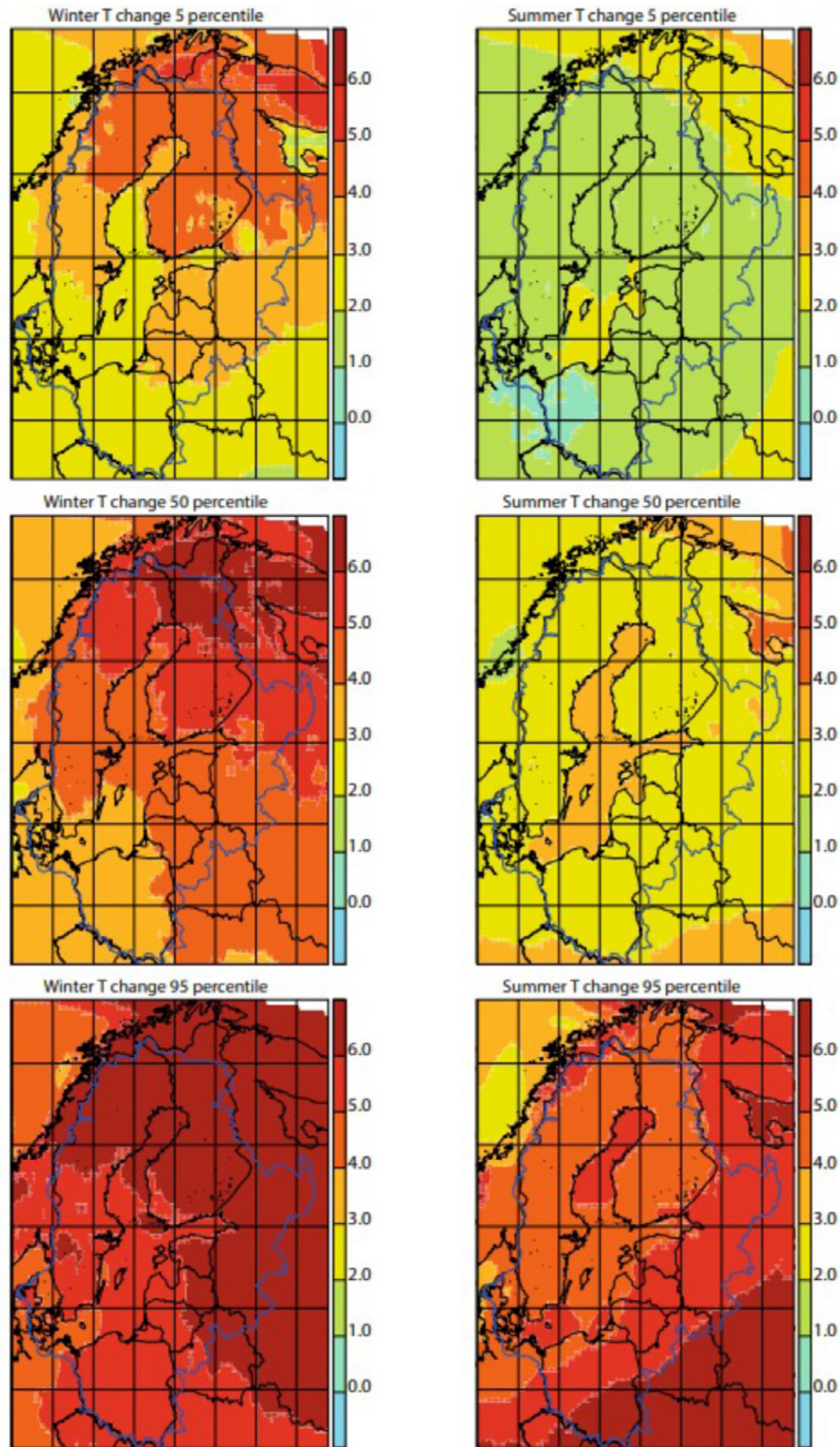
Vuosi 2011 oli myös harvinaisen lämmin (Kuva 3-7). Etelärannikolla ilman lämpötila oli 1,5-2 °C keskimääräistä (1981-2000) lämpimämpi (Ilmatieteen laitos 2020a). Kesäkuu oli Helsingissä 2 °C, heinäkuu 3 °C ja elokuu 1,3 °C tavanomaista lämpimämpi. Suomenlahden alueelle on raporteissa HELCOM (2007 & 2013 ja BACC Author Team 2008) arvioitu vuosille 1961-1990...2071-2099 2-4 (5-95 % fraktiilit 1-6) °C ilman lämpötilan nousua kesäkaudelle (Kuva 3-8). IPCC:n (Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli) arvion (IPCC 2019) mukaan ilman globaali lämpötila nousee vuoteen

2050 mennessä RCP2.6 päästöskenaarion toteutuessa noin 1,0 °C (todennäköinen vaihteluväli 0,4...1,6 °C) tai RCP8.5 päästöskenaarion toteutuessa noin 1,8 °C (todennäköinen vaihteluväli 1,2...2,3 °C) verrattuna aikavälin 1986-2005 ilman globaaliin keskilämpötilaan (Kuva 3-9). Näin ollen vuosi 2011 kuvaa myös ilmastollisia olosuhteita, jotka ovat vielä nykyilmastossa kohtalaisen harvinaisia, mutta jotka tulevat tämän vuosisadan puoleenväliin mennessä selvästi yleistymään (Ilmasto-opas 2021b).

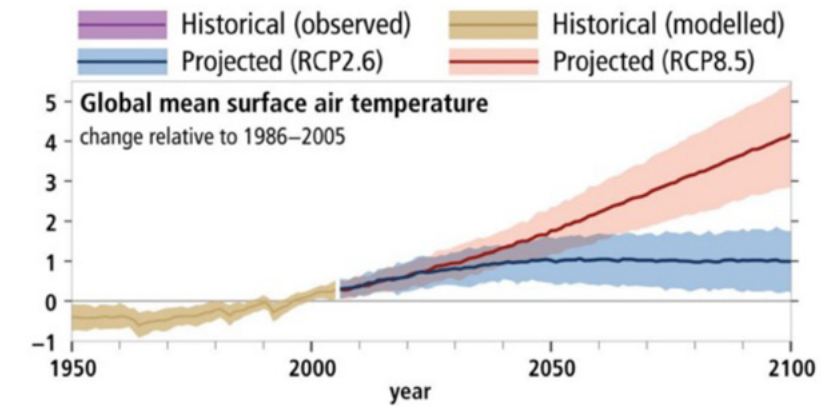
Vuonna 2011 Loviisan voimalaitosyksiköiden vuosihuollot olivat tyypiltään lyhytkestoisia polttoaineen vaihtoseisokkeja. Loviisa 1:n vuosihuolto suoritettiin aikavälillä 21.8.-7.9.2011 ja Loviisa 2:n vuosihuolto aikavälillä 10.9.-30.9.2011. Vuonna 2011 meriveden lämpötilamaksimit sijoittuivat heinäkuulle, jolloin siis molemmat laitosyksiköt olivat tehoajolla (tuottivat energiaa sähköverkkoon normaalisti) meriveden ollessa lämpimimmillään. Kuvassa 3-10 on esitetty voimalaitoksen käyttämän jäähdytysveden virtaama kesä-elokuussa 2011 ja siitä nähdään, että virtaama on molempien yksiköiden tehoajan aikana noin 52-54 m³/s. Kuvasta myös nähdään, että virtaama likimain puolittuu elokuun loppupuolella, kun Loviisa 1 ajetaan alas vuosihuoltoa varten. Kuvan 3-11 perusteella voidaan todeta, että kesällä jäähdytysvesi lämpiää tyypillisesti noin 8-10 °C voimalaitoksen läpi kulkiessaan.



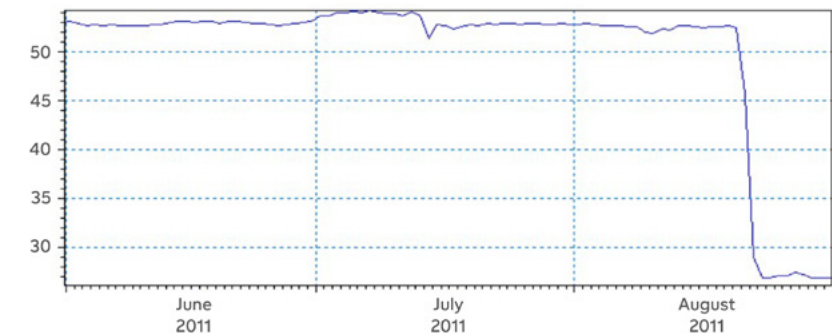
Kuva 3-7. Vuorokauden keskilämpötila Kaisaniemessä 2011 (vihreä) verrattuna tilastojaksoon (1981-2000) (Ilmatieteen laitos 2020a). Tilastojakson vuorokauden keskilämpötilan keskiarvo (violetti) ja 2% ja 98% fraktiilit (sininen ja punainen).



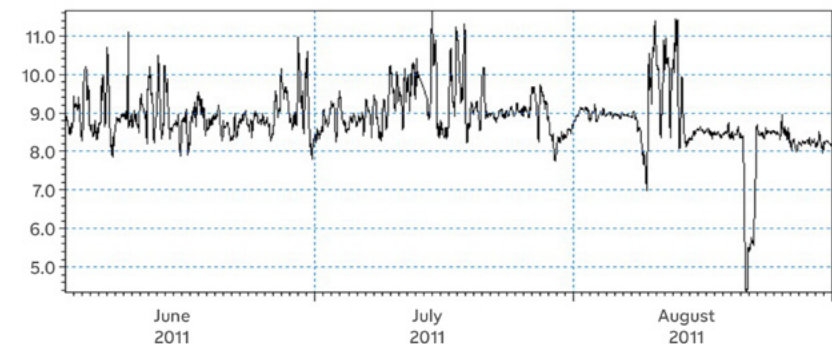
Kuva 3-8. Ennustettu talven ja kesän lämpötilan muutos 1961-1990...2071-2099 (HELCOM 2013). Vasen sarake talvi, oikea kesä, ylhäältä fraktiilit 5, 50 ja 95 %.



Kuva 3-9. Globaalin ilman lämpötilan ennustettu muutos verrattuna jaksoon 1986-2005. Kuva muokattu viitteen (IPCC 2019) kuvasta SPM.1.



Kuva 3-10. Jäähdytysveden ottovirtaama (m³/s) vuoden 2011 kesä-elokuussa.



Kuva 3-11. Jäähdytysveden lämpötilannousu (°C) jäähdytysveden kulkiessa voimalaitoksen läpi kesä-elokuussa 2011.

3.4 LASKENTAJAKSON VALINTA - JÄÄPEITTEINEN AIKA

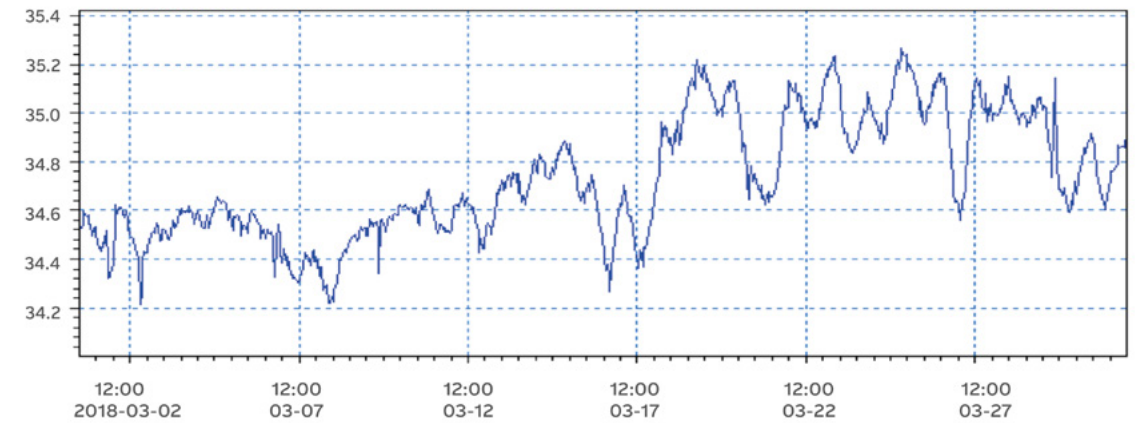
Jääpeitteisenä aikana olosuhteet poikkeavat avovesikaudesta erityisesti siten, että lämmennyt jäähdytysvesi voi kulkeutua ympäröivää vettä lämpimämpänä eristävän jääpeitteen alla verrattain pitkiäkin matkoja. Jääpeite myös estää tuulen aiheuttaman veden sekoittumisen, mikä hidastaa lämmenneen jäähdytysveden sekoittumista ympäröivään vesimassaan. Tästä johtuen ajallisesti ja paikallisesti kattavat jääpeitehavainnot ovat tärkeä lähtöaineisto talviajan vaiku-

tusten arvioimiseksi.

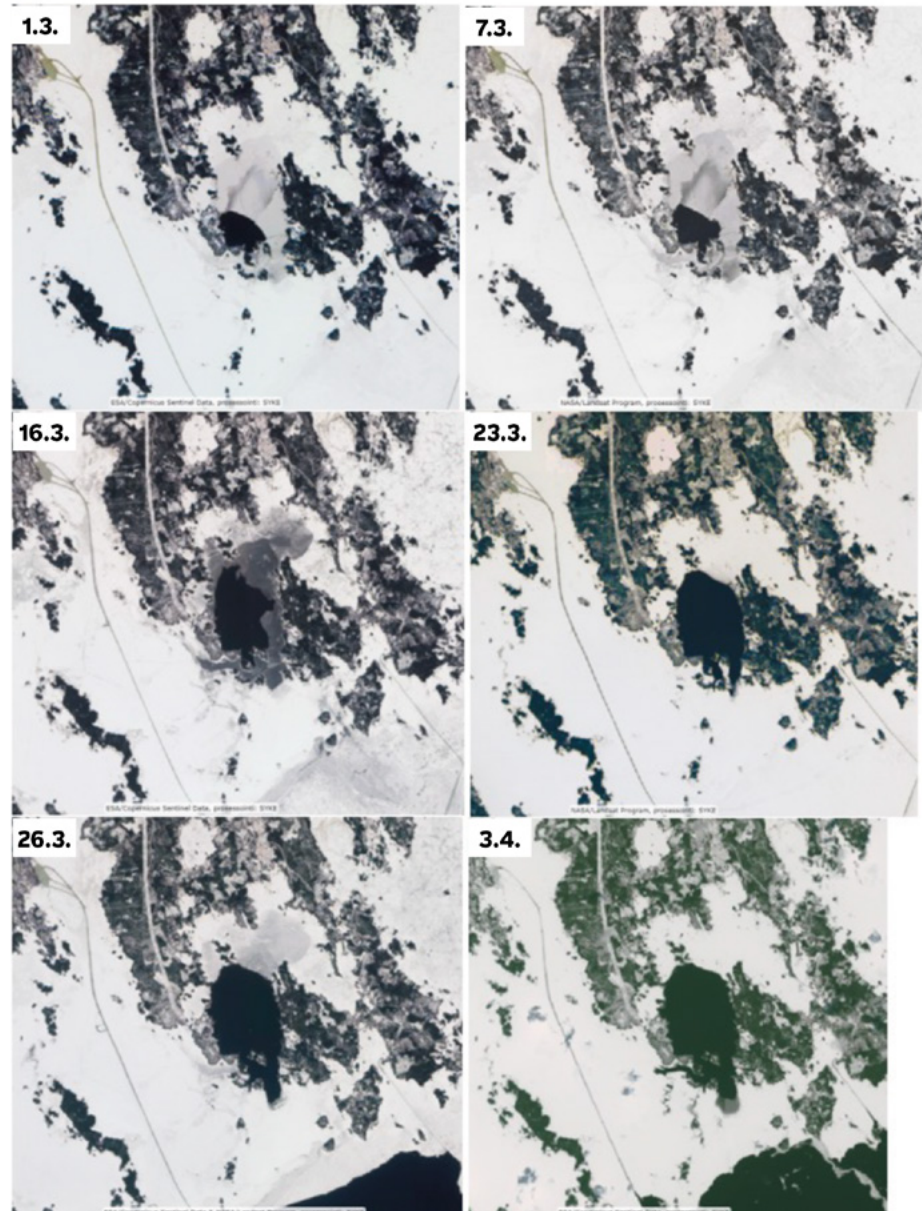
Fortum on suorittanut vuosittain jääpeitteen seurantaan Loviisan voimalaitoksen ympäristössä. Mallinnuksen kannalta soveltuvin aineisto on vuoden 2018 maaliskuun satelliittikuvat (Kuva 3-13). Maaliskuu 2018 oli varsin kylmä (Ilmatieteen laitos 2020b, Kuva 3-12). Vaikka dynaaminen jääpeitteen mallinnus ei nykytyökaluilla ole mahdollista, antaa mallinnus havaintoaineiston mukaisella jääkannella käyttökelpoisen, konservatiivisen arvion lämpövaikutuksen leviämisestä. Jäähdytysveden ottovirtaama (noin 35 m³/s) ja lämpötilannousu (noin 12 °C) olivat maaliskuun aikana tavanomaiset (Kuvat 3-14 ja 3-15).



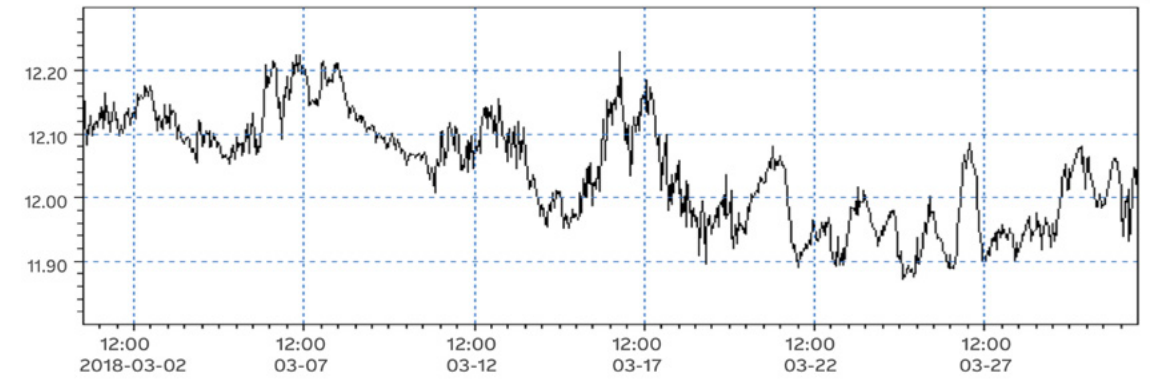
Kuva 3-12. Kuukausikeskilämpötilat Helsingin Kaisaniemessä 2018 (pylväät) sekä vertailujakson lämpötilat. (Ilmatieteen laitos 2020b)



Kuva 3-14. Jäähdytysveden ottovirtaama (m³/s) maaliskuussa 2018.



Kuva 3-13. Jääpeite Håstholmenin ympäristössä talvella 2018. Kuvauspäivämäärät on ilmoitettu kunkin kuvan vasemmassa yläkulmassa.



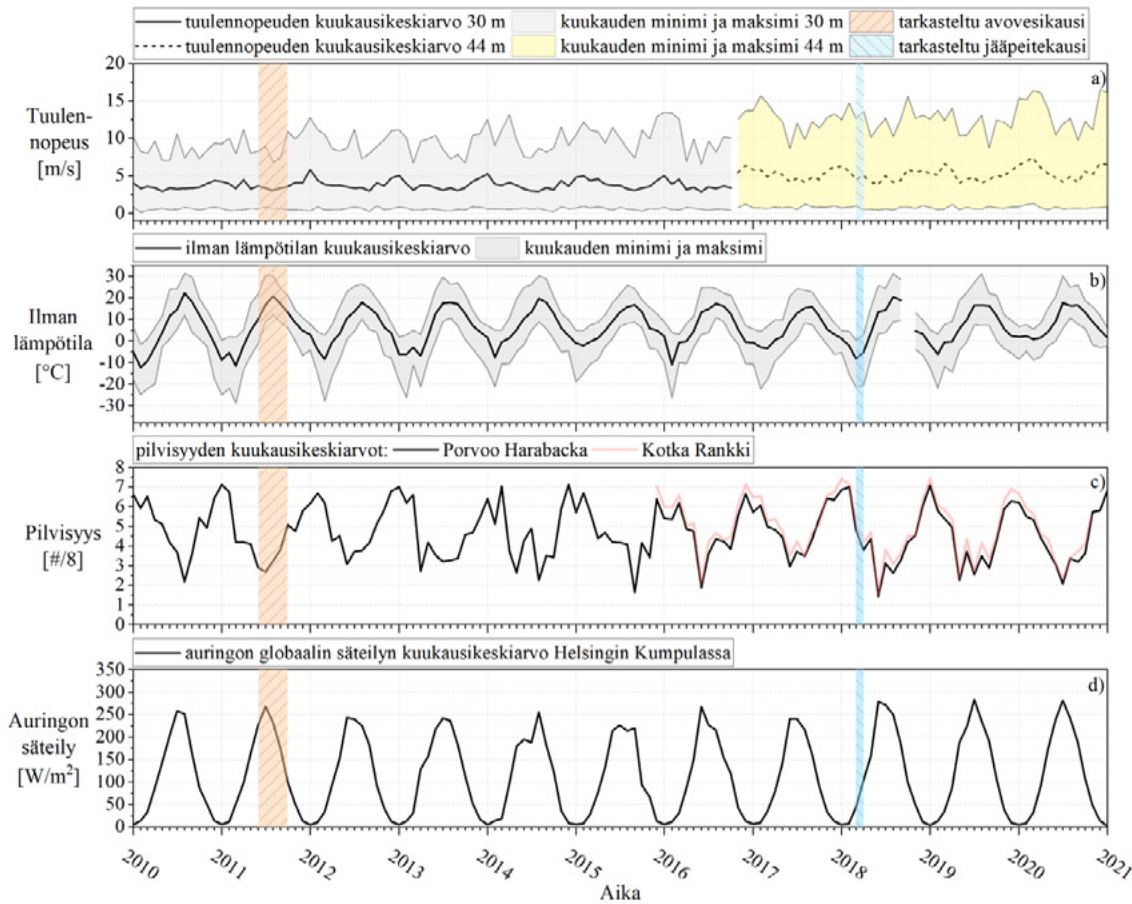
Kuva 3-15. Jäähdytysveden lämpötilannousu (°C) maaliskuussa 2018.

3.5 YMPÄRISTÖOLOSUHTEET

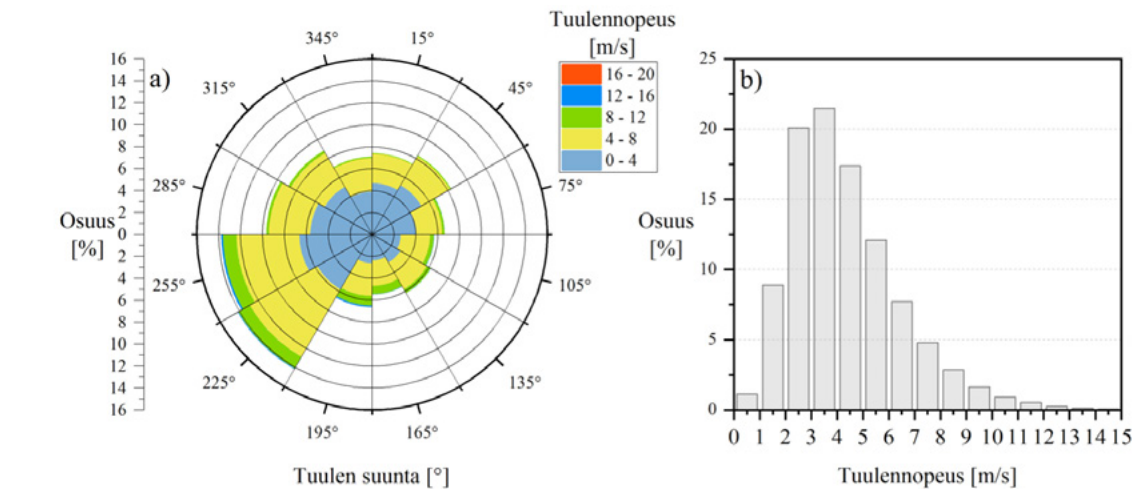
Kuvassa 3-16 on esitetty tuulennopeuden ja ilman lämpötilan kuukausikeskiarvoja Loviisan voimalaitoksen mittauksiin perustuen, sekä pilvisyyden ja auringon säteilyn kuukausikeskiarvoja Ilmatieteen laitoksen mittauksiin perustuen (Ilmatieteen laitos 2021), joita on käytetty tässä työssä lisenssin (Creative Commons 2021) puitteissa. Pilvisyys on ilmoitettu kahdeksasosina siten, että 0/8 tarkoittaa pilvetöntä taivasta ja 8/8 täysin pilvistä taivasta. Muutos tuulennopeuden mittauskorkeudesta 30 m korkeuteen 44 m (Kuva 3-16 a) on seurausta Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmän modernisoinnista. Ilman lämpötilan aikasarjassa (Kuva 3-16 b) näkyvä katkos on seurausta lämpötila-anturin vikaantumisesta. Kuvan 3-16 kaikkiin kuvaajiin on merkattu oranssilla taustavärillä mallinnuksessa tarkasteltava avovesikauden ajankohta, ja sinisellä taustavärillä jääpeitteisen kauden ajankohta.

Kuvan 3-16 perusteella nähdään, että tarkasteluissa hyödynnetyt ajankohdat ovat olleet tuulennopeuksiltaan varsin lähellä tavanomaisia tuuliolosuhteita. Ilman lämpötilan osalta avovesikauden tarkasteluajankohdan lämpötilamaksimit ja kuukauden keskiarvolämpötilat olivat vertailuvuosien suurimpia. Jääpeitteisen ajan osalta valitun tarkasteluajankohdan ilman lämpötilat olivat puolestaan matalammasta päästä vertailuvuosien kesken.

Kuvassa 3-17 on esitetty tuuliruusu ja tuulennopeuksien jakauma vuosien 2010-2020 tuntikeskiarvoaineistoon perustuen. Kuvasta 3-17 a) nähdään, että pitkän aikavälin yli tarkasteltuna yleisin tuulensuunta Loviisan voimalaitoksen läheisyydessä on lounaasta tai länsilounaasta (28 % tapauksista). Kaikissa suunnissa tuulennopeudet ovat tyypillisesti 0-8 m/s. Yleisin tuulennopeus on 3-4 m/s (Kuva 3-17 b).



Kuva 3-16. Tuulennopeuden a) ilman lämpötilän b) pilvisyyden c) ja auringon globaalien säteilyn d) kuukausikeskiarvot aikavälillä 2010-2020. Tuulennopeuden ja lämpötilän osalta on esitetty myös tuntikeskiarvojen kuukausimaksimit ja -minimit.



Kuva 3-17. Tuuliruusu a) ja tuulennopeuden frekvenssihistogrammi b) Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmän 30 m ja 44 m korkeuden tuulimittauksen perusteella. Mittaukset on tehty aikavälillä 2010-2020.

Taulukossa 3-1 on esitetty tuulennopeuden, ilman lämpötilän, pilvisyyden ja auringon säteilyn vuosikeskiarvot. Tuulennopeuksissa vuodesta 2017 alkaen havaittavat korkeammat arvot johtuvat mittauskorkeuden muutoksesta korkeudesta 30 m korkeuteen 44 m. Taulukon tiedoista nähdään, että vuoden 2011 osalta ilman lämpötila on 0,5 °C keskimääräistä korkeampi, mutta muiden sääsuureiden vuosikeskiarvot ovat varsin lähellä aikavälin 2010-2020 keskimääräisiä olosuhteita. Vuoden 2018 osalta keskituulennopeus oli 0,3 m/s pidemmän aikavälin keskiarvoa matalampi ja ilman lämpötila 1°C matalampi. Vuoden 2018 kesä oli matalasta vuoden keskilämpötilasta huolimatta kuitenkin eräs lämpimimmistä kesistä aikavälillä 2010-2020. Tämä kertoo osaltaan myös siitä että talvi oli tuoloin keskimääräistä kylmempi, sillä vuoden keskilämpötila oli matala huolimatta lämpimästä kesästä. Vuonna 2018 pilvisyys oli hieman keskimääräistä alhaisempaa mikä osittain selittää myös keskimääräistä suuremmat auringon säteilyn arvot valoisaan vuodenaikaan ja kylmät olosuhteet talvella.

Kuvassa 3-18 on esitetty tuuliruusu ja tuulennopeuksien jakauma työssä tarkasteltavan avovesikauden ajalta. Kuva on

laadittu tuulitietojen tuntikeskiarvojen perusteella. Kuvasta 3-18 a) nähdään, että yleisin tuulen suunta on sama (lounas ja länsilounas) kuin pidemmän aikavälin (Kuva 3-17 a) yli tarkasteltuna. Lisäksi jakson aikana on tuullut usein koillisen ja itäkaakon rajaamalta sektorilta. Tuulennopeudet olivat jakson aikana yli 50 % ajasta 2-4 m/s (Kuva 3-18 b).

Taulukossa 3-2 on esitetty avovesikauden 2011 sääilmiöistä laskettuja tilastollisia tunnuslukuja. Taulukon perusteella voidaan todeta olosuhteiden olleen kyseisen jakson aikana vähätuulisia ja selkeitä, minkä seurauksena auringon säteily on lämmittänyt pintaa tehokkaasti. Tämän seurauksena ilman lämpötila oli jakson aikana kohtalaisen korkea.

Kuvassa 3-19 on esitetty tuuliruusu ja tuulennopeuksien jakauma työssä tarkasteltavan jääpeitteisen kauden ajalta. Kuva on laadittu tuulitietojen tuntikeskiarvojen perusteella. Kuvasta 3-19 a) nähdään, että jakson aikainen tuuliruusu poikkeaa selvästi pidemmän ajan yli tarkastelluista tuuliolosuhteista (Kuva 3-17 a). Maaliskuun 2018 aikana yleisimmät tuulen suunnat olivat pohjoisluode ja itäkoillinen, mikä selittääkin osaltaan jakson matalat ilman lämpötilat.

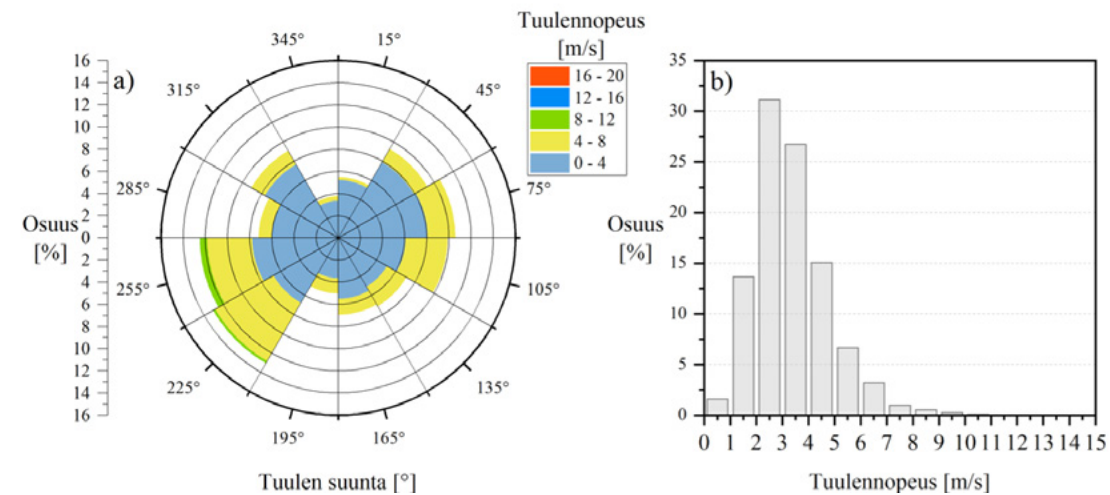
Taulukko 3-1. Tuulennopeuden, ilman lämpötilän, pilvisyyden ja auringon säteilyn vuosikeskiarvot aikavälillä 2010-2020.

Vuosi	Tuulennopeus ⁱ⁾ [m/s]	Ilman lämpötila ⁱ⁾ [°C]	Pilvisyys Porvoo / Kotka ⁱⁱ⁾ [# / 8]	Auringon säteily ⁱⁱⁱ⁾ [W/m²]
2010	3,5	4,6	5,0	110,3
2011	3,8	6,8	4,5	116,3
2012	3,9	5,4	5,1	111,1
2013	3,8	6,5	4,5	116,7
2014	3,7	6,7	4,6	109,2
2015	4,0	7,2	4,6	108,6
2016	3,5	5,9	4,7 / 5,2	110,4
2017	5,2	5,9	5,0 / 5,3	105,8
2018	4,9	5,3	4,3 / 4,7	122,3
2019	5,1	6,7	4,5 / 4,9	118,2
2020	5,6	8,1	4,4 / 4,3	119,3
Keskiarvo	3,7 (30 m) 5,2 (44 m)	6,3	4,7 (Porvoo) 4,9 (Kotka)	113,5

i) Tuulennopeuden ja ilman lämpötilan arvot perustuvat Loviisan voimalaitoksen säämittauksiin. Tuulennopeuden osalta vuosien 2010-2016 tulokset perustuvat 30 m korkeuden tuulimittauksiin ja vuosien 2017-2020 tulokset 44 m korkeuden tuulimittauksiin.

ii) Pilvisyyden arvot perustuvat Ilmatieteen laitoksen pilvisyysmittauksiin (Ilmatieteen laitos 2021, Creative Commons 2021). Mittaukset ovat Porvoon Harabackasta ja Kotka Rankista. Kotkasta mittauksia on tarjolla vuoden 2015 marraskuusta alkaen, mutta tässä yhteydessä esitetään ainoastaan kokonaisten vuosien tulokset.

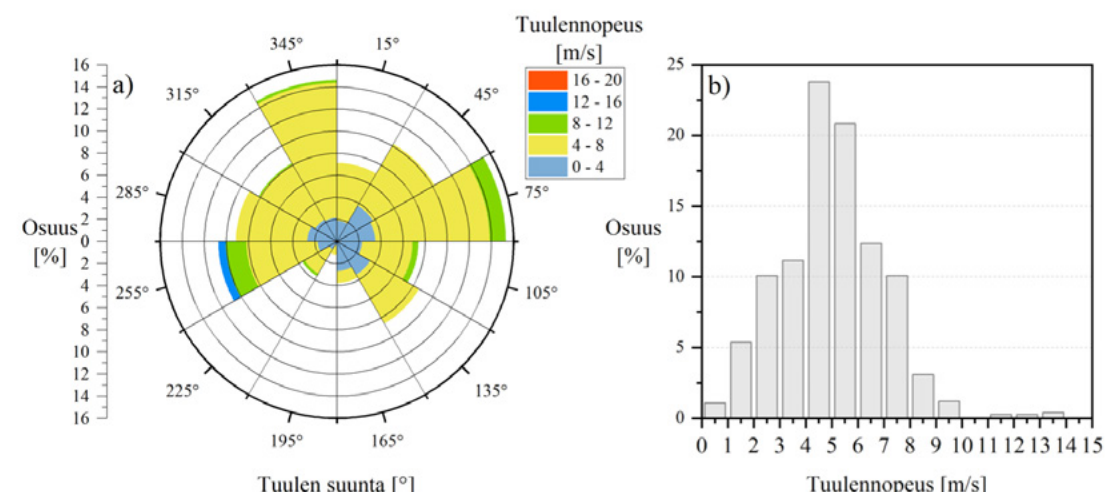
iii) Auringon säteilyn tulokset perustuvat Ilmatieteen laitoksen auringon globaalien säteilyn mittauksiin Helsingin Kumpulassa (Ilmatieteen laitos 2021, Creative Commons 2021).



Kuva 3-18. Tuuliruusu a) ja tuulennopeuden frekvenssihistogrammi b) Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmän 30 m korkeuden tuulimittausten perusteella. Mittaukset on tehty aikavälillä 1.6.-30.9.2011.

Taulukko 3-2. Tuulennopeuden, ilman lämpötilan, pilvisyyden ja auringon kokonaissäteilyn tilastollisia tunnuslukuja avovesikaudelta 1.6.-30.9.2011. Lähtöaineistona on käytetty suureiden tuntikeskiarvoja.

Tilastollinen suure	Tuulennopeus [m/s]	Ilman lämpötila [°C]	Pilvisyys Porvoo [# / 8]	Auringon säteily [W/m²]
Minimi	0,4	6,0	0	-4
Maksimi	10,9	30,7	8	997
Keskiarvo	3,3	17,1	3,7	193,5
Mediaani	3,1	16,8	3,7	69
Keskihajonta	1,4	4,3	3,2	248,2



Kuva 3-19. Tuuliruusu a) ja tuulennopeuden frekvenssihistogrammi b) Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmän 44 m korkeuden tuulimittausten perusteella. Mittaukset on tehty aikavälillä 1.3.-31.3.2018.

Tuulen suunnan ohella myös tuulennopeudet poikkeavat pitkän aikavälin tyypillisistä nopeuksista, ollen jonkin verran korkeampia. Jakson aikana noin 45 % ajasta tuulennopeudet olivat 4-6 m/s.

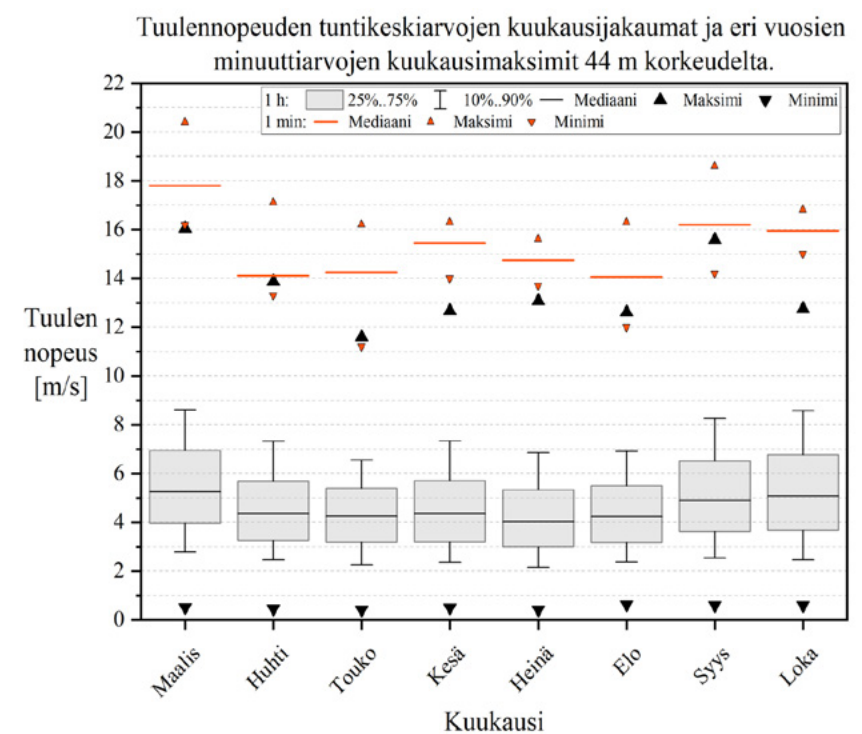
Taulukossa 3-3 on esitetty tarkastellun jääpeitekauden 2018 sääilmiöistä laskettuja tilastollisia tunnuslukuja. Taulukon perusteella voidaan todeta olosuhteiden olleen kyseisen jakson aikana selvästi tuulisempia kuin avovesikauden aikana. Osa tästä erosta johtuu siitä, että jääpeitteisen ajan tarkastelussa käytetään 44 m korkeudella tehtyjä tuulimittauksia, kun taas avovesikauden tarkastelujakson osalta käytetään 30 m korkeudella tehtyjä

tuulimittauksia. Tyypillisesti maaliskuu on kuitenkin tuulisempaa aikaa kuin kesäkuusi (Kuva 3-20). Ilman lämpötilan osalta jääpeitekausi oli varsin kylmä ja pilvisyysolosuhteiltaan kohtalaisen selkeä. Auringon globaalin säteilyn lukuarvoissa näkyy lumipeitteen aiheuttaman hajasäteilyn korostunut vaikutus.

Kuvassa 3-21 on esitetty Ilmatieteen laitoksen Helsingin ja Haminan meriveden pinnankorkeusmittauksista Loviisan kohdalle interpoloitu pinnankorkeus. Pinnankorkeus on ilmoitettu teoreettisen keskiveden suhteen. Helsingin ja Haminan aineisto on Ilmatieteen laitoksen avointa tietoa (Ilmatieteen laitos 2021), jota on käytetty tässä työssä lisenssin

Taulukko 3-3. Tuulennopeuden, ilman lämpötilan, pilvisyyden ja auringon kokonaissäteilyn tilastollisia tunnuslukuja jääpeitteiseltä kaudelta 1.3.-31.3.2018. Lähtöaineistona on käytetty suureiden tuntikeskiarvoja.

Tilastollinen suure	Tuulennopeus [m/s]	Ilman lämpötila [°C]	Pilvisyys Porvoo [# / 8]	Auringon säteily [W/m²]
Minimi	0,5	-20,5	0	-3,1
Maksimi	13,7	3,0	8	669
Keskiarvo	5,0	-5,2	3,8	103,8
Mediaani	4,9	-4,6	4	0,6
Keskihajonta	2,0	5,2	3,5	163,8

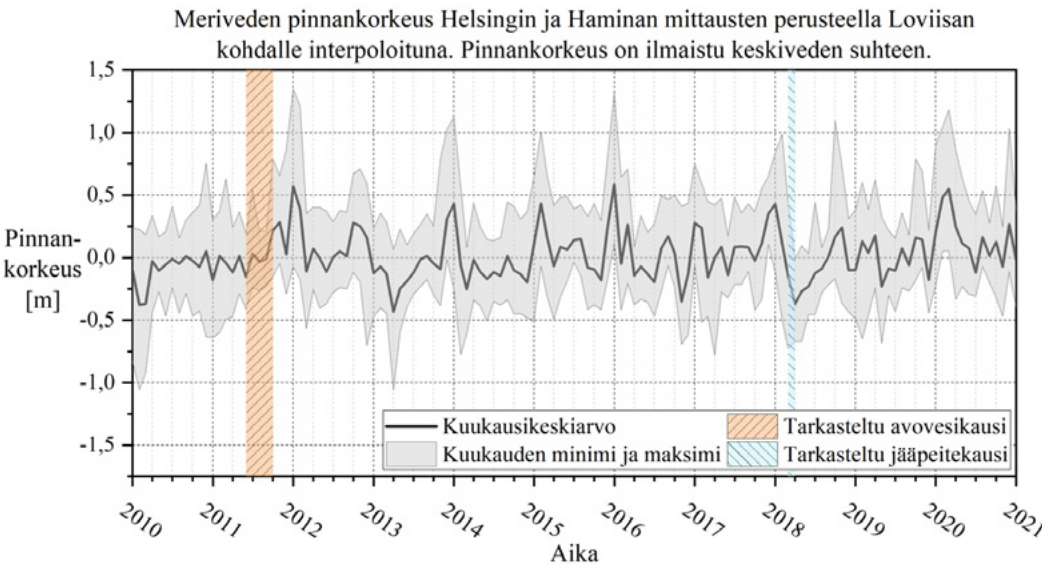


Kuva 3-20. Loviisan voimalaitoksen säähavaintojärjestelmän 44 m tuulimittauksista muodostetut tuulennopeusjakaumat kuukausittain aikavälillä 2017-2020. Harmaalla ja mustalla on merkattu tuntikeskiarvoista lasketut tilastolliset tunnusluvut. Punaisella on merkattu kuukauden tuulennopeuksien minuuttikeskiarvojen kuukausimaksimeista lasketut tilastolliset tunnusluvut.

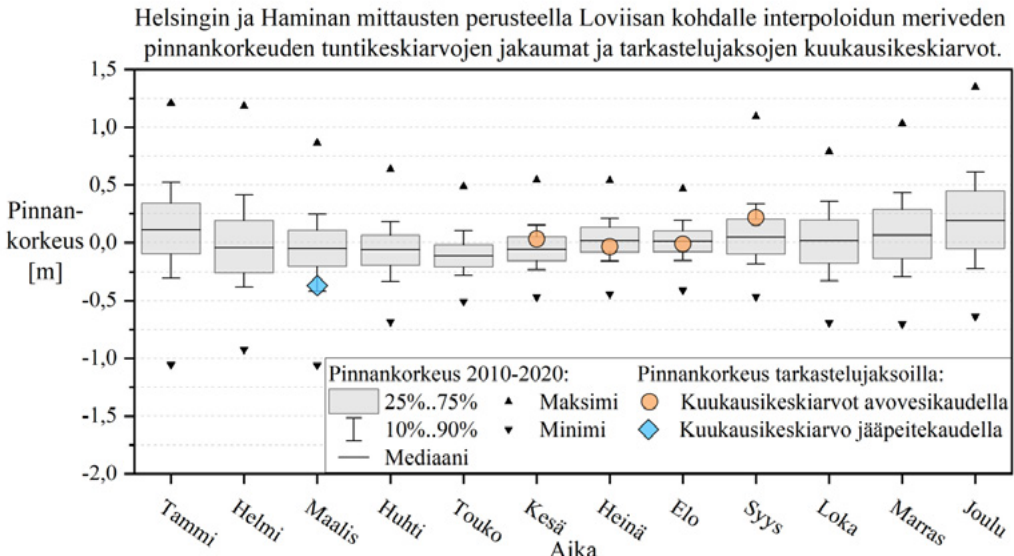
(Creative Commons 2021) puitteissa. Loviisan voimalaitoksella on omakin meriveden pinnankorkeusmittaus, mutta Ilmatieteen laitoksen mittauksista interpoloimalla arvioitu pinnankorkeus kuvaa paremmin mallinnuksen reunaehtona käytettäviä ulkomeren pinnankorkeusolosuhteita. Kuvasta nähdään, että avovesikaudella pinnankorkeus on varsin tyypillisellä tasolla ja jakson aikaisten minimi- ja maksimipinnankorkeuksien vaihtelukin on pientä. Jääpeitteisen kauden aikana pinnankorkeus on hieman keskimääräistä matalammalla tasolla, mutta myös tässä tapauksessa jakson aikainen vaihtelu on pientä.

Kuvassa 3-22 on esitetty Ilmatieteen laitoksen Helsingin

ja Haminan meriveden pinnankorkeusmittauksista Loviisan kohdalle interpoloitujen pinnankorkeuksien tuntikeskiarvojen kuukausijakaumat sekä tarkastelujaksojen kuukausikeskiarvot. Kuvasta erottuu kuvaa 3-21 selvemmin, että avovesikauden tarkastelujaksolla pinnankorkeudet ovat varsin tavanomaisella tasolla ja jääpeitteisen kauden osalta hieman keskimääräistä matalammalla. Kuvasta myös nähdään, että maaliskuussa pinnankorkeuden ääriarvojen vaihtelu on tyypillisesti suurempaa kuin avovesikaudella. Tosin syyskuussa pinnankorkeuden ääriarvojen vaihtelu on tyypillisesti suurempaa kuin kesä-, heinä- ja elokuussa.



Kuva 3-21. Meriveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo sekä kuukauden yksittäisen tunnin minimi ja maksimiarvot Loviisassa teoreettisen keskiveden suhteen.



Kuva 3-22. Meriveden pinnankorkeuden tuntikeskiarvojen jakaumat kuukausittain sekä tarkastelujaksojen kuukausikeskiarvot. Pinnankorkeudet on ilmoitettu teoreettisen keskiveden suhteen.

4 Mallinnuksen kuvaus

4.1 TARKASTELUSSA KÄYTETTY LASKENTAMALLI

Tarkastelu perustuu hydrauliseen mallinnukseen, joka toteutettiin vuonna 2019 julkaistulla mukautettavan laskentaverkon omaavalla täydellisin kolmiulotteisin yhtälöin laskevalla DHI:n Mike 3 FM non hydrostatic -virtausmallilla (DHI 2017). Työkalun avulla voidaan kuvata sekä pienempien alueiden hydraulikkaa että laajempien alueiden ilmiöitä samanaikaisesti. Malli laskee virtausten lisäksi meriveden lämpötilan ja suolaisuuden. Lähtötietoina käytetään mm. tuuliolosuhteita, meriveden pinnankorkeutta vaihteluineen, ilman lämpötilaa, jääkantta sekä meren ja ilmakehän säteilytaseen komponentteja. Mallinnusalue ulottui rannikolta Orrengrundille asti. Ottoaukon edustalle aikaisemmin laadittua pienemmän alueen mallia käytettiin nyt laaditun laajemman alueen mallin ottoaukon lähialueen hydraulikan validoinnissa. Mallin käytön pohjana olivat Fortumin aikaisemmin suorittamat laajat ja kattavat merialueen pohjan kartoitukset erilaisin kaiku- luotausmenetelmin, ja muun muassa meriveden lämpötilan, suolaisuuden ja virtausten jatkuvatoimiset havainnoinnit. Malli kalibroitiin vertaamalla laskettuja arvoja vuoden 2011 avovesikauden havaintoihin. Mallista tulostettiin kolmiulotteiset virtausnopeus-, lämpötila- ja suolaisuusarvot kolmen tunnin välein ja valituista pisteistä tarkastelluilla syvyyksillä 30 minuutin välein.

4.2 MALLIN LASKENTAHILA JA MALLINNUKSESSA KÄYTETY YHTÄLÖT

Mallin laskentaverkko ja syvyys-suhteet on esitetty kuvassa 4-1. Mallissa on 1832 vaakasuuntaista elementtiä ja 1900 noodia. Elementtitiheys on suurimmillaan Hästholmsfjärdenillä ja Hudöfjärdenillä lähellä voimalaitosta. Kesäajan mallissa on 44 elementtikerrosta, joista pinnan 4 ylintä ovat mukautuvia (Taulukko 4-1). Talven malli on muutoin identtinen, mutta mukautuvia elementtikerroksia on kolme kiinteiden kerrosten yläpinnan ollessa tasolla -1 metriä. Mallin vähimmäisvesisyvydeksi oli asetettu sekä kesä- että talviajan malleissa 1 metri. Muuttuvakorkeuksiset elementit sijaitsevat syvyysvyöhykkeellä heti vaihtelevasta veden pinnasta alaspäin aina kiinteiden elementtikerrosten yläpintaan asti, paitsi jos alueella on matalampaa, jolloin ne ulottuvat pohjaan asti. Kerrosten paksuus asetettiin jakautumaan tasaisesti.

Mallissa käytettiin laskennan vaatimuksista johtuen vähimmäissyvyytensä yhtä metriä, koska veden pinnankorkeus laski laskennan aikana alimmillaan arvoon -0,59 m. Otto on toteutettu luonnollisen levyisenä (32,8 m) ja korkuisena (tasolta 8,5 m...11,1 m asti) sekä asetettu tasainen virtaamaan ja pinta-alan mukainen virtausnopeus koko alalle. Lämpimän jäähdytysveden purkautuminen on kesäajan mallissa toteutettu aita-toiminon avulla siten, että vesi purkautuu syvyydsvälillä 0...1 m. Näin toimien elementtien pohja saadaan likimain vaakasuoraksi, mikä mahdollistaa luonnollisen vaakasuuntaisen virtauksen mallintamisen. Talviajan mallissa

purku on toteutettu pintaan siten, että vesi purkautuu purulta pintaelementtiin alueelle jonka syvyysväli on 0...1 m ilman aita. Toteutuksen ero johtuu siitä, että kesäajan mallissa talviajan kaltainen geometria tuotti epäluonnollisen virtauksen purulta vesistöön ja sitä piti muuttaa.

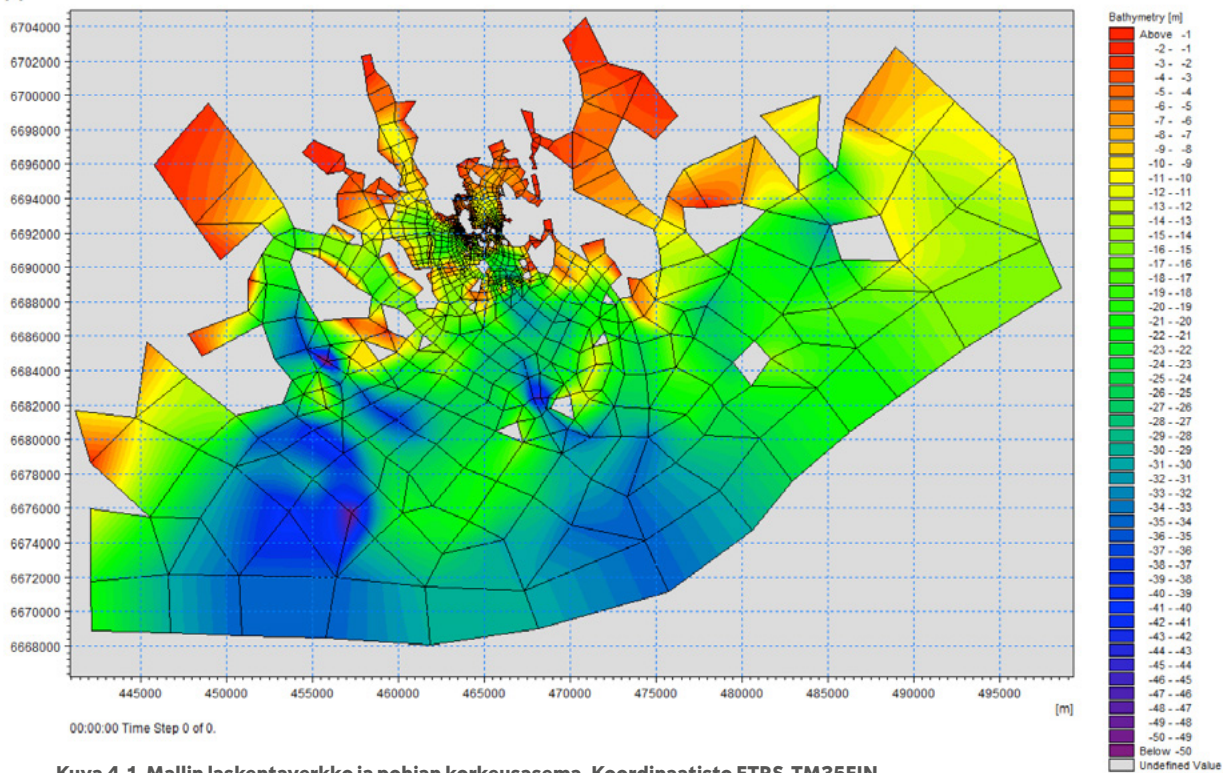
Laskenta suoritettiin käyttämällä täydellisiä Reynolds-keskiarvoistettuja Navier-Stokesin kolmiulotteisia yhtälöitä ja keinotekoista kokoonpuristuvuutta (DHI 2017). Pyörreviskositeetin laskennassa käytettiin Smagorinskin Large Eddy Simulation -menetelmää vaakasuunnassa ja k-epsilon-menetelmää pystysuunnassa. Mallissa käytetään edistysellistä Richardsonin vaimennusta kuvaamaan tiheyskerrostuneisuuden vaikutusta pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Menetelmää tai sen kertoimia ei voida mallissa muuttaa, vaikka Suomenlahdella oltaisiin voitu kokeilla voimakkaampakin vaimennusta, jonka kaltaisia kirjallisuudessa on myös esitetty (Elliott & Venayagamoorthy 2010). Ajan ja paikan, sekä lämpötilan ja suolaisuuden kulkeutumisessa ja turbulenssin laskennassa kaikissa käytettiin tarkimpia mahdollisia useamman kertaluvun aproksimaatioita, koska vaikka laskenta-aika pidentyy, tarkkuus samalla kasvaa. Aika-askel oli iteraatioiden konvergenssista riippuen mallin valittavissa välillä 0,01-30 sekuntia. Coriolis-voima otettiin laskennoissa huomioon. Pohjan karkeuskorkeutena käytettiin vakiota 0,5 m.

4.3 MALLIN REUNA EHDOT JA ALKU ARVOT

Mallissa reunat on ulkomerta lukuun ottamatta asetettu maa-alueeksi, missä kohtisuora virtausnopeus on asetettu nolaksi. Ulkomeren reunalla käytetään veden pinnankorkeusreunaehdot, jossa veden pinnankorkeus on interpoloitu Helsingin Kaivopuiston ja Haminan mareografien tuntikeskiarvoista lineaarisesti etäisyyttä käyttäen. Lämpötila- ja suolaisuusreunaehdot ulkomerellä käytettiin Luode Consulting Oy:n automaattisten havainnointien ja ympäristöhallinnon Hertta-tietokannan (Vedenlaatu / Uudenmaan ELY, Creative Commons) manuaalisten havainnointien perusteella laadittu- ja kaksikulotteisia aikasarjoja.

Jokien virtaamat (Taasianjoki, Loviisanjoki, Ahvenkoski (Kymijoki), Koskenkylänjoki) johdetaan pintaelementteihin (syvyys noin 0...0,5 m) Hertta-palvelun mukaisin lämpötiloin ja olettaen veden suolaisuus nolaksi. Arvojen täydentämiseen käytetään vertailuvesistöjen arvoja.

Mallinnuslaskennan aloitusajanhetki on hieman ennen varsinaisen tarkastelujakson alkua, jotta jäähdytysveden virtaus ehtii asettua luonnolliseksi tarkastelujakson alkuun mennessä. Avovesikauden osalta mallinnuslaskennan alkuhetki on 23.5.2011 kello 12, kun taas tässä työssä varsinaisesti hyödynnettävä tarkastelujakso alkaa 1.6.2011. Jääpeitteisen kauden osalta mallinnuslaskennan alkuhetki on 18.2.2018 kello 12 ja varsinainen tarkastelujakso alkaa 1.3.2018. Mallin alkutilanteena käytetään Luode Consulting Oy:n (Luode Consulting Oy 2012) ja Hertta-tietokannan manuaalisten havainnointien perusteella laadittuja veden lämpötilan ja suolaisuuden kolmiulotteisia malleja sekä pinnankorkeutena Helsingin ja Haminan mareografien lineaarisesti interpoloitua vakioarvoa koko alueella.



Kuva 4-1. Mallin laskentaverkko ja pohjan korkeusasema. Koordinaatisto ETRS-TM35FIN.

Taulukko 4-1. Mallin laskentaverkon pystysuuntainen rakenne.

Syvyys (m)	Elementtityyppi	Solujen korkeus
pinta...2 m	mukautuva 4 solua tasajaolla	n. 0,5 m
2 m...8,5 m	vakiotasot	0,5 m
8,5 m...11,1 m	vakiotasot (ottoaukon taso)	0,65 m
11,1 m...12 m	vakiotasot	0,9 m
12 m...20 m	vakiotasot	1 m
20 m...30 m	vakiotasot	2 m
20 m...36 m	vakiotasot	3 m
36 m...40 m	vakiotasot	4 m
40 m...65 m	vakiotasot	5 m

Pitkä- ja lyhytaaltainen säteily kuvataan käyttäen Helsingin Kumpulassa havaittuja minuuttikeskiarvoja. Mallissa ei ole mahdollista käyttää veden lämpötilan perusteella laskettua lähtevää pitkäaaltoista säteilyä, vaan veden pinnalta lähtevä pitkäaaltoinen säteily approksimoidaan Kumpulassa tehtyjen auringon säteilymittausten avulla. Jääpeitteisen tarkastelujakson aikana lämmönvaihto veden ja ilmakehän välillä asetetaan mallinnuksessa nolaksi jääpeitteisillä alueilla.

Avovesikauden mallilaskennassa käytetään auringon valon tunkeutumisyyvyyden kertoimina arvoja 0,9 (Beta) ja 1,4

(vähenemiskerroin). Nämä lukuarvot ovat suuria ja tyypillisiä humus- ja leväpitoisille tummille vesille, kuten Suomenlahti, jota kutsutaan optisesti ”mustaksi”. Jääpeitteisen kauden mallilaskennassa käytetään kirkkaamman veden kertoimia 0,6 ja 1,4.

Tuuliarvot saatiin voimalaitoksen lähialueelle Loviisan voimalaitoksen säämastolta ja ulkomerelle Ilmatieteen laitoksen Orrengrundin säähavaintoasemalta ja ne muunnettiin jäähdytysvesimallinnusta varten 10 metrin korkeustasoon käyttäen tavanomaisesti tuulimuunnoksissa käytettävää

logaritmiprofiilia karkeusluokassa 0,5 (Danish Wind Energy Association 2021). Ilmanpaine, ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus saatiin Ilmatieteen laitoksen Orrengrundin säähavaintoasemalta.

Tuulen vaikutuskertoimien (drag coefficient) lukuarvot arvioitiin tarkastelujaksoille mallin kalibroinnin yhteydessä. Avovesikaudella käytetään arvoja $0,315...1,12 \times 10^{-3}$ lineaarisesti tuulennopeusvälillä 0...25 m/s. Nämä vaikutuskerrointien arvot ovat valtamerten arvoihin verrattuna alhaisempia, koska Suomenlahden rannikolla on keskiosalta tulevaa aaltoilua sekä mataluudesta johtuvia korkeita aaltoja, jotka molemmat alentavat kertoimia. Myös erittäin pieneen luonnolliseen diffuusioon suojaisella rannikkoseudulla verrattuna merkittävä numeerinen diffuusio mallin syvemmissä kerroksissa voi vaikuttaa kalibroinnin tuloksiin kertoimia pienentävästi. Suurempien kertoimien käyttö johtaisi liialliseen lämpötilan pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Jääpeitteisen ajan tarkastelujaksolle saatiin kalibroinnin perusteella arvoja $0,62...2,28 \times 10^{-3}$, jotka ovat avovesikautta suurempia koska aallokkoa ei juuri pääse muodostumaan eivätkä myöskään ulkomeren aallot pääse jääkannen vuoksi alueelle.

Haihtumisen ja tiivistymisen kertoimet arvioitiin myöskin mallin kalibroinnin yhteydessä. Avovesikaudella käytetään Daltonin kerrointa 1 ja Daltonin tuulikerrointa 1,8 sekä lämmön kuljettumisen kertoimiksi jäähtymisessä ja lämpenemisessä arvoja 5 ja $0,5 \times 10^{-3}$. Arvot ovat tyypillisiä arktisille alueille, kun lämpötilaerot ovat suurehkoja ja topografia vaihtelevaa ja pienipiirteistä (Esbensen & Reynolds 1980). Kertoimiin saattaa vaikuttaa myös se, että pitkäaaltoisen lämpösäteilyn siirrossa mallissa ei voida käyttää veden pinta-lämpötilaa. Jääpeitteisen tarkastelujakson kertoimiksi saatiin kalibroinnin yhteydessä suuret lukuarvot; 3, 5,4 ja 10 ja $0,5 \times 10^{-3}$ viitteen (Esbensen & Reynolds 1980) mukaisesti. Tämä on seurausta siitä, että ainoa jääpeitteetön alue on aivan purkuaukon vieressä, jossa ilman ja veden lämpötilaerokin on epätavallisen suuri ja kertoimet vastaavasti silloin suuria. Sateen vaikutusta ei mallinnettu, eikä lämmönsiirtoa pohjan ja vesimassan välillä. Näitä komponentteja ei tavallisesti mallinnetakaan.

Mallin mekanismien ja mittakaavan ulkopuolelle jäävää diffuusiota kuvattiin mallin paikallisesti kullekin solulle joka ajanhetkelle laskemalla pyörrediffuusiolla. Sen skaalausker-toimeksi pystysuunnassa kalibroitiin pinta- ja keskikerroksissa tavanomainen 0 johtuen alueen termokliinin alapuolisen luonnollisen diffuusion vähäisyydestä suhteessa mallin numeerisen diffuusion määrään. Termokliinin yläpuolisessa kerroksessa tuuli lisää sekoittumista selvästi numeerisen ja mallin kuvaaman diffuusion summaa suuremmaksi, ja kalibroinnissa saatiin määritettyä ”advanced diffusion coefficient” mukailemalla logaritmistyyppistä profiilia pinnasta syvemmälle taulukon 4-2 mukaisesti.

Talvilaskennassa taulukon 4-2 arvot puolitettiin Håstholmsfjärdenillä, millä huomioitiin lähimerialueen jääkannen veden sekoittumista heikentävä vaikutus. Ulkomerellä Orrengrundsfjärdenin ulkopuolella arvoksi asetettiin 0, koska sekoittumista halutaan vähentää siellä. Syvyystrasolla 0...10 m vaakasuuntaisena diffuusion kertoimena käytettiin vakio-arvoa 1,1 ulkomerta lukuun ottamatta. Syvemmällä veden

Taulukko 4-2. Mallin mekanismien ja elementtien mittakaavan ulkopuolelle jäävän lisätyn pystysuuntaisen sekoittumisen skaalauskerroin eri syvyyksillä.

Syvyys	Diffuusion skaalauskerroin
0...0,15 m	0,5
1 m	0,27
2 m	0,15
3 m	0,07
4 m	0,025
4,5 m	0

vaihtuvuus on vähäistä, sillä alueella on paljon kannaksia noin 10 m syvyydellä, mikä hidastaa veden liikkeitä. Tämän vuoksi näillä alueilla vaakasuuntaisen diffuusiokertoimen arvoksi kalibroitiin 0.

Orrengrundsfjärdenin ulkopuolella ulkomerellä käytetään lämpötilan ja suolaisuuden vaakasuuntaiselle diffuusiolle hyvin suurta arvoa lämpötila- ja suolaisuusreunaehdon tuomiseksi lähemmäs. Suomenlahdella reunaehtoon jopa määräävästi vaikuttavat kumpuamis- ja painumisilmiöt ovat poikittaissuuntaisia ilmiöitä, jotka näkyvät nopeasti ja eniten aivan rannikolla, eli Vådholmsfjärdenin rannanpuoleisella osalla. Reunaehto ei voida kuitenkaan kumpuamisten ja painumisten dynamiikan tarkaksi kuvaamiseksi asettaa sinne, koska voimalaitoksen jäähdytysveden vaikutus ulottuu osalle Orrengrundsfjärdeniä. Näin ollen lämpötilan ja suolaisuuden reunaehto voitiin keinotekoisesti tuoda suuren vaakasuuntaisen diffuusiokertoimen avulla vain Orrengrundsfjärdenin ulkopuolelle. Veden pinnankorkeuden vaihtelun ja tuulen vaikutuksen kuvaamiseksi varsinainen mallin reuna sijaitsee kuitenkin kauempana ulkomerellä. Näin menetellen voidaan kuvata osaa kumpuamisten ja painumisten dynamiikasta, mutta jäähdytysvesien vaikutusalueen ja -kerrosten kuvaus on tarkka.

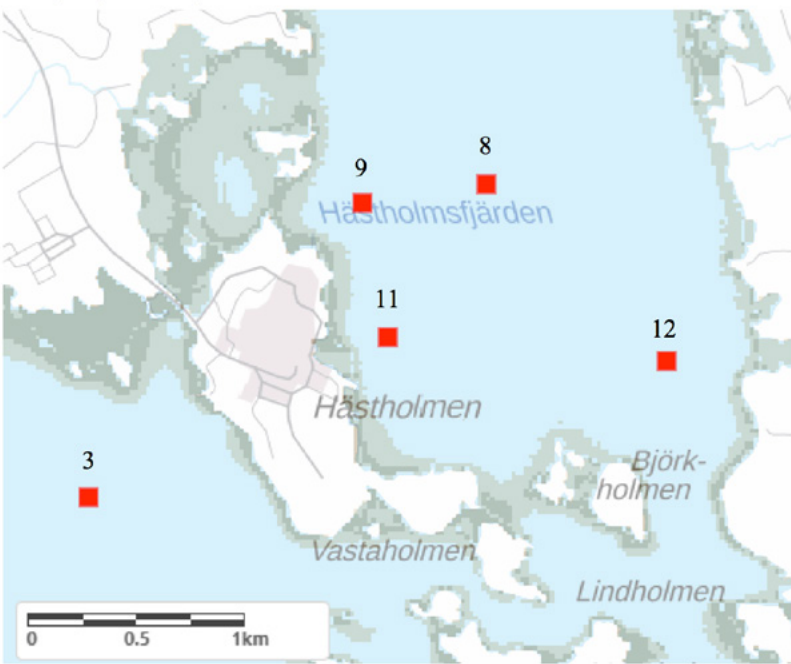
4.4 MALLILASKENNAN VERIFIOINTI JA VALIDOINTI

4.4.1 Vertailu manuaalisiin havaintoihin

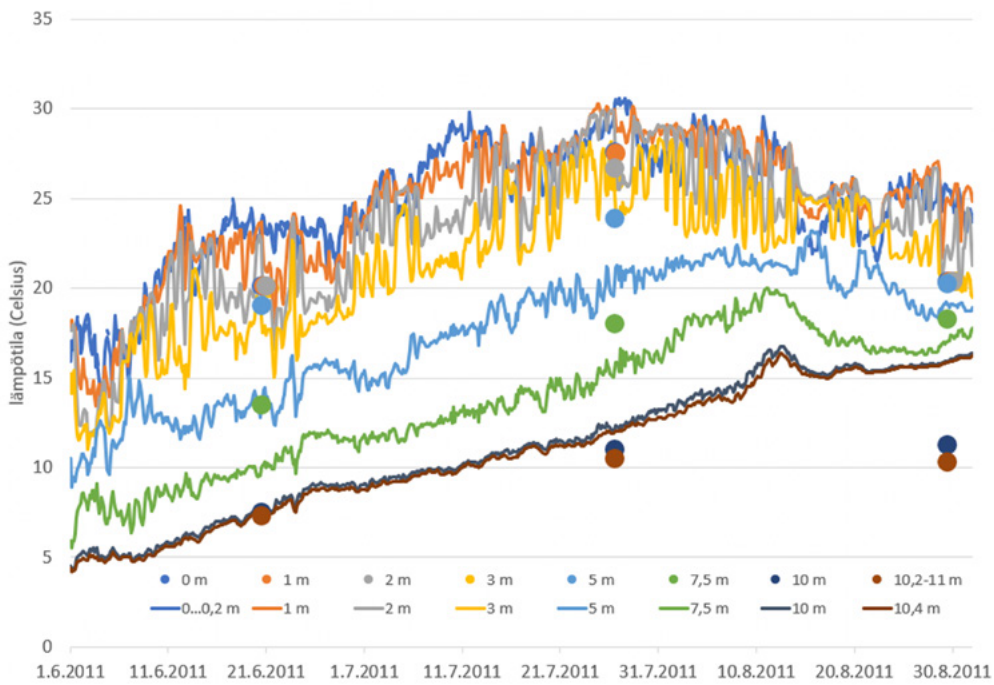
Håstholmsfjärdenillä on suoritettu manuaalisia mittauksia mallinnusjaksolla 1.6.-1.9.2011 pisteissä 8, 9, 11 ja 12 (Kuva 4-2). Voidaan havaita, että mallinnetut meriveden lämpötilat seuraavat tarkahkosti havaittuja lämpötiloja Håstholmsfjärdenin puoleisilla pisteillä 9, 11 ja 12 aina 7,5 metrin syvyyteen asti koko kesän (Kuvat 4-3...4-6). Syvemmälläkin mallinnettu lämpötila vastaa havaittua kesä- ja heinäkuussa, mutta elokuun lopussa vesi on lämmennyt mallissa havaintoja enemmän. Pisteessä 8 mallinnettu lämpötila on korkeampi pinnassa ja alhaisempi keskikerroksessa. Pohjalla mallinnettu lämpötila täsmää kesä- ja heinäkuussa tehtyjen havaintojen kanssa, mutta lämpenee enemmän elokuun loppua kohden.

Mallinnetut meriveden lämpötilat vastaavat siten havaittuja lämpötiloja kohtalaisen hyvin elokuun lopun syvimpien kohtien havaintoja lukuun ottamatta. Tämän tarkastelun kannalta keskeistä on, että pinnanläheiset mallinnetut lämpötilat vastaavat havaintoja. Vastaavuus on jäähdytysvesien vaikutusten tarkastelun kannalta erittäin riittävä.

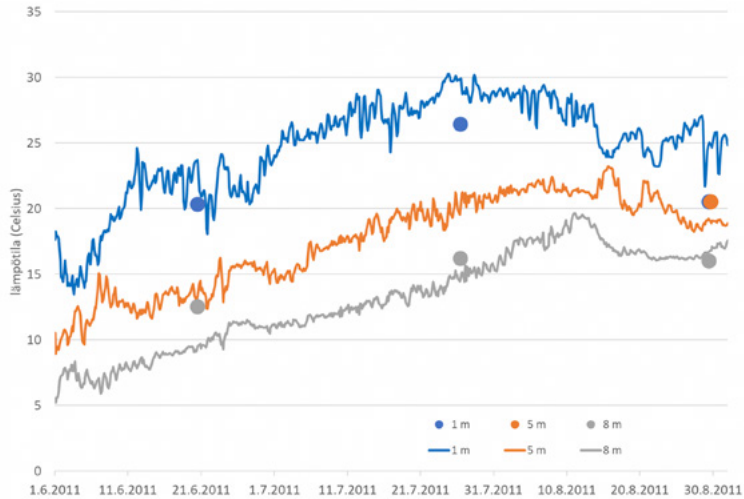
Hudöfjärdenillä (Kuva 4-2, piste 3) mallinnetut meriveden lämpötilat vastaavat havaintoja varsin hyvin syvyyteen 7,5 m asti (Kuva 4-7). Syvyydellä 10 m mallinnetut lämpötilat ovat hieman kylmempiä ja syvyydellä 15 metriä hieman havaittuja lämpimämpiä (Kuva 4-7).



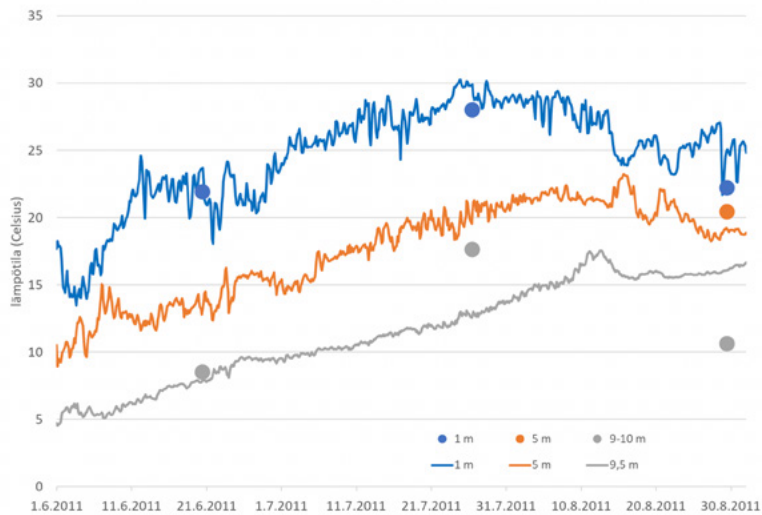
Kuva 4-2. Veden lämpötilan manuaalisen havainnoinnin pisteet vuonna 2011.



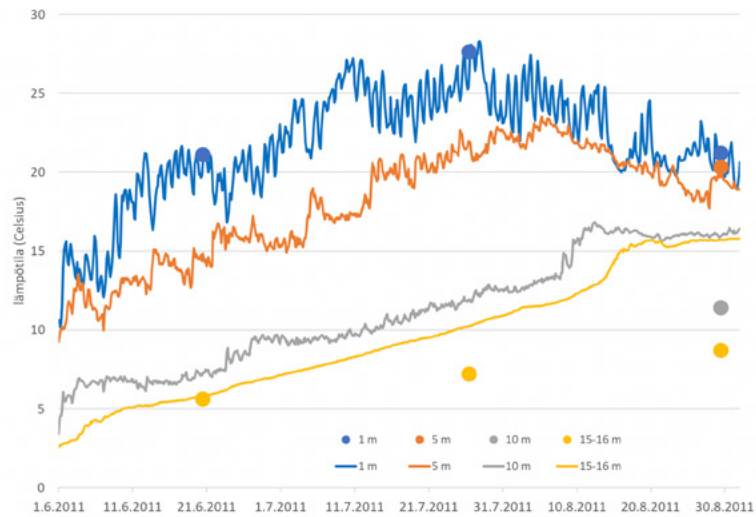
Kuva 4-3. Manuaalisesti havaitut (ympyrät) ja mallinnetut (käyrät) veden lämpötilat Hästholmsfjärdenillä pisteessä 8.



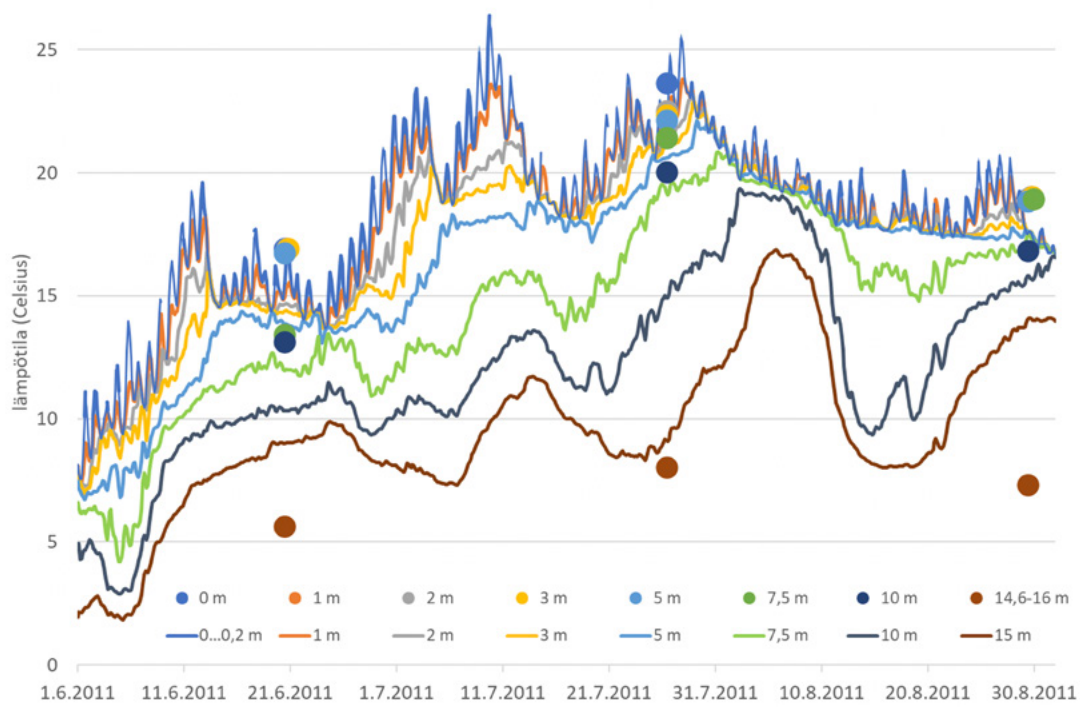
Kuva 4-4. Manuaalisesti havaitut (ympyrät) ja mallinnetut (käyrät) veden lämpötilat Hästholmsfjärdenillä pisteessä 9.



Kuva 4-5. Manuaalisesti havaitut (ympyrät) ja mallinnetut (käyrät) veden lämpötilat Hästholmsfjärdenillä pisteessä 11.



Kuva 4-6. Manuaalisesti havaitut (ympyrät) ja mallinnetut (käyrät) veden lämpötilat Hästholmsfjärdenillä pisteessä 12.

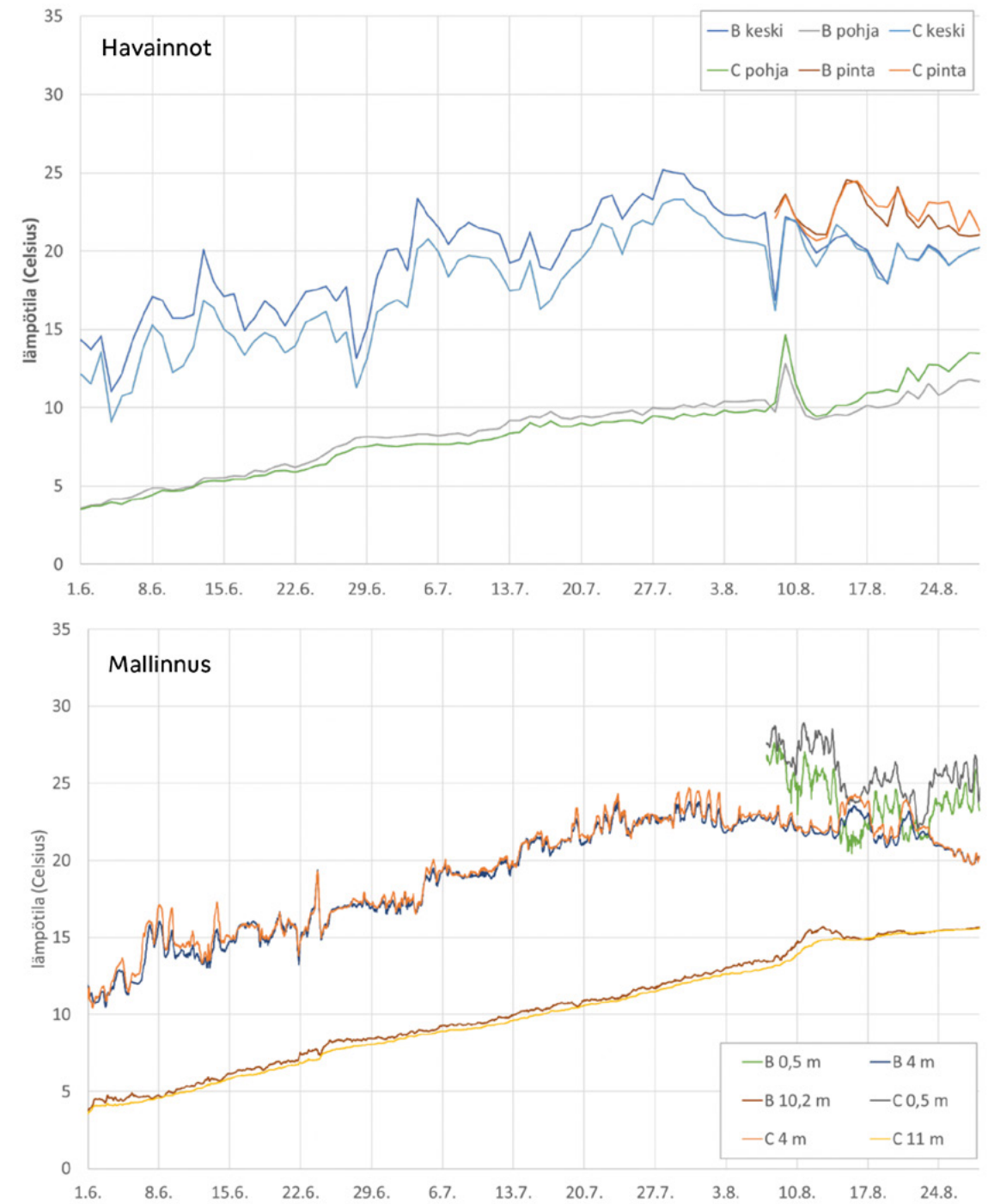


Kuva 4-7. Manuaalisesti havaitut (ympyrät) ja mallinnetut (käyrät) veden lämpötilat Hudöfjärdenillä pisteessä 3.

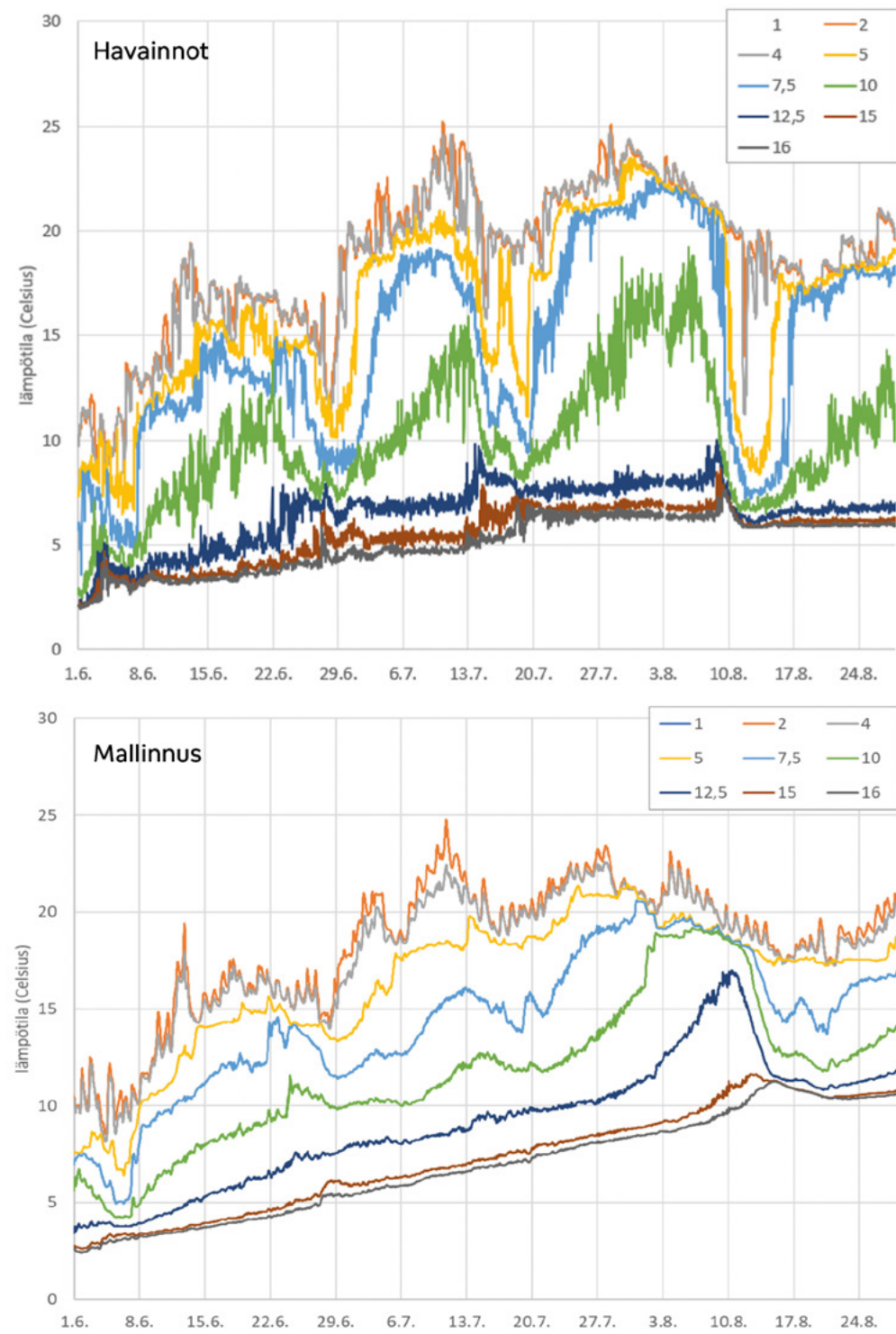
4.4.2 Vertailu automaattisesti tehtyihin havaintoihin

Mallinnettuja meriveden lämpötiloja verrattiin myös automaattisesti rekisteröivien mittausten tuloksiin. Automaattisten havaintojen lukemat pisteissä K1-K2 (Kuva 3-1) ovat yleensä jonkin verran manuaalisesti havaittuja matalampia. Mallilla laskettuja meriveden lämpötiloja verrattiin havaittuihin meriveden lämpötiloihin jäähdytysveden purkupuolella Hästholmsfjärdenillä (poijut B ja C), ottopuolella Hudöfjärdenillä (K1), ja ulkomerelle päin Vådholmsfjärdenillä (K2) kesän 2011 olosuhteiden osalta. Vertailu on esitetty kuvissa 4-8...4-10. Kuvista voidaan nähdä, että lämpimän jäähdytysveden vaikutusten kannalta tärkeällä Hästholmsfjärdenillä mallinnetut veden lämpötilat seuraavat havaittuja lämpötiloja kohtalaisen hyvin. Talven vertailu on esitetty kuvassa 4-11.

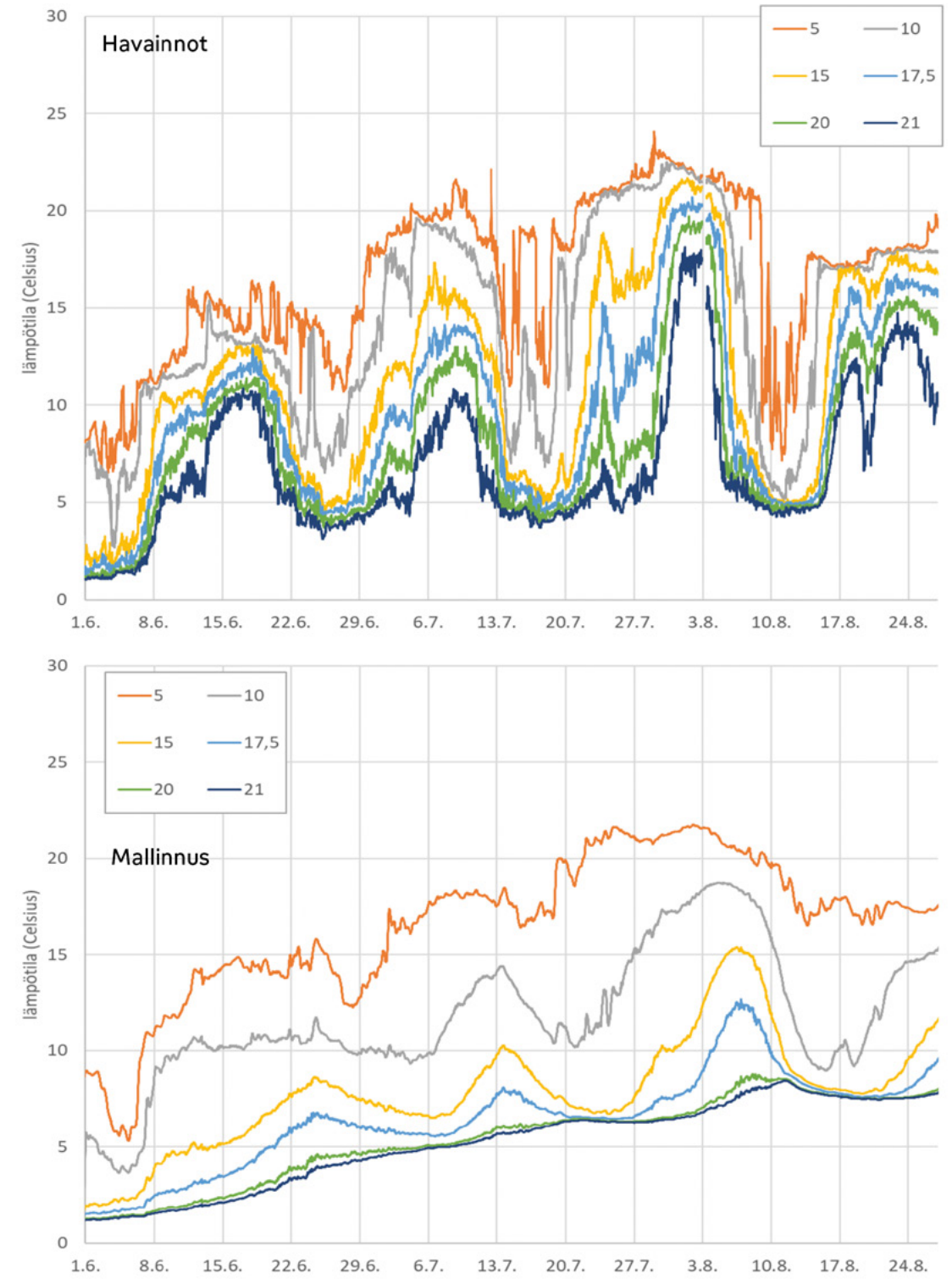
Kauempana Hästholmenista Hudöfjärdenillä ja Vådholmsfjärdenillä malli kuvaa kumpuamis- ja painumistapahtumat havaittua loivempina. Havaintojen perusteella elokuun alkupuolella alkanut voimakas kumpuamistilanne tapahtuu mallinnuksessa hieman myöhemmin ja jää myös voimakkuudeltaan selvästi havaittua pienemmäksi. Hästholmsfjärdenin ja Hudöfjärdenin mallinnustuloksissa syvemmän veden lämpötilat nousevat elokuun loppua kohti enemmän kuin havainnoissa. Vådholmsfjärdenin osalta mallinnetut syvemmän veden lämpötilat jäävät havaittuja matalammiksi. Lähellä pintaa mallinnettu meriveden lämpötila seuraa kuitenkin tarkahkosti havaittua lämpötilaa. Erityisesti Hästholmsfjärdenin osalta mallinnetut pintalämpötilat vastaavat havaintoja varsin hyvin.



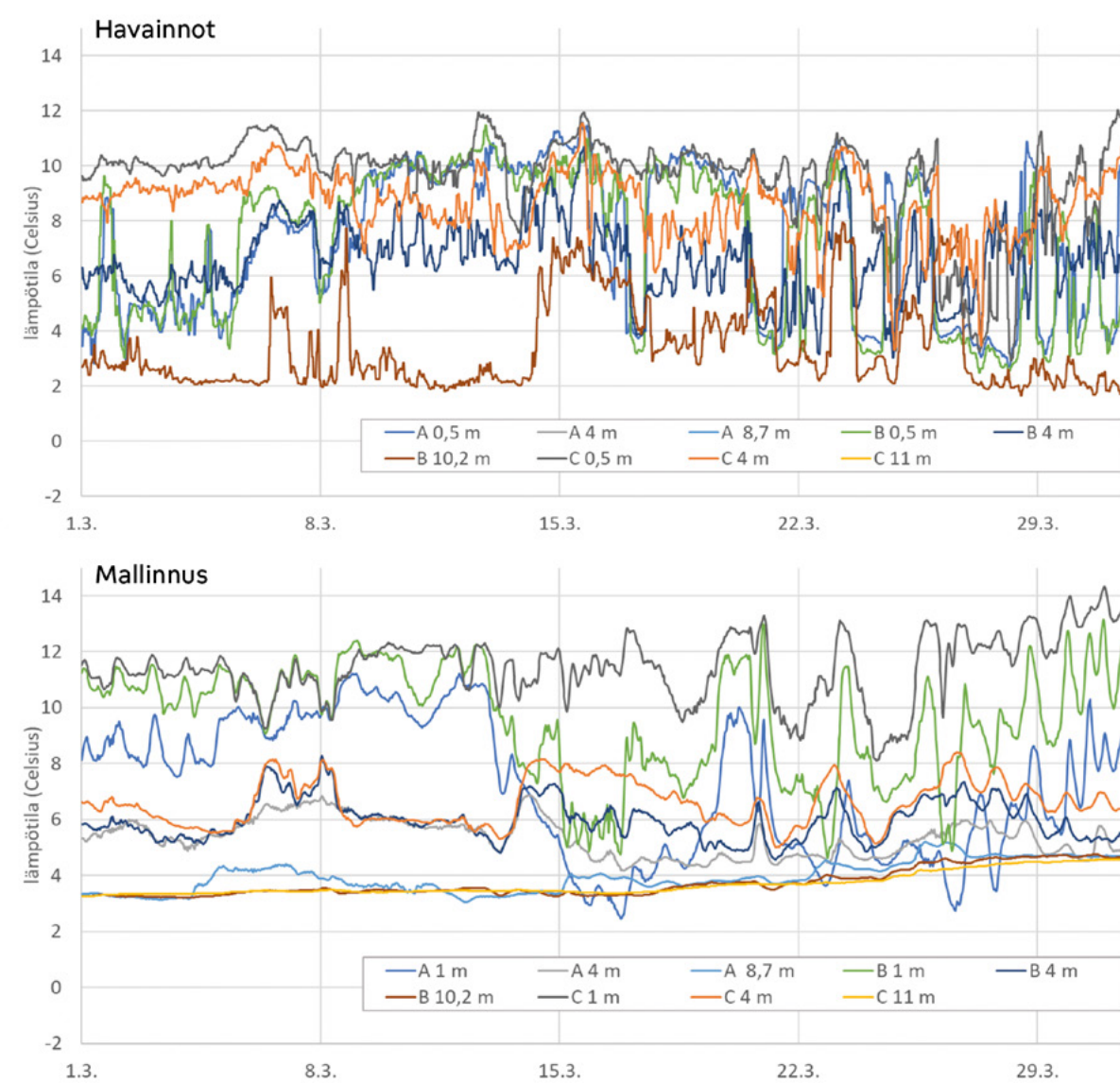
Kuva 4-8. Hästholmsfjärden, poijut B ja C, havaittu (yllä) ja mallinnettu (alla) veden lämpötila eri syvyyksillä kesä-elokuussa vuonna 2011. Heilahdus havainnoissa elokuun alussa johtuu mittausantureiden huollosta.



Kuva 4-9. Hudöfjärden, poiju D (syvyydet 2-4 m), piste K1 (syvyydet 5-16 m), havaittu (yllä) ja mallinnettu (alla) veden lämpötila eri syvyyksillä kesä-elokuussa vuonna 2011.



Kuva 4-10. Vårdholmsfjärden, piste K2, havaittu (yllä) ja mallinnettu (alla) veden lämpötila eri syvyyksillä kesä-elokuussa vuonna 2011.



Kuva 4-11. Havaittu ja mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hästholmsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C (Kuva 3-3) vuoden 2018 maaliskuussa.

4.5 MALLINNUKSEEN LIITTYVÄT EPÄVARMUUKSET

Kaikkeen mallinnukseen liittyy epävarmuuksia eikä mallinnus koskaan kuvaa todellisuutta täydellisesti. Mallinnuksen lopputuloksiin tulee virhettä lähtötietojen ja reunaehtojen epävarmuuksista sekä mallin parametrisoinneista ja numeerisesta laskennasta. Esimerkiksi lähtötietona käytetty ulkomeren meriveden pinnankorkeus on arvioitu Helsingin ja Haminan meriveden pinnankorkeuksien avulla, jolloin arvio ei ole täysin tarkka. Toisaalta arvio on kuitenkin jäähdytysvesimallinnuksen näkökulmasta riittävän hyvä eikä virhelähteenä kovinkaan merkittävä. Virhelähteiden osalta onkin keskeistä tunnistaa tärkeimmät virhelähteet ja koettaa parantaa tilannetta niiden osalta mikäli mahdollista ja tarpeellista.

Tässä työssä toteutetun mallinnuksen keskeisimpiä virhelähteitä on mallin lämmönsiirto pintavedestä ilmakehään, joka on laskettu lähtevän pitkäaaltoisen säteilyn osalta käyttäen Kumpulassa havaittuja lämpösäteilyn arvoja veden pintalämpötilan sijaan. Lähtökohtaisesti tämä ominaisuus hidastaa lämmönsiirtoa vedestä ilmaan nostaen veden lämpötilaa todellisuutta enemmän. Tämä haaste pystyttiin kuitenkin käsittelemään tyydyttävällä tavalla kalibroimalla malli mittausten perusteella siten, että sen arvioimat pintalämpötilat vastaavat mittauksia hyvin. Tämän työn tulosten kannalta pintalämpötilan realistinen kuvaaminen on keskeisin tavoite.

Toinen tuloksiin mahdollisesti merkittävästi vaikuttava virhelähde on mallin onnistuminen veden pystysuuntaisen

sekoittumisen kuvaamisessa. Tähän vaikuttavat erityisesti sekoittumista säätelevien parametrien lukuarvojen valinnat ja mallin laskentahilan rakenne. Pystysuuntaisen sekoittumisen realismuuteen kiinnitettiin mallin kalibroinnin yhteydessä erityistä huomiota.

Itämeren vesi on murtovettä, eli sen suolaisuus on välillä 0,5-24,7 ‰. Suomenlahden rannikkovesissä suolapitoisuus on tyypillisesti alle 5 ‰, mutta suolaisuudessa esiintyy jonkin verran vaihtelua. Murtoveden fysikaaliset ominaisuudet tekevät siitä mallinnuksen näkökulmasta hankalan aineen ja mittauksiin perustuvan mallin kalibroinnin merkitys korostuu entisestään. Suomenlahden ominaispiirteisiin kuuluu myös kumpuamis- ja painumistilanteet, jotka vaikuttavat merkittävästi korkeimmillaan meriveden lämpötila- ja suolaisuusolosuhteisiin, ja joiden kuvaaminen mallintamisen keinoin on haastava tehtävä.

5 Mallinnustulokset

5.1 AVOVESIKAUSI

Kuvissa 5-1...5-4 on esitetty avovesikauden olosuhteissa mallinnettujen meriveden lämpötilojen erotukset niiden tilanteiden kesken, missä voimalaitos on toiminnassa ja missä se ei ole toiminnassa. Meriveden lämpötilan mallinnustulosten aikasarjat eri tarkastelupisteissä ja eri tilanteissa (voimalaitos toiminnassa ja voimalaitos ei toiminnassa) on esitetty liitteessä 2. Tarkastelut on esitetty pisteissä K1, K2, K3 sekä purkupuolen poijujen kohdalla (Kuva 3-1 ja 3-3). Kuvissa 5-5...5-7 on esitetty kartat lämpötilan keskiarvosta ja maksimista.

Hästholmsfjärdenillä lähellä jäähdytysveden purkua sijaitsevien poijujen A, B ja C sijaintipaikoilla meriveden pintalämpötila on voimalaitoksen käytön aikana 1-11 °C lämpimämpää kuin tilanteessa, jolloin voimalaitos ei ole käytössä (Kuva 5-1). Lämpötilaerot eri tilanteiden välillä ovat suurimmat poijujen B ja C sijaintipaikoilla, kun taas poijun A kohdalla vaihtelu on selvästi pienempää. Sijaintipaikkojen väliset erot johtuvat siitä, että poijut B ja C ovat voimalaitoksen toimiessa selvemmin lämpimän jäähdytysveden vaikutusalueella ja poiju A puolestaan hieman syrjässä siitä. Suurehko meriveden pintalämpötilan vaihteluväli yksittäisen sijaintipaikan kohdalla (esimerkiksi poiju B ja 0,5 m tarkastelusyvyys) selittyy pääosin tuuliolosuhteiden muutoksilla, sillä muutokset tuulen suunnassa muuttavat lämpimän jäähdytysveden kulkureittiä välillä tarkastelukohteen ohi ja välillä kohti tarkastelupistettä. Syvänteen lämpötilan nousu poijujen A, B ja C sijaintipaikoilla suurentuu kesän mittaan ja on elokuussa noin 2-3 °C.

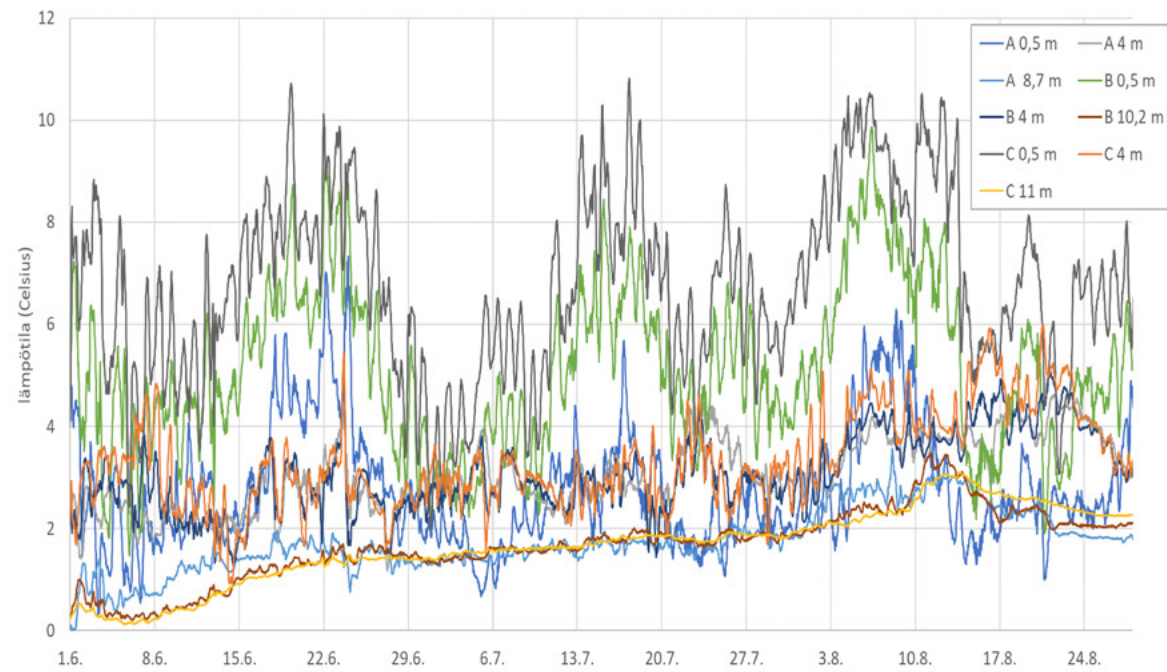
Mallinnustuloksista tehtyjen karttojen perusteella (Kuvat 5-5...5-7) voimalaitoksen toiminta nostaa meriveden pin-

talämpötilaa eniten heti jäähdytysveden purun tuntumassa Hästholmsfjärdenillä. Pintalämpötila laskee kuitenkin nopeasti edemmäs siirryttäessä, koska pintavesi sekoittuu vaaka- ja pystysuunnassa muuhun vesimassaan ja lämpöä siirtyy tehokkaasti myös ilmakehään. Keskimäärin pintalämpötila nousee noin 2 °C eteläisellä Hästholmsfjärdenillä. Läntisellä ja pohjoisella Hästholmsfjärdenillä vaikutus on arviolta enää asteen osia johtuen hitaasta veden virtauksesta näille alueille. Mallinnustulosten perusteella pintaveden lämpötila voi kuitenkin ajoittain nousta osalla näistä alueista jäähdytysveden lämpövaikutuksen myötä, nousun ollessa korkeintaan noin 2 °C.

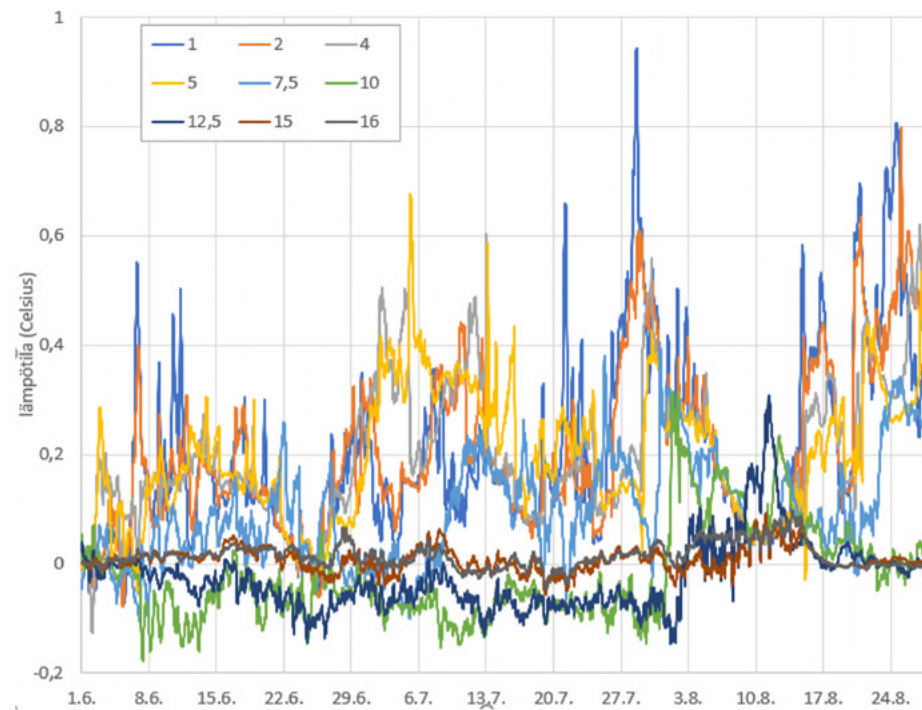
Poikkileikkauksuvien (Kuvat 5-5...5-7) perusteella voidaan arvioida, että voimalaitoksen toiminnan vaikutukset meriveden lämpötilaan avovesikaudella rajautuvat pääosin ylimmän 5 m kerrokseen Hästholmsfjärdenin eteläosassa. Klobbfjärdenin vesimuodostumalle (Hästholmsfjärden + Klobbfjärden) laskettuna keskimääräinen pintalämpötilan nousu on arviolta noin 1,12 °C. Mallissa voimalaitoksesta kauempana olevien matalien alueiden pinta-ala on jonkin verran pienempi kuin luonnossa, mikä on otettava huomioon mallinnuksen tuloksia tulkittaessa.

Ottopuolella Hudöfjärdenin pisteessä K1 meriveden lämpötila on mallinnuksen perusteella voimalaitoksen käytön aikana lähellä pintaa keskimäärin noin 0,1-0,9 °C korkeampi kuin ilman voimalaitosta (Kuva 5-2). Lämpövaikutus Hudöfjärdenin puolelle on vähäistä ja yleensä havaittavissa vain aivan koilliskulmassa lähellä Hästholmenia (Kuvat 5-5...5-7). Ajoittain tiettyjen sääolosuhteiden vallitessa kuitenkin pinnan lämpötila voi nousta enimmillään noin 2 °C Hästholmenin läheisillä osilla Hudöfjärdeniä.

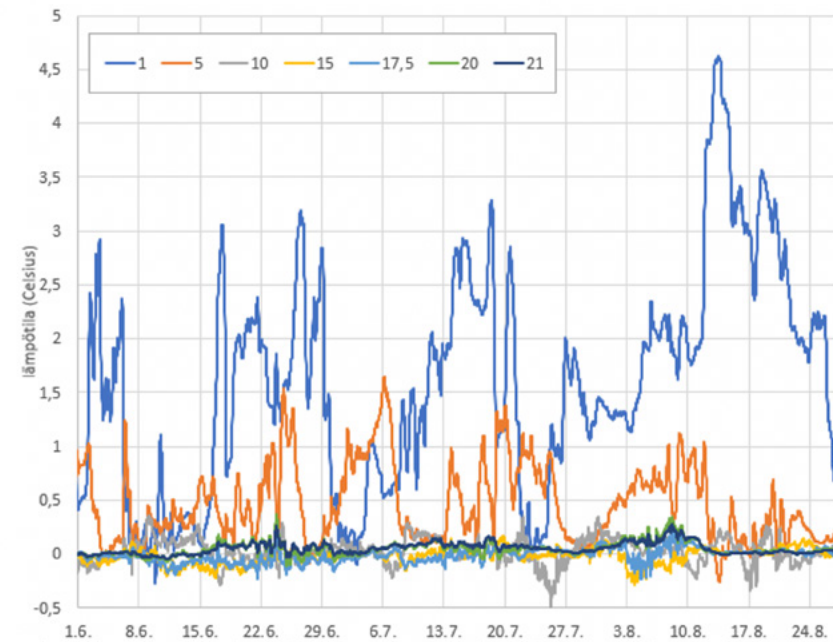
Hästholmsfjärdeniltä Vådholmsfjärdenille johtavien salmien edustalla sijaitsevassa havaintopisteessä K2 lämpövaikutusta esiintyy mallinnustulosten perusteella aivan meren pinnassa. Voimalaitoksen käytön aikana meriveden lämpötila on tulosten perusteella metrin syvyydellä arviolta 0-4,5 °C lämpimämpää, ja viiden metrin syvyydellä 0-1,5 °C lämpimämpää, kuin tilanteessa missä voimalaitos on poistettu käytöstä (Kuva 5-3). Syvemmällä, 10 metrissä, lämpötilan nousua ei ole havaittavissa. Mallinnustulosten perusteella tehtyjen karttojen perusteella Vådholmsfjärdenillä vaikutus on suurin lähellä Myssholmenin ja Lindholmenin saarten välisen salmen suuta, jossa veden lämpötila voi ajoittain enimmillään nousta pinnassa noin 5 °C. Eteläisemmällä osalla Vådholmsfjärdeniä lämpötilannousun arvioidaan olevan enää enintään noin 1 °C (Kuvat 5-5...5-7). Keskimääräinen pintalämpötilan nousu Vådholmsfjärdenin pohjoisosissa on luokkaa 2 °C. Lämpötilaero kuitenkin pienenee etelämmäksi liikuttaessa siten, että jo Vådholmsfjärdenin keskiosissa voimalaitoksen toiminnasta seuraavaa lämpövaikutusta meriveden keskimääräiseen pintalämpötilaan on vaikea havaita.



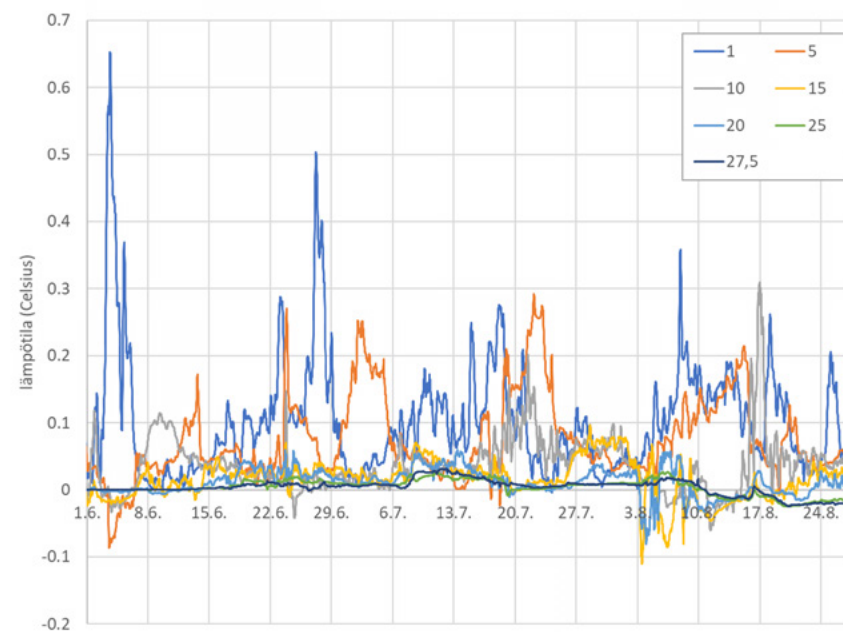
Kuva 5-1. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä) Hästholmsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C vuoden 2011 avovesikaudella.



Kuva 5-2. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä) Hudöfjärdenillä pisteessä K1 vuoden 2011 avovesikaudella.



Kuva 5-3. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä) Vårdholmsfjärdenillä pisteessä K2 vuoden 2011 avovesikaudella.



Kuva 5-4. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä) Orrgrunds-fjärdenillä pisteessä K3 vuoden 2011 avovesikaudella.

Orrgrunds-fjärdenin havaintopisteessä K3 lämpövaikutus on hyvin vähäinen pintakerroksessa (Kuva 5-4). Vaikutus on pienellä alueella Orrgrunds-fjärdenin luoteisosassa noin 0,5 °C, maksimin ollessa Vårdholmsfjärdenille johtavalla kohdalla noin 1,5 °C.

Mallinnuksen perusteella voimalaitoksen aiheuttamaa lämpövaikutusta on avovesikaudella havaittavissa lähinnä Hästholmsfjärdenillä ja ajoittain sen eteläpuolisten salmien ulkopuolella pinnassa.

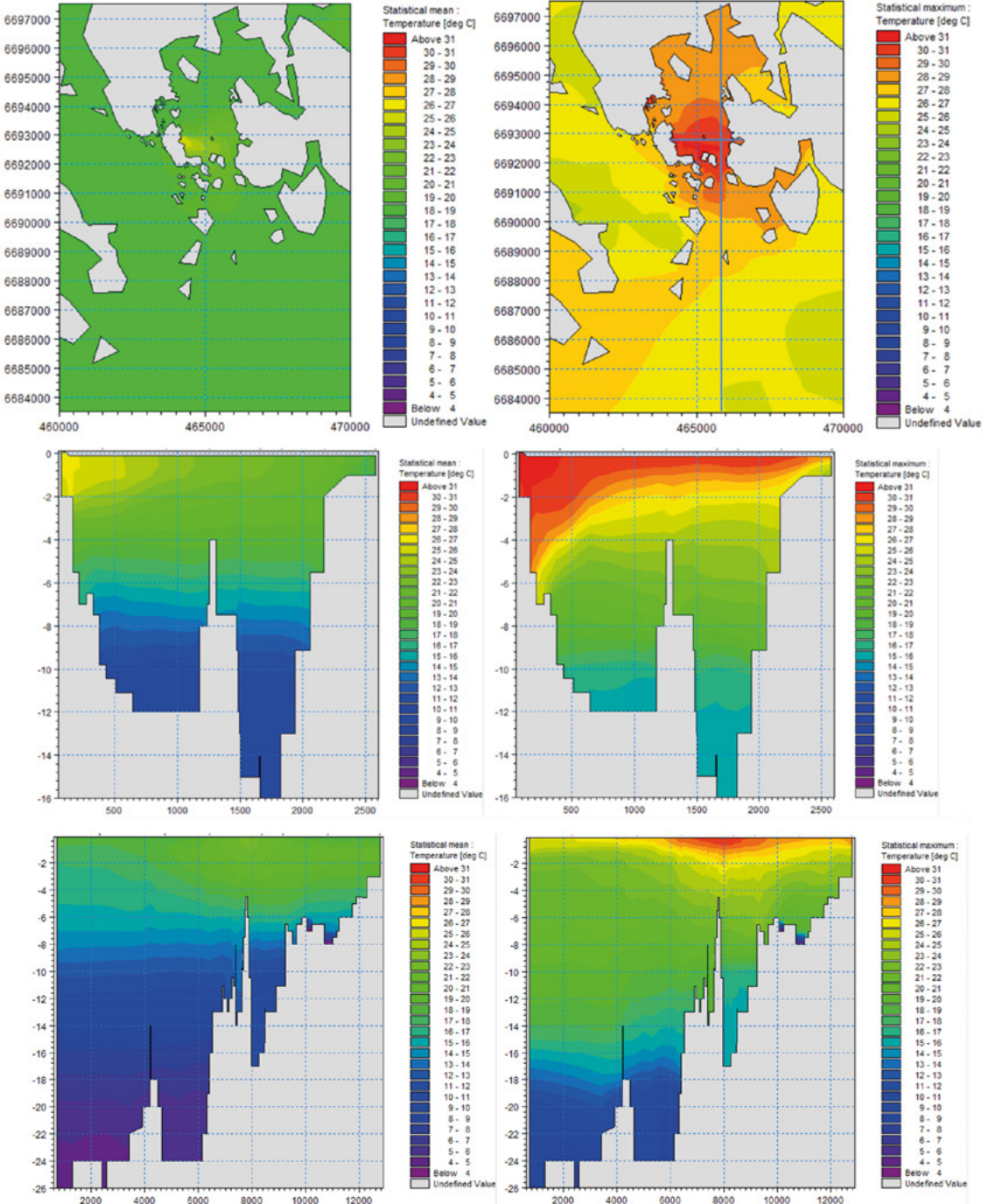
Tarkasteltu vuoden 2011 avovesikausijakso edustaa 2010-luvun olosuhteissa poikkeuksellisen lämmintä kesää. Vuosi 2011 valittiin tarkasteltavaksi pääasiassa sen vuoksi, että kyseisenä

vuotena tehtiin kattavaa meriveden lämpötilan lisätarkkailua, mikä mahdollistaa jäähdytysvesimallin tarkemman kalibroinnin. Toisaalta poikkeuksellisen lämpimän vuoden valinta tarjoaa näkökulman meriveden lämpötilaolosuhteiden kehittymiseen tulevaisuudessa ilmaston lämmetessä. Kuten luvussa 3.3 on esitetty, niin aikavälin 2030-2050 ilmasto-olosuhteissa vuoden 2011 kesä lämpötilat ovat todennäköisesti varsin tavanomaisia, tai ainakin selvästi yleisempiä kuin 2010-luvun alussa. Tarkastelujakson mallinnustuloksista saadaan siten käsitys meriveden lämpötiloista tämän vuosisadan puolenvälin paikkeilla tilanteessa missä voimalaitos on toiminnassa ja tilanteessa missä voimalaitos ei ole toiminnassa.

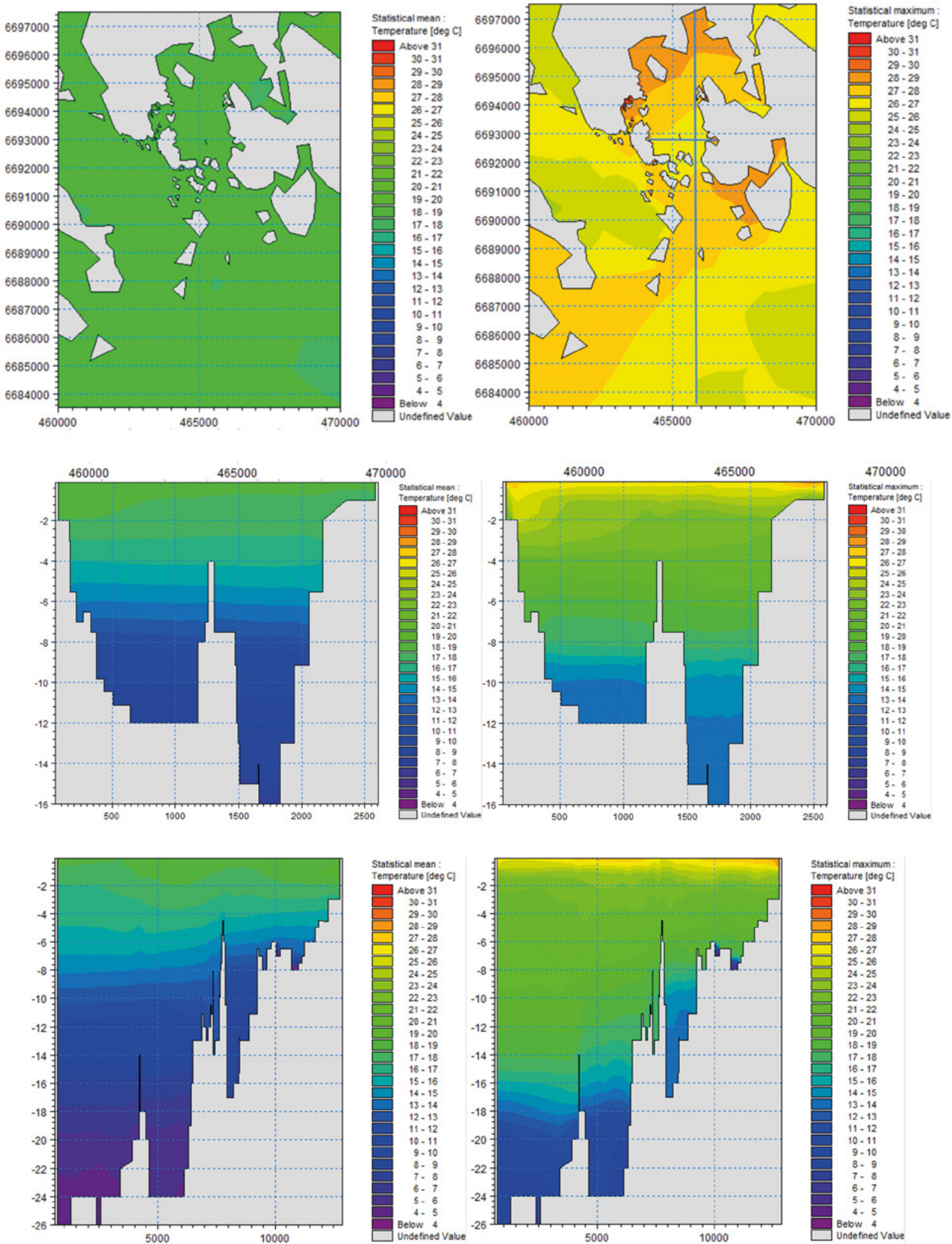
Absoluuttiset lämpötilat on esitetty avovesikauden osalta liitteessä 2.

Tarkastelemalla tuloksia esimerkiksi Hästholmsfjärdenin purkupuolen lämpötilamittauspöijujen kohdalla (Liite 2, Kuvat L2-1 ja L2-2) nähdään, että meriveden pintalämpötila on voimalaitoksen käytössä ollessa korkeimmillaan C-pöijun kohdalla hieman yli 30 °C, kun taas tilanteissa missä voimalaitos ei ole käytössä pintalämpötila samassa pisteessä ja samalla ajanhetkellä on noin 25 °C. Loviisan voimalaitoksen ympäristöluvan mukaan mereen johdettavan jäähdytysveden

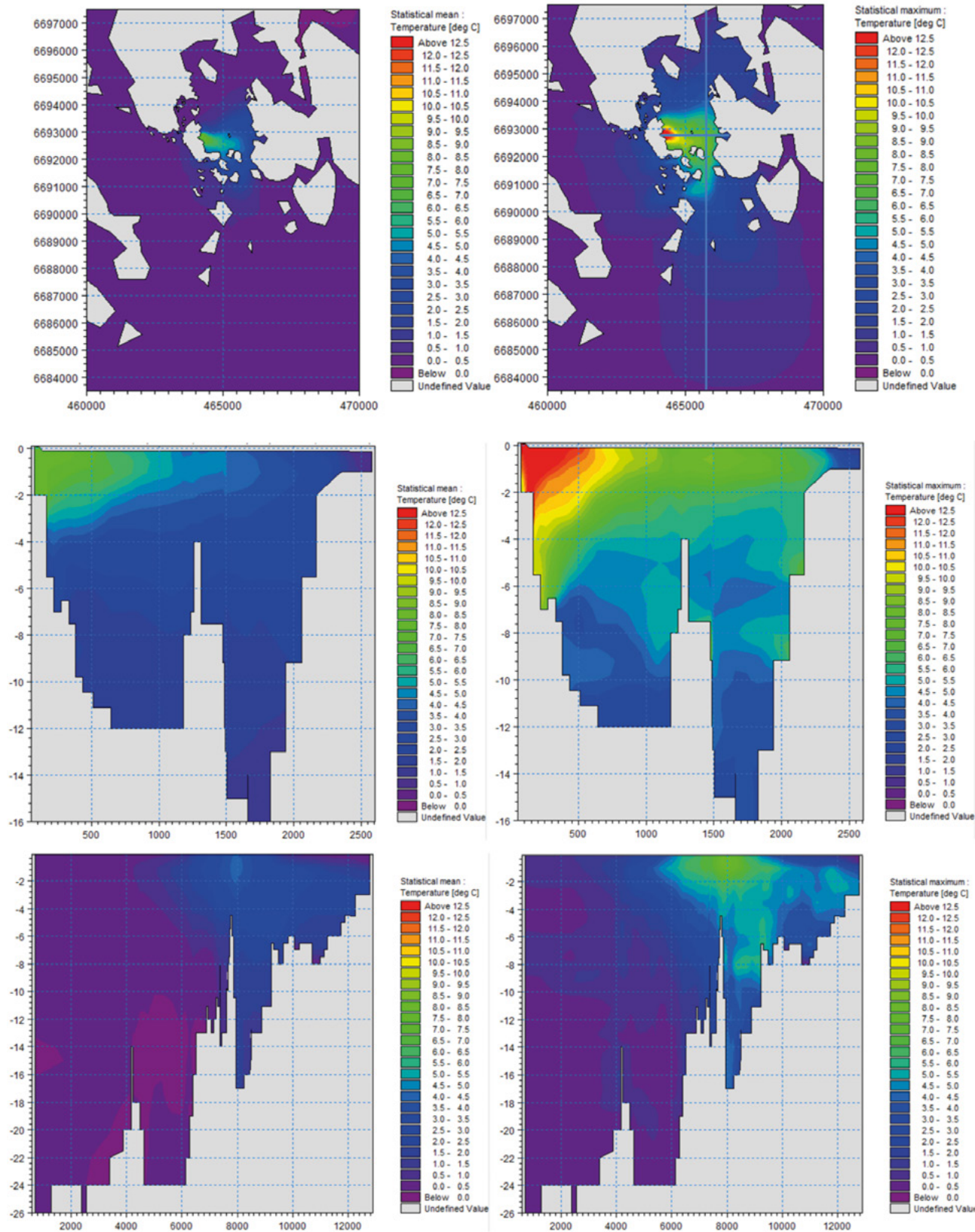
lämpötilan tuntikeskiarvo saa olla korkeintaan 34 °C. Toisin sanoen, otettavan jäähdytysveden lämpötilan noustessa niin korkeaksi, että voimalaitoksen tehoa joudutaan rajoittamaan purettavan jäähdytysveden lämpötilan pitämiseksi alle 34 °C, myös voimalaitoksen lämpövaikutuksen suhteellinen osuus pienenee. Liikuttaessa kauemmas Hästholmsfjärdeniltä meriveden lämpötilaerot eri tilanteissa ovat varsin pieniä, ja absoluuttiset lämpötilat ovat korkeimmillaan luokkaa 20-25 °C (Liite 2, Kuvat L2-3...L2-8).



Kuva 5-5. Lämpötila, voimalaitos käytössä, keskiarvo (vasen sarake) ja maksimi (oikea sarake); kartta (yläriivi), itä-länsi-leikkaus purulta (keskellä, vasen reuna länteen päin) ja pohjois-etelä-leikkaus (alarivi, vasen reuna etelään päin), jakso 1.6.-1.9.2011. Poikkileikkauskuvien linjat näkyvät maksimilämpötilojen karttakuvassa. Karttakuvissa koordinaatisto on ETRS-TM35FIN. Muissa kuvissa etäisyys (vaaka-akseli) ja syvyys (pystyakseli) on ilmaistu metreinä.



Kuva 5-6. Lämpötila, voimalaitos ei käytössä, keskiarvo (vasen sarake) ja maksimi (oikea sarake); kartta (yläriivi), itä-länsi-leikkaus purulta (keskellä, vasen reuna länteen päin) ja pohjois-etelä-leikkaus (alarivi, vasen reuna etelään päin), jakso 1.6.-1.9.2011. Poikkileikkauskuvien linjat näkyvät maksimilämpötilojen karttakuvassa. Karttakuvissa koordinaatisto on ETRS-TM35FIN. Muissa kuvissa etäisyys (vaaka-akseli) ja syvyys (pystyakseli) on ilmaistu metreinä.



Kuva 5-7. Voimalaitoksen käytön vaikutus lämpötilaan (erotus: voimalaitos käytössä - voimalaitos ei käytössä), keskiarvo (vasen sarake) ja maksimi (oikea sarake); kartta (ylärivi), itä-länsi-leikkaus otolta (keskellä, vasen reuna länteen päin) ja pohjois-etelä-leikkaus (alarivi, vasen reuna etelään päin), jakso 1.6.-1.9.2011. Poikkileikkauskuvien linjat näkyvät maksimilämpötilojen karttakuvassa. Karttakuvissa koordinaatisto on ETRS-TM35FIN. Muissa kuvissa etäisyys (vaaka-akseli) ja syvyys (pystyakseli) on ilmaistu metreinä.

5.2 JÄÄPEITTEINEN AIKA

Kuvissa 5-8...5-11 on esitetty jääpeitteisen kauden olosuhteissa mallinnettujen meriveden lämpötilojen erotukset niiden tilanteiden kesken, missä voimalaitos on toiminnassa ja missä se ei ole toiminnassa. Meriveden lämpötilan mallinnustulosten aikasarjat eri tarkastelupisteissä ja eri tilanteissa (voimalaitos toiminnassa ja voimalaitos ei toiminnassa) on esitetty liitteessä 3. Tarkastelut on esitetty pisteissä K1, K2, K3 sekä purkupuolen poijujen kohdalla (Kuva 3-1 ja 3-3). Kuvissa 5-12...5-14 on esitetty kartat lämpötilan keskiarvosta ja maksimista tilanteissa missä voimalaitos on käytössä ja missä se ei ole käytössä, sekä näiden erotus.

Hästholsfjärdenillä jäähdytysveden purkuaukon lähellä sijaitsevilla poijuilla A, B ja C meriveden lämpötila on voimalaitoksen käytössä ollessa 1 m syvyydellä noin 5-16 °C, 4 m syvyydellä noin 5-9 °C ja pohjan tuntumassa noin 3-5 °C suurempi kuin tilanteessa, jolloin voimalaitos ei ole käytössä (Kuva 5-8).

Hudöfjärdenin puolella sijaitsevassa pisteessä K1 voidaan voimalaitoksen käytössä ollessa havaita lämpimän jäähdytysveden jälleekierron aikaansaama 0-3 °C lämpötilannousu, joka rajautuu pääosin 4-5 m syvyydelle (Liitteen 3 kuva L3-3). Tilanteessa, jossa voimalaitos ei ole käytössä meriveden lämpötila pysyy tasaisena läpi koko vesirungon (Liitteen 3 kuva L3-4). Kuva 5-9 havainnollistaa jälleekierron aiheuttamaa meriveden lämpenemistä.

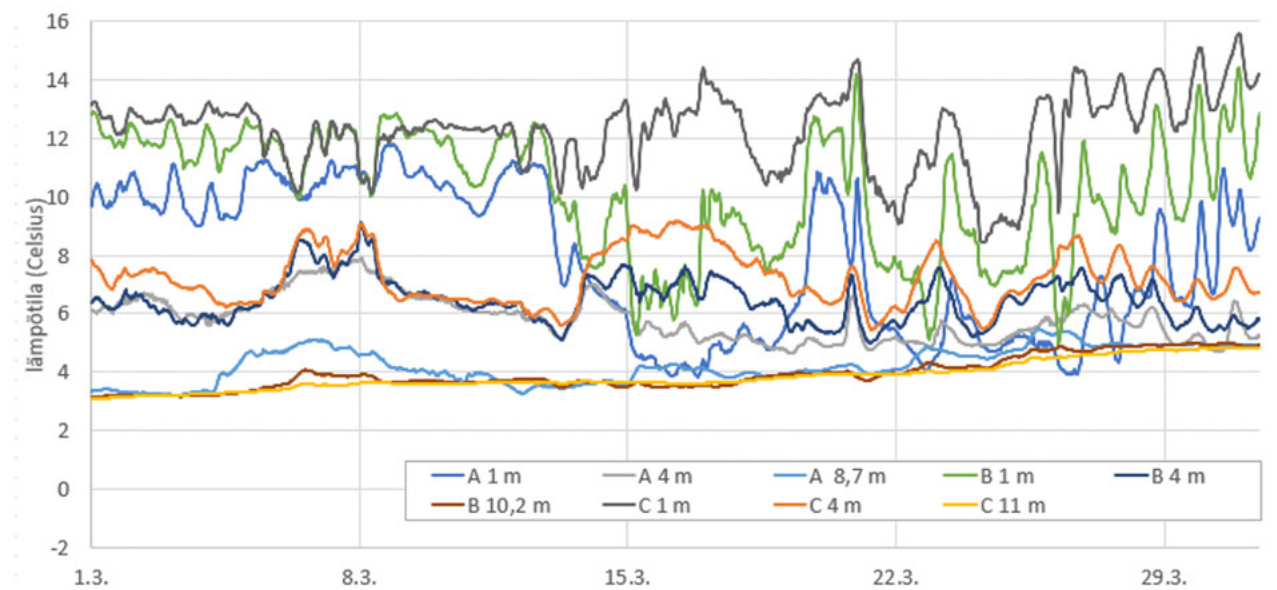
Hästholsfjärdeniltä Vådholmsfjärdenille johtavien salmien edustalla sijaitsevassa havaintopisteessä K2 lämpövaikutus näkyy vaihtelevasti kaikilla syvyyksillä. Suurimmillaan lämpötila on voimalaitoksen käytön aikana 5 m syvyydellä noin 5 °C korkeampi kuin tilanteessa jolloin voimalaitos ei

ole käytössä (Kuva 5-10). Lämpövaikutus näyttää kuitenkin pääasiassa sijoittuvan 5 m syvyydelle ja sen alapuolelle ollen pienimmillään pinnan tuntumassa.

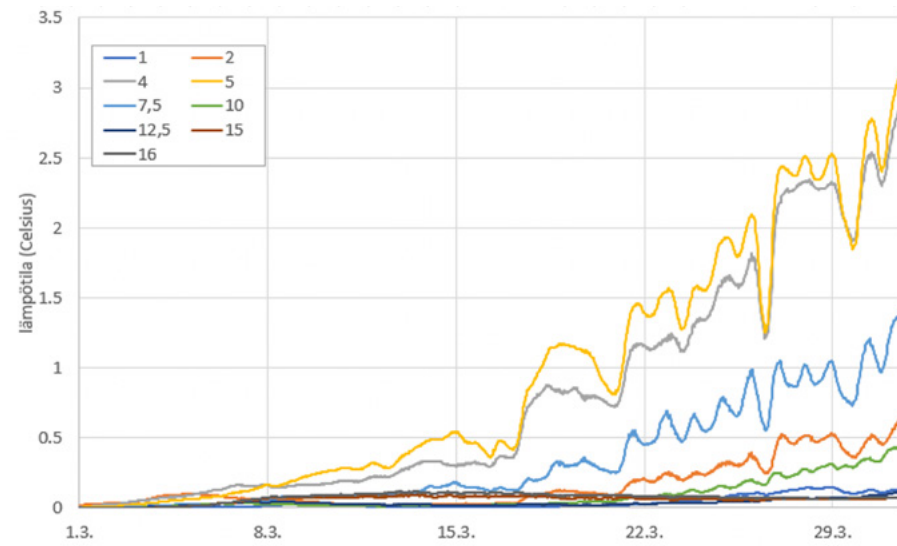
Orrengrundsjärdenin havaintopisteessä K3 lämpövaikutus on hyvin pieni. Meriveden lämpötila on voimalaitoksen käytön aikaisessa tilanteessa vain noin 0-0,8 °C korkeampi kuin tilanteessa, jolloin voimalaitos ei enää ole käytössä (Kuva 5-11). Tässäkin tarkastelupisteessä, kuten pisteessä K2, lämpövaikutus keskittyy 5 m alapuolelle.

Lämpökuormituksen vaikutukset lähimerialueella ovat selvimmin havaittavissa talvella, jolloin lämmin jäähdytysvesi pitää purkuaukon läheisen merialueen sulana. Jääpeite estää tehokkaasti lämmön siirtymisen ilmakehään jäähdytysveden painuttua syvemmälle ja kulkeuduttua jään alle. Suurin lämpövaikutus on jääpeitteisen kauden aikana havaittavissa pinnan tuntumassa erityisesti eteläisemmällä Hästholsfjärdenillä, mutta myös laajemminkin Hästholsfjärdenin alueella. Vådholmsfjärdenin kohdalla lämpövaikutusta on edelleen havaittavissa pinnan tuntumassa, mutta tätä kauempana vaikutukset ulottuvat vain syvään veteen eivätkä pinnalle juuri lainkaan. (Kuvat 5-12...5-14)

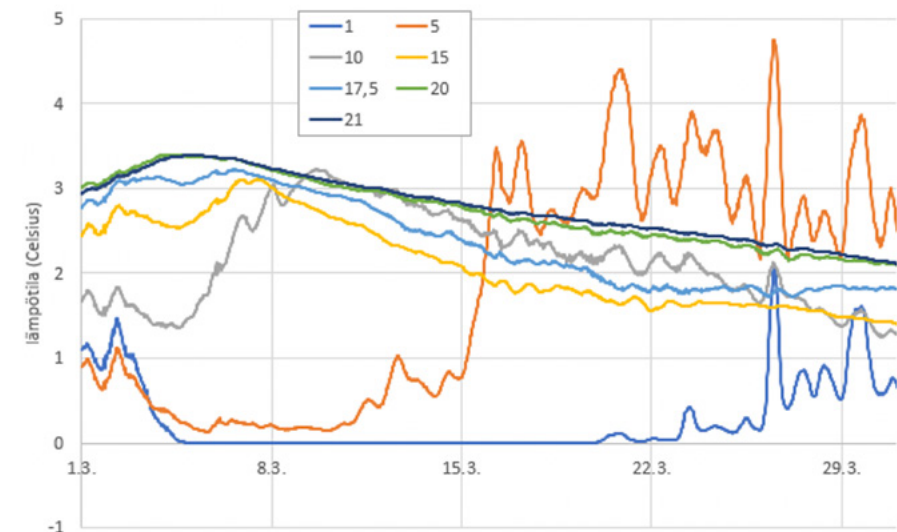
Liitteessä 3 on esitetty mallinnuksen mukaiset meriveden lämpötilat tilanteessa missä voimalaitos on käytössä ja tilanteessa missä voimalaitos ei ole käytössä jääpeitteisenä aikana. Hästholsfjärdenillä jäähdytysveden purkupuolen lämpötilamittauspoijuilla, missä jäähdytysveden lämpövaikutus on suurin, pintalämpötilat ovat voimalaitoksen käytössä ollessa korkeimmillaan 10-14 °C. Tilanteessa, missä voimalaitos ei ole käytössä lämpötilat ovat koko vesirungon osalta -2-0 °C.



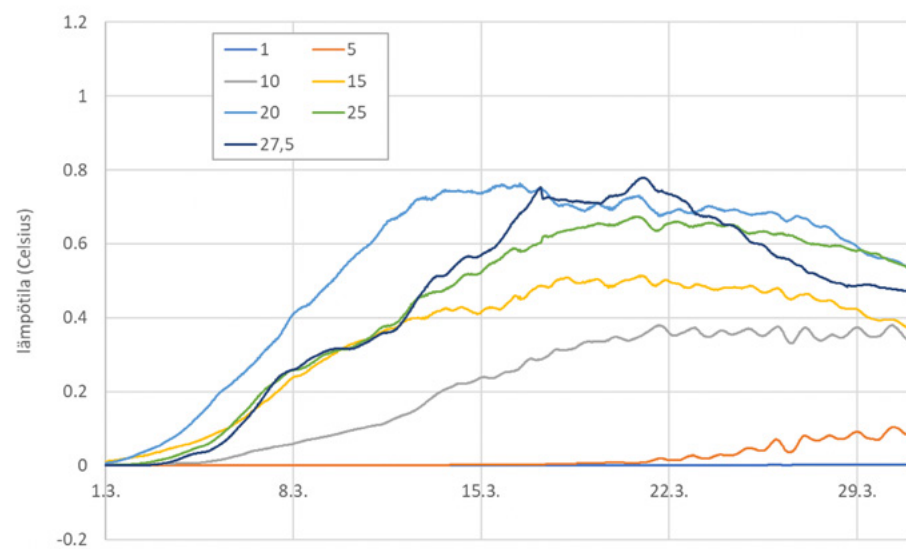
Kuva 5-8. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos ei käytössä) Hästholsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C vuoden 2018 maaliskuussa.



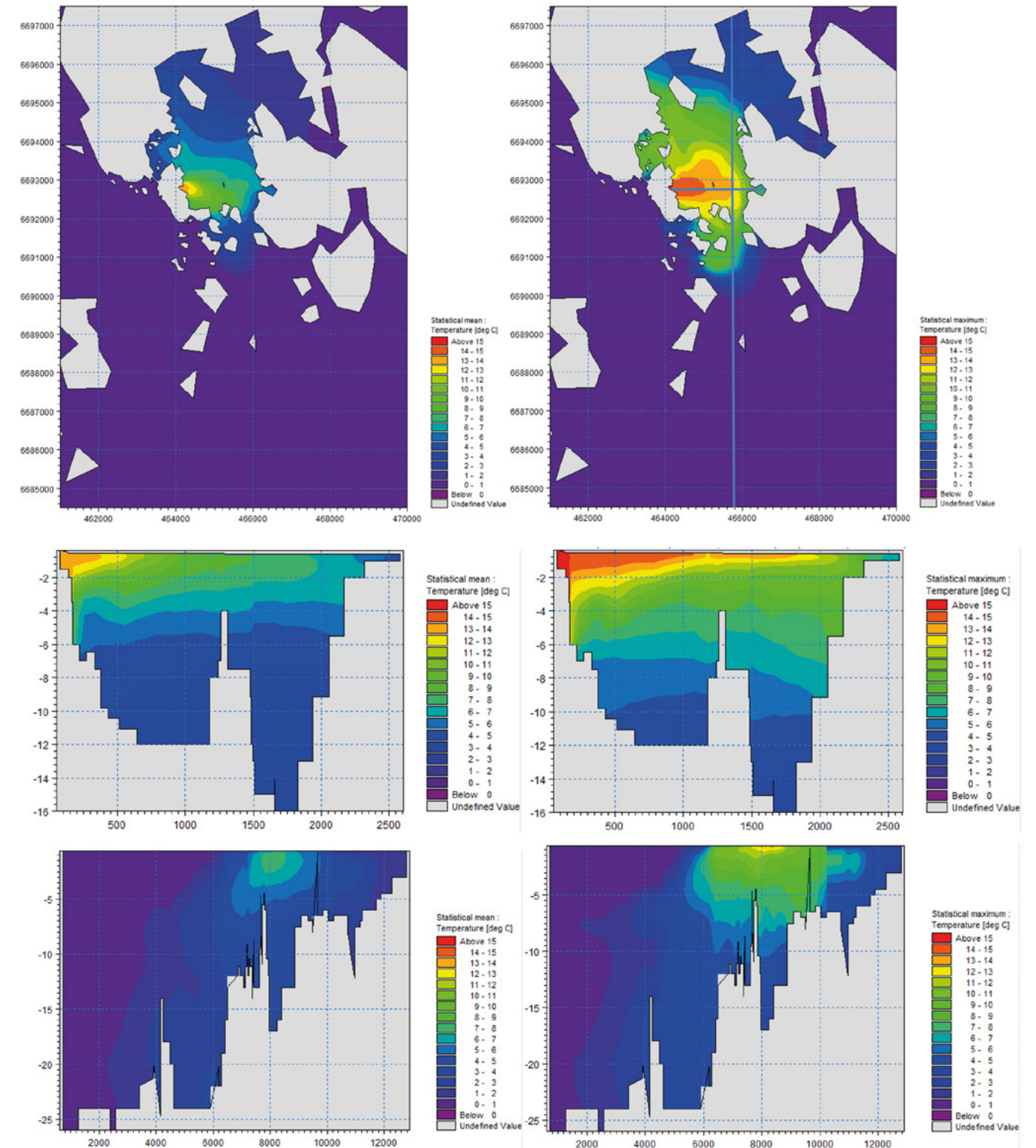
Kuva 5-9. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä) Hudöfjärdenillä pisteessä K1 vuoden 2018 maaliskuussa.



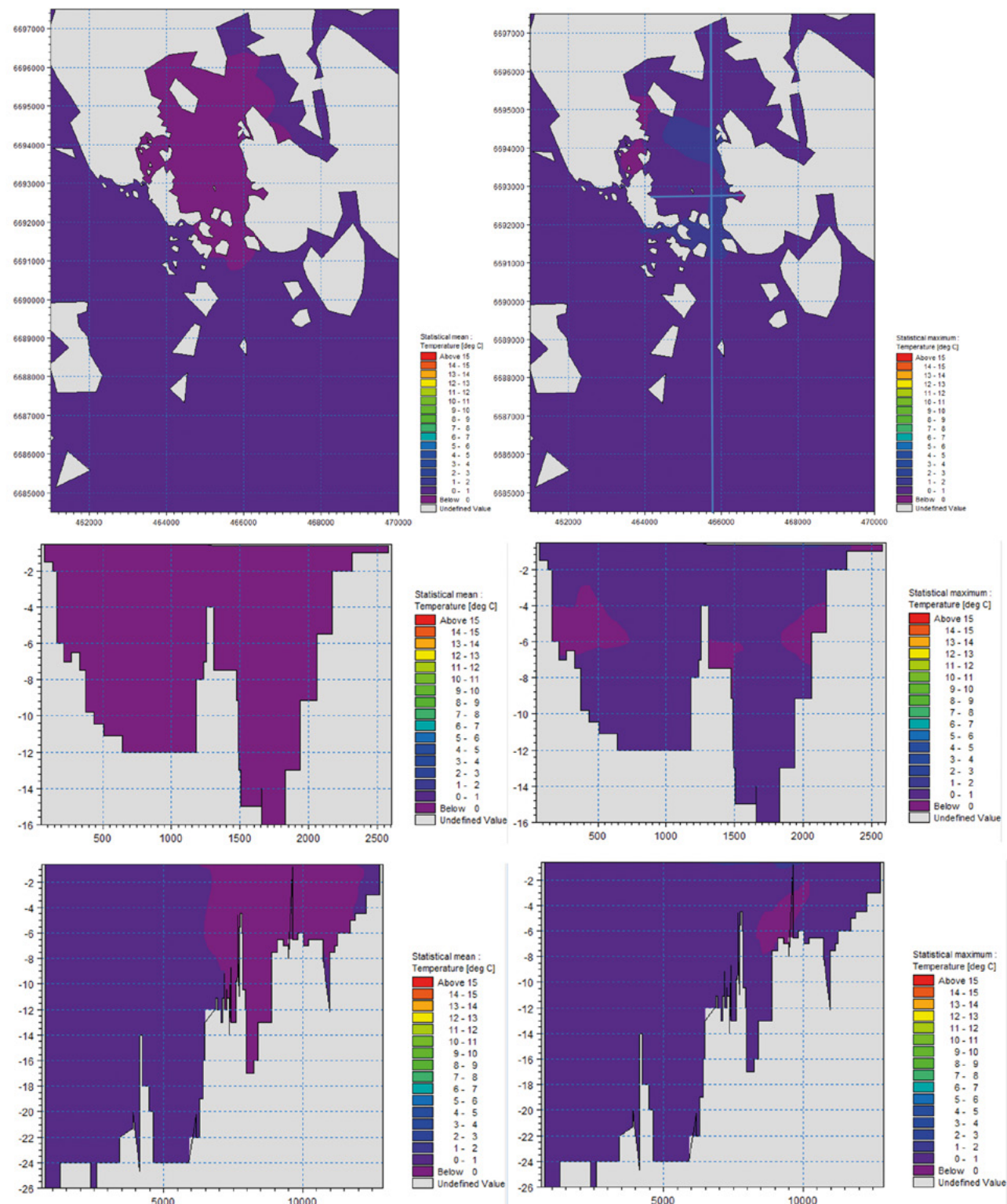
Kuva 5-10. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä) Vårdholmsfjärdenillä pisteessä K2 vuoden 2018 maaliskuussa.



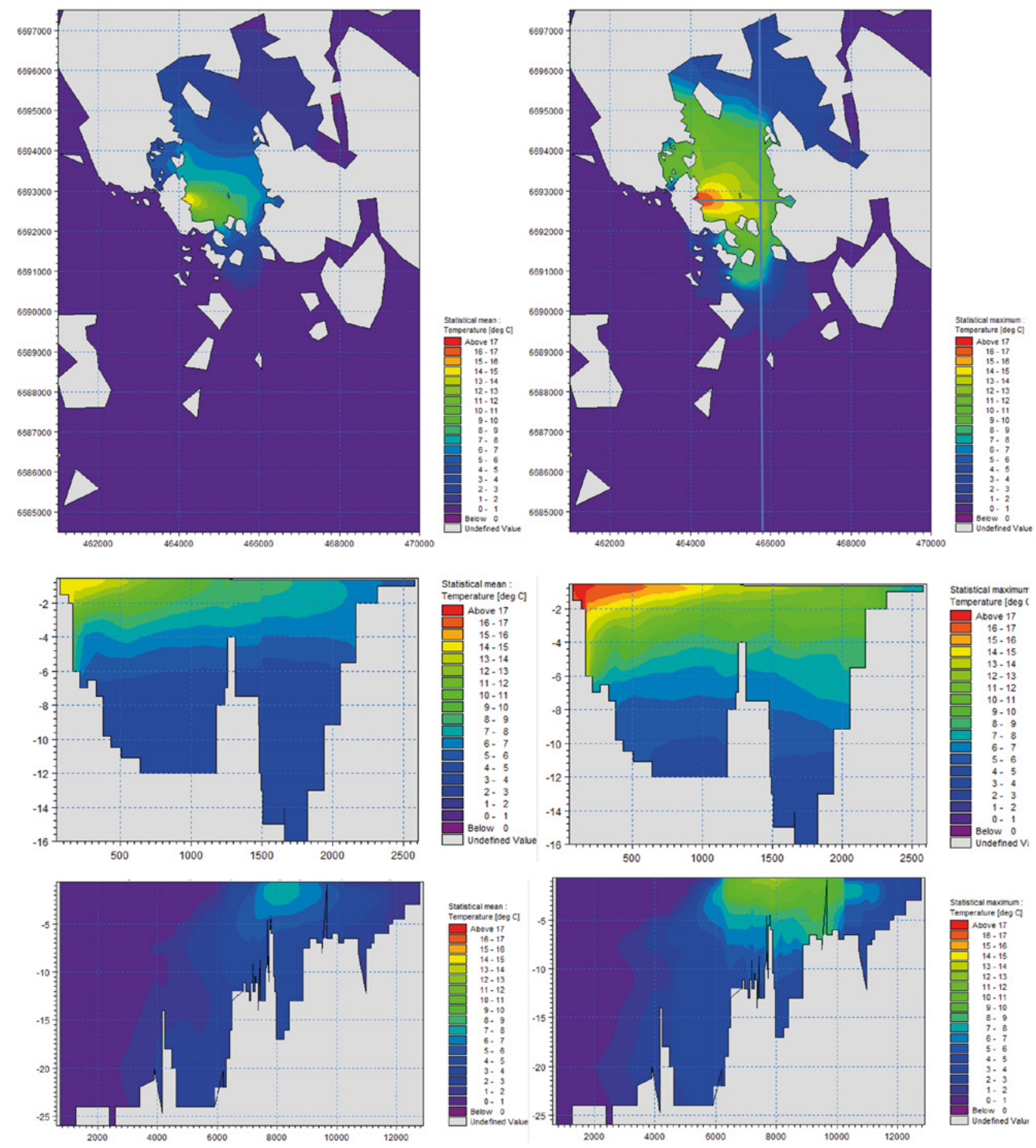
Kuva 5-11. Eri syvyyksillä mallinnettu veden lämpötilan erotus (voimalaitos käytössä - voimalaitos poistettu käytöstä) Orregrunds-fjärdenillä pisteessä K3 vuoden 2018 maaliskuussa.



Kuva 5-12. Lämpötila, voimalaitos käytössä, keskiarvo (vasen sarake) ja maksimi (oikea sarake); kartta (yläriivi), itä-länsi-leikkaus purulta (keskellä) ja pohjois-etelä-leikkaus (alarivi), jaksena maaliskuu 2018. Poikkileikkauskuvien linjat näkyvät maksimilämpötilojen karttakuvassa. Karttakuvissa koordinaatisto on ETRS-TM35FIN. Muissa kuvissa etäisyys (vaaka-akseli) ja syvyys (pystyakseli) on ilmaistu metreinä.



Kuva 5-13. Lämpötila, voimalaitos ei käytössä, keskiarvo (vasen sarake) ja maksimi (oikea sarake); kartta (ylärivi), itä-länsi-leikkaus purulta (keskellä) ja pohjois-etelä-leikkaus (alarivi), jaksona maaliskuu 2018. Poikkileikkauksuvien linjat näkyvät maksimilämpötilojen karttakuvassa. Karttakuvissa koordinaatisto on ETRS-TM35FIN. Muissa kuvissa etäisyys (vaaka-akseli) ja syvyys (pystyakseli) on ilmaistu metreinä.



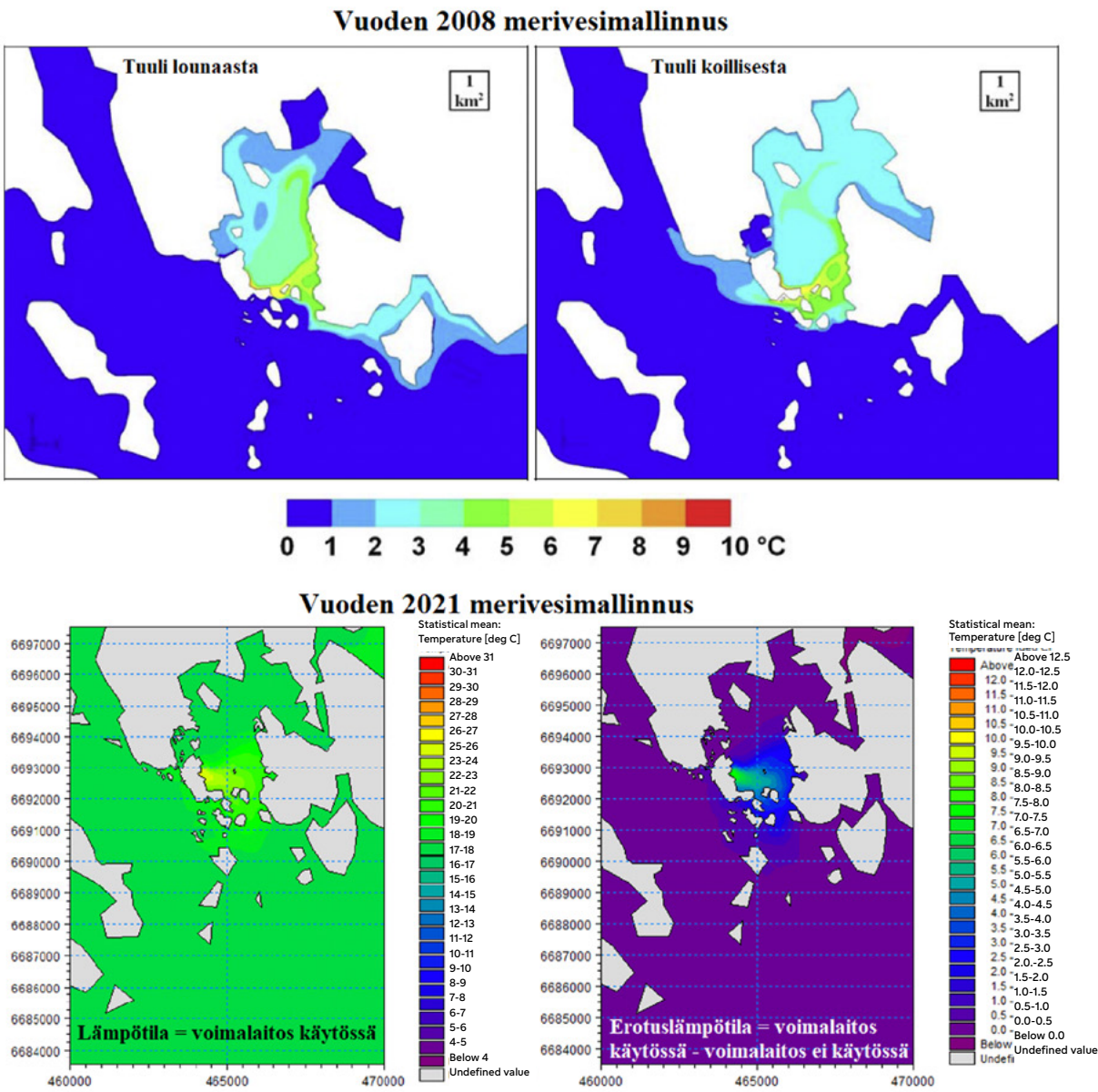
Kuva 5-14. Voimalaitoksen käytön vaikutus lämpötilaan (erotus: voimalaitos käytössä - voimalaitos ei käytössä), keskiarvo (vasen sarake) ja maksimi (oikea sarake); kartta (ylärivi), itä-länsi-leikkaus purulta (keskellä) ja pohjois-etelä-leikkaus (alarivi), jaksona maaliskuu 2018. Poikkileikkauksuvien linjat näkyvät maksimilämpötilojen karttakuvassa. Karttakuvissa koordinaatisto on ETRS-TM35FIN. Muissa kuvissa etäisyys (vaaka-akseli) ja syvyys (pystyakseli) on ilmaistu metreinä.

6 Vertailua

6.1 AVOVESIKAUSI

Kuvassa 6-1 on esitetty vuonna 2008 toteutetun jäähdytysvesimallinnuksen ja tässä työssä toteutetun jäähdytysvesimallinnuksen tuloksia kesäkauden olosuhteissa pintaveden lämpötilan osalta. Vuoden 2008 mallinnuksessa ympäristöolosuhteet kuvattiin pidemmän ajan keskiarvojen avulla, joten lämpötilojen lukuarvot eivät ole täysin vertailukelpoisia

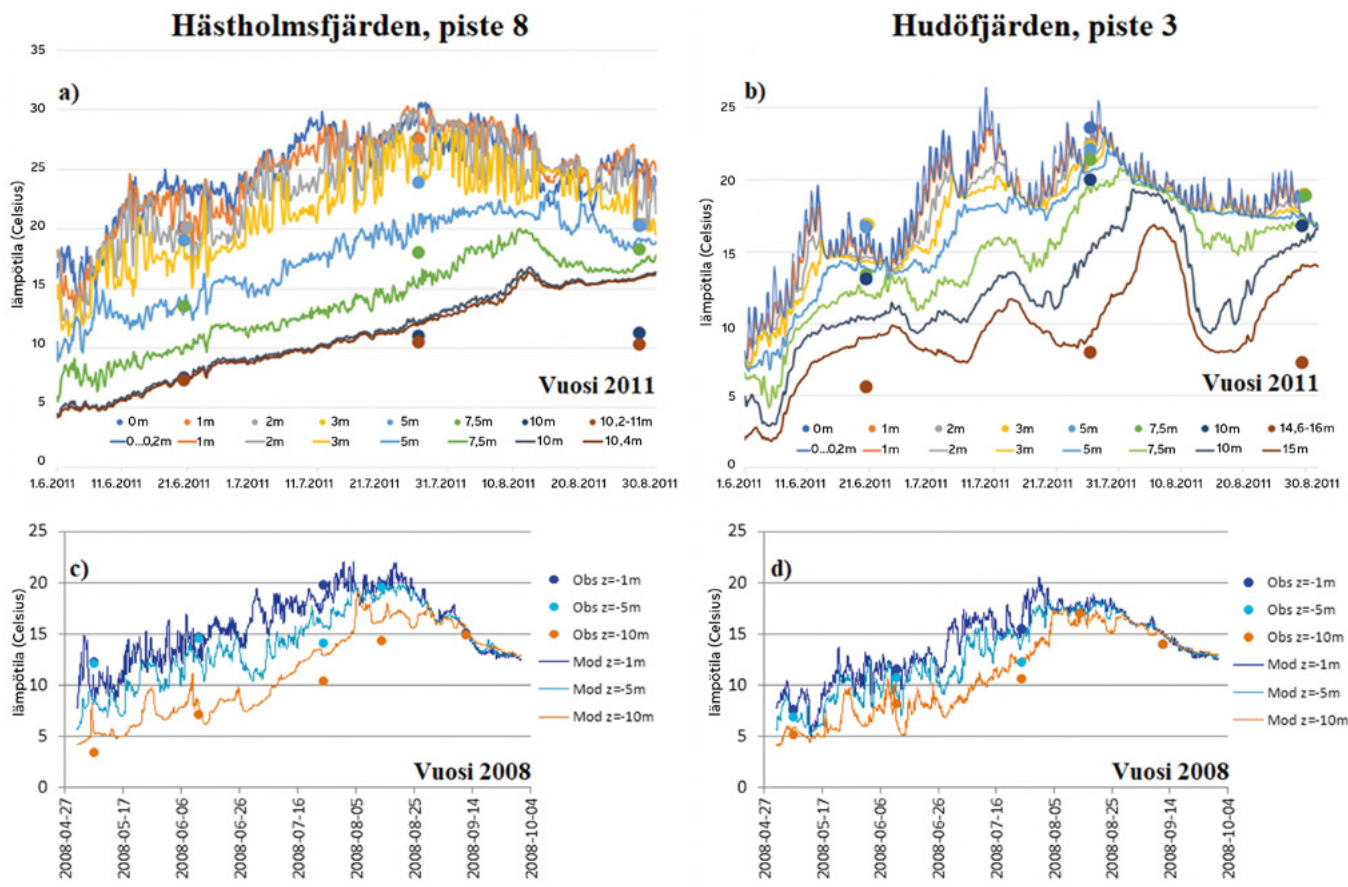
tämän työn mallinnustuloksiin (Toppila 2008). Vertailua voidaan kuitenkin tehdä lämpimän jäähdytysveden kulkeutumissuuntien osalta. Kuvaajien perusteella lämmin jäähdytysvesi leviää vuoden 2008 mallinnuksessa Hästholmenin ja Klobbfjärdenin alueelle selvästi voimakkaammin, mutta aivan jäähdytysveden purkuaukon edustalla lämpötilat ovat selvästi matalampia kuin tämän työn mallinnustulosten osalta. Vuoden 2008 jäähdytysvesimallinnus toteutettiin selvästi yksinkertaisemmalla mallilla, mikä selittää erot tulosten välillä.



Kuva 6-1. Vuoden 2008 jäähdytysvesimallinnuksen tuloksia (ylhäällä), (Toppila 2008) ja tämän työn mallinnustuloksia (alhaalla). Kartoissa on esitetty meriveden pintalämpötilan keskiarvo kesäolosuhteissa.

Kuvassa 6-2 on esitetty jäähdytysvesimallinnuksiin perustuvia veden lämpötilan aikasarjoja Hästholmsfjärdenin pisteessä 8 ja Hudöfjärdenin pisteessä 3 (sijainnit esitetty kuvassa 4-2) avovesikauden ajalta. Ylemmät kuvat (a ja b) ovat tämän työn mallinnuksen tuloksia ja alemmat kuvat (c ja d) puolestaan vuonna 2010 ulkopuolisen asiantuntijaorganisaation tekemän jäähdytysvesimallinnuksen tuloksia (DHI 2010). Mallinnetut tilanteet ovat eri vuosilta (2011 ja 2008), joten tulokset eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Mallinnustulosten ohella on kuitenkin esitetty myös lämpötilan mittaustuloksia, joten mallinnettua ja mitattua lämpötilaa vertaamalla voidaan arvioida mallinnuksien onnistumista.

Kuvan 6-2 perusteella voidaan todeta ensinnäkin, että vuonna 2011 vesirungon kerrostuneisuus on ollut kesäkaudella selvästi vuotta 2008 voimakkaampaa, sillä lämpötilaero pohjan ja pinnan välillä on ollut suurempi. Vuoden 2008 olosuhteet ovat siten olleet mallinnuksen näkökulmasta suotuisammat. Tämä näkyy myös tuloksissa, sillä vuoden 2008 mallinnetut meriveden lämpötilat ovat lähempänä havaintoja kuin vuoden 2011 mallinnetut meriveden lämpötilat. Pintalämpötilojen mallinnustulokset ovat kuitenkin molempien vuosien osalta varsin lähellä havaintoja.

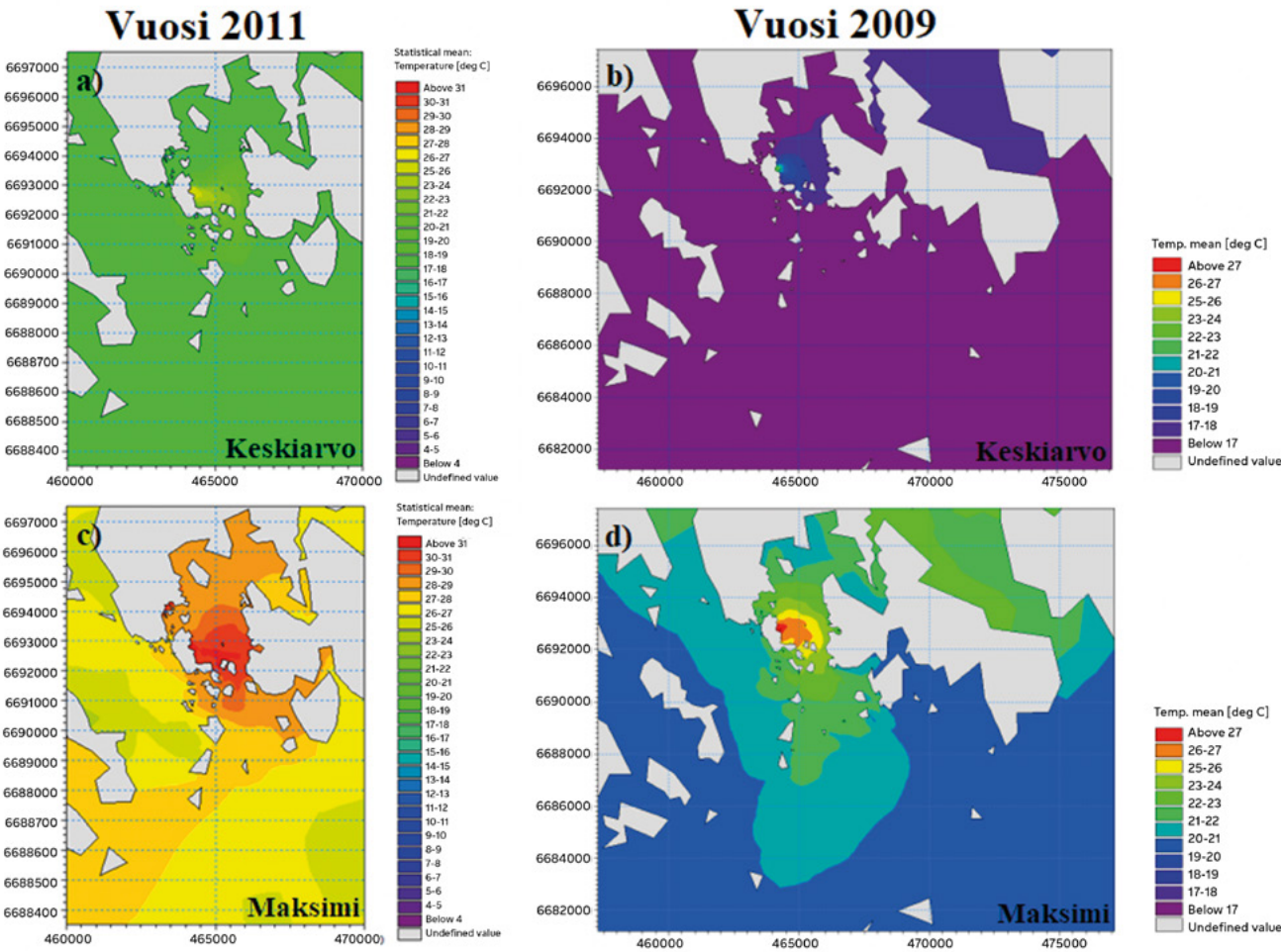


Kuva 6-2. Mallinnetut (yhtenäiset viivat) ja havaitut (ympyrät) meriveden lämpötilat Hästholmsfjärdenin pisteessä 8 ja Hudöfjärdenin pisteessä 3 tässä työssä toteutetun mallinnuksen (vuosi 2011) ja vuonna 2010 toteutetun mallinnuksen (vuosi 2008) (DHI 2010) perusteella.

Kuvassa 6-3 on esitetty jäähdytysvesimallinnuksiin perustuvia veden pintalämpötilan keski- ja maksimi-arvoja avovesikaudella vuosille 2011 ja 2009 arvioituina. Vuoden 2011 kuvat ovat tämän työn mallinnustuloksia ja vuoden 2009 kuvat ovat vuonna 2010 toteutetun jäähdytysvesimallinnuksen tuloksia (DHI 2010). Kuvia vertailtaessa on syytä kiinnittää huomiota erilaisiin lämpötilan väriskaaloihin. Huomionarvoista on myöskin se, että mallinnukset on toteutettu eri vuosina, jolloin lämpötilojen ei voi olettaa vastaavan täysin toisiaan, erityisesti koska vuosi 2011 oli varsin lämmin.

Keskiarvokuvien (Kuva 6-3, yläpuoliset kuvat) perusteella voidaan todeta, että molemmissa jäähdytysvesimallinnuk-

sissa jäähdytysvesi leviää pinnassa likimain samalle alueelle. Vuoden 2011 osalta lämmintä vettä näyttää leviävän laajemmalti myös Hästholmenin eteläpuolelle, mutta tämä vaikutelma johtuu lähinnä eroista väriskaalan laajuuksissa. Tämä käy selväksi myös tarkastelemalla pintalämpötilamaksimeita, sillä kuvasta 6-3 d) nähdään lämpimän jäähdytysveden leviävän myös Hästholmsfjärdenin ulkopuolelle. Pintalämpötilan maksimikuvista käy selville myös vuosien erilaisuus, sillä vuoden 2011 pintalämpötilat ovat voimalaitoksen lämpövaikutuksen ulkopuolellakin selvästi suurempia kuin vuoden 2009 pintalämpötilat. Tulokset ovat kuitenkin yleispiirteiltään varsin hyvin sopusoinnussa keskenään.



Kuva 6-3. Mallinnetut meriveden pintalämpötilan keskiarvot (a ja b) ja maksimi-arvot (c ja d) vuosille 2011 ja 2009. Vuoden 2011 tulokset ovat tämän työn tuloksia.

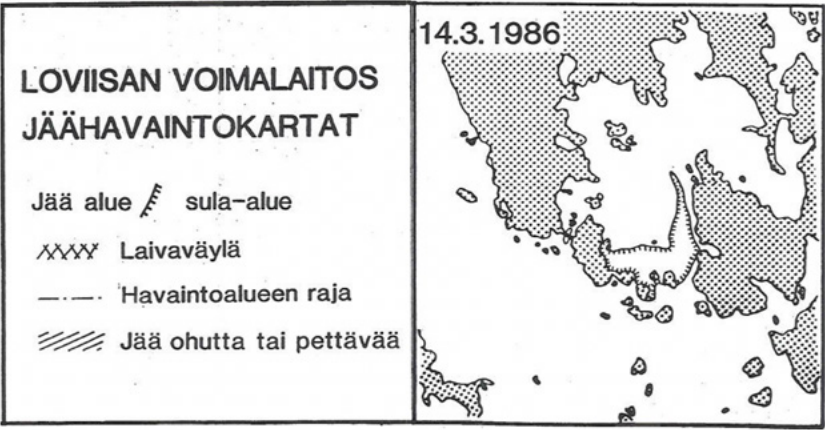
Tässä työssä toteutetun jäähdytysvesimallinnuksen tulokset poikkeavat jonkin verran vuoden 2008 jäähdytysvesimallinnuksesta, joka toteutettiin huomattavasti yksinkertaisemmalla mallilla. Erot mallien tulosten välillä kuvaavatkin pääasiassa yksinkertaisemman mallin rajoitteita. Verrattaessa tämän työn jäähdytysvesimallinnuksen tuloksia vuonna 2010 toteutettuun mallinnukseen tulokset vastaavat yleispiirteiltään toisiaan varsin hyvin. Vuoden 2010 mallinnus toteutettiin saman tyyppisellä ohjelmistolla kuin tässä työssä.

6.2 JÄÄPEITTEINEN AIKA

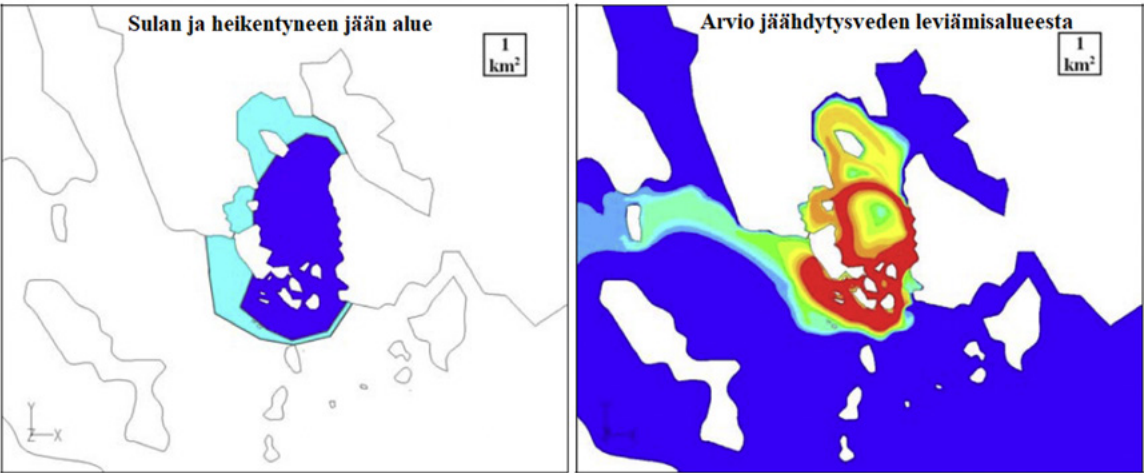
Loviisan voimalaitoksen lämpimän jäähdytysveden vaikutusta läheisen merialueen jääpeitteeseen on tutkittu historian saatossa useaan otteeseen eri menetelmin. Kuvassa 6-4 on esimerkki voimalaitoksen ympäristöstä piirretystä jääkartasta vuoden 1986 maaliskuun 14. päivältä. Kuvasta nähdään, että kyseisenä ajanhetkenä voimalaitoksen jäähdytysveden

purkualueella sulan veden alue on varsin pieni. Vuoden 1986 jätälvi onkin luokiteltu ankaraksi jätälveksi (SMHI 1986).

Loviisan voimalaitoksen lämpimän jäähdytysveden kulkeutumista ja sen vaikutusta ympäröivän merialueen jäätälanteeseen arvioitiin jäähdytysvesimallinnuksella vuonna 2008 (Kuva 6-5). Vasemmanpuoleisessa kuvassa on esitetty voimalaitoksen toiminnan mallinnuksen perusteella aiheuttamat sulan (sininen) ja heikenneen jään (turkoosi) alueet, kun mallinnuksen alkutilanteessa jääkansi on täydellinen ja tilanne muutoin häiriötön. Oikeanpuoleisessa kuvassa on esitetty mallinnukseen perustuva näkemys lämmenneen jäähdytysveden leviämisaalueesta. Vuoden 2008 jäähdytysvesimallinnus toteutettiin keskimääräisillä ympäristöolosuhteilla eivätkä tulokset siten edusta mitään tiettyä ajanhetkeä, vaan kuvaavat tilannetta yleisemmin pidemmän ajan yli. Vuoden 2008 mallinnustulosten perusteella koko Hästholmsfjärdenin alue, osa Vådholmsfjärdeniä ja Hudöfjärdenin Hästholmenia lähellä sijaitsevat alueet ovat talvisin tyypillisesti sulan



Kuva 6-4. Jääkartta Loviisan voimalaitoksen läheisyydessä 14.3.1986 (Hari 1986).

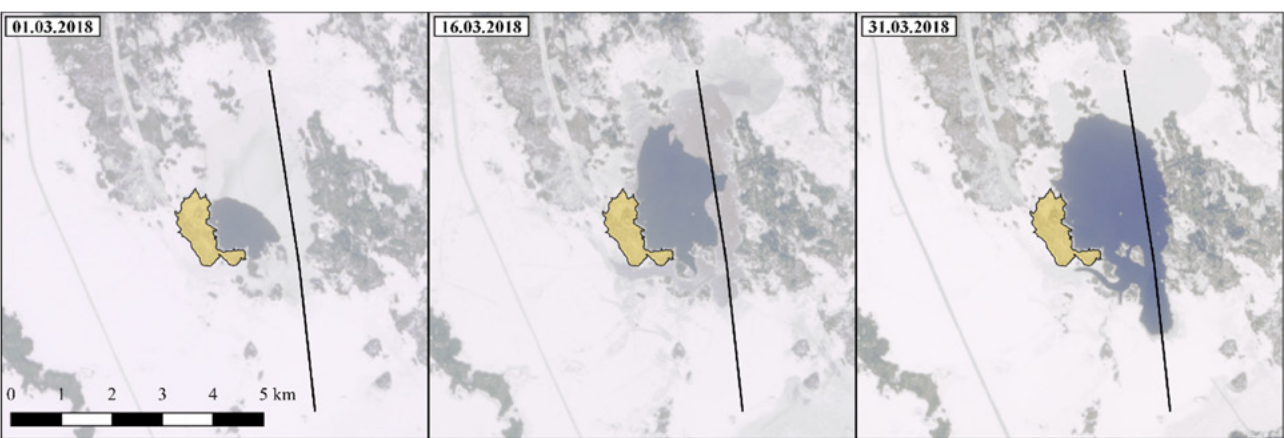


Kuva 6-5. Vuonna 2008 toteutetun jäähdytysvesimallinnuksen tuloksia: sulan ja heikentyneen jään alue (vasemmalla) sekä arvio jäähdytysveden leviämisaalueesta (oikealla). Mallinnus on toteutettu pidemmän ajan keskimääräisillä ympäristöolosuhteilla (Toppila 2008).

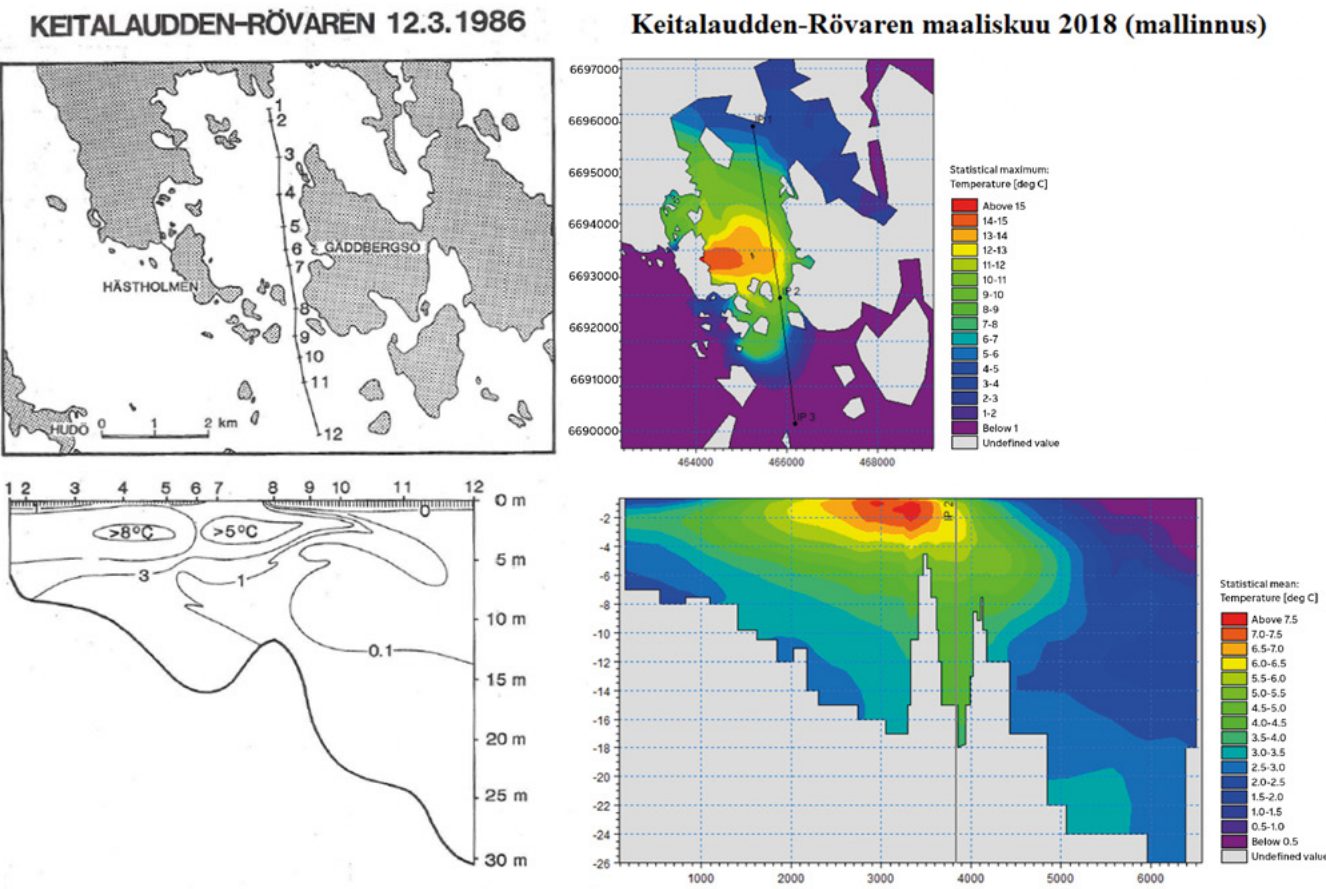
tai heikentyneen jään aluetta. Mallinnukseen perustuva arvio jäähdytysveden leviämisalueesta noudattelee sulan ja heikentyneen jään aluetta lukuun ottamatta jään alla länteen kulkeutuvaa haaraa. (Toppila 2008)

Kuvassa 6-6 on esitetty mittauksiin perustuva meriveden lämpötilaprofiili Hästholmsfjärdeniltä Vådholmsfjärdenille ulottuvalla linjalla ajanhetkellä 12.3.1986 (vasemmanpuoleiset kuvat). Lisäksi on esitetty tässä työssä toteutettuun meriveden lämpötilamallinnukseen perustuva pintalämpötilamaksimien karttakuva (yläoikea) ja likimain mittaustuloksia vastaavalta linjalta mallinnuksen mukainen keskimääräisen lämpötilaprofiili (alaoikea) vuoden 2018 maaliskuulta. Mittaus- ja mallinnustulokset ovat eri vuosilta, minkä vuoksi niiden absoluuttisten lämpötila-arvojen ei voida olettaa vastaavaan

toisiaan. Lisäksi mallinnustulokset kuvaavat pintalämpötilan osalta maaliskuun maksimilämpötiloja ja profiilin osalta maaliskuun keskilämpötiloja, kun taas mittaustulokset kuvaavat yksittäisen päivän meriveden lämpötilaolosuhteita. Nämä eroavaisuudet huomioiden voidaan kuitenkin havaita selviä yhtäläisyyksiä lämpötilaprofiileiden muodoissa. Molemmissa tapauksissa lämpötilamaksimit sijaitsevat poikkileikkauslinjan keskivaiheilla, joskin mittausten osalta lämpimin vesi sijaitsee jonkin verran pohjoisempana kuin mallinnetussa tilanteessa. Molemmille tapauksille yhteistä on myös lämpötilojen nopea lasku Vådholmsfjärdenille tultaessa. Lisäksi profiilikuvien (Kuva 6-6, alakuvat) lämpötilojen arvot ovat keskenään samaa luokkaa.



Kuva 6-7. Satelliittikuvia Hästholmenin ympäristöstä 1.3, 16.3 ja 31.3.2018. Hästholmen on merkattu kuvaan oranssina alueena ja kuvan 6-6 poikkileikkauslinja mustalla viivalla. Esa Copernicus Sentinel Data, Syke (2018).



Kuva 6-6. Linjaa (ylävasen) pitkin 12.3.1986 mitattu lämpötilaprofiili (alavasen) (Hari 1986) ja tässä työssä maaliskuun 2018 olosuhteissa mallinnetun meriveden lämpötilan profiili (alaoikea) likimain mittauksia vastaavaa linjaa (yläoikea) pitkin määritettynä.

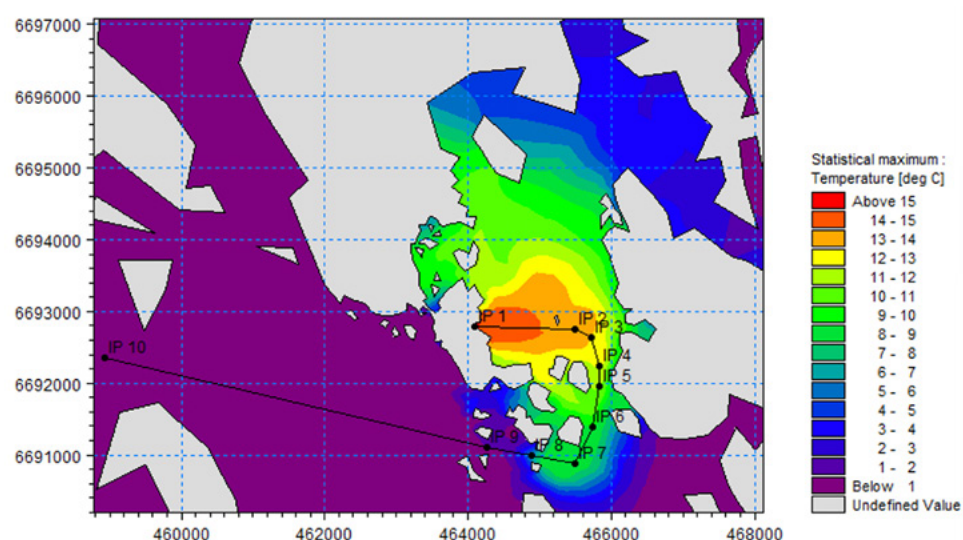
Kuvassa 6-7 on esitetty satelliittikuvia muutamilta päiviltä maaliskuussa 2018. Sulan veden alue näkyy kuvassa mustana ja tumman sinisenä voimalaitoksen ympäristössä. Pidempään jäätyneenä olleet alueet erottuvat kuvassa valkoisena, kun taas sulan ja pitkäaikaisen jään välissä oleva harmaa alue on hiljattain muodostunutta jäätä. Kuvasarjan perusteella on nähtävissä, että jäätilanne on vaihdellut kuukauden aika melko paljon. Vertaamalla jäähdytysvesimallinnuksen (Kuva 6-6, yläoikea) mukaista pintaveden kuukauden maksimilämpötilakarttaa kuvan 6-7 satelliittihavaintoihin voidaan todeta, että mallikartan 3-4 °C isotermin rajaa varsin tarkasti sen alueen, joka on jossain vaiheessa kuukautta ollut satelliittihavaintojen perusteella sulana. Malli on onnistunut kuvaamaan myös Hudö- ja Vådholmsfjärdenille johtavien salmien sulamisen laajuuden varsin hyvin.

Aikaisempien tarkasteluiden pohjalta on arvioitu, että Hästholmsfjärdeniltä eteläpuoleisten salmien kautta poistuttuaan lämmennyt jäähdytysvesi kääntyy länteen Suomenlahden keskimääräisten virtausolosuhteiden mukaisesti. Tyyppillisesti lämmennyt jäähdytysvesi asettuu 2-3 m syvyyteen, mutta toisinaan asettumissyvyys on 4-5 m. (Ilus 2009)

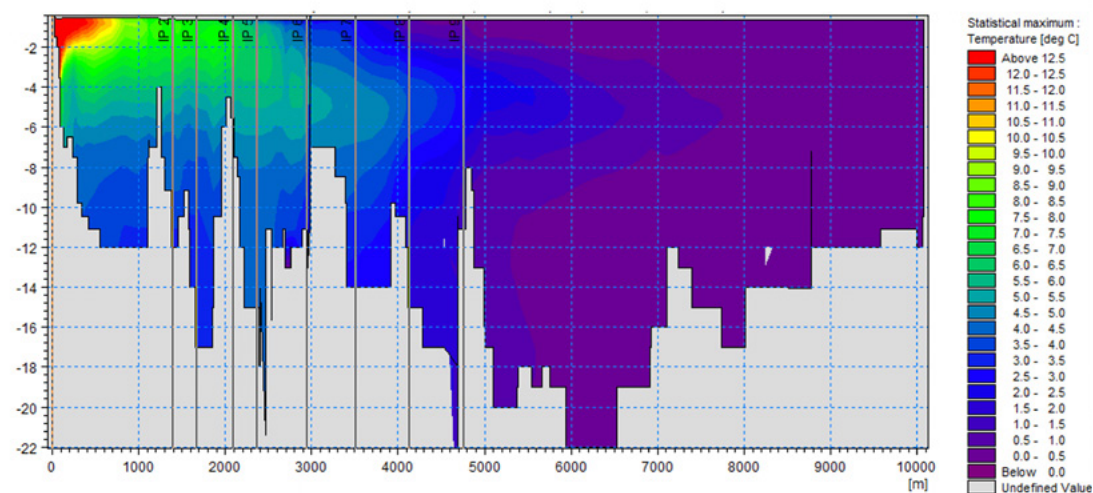
Tämän työn mallinnustulosten osalta tarkastellaan myös mallin ennustamaa lämpimän jäähdytysveden leviämistä länteen jään alla. Kuvassa 6-8 on esitetty tarkasteltava poikkileikkauslinja voimalaitoksen jäähdytysveden purkaukolta eteläpuolisten salmien kautta Hudön ja Lindholmenin väliseen salmeen. Kuvassa 6-9 on esitetty kuvan 6-8 mukai-

sen poikkileikkauslinjan keskimääräinen lämpötilaprofiili ja kuvassa 6-10 maksimilämpötilojen profiili maaliskuun 2018 aikana. Profiilikuvista nähdään, että mallinnuksen perusteella sekä keskimääräisten että maksimilämpötilojen osalta jään alle painumisen jälkeen lämpimän jäähdytysveden ydin asettuu likimain 4 m syvyyteen vastaten siten hyvin aikaisempien tarkasteluiden näkemyksiä jäähdytysveden käyttäytymisestä. Maksimilämpötilaprofiilin perusteella lämmin jäähdytysvesi kulkeutuu jään alla Hudön ja Lindholmenin väliseen salmeen asti joskin näin kaukana lämpötila poikkeaa ympäröivän veden lämpötilasta vain vähän, noin 0-0,5 °C. Lyhyehköstä laskenta-ajasta johtuen jäähdytysveden kaukokulkeutuminen ei tosin saavuta tasapainotilaa, eli todellisuudessa lämmin jäähdytysvesi kulkeutuu vielä kauemmaksi. Profiilikuvien (6-9 ja 6-10) perusteella lämmin jäähdytysvesi pysyy lähellä pintaa Hästholmsfjärdenin eteläpuolisten salmien alueella, missä se voi pohjanmuotojen pakottamana nousta jääkannen alapintaan aiheuttaen sulia tai heikon jään kohtia. Tämä vaikeuttaa turvallista jäällä kulkemista alueella.

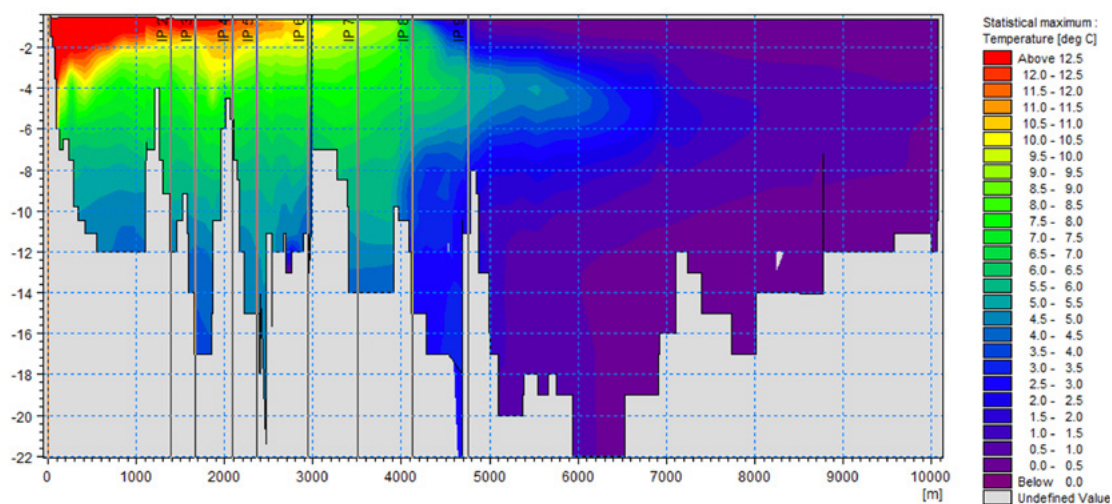
Tässä työssä toteutetun jääpeitteisen ajan jäähdytysvesimallinnuksen tulokset ovat varsin hyvin sopusoinnussa mittaustulosten ja satelliittikuvien kanssa. Lisäksi tämän työn mallinnustulokset vastaavat varsin hyvin vuonna 2008 yksinkertaisemmalla jäähdytysvesimallilla toteutetun mallinnuksen tuloksia. Näiden vertailujen perusteella tämän työn jääpeitteisen ajan jäähdytysvesimallinnuksen tulokset ovat järjettäviä ja uskottavia.



Kuva 6-8. Tämän työn jäähdytysvesimallinnuksen maksimipintalämpötilat maaliskuussa 2018. Kuvaan on myös merkitty poikkileikkauslinja mustalla viivalla.



Kuva 6-9. Tämän työn jäähdytysvesimallinnuksen keskiarvolämpötilan profiili kuvan 6-8 poikkileikkauslinjaa pitkin.



Kuva 6-10. Tämän työn jäähdytysvesimallinnuksen maksimilämpötilan profiili kuvan 6-8 poikkileikkauslinjaa pitkin.

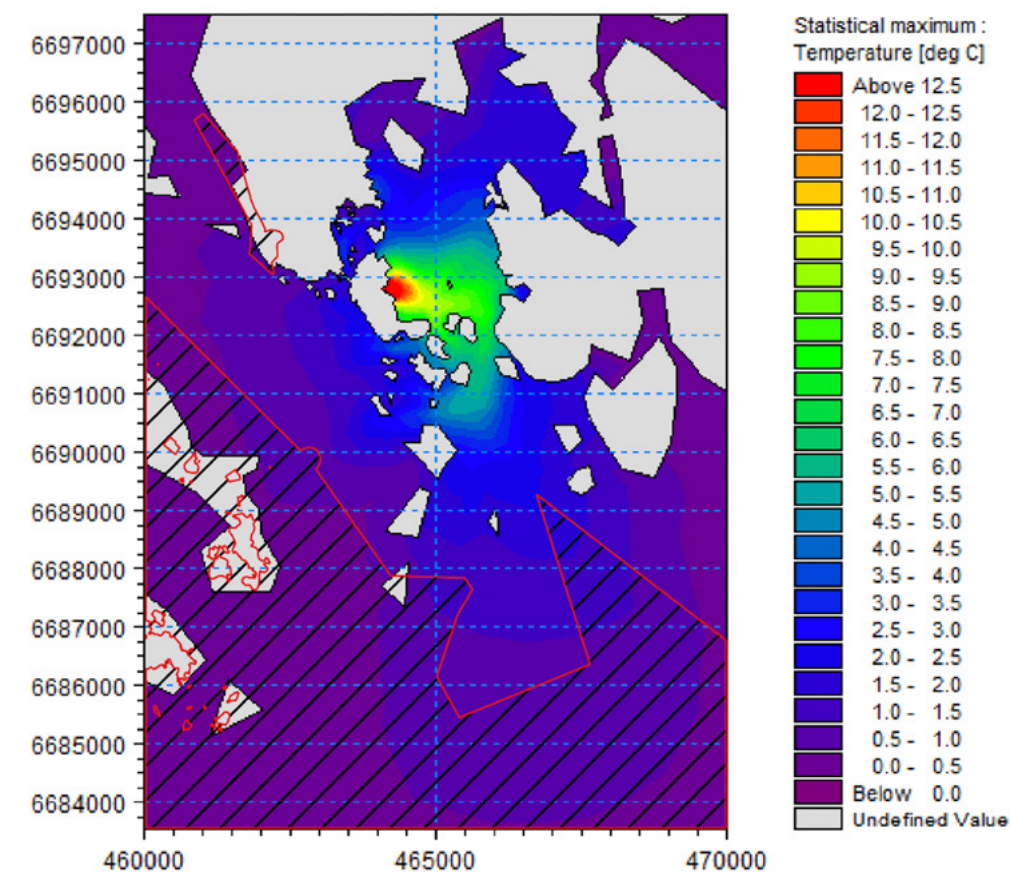
6.3 NATURA-ALUE

Kuvassa 6-11 on esitetty jäähdytysvesimallinnuksen mukainen veden pintalämpötilan erotuksen maksimi avovesikauden aikana. Erotus on laskettu vähentämällä tilanteen "voimalaitos käytössä" mallinnetusta pintalämpötilasta tilanteen "voimalaitos ei käytössä" pintalämpötila. Kuva siis kertoo kuinka paljon voimalaitoksen toiminta vaikuttaa meriveden pintalämpötilaan lähialueilla. Kuvaan on myös merkitty lähellä sijaitsevan Natura-alueen rajat. Kuvasta nähdään, että mallinnuksen perusteella voimalaitoksesta aiheutuva lämpövaikutus on lämpötilaerojen maksimienkin tapauksessa pientä, pääasiassa luokkaa 0 - 1 °C. Suurimmillaan vaikutus voi olla 1,5 - 2,0 °C Vårdholmsfärdenille ulottuvan Natura-alueen terävän kielekkeen kohdalla. Lämpötilaerojen maksimitilanteet ovat kuitenkin lyhytkestoi-

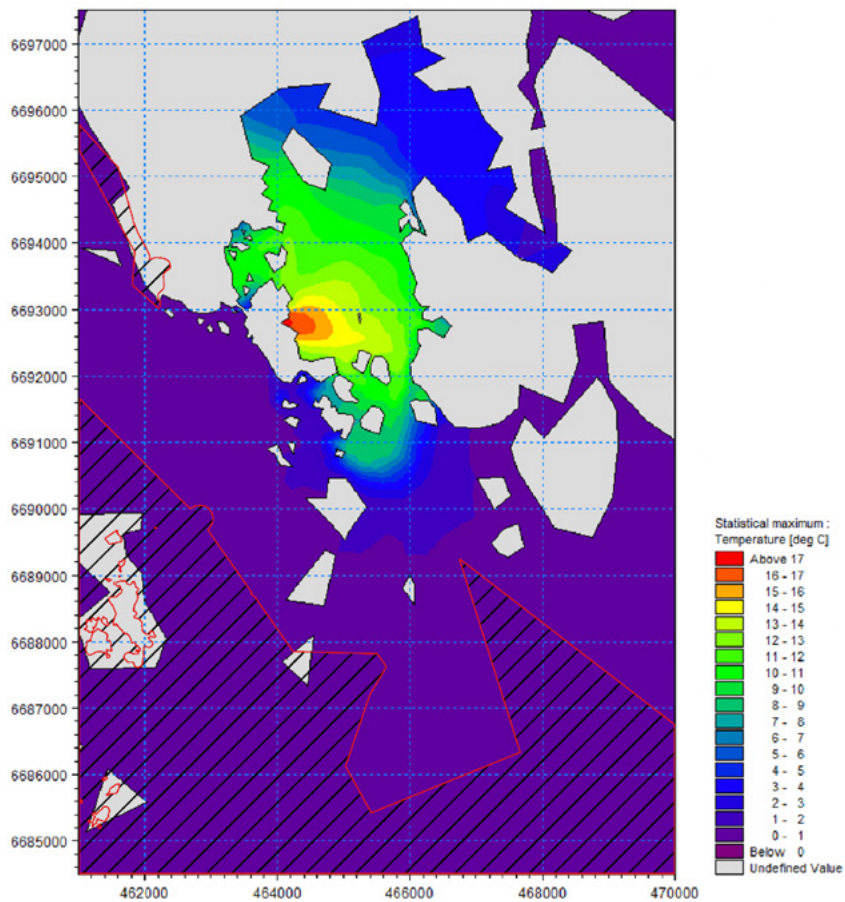
sia ja keskimääräisissä olosuhteissa voimalaitoksen toiminnan lämpövaikutus ei ulotu Natura-alueelle avovesikaudella käytännössä lainkaan.

Kuvassa 6-12 on esitetty jäähdytysvesimallinnuksen mukainen veden pintalämpötilan erotuksen maksimi jääpeitteisen kauden aikana. Kuvaan on merkitty lähellä sijaitsevan Natura-alueen rajat, kuten kuvassa 6-11. Kuvasta nähdään, että mallinnuksen perusteella voimalaitoksesta aiheutuva lämpövaikutus ei jääpeitteisellä kaudella ulotu pintalämpötilojen osalta Natura-alueelle lämpötilaerojen maksimienkaan tapauksessa.

Kuvien 6-8...6-10 perusteella voidaan kuitenkin todeta, että lämmin jäähdytysvesi saattaa kulkeutua Natura-alueelle jään alla. Lämpövaikutukset ovat kuitenkin lämpötilamaksimienkin tapauksessa pieniä (luokkaa 0 - 1 °C).



Kuva 6-11. Mallinnuksen mukainen pintalämpötilan erotuksen (voimalaitos käytössä - voimalaitos ei käytössä) maksimi avovesikauden jaksolla. Punaisella rajattu viivoitettu alue on Natura-aluetta (Syke 2020, Creative Commons 2021).



Kuva 6-12. Mallinnuksen mukainen pintalämpötilan erotuksen (voimalaitos käytössä - voimalaitos ei käytössä) maksimi jääpeitteisen kauden aikana. Punaisella rajattu viivoitettu alue on Natura-alue (Syke 2020, Creative Commons 2021).

7 Yhteenveto

Tämän työn jäähdytysvesimallinnus toteutettiin DHI:n Mike 3 FM non hydrostatic -virtausmallilla (DHI 2017), joka käyttää lähtötietoinaan mm. tuuliolosuhteita, meriveden pinnankorkeutta vaihteluineen, ilman lämpötilaa, jääkantta sekä meren ja ilmakehän säteilytaseen komponentteja. Malli kalibroitiin vertaamalla laskettuja arvoja vuoden 2011 avovesikauden havaintoihin. Aikaisempiin mallinnustuloksiin ja havaintoihin vertaamalla voidaan todeta, että tässä työssä toteutetun jäähdytysvesimallinnuksen tulokset ovat kvalitatiivisesti tarkasteltuna järkeviä ja uskottavia.

Tämän mallinnusraportin tulosten, kuten Loviisan voimalaitoksen vaikutustarkailun tulostenkin perusteella, jäähdytysveden aiheuttama lämpenemisvaikutus näkyy lähinnä purkupuolen merialueen eli Hästholmsfjärdenin pintakerroksessa. Kesäaikana meriveden keskilämpötila voi nousta mallinnuksen perusteella pinnassa useampia asteita, mutta vain pienellä alueella Hästholmsfjärdenillä, purkupaikan välittömässä läheisyydessä. Keskimääräinen lämpötilan nousu on mallinnuksen perusteella koko Klobbfjärdenin vesimuodostuman (Hästholmsfjärden + Klobbfjärden) pintavedessä enintään vain noin 1°C. Hetkellisesti meriveden pintalämpötila voi nousta laajemmalla alueella purkupuolella, koska jäähdytysvesi kulkeutuu tuuliolosuhteiden mukaisesti usein jonkin matkaa ennen sekoittumista vesimassaan.

Jäättömänä aikana lämpöä siirtyy tehokkaasti merivedestä myös ilmakehään, mikä vähentää osaltaan voimalaitoksen jäähdytysveden lämmittävää vaikutusta mm. kasvukauden aikana. Talviaikaan jäähdytysvesi voi kulkeutua jään alla kauemmaksi, koska jääkansi estää lämmönsiirtoa ilmakehään sekä tuulen vesikerroksia sekoittavaa vaikutusta. Talvella lämmin jäähdytysvesi myös heikentää jääpeitettä Hästholmsfjärdenin lähimerialueilla, erityisesti eteläpuolisten salmien alueella missä pinnanmuodot voivat ohjata lämpimän veden kohti pintaa ja jääpeitettä. Mallinnustulosten mukaan ympäröivää vesimassaa lämpimämpää jäähdytysvettä kulkeutuu jään alla melko kauas länteen Hudofjärdenin poikki noin 4 m syvyydellä, mikä vastaa erittäin hyvin aiempien tutkimuksien tuloksia.

Mallinnustulosten perusteella jäähdytysveden lämpövaikutus läheisellä Natura-alueella on sekä avovesikaudella että jääpeitteisenä aikana hyvin pieni. Avovesikaudella lämpövaikutukset ulottuvat Natura-alueelle yleensä vain hetkellisesti, kun tuuli ajaa veden virtausta aluetta kohti. Jääpeitteisenä aikana voimalaitoksen purkama lämmennyt jäähdytysvesi pääsee kulkeutumaan jään alla kauemmas, usein Natura-alueelle saakka, mutta lämpövaikutus on tyypillisesti pientä.

Kun ajatellaan keskiarvolämpötiloja, ilmastomuutos tulee lämmittämään meren pintaa usealla asteella koko alueella, mihin verrattuna voimalaitoksen aiheuttama lämpeneminen on hyvin pienelle alueelle rajattua, etenkin kun voimalaitoksen käyttöehdot rajoittavat purettavan veden lämpötilaa lämpimimpinä aikoina.

Viitteet

An, N., Hemmati, S. ja Cui, Y.-J., 2017 Assessment of the methods for determining net radiation at different time-scales of meteorological variables. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 9 (2017) 239-246.

BACC Author Team, 2008, Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 474 p. (4–31, 93–96, 198–201, 281–283, 309–358), internet-sivut: https://www.hereon.de/imperia/md/content/baltex/springer_bacc_complete.pdf.

Creative Commons, 2021, Ilmatieteen laitoksen avoimen datan käyttölisenssi, internet-sivut: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi> (22.2.2021).

Danish Wind Energy Association, 2021, internet-sivut: <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/stat/unitsw.htm#roughness>.

Davies, A.M., Luyten, P. J. ja Deleersnijder, 1995, Turbulence Models in Shallow Sea oceanography, in Lynch E.R. & Davies A.N., Quantitative Skill Assessment for Coastal Ocean Models, Coastal and Estuarine Studies Volume 47, Pages 97-123 Copyright 1997 by the American Geophysical Union.

DHI, 2010, Numerical Modeling of Cooling Water Intake and Discharge at the Loviisa Nuclear Power Plant, Finland.

DHI, 2017, Hydrodynamic Module, User Guide, internet-sivut: https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE_FM_HD_3D.pdf (22.3.2021). https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE3HD_Scientific_Doc.pdf (22.3.2021).

Elliott, Z. A. ja Venayagamoorthy, S. K., 2010, Evaluation of turbulent Prandtl (Schmidt) number parameterizations for stably stratified environmental flows, Dynamics of Atmospheres and Oceans 51 (2011) 137–150.

Esbensen, S. K. ja Reynolds, R.W., 1980, Estimating monthly-averaged air-sea transfers of heat and momentum using the bulk aerodynamic method (Oregon state university) 35 p. HC A03/MF A01. Climatic Research Institute Oregon State University Corvallis, Oregon 97331.

Hari, J., 1986, Meriveden lämpötila, suolaisuus ja jääpeite talvella 1985 - 1986.

HELCOM, 2007 Climate Change in the Baltic Sea Area – HELCOM Thematic Assessment in 2007 Balt. Sea Environ. Proc. No. 111, internet-sivut: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP111.pdf> (22.3.2021).

HELCOM, 2013 Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013. Balt. Sea Environ. Proc. No. 137.

HELCOM, 2018: HELCOM Thematic assessment of eutrophication 2011-2016. Baltic Sea Environment Proceedings No. 156, internet-sivut: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP111.pdf>.

Ilmasto-opas, 2021a, internet-sivut: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/63e8e231-2d68-45cb-97c8-6bbdd9b5bae5/itameren-jaaolot-muuttuvat.html> (16.3.2021).

Ilmasto-opas, 2021b, internet-sivut: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/dfe79a73-08ea-4686-8463-811b87f53e44/lampotilat-kohoavat.html> (16.3.2021).

Ilmatieteen laitos, 2020a, internet-sivut: <https://www.ilmatie-teenlaitos.fi/vuosi-2011> (22.3.2021).

Ilmatieteen laitos, 2020b, internet-sivut: <https://www.ilmatie-teenlaitos.fi/vuosi-2018> (22.3.2021).

Ilmatieteen laitos, 2021, Avoin data, internet-sivut: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data> (22.2.2021).

Illus E., 2009, Environmental effects of thermal and radioactive discharges from nuclear power plants in the boreal brackish-water conditions of the northern Baltic Sea. STUK-A238.

IPCC, 2019, The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate - Summary for Policymakers.

Luode Consulting Oy, 2012, Lämpötila- ja virtausmittaukset Loviisan voimalaitoksen edustan merialueella avovesikaudella 2011.

Marjamäki, M., 2012, Meriveden lämpötilat ja jäähdytysvesien kulkeutuminen Loviisan edustalla satelliittimittausten perusteella.

Omstedt, A. , Elken, J. , Lehmann, A. , Lepparanta, M. , Meier, H. E. M. , Myrberg, K. & Rutgersson, A., 2014, Progress in physical oceanography of the Baltic Sea during the 2003-2014 period, Progress in Oceanography, vol. 128 , pp. 139-171. DOI: 10.1016/j.pocean.2014.08.010

SMHI, 1986, Itämeren jääpeitteen maksimilaajuus vuonna 1986 - jääkartta, internet-sivut: http://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis_1986.pdf (22.3.2021).

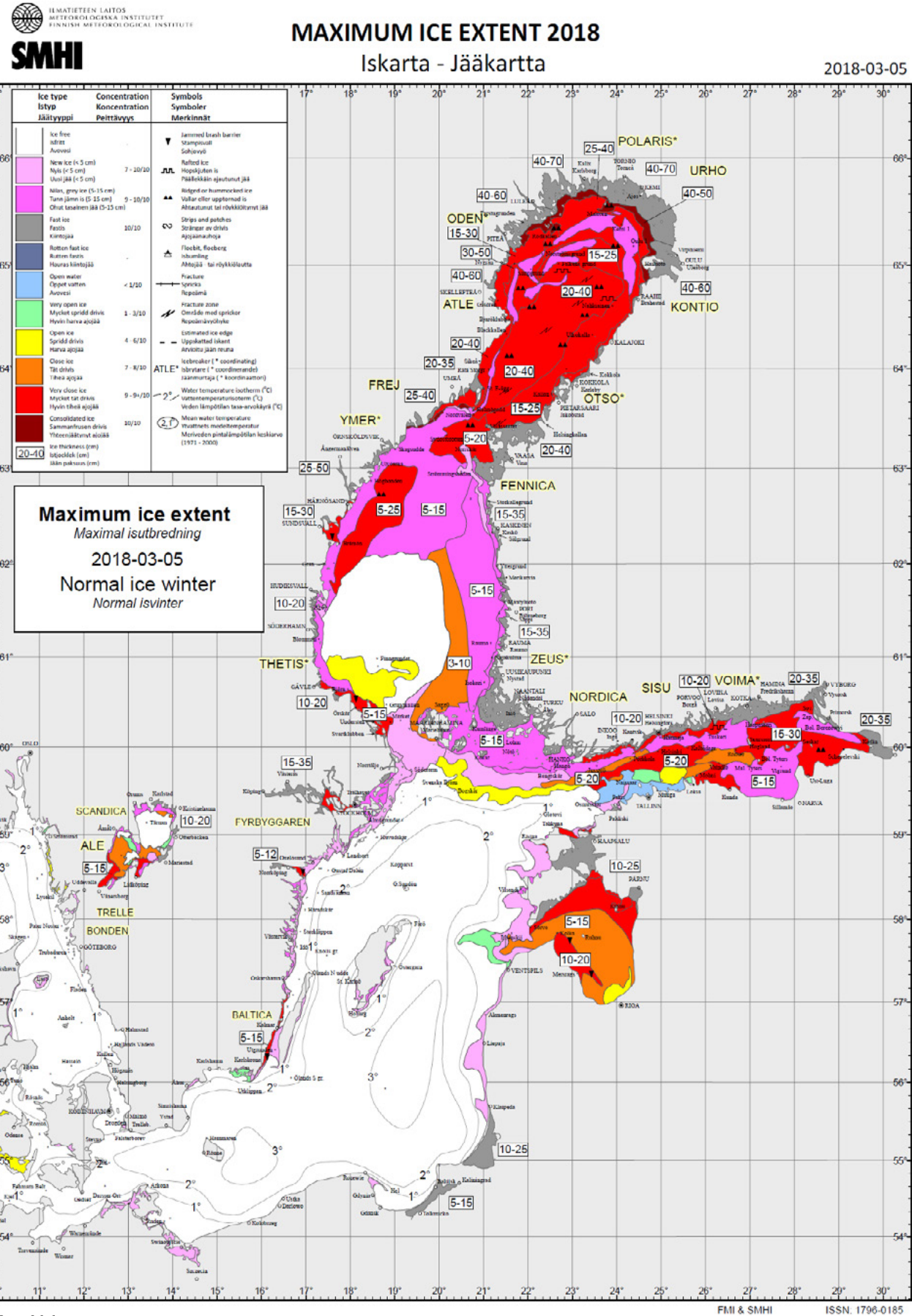
SMHI, 2018, Itämeren jääpeitteen maksimilaajuus vuonna 2018 - jääkartta, internet-sivut: http://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/produkter/arkiv/maxis/maxis_2018.pdf (22.3.2021).

Syke, 2020, Suomen ympäristökeskuksen ladattavat paikkatietoaineistot - Natura 2000 -alueet, internet-sivut: https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot (15.3.2021).

Toppila, T., 2008, Loviisa 3, Jäähdytysveden leviämisen mallinnus, tarkastelutapausten kuvaus ja tulokset.

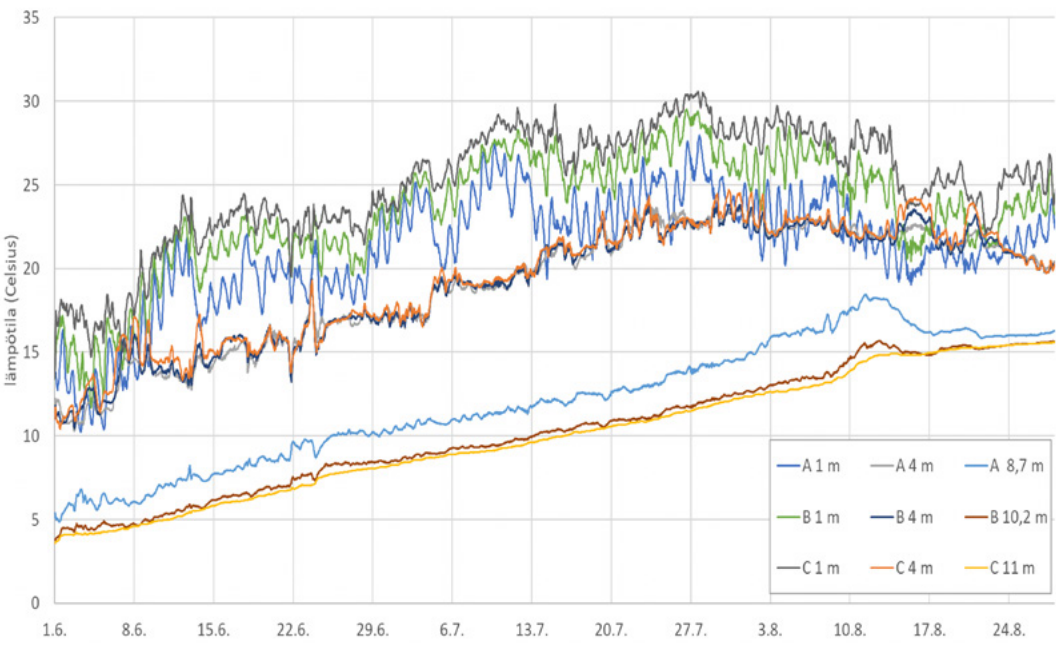
Liitteet

LIITE 1: ITÄMEREN MAKSIMIJÄÄPEITE JÄÄTALVEN 2017-2018 AIKANA - JÄÄKARTTA.

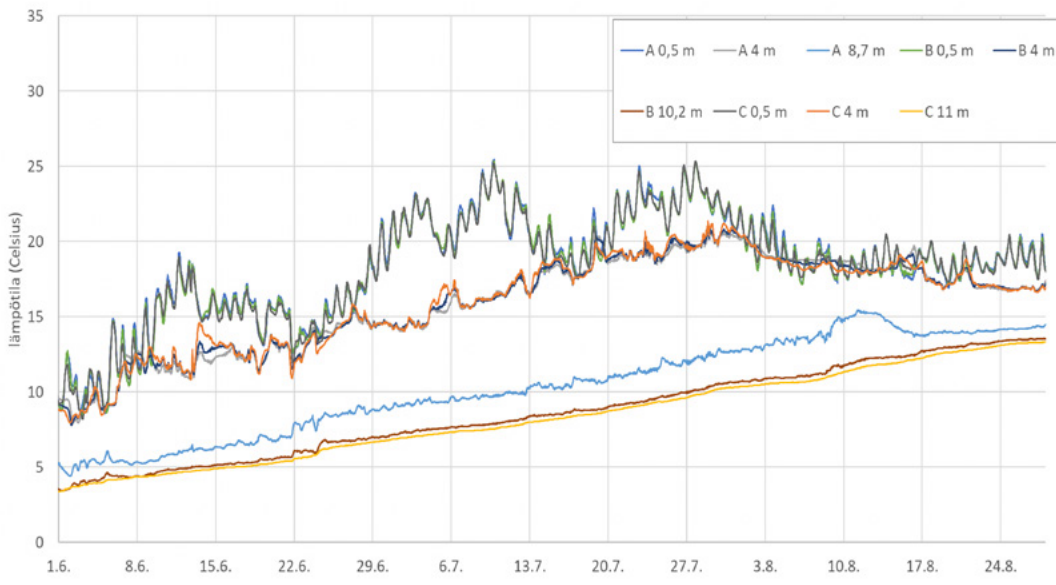


Kuva L1-1.

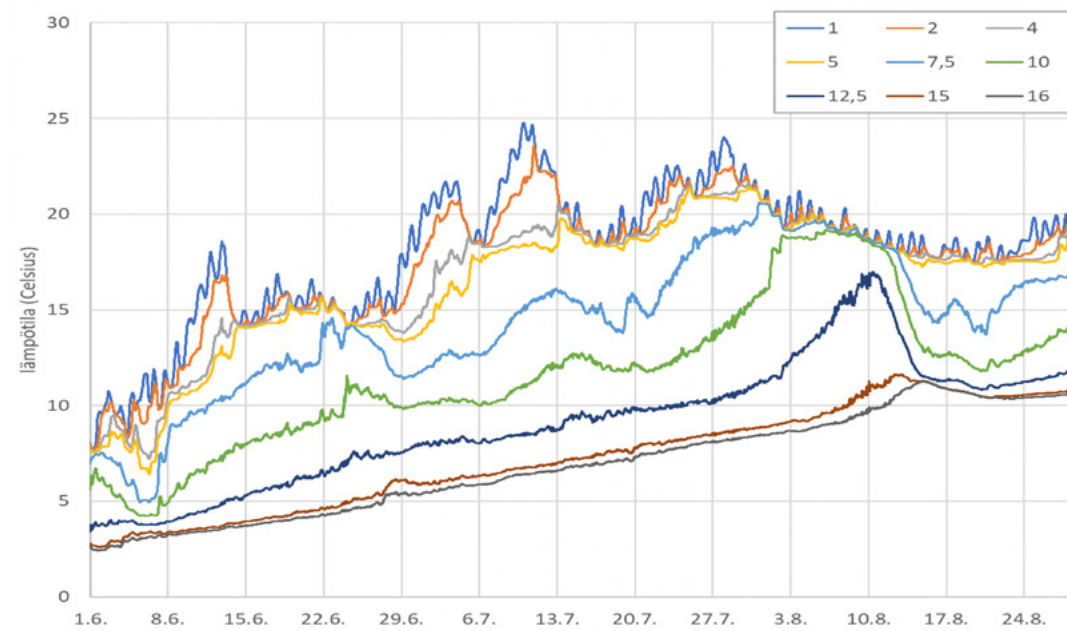
LIITE 2: MALLINNUSTULOSTEN AIKASARJOJA TARKASTELUPISTEITTÄIN AVOVESIKAUDELLE.



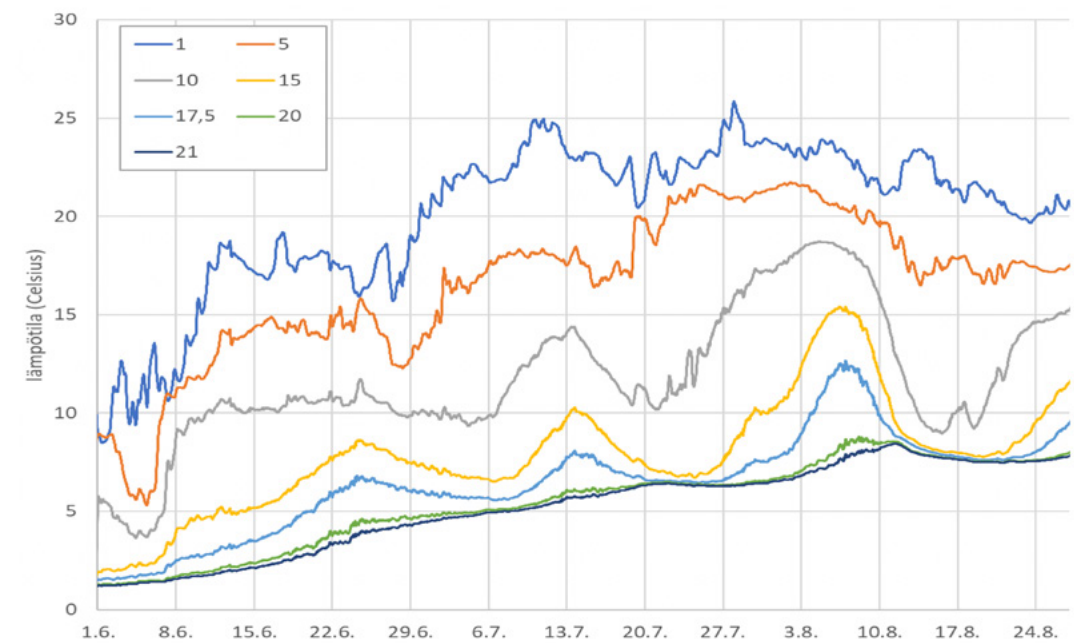
Kuva L2-1. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hästholmsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.



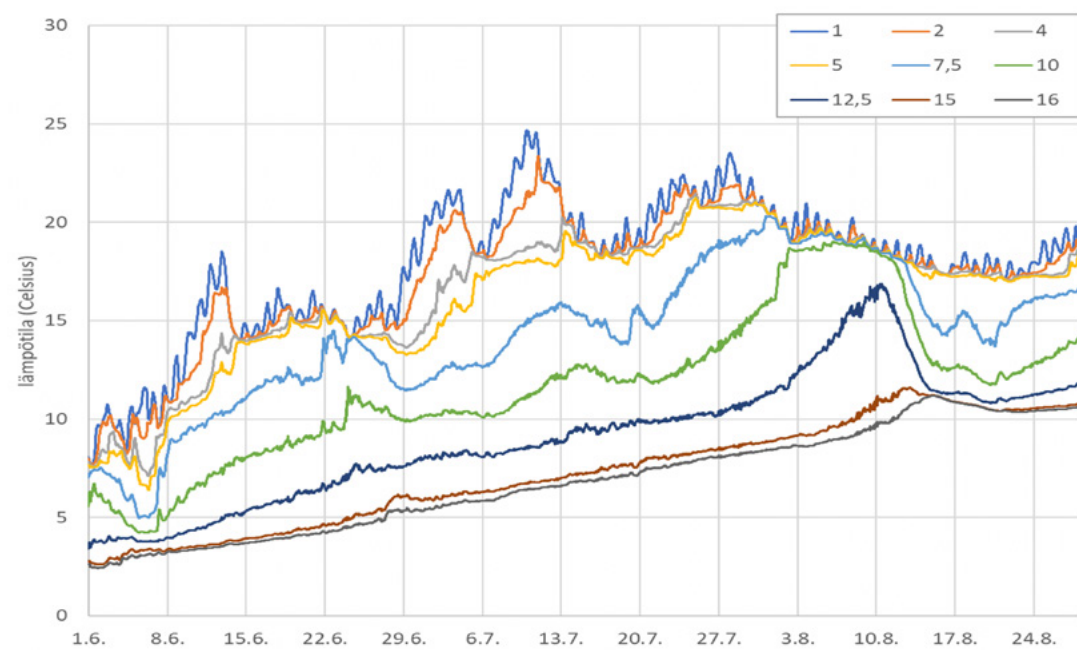
Kuva L2-2. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hästholmsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitos poistettu käytöstä.



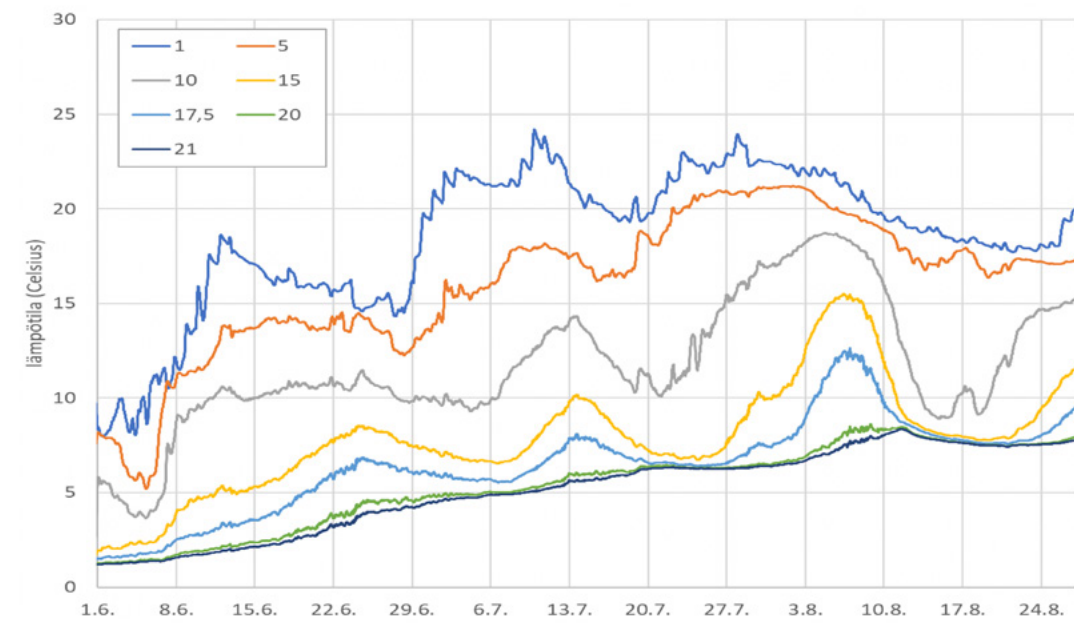
Kuva L2-3. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hudöfjärdenillä pisteessä K1 vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.



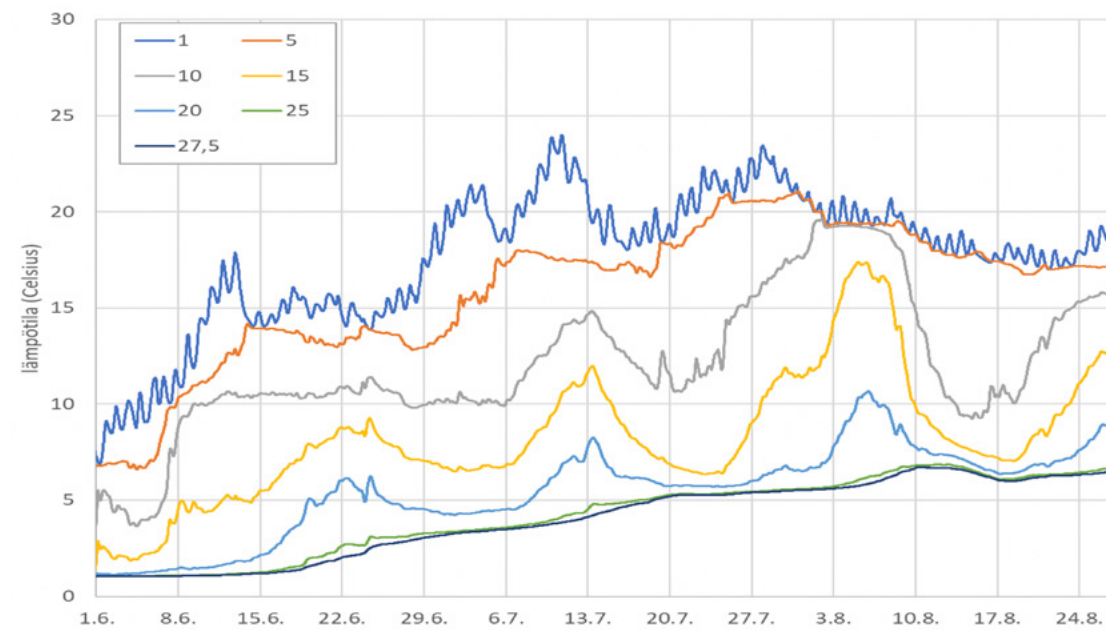
Kuva L2-5. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Vådholmsfjärdenillä pisteessä K2 vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.



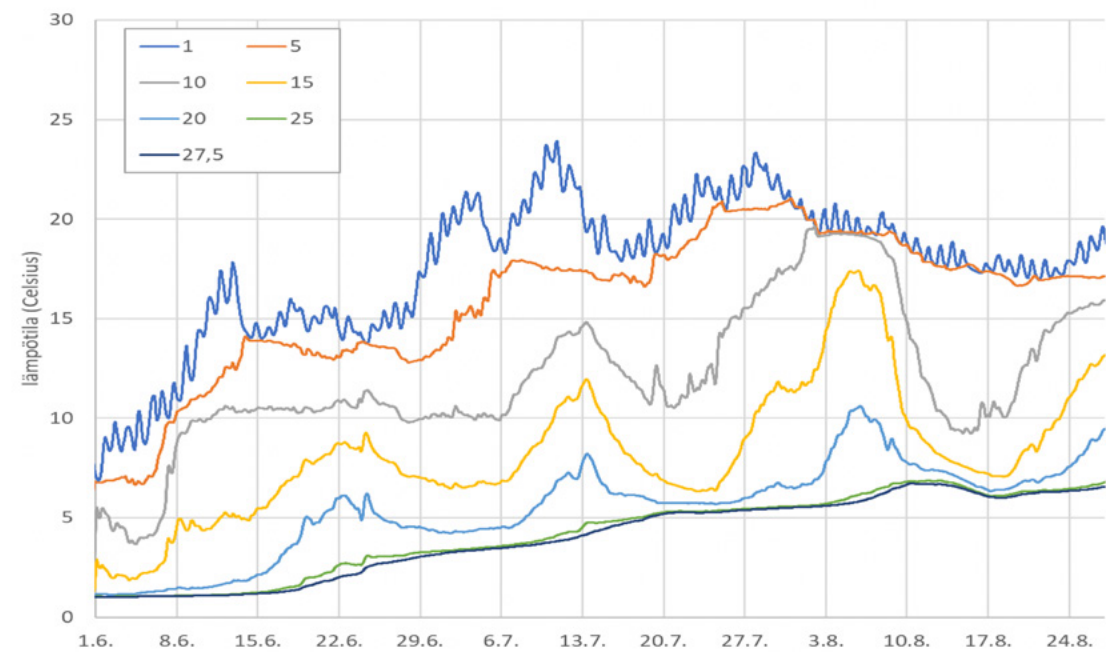
Kuva L2-4. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hudöfjärdenillä pisteessä K1 vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitos poistettu käytöstä.



Kuva L2-6. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Vådholmsfjärdenillä pisteessä K2 vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitos poistettu käytöstä.

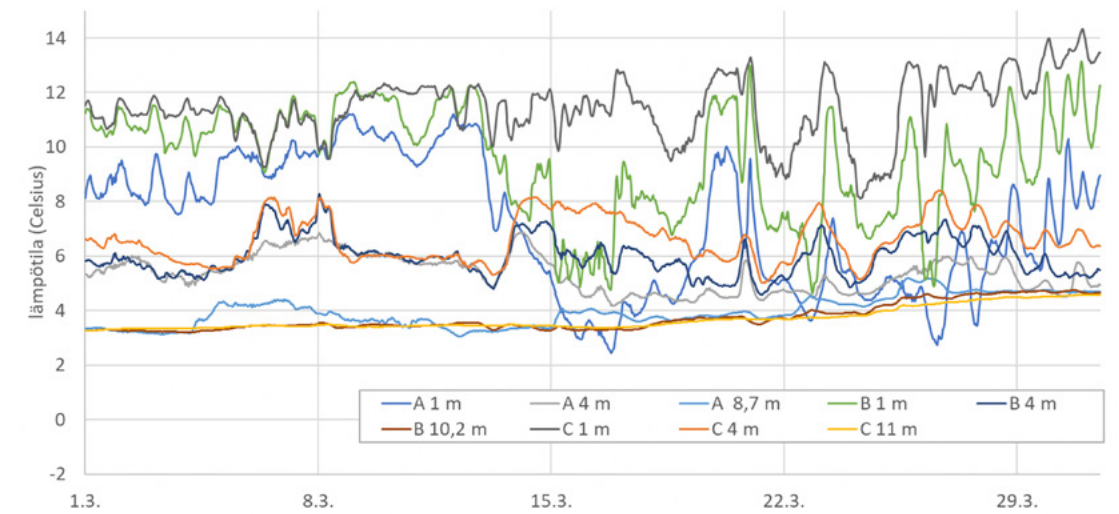


Kuva L2-7. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Orregrundsfjärdenillä pisteessä K3 vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.

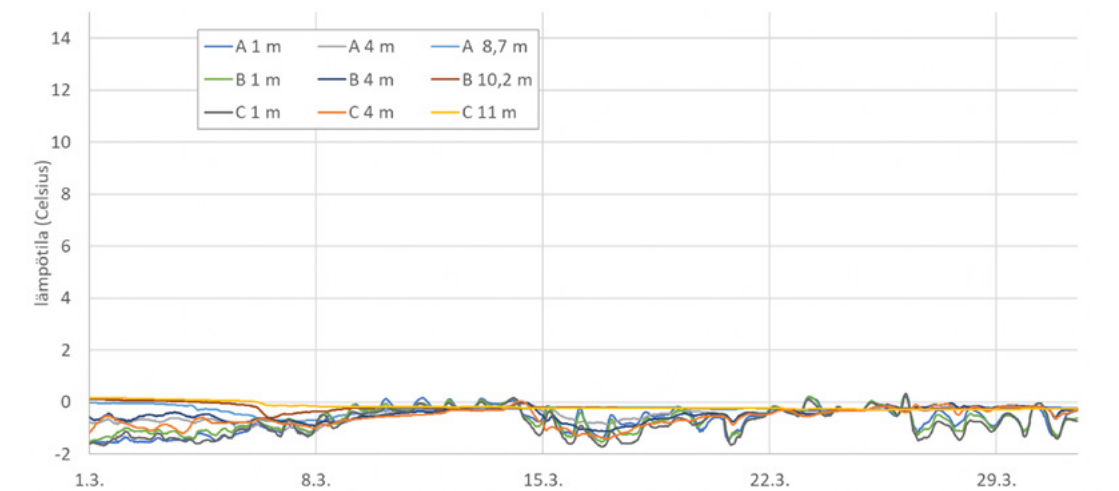


Kuva L2-8. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Orregrundsfjärdenillä pisteessä K3 vuoden 2011 säätilanteessa, voimalaitos poistettu käytöstä

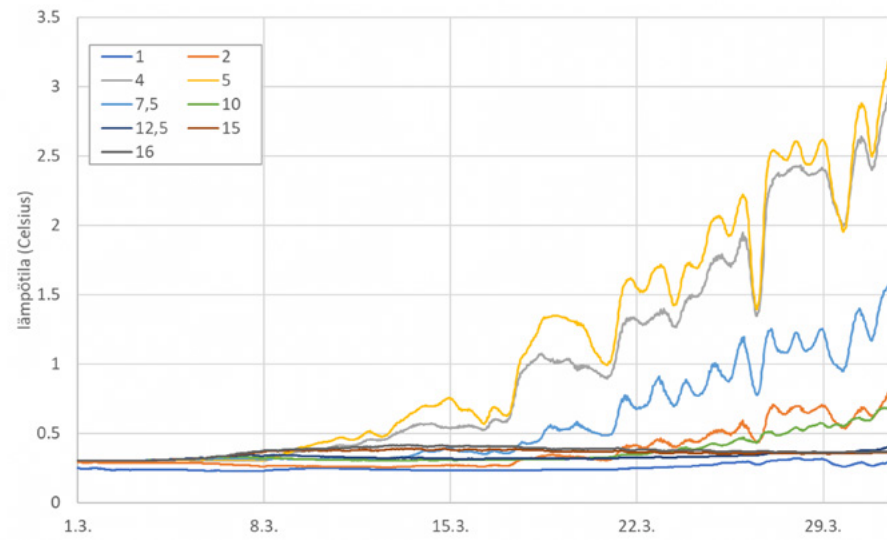
LIITE 3: MALLINNUSTULOSTEN AIKASARJOJA TARKASTELUPISTEITTÄIN JÄÄPEITTEISEN JAKSON AIKANA.



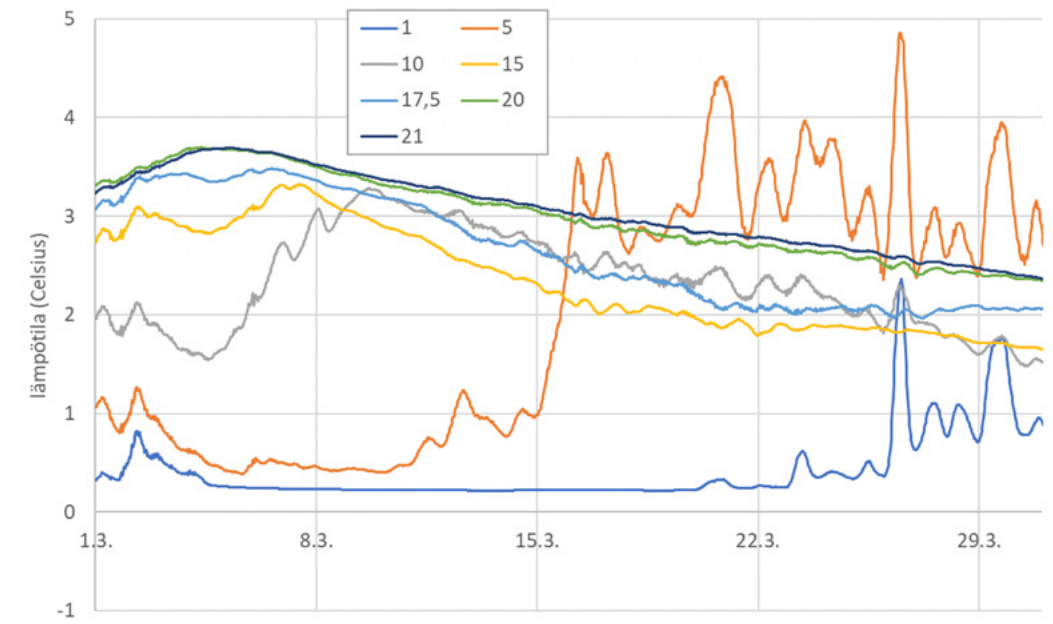
Kuva L3-1. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hästholmsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C (Kuva 3-3) vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.



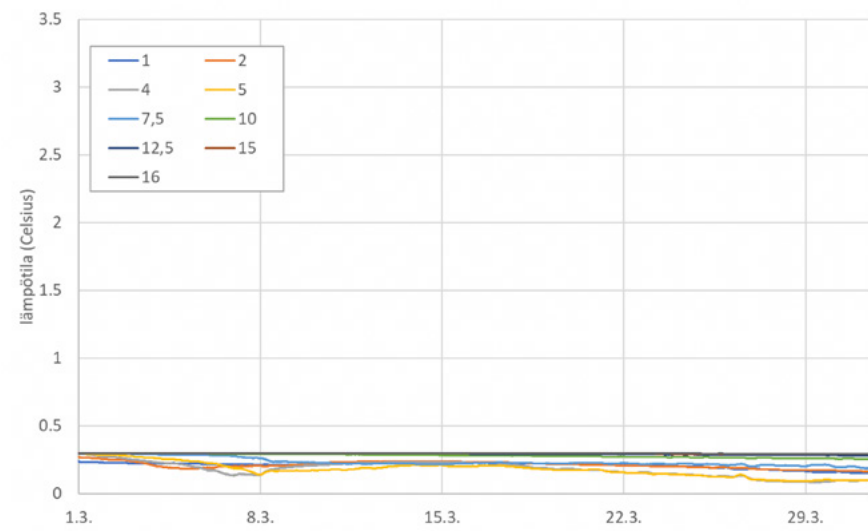
Kuva L3-2. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hästholmsfjärdenillä purkupuolen poijuilla A, B ja C (Kuva 3-3) vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitos poistettu käytöstä.



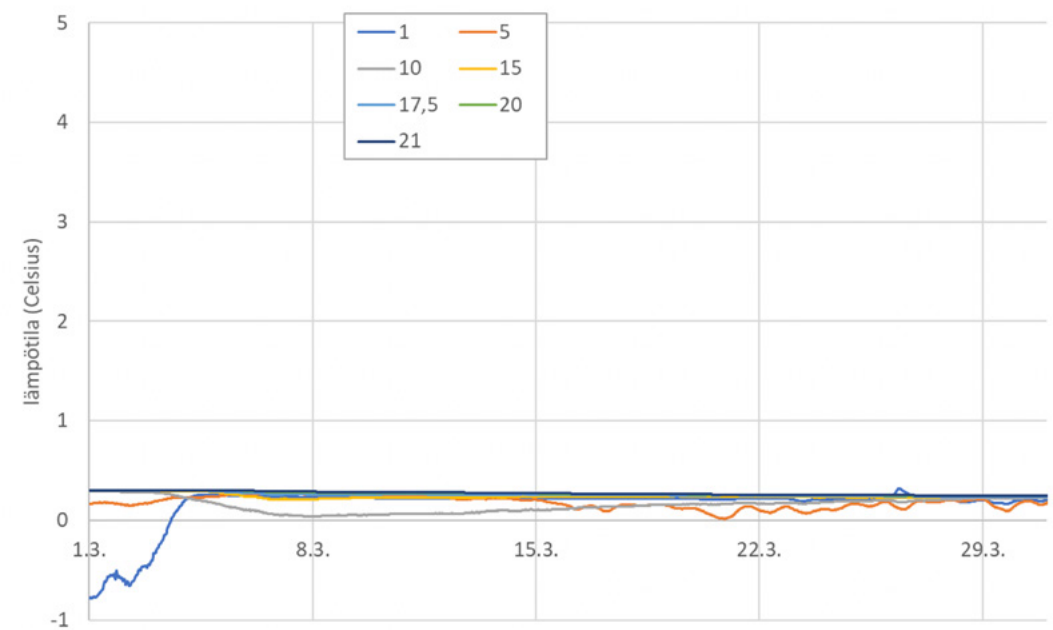
Kuva L3-3. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hudöfjärdenillä pisteessä K1 vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.



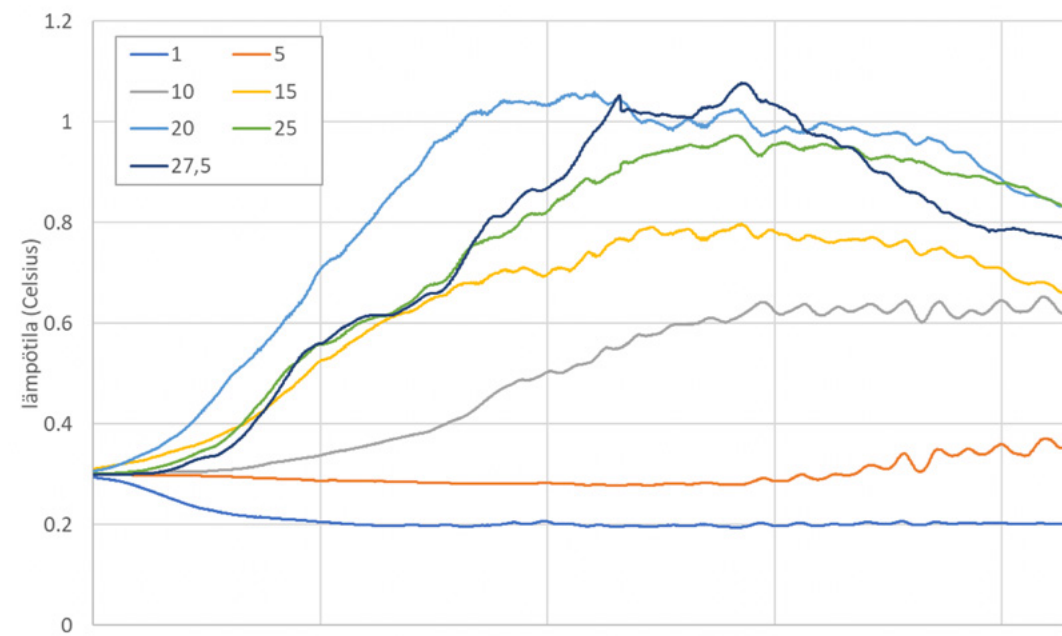
Kuva L3-5. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Vådholmsfjärdenillä pisteessä K2 vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.



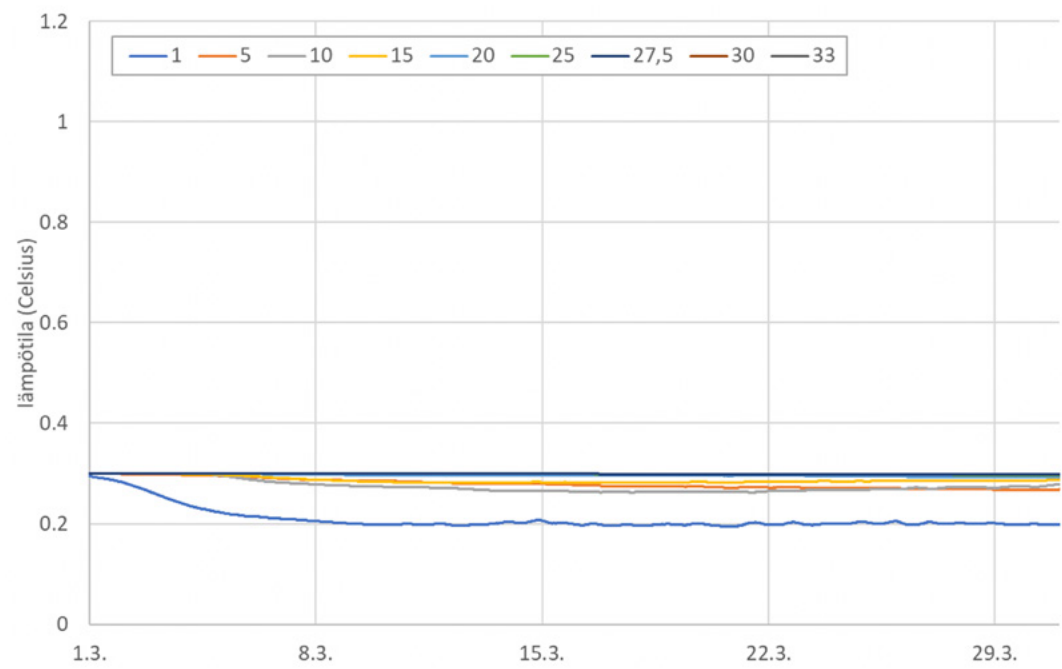
Kuva L3-4. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Hudöfjärdenillä pisteessä K1 vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitos poistettu käytöstä.



Kuva L3-6. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Vådholmsfjärdenillä pisteessä K2 vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitos poistettu käytöstä.



Kuva L3-7. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Orrengrunds fjärdenillä pisteessä K3 vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitoksen käyttö jatkuu.



Kuva L3-8. Mallinnettu veden lämpötila eri syvyyksillä Orrengrunds fjärdenillä pisteessä K3 vuoden 2018 maaliskuussa, voimalaitos poistettu käytöstä.

