

# FENNOVOIMA

A close-up photograph of a person's hands wearing yellow and white safety gloves. The gloves are made of a textured material, likely nitrile or latex, and are positioned as if about to perform a task. The background is a soft, out-of-focus white.

Päivitys ydinenergialain  
(990/1987) 18 §:n mukaiseen  
Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen  
rakentamislupahakemukseen

HUHTIKUU 2021

A close-up photograph of a hand holding a small, white, cylindrical device. The device has a lens or sensor on its front and a small opening on its side. The hand is wearing a white glove. The background is a soft, out-of-focus white.

# Yhteystiedot

**HANKKEESTA VASTAAVA:** Fennovoima Oy

Postiosoite: Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

Puhelin: 020 757 9200

Yhteyshenkilö: Vesa Ruuska

Sähköposti: [etunimi.sukunimi@fennovoima.fi](mailto:etunimi.sukunimi@fennovoima.fi)

**YLEISET YHTEYDENOTOT:** Fennovoima Oy, Viestintä

Puhelin: 020 757 9200

Sähköposti: [viestinta@fennovoima.fi](mailto:viestinta@fennovoima.fi)

[www.fennovoima.fi](http://www.fennovoima.fi)

**LUPAVIRANOMAINEN:** Työ- ja elinkeinoministeriö

Postiosoite: PL 32, 00023 Valtioneuvosto

Puhelin: 029 504 8274

Yhteyshenkilö: Jaakko Louvanto

Sähköposti: [etunimi.sukunimi@tem.fi](mailto:etunimi.sukunimi@tem.fi)

# Sisällysluettelo

## Päivitys Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen rakentamislupahakemukseen

Hakemuksen päivittäminen	4
Hakija	4
Hanke	4
Periaatepäätökset	4
Sijaintipaikka	5
Toteutustapa ja aikataulu	6
Organisaatio ja asiantuntemus	6
Taloudelliset edellytykset	7
Ydinvoimalaitostyyppi	9
Turva- ja valmiusjärjestelyt	10
Ydinpolttoainehuolto	11
Ydinjätehuolto	11
Rakentamislupahakemukseen liittyvän aineiston toimittaminen Säteilyturvakeskukselle	12

## Liitteet

1. Täydentävä selvitys ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikaisista ympäristövaikutuksista sekä haitallisten vaikutusten ehkäisemiseen ja lieventämiseen suunnitelluista toimenpiteistä (Kesäkuussa 2015 työ- ja elinkeinoministeriölle toimitetun rakentamislupahakemuksen liite 3A ajantasaistettuna)

2. Täydentävä selvitys ydinvoimalaitoksen käytön aikaisista vaikutuksista merialueen luontoon ja kalatalouteen (Kesäkuussa 2015 työ- ja elinkeinoministeriölle toimitetun rakentamislupahakemuksen liite 3B ajantasaistettuna)

## Hakemuksen päivittäminen

Fennovoima Oy jätti 30.6.2015 valtioneuvostolle hakemuksen uuden ydinvoimalaitoksen rakentamiseksi Pyhäjoen Hanhikiven niemelle. Laitoshankkeessa ja siihen vaikuttavissa reunaehdoissa on sittemmin tapahtunut sellaista kehitystä, joka ei muuta laitoshankkeen perusteita aiemmin periaatepäätösvaiheessa käsitellystä, mutta joka päivittää 30.6.2015 toimitetussa rakentamislupahakemuksessa esitetyjä tietoja. Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) kanssa käytyjen keskustelujen perusteella Fennovoima on laatinut hakemuksen käsittelyn kannalta oleellisista muutoksista päivityksen, joka pyydetään ottamaan alkuperäisen, 30.6.2015 toimitetun hakemuksen käsittelyssä huomioon. Alkuperäisen hakemuksen liitteet 3A, ”Selvitys ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikaisista ympäristövaikutuksista sekä haitallisten vaikutusten ehkäisemiseen ja lieventämiseen suunnitelluista toimenpiteistä”, ja 3B, ”Työ- ja elinkeinoministeriön vaatimat lisäselvitykset ydinvoimalaitoksen käytön aikaisista vaikutuksista merialueen luontoon ja kalatalouteen”, on saatettu ajan tasalle ja esitetään tämän päivityksen liitteissä 1 ja 2.

Päivitetty tiedot on jäljempänä ryhmitelty alkuperäisen hakemuksen mukaisesti ja niin, että myös hakemuksen liiteaineistossa esitetyt huomionarvoiset päivitykset käsitellään kunkin kyseessä olevan pääluvun yhteydessä.

## Hakija

Fennovoima Oy on suomalainen osakeyhtiö, jonka Y-tunnus on 2125678-5. Alkuperäisessä 30.6.2015 jätetyssä hakemuksessa esitetyissä hakijaan liittyvissä tiedossa, mukaan lukien hakemuksen liitteessä 1A esitetyt kaupparekisteriote, yhtiöjärjestys ja osakasluettelo, sekä liitteessä 1B kuvattu yhtiön omistuspohja, ei ole tapahtunut vuoden 2015 jälkeen muutoksia.

## Hanke

Fennovoiman hankkeen lähtökohtiin ei ole tapahtunut periaatteellisia muutoksia rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen. Tarkoituksena on siten rakentaa Pyhäjoen Hanhikiven niemen laitospaikalle yksi lämpöteholtaan 3 220 megawatin ja sähköteholtaan noin 1 200 megawatin ydinvoimalaitosyksikkö sekä sen toimintaan tarvittavat muut ydinlaitokset tuoreen ydinpolttoaineen varastointia, käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointia sekä matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen käsittelyä ja varastointia varten.

Vuoden 2015 jälkeen Hanhikivi 1 -hankkeessa tapahtunut kehitys ja tarkennukset esitetään jäljempänä tässä rakentamislupahakemuksen päivityksessä.

## Periaatepäätökset

Valtioneuvosto on periaatepäätöksissään 2010 ja 2014 todennut uuden ydinvoimalaitoksen ja sen toiminnassa tarvittavien muiden ydinlaitosten rakentamisen Pyhäjoen Hanhikiven niemen voimalaitospaikalle, keskeisiltä toimintaperiaateiltaan ja turvallisuuden varmistamiseen liittyviltä ratkaisuiltaan sellaisena kuin Fennovoima hakemuksissaan on esittänyt, ja siten kuin edellä mainituissa periaatepäätöksissä on todettu, olevan yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Periaatepäätökset sisälsivät ehtoja niiden voimassaoloon, ydinjätehuoltoon ja yhtiön omistuspohjaan liittyen.

Vuonna 2010 annetun periaatepäätöksen voimassaoloon liittyvän vaatimuksen Fennovoima on täyttänyt jättämällä asetetun määräajan 30.6.2015 puitteissa valtioneuvostolle hakemuksen ydinvoimalaitoksen Hanhikivi 1 rakentamiseksi ja esittänyt samassa yhteydessä täsmennetyt suunnitelmansa ydinjätehuollon järjestämiseksi.

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen osalta Fennovoima toimitti yhteysviranomaiselle (TEM) asetetussa määräajassa 30.6.2016 ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA) annetun lain (468/1994) mukaisen Fennovoiman oman käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitosta koskevan ympäristövaikutusten arviointiohjelman. Lisäksi Fennovoima solmi saman aikataulun puitteissa palvelusopimuksen Posiva Solutions Oy:n kanssa.

Vuoden 2014 periaatepäätöksessä valtioneuvosto katsoi, että Fennovoiman omistuksesta vähintään 60 % tulee olla toimijoilla, joiden asuin- tai kotipaikka on EU:n tai EFTA-maiden alueella. Vuoden 2015 jälkeen Fennovoiman omistuksesta on yli 60 % ollut yhtäjaksoisesti toimijoilla, jotka ovat sitoutuneet hankkeen pääomasijoitukseen ja joiden asuin- tai kotipaikka on EU:n tai EFTA-maiden alueella. Näin ollen valtioneuvoston asettama Fennovoiman omistus pohjaa koskeva ehto rakentamislupaan myöntämiselle täyttyy.

Rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen hankkeessa tapahtunut kehitys ja tarkennukset eivät muiltakaan osin muuta laitoksen keskeisiä toimintaperiaatteita eivätkä turvallisuuden varmistamiseen liittyviä ratkaisuja. Laitossuunnittelussa tapahtuneiden muutosten tuloksena laitoksen turvallisuus paranee entisestään.

## Sijaintipaikka

Pyhäjoen Hanhikiven niemen laitospaikkaan sisältyvät tiedot ja perusteet esitettiin 30.6.2015 jätetyssä rakentamislupahakemuksessa ja sen liitteissä 3A-3C.

Laitoksen sijoituspaikasta on rakentamislupahakemuksessa todettu, ettei Pyhäjoen sijoituspaikan olosuhteissa ole sellaisia piirteitä, jotka olisivat esteenä uuden ydinvoimalaitoksen ja periaatepäätöshakemuksessa mainittujen siihen liittyvien muiden ydinlaitosten rakentamiselle turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen laitostoimittaja ja Fennovoima ovat tehneet laitoksen tarkempaan sijoittamiseen, kallioperän ominaisuuksiin sekä perustusten suunnitteluun ja käytön aikaiseen ikääntymisen seurantaan liittyviä lisäselvityksiä, joiden tulosten käsittely on Fennovoimassa ja Säteilyturvakeskuksessa (STUK) kesken.

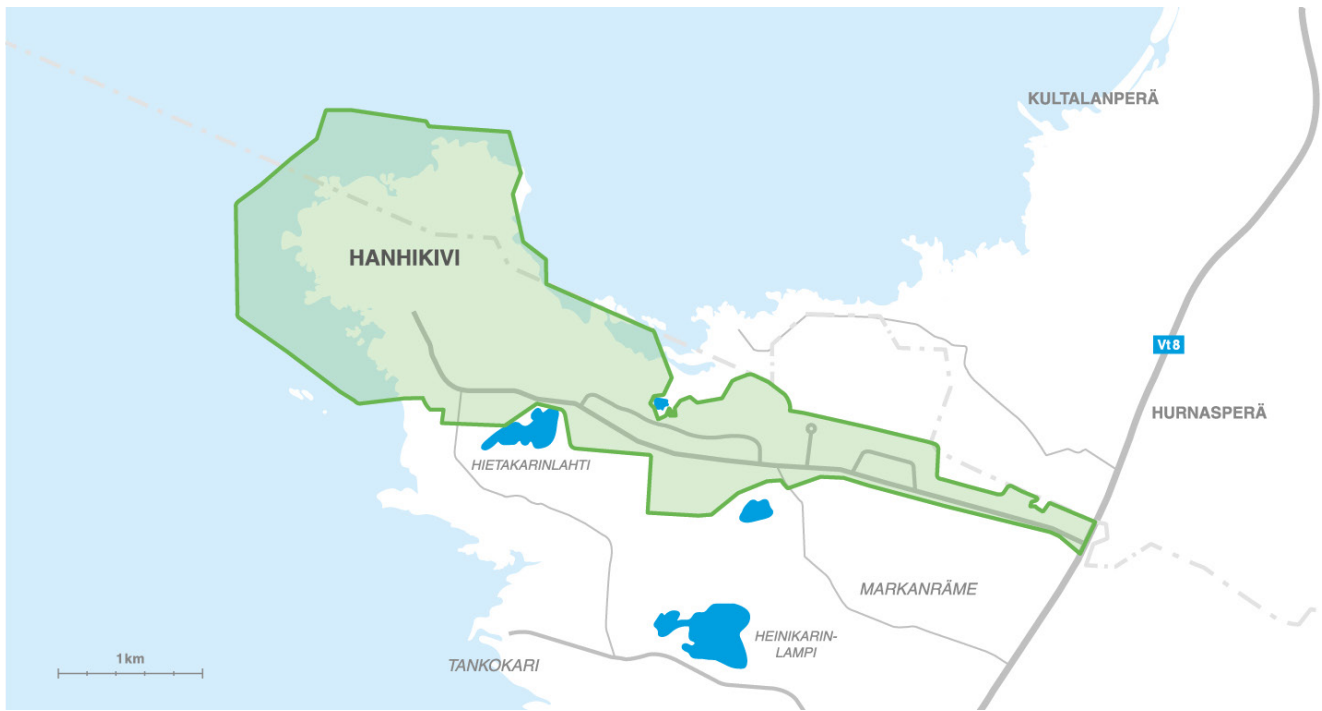
Vuosina 2013-2014 toteutetun ympäristövaikutusten arviointiselostuksen (YVA-selostus) on todettu kuvaavan riittävästi hankkeen ympäristövaikutuksia ja niiden lieventämismahdollisuuksia. Vuoden 2021 tasolle ajantasaistetut ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikaisten ympäristövaikutusten hallintaan suunnitellut toimenpiteet esitetään tämän asiakirjan liitteessä 1.

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on kesäkuussa 2016 myöntänyt Fennovoiman Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitokselle ympäristö- ja vesitalouslupan, joka on korkeimman hallinto-oikeuden (KHO) huhtikuussa 2019 tekemällä päätöksellä lainvoimainen. Samassa KHO:n päätöksessä todetaan myös, että yllä mainittu YVA-selostus kattaa tarpeellisessa määrin YVA-asetuksen 10 §:n 1 momentin 3 ja 5 kohdassa mainitut asiat ja se ei sisällä olennaisia puutteita. Asetuksen kyseiset kohdat koskevat hankkeen keskeisiä ominaisuuksia ja ratkaisuja hankkeen elinkaaren yli (3§) sekä selvitystä ympäristöstä ja arviota hankkeen ja vaihtoehtojen ympäristövaikutuksista (5§).

Työ- ja elinkeinoministeriö on YVA-menettelyn yhteysviranomaisena edellyttänyt ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta antamassaan lausunnossa Fennovoimaa tekemään lisäselvityksiä voimalaitoksen käytön aikaisista vaikutuksista merialueen luontoon ja kalatalouteen. Näiden lisäselvitysten tulokset on esitetty vuoden 2021 tasolle ajantasaistettuna tämän päivityksen liitteessä 2.

Hanhikiven niemen maankäyttöä ohjaavat Hanhikiven ydinvoimamaakuntakaava sekä Raahen kaupungin ja Pyhäjoen kunnan ydinvoimalaitosalueen osayleis- ja asemakaavat. Ydinvoimalaitoshankkeen vaatima kaavoitus on lainvoimainen kaikilla kolmella kaavatasolla eikä kaavoituksessa ole voimalaitosalueen osalta tapahtunut muutoksia vuonna 2015 jätetyn rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen.

Rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen Fennovoima on hankkinut vapaaehtoisilla kiinteistökaupoilla maa- ja vesialueita niin, että sen omistuksessa on nyt yhteensä 567 hehtaaria kattaen kaikki ydinvoimalaitosta ja sen tukitoimintoja varten tarvittavat alueet.



Kuva 1. Fennovoiman omistamat maa- ja vesialueet Pyhäjoen Hanhikiven niemellä.

## Toteutustapa ja aikataulu

Fennovoiman ydinvoimalaitoshanke Pyhäjoen Hanhikiven niemellä toteutetaan vuonna 2015 jätetyssä hakemuksessa ja sen liitteessä 2A kuvatuin periaattein ja menettelyin. Hankkeen lähtökohtana on siten edelleen yhden päätoimittajan vastuulla oleva kokonaistoimitusmalli pois lukien Fennovoiman vastuulla oleva, lähinnä infrastruktuurin ja hallinnollisten rakennusten sekä myöhemmässä vaiheessa käytetyn polttoaineen väliavaraston rakentaminen.

Hanke on edennyt Fennovoiman vastuulla olevien töiden osalta alkuperäisten suunnitelmien puitteissa. Laitospaikalle on rakennettu ja otettu käyttöön työmaan tarvitsema yhdyskuntateknikka, sähköyhteydet, koulutus- ja porttirakennukset sekä ensimmäisenä ydinteknisenä rakennelmana voimalaitoksen valmiustoiminnassa tarvittaviin mittauksiin liittyvä säämasto. Pysyvän toimistorakennuksen rakentaminen on käynnistynyt vuonna 2020. Ydinvoimalaitoksen rakentamislupavaiheessa tarvittava käytetyn polttoaineen väliavaraston luvitusaineisto on laadittu ja toimitettu tarkastettavaksi Säteilyturva-keskukselle ja tullaan vielä päivittämään STUKilta saadun palautteen perusteella.

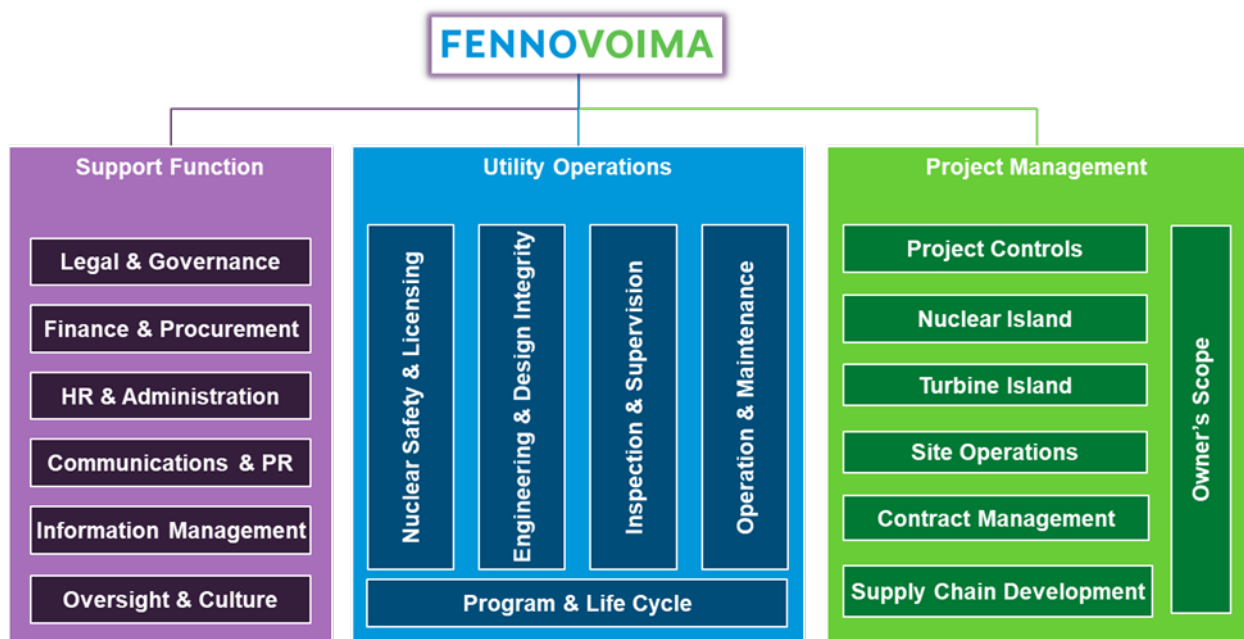
Ydinvoimalaitoksen suunnittelun ja luvitusaineiston aikaansaaminen suomalaisten vaatimusten mukaiseksi on aiheuttanut viivettä rakentamisen aloittamiselle. Toisaalta luvitusvaiheen venyminen on mahdollistanut paremman valmistautumisen rakentamisvaiheeseen siirtymiselle, minkä voi olettaa pienentävän rakentamisvaiheen kustannus-, laatu- ja aikatauluriskejä. Kuitenkin, luvitusvaiheessa syntyvän noin viiden vuoden viiveen voi olettaa ilmenevän sellaisenaan myös käyttövaiheeseen siirtymisessä.

## Organisaatio ja asiantuntemus

Fennovoiman organisaatiota rakennetaan vuoden 2015 hakemuksessa ja sen liitteissä 2A ja 2B kuvatulla tavalla vastaamaan sekä laitoksen tilaajan että myöhemmässä vaiheessa sen käyttötoiminnan tarpeisiin. Nykyiset arviot yhtiön organisaation koosta sekä laitoksen rakentamisen että sen käytön aikana vastaavat vuonna 2015 esitettyä. Fennovoiman palveluksessa oleva ydinalan kokemus ja osaaminen on kasvanut merkittävästi vuoden 2015 jälkeen sekä rekrytointien että Fennovoiman hankkeessa työskentelystä kertyneen kokemuksen kautta. Henkilöstön vaihtuvuus on vuositasolla ollut viime vuosina 10%:n luokkaa ja korvausrekrytoinnit on pystytty toteuttamaan ilman merkittäviä ongelmia.

Fennovoiman toimitusjohtajana vuodesta 2014 alkaen toiminut Toni Hemminki jätti yhtiön loppuvuonna 2019 jatkaen johdon neuvonantajana vuoden 2019 loppuun saakka. Yhtiön operatiivnen johtaja Timo Okkonen toimi toimitusjohtajan sijaisena kesäkuuhun 2020 saakka, jolloin toimitusjohtajana aloitti Joachim Specht. Specht tuli Fennovoimaan Preussen Elektrasta (ent. E.ON Kernkraft), jossa hän toimi varatoimitusjohtajana sekä ydintekniikka- ja konsultointiosaston johtajana. Koulutukseltaan Specht on metalli- ja materiaalitieteiden maisteri, ja hänellä on lähes 30 vuoden kokemus ydinvoimateollisuudesta. Hän on työskennellyt eri tehtävissä Preussen Elektrassa, Arevassa, Framatomessa ja Siemens/KWU:lla. Spechtillä on vahva kokemus alalta niin uusista laitoshankkeista, käyttö- ja kunnossapitotoiminnasta kuin työstä palveluiden, suunnittelun ja konsultoinnin parissa. Fennovoima on nimennyt laitoksen rakentamisvaiheelle ydinenergialain 7§:n tarkoittaman vastuullisen johtajan. Nimeämiselle on hankittu Säteilyturvakeskuksen hyväksyntä. Muiden kyseisessä lain kohdassa edellytetyjen turvajärjestelyjen, valmiusjärjestelyjen ja ydinmateriaalivalvonnan vastuuhenkilöiden nimeämisen viranomaiskäsitteily on meneillään.

Suomalaiset vaatimukset täyttävän suunnittelu- ja luvitusaineiston toimittamisessa ilmenneiden vaikeuksien vuoksi Fennovoima on omaksunut vuorovaikutuksessa laitostoimittaja RAOS Project:n kanssa tätä aikaisempaa enemmän tukevan ja avustavan roolin. Oma toimintaansa kehittääkseen Fennovoima käynnisti vuonna 2019 laaja-alaisen kehitysohjelman nimeltään FV 2.0, jonka puitteissa yhtiön organisaatio ja sen johtamisjärjestelmä muutettiin vastaamaan paremmin luvitus- ja rakentamisvaiheiden tarpeita. Myös tulevan käyttövaiheen organisaation ja toimintatapojen suunnittelu käynnistettiin samassa yhteydessä. Sekä rakentamis- että käyttövaiheen organisaatioissa säilyvät kuitenkin vuoden 2015 hakemuksessa kuvatut keskeiset toiminnot.



Kuva 2. Fennovoiman organisaatio, huhtikuu 2021. Yhtiön päätoimintoja ovat Tukitoiminnot, Laitostoiminnot ja Projektitoiminnot.

## Taloudelliset edellytykset

Vuonna 2015 toimitetussa rakentamislupahakemuksessa esitettiin liitteessä 1C esitetyin perustein Fennovoimalla olevan vaadittavat taloudelliset edellytykset toteuttaa hakemuksessa kuvattu ydinvoimalaitoshanke. Tuolloin esitetty johtopäätös ja sen perusteet ovat pysyneet muuttumattomina. Alla esitetään hankkeen kustannusarvioon, rahoituslähteisiin sekä taloudellisiin riskeihin ja epävarmuuksiin varautumiseen liittyvät tarkennukset.

## **Kustannusarvio**

Hanhikivi 1 -hankkeen kokonaisinvestointikustannus on tällä hetkellä arvioitu olevan noin 7-7,5 miljardia euroa (aiemmin 6,5-7 miljardia euroa) johtuen pääosin viiden vuoden viiveestä rakentamisluvan saamisesta ja vähemmissä määrin muutoksista projektin toimituslaajuudessa. Koska laitostoimitussopimus RAOS Project Oy:n kanssa on kiinteähintainen, kustannusylitys aiheutuu Fennovoiman oman toiminnan kuluista ja erityisesti Fennovoiman organisaation kuluista. Laitostoimittajan kompensatio viivästyksistä laskisi projektin tämän hetken arvioitua kokonaishintaa.

## **Rahoituslähteet**

Fennovoiman omistajissa ja heidän sitoumuksissaan pääomainvestointeihin ei ole muutoksia. Pääomasijoitusten kokonaismäärä on noin 1,7 miljardia euroa. Pääomasijoitusten ajankohtaa on siirretty hieman eteenpäin johtuen viiveistä projektissa. Investoinnit tullaan suorittamaan kokonaisuudessaan laitoksen kaupalliseen käyttöönottoon mennessä.

JSC Rusatom Energy International (REIN, aiemmin JSC Rusatom Overseas) on myöntänyt nimellisarvoltaan 2,4 miljardin euron osakaslainan, josta Fennovoima nosti ensimmäisen lainaerän vuonna 2015. REIN on sitoutunut järjestämään itse ja/tai ulkopuolisen rahoittajan toimesta lainarahoituksen, joka kattaa projektin rahoitustarpeet. Omistajien pääomasijoitukset ja REINin osakaslaina kattavat noin 50% arvioiduista investoinneista. Valmistelut ja neuvottelut loppurahoituksen osalta ovat käynnissä, jotta rahoituslähteet ovat selvillä ydinvoimalan rakentamisen aloittamiseen mennessä.

## **Varautuminen taloudellisiin riskeihin ja epävarmuuksiin**

Hanhikivi 1 -hankkeen kaltaisiin suuriin ja monimutkaisiin investointihankkeisiin liittyy aina riskejä ja epävarmuuksia. Osa riskeistä liittyy viiveisiin ja kustannusten nousuun ovat jo toteutuneet projektin aikana.

Suunniteltu ajankohta kaupallisen käytön aloittamiseksi on siirtynyt laitostoimittajan vahvistamana vuodesta 2024 vuoteen 2028. Tämä tarkoittaa, että hankkeen aikana Fennovoiman oman organisaation kokonaiskulut muodostuvat suuremmiksi kuin alun perin on arvioitu. Vähemmissä määrin kustannusten nousu liittyy muutoksiin projektin sisällössä. Mahdolliset lisäviivästyksset kasvattavat Fennovoiman oman toiminnan hankkeen aikaisia kokonaiskuluja, kun taas ydinvoimalan laitostoimitussopimus RAOS Project Oy:n kanssa on kiinteähintainen.

Voimalan rakentamiseen tarvittavan pääoman saatavuuteen ja hintaan liittyy epävarmuuksia. Viiveet puuttuvan investointirahoituksen saamisessa voisivat viivästyttää rakentamisen aloitusta. Fennovoiman osakkaat ovat sopineet, että REIN, joka on sekä Fennovoiman laitostoimittajan RAOS Project Oy:n että Fennovoiman vähemmistöomistajan RAOS Voima Oy:n emoyhtiö, on sitoutunut järjestämään itse ja/tai ulkopuolisen rahoittajan toimesta lainarahoituksen, joka kattaa projektin rahoitustarpeet.

Fennovoiman Hanhikivi 1 -projekti on suuri ja siinä on osapuolia useista maista. Kansainvälisestä luonteesta johtuen hankkeessa on kansainväliseen politiikkaan liittyviä riskejä. Poliittisten ja kaupallisten suhteiden edelleen heikkeneminen EU:n, USA:n ja Venäjän välillä voisi lisätä sanktioita osapuolten välillä. Kansainvälisten suhteiden heikkeneminen ja pakotteet voisivat vaikuttaa etenkin projektin etenemiseen aikataulussa ja projektin rahoitukseen.

Fennovoiman, laitostoimittajan ja koko toimitusketjun kyky viimeistellä laitossuunnittelu ja turvallisuusarvio, sekä valmius aloittaa rakentaminen suunnitellusti ja suomalaisten vaatimusten täyttäminen rakentamisvaiheessa ovat merkittävimmät riskit liittyen mahdollisiin tuleviin viiveisiin. Fennovoima arvioi, että Fennovoima voisi saada rakentamisluvan kesään 2022 mennessä. Fennovoima arvioi myös, että rakentaminen alkaisi kesällä 2023 ja laitoksen kaupallinen käyttö vuonna 2029. Mikäli laitoksen käynnistyminen myöhästyy sovitusta päivämäärästä laitostoimittajasta johtuvista syistä, laitostoimittaja on velvollinen maksamaan viivästyssakkoa.

Mahdolliset viiveet Fennovoiman omassa valmistautumisessa voimalan operointiin liittyen voivat vaikuttaa laitoksen käyttöönoton ajankohtaan. Fennovoima pyrkii minimoimaan riskit strategialla ja pitkän tähtäimen suunnittelulla, jotka kattavat valmiuden laitoksen operointiin.



## Ydinvoimalaitostyyppi

Vuonna 2015 toimitetun rakentamislupahakemuksen mukaisesti Fennovoiman valitsema AES-2006-reaktorityyppi edustaa Rosatom-konsernin kehittämää, keskeisiltä toimintaperiaateiltaan ja turvallisuuden varmistamiseen liittyvien ratkaisujen osalta hyvin tunnettua tekniikkaa varustettuna uudempaa teknologiaa edustavilla piirteillä. Nämä periaatteet ja niiden soveltaminen Hanhikiven ydinvoimalaitokseen ovat säilyneet muuttumattomina vuoden 2015 jälkeen. Laitoksen turvallisuusteknisiin ratkaisuihin liittyvässä työssä pääpaino on sittemmin ollut eräiden teknisten ratkaisujen ja laitosta kuvaavan dokumentaation saattaminen suomalaisten vaatimusten mukaiseksi. Lisäksi turvallisuuden osoittamiseen tarvittavia analyysejä on kehitetty merkittävästi viimeisten vuosien aikana vastaamaan suomalaisia vaatimuksia ja Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitosta.

Rakentamislupahakemuksen liitteissä 4A ja 4B esitetään selvitykset rakennettavan ydinvoimalaitoksen tyyppistä, teknisistä toimintaperiaateista, laitoksen keskeisten osien toimittajista ja ydinvoimalaitoksessa noudatettavista turvallisuusperiaateista. Laitoksen suunnittelun etenemisen yhteydessä tehtävät suunnittelumuutokset ja -tarkennukset sisältyvät Säteilyturvakeskukselle rakentamislupavaiheessa toimitettavaan ydinenergia-asetuksen 35§:n tarkoittamaan luvitusaineistoon, erityisesti alustavaan turvallisuusselosteeseen. Alla luetellaan hankkeen hyväksyttävyyden kannalta vähäisiä mutta muutoin huomionarvoisia muutoksia ja tarkennuksia liitteissä 4A ja 4B esitettyihin asioihin:

### **Muutokset toimitusketjussa (Liite 4A, Yhteenveto)**

- turbiinilaitoksen toimittaja, yhdysvaltalaisen General Electricin ranskalainen tytäryhtiö GE Steam Power Systems, perustuen edelleen Alstom-Arabelle-teknologiaan (nimenmuutos yritysjärjestelyjen johdosta)
- automaatiotoimitusten kokonaisuuden hallinta, venäläinen JSC Rusatom Automated Control Systems (JSC RASU)
- turvallisuusluokitellun automaation toimittaja, ranskalainen Framatome SAS
- käyttöautomaation toimittaja, saksalainen Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

### **Referenssilaitoksen tilanne (Liite 4A, Kehityshistoria)**

- referenssilaitos LAES II-1 Sosnovyi Borissa on otettu lokakuussa 2018 kaupalliseen käyttöön. Myös sen sisaryksikkö LAES II-2 otettiin kaupalliseen käyttöön maaliskuussa 2021.

### **Reaktoripaineastia (Liite 4A, Perustekniikka, reaktoripainesäiliö ja primääripiiri)**

- hakemuksen kyseisessä kohdassa viitataan yleisellä tasolla VVER-laitosten reaktoripaineastian säteilyhaurastumisen hallintaan liittyviin kokemuspohjaisiin ja vallitseviin menettelyihin. Hanhikivi 1 -laitoksen osalta säteilyhaurastumista ja sen hallintakeinoja on selvitetty vuoden 2015 jälkeen. Ilmiön hallintaan liittyvä ohjelma ennen laitoksen käyttöönottoa tehtävistä vanhenemiskokeista on Säteilyturvakeskuksen hyväksymä.
- laitoksen pääkiertoputkisto ja paineistimen yhdyslinja suunnitellaan ja valmistetaan täyttämään ”vuoto ennen murtumaa” -periaate.

### **Varautuminen vakaviin reaktorionnettomuuksiin (Liite 4A, Vakavien reaktorionnettomuuksien hallinta)**

- vakavien reaktorionnettomuuksien hallintastrategia ja siihen kytkeytyvien teknisten järjestelmien suunnittelu on saatettu vastaamaan vuoden 2015 jälkeen voimaan tulleita säädösmuutoksia.

### **Suuren liikennelentokoneen törmäminen (Liite 4A, Turvallisuusjärjestelmät)**

- suuren liikennelentokoneen törmäykseen liittyvillä tarkasteluilla tullaan vaatimusten mukaisesti osoittamaan, että törmäyksestä ei seuraa merkittävää päästöä ympäristöön, ja että tärkeimmät turvallisuustoiminnot voidaan käynnistää ja ylläpitää riittävällä varmuudella laitoksen saattamiseksi turvalliseen tilaan. Selvitysten viimeistely ja viranomaiskäsittely STUKin kanssa ovat kesken.

### **Ydinenergia-alan säädöskehitys (Liite 4B, Turvallisuus)**

- vuoden 2015 jälkeen ydinenergia-alan säännöstöön on tehty muutoksia, jotka säätelevät myös Fennovoiman ydinvoimalaitoksen suunnittelua, luvittamista, rakentamista ja myöhemmin sen käyttöä. Ydinenergialakia ja -asetusta on vuoden 2015 jälkeen muutettu erityisesti ydinjätehuoltoon ja turvajärjestelyihin liittyvien hallinnollisten vaatimusten osalta. Edellä mainittuja osa-alueita käsitellään erikseen kappaleissa ”Ydinjätehuolto” ja ”Turva- ja valmiusjärjestelyt”. Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoiston luvanvaraisuutta käsitellään ydinenergialain 7g §:ssä täsmennettynä ydinenergia-asetuksen 33 a§:ssä ja muualla asetuksessa esitetyillä vaatimuksilla. Nämä muutokset eivät koske rakentamislupavaihetta. Vuonna 2015 voimassa olleet valtioneuvoston asetukset ovat sittemmin korvautuneet saman nimisillä ja pääosin samansisältöisillä Säteilyturvakeskuksen määräyksillä, eivätkä ne aiheuta päivitystarpeita toimitettuun rakentamislupahakemukseen. Myös STUKin julkaisemassa ydinturvallisuusohjeistossa (YVL-ohjeet) on tapahtunut suurehko määrä muutoksia, joiden valmisteluun myös Fennovoima on osallistunut antamalla kustakin ohjeesta muun muassa ohjemuutoksen vaikuttavuuteen liittyen lausuntonsa ja huolehtimalla vaatimusten hallinnan keinoin siitä, että YVL-ohjeistoon tulleet täsmennykset on viety laitossuunnitteluun laitostoimittajan toimesta.
- edellisen perusteella Pyhäjoen Hanhikiven niemelle rakennettava ydinvoimalaitos tullaan toteuttamaan voimassa olevan lainsäädännön ja muun siihen liittyvän säännösten edellyttämällä tavalla.

### **Säteilyaltistuksen referenssiarvo**

- rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen säteilyaltistuksen keskimääräinen arvo Suomessa on Säteilyturvakeskuksen esityksen mukaan ollut vuonna 2018 5,9 mSv. Ero rakentamislupahakemuksessa esitettyyn keskimääräiseen vuosiarvioon 3,2 mSv selittyy tarkentuneella arviolla sisäilman radonin vaikutuksesta. Viite: <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/ihmisen-radioaktiivisuus/suomalaisen-keskimaarainen-sateilyannos>

### **Laitoksen käytöstä poistaminen (Liite 4B, Käytöstä poistaminen)**

- Fennovoima on laatinut ja toimittanut Säteilyturvakeskukselle ydinenergia-asetuksen 35§:ssä edellytetyn suunnitelman ydinlaitoksen käytöstä poistamiseksi. Fennovoiman on myöhemmässä vaiheessa otettava huomioon ydinenergialakiin vuonna 2018 voimaan tullut muutos käytöstä poiston luvanvaraisuudesta.

Vuoden 2015 jälkeen Fennovoima on tarkastanut kokonaisuudessaan laitoksen teknisen suunnittelu- ja esittänyt tunnistamansa korjaustarpeet laitostoimittajalle. Ydinenergia-asetuksen 35§:ssä määritellyn asiakirja-aineiston toimitukset ja sen viranomaiskäsitely on meneillään ja viimeiset rakentamislupavalmiuteen liittyvät toimitukset Säteilyturvakeskukselle on tarkoitus tehdä myöhemmin vuoden 2021 aikana.

## **Turva- ja valmiusjärjestelyt**

Rakentamislupahakemuksen jättämisen jälkeen Fennovoima on hankkinut omistukseensa Hanhikiven niemellä riittävät alueet turva- ja valmiusjärjestelyjen toteuttamiseksi. Hanhikiven niemelle on sisäministeriön asetuksella 480/2018 säädetty liikkumis- ja oleskelurajoitus. Lisäksi Hanhikiven niemelle on vuonna 2016 määrätty valtioneuvoston asetuksen 930/2014 4§:n tarkoittama kielto ilmailusta pois lukien alueella olevan laitoksen huoltoon tai muuhun sen toimintaan ja käyttöön liittyvä ilmailu. Edellä mainituilla toimenpiteillä voimalaitosalueen hallinnalle on hyvät edellytykset jo laitoksen rakentamisen aikana.

Ydinvoimalaitoksen rakentamiseen liittyen voimalaitosalueelle on toteutettu kattavat rakenteelliset, tekniset, operatiiviset ja hallinnolliset turvajärjestelyt, joita tullaan myöhemmin hyödyntämään laitoksen käyttövaiheen turvajärjestelyissä. Turvajärjestelyihin liittyvää suunnittelu- ja lisensiointiaineistoa sekä toimintavalmiuksia kehitetään yhteistyössä laitostoimittajan ja viranomaisten kanssa.

Ydinenergia-asetuksen 35§:n tarkoittamalle alustavalle valmiussuunnitelmalle on saatu Säteilyturvakeskuksen hyväksyntä vuonna 2017. Säteilyturvakeskuksen tarkastajien kanssa käydyissä keskusteluissa on sovittu, että Fennovoima päivittää alustavan valmiussuunnitelman vastaamaan laitoksen ja siihen liittyvien tilojen ajantasaista suunnittelua sekä huomioi viranomaisohjeissa tapahtuneet muutokset.

Ydinenergialain 7 i§:n tarkoittamat vastuuhenkilöt turva- ja valmiusjärjestelyjä sekä ydinmateriaalivalvontaa varten on tarkoitus nimetä meneillään olevan viranomaiskäsitteilyn jälkeen kevään 2021 aikana.

## Ydinpolttoainehuolto

Fennovoiman ydinvoimalaitoksen ydinpolttoaine hankitaan kokonaistoimituksena Rosatom-konserniin kuuluvalta ROSATOM TVEL:iltä. Ydinpolttoainehuoltoon liittyvät menettelyt kuvattiin yksityiskohtaisesti rakentamislupahakemuksen liitteessä 5C, eikä niihin ole tullut muutoksia vuoden 2015 jälkeen.

Liitteen 5C lopussa esitetyt lähdeviitteet vuoden 2020 tasolle saatettuina:

- Maailman ydinenergiajärjestö (WNA) joulukuu 2020: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>
- Maailman ydinenergiajärjestö (WNA) kesäkuu 2020: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/uranium-markets.aspx>

## Ydinjätehuolto

Yhteenveto ydinjätehuoltoa koskevista suunnitelmista esitettiin rakentamislupahakemuksessa ja tarkemmin sen liitteessä 5B. Tässä luvussa tarkastellaan keskeisiä vuoden 2015 jälkeen ydinjätehuoltoon kohdistuneita toimenpiteitä ja tarkennuksia.

### Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointi

Käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan laitospaikalla välivarastossa ennen polttoaineen loppusijoitusta. Välivarastointi on tarpeen käytetyn ydinpolttoaineen jälkilämpötehon ja säteilytason laskemiseksi loppusijoituksen valmistelujen edellyttämälle tasolle. Käytetyn polttoaineen välivarastointi toteutetaan nykyisten suunnitelmien mukaan suomalaisiin referensseihin ja kokemuksiin perustuen vesiallasvarastossa. Fennovoima on toimittanut Säteilyturvakeskukselle välivaraston periaatteelliset tekniset kuvaukset ja perustelut turvallisuuden osalta sekä suunnitelman siitä, miten välivarastoa koskeva lopullinen suunnitteluaineisto toimitetaan viranomaiskäsitteilyyn lähempänä välivaraston rakentamisajankohtaa.

### Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus

Vuoden 2014 periaatepäätöksen mukaisesti Fennovoima jätti kesäkuussa 2016 työ- ja elinkeinoministeriölle käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitosta koskevan ympäristövaikutusten arviointiohjelman, joka käynnisti YVA-lain (468/1994) mukaisen menettelyn loppusijoitushankkeen ympäristövaikutusten arvioinnista sekä sijoituspaikkavaihtoehtojen soveltuvuudesta loppusijoituskäyttöön. Loppusijoitushankkeen tarkoituksena on huolehtia Fennovoiman Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen käytön yhteydessä syntyvästä käytetystä ydinpolttoaineesta. Hankkeen yhteysviranomaisena toimiva työ- ja elinkeinoministeriö antoi YVA-ohjelmasta lausuntonsa joulukuussa 2016.

Fennovoima ja Posiva Solutions Oy ovat sopineet vuonna 2016 kymmenen vuotta kestävästä yhteistyöstä Posivan kokemusten ja asiantuntemuksen saamiseksi Fennovoiman ydinjätehuoltohankkeiden käyttöön.

YVA-menettely päättyy yhteysviranomaisen antamaan lausuntoon ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta, jonka valmistuminen tulee ajankohtaiseksi usean kymmenen vuoden päästä. Pitkään YVA-menettelyyn liittyen työ- ja elinkeinoministeriö on edellyttänyt YVA-ohjelmaa koskevassa lausunnossaan Fennovoiman toimittavan sille selvityksiä loppusijoituslaitoshankkeen etenemisestä YVA-menettelyn aikana. Tammikuussa 2018 toimitetussa ensimmäisessä selvityksessä Fennovoima esitti Posiva Oy:n kanssa solmitun palvelusopimuksen puitteissa laadittavan kolme aihepiiriin liittyvää raporttia. Nämä raportit laadittiin vuosien 2018-2020 aikana ja on toimitettu työ- ja elinkeinoministeriölle erikseen tiedoksi.

Ensimmäisessä raportissa määriteltiin käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikan kallioperälle asetettavat tavoiteominaisuudet, jotta niin sanottuun KBS-3V -loppusijoituslaitokseen liittyvät turvallisuustoiminnot voivat täyttyä. Työssä otettiin huomioon Suomen ja Ruotsin aikaisemmista paikanvalintatutkimuksista saadut kokemukset sekä tämänhetkinen tietämys kallioperän merkityksestä loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuudelle. Yhdessä rakentamislupahakemuksen kanssa tavoiteominaisuudet määriteltävät niitä kallion ominaisuuksia, joita paikkatutkimuksissa on tarpeen selvittää.

Vuonna 2019 valmistuneessa toisessa selvityksessä on tarkasteltu loppusijoituksen hyväksyttävyyteen vaikuttavia asioita Fennovoiman hankkeen näkökulmasta. Hyväksyttävyyden edellytyksiä ja muutoksia on tarkasteltu suomalaisen ydinjätehuollon historian kautta 1980-luvulta tähän päivään. Selvityksen yhtenä johtopäätöksenä on, että paikallisen hyväksyttävyyden kehittämisen näkökulmasta loppusijoitukseen liittyvää tietämystä tulisi edelleen lisätä paikallisen väestön keskuudessa. Myös Säteilyturvakeskuksen rooli loppusijoituksen hyväksyttävyyden aikaansaamisessa todetaan merkittäväksi. Mieliäpidetiedustelujen mukaan kansalaisten enemmistö luottaa loppusijoitukseen, mikäli STUK toteaa hankkeen turvalliseksi.

Kolmannessa vuonna 2020 valmistuneessa raportissa on käyty läpi nykyisiä lainsäädännöllisiä vaatimuksia, aikataulunäkökohtia, loppusijoituksen toteuttamisvaihtoehtoja sekä tulevaisuuden mahdollisia kehityskulkuja ja innovaatioita, jotka Fennovoiman tulee ottaa huomioon tehdessään loppusijoitukseen liittyviä päätöksiä.

Fennovoiman ydinpolttoaineen loppusijoituksen arvioidaan alkavan aikaisintaan 2090-luvulla.

### **Arvio ydinjätteiden kertymästä**

Nykyisen arvion mukaan hyvin matala-aktiivista, matala-aktiivista ja keskiaktiivista jätettä syntyy ydinvoimalaitoksen käytön aikana arviolta noin 6 300 m<sup>3</sup> ja käytöstäpoistojätettä noin 20 000 m<sup>3</sup>. Käytetyn ydinpolttoaineen kertymistä koskevat arviot ovat säilyneet vuonna 2015 esitetyllä tasolla, eli 1 200-1 800 uraanitonni. Myöhemmin toteutettavaan erilliseen lupamenettelyyn perustuva matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitus Hanhikiven niemellä alkaa nykykäsityksen mukaan 2030-luvun loppupuolella.

Muilta osin ydinjätehuollon suunnitelmiin liittyvät muutokset ovat olleet lähinnä ydinjätekertymiin ja aikatauluihin liittyviä tarkennuksia.

## **Rakentamislupahakemukseen liittyvän aineiston toimittaminen Säteilyturvakeskukselle**

Ydinenergia-asetuksen 35§:n mukaisesti luvanhakijan pitää rakentamislupaa hakiessaan toimittaa Säteilyturvakeskukselle kyseisessä asetuksen kohdassa edellytetyt asiakirjat siinä laajuudessa kuin Säteilyturvakeskuksen määräyksissä ja ohjeissa esitetään.

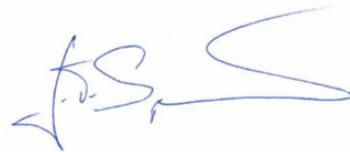
Vuoden 2021 alussa ydinenergia-asetuksen 35§:n tarkoittamien asiakirjojen vaiheittainen toimittaminen viranomaiskäsittelyyn on meneillään. Tavoitteena on, että tarvittava asiakirja-aineisto saadaan toimitettua Säteilyturvakeskukselle vuoden 2021 aikana.

Helsingissä 28. huhtikuuta 2021

Kunnioittaen  
**Fennovoima Oy**



**Esa Härmälä**  
Hallituksen puheenjohtaja



**Joachim Specht**  
Toimitusjohtaja

Ydinvoimalaitoksen sijoituspaikka

## Liite 1

Täydentävä selvitys ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikaisista ympäristövaikutuksista sekä haitallisten vaikutusten ehkäisemiseen ja lieventämiseen suunnitelluista toimenpiteistä



# Yhteenveto

Tämä liite 1 (alkuperäisen kesäkuussa 2015 työ- ja elinkeinoministeriölle jätetyn rakentamislupahakemuksen liite 3A) sisältää ydinenergia-asetuksen (161/1988) 32 §:n kohdan 7 mukaisen selvityksen ydinlaitoksen ympäristövaikutuksista sekä suunnitteluperusteista, joita hakija aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi. Selvityksen tiedot perustuvat pääosin Fennovoiman helmikuussa 2014 julkaisemassa ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa sekä joulukuussa 2014 jätetyssä ydinvoimalaitoksen ympäristölupahakemuksessa esitettyihin tietoihin. Selvitystä on päivitetty maaliskuussa 2021, ja päivityksessä on huomioitu muun muassa Hanhikiven niemellä tähän mennessä tehdyt rakentamistyöt ja niiden aiheuttamat muutokset alueen ympäristössä. Rakentamistyöt Hanhikiven niemellä aloitettiin vuonna 2015, ja tähän mennessä alueella on tehty infrastruktuurin, apu- ja tukirakennusten rakentamista sekä jäähdytysveden otto- ja purkurakenteisiin liittyviä vesirakentamistöitä merialueella. Päivityksessä on myös huomioitu Fennovoiman ydinvoimalaitokselle kesäkuussa 2016 myönnetty ympäristölupa, joka on lainvoimainen.

Ydinvoimalaitos rakennetaan näkyvälle paikalle avomerelle työntyvän Hanhikiven niemen keski- ja pohjoisosaan, ja laitoksen rakentaminen muuttaa maisemaa merkittävästi. Osa Hanhikiven niemen metsä- ja ranta-alueista on jo tehdyn rakentamisen myötä muuttunut rakennetuksi ympäristöksi ja näiden alueiden lajisto on hävinnyt tai muuttunut. Niemellä olevat suojellut merenrantaniityt sijaitsevat rakennettavien alueiden ulkopuolella samoin kuin uhanalaisten kasvilajien esiintymispaikat. Viitasammakon säilyminen niemen lajistossa ei ole vaarantunut rakentamisen takia, vaan viitasammakkoa tavataan edelleen niemen alueella useassa paikassa. Vesirakentamistöiden aikana kalastustöiden välitöissä läheisyydessä on estynyt ja työt karkottavat kaloja alueelta tilapäisesti. Rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset ovat tilapäisiä ja paikallisia.

Merkittävin ydinvoimalaitoksen toiminnan aikaisista ympäristövaikutuksista on lämpimän jäähdytysveden leviäminen merialueelle ja siitä johtuvat vaikutukset vesistöön ja kalatalouteen. Lämpökuorma lisää kasviplanktonin tuotantoa purkualueella jonkin verran. Niemen itärannalla sijaitsevat näkinpartaisniityt voivat kärsiä meriveden lämpötilan noususta. Meriveden lämpeneminen ja jäätömyys voivat pitkällä aikavälillä kiihdyttää niemen itärannan merenrantaniittyjen umpeenkasvua ja siten heikentää niityillä esiintyvän ruijanesikon kasvuolosuhteita. Merenrantaniittyjen umpeenkasvua voidaan kuitenkin estää hoitotoimin. Mereen purettavan lämpökuorman määrää vähennetään suunnittelemalla laitos mahdollisimman energiatehokkaaksi tavoitteena mahdollisimman suuri sähköntuotanto ja mahdollisimman pieni hukkalämmön purku mereen.

Lämmin jäähdytysvesi vaikuttaa haitallisesti ammatti- ja vapaa-ajankalastukseen voimalaitoksen lähialueilla. Kalojen pyynti estyy tai vaikeutuu ja muutoksia tapahtuu myös kalaston rakenteessa ja poikastuotannossa. Haitallisimmat vaikutukset esiintyvät aivan jäähdytysveden purkukanavan tuntumassa, ja vaikutukset pienenevät asteittain siirryttäessä etäämmälle Hanhikiven niemestä. Haittoja kompensoidaan ammattikalastuskorvauksilla ja kalatalousvelvoitteella.

Ydinvoimalaitoksella syntyy käytön aikana radioaktiivisia aineita, jotka pidetään eristettynä elollisesta luonnosta useiden peräkkäisten leviämisteiden avulla. Laitoksen käytön aikana ympäristöön pääsee hyvin vähäisiä määriä radioaktiivisia aineita esimerkiksi ilmanvaihdon kautta. Kaikkia mahdollisia päästöreittejä valvotaan ja tarpeen vaatiessa päästöreitit voidaan sulkea ja radioaktiivisuus kerätä talteen. Radioaktiivisten päästöjen aiheuttama säteilyaltistus on suuruusluokaltaan murto-osa luonnon taustasäteilyn aiheuttamasta altistuksesta, eikä päästöillä ole vaikutusta ympäröivään luontoon edes Hanhikiven niemellä.

Ydinvoimalaitoksen toiminnasta aiheutuvat muut ympäristöpäästöt ovat pieniä ja niiden ympäristövaikutukset arvioidaan vähäisiksi.

Ydinvoimalaitoksen ja sen toimintaan tarvittavien ydinlaitosten rakentamisesta ja toiminnasta ei arvioida aiheutuvan merkittäviä heikentäviä vaikutuksia Parhalahti-Syöläinlahden ja Heinikarinlammen Natura 2000 -alueen suojeluperusteena oleville luontotyypeille tai lajeille eikä alueen eheydelle.

Ydinvoimalaitoksen ja sen toimintaan tarvittavien ydinlaitosten rakentamisen ja toiminnan aikaiset ympäristövaikutukset on arvioitu huolellisesti ja vaikutukset tunnetaan tarkasti. Rakentamisesta ja toiminnasta ei synny niin merkittäviä kielteisiä ympäristövaikutuksia, ettei niitä voisi hyväksyä tai lieventää hyväksyttävälle tasolle.

# Täydentävä selvitys ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikaisista ympäristövaikutuksista sekä haitallisten vaikutusten ehkäisemiseen ja lieventämiseen suunnitelluista toimenpiteistä

## Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä

Fennovoima on sitoutunut ympäristöasioiden hallinnan jatkuvaan parantamiseen ja on asettanut toiminnalleen selkeät ympäristöpäämäärät ja -tavoitteet sekä toimintasuunnitelmat. Fennovoima on laatinut ydinvoimalaitoksen rakentamisvaiheeseen ympäristöjärjestelmän varmistaakseen, että rakentamisen aikaiset ympäristöhaitat ovat hallinnassa ja jäävät mahdollisimman pieniksi. Ympäristöjärjestelmää on kehitetty jatkuvasti vastaamaan laitospaikan muuttuvia olosuhteita. Ympäristöjärjestelmä kattaa ISO 14001 -standardin vaatimukset ja on osa yrityksen johtamisjärjestelmää. Rakentamisaikainen ympäristöjärjestelmä on sertifioitu vuonna 2018.

Tärkeimmät ympäristötavoitteet ovat:

1. Ennakoiva ympäristövaikutusten estäminen ja lieventäminen,
2. Toimiva ja oikea-aikainen viestintä ympäristöviranomaisten ja muiden ulkopuolisten sidosryhmien kanssa,
3. Hanhikiven niemen ja Natura 2000 -alueen luonnonsuojelualueiden ja suojeltujen lajien säilymisen varmistaminen,
4. Lupien ja lakivaatimusten noudattaminen,
5. Rakennusjätteen tehokkaan hoidon varmistaminen.

Tavoitteille on olemassa mittarit, joita seurataan säännöllisesti. Projektin edetessä ympäristöjärjestelmää kehitetään ja päivitetään hankkeen edetessä kattamaan projektin eri vaiheet ja se laajennetaan lopulta kattamaan myös tulevan voimalaitoksen toiminnot.

Fennovoima sitoutuu myös energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen ja liittyy energia- tehokkuusjärjestelmän osaksi ympäristöjärjestelmäänsä sekä liittyy mukaan kansalliseen energiatehokkuus-sopimukseen ennen ydinvoimalaitoksen sähköntuotannon alkamista. Energiatehokkuusjärjestelmässä yritys sitoutuu muun muassa energian muuntoprosessin tehostamiseen, omakäyttötehon pienentämiseen, muun energiankäytön tehostamiseen ja asennekasvatukseen.

## Ympäristövaikutusten arviointi

Fennovoima on vuosina 2013-2014 toteuttanut ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA), joka koski noin 1 200 megawatin suuruisen ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön aikaisia ympäristövaikutuksia. Laitosten sijoituspaikkana on Pyhäjoen kunnassa sijaitseva Hanhikiven niemi. Yhteysviranomaisena toiminut työ- ja elinkeinoministeriö antoi YVA-menettelyn päättävän lausuntonsa YVA-selostuksesta 2.6.2014. Lausunnossaan yhteysviranomaisen totesi YVA-selostuksen kattavan YVA-lainsäädännön edellytykset ja että yhteysviranomaisen YVA-ohjelmasta antama lausunto on otettu selostuksessa huomioon.

YVA-lausunnossaan yhteysviranomaisen edellytti, että Fennovoima toteuttaa merialueen luontoa ja kalataloutta koskevia lisäselvityksiä, jotka tulee liittää hanketta koskevaan rakentamislupahakemukseen. Lisäselvitykset on esitetty tämän hakemuksen liitteessä 2.

Lisäksi Fennovoima on toteuttanut yhdessä Fingrid Oyj:n kanssa Hanhikivi 1 -voimalaitoksen kantaverkkoon liittämiseen tarvittavien voimajohtojen YVA-menettelyn vuosina 2015-2016. Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen YVA-menettely on käynnistynyt vuonna 2016.



# Ympäristö- ja vesiluvat

## Ympäristösuojelulain mukaiset luvat

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on myöntänyt 15.6.2016 Fennovoimalle ympäristösuojelulain (527/2014) mukaisen luvan ydinvoimalaitoksen toimintaan (pätösnumero 91/2016/1). Lupa koskee energian tuotantoa ydinvoimalaitoksella, apuhöyrykattiloita ja dieselgeneraattoreita, jäähdytysveden purkurakenteita, sekä jäähdytysveden johtamista Perämereen. Samalla aluehallintovirasto myönsi Fennovoimalle vesilain (587/2011) mukaisen luvan johtaa jäähdytysvettä merestä ydinvoimalaitoksen käyttöön. Ympäristö- ja vesitalouslupa tuli lainvoimaiseksi korkeimman hallinto-oikeuden päätöksellä 17.4.2019. Ydinvoimalaitoksen ympäristö- ja vesitalousluvassa on määritetty useita lupaehtoja, jotka liittyvät muun muassa vedenottoon, päästöihin vesiin ja ilmaan, meluun ja jätteiden käsittelyyn, kemikaaleihin ja kemikaalipäästöihin sekä esimerkiksi ympäristövaikutusten tarkkailuun. Lupaehdot otetaan huomioon voimalaitoksen suunnittelussa, toteutuksessa ja toiminnassa.

Hanhikiven niemellä tapahtuville rakentamisen aikaisille toiminnoille, kuten betoniasemalle, kivenmurskaukselle sekä puhtaiden pintamaiden läjitykselle, on myönnetty ympäristösuojelulain mukaiset luvat.

## Vesilain mukaiset luvat

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto on myöntänyt 10.7.2015 Fennovoimalle vesilain mukaiset luvat sataman, jäähdytysveden ottorakenteiden ja meriväylän rakentamiselle (pätösnumero 54/2015/2) sekä ruoppausmaiden läjittämiseksi merialueelle (pätösnumero 56/2015/2). Vesiluvista valittiin Vaasan hallinto-oikeuteen, mutta 23.12.2015 tehdyssä päätöksessään Vaasan hallinto-oikeus jätti valitukset tutkimatta. Päätöksestä ei valitettu korkeimpaan hallinto-oikeuteen, joten näin ollen vesiluvat saivat lainvoiman.

## Ympäristön nykytila

Hanhikiven niemen alue on alavaa maankohoamisrannikkoa, jolle ovat tyypillisiä merenrantaniityt ja umpeen kasvavat matalat lahdet. Maankohoamisrannikon metsien kehityssarjojen luontotyyppi kattaa pääosan Hanhikiven niemestä, mutta alueelta puuttuvat varttuneimmat metsät.

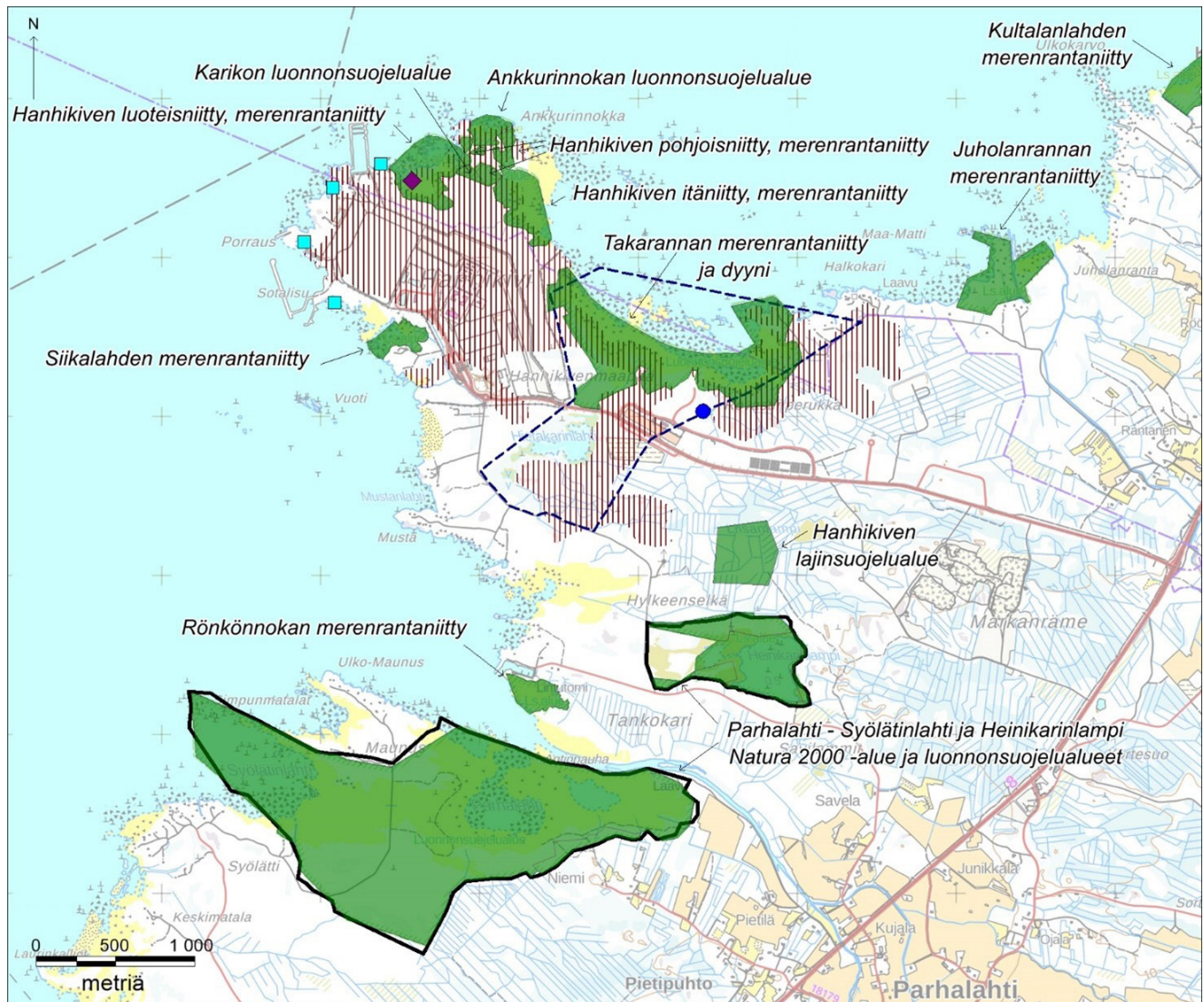
Niemen luoteisrannalla on useita pieniä kluuveja sekä yksi flada (kuva 1-1). Kluuvi on maankohoamisen myötä merestä kuroutunut vesiallas, jolla ei enää ole säännöllistä yhteyttä mereen. Flada on matala merenlahti, jota erottaa merestä kynnyks tai muu veden vaihtumista vähentävä virtauseste. Molemmat luontotyypit ovat uhanalaisia ja kuuluvat vesilaila suojeltuihin vesiluontotyyppeihin. Niemen itäosassa on lisäksi pieni lampi.

Hanhikiven niemen alueella sijaitsee useita yksityismaiden luonnonsuojelualueita ja luonnonsuojelulaila suojeltujen luontotyyppien rajauksia. Hietakarinlahden-Takarannan alue niemen itäosassa kuuluu Suomen tärkeisiin FINIBA-lintualueisiin. Vajaan kahden kilometrin päässä niemen eteläpuolella sijaitsee kaksiosainen Parhalahti-Syölätinlahden ja Heinikarinlammen Natura 2000 -alue. Se on valtakunnallisesti arvokas lintuvesialue ja sisältyy valtakunnalliseen lintuvesien suojeluohjelmaan ja on pääosin suojeltu luonnonsuojelualueina (kuva 1-1).

Hanhikiven niemen alueella on havaittu viittä uhanalaista tai muuten huomionarvoista putkilokasvilajia. Niihin kuuluu EU:n luontodirektiivin IV(b)-liitteen laji ruijanesikko (nykyinen suositeltu lajinimi ruijannuokkuesikko), jolla on runsaasti esiintymiä erityisesti Takarannan merenrantaniityn alueella. Laji on rauhoitettu koko maassa ja arvioitiin aikaisemmin uhanalaiseksi ja viimeisimmässä vuoden 2019 arvioinnissa silmälläpidettäväksi. Toinen huomionarvoinen laji on keltakurjenmiekkä, joka on rauhoitettu Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Lapin maakunnissa. Sitä esiintyy varsinkin Siikalahden alueella. Niemellä esiintyy myös luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeihin kuuluvaa viitasammakkoa. Rakennettavilla alueilla ei ole todettu uhanalaisten kasvilajien kasvupaikkoja eikä liito-oravan tai lepakoiden lisääntymis- tai levähdyspaikkoja.

Hanhikiven niemen linnusto on lajistoltaan monipuolista ja runsasta vaihtelevien elinympäristöjen vuoksi. Alueella pesii monipuolinen kosteikkolinnusto. Rannoilla esiintyy myös niitty- ja ruovikkolajistoa ja karujen rantojen ja hiekkarantojen lajeja. Lajistollisesti rikkaimmat lintualueet sijoittuvat rakentamisalueen ulkopuolelle Takarantaan, Heinikarinlammelle, Hietakarinlahdelle, Parhalahdelle ja Syölätinlahdelle.

Hanhikiven niemen alueella irtomaapeite koostuu pääasiassa moreenista ja kallioperä koostuu lähinnä metakonglomeraatista. Niemen alue on luokiteltu luonnon- ja maisemansuojelun kannalta valtakunnallisesti arvokkaaksi ja geologisesti hyvin merkittäväksi kallioalueeksi. Lähin luokiteltu pohjavesialue sijaitsee noin 10 kilometrin etäisyydellä. Raahen ja Pyhäjoen rajalla Hanhikiven niemen pohjoisosassa sijaitsee historialliselta ajalta peräisin oleva rajamerkki, Hanhikivi. Hanhikivi on rauhoitettu kiinteä muinaisjäänös ja valtakunnallisesti arvokas kohde.



Suojelualueet	Vesilain kohteet	Muut alueet
Luonnonsuojelualue	Lampi	Valtakunnallisesti arvokas kallioalue
Natura 2000 -alue	Flada	Tärkeä FINIBA-lintualue
	Kluuvi	

Kuva 1-1. Natura 2000 -alueet, luonnonsuojelualueet ja muut huomioitavat kohteet Hanhikiven niemellä ja sen ympäristössä.

Rannikko on Hanhikiven niemen kohdalla hyvin avoin ja tuulinen, ja näin ollen veden vaihtuvuus on tehokasta. Rannat syvenevät hitaasti avomerelle päin, ensimmäisen 100 metrin matkalla noin yhden metrin verran. Hanhikiven niemen edusta kuuluu vesimuodostumaan Vaaranlahti-Pyhäjoki-Siniluoto (4\_Ps\_003 Rannikko) ja on osa Perämeren sisempiä rannikkovesiä. Vesimuodostuman ekologinen tila on 3. kauden luokittelussa tyydyttävä (taulukko 1-1) (SYKE 2021). Hanhikiven niemen edustan vedenlaatuun vaikuttavat Perämeren yleinen tila sekä valuma-alueelta virtaavien jokien (Yppärinjoki, Pyhäjoki, Liminkaaja ja Piehinginjoki) tuoma hajakuormitus (ravinteet, kiintoaine ja orgaaninen hiili), joka on enimmäkseen maataloudesta peräisin. Rannikon suuntaisten virtausten mukana alueelle voi kulkeutua kuormitusta myös Rahja-Kalajoki-Yppäri vesimuodostumasta (4\_Ps\_002), jonka ekologinen tila on myös tyydyttävä. Ulompi merialue kuuluu luokkaan hyvä.

Taulukko 1-1. Vesimuodostuman Vaaranlahti-Pyhäjoki-Sinisalo (4\_Ps\_003) ekologinen tila 3. kauden luokituksessa.

3. kauden luokittelu			
	Lukuarvo	Laskenn./vaik.pisteet	Arvio
<b>Vaaranlahti-Pyhäjoki-Sinisalo (4_Ps_003)</b>			
<b>Biologinen</b>			
Kasviplankton	0,63	Hyvä	
a-klorofylli	3,2 µg/l	Hyvä	Hyvä
<b>Fysikaalis-kemialliset olosuhteet</b>			Välttävä
Kokonaisfosfori (µg/l)	18,83 µg/l	Välttävä	
Kokonaistyyppi (µg/l)	401,67 µg/l	Välttävä	
Näkösyvyys	1,88 m	Tyydyttävä	
<b>Hydrologis-morfologiset olosuhteet</b>		2	Hyvä
<b>Kokonaistilaluokitus: Tyydyttävä</b>			

Hanhikiven niemen rannat ovat aallokolle avoimia ja loivia. Suojaisimmat, vesikasvillisuudeltaan monimuotoisimmat alueet sijaitsevat Takarannan ja Kultalanlahden matalissa lahdissa. Niemen ranta-alueilla ja lähivesillä esiintyy viittä eri Itämeren vedenalaista luontotyyppiä, joista tärkeimpänä näkinpartaisniittyjä. Kyseessä oleva luontotyyppi on uudessa luontotyyppien uhanalaisuusarviossa jaettu avoimiin ja suojaisiin näkinpartaispohjiin (Kontula ja Raunio 2018). Näistä ensiksi mainittu on koko Suomen mitta-kaavassa vaarantunut (VU, Vulnerable) ja jälkimmäinen erittäin uhanalainen (EN, Endangered). Näkinpartaisniittyjä on puolestaan havaittu Hanhikiven niemen itärannalla ja erityisesti niemen pohjukassa Kultalanlahden puolella. Näkinpartaisista on havaittu mukulanäkinpartaa, hapranäkinpartaa, sironäkinpartaa, merisykeropartaa sekä silopartaislajeja. Tutkimuksissa on havaittu yhteensä 33 kasvi- ja levälajia, joista 20 oli varsinaisia vesikasveja. Niemen alueella ei ole havaittu yhtään uhanalaista vesikasvi- ja levälajia. Vesikasvillisuutta on kuvattu tarkemmin tämän hakemuksen liitteessä 2. EU:n luontodirektiivin luontotyypeistä hankealueen läheisyydessä esiintyy riuttoja, jokisuistoja sekä luontotyyppiä laajat matalat lahdet.

Hanhikiven niemen edustan merialue on kalastollisesti ja kalataloudellisesti merkittävä. Alueella yleisesti esiintyvät lajit edustavat tyypillistä Perämeren kalastoa. Taloudellisesti merkittäviä lajeja ovat kari- ja vaellussiika, ahven, silakka, muikku, meritaimen, lohi ja hauki. Alueelle laskevista joista saadaan myös kudulle nousevia nahkiaisia. Lisäksi merialueella tavataan äärimmäisen uhanalaiseksi luokiteltua meriharjusta. Hanhikiven niemen ympäristö on merkittävää poikastuotantoaluetta karisiiille, silakalle ja muikulle. Siikojen ja lohien vaellusreitit kulkee Hanhikiven niemen läheisyydessä, mutta ammattikalastushaastattelujen perusteella kalojen päävaellus pohjoisen jokiin tapahtuu melko kaukana rannasta, vähintään kymmenen metrin syvyisessä vedessä. Tämän hakemuksen liitteessä 2 on kuvattu tarkemmin merialueen kalastoa ja kalataloutta sekä vaelluskaloja ja niiden reittejä.

## Rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset ja haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Rakentamisen aikaisia ympäristövaikutuksia on arvioitu hankkeen YVA-menettelyssä sekä hanketta koskevissa ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaisissa lupamenettelyissä. Rakentamistyöt Hanhikiven niemellä aloitettiin vuonna 2015, ja tähän mennessä alueella on tehty infrastruktuurin, apu- ja tukirakennusten rakentamista sekä jäähdytysveden otto- ja purkurakenteisiin liittyviä vesirakentamistöitä merialueella. Tässä osiossa on kuvattu siten sekä aiemmin tehtyjä vaikutusten arvioinnin tuloksia että rakentamisen aikana toteutetun vaikutustarkkailun tuloksia.

Rakennustyömaan ympäristövaikutusten hallinta perustuu ennakoivaan ympäristöriskien tunnistamiseen. Kaikki projektialueella työskentelevät urakoitsijat noudattavat kattavaa riskiarviointi- ja hallintamenettelyä. Fennovoima, laitostoimittaja ja rakennustyömaan pääurakoitsija ovat laatineet rakennustyömaalle ympäristöasioiden hallintaa koskevat menettelyohjeet varmistaakseen, että rakentamisen aikaiset ympäristöhaitat ovat mahdollisimman pienet. Fennovoima seuraa urakoiden etenemistä ja ohjaa ympäristöasioiden hallintaa yhdessä laitostoimittajan ja pääurakoitsijan kanssa muun muassa viikoittaisilla työmaakerroksilla ja kohdennetuilla ympäristötarkastuksilla.

Rakentamisen aikana työmaa-alueet on rajattu aidoilla ja merkinnöillä. Pääsy laitosalueen ranta-alueille ja muille työmaa-alueille, joilla esiintyy suojeltavia lajeja ja luontokohteita, on estetty aidoin ja merkinnöin. Työntekijät koulutetaan ja ohjeistetaan huomioimaan liikkumisen rajoitukset luonnossa ja luonnonsuojelualueilla.

### Kallioperä sekä pohja- ja pintavedet

Kallioperän louhinta vähentää Hanhikiven niemen arvokkaaksi luokitellun kallioalueen geologista arvoa. Suurin osa niemen alueen geologisesti arvokkaasta kallioista säilyy kuitenkin koskemattomana, sillä maa-alueen kallioperän louhintatyöt kohdistuvat pääosin voimalaitoslaitosalueelle. Kaavoissa esitetyn mukaisesti kallioista pyritään jättämään edustavia osia näkyville. Tähän mennessä alueella on tehty louhintaa mm. jäähdytysveden otto- ja purkurakenteiden alueella. Rakentamisen aikaisia väliaikaisia rakenteita varten arvokkaaksi luokiteltua kallioaluetta ei louhita. Louhinnasta aiheutuvan tärinän haittavaikutuksia vähennetään louhintasuunnittelulla ja oikeilla työmenetelmillä.

Pohjaveden pinta ja painetaso voivat laskea rakennustöiden seurauksena ja pohjaveden laadullinen tila voi väliaikaisesti heiketä räjäytysaineiden käytön ja kallioperän injektoinnin seurauksena. Muutokset rajoitetaan ulottumaan vain rakennettaville alueille muun muassa vesitiiviillä tukirakenteilla ja kallioperän tiivistämistoimenpiteillä. Vaikutukset pohjaveteen jäävät kuitenkin paikallisiksi ja vähäisiksi. Rakentamisen aikainen pohjaveden pinnan ja laadun seuranta aloitettiin loppuvuodesta 2019.

Rakentamisen aikaiset hulevedet (sadevedet) kerätään työmaalta hallitusti, puhdistetaan asianmukaisella tavalla ja puretaan mereen. Hulevesien ei arvioida heikentävän meriveden laatua. Hulevesien laadullisessa hallinnassa käytetään sekä keskitettyjä (viivytyispainanteet) että hajautettuja (sakkapesäliset kaivot) rakenteita. Tapauskohteisesti rakennetaan öljynerotuskaivoja tai muita tehostetun käsittelyn rakenteita. Hulevesikaivojen ja -rakenteiden kuntoa ja toimivuutta tarkkaillaan ylläpito-ohjelman mukaisesti. Rakennustyömaalla on tällä hetkellä käytössä neljä selkeytysallasta, joiden kautta hulevedet voidaan johtaa mereen. Kahden selkeytysaltaan jälkeen on rakennettu lisäksi hiekan- ja öljynerotuskaivot ennen vesien johtamista mereen. Vesien laatua ja määrää tarkkaillaan vaatimusten mukaisesti. Tarkkailuvaatimuksia on asetettu ympäristöluvista mm. betoniaseman hulevesille, laitospesäkaivannon kuivanapitovesille ja maanlajitysalueen valuma- ja suotovesille.

### Kasvillisuus, eläimistö ja luonnonsuojelukohteet

Ydinvoimalaitos tullaan rakentamaan näkyvälle paikalle avomerelle työntyvän Hanhikiven niemen keski- ja pohjoisosaan. Laitos poikkeaa sekä mittakaavaltaan että luonteeltaan ympäristöstä ja muuttaa maisemaa merkittävästi. Takarannan maakunnallisesti arvokkaan merenrantaniityn asema maisemassa muuttuu, samoin Hanhikiven niemen valtakunnallisesti arvokkaan muinaisjäännöksen, Hanhikiven, asema. Ydinvoimalaitoksen käytön aikana vierailijoille järjestetään pääsy Hanhikivelle.

Osa Hanhikiven niemen metsä- ja ranta-alueista on jo tehdyn rakentamisen myötä muuttunut rakennetuksi ympäristöksi ja näiden alueiden lajisto on hävinnyt tai muuttunut. Niemen edustama maankohoamisrannikon metsien kehityssarjojen luontotyyppi on osittain pirstoutunut, mutta merkittävä osa luontotyyppistä on säilynyt rakentamiseen osoitettujen alueiden ulkopuolella. Merenrantaniityt on lähes kaikki suojeltu luonnonsuojelualueina ja ne on siten rajattu rakentamisen ulkopuolelle.

Voimalaitosalueen sisällä on muutamia luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeitä luontokohteita, jotka ovat jääneet osittain rakentamisen alle. Niemen kärkeen sijoittuvien satamarakenteiden ja jäähdytysveden otto- ja purkurakenteiden alle on jäänyt osa niittyalueista. Lisäksi jäähdytysveden otto-rakenteen alueella sijainnut kluuvi on hävitetty vesilain mukaisen poikkeusluvan nojalla. Vaikutuksia ei voida pitää merkittävänä, koska vastaavan tyyppisiä kohteita esiintyy edustavampina ja laajempialaisina muualla Hanhikiven niemen alueella.

Hanhikiven niemen alueella esiintyvien uhanalaisten kasvilajien ja EU:n luontodirektiivin liitteen IV(b) tiukasti suojeltujen kasvilajien kasvupaikat sijoittuvat rakennettavien alueiden ulkopuolelle, eikä näihin lajeihin kohdistu suoria vaikutuksia. Pohjois-Pohjanmaalla rauhoitetun keltakurjenmiekan esiintymien siirtämiseksi on saatu lainvoimaiset luvat, ja keltakurjenmiekan siirrot Hanhikiven niemellä toteutettiin vuosina 2015 ja 2016. Seurannassa on selvinnyt, että keltakurjenmiekkä on asettunut hyvin istutusalueille ja siirretyt versot ovat tuottaneet uusia versoja siten, että versojen kokonaismäärä on istutusalueilla lisääntynyt (Sitowise Oy, 2020a).

Luontodirektiivin liitteen IV(a) tiukasti suojeltuihin eläinlajeihin kuuluvaa viitasammakkoa esiintyy Hanhikiven niemellä. Satama-alueelle sijoittunut viitasammakon esiintymispaikka hävitettiin vuonna 2016 luonnonsuojelulain mukaisen poikkeusluvan nojalla. Viitasammakon merkittävimmät kutupaikat sijaitsevat voimalaitosalueen ulkopuolella, eikä voimalaitoksen toiminnalla ole niihin vaikutuksia. Viitasammakon säilyminen niemen lajistossa ei ole vaarantunut rakentamisen takia, viimeisimmän seurannan mukaan lajin on edelleen havaittu esiintyvän harvalukuisena niemen alueella useassa paikassa ja niemen sisäosissa sijaitsevalla Heinikarinlammella erittäin runsaana (Sitowise Oy, 2020b).

Ydinvoimalaitos ja siihen liittyvä muu rakentaminen sijoittuvat pääosin Hanhikiven niemen sisäosan alueelle. Tämän alueen puuston poiston ja muun jo tehdyn rakentamisen seurauksena alueelta on hävinnyt metsälajilinnusto. Ranta-alueet sataman ja jäähdytysveden otto- ja purkurakenteiden alueella eivät ole linnustoltaan erityisen arvokkaita, joten niissä rakentamisen aikaiset vaikutukset linnustoon jäävät vähäisiksi. Rakentamisvaiheessa melu voi aiheuttaa tilapäistä häiriötä linnustolle voimalaitostyömaan ja Hanhikiventien lähiympäristössä.

Vuonna 2009 tehdyssä Natura-arvioinnissa rakentamisesta ei ole arvioitu aiheutuvan merkittäviä heikentäviä vaikutuksia Parhalahti-Syölätinlahden ja Heinikarinlammen Natura 2000 -alueen suojeluprusteena oleville luontotyypeille tai lajeille eikä alueen eheydelle (Pöyry Environment Oy 2009). Rakentamisen vaikutuksia on tarkkailtu tehdyn rakentamisen aikana, esimerkiksi melua ja vesirakentamistöiden aiheuttamaa meriveden samentumaa on tarkkailtu jatkuvatoimisin mittauksin. Tähän mennessä tehtyjen rakentamistoimien ei ole todettu aiheuttavan haittaa Natura 2000 -alueelle.

## Vesistöt ja kalatalous

Meriväylän, satama-alueen, jäähdytysveden varaottouoman sekä jäähdytysveden purkualueen ruoppaukset ja suoja-alueiden rakentaminen aiheuttavat veden väliaikaista samenessa. Ruopattavan alueen pohjamateriaali on pääosin nopeasti laskeutuvia karkeita aineksia, hiekkaa ja soraa. Karkeaa massaa ruoppattaessa samenessa-vaikutukset ulottuvat noin 10-100 metrin päähän ruoppaus- tai läjityskohteesta. Hienomman aineen ruoppauksesta ja läjityksestä aiheutuva samentuma voi ulottua enimmillään kahteen kilometriin. Ruoppauksista ei arvioida aiheutuvan ravinteiden tai haitta-aineiden vapautumista veteen. Jäähdytysveden purkurakenteiden alueella on näkinpartaisniittyä, joka rakentamisen myötä häviää purku-uoman alueelta. Muuttuva alue on kuitenkin pinta-alallisesti pieni.

Sameusvaikutuksia ohjataan tai rajoitetaan hyödyntämällä jatkuvatoimisten mittauspoijujen avulla kerättävää tietoa sameuksista ja vallitsevasta virtaustilanteesta. Myös ruoppausmassojen meriläjityksen sameusvaikutuksia seurataan jatkuvatoimisilla mittauspoijuilla. Tähän mennessä tehdyn rakentamisen aikaisen vedenlaadun tarkkailun perusteella on kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuuksien sekä sameuden osalta havaittu lyhytaikaisesti koholla olevia arvoja, jotka johtuvat vesirakentamisen toimenpiteistä (ruoppaukset ja meriläjitys). Tarkkailussa seurantapisteiden kokonaisravinteiden keskimääräisissä pitoisuuksissa (koko vuoden tai kesäajan keskiarvo) ei kuitenkaan ole havaittu vesirakentamisesta johtuvia muutoksia.

Vaikutusten arvioinnin mukaan vesistötyöt voivat karkottaa kaloja laajemmalta alueelta ja niillä saattaa olla vaikutusta kalojen vaellusreitteihin. Erityisesti louhinnassa syntyy voimakasta vedenalaista melua, joka saattaa karkottaa kaloja laajalla alueella. Todennäköisesti vaikutukset ovat merkittäviä ainakin kilometrin säteellä räjäytyskohteista. Vesistötyöt tuhoavat karisiian ja silakan kutualueita ruoppausalueilla. Alueen kalastus perustuu pitkälti siian pyyntiin silakan kutuaikana, sillä siika käyttää silakan mätää ravintonaan. Siten rakentamisella voi olla haitallisia vaikutuksia siian kalastukseen niemen lähialueella. Rakentamisen aikana kalastus vesistötyökohteilla ja niiden välittömässä läheisyydessä estyy.

Rakentamisen aikaisia vaikutuksia kalastukseen ja kalastoon on seurattu asiasta vastaavan viranomaisen kanssa sovitun kalataloustarkkailuohjelman mukaisesti. Ammattikalastajille aiheutuvat haitat korvataan kalastajakohtaisesti.

Suoritettujen tarkkailujen perusteella kalastoon kohdistuvat vaikutukset ovat olleet ennakkoon arvioitua vähäisempiä: koeverkkokalastuksen tulosten perusteella pyynnin aikana käynnissä olleet vesirakennustyöt eivät karkottaneet kaloja vesistötyökohteiden läheisyydestä. Selkeitä vesirakentamisen vaikutuksia tulkittavia muutoksia kalaston rakenteessa ei ollut havaittavissa. Sen sijaan vesirakennustöillä on ollut havaittavia vaikutuksia kaupalliseen kalastukseen avovesikaudella vuosina 2016-2019. Vaikutukset ovat näkyneet usealla tavalla mm. vaelluskalojen saalismäärissä, pyyntipaikkojen huonossa hyödynnettävyydessä ja pyydysten likaantumissa. Myös pyyntivälinerikoista meriliikenteen seurauksena on raportoitu (mm. Vatanen ym. 2020).

## Päästöt ilmaan, melu, jätteet ja jätevedet

Maanrakennustyöt, työmaaliikenne ja esimerkiksi kivenmurskaus aiheuttavat pölyämistä rakentamisen aikana. Pölyn vaikutus ilmanlaatuun rajoittuu lähinnä työmaa-alueelle. Pölyn leviämistä työmaa-alueen ulkopuolelle tarkkaillaan pölykeräimien avulla, joita on sijoitettu etenkin luonnonsuojelualueiden läheisyyteen. Työmaa-alueen ulkopuolella ei tarkkailussa ole havaittu lisääntyneitä pölymääriä. Pölyn määrää vähennetään muun muassa työmaan teiden asfaltoinnilla tai kastelulla sekä kivenmurskaus- ja maanrakennustöiden huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella.

Rakentamisen aikaisen liikenteen päästöt lisääntyvät selvästi erityisesti rakentamisen vilkkaimpana aikana. Liikenteen aiheuttamia päästöjä vähennetään nopeusrajoituksin ja järjestämällä työmaalle yhteiskuljetuksia. Rakentamisajan liikenteen päästöillä ei ole merkittäviä vaikutuksia alueen ilmanlaatuun.

Rakentamisen aikana melua aiheuttavia töitä ovat muun muassa vesirakentamistyöt, louhinta ja kivenmurskaus. Myös työmaaliikenne aiheuttaa melua. Melun leviämistä on voimalaitoksen YVA-menetelmän yhteydessä arvioitu melumallinnuksella. Mallinnuksen mukaan rakentamisen meluisimmassa vaiheessa, louhinnan ja kivenmurskaustoiminnan ollessa käynnissä, melun päiväjän keskiäänitaso alittaa loma-asutuksen ohjearvon 45 dB(A). Lähimpien suojeltujen merenrantaniittyjen (Hanhikiven luoteisniitty ja Siikalahden merenrantaniitty) kohdalla melutaso voi olla noin 50-53 dB(A). Rakentamisen vilkkaimmassa vaiheessa Hanhikiven niemelle johtavasta tieliikenteestä aiheutuu melko kapeat 55 ja 50 dB(A):n melun leviämisaluet, joiden vaikutuspiirissä ei kuitenkaan sijaitse asuinkiinteistöjä. Noin 45 dB(A):n meluvyöhyke ulottuu lyhyen matkan tielinjauksen viereen rajautuvalle suojellulle merenrantaniitylle ja tärkeälle lintualueelle. Melusta ei kuitenkaan arvioida olevan merkittävää haittaa linnustolle.

Rakentamisen aikana melua tarkkaillaan jatkuvatoimisin melumittauksin. Tällä hetkellä melua tarkkaillaan seitsemällä mittauspisteellä rakennustyömaan lähiympäristössä. Lähinnä asutusta oleva mittauspiste on noin yhden kilometrin päässä asutuksesta. Mittauspisteillä on ajoittain havaittu ympäristömelun ohjearvojen ylityksiä melua aiheuttavien töiden aikaan. Esimerkiksi vuonna 2019 jäähdytysveden purkualueella tehtyjen paalutustöiden aikaan keskimääräinen melutaso oli eri mittauspisteillä 30-68 dB.

Ihmisiin tai luontoon kohdistuvia meluhaittoja ehkäistään ja lievennetään meluavien toimintojen sijoittelulla. Liikenteen aiheuttamaa melua rajoitetaan liikenteen ohjauksella ja ajoittamisella sekä nopeusrajoituksin.

Tavanomaisten tai vaarallisten jätteiden käsittelystä työmaalla ei aiheudu ympäristövaikutuksia. Rakennustyömaan jätehuollosta on laadittu jätehuoltosuunnitelma, ja jätteiden lajittelu ja käsittely ohjeistetaan kaikille työmaalla työskenteleville työntekijöille. Jätejakeet lajitellaan syntypaikoillaan, ja mahdollisimman suuri osa niistä kierrätetään, hyödynnetään materiaalina tai energiantuotannossa.

Kaivu-, louhinta- ja ruoppausmassoja on hyödynnetty satama-alueen aallonmurtajien ja penkereiden ja jäähdytysveden purkualueen penkereiden rakentamisessa. Maa-alueella massoja on hyödynnetty rakennettavien alueiden täytöissä ja tasauksissa. Vaarallisten jätteiden käsittelystä, varastoinnista ja kul-

jetuksista huolehditaan säännösten mukaan.

Sosiaalijätevedet johdetaan työmaalta viemäriverkostoa pitkin puhdistettavaksi kunnallisella jätevedenpuhdistamolla, ja niiden määrää ja laatua tarkkaillaan kunnallisen vesi- ja viemärilaitoksen kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti.

## Käytön aikaiset ympäristövaikutukset ja haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Käytön aikaisia ympäristövaikutuksia on arvioitu hankkeen YVA-menettelyssä sekä hanketta koskevassa ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä. Fennovoiman ydinvoimalaitokselle on kesäkuussa 2016 myönnetty ympäristölupa, joka on lainvoimainen. Ympäristölupa koskee voimalaitoksen käytön aikaista toimintaa. Tässä osiossa on huomioitu ympäristöluvassa edellytetyt asiat muun muassa koskien ympäristövaikutusten ja haittojen ehkäisemistä ja lieventämistä.

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 8 §:n mukaan toiminnanharjoittajan on ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi huolehdittava ja varmistuttava siitä, että toiminnassa käytetään parasta käyttökelpoista tekniikkaa (Best Available Techniques, BAT). Fennovoima noudattaa tätä periaatetta ydinvoimalaitoksen suunnittelussa ja toiminnassa. Fennovoiman ydinvoimalaitokselle myönnetyn ympäristöluvan mukaisesti toiminnan ja prosessien suunnittelu, siihen liittyvien hallintajärjestelmien ja laitteiden valinta sekä kunnossapito ja seuranta toteutetaan siten, että toiminnassa päästään kokonaisuutena katsoen mahdollisimman hyvään energiatehokkuuteen ydinenergialain edellyttämä laitosturvallisuus huomioiden. Voimalaitoksen käytön aikana energiatehokkuuden toteuttamiseksi tehdyistä toimista ja muun ohella hankittavien keskeisten sähkömoottorien ja pumppujen energiatehokkuudesta raportoidaan ympäristönsuojelun vuosiyhteenvedon yhteydessä.

### Jäähdytysvedet

Ydinvoimalaitos suunnitellaan siten, että sen sähköntuotanto on mahdollisimman suuri ja hukkalämmön poisto jäähdytysveden mukana mereen mahdollisimman pieni. Turbiinilaitoksen oikealla mitoituksella ja teknisillä ratkaisuilla vaikutetaan merkittävästi laitoksen energiatehokkuuteen ja poistettavan hukkalämmön suuruuteen. Turbiinin väliottohöyryä käytetään voimalaitoksen ja laitosalueen muiden rakennusten lämmitykseen. Mikäli tulevaisuudessa Pyhäjoen läheisyyteen tulee tarvetta kaukolämmön tuottamiseen, voidaan hukkalämpöä ottaa talteen lämpöpumpuilla.

Voimalaitokselle myönnetyn ympäristöluvan mukaisesti Fennovoima tulee jatkossa selvittämään kohteita, jossa voimalaitoksen tuottamaa hukkalämpöä voitaisiin hyödyntää sekä seuraa käyttökelpoisen tekniikan kehittymistä jäähdytysveden lämmön hyödyntämiseksi lämpö- tai sähköenergiana. Näihin liittyvät tiedot ja selvitykset sekä mahdolliset esitykset hukkalämmön hyödyntämisestä toimitetaan voimalaitoksen käytön aikana kolmen vuoden välein ympäristönsuojelun vuosiyhteenvedon yhteydessä ELY-keskukselle ja tiedoksi energiavirastolle.

### Jäähdytysveden lämpökuorma

Ydinvoimalaitos käyttää merivettä jäähdytysvetenä noin 45 m<sup>3</sup>/s. Jäähdytysvesi otetaan rantaottona Hanhikiven niemen länsirannalla sijaitsevan satama-altaan kautta ja puretaan niemen pohjoisosasta noin 10-12 °C lämmenneenä takaisin mereen.

Voimalaitoksella käytettävän jäähdytysveden johtaminen mereen nostaa veden lämpötilaa purkupaikan lähialueilla. Lämpimän jäähdytysveden leviämisalueen suuruutta ja suuntaa on tarkasteltu kolmiulotteisella virtausmallinnuksella (Lauri 2013). Mallinnuksen perusteella yli viiden asteen lämpötilan nousu rajoittuu jäähdytysveden purkupaikan lähialueella noin 0,7 km<sup>2</sup>:n suuruiselle alalle ja yhden asteen nousu noin 15 km<sup>2</sup>:n alalle. Lämpövaikutukset ovat suurimmillaan pintavedessä (0-1 m) ja vaimevat syvemmälle mentäessä (kuva 1-2). Yli neljän metrin syvyydessä lämpötilan nousua ei mallinnuksen mukaan tapahdu.

Jäähdytysveden leviämisen laajuutta pintavedessä (0-1 m) eri vuosina on tarkasteltu vuosien 2009-2013 heinä-elokuuhun osuvalle jaksolle (15.7.-15.8.) meriveden ollessa lämpimimmillään, jolloin

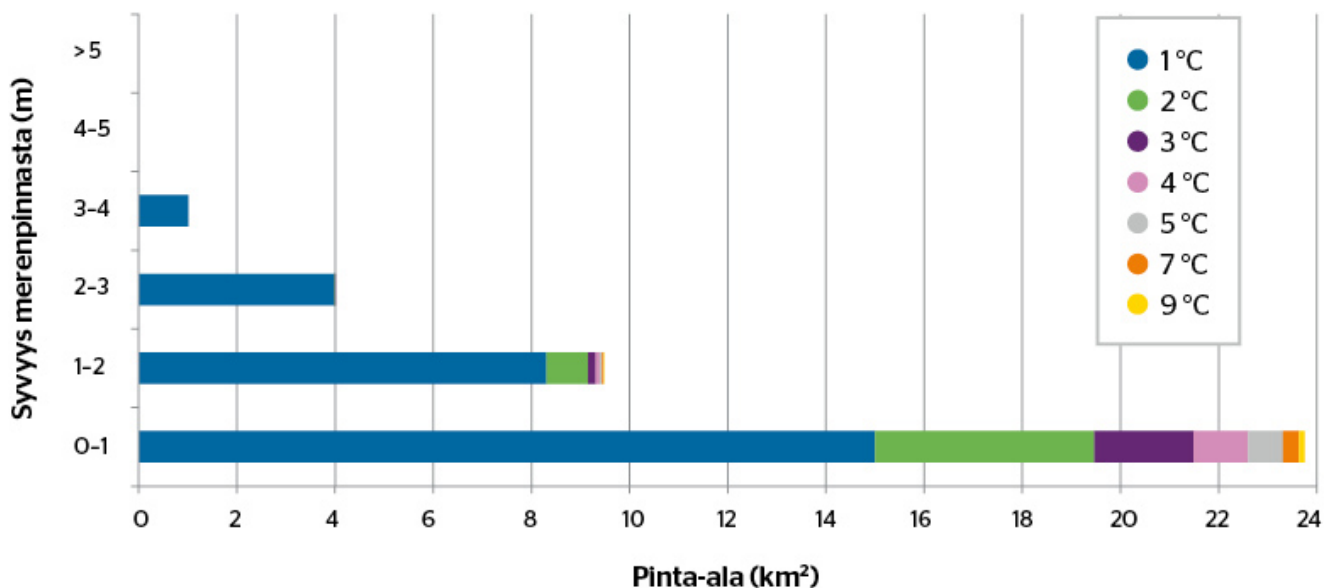
kesäaikaiset jäähdytysvesien vaikutukset ovat suurimmillaan. Suurimmat lämpötilanousut (yli 9 °C) ovat suppealla, 0,09–0,19 km<sup>2</sup>:n laajuisella alalla jäähdytysveden purkupisteen tuntumassa. Viiden asteen nousu pintavedessä rajoittuu 0,54–0,82 km<sup>2</sup>:n suuruiselle alalle ja yhden asteen nousu 8,0–13 km<sup>2</sup>:n alalle. Yli kahden asteen keskimääräinen nousu pintaveden lämpötilassa rajoittuu kaikissa tilanteissa noin 2–3 kilometrin etäisyydelle jäähdytysveden purkupaikasta. Hetkellisissä tilanteissa lämmin jäähdytysvesi voi kulkeutua selvästi tässä esitettyjä keskiarvotilanteita pidemmälle.

Tyypillisillä lounaistuulilla lämpöpäästö pyrkii kertymään Hanhikiven niemen pohjoispuolella sijaitsevaan Kultalanlahteen. Lämmin vesi sekoittuu kuitenkin kohtuullisen hyvin rannikon suuntaiseen virtaukseen. Pohjoistuulilla rannikolla tapahtuu kerrostuneessa tilanteessa kumpuamista, jolloin tuuli painaa lämpimän pintaveden ulapalle ja kylmä pohjan läheinen vesikerros kiertyy syvemmältä pintakerrokseen. Näissä olosuhteissa voimalaitoksen lämpöpäästö laimenee tehokkaasti kumpuavaan kylmään veteen.

Talviaikana jäähdytysveden lämpökuorma pitää purkualueen sulana ja aiheuttaa jään ohenemista pääasiassa Hanhikiven niemen pohjois- ja itäpuolilla. Alkupalvesta avoimen alueen laajuus ja heikkojen jäiden alueet riippuvat suuresti talven lämpötilaolosuhteista. Talven edetessä ja jääpeitteen paksuuntuessa erot jäätälvien välillä tasoittuvat mallinnuksen mukaan siten, että helmi–maaliskuussa avoimen vesialueen laajuus on 2,4–4,5 km<sup>2</sup>. Samaan aikaan avoin vesialue ulottuu noin 2–5 kilometrin etäisyydelle purkupisteestä ja ohenneen jään alue noin 0,5–2 kilometriä etäämmälle.

Jäähdytysveden otto- ja purkulämpötilaa tullaan seuraamaan jatkuvatoimisilla mittareilla. Mittausantureita asennetaan merialueelle eri syvyyksille useita, jäähdytysveden purkukanavalta aina noin 2 kilometrin etäisyydelle. Jäähdytysveden otto- ja purkulämpötilan mittaukset aloitetaan ennen voimalaitoksen toiminnan aloittamista ja ydinvoimalaitoksen toiminnan aikana merialueen lämpötilaa tarkkaillaan jatkuvasti. Voimalaitoksen toiminnalle myönnetyn ympäristöluvan mukaan voimalaitokselta mereen johdettavan jäähdytysveden lämpötila ei saa jäähdytysveden purkukanavan suuaukon kohdalla ylittää 40 °C liukuvana viikkokeskiarvona laskettuna. Yksityiskohtainen tarkkailusuunnitelma toimitetaan hyvissä ajoin ja viimeistään vuotta ennen laitoksen toiminnan aloittamista Pohjois-Suomen aluehallintovirastolle.

Talviaikana jäähdytysveden lämpökuorma pitää purkualueen sulana ja aiheuttaa jään ohenemista pääasiassa Hanhikiven niemen pohjois- ja itäpuolilla. Purkualueen jäähavaintoja (jääolosuhteet ja jäätöman alueen laajuus) tehdään talvikuukausina jäätilanteesta riippuen 1–3 viikon välein. Jäähdytysveden heikentämisestä jääalueesta varoitetaan muun muassa alueelle johtavien teiden varsiin sijoitettavilla varoitustauluilla.



Kuva 1-2. Pinta-alat, joilla lämpötilan nousu ylittää 1, 2, 3, 4, 5, 7 ja 9 °C kesäkuun 2012 keskimääräisessä lämpötilakentässä.



## Vaikutukset vesistöön

Jäähdytysveden laatu ei lämpötilan nousua lukuun ottamatta muutu voimalaitoksen läpi virratessa. Voimalaitoksen toiminnalla ei arvioida olevan vaikutuksia merialueen happitilanteeseen, koska Hanhikiven niemen edustalla ei ole happikadoille alttiita syvänteitä. Lisäksi merialueen happitilanne on tehtyjen mittausten ja vesianalyysien perusteella todettu hyväksi myös syvemmissä vesikerroksissa, eikä alueelle kohdistu orgaanisen aineksen kuormitusta, joka voisi yhdessä lämpimän jäähdytysveden kanssa aiheuttaa hapen vähenemistä.

Perämerellä kasviplanktonituotantoa rajoittaa erityisesti avovesikauden lyhyys. Lämmin jäähdytysvesi pidentää avovesiaikaa ja edelleen kasvukautta. Hanhikiven niemen merialueella kesä- ajan klorofyllipitoisuudet ja kasviplanktonnäytteiden biomassat ilmentävät karuutta. Jäähdytysvesien lämpökuorman arvioidaan kasvattavan kasviplanktonin tuotantoa purkualueella jonkin verran. Myös lajistossa ja vuodenaikaisissa runsaussuhteissa voi tapahtua muutoksia. Laitoksen toiminnalla ei arvioida olevan haitallisia vaikutuksia eläinplanktonyhteisöön.

Sinilevien massakukinnat ovat tyypillisiä rehevöityneillä merialueilla varsinkin loppukesäisin, jolloin tyyppi toimii kasvua rajoittavana ravinteena. Hanhikiven merialueella perustuotantoa rajoittaa pääasiassa fosfori, minkä takia sinileväkukinnat arvioidaan melko epätodennäköisiksi. Hanhikiven edustan merialueen pohjaeläimistö koostuu lähinnä kovan pohjan lajeista. Jäähdytysveden mahdolliset vaikutukset ovat pääosin välillisiä ja suurimmaksi osaksi seurausta planktonin perustuotannossa tapahtuneista muutoksista. Koska perustuotannossa ei arvioida tapahtuvan suuria muutoksia ja pohjalle kerääntyvän orgaanisen aineksen lisääntyminen arvioidaan pieneksi, ei lämpötilan noususta arvioida aiheutuvan merkittäviä vaikutuksia pohjaeläimille ja vaikutukset jäävät paikallisiksi.

Hanhikiven niemen itärannalla ja Kultalanlahdella sijaitsevat näkinpartaisniityt voivat kärsiä lämpötilan noususta. Kasvustojen taantumaa tapahtuu todennäköisimmin niemen itärannalla, mutta Kultalanlahden puolella vaikutusten arvioidaan olevan vähäisempiä. Uposkasvivaltaisten pohjien esiintymisedellytysten arvioidaan jopa parantuvan Hanhikiven niemen ympäristössä, mutta niiden lajirakenteeseen saattaa tulla muutoksia. Jäähdytysveden purun vaikutuksia vesikasvillisuuteen on esitetty tarkemmin tämän hakemuksen liitteessä 2.

Voimalaitoksen vaikutusalueen vedenlaadun ja vesieliöstön nykytilasta on jo olemassa runsaasti selvityksiä ja tarkkailutietoa. Lisäksi voimalaitoksen ympäristöluvan mukaisesti ennen voimalaitoksen toiminnan aloittamista tehdään kattava kertaluonteinen ennakkotarkkailu, jonka tulosten perusteella esitetään yksityiskohtainen suunnitelma Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen hyväksyttäväksi voimalaitoksen käytön aikaisesta vaikutustarkkailusta. Tarkkailuun sisältyy muun muassa vedenlaadun, kasviplanktonin, perustuotannon, vesikasvillisuuden sekä pohjaeläinten tarkkailu. Lisäksi tarkkaillaan vaikutuksia merenrantaniittyihin, usvan muodostumiseen, vesilinnustoon ja vieraslajeihin sekä vaikutusalueen kluuvien luonnontilaan.

## Vaikutukset kalatalouteen

Ydinvoimalaitoksen toiminnalla on haitallisia vaikutuksia ammatti- ja vapaa-ajankalastukseen alueilla, jonne lämmin jäähdytysvesi leviää. Kalojen pyynti estyy tai vaikeutuu ja muutoksia tapahtuu myös kalaston rakenteessa ja poikastuotannossa. Haitallisimmat vaikutukset esiintyvät aivan jäähdytysveden purkukanavan tuntumassa, ja vaikutukset pienenevät asteittain siirryttäessä etäämmälle Hanhikiven niemestä. Kalastuksen kannalta vaikutukset ovat pääosin negatiivisia, mutta myös positiivisia vaikutuksia esimerkiksi kalojen parantuneena kasvuna esiintyy. Talvikalastuksen arvioidaan loppuvan kokonaan Hanhikiven niemen ja Kultalanlahden edustalla sijaitsevilla talvikalastuspaikoilla. Etäämpänä sijaitsevilla alueilla jään oheneminen estää talvikalastuksen ajoittain.

Jäähdytysveden ottoon kulkeutuvat kalat ovat pääasiassa pieniä ja nuoria yksilöitä sekä parvissa liikkuvia pienikokoisia lajeja. Etenkin vesipatsaassa virtausten mukana ajelehtivat vastakuoriutuneet kalanpoikaset päätyvät helposti vedenottokanavaan. Menetettyjen poikasmäärien aiheuttama vaikutus kalakantoihin ja saalismääriin jäänee vähäiseksi ja paikalliseksi. Haittavaikutusten lieventämiseksi voimalaitokselle on alustavasti suunniteltu ns. kalapakoputkea, jonka tarkoitus on vapauttaa osa voimalaitoksen vedenottoon päätyneistä kaloista takaisin mereen. Jäähdytysveden oton ja purun vaikutuksia kalastoon ja kalatalouteen ja vaelluskalojen reitteihin on esitetty tarkemmin tämän hakemuksen liitteessä 2.

Voimalaitoksen vaikutusalueen kalaston ja kalastuksen nykytilasta on jo olemassa runsaasti selvi-

tyksiä ja tarkkailutietoa. Tämän tiedon lisäksi voimalaitoksen ympäristöluvan mukaisesti toteutetaan kalataloudellinen tarkkailu kertaluonteisesti ennakkotarkkailuna ennen voimalaitoksen toiminnan aloittamista. Ennakkotarkkailun tulosten perusteella esitetään tarkkailun yksityiskohtainen suunnitelma Lapin ELY-keskuksen hyväksyttäväksi voimalaitoksen käytön aikaisesta kalataloustarkkailusta. Tarkkailuun sisältyy muun muassa kalastuksen seuranta (ammatti- ja vapaa-ajankalastus), kalastorakenteen ja kasvun seuranta sekä poikastuotannon seuranta. Lisäksi tarkkaillaan voimalaitoksen vedenottoon eri vuodenaikoina joutuvien kalojen määrää kalalajeittain, kokoluokittain ja ikäryhmittäin.

Ammattikalastajille voimalaitoksen käytöstä aiheutuvat haitat tullaan korvaamaan kalastajakohtaisesti, ja Fennovoima pyrkii sopimaan ammattikalastajien kanssa korvauksista ennen voimalaitoksen toiminnan aloittamista. Voimalaitoksen ympäristöluvassa on myös määrätty kalatalousvelvoite, jonka mukaisesti voimalaitoksen toiminnan aikana tullaan merialueelle vuosittain istuttamaan meritaimenen ja vaellussiian poikasiasia.

Lisäksi ympäristöluvan mukaisesti toteutetaan meriharjukseen liittyviä erillisselvityksiä ennen voimalaitoksen toiminnan aloittamista. Ympäristöluvassa veloitetaan selvittämään meressä kutevan ja anadromisen meriharjuksen mahdolliset lisääntymis-, vaellus- ja syönnösalueet toiminnan vaikutusalueella. Selvityksessä on arvioitava meressä kutevan ja anadromisen meriharjuskannan kokoa ja poikastuotantoa ja toiminnan vaikutukset niihin sekä esitettävä vaikutuksia ehkäisevät toimenpiteet ja mahdolliset muutokset määrättyihin kompensatiotoimiin tai lisäkompensatiot sekä tarkkailu. Selvitys ja sen pohjalta laadittu esitys meriharjukseen kohdistuvia vaikutuksia ehkäiseviksi toimenpiteiksi, mahdolliset muutosesitykset määrättyihin kompensatiotoimiin tai lisäkompensatiot sekä esitys tarkkailuksi on toimitettava hakemusasiana Pohjois-Suomen aluehallintovirastolle.

## Vaikutukset luonnonsuojelukohteisiin ja linnustoon

Tyypillisillä lounaistuulilla lämmin jäähdytysvesi pyrkii kertymään Hanhikiven niemen pohjoispuolella olevaan Kultalanlahteen Takarannan merenrantaniityn edustalle. Vesistömallinnuksen mukaan veden lämpötila nousee keskimäärin yli kaksi astetta luonnonsuojelulain suojeltuina luontotyyppinä rajattujen Hanhikiven niemen koillis- ja itäosassa sijaitsevien merenrantaniittyjen edustalla. Meriveden lämpeneminen ja jäättömyys voivat lisätä paikallisesti perustuotantoa ja sitä kautta aiheuttaa pitkällä aikavälillä merenrantaniittyjen umpeenkasvun kiihtymistä. Jäättömyys voi myös kiihdyttää umpeenkasvua, kun jäiden rantoja kuluttava vaikutus heikkenee. Merenrantaniittyjen umpeenkasvu voi heikentää Hanhikiven itäniityllä ja Takarannassa esiintyvän ruijanesikon kasvuolosuhteita. Merenrantaniityt kasvavat umpeen osittain luontaisestikin perinteisen niitto- ja laidunkäytön puutteesta johtuen. Jos niittyjen umpeenkasvu kiihtyy, niittyjen suojeluarvo heikkenee nykyistä kehitystä nopeammin ilman hoitotoimia.

Lämpimän jäähdytysveden vaikutuksia merenrantaniityillä seurataan osana voimalaitoksen toiminnan aikaista vaikutustarkkailua (ks. luku Vaikutukset vesistöön). Tarkkailun tulosten perusteella aloitetaan tarvittaessa erillisen suunnitelman mukainen merenrantaniittyjen hoito. Ensisijaisia hoitotoimia ovat niitto ja laidunnus, joilla on muutoinkin myönteinen vaikutus merenrantaniityille.

Muuttavat vesilinnut voivat käyttää jäähdytysveden purkupuolelle muodostuvaa sula-alueutta levähdys- ja ruokailualueena. Osa muuttavista linnuista saattaa pysytellä sula-alueella tavanomaista pidempään tai palata keväällä aikaisemmin. Jääpeitteen reunan siirtyminen kauemmas rannikosta voi siirtää lokkien aikaista kevätmuuttoa ulommas merelle. Tämän ei kuitenkaan arvioida merkittävästi vaikuttavan lokkien muuttokäyttäytymiseen. Kaloja ravintonaan käyttävien lajien, kuten kalatiiran ja lapintiiran, ravinnonsaantimahdollisuudet voivat parantua ja vesi- ja rantalintujen pesintäajankohta voi aikaistua. Pesinnän ajoittuminen riippuu kuitenkin myös muista ympäristötekijöistä.

Ydinvoimalaitoksen rakentamisen ja käytön vaikutuksista (mukaan lukien voimajohtolinjat) Parhalahti-Syölälinlahden ja Heinikarinlammen Natura 2000 -alueeseen on tehty luonnonsuojelulain 65 §:n mukainen Natura-arviointi vuonna 2009 (Pöyry Environment Oy 2009). Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus katsoi lausunnoissaan (PPO-2009-L-683-255, POPELY/15/07.04/2010), että hankkeesta ei vaikuttaisi aiheutuvan suoria merkittävästi heikentäviä vaikutuksia luontotyypeille tai lajeille. Hankkeeseen mahdollisesti liittyvät pitemmän aikavälin riskit ovat lausuntojen mukaan sellaisia, ettei niihin liittyviä potentiaalisia vaikutuksia voida kokonaan sulkea pois. Erityisesti viitataan pitkän aikavälin vaikutuksiin ruijanesikkoon ja linnustoon sekä mahdollisten Hanhikiven niemen alueen hydrologisten muutosten heijastumiseen Natura-alueen tilaan.

Vuonna 2014 tehdyssä Natura-arvioinnin tarvetta koskevassa selvityksessä (Sito Oy 2014) tarkas-

teltiin voimalaitoksen jäähdytysvesien mahdollisesti aiheuttamia pitkäaikaisvaikutuksia Natura-alueen ulkopuolella sijaitsevan Takarannan alueella ja edelleen näiden vaikutusten mahdollista heijastumista Natura-alueen suojeluperusteena oleviin luontoarvoihin sekä Heinikarinlampeen kohdistuvien hydrologisten vaikutusten merkittävyyttä. Selvityksen johtopäätöksinä todetaan, että ydinvoimalaitoksen toiminnalla ei ole Natura-alueeseen kohdistuvia merkittäviä heikentäviä vaikutuksia lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. Natura-alueen luontotyyppeihin tai linnustoon ei arvioitu kohdistuvan voimalan toiminnasta välillisiä heikentäviä vaikutuksia. Jäähdytysveden vaikutukset Natura-alueen ruijanesikkopopulaatioon pitkälläkin aikavälillä ovat korkeintaan vain vähän haitallisia siinä tapauksessa, että populaatiot häviöivät Takarannan alueelta. Takarannan merenrantaniittyjen seurannalla ja tarvittaessa aktiivisilla hoitotoimilla ruijanesikon säilyminen Takarannan ja Hanhikiven niemen alueella voidaan turvata. Myöskään heikentäviä hydrologisia vaikutuksia ei arvioitu olevan Heinikarinlammen tai muun Natura-alueeseen kuuluvan osa-alueen kehityksen kannalta.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen lausunnossa (POPELY/2670/2014) todetaan, että ”selvityksen pohjalta on pääteltävissä, ettei hankkeesta todennäköisesti aiheudu merkittäviä, heikentäviä vaikutuksia, eikä myöskään välillisiä pitkäaikaisia vaikutuksia, Natura-alueen niille luontoarvoille, joiden pohjalta alue on liitetty Natura-verkoston”. ELY-keskus myös toteaa lausunnossaan, että tätä varmistavat selvityksessä lieventämistoimina esitetyt seuranta- ja hoitotoimet.

Hanhikivi 1 -voimalaitoksen kantaverkkoon liittämiseen tarvittavien voimajohtojen YVA-menettelyn yhteydessä laadittiin vuonna 2016 Natura-arvion päivitys, joka täydensi vuoden 2009 Natura-arviointia voimajohtojen linnustolle aiheuttamista törmäysriskeistä (FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy 2016). Keskeisenä tarkastelun kohteena oli Parhalahti-Syölätinlahti ja Heinikarinlammen Natura-alueen suojeluperusteissa esitettyihin lintulajeihin kohdistuva riski törmätä voimajohtoihin ja törmäysten pitkäaikaisvaikutukset linnustoon. Lausunnossaan 5.12.2016 (POPELY/1408/2016) Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus totesi, että voimajohtohanke saattaa heikentää niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi Natura-alue on sisällytetty Natura 2000 -verkoston, mutta ennalta arvioiden hankkeen vaikutuksia suojeluperusteena olevaan linnustoon tai Natura-alueen luontotyyppeihin ei voida kuitenkaan pitää merkittävästi heikentävinä.

## Jätevedet, sadevedet ja pohjavedet

### Jätevedet

Puhdistettuja prosessi- ja jätevesiä syntyy ydinvoimalaitoksella vuodessa noin 50 000–70 000 m<sup>3</sup>. Tästä vuosittaisesta määrästä 80–90 % syntyy vuosihuollon aikana. Prosessi- ja jätevesien aiheuttama fosforikuormitus mereen (korkeintaan 15 kg vuodessa) on hyvin vähäistä verrattuna esimerkiksi jokien kautta tulevaan fosforikuormitukseen. Laitoksen prosessi- ja jätevedet puretaan puhdistuksen jälkeen mereen jäähdytysveden purkutunnelin kautta, jolloin prosessi- ja jätevedet sekoittuvat jäähdytysveteen ja purkautuvat avoimelle merialueelle. Vaikka jäähdytysvesien aiheuttama meriveden lämpötilan nousu purkualueella otetaan huomioon, ei voimalaitoksen jätevesikuormituksesta arvioida aiheutuvan havaittavia eikä haitallisia rehevyytason muutoksia tai vaikutuksia happitalouteen, kasvillisuuteen tai kalatalouteen.

Jätevesien mukana mereen kulkeutuva boori (päästö noin 100 kg vuodessa) laimenee tehokkaasti jo purkukanavan välittömässä läheisyydessä, ja sen pitoisuuslisäys meriveteen on niin pieni, ettei sillä ole vaikutuksia meriveden laatuun tai vesieliöstöön. Prosessivesissä on mukana myös neutraloinnissa syntyviä suoloja, joita esiintyy merivedessä luonnostaan, eikä niillä ole haitallisia vaikutuksia meren ekosysteemiin.

Prosessiveden valmistuksesta (täyssuolanpoisto) muodostuvat happamat ja emäksiset jätevedet johdetaan neutralointialtaaseen. Neutraloinnin jälkeen vedet johdetaan jäähdytysveden purkukanavaan. Nestemäisten jätteiden käsittelylaitoksella käsitellään valvonta-alueelta tulevat jätevedet, jotka saattavat sisältää radioaktiivisia aineita. Eriytyypiset jätevedet johdetaan ja käsitellään erikseen, ja puhdistusmenetelmä riippuu jäteveden laadusta ja aktiivisuuspitoisuudesta. Puhdistusmenetelminä käytetään separaattoreita, ioninvaihtimia, tislausta ja tarvittaessa haihdutusta. Radioaktiivisia aineita sisältävien vesien puhdistuksen yhtenä tarkoituksena on aktiivisuuden konsentroitimi mahdollisimman pieneen tilavuuteen. Nestemäisten jätteiden käsittelyjärjestelmässä puhdistettujen prosessijätevesien kokonaismäärä ja radioaktiivisten aineiden pitoisuudet mitataan ennen jäähdytysveden johtamista

purkukanavaan.

Voimalaitoksella muodostuvat jätevedet, jotka eivät sisällä radioaktiivisia aineita, pidetään toisistaan erillään ja puhdistetaan kunkin jäteveden laadun edellyttämällä tavalla. Konventionaalisista apujärjestelmistä tulevat vesitysvedet ja säilöntäliuokset sekä suotimien huuhtelu- ja dekantointivedet johdetaan kemialliseen käsittelyyn, jossa jäteveeseen annostellaan vetyperoksidia ja katalyyttia. Kemikaaleja sisältäviä jätevesiä käsitellään myös nestemäisten jätteiden käsittelylaitoksella ja ei-aktiivisten jätevesien puhdistusjärjestelmässä, riippuen siitä, muodostuuko jätevesi voimalaitoksen valvonta-alueella vai valvomattomalla alueella.

Lattia- ja pesuvedet johdetaan öljynerottimien kautta viemäröintijärjestelmään. Vesien mukana mahdollisesti tuleva kiintoaine poistetaan separoimalla. Tarvittaessa ulospumpattavat jätevedet neutraloidaan natriumhydroksidin tai rikkihapon avulla. Käsittelyn jälkeen puhdistetut jätevedet puretaan jäähdytysvesien purkukanavaan.

Voimalaitoksen sosiaalijätevedet (wc- ja suihkuvedet, ruokalan ja toimistotilojen keittiöiden jätevedet) johdetaan voimalaitosalueelta viemäriverkostoa pitkin kunnallisen vesilaitoksen (Pyhäjokisuun Vesi Oy) jätevedenpuhdistamolle käsittelyyn. Sosiaalijätevesiä tarkkaillaan kunnallisen vesihuoltolaitoksen kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti.

Jäähdytysveden mukana laitokselle tuleva levä, kalat ja muu kiinteä materiaali poistetaan jäähdytysvedestä välppien ja erilaisten suodattimien avulla ja käsitellään biojätteenä. Puhdistuslaitteistoon tarttunut kiinteä aines huuhdellaan irti merivedellä ja johdetaan käsittelylaitokselle, jossa kiinteä aines eli välpe erotetaan vedestä. Vesi johdetaan takaisin mereen jäähdytysveden purkukanavan kautta.

## Sadevedet

Sadevedet eli hulevedet kerätään laitosalueelta hallitusti, puhdistetaan erilaisten rakenteiden avulla ja puretaan mereen. Hulevesien ei arvioida aiheuttavan pohjavesien tai maaperän pilaantumista. Hulevesien laadullisessa hallinnassa käytetään sekä keskitettyjä että hajautettuja rakenteita. Keskitettyjä hallintarakenteita käytettäessä laitosalueelle rakennetaan viivytyspainanteita. Viivytyspainanteet tasaavat ylivirtaamia, jolloin purku-uomien eroosion riski pienenee. Lisäksi painanteisiin laskeutuu hulevesissä olevaa kiintoainesta. Hulevesien hajautettua hallintaa käytettäessä voimalaitosalueelle rakennetaan sakkapesällisiä kaivoja (hulevesien huuhtoman kiintoaineksen kerääminen) ja kelluvat roskat erotellaan hulevesistä. Tapauskohteisesti rakennetaan öljynerotuskaivoja tai muita tehostetun käsittelyn rakenteita.

Hulevesikaivojen ja -rakenteiden kuntoa ja toimivuutta tarkkaillaan kunnossapito-ohjelman mukaisesti. Hulevesiin ei hiekan- ja öljynerotuksen jälkeen jää sellaisia pilaavia aineita, että niiden kemiallinen tarkkailu olisi tarpeen.

## Pohjavedet

Pohjaveden muodostuminen tulee vettä läpäisemättömien pintojen rakenteiden ja hulevesien poisjohtamisen seurauksena vähentymään nykyisestä, minkä seurauksena pohjaveden pinnan taso tai painetaso niemen alueella saattaa laskea. Hanhikiven niemen alue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella, eikä pohjaveden pinnan tai painetason laskulla ole alueen vedenhankinnan kannalta vaikutusta. Vaikutusalueella ei ole pohjavedenottoa eikä siellä ole tunnistettu pohjavedestä riippuvaisia eliöyhteisöjä.

Pohjaveden pinnan tason laskun seurauksena pohjaveden virtaussuunta voi muuttua siten, että merivettä pääsee sekoittumaan pohjaveeseen, mikä muuttaa pohjaveden kemiallista tilaa. Tutkimuksissa on todettu pohjaveden ja meriveden paikallista sekoittumista jo ennen rakentamistöiden aloittamista Hanhikiven niemen projektialueella. Lisäksi maa- tai kalliopohjaveden kanssa kosketuksiin jäävät betonirakenteet voivat nostaa pohjaveden pH-lukua. Vaikutukset rajoittuvat kuitenkin rakenteiden välittömään läheisyyteen, eivätkä mainitut vaikutukset pohjaveden kemialliseen tilaan ole merkittäviä.

## Kemikaalit ja palavat aineet

Ydinvoimalaitoksella käytettävistä kemikaaleista suurin osa on erilaisia happoja ja emäksiä, joita käytetään laitoksen prosessiveden valmistuksessa ja vesikiertojen happamuuden ja kemiallisten reaktioiden säätelyssä. Lisäksi kemikaaleja käytetään muun muassa höyrykierron laitteiden ja putkistojen puhdistukseen ja korroosion estämiseen.

Dieselgeneraattoreiden ja apuhöyrykattiloiden polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä. Käytettäviä kaasuja ovat esimerkiksi turbiinilaitoksen generaattorin jäähdytyksessä käytettävä vety ja tiettyjen laitteiden käyttövoimaksi tarvittava typpi. Pyörivien koneiden (muun muassa turbiinien ja generaattorien laakerit, pumput) voiteluun käytetään voiteluöljyä. Lisäksi muuntajassa on suuri määrä jäähdytykseen tarkoitettua öljyä.

Jäähdytysjärjestelmään muodostuvan orgaanisen kasvuston torjunnassa tullaan käyttämään natriumhypokloriittia. Voimalaitoksen ympäristöluvassa on natriumhypokloriitin käyttöön liittyen tarkennuksia ja selvitysvelvollisuuksia.

Kemikaalien, polttoaineiden ja öljyjen varastoinnista ei arvioida aiheutuvan pohjavesien tai maaperän pilaantumista. Kemikaali- ja polttoainejärjestelmien suunnittelussa pyritään ennalta minimoimaan erilaisten vuoto- ja onnettomuustilanteiden syntyminen. Suunnittelun tukena käytetään riskianalyysijä. Kemikaalien purkupaikat, varastosäiliöt ja varastot sekä kemikaalien annostelujärjestelmät rakennetaan vaarallisten kemikaalien ja polttoaineiden turvallista varastointia ja käsittelyä koskevan lainsäädännön ja sen nojalla annettujen Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (TUKES) ohjeiden ja SFS-standardien mukaisesti. Mahdollisten vuotojen varalta tilat, joissa on kemikaalisäiliöitä tai varastotiloja, viemäroidään suoja-altaisiin, lietteen- ja öljynerotuskaivoihin sekä neutralointialtaaseen. Palavien nesteiden säiliöiden suoja-altaiden tilavuus on vähintään 110 % säiliön tilavuudesta. Myös kemikaalien ja polttoaineiden purkupaikat allastetaan. TUKES on myöntänyt Fennovoimalle joulukuussa 2020 ydinvoimalan käytönäikäisen kemikaaliluvan, joka mahdollistaa vaarallisten kemikaalien varastoinnin ja käsittelyn Hanhikivi 1 -laitoksella.

## Päästöt ilmaan, melu ja värinä

### Päästöt ilmaan

Ydinvoimalaitoksen toiminnan aikana tavanomaisia päästöjä ilmaan syntyy varaenergiantuotannosta ja voimalaitoksen prosessivesien käsittelystä. Vuotuiset päästöt ilmaan ovat normaalitilanteessa hyvin pieniä eikä niillä ole vaikutusta laitospaikan ilmanlaatuun.

Dieselgeneraattorien pääasiallinen käyttötarkoitus on taata sähkönsyöttö ydinturvallisuuden kannalta kriittisille toiminnoille kaikissa mahdollisissa käyttötilanteissa, esimerkiksi tilanteessa, jossa yhteys ulkoiseen sähköverkkoon menetetään. Normaalikäytön aikana dieselgeneraattoreiden käyttö rajoittuu noin kerran kuukaudessa tehtäviin koekäyttöihin. Kunkin dieselgeneraattorin käyntiaika on enintään 50 tuntia vuodessa. Apuhöyrykattiloita käytetään normaalitilanteessa vain ydinvoimalaitoksen alas- ja ylösajossa. Kun ydinvoimalaitos on käyttöönnoton jälkeen tuotantovaiheessa, apuhöyrykattilat käyvät enintään 500 tuntia vuodessa siten, että kattiloista kaksi on samanaikaisesti käynnissä kolmannen kattilan ollessa varalla.

Dieselgeneraattoreiden ja apuhöyrykattiloiden polttoaineena käytetään vähärikkistä kevyttä polttoöljyä. Muita ilmapäästöjä hallitaan polttoteknisin keinoin. Varaenergiatuotannon vuotuiset päästöt ilmaan ovat normaalitilanteessa hyvin pieniä eikä niillä ole vaikutusta laitospaikan ilman laatuun.

### Melu ja värinä

Melumallinnuksen mukaan ydinvoimalaitoksen toiminnan aiheuttama melu alittaa valtioneuvoston päätöksessä asuinalueille ja loma-asuinalueille annetut melun ohjearvot (valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992). Keskiäänitaso lähimmille loma-asuintonteille on alle 30 dB(A). Siikalahden merenrantaniityn ja Hanhikiven luoteisniityn kohdalla melutaso on enimmillään 35-40 dB(A). Lähimmällä luonnonsuojelualueella (Ankkurinnokka) melun ohjearvot eivät mallinnuksen mukaan ylity.

Laitokselle suuntautuvasta tieliikenteestä aiheutuva melu alittaa lähimpien asuintalojen kohdalla asutukselle asetetut päivä- ja yöajan ohjearvot (55 dB(A) ja 50 dB(A)). Hietakarinlahden ja Takarannan merenrantaniityn välisellä alueella liikenteestä aiheutuu enimmillään noin 45 dB(A):n melutaso tien ympäristössä. Laitoksen käytön aikaisesta melusta ei arvioida aiheutuvan linnustolle merkittävää haittaa.

Ydinvoimalaitoksen melulähteitä ovat pääasiassa turbiini, generaattori, pumput, kompressorit, jäähdyttimet ja puhaltimet. Niiden aiheuttama melu on tasaisena jatkuvaa vaimeaa huminaa. Melua vaimennetaan laitoksen melulähteiden suojauksella ja vaimentavilla seinärakenteilla. Liikenteen melua vaimennetaan muun muassa laitokselle johtavan tien nopeusrajoituksella.

Voimalaitoksen ympäristöluvan mukaan voimalaitoksesta ei tavanomaisessa käyttötilanteessa saa aiheutua ympäristöön melua, joka ylittää lähimmillä luonnonsuojelualueilla ekvivalenttimelutason 45 dB. Ydinvoimalaitoksen toiminnan aloittamisen jälkeen ekvivalenttimelutaso mitataan voimalaitoksen ympäristössä, muun muassa eniten melulle altistuvalla luonnonsuojelualueella. Mittaukset tehdään Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Lisäksi ympäristön melutasoon merkittävästi vaikuttavien kiinteiden äänilähteiden melutasot mitataan ja melun leviämismallia päivitetään mahdollisten laiteuudistusten yhteydessä.

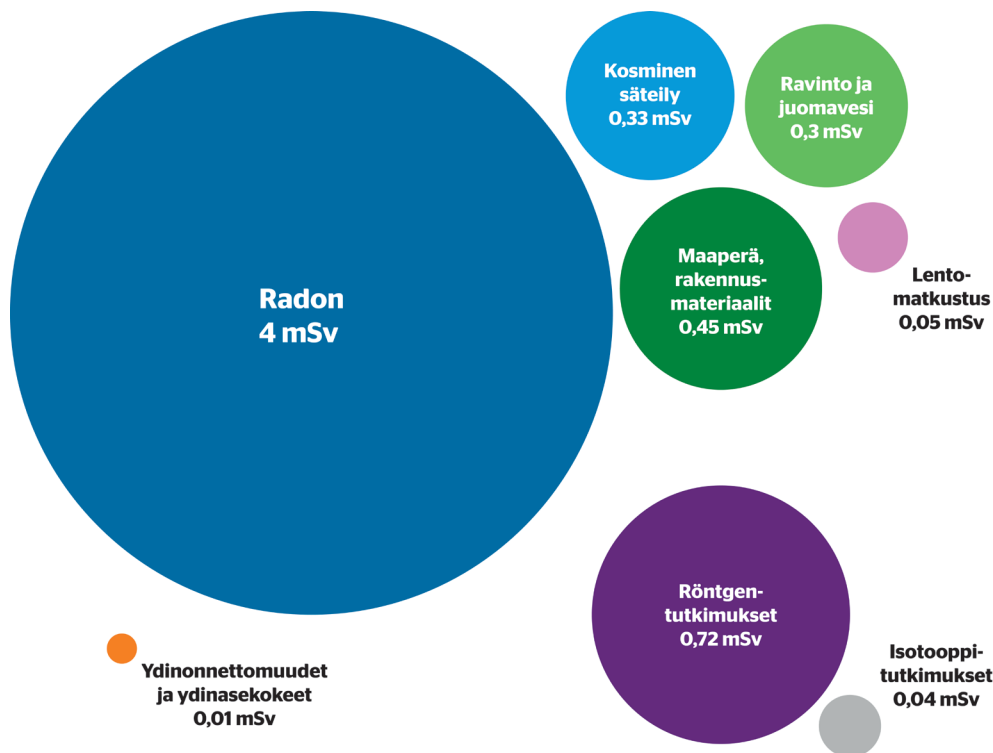
Ydinvoimalaitoksen toiminta ei aiheuta merkittävää tärinää. Voimalaitoksen liikenne on pääosin henkilöliikennettä, jonka aiheuttama tärinä on vähäistä ja rajoittuu Hanhikiventien välittömään läheisyyteen. Pysyviä tärinälähteitä ydinvoimalaitoksella ei ole.

## Radioaktiiviset aineet

Radioaktiivisia aineita esiintyy luonnostaan vähäisiä määriä kaikkialla ympäristössämme. Valtaosa ympäristön radioaktiivisista aineista on peräisin luonnollisista lähteistä, kuten esimerkiksi maaperän uraanista tai kosmisesta säteilystä, ja alle prosentti on seurausta ihmisen toiminnasta. Suomen luonnossa ihmisen toiminnasta aiheutunut radioaktiivisuus on peräisin lähinnä ydinasekokeista ja Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuudesta.

Radioaktiivisen aineen atomin ydin hajoaa kevyemmäksi ytimeksi, jolloin vapautuu ionisoivaa säteilyä. Tämä säteily on hajoamistavasta riippuen joko hiukkassäteilyä tai sähkömagneettista säteilyä. Säteilyn terveysvaikutuksia havainnollistetaan henkilön saamalla säteilyannoksella, jonka yksikkö on sievert (Sv). Sievert on yksikkönä suuri, minkä vuoksi käytännön sovelluksissa käytetään lähes aina sievertin tuhannesosia, millisievertiä (mSv), tai miljoonasosia, mikrosievertiä (µSv).

Säteilyturvakeskuksen (STUK 2018) laskelmien mukaan suomalaisen keskimääräinen vuosittain saama säteilyannos on noin 5,9 mSv. Merkittävin säteilyannoksen lähde on sisäilman radon, joka aiheuttaa melkein kaksi kolmasosaa vuotuisesta säteilyannoksesta, kun taas keinotekoiset radioaktiiviset aineet ympäristössä aiheuttavat vain 0,01 mSv. Vuosittaisen keskimääräisen säteilyannoksen eri osatekijät on eritelty kuvassa 1-3.



Kuva 1-3. Suomalainen saa keskimäärin 5,9 mSv:n säteilyannoksen vuodessa (STUK 2018).

## Radioaktiivisuus ydinvoimalassa

Valtaosa ydinvoimalaitoksen radioaktiivisista aineista sijaitsee käytetyssä ydinpolttoaineessa. Tuore polttoaine on uraanidioksidia ( $UO_2$ ) joka sisältää happea ja uraania. Lisäksi osaan polttoainetta on lisätty pieni määrä gadoliniumia, joka on hapen tavoin stabiili alkuaine. Tuoreen polttoaineen uraani on vain hyvin heikosti radioaktiivista, joten siitä ei aiheudu säteilyvaaraa.

Ydinreaktorissa lämpö syntyy polttoaineessa tapahtuvissa ydinreaktioissa, joissa neutronit hajottavat uraaniytimiä kevyemmiksi alkuaineiksi, fissiotuotteiksi. Halkeamisen sijaan osa uraaniytimistä kaappaa neutronin, jolloin muodostuu uraania raskaampia alkuaineita, transuraaneja. Valtaosa fissiotuotteista ja kaikki transuraanit ovat radioaktiivisia, minkä vuoksi käytetty polttoaine säteilee voimakkaasti ja sitä on käsiteltävä erityisellä huolella. Merkittävin turvallisuusvaatimus ydinvoiman hyödyntämisessä on pitää käytetyn polttoaineen radioaktiiviset aineet eristettyinä elollisesta ympäristöstä.

Huomattavasti pienempi osa ydinvoimalaitoksen radioaktiivisuudesta sijaitsee reaktoria jäähdyttävässä primääripiirissä ja siihen yhteydessä olevissa muissa järjestelmissä, kuten puhdistusjärjestelmissä. Vähäinen määrä aktiivisuutta voi myös päästä polttoaine-elementeistä jäähdytysveteen. Primääripiirin vettä puhdistetaan jatkuvasti, ja radioaktiiviset aineet kertyvät puhdistuksessa käytettäviin ioninvaihtohartseihin. Ioninvaihtohartsit lasketaan radioaktiiviseksi voimalaitosjätteeksi ja ne käsitellään ja sijoitetaan turvallisesti matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoitustilaan Hanhikiven niemelle.

## Ydinvoimalaitoksen käytöstä aiheutuvan säteilyaltistuksen raja-arvot

Ydinvoimalaitoksen luvanhaltija on velvoitettu asettamaan voimalaitokselle radioaktiivisten aineiden päästörajat, joita noudattamalla alitetaan varmuudella valtioneuvoston asetuksessa ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (717/2013) asetetut väestön annosrajat. Tämän asetuksen mukaisesti ydinvoimalaitoksen normaalista käytöstä väestölle aiheutuva annos ei saa ylittää 0,1 mSv:ä vuodessa eikä odotettavissa olevasta käyttöhäiriöstä saa aiheutua yli 0,1 mSv:n lisäystä normaaliin altistukseen.

Ydinvoimalaonnettomuudet jaetaan kolmeen luokkaan, joille on asetettu omat raja-arvot väestölle aiheutuvalla säteilyannoksella. Luokan 1 onnettomuuksille raja-arvo on 1 mSv, luokan 2 onnettomuuksille 5 mSv ja oletetun onnettomuuden laajennukselle 20 mSv, eli epätodennäköisempi onnettomuus voi aiheuttaa suuremman annoksen. Onnettomuuksien todennäköisyyksiä on käsitelty tarkemmin alun

perin kesäkuussa 2015 työ- ja elinkeinoministeriölle toimitetussa rakentamislupahakemuksen liitteessä 4B. Säteilyannoksien vertailukohteeksi voidaan ottaa keuhkoröntgenkuva, joka aiheuttaa kuvattavalle 0,1 mSv:n annoksen, tai vatsan alueen tietokonetomografia, joka aiheuttaa 7 mSv:n annoksen.

Hanhikiven ydinvoimalaitos suunnitellaan siten, että sen väestölle aiheuttama säteilyannos pysyy varmuudella asetettujen raja-arvojen alapuolella. Lisäksi Fennovoima määrittää Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitokselle ALARA-periaatteen (As Low As Reasonably Achievable) mukaisesti radioaktiivisten aineiden päästötavoitteet, jotka ovat valtioneuvoston asetuksessa asetettuja rajoja merkittävästi alhaisemmat. Esimerkiksi käytössä olevien suomalaisten ydinvoimalaitosten päästöt ovat tyypillisesti olleet alle prosentin valtioneuvoston asetuksen asettamista rajoista. Fennovoiman tavoite on, että Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt ovat korkeintaan Suomessa tällä hetkellä käynnissä olevien ydinvoimalaitosten tasolla. Päästöjen määrään voidaan vaikuttaa sekä laitoksen suunnittelulla että käytön aikaisilla toimilla.

Päästöille asetettavat tiukat rajat ja valvonta takaavat, että radioaktiivisten aineiden päästöt ovat hyvin pieniä ja niistä aiheutuvan säteilyn vaikutus ympäristössä on erittäin pieni verrattuna luonnossa normaalisti esiintyvien radioaktiivisten aineiden vaikutuksiin.

## Radioaktiivisuuden leviämisen estäminen

Radioaktiivisten aineiden leviämisen estämisen perustana on toiminnallinen ja rakenteellinen syvyysuuntainen turvallisuusperiaate, joilla kuvataan useita peräkkäisiä ja toisiaan varmentavia rakenteita ja toimintoja. Rakenteellisella syvyysuuntaisella turvallisuusperiaatteella tarkoitetaan neljää sisäkkäistä leviämistä estettä, joilla pystytään luotettavasti eristämään polttoaineen aktiivisuus ympäristöstä. Leviämistä estävät ovat keraaminen polttoaine, polttoaineen suojakuori, primääripiiri sekä suojarakennus.

1. Ensimmäinen rakenteellisen syvyysuuntaisen turvallisuusperiaatteen mukainen puolustuksen taso on ydinpolttoaine. Polttoaine on olomuodoltaan kiinteää keraamista materiaalia, josta voimakkaasti radioaktiivisten aineiden vapautuminen on hidasta. Näin ollen vain pieni osa radioaktiivisista aineista kulkeutuu ulos polttoainemateriaalista. Normaalin käytön aikana polttoaineesta vapautuu suojakuoren sisään lähinnä kaasumaisia ja herkästi höyrystyviä fissiotuotteita, kuten jalokaasuja sekä jodia ja cesiumia.
2. Toinen rakenteellinen syvyysuuntaisen puolustuksen taso on polttoaineen suojakuori. Polttoaine on suljettu kaasutiiviisti zirkonium-niobium-metalliseoksesta valmistettuun yhden millimetrin paksuiseen suojakuoreen. Yksi polttoainesauva on noin neljä metriä pitkä ja halkaisijaltaan yhden senttimetrin. Näitä polttoainesauvoja reaktorissa on kaikkiaan noin 50 000. Tiukoista laatuvaatimuksista huolimatta yksittäisissä polttoainesauvoissa voi ilmetä pieniä vuotoja. Vuotavien sauvojen varalle suunnitellaan toimenpiteet, jotta aktiivisuuden leviäminen ei aiheuta haittaa.
3. Kolmas taso on primääripiiri, joka on suunniteltu pidättämään sisällään primääripiirin jäähdytteessä olevat radioaktiiviset aineet. Primääripiiri muodostuu reaktoripaineastiasta, paineistimesta ja neljästä erillisestä jäähdytyskiertopiiristä, joissa kussakin on höyrystin ja pääkiertopumppu, sekä kaikkia näitä yhdistävästä putkilinjasta. Höyrystimet ovat lämmönvaihtimia, joissa lämpö siirtyy primääripiiristä sekundääripiiriin ilman, että piirien vedet sekoittuvat toisiinsa. Näin ollen radioaktiiviset aineet eivät pääse leviämään sekundääripiiriin veteen.
4. Uloin taso on kaksinkertainen suojarakennus, jonka sisällä on lähes kaikki laitoksella oleva radioaktiivisuus: reaktorisydän ja koko primääripiiri sekä käytetyn polttoaineen varastoaltaat. Sisempi osa suojarakennusta on esijännitetty teräsbetonirakenne, jonka kaasutiivis teräsvuoraus toimii leviämistä estänä. Ulompi suojarakennus on massiivinen teräsbetonirakenne, joka on suunniteltu kestämään suuren matkustajalentokoneen törmäys. Suojarakennuksen sisällä on tehokkaat paineenalennus- ja lämmönpoistojärjestelmät, joilla varmistetaan suojarakennuksen eheys onnettomuustilanteissakin.

## Päästöjen valvonta ja rajoittaminen

Ydinvoimalaitoksen valvonta-alueella tarkoitetaan laitoksen tiloja, joissa voi esiintyä radioaktiivisuutta järjestelmissä tai huonetiloissa. Valvonta-alueen päästöreitit (ilmanvaihto, jätevedet, jätteet, tavarat,



työkalut ja työntekijät) valvotaan jatkuvasti, jotta voidaan varmistua siitä, että mahdolliset päästöt ympäristöön pysyvät merkityksettömän pieninä. Mikäli normaalista poikkeavia aktiivisuustasoja havaitaan, voidaan päästöjä rajoittaa sitä varten suunnitelluilla järjestelmillä.

Radioaktiivisia aineita sisältävät kaasut johdetaan puhdistusjärjestelmään, jossa kaasuista poistetaan radioaktiivisia aineita muun muassa aktiivihiihiin suodattimien avulla. Puhdistetut kaasut johdetaan ilmastointipiipun kautta ilmaan. Radioaktiivisia päästöjä ilmaan tarkkaillaan ja mitataan kaasujen käsittelyjärjestelmissä monessa eri vaiheessa sekä lopuksi ilmastointipiipussa.

Valvonta-alueelta peräisin olevat radioaktiiviset nesteet johdetaan nestemäisten jätteiden käsittelyjärjestelmiin, jossa ne puhdistetaan ennen mereen johtamista siten, että päästöille asetetut rajat alittuvat selvästi. Mereen päästettävien vesien radioaktiivisuus määritetään ennen päästöä otettavasta näytteestä, jonka perusteella annetaan päästölupa. Päästön suuruus raportoidaan Säteilyturvakeskukselle itse päästöstä otettavan edustavan näytteen perusteella. Näiden lisäksi päästön suuruutta valvotaan mittaamalla se suoraan päästölinjasta ennen jäähdytysveden poistotunneliin johtamista. Päästöt pyritään pitämään mahdollisimman pieninä esimerkiksi kierrättämällä prosessi- ja allasvesiä ja minimoimalla jätevesien tuotanto. Sekä kaasumaisten että nestemäisten päästöjen rajoittamiseen käytetään parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa.

Valvonta-alueelta poistuvat tavarat ja työkalut tarkistetaan radioaktiivisuuden varalta ja puhdistetaan tarvittaessa. Valvonta-alueelta poistuttaessa varmistetaan myös henkilömonitorimittauksin, ettei työntekijöiden vaatteisiin tai iholle ole tarttunut radioaktiivisia aineita. Tarkastuksissa löytyneet radioaktiivisia aineita sisältävät materiaalit, esim. työvaatteet, joko puhdistetaan tai erotetaan suoraan materiaalivirrasta ja sijoitetaan pysyvästi voimalaitosalueelle rakennettavaan matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoitustilaan. Menettelyllä varmistetaan jätteen luotettava eristäminen elollisesta luonnosta, kunnes sen aktiivisuus on laskenut merkityksettömälle tasolle.

## Ympäristön säteilyvalvonta

Ydinvoimalaitoksen ympäristön radioaktiivisuutta tarkkaillaan mahdollisten muutosten havaitsemiseksi koko laitoksen elinkaaren ajan, suunnitteluvaiheesta laitoksen käytöstäpoistoon asti. Fennovoima on jo aloittanut Hanhikiven niemen ympäristössä laitospaikan luonnon ja siinä esiintyvien radioaktiivisten aineiden perustilan selvittämisen, Säteilyturvakeskuksen hyväksymän ohjelman mukaisesti, jotta mahdolliset laitoksen ja sen rakentamisen tuomat muutokset pystytään toteamaan luotettavasti.

Laitoksen käytön aikana säteilytasoja mitataan tarkasti ja kattavasti laitoksen lähistössä, muun muassa noin kymmenen kilometrin etäisyydelle ulottuvalla automaattisella säteilyvalvontaverkolla. Laitoksen vaikutus taustäsäteilyn tasoon tulee olemaan niin vähäinen, ettei sitä luotettavasti pystytä havaitsemaan ulkoisen säteilyn mittareilla. Merkittävin menetelmä ympäristön tarkkailussa tulee olemaan radioaktiivisten aineiden määrittäminen luonnosta kerätyistä näytteistä. Näytteitä otetaan kattavasti huomioiden erilaiset kulkeutumisreitit sekä ravintoketjujen eri vaiheet. Näytteitä kerätään esimerkiksi kasveista, sienistä, eläimistä, sadevedestä ja ilmasta.

## Päästöt poikkeuksellisissa tilanteissa

Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitokselta ei vakavassakaan reaktorionnettomuudessa aiheudu sellaista päästöä ympäristöön, joka aiheuttaisi väestönsuojelutoimenpiteitä laitoksen lähialueen ulkopuolella tai pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa- ja vesialueiden käytölle. Varsinaiset analyysit, joilla osoitetaan, että laitoksen päästöt alittavat kaikissa onnettomuustilanteissa ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta annetussa valtioneuvoston asetuksessa määritellyt raja-arvot, toimitetaan rakentamislupahakemukseen liittyen Säteilyturvakeskukselle toimitettavassa materiaalissa. Onnettomuuden varalle suunnitellaan valmiusjärjestelyt, joilla huolehditaan laitoksen saattamisesta turvalliseen tilaan ja minimoidaan ihmisille aiheutuva haitta radioaktiivisesta päästöstä. Tätä haittaa voidaan pienentää esimerkiksi suojautumalla sisätiloihin sekä evakuoinnilla ja joditableteilla. Fennovoiman henkilöstön ja viranomaisten yhteistoimintaa onnettomuustilanteissa tullaan harjoittelemaan säännöllisesti. Fennovoima vastaa ydinvastuulain (484/1972) mukaisesti myös mahdollisen onnettomuuden jälkitoimenpiteistä.

## Jätteet

### Voimalaitosjätteet ja käytetty polttoaine

Voimalaitosjätteen ja käytetyn polttoaineen arvioidut määrät ja niiden käsittelyyn ja varastointiin sekä loppusijoitukseen liittyvät menettelyt ja suunnitelmat on alun perin esitetty kesäkuussa 2015 työ- ja elinkeinoministeriölle toimitetussa rakentamislupahakemuksen liitteessä 5B. Sen jälkeen jätteiden käsittelyyn ja varastointiin sekä loppusijoitukseen liittyvät menettelyt ja suunnitelmat ovat pysyneet pääosin samoina, mutta nykyisen arvion mukaan hyvin matala-aktiivista, matala-aktiivista ja keskiaktiivista jätettä syntyy ydinvoimalaitoksen käytön aikana arviolta noin 6 300 m<sup>3</sup> ja käytöstäpoistojätettä noin 20 000 m<sup>3</sup>. Käytetyn ydinpolttoaineen kertymistä koskevat arviot ovat säilyneet vuonna 2015 esitetyllä tasolla, eli 1 200–1 800 uraanitonniassa. Voimalaitosjätteen ja käytetyn polttoaineen arvioidut määrät ja niiden käsittelyyn ja varastointiin sekä loppusijoitukseen liittyvät menettelyt ja suunnitelmat on esitetty kesäkuussa 2015 työ- ja elinkeinoministeriölle toimitetussa rakentamislupahakemuksen liitteessä 5B. Voimalaitosjätteiden käsittely ja varastointi tapahtuvat voimalaitoksen yhteydessä sijaitsevilla käsittely- ja varastotiloissa. Tilat varustetaan järjestelmillä, jotka mahdollistavat jätteiden turvallisen käsittelyn ja siirtämisen sekä radioaktiivisten aineiden määrän ja laadun seurannan. Jätteiden käsittely ja varastointi eivät aiheuta vaaraa ympäristölle. Voimalaitosjätteiden loppusijoitus toteutetaan siten, että radioaktiiviset jätteet eristetään elollisesta luonnosta niin, että ympäristön turvallisuus ei vaarannu missään vaiheessa.

Käytetyn polttoaineen käsittely- ja välivarastointitilat varustetaan ilmastointi- ja suodatusjärjestelmillä, jotka estävät poikkeustilanteissa mahdollisesti vapautuneiden radioaktiivisten aineiden pääsyn luontoon. Normaalitylanteessa käytetyn ydinpolttoaineen käsittelystä ja varastoinnista ei aiheudu vaikutuksia ympäristöön eikä lakisääteisiä raja-arvoja ylitetä.

Valtioneuvoston periaatepäätöksen M 6/2014 edellytyksen mukaisesti Fennovoima jätti kesäkuussa 2016 työ- ja elinkeinoministeriölle (TEM) käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitosta koskevan ympäristövaikutusten arviointiohjelman (Fennovoima 2016), joka käynnisti YVA-lain mukaisen menettelyn loppusijoitushankkeen ympäristövaikutusten arvioinnista sekä sijoituspaikkavaihtoehtojen soveltuvuudesta loppusijoituskäyttöön. Loppusijoitushankkeen tarkoituksena on huolehtia Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen käytön yhteydessä syntyvästä käytetystä ydinpolttoaineesta. Hankkeen yhteysviranomaisena toimiva TEM antoi YVA-ohjelmasta lausuntonsa joulukuussa 2016. Johtuen YVA-menettelyn poikkeuksellisen pitkästä kestoajasta TEM edellytti lausunnossaan (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016) Fennovoiman toimittavan sille selvityksiä loppusijoituslaitoshankkeen etenemisestä kyseessä olevan YVA-menettelyn aikana. Tammikuussa 2018 toimitetussa ensimmäisessä selvityksessä (Fennovoima 2018) Fennovoima tarkensi loppusijoituspaikkavaihtoehtojen valinta-aikataulua ja kertoi Posiva Oy:n kanssa solmitun palvelusopimuksen puitteissa laadittavan kolme loppusijoitusaihepiiriin liittyvää raporttia.

Lisäksi Fennovoima on toimittanut lokakuussa 2020 Säteilyturvakeskukselle laitoksen alustavan turvallisuusselosteen ydinjätteiden käsittelyä ja järjestelmiä koskevien osien (luku 11) kanssa Hanhikivi 1 -laitoksen ydinjätehuollon yleissuunnitelman.

### Tavalliset jätteet ja vaaralliset jätteet

Kuten muissa energiantuotantolaitoksissa tai teollisuuslaitoksissa, ydinvoimalaitoksella syntyy tavallisia jätteitä sekä vaarallisia jätteitä. Voimalaitoksella toteutettavan jätehuollon ensisijaisena tavoitteena on, että jätteitä syntyy mahdollisimman vähän. Jätteiden lajittelu ja keräys toteutetaan jätehuolto-ohjeistuksen mukaisesti, ja jätteiden laadusta, määrästä ja käsittelystä pidetään jatkuvaa kirjanpitoa jätelain edellyttämällä tavalla. Tavallisesta jätteestä toimitetaan mahdollisimman suuri osa hyötykäyttöön. Tavoitteena on hyödyntää ja kierrättää jätteistä 90 %. Laitosalueella ei ole omaa kaatopaikkaa.

Jättemäärät vaihtelevat vuosittain muun muassa laitoksen vuosihuollon pituudesta ja sen aikana tehtävistä huoltotoimenpiteistä riippuen. Laitoksella muodostuva tavallinen jäte koostuu muun muassa rauta- ja peltiromusta, puu-, paperi- ja kartonkijätteestä sekä biojätteestä ja energijätteestä. Vaarallisia jätteitä ovat muun muassa jäteöljyt ja muut öljyiset jätteet, loisteputket, liuotin- ja kemikaalijätteet sekä sähkö- ja elektroniikkaromu. Tavallisen jätteen määräksi arvioidaan noin 400 tonnia ja vaarallisen

jätteen määräksi noin 40 tonnia vuodessa.

Jäähdytysveden mukana laitokselle päätyy myös kiinteää ainesta eli välpettä, joka kerätään erillään välppeen käsittelylaitoksella. Välpe esikäsitellään tilavuuden pienentämiseksi ja välivarastoinnin helpottamiseksi. Hajua tai muuta haittaa sen käsittelystä ei arvioida syntyvän. Esikäsitelyn jälkeen välpe pakataan ja kuljetetaan voimalaitosalueelta käsiteltäväksi biojätteenä. Välpettä arvioidaan muodostuvan noin 5-15 tonnia vuodessa.

Kevyen polttoöljyn poltossa (varaenergiantuotanto) syntyy hyvin pieniä määriä tuhkaa ja kattiloiden huoltotöiden yhteydessä nuohousjätettä. Tuhka ja nuohousjätteet varastoidaan laitoksella suljetuissa astioissa siten, että ne eivät pölyä. Poltossa syntyvän tuhkan määrä määräytyy lähinnä käytettävän polttoaineen tuhkapitoisuuden mukaan. Kevyen polttoöljyn tuhkapitoisuus on alhainen. Vaaralliset jätteet, esimerkiksi erilaiset öljyiset jätteet, kerätään erillään omiin astioihin ja välivarastoidaan vaarallisten jätteiden varastossa. Tuhka ja nuohousjätteet sekä vaaralliset jätteet toimitetaan jatkokäsiteltäväksi ja loppusijoitettavaksi toimijoille, joilla on näihin asianmukaiset luvat.

## Lähteet

**FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy 2016.** Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen kantaverkkoon liittämiseen tarvittavat voimajohdot. Luonnonsuojelulain 65 §:n mukainen Natura-arviointi. Parhalampi-Syöläinlahti ja Heinikarinlampi (F11104201). Fingrid Oyj. 3.6.2016.

**Fennovoima 2016.** Käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Täydennys Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen rakentamislupahakemukseen. Kesäkuu 2016.

**Fennovoima 2018.** Fennovoiman ydinjätehuoltoa koskeva lisäselvitys. FH1-00038255. 26.1.2018.

**Kontula, T. & Raunio, A. 2018.** Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Luontotyyppien punainen kirja. Suomen Ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. Helsinki 2018.

**Lauri, H. 2013.** Virtausmalli Pyhäjoen edustalle lämpöpäästöjen leviämisen arviointiin. Suomen YVA Oy.

**Pöyry Environment Oy 2009.** Pyhäjoen Hanhikiven ydinvoimalaitoshanke, Natura-arviointi.

**Sito Oy 2014.** Selvitys Natura-arvioinnin tarpeesta Pyhäjoen Hanhikiven niemen ydinvoimalaitoksen toiminnan pitkäaikaisvaikutusten osalta.

**Sitowise Oy 2020a.** Hanhikiven niemen keltakurjenmiekan siirtoistutusten seuranta 2020. 22.6.2020.

**Sitowise Oy 2020b.** Hanhikiven niemen viitasammakkoseuranta 2020. 22.6.2020.

**STUK 2018.** Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018, toim. Teemu Siiskonen. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139611/Suomalaisten\\_keskima%20a%20ra%20inen\\_efektiivinen\\_annos\\_vuonna\\_2018.pdf?sequence=6](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139611/Suomalaisten_keskima%20a%20ra%20inen_efektiivinen_annos_vuonna_2018.pdf?sequence=6) (2.3.2021)

**SYKE (Suomen ympäristökeskus) 2021.** Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötieto-järjestelmät. <http://www.syke.fi/avointieto> Vesienhoidon 3. suunnittelukauden tietojärjestelmä, helmikuu 2021

**Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.** Ympäristövaikutusten arviointiohjelma Fennovoima Oy:n käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeelle; yhteysviranomaisen lausunto. TEM/1308/08.05.01/2016. 16.12.2016.

**Vatanen, Hynninen, Haikonen & Hoppo 2020.** Fishery monitoring during water construction works in 2019. Kala- ja vesijulkaisu nro 288. Kala- ja vesitutkimus Oy. 29.5.2020.

Ydinvoimalaitoksen sijoituspaikka

## Liite 2

# Täydentävä selvitys ydinvoimalaitoksen käytön aikaisista vaikutuksista merialueen luontoon ja kalatalouteen



# Yhteenvedo

Fennovoima toteutti vuosina 2013–2014 ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA), joka koski noin 1 200 megawatin suuruista ydinvoimalaitosta ja jonka sijoituspaikkana on Pyhäjoen kunnassa sijaitseva Hanhikiven niemi. Yhteysviranomaisena toiminut työ- ja elinkeinoministeriö antoi YVA-menettelyn päättävän lausuntonsa YVA-selostuksesta 2.6.2014 (TEM/1965/08.04.01/2013). YVA-lausunnossaan työ- ja elinkeinoministeriö edellytti Fennovoimalta merialueen luontoa ja kalataloutta koskevia lisäselvityksiä, jotka tulee liittää hanketta koskevaan rakentamislupahakemukseen. Tämä liite 2 (alkuperäisen kesäkuussa 2015 työ- ja elinkeinoministeriölle jätetyn rakentamislupahakemuksen liite 3B) sisältää ydinenergia-asetuksen (161/1988) 32 §:n kohdan 15 mukaiset työ- ja elinkeinoministeriön edellyttämät lisäselvitykset.

Liite on päivitetty helmikuussa 2021, jolloin päivitettiin nykytilan kuvaukset hankealueen kalaston, kalastuksen, vieraslajien, vedenalaisen luonnon ja luontotyyppien, hylkeiden esiintymisen sekä merialuesuunnitelman sekä ekologisesti tärkeiden merialueiden (EMMA) osalta. Päivitys pohjautui käytettävissä olevaan tarkkailuaineistoon sekä muuhun käytettävissä olevaan tietoon (mm. vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma, VELMU). Vieraslajeihin liittyen laadittiin erillinen selvitys, joka käsitteli myös muiden eläinlajien aiheuttamaa uhkaa hankealueella sekä ilmastonmuutoksen vaikutusta vieraslajien esiintymisen ja leviämiseen. Nykytilakuvauksessa päivitettiin erityisesti alueella esiintyvän meriharjuksen tietoja sekä arvioitiin voimalaitoksen käytön sekä sen rakentamisen vaikutusta siihen, sekä päivittyneitä luontotyyppitietoja (ml. näkinpartaisniityt sekä uposkasvivaltaiset pohjat), joihin kohdistuvat vaikutukset arvioitiin myös.

Lisäselvityksissä on arvioitu ydinvoimalaitoksen toiminnan vaikutuksia vieraslajien menestymiseen ja lisääntymiseen, hylkeiden vaelluskäyttäytymiseen ja viipymiseen Pyhäjoen merialueella, kalatalouteen ja vaelluskaloihin sekä uposkasvivaltaisiin pohjiin ja näkinpartaisniittyihin. Lisäksi on esitetty ydinvoimalaitoksen kannalta keskeiset merenhoitosuunnitelman tavoitteet sekä voimalaitoksen käytön aikaisten vaikutusten suhde niihin.

Vieraslajien ei arvioida lisääntyvän ydinvoimalaitoksen toiminnan vaikutuksesta. Meriveden lämpötilan kohoaminen voi kuitenkin edesauttaa uusien lajien sopeutumista alueelle. Jäähdytysveden aiheuttaman sula-alueen vaikutus hyljekantoihin ja niiden lisääntymiskäyttäytymiseen arvioidaan kokonaisuudessaan vähäiseksi.

Kalastuksen Hanhikiven niemen läheisyydessä arvioidaan estyvän tai vaikeutuvan lämpimän jäähdytysveden vaikutuksesta. Suurimmat haitat kalastukselle esiintyvät aivan lämpimän jäähdytysveden purkukanavan edustalla, ja haitat pienentyvät asteittain siirryttäessä etäämmälle Hanhikiven niemestä. Kalakannoissa ja lajien välisissä runsaussuhteissa tapahtuu todennäköisesti muutoksia. Muutokset voivat olla paikallisesti suuria, mutta koko Perämeren mittakaavassa vaikutusten arvioidaan jäävän hyvin vähäisiksi. Toiminnalla ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta vaelluskalojen reitteihin eikä niiden pääsyyn kutujokiinsa.

Hanhikiven niemen itärannalla sijaitsevat näkinpartaisniityt voivat taantua meriveden lämpötilan noususta, mutta uposkasvivaltaisten pohjien arvioidaan jopa hyötyvän siitä.

Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen toiminnan ei arvioida vaarantavan merenhoitosuunnitelman yleistä tavoitetta ”suojella, säilyttää ja tarvittaessa ennallistaa Itämeren siten, että se on biologisesti monimuotoinen, dynaaminen, puhdas, terve ja tuottava”.

# Täydentävä selvitys ydinvoimalaitoksen käytön aikaisista vaikutuksista merialueen luontoon ja kalatalouteen

## Vieraslajien menestyminen ja lisääntyminen Pyhäjoen merialueella

Vieraslajien esiintymistä ja niistä aiheutuvia vaikutuksia käsitellään tarkemmin erillisessä selvityksessä (AFRY 2020). Vieraslajien ei arvioida yleisesti ottaen lisääntyvän Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen toiminnan johdosta, mutta hankealueelle levitessään tietyt lajit voivat runsastua paikallisesti. Myös ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat edistää useiden vieraslajien leviämistä ja voimistaa haittavaikutuksia.

Voimalaitostoiminnalle haittavaikutuksia aiheuttavia vieraslajeja ovat erityisesti niin sanotut fouling-lajit, joita ovat jo Perämeren alueella esiintyvät kaspianpolyyyppi sekä vaeltajasimpukka. Vaeltajasimpukan osalta on huomioitava, ettei sitä vielä esiinny vakiintuneena Perämerellä eikä hankealueen lähialueilla, toisin kuin kaspianpolyyyppiä, jonka arvioidaan todennäköisesti aiheuttavan fouling-haittaa runsastuessaan alueella.

Muita alueelle potentiaalisesti leviäviä fouling-lajeja ovat merirokko, liejutaskurapu sekä valesinisimpukka. Vielä Suomen vesialueilla esiintymättömistä lajeista haitallisia fouling-lajeja ovat aasiansimpukka sekä vaeltajasimpukan sukulaislaji *Dreissena bugensis*. Kaikilla edellä mainituilla lajeilla on potentiaali levitä alueelle, mutta lähitulevaisuuden riski arvioidaan vähäiseksi. Kotoperäisistä lajeista levärupi voi aiheuttaa myös fouling-haittaa levitessään alueelle.

Voimalaitostoiminnalle voi aiheutua haittaa myös vedenottojärjestelmiin päätyvistä lajeista kuten koukkuvesikirpusta, jota esiintyy Perämeren alueella, ja joka voi hyötyä lauhdevesien aiheuttamasta vesien lämpenemisestä sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista aiheuttaen lajin massaesiintymiä. Vastaavanlaisia muita vedenottoon haittavaikutuksia aiheuttavia lajeja on muun muassa asovanhydropeduusa, joka tosin on havaittu Suomen vesialueilla ainoastaan satunnaisena harhailijana. Ilmastonmuutoksen myötä laji voi kuitenkin runsastua. Kotoperäisistä lajeista esimerkiksi tietyistä levistä voi aiheutua haittaa vedenotolle, jos niitä esiintyy runsaina määrinä.

Lauhdevesien vaikutuksista paikallisesti runsastuvia lajeja voidaan arvioida olevan useita, joista mustatäplätokko on todennäköisin sen esiintyessä jo Hanhikiven niemen lähivesissä. Erittäin aggressiiviseksi kilpailijaksi todetun mustatäplätokkon haittavaikutukset voivat olla merkittäviä sen pystyessä syrjäyttämään muita kalalajeja ja muuttamaan voimakkaasti Perämeren herkkää ekosysteemiä myös laajemmin lajin runsastuessa. Muita paikallisesti mahdollisesti runsastuvia lajeja on muun muassa kandanvesirutto. Edellä mainituista lajeista ei kuitenkaan koidu suoraa uhkaa voimalaitostoiminnalle.

## Hylkeiden esiintyminen ja vaelluskäyttäytyminen

### Hylkeiden esiintyminen

Tietoja hylkeiden eli norpan ja hallin esiintymisestä Hanhikiven niemen lähialueella on saatu alueen ammattikalastajilta, suoritetuista kaupallisen kalastuksen kalastustiedusteluista, Luonnonvarakeskuksesta sekä Ruotsin puolella hylkeiden laskennasta vastaavalta Luonnonhistorialliselta museolta.

Norppa asustaa Perämerellä ympärivuotisesti. Se pystyy elämään kiintojääalueilla pitämällä yllä hengitysreikäverkostoa. Hallit eivät tee hengitysavantoja kuten norppa, joten niiden on muutettava elinympäristöään jäätilanteen mukaan. Hallit siirtyvät jääpeitteen muodostumisen aikaan eteläisemmille, jäätömille merialueille tai kauemmas rannikosta. 1900-luvun alussa Itämeressä oli muutama satatuhatta norppaa. Kannat romahtivat tapporahalla tuetun metsästyksen ja ympäristömyrkkujen aiheuttamien lisääntymishäiriöiden vuoksi. Nykyään itämerennorppia niin sanottua Perämeren kantaa arvioidaan olevan noin 20 000 yksilöä.

Norppaemoja ja -kuutteja on Hanhikiven niemen lähialueella tyypillisesti heti jäiden lähdettyä. Kesäajaksi ne siirtyvät muualle, ja palaavat yleensä syyskuussa jolloin ne jäävät alueelle viettämään talvea ja pesimään. Norppia on Hanhikiven niemen lähialueella runsaasti, sillä esimerkiksi paikallisen ammattika-

lastajan rysiin jää vuosittain noin 20 norppaa. Yhdeltä lautalta on laskettu enimmillään 40 norppaa. Ne eivät kuitenkaan yleisesti ottaen suosi lähellä rantaa olevia alueita, joilla vesi on matalaa ja maapedot ovat lähellä.

Hallien laskentakanta, eli laskennoissa nähtyjen hallien määrä, on kasvanut 2000-luvun alun noin 10 000 yksilöstä nykyiseen lähes 40 000 yksilöön. Laskentatuloksen arvioidaan olevan 60–80 % kokonaiskannasta, joka olisi silloin noin 50 000–67 000 yksilöä. Sekä Perämeren että Selkämeren osalta laskentatulokset ovat molemmilla alueilla olleet noin 2000 ja kokonaiskanta-arviot tällöin 2500–3400. Hallien karvanvaihtoaikaisen esiintymisen ydinalue on edelleen Itämeren pääaltaan pohjoisreunalla Keski-Ruotsin saaristossa ja Suomen lounaissaaristossa. Laskentakanta on kasvanut Keski-Ruotsin saaristossa tasaisesti koko 2000-luvun, kun taas Suomen puolella kasvua ei ole tapahtunut enää viime vuosikymmenen puolenvälin jälkeen (tiedonanto, Markus Ahola, Ruotsin Luonnonhistorian museo).

Halli vaeltaa keväällä meren sulan reunan mukana pohjoiseen, mutta ei juuri rantaudu vielä silloin Hanhikiven niemen lähialueelle. Hallin metsästys tapahtuu viimeisiltä jäiltä ulkoa keskimereltä. Halli rantautuu Hanhikiven niemen lähialueelle tyypillisesti syys-lokakuussa ja poistuu alueelta meren jäätyminen myötä. Hallin liikkeet ja viipyminen alueella riippuvat jäätilanteen kehittymisestä. Halli pesii pääosin jäälautoilla sulan meren äärellä ja osin maalla. Hanhikiven niemen lähialueella halli ei pesi. Hanhikiven niemen lähialueella on halleja varsin runsaasti, sillä esimerkiksi paikallisen ammattikalastajan rysiin jää vuosittain noin 10 hallia. Viime vuosien kaupallista kalastusta koskevassa kalastustiedustelussa (mm. Vatanen ym. 2020) on muutamia havaintoja hylkeiden aiheuttamasta haitasta kalastuksessa ja hylkeiden määrän lisääntymisestä.

## Vaikutukset hylkeiden vaellukseen ja viipymiseen

Lauhdevesien aiheuttama sula-alue yltää enimmillään muutaman kilometrin etäisyydelle Hanhikiven niemestä, ja sen vaikutus hyljekantoihin arvioidaan kokonaisuudessaan vähäiseksi. Norppa ei pysty pesimään sula-alueella. Norppa on sopeutunut elämään talvella jääpeitteisellä alueella, joten sulan ei arvioida erityisesti houkuttelevan norppaa. Norppa voi kuitenkin käyttää sula-aluetta ruokailualueena myös talvella.

Lauhdevesien vaikutusalue voi houkuttaa hallia lähinnä paremman ravintotilanteen vuoksi. Tästä on havaintoja esimerkiksi Olkiluodon ydinvoimalan lauhdevesialueella Eurajoen suulla (Lehtonen ym. 2012). Halli vaeltaa meren jäätyessä etelään päin, eli käytännössä hallin viipyminen Hanhikiven niemen lähialueella määräytyy kiintojään reunan etenemisen mukaan. Halli ui päivittäin pitkiä matkoja ja aistii samalla kiintojään reunan etenemisen, joten se poistuu Hanhikiven niemen alueelta viimeistään silloin, kun meri jäätyy Hanhikiven niemen eteläpuolisella alueella. Hallin ei arvioida jäävän talvehtimaan sula-alueelle. Hallin lisääntymiskäyttäytymiseen sula-alueella ei ole vaikutusta.

## Kalasto ja kalatalous

Hanhikiven niemen edustan merialue on kalastollisesti ja kalataloudellisesti merkittävää aluetta, jossa yleisesti esiintyvät kalalajit edustavat tyypillistä Perämeren kalastoa. Tässä luvussa on esitetty tutkimustuloksia Hanhikiven niemen merialueen kalastosta ja kalojen kutualueista sekä ammatti- ja vapaa-ajan kalastuksesta ja arvioitu ydinvoimalaitoksen jäähdytysveden oton ja purun vaikutuksia merialueen kalastoon ja kalatalouteen.

## Nykyinen kalasto ja kalastus

### Kalasto

Hanhikiven niemen lähialueen kalastoa ja kalastusta on selvitetty viime vuosina mm. verkkokoekalastuksilla ja poikaspyynneillä sekä kalastustiedusteluilla liittyen vesistö-rakennustöiden rakennusaikaisiin tarkkailuihin sekä hankealueen perustilaselvityksiin (Vatanen ym. 2016, Karppinen ym. 2016, Karppinen ym. 2018, Karppinen ym. 2019, Vatanen ym. 2020, Hoppo ym. 2021).

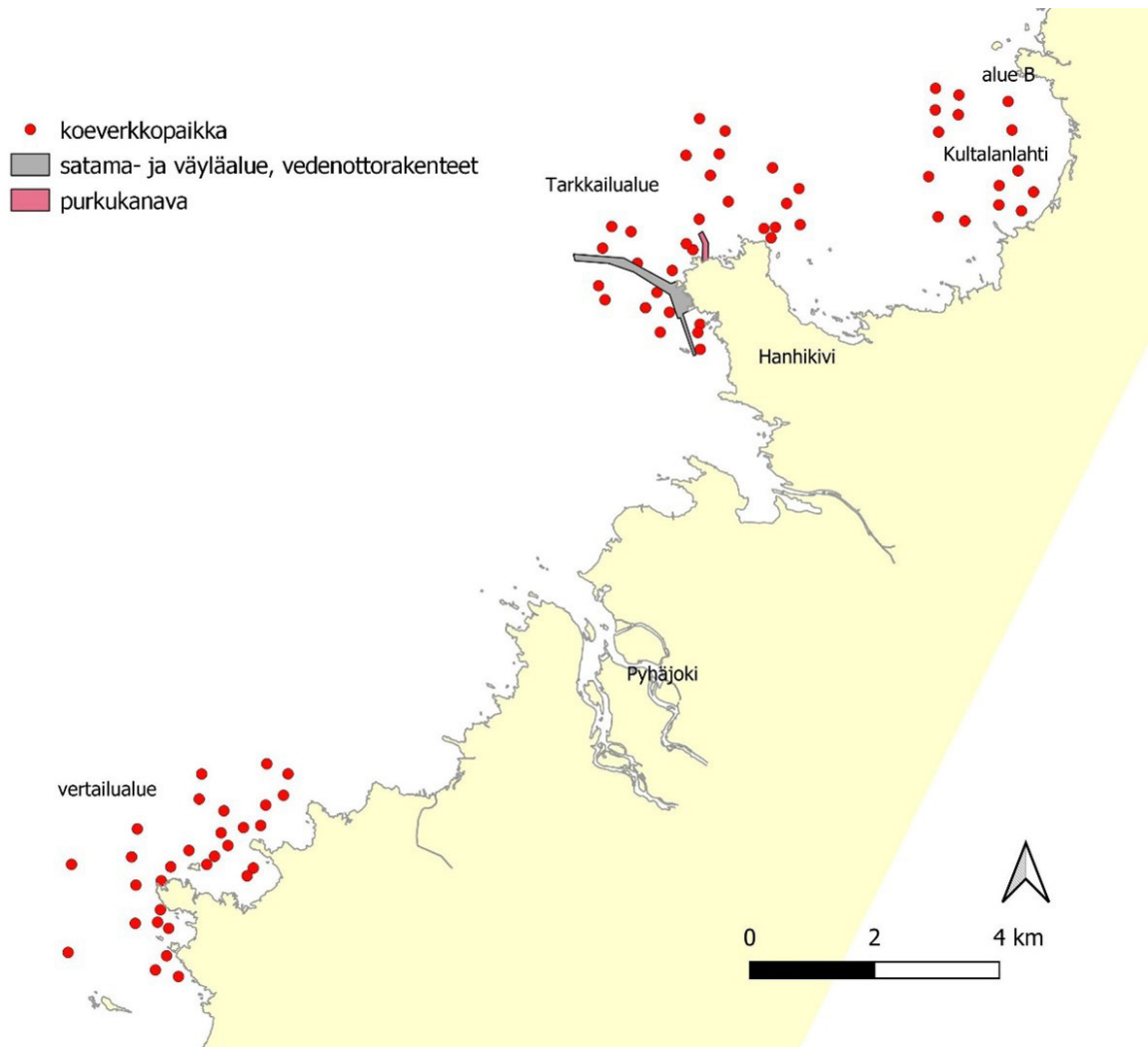
Hanhikiven niemen edustan merialueen tutkimuksissa on eri menetelmillä saatu saaliiksi kaikkiaan

noin 30 eri kalalajia. Vuosina 2014–2019 suoritettujen verkkokalastusten perusteella ahven, kiiski ja silakka ovat alueen runsaslukuisimmat saalislajit. Vesistö-rakennustöiden aikaisessa seurannassa vuosina 2017–2019 pyyntiä tehtiin kolmella eri alueella (1. tarkkailualue, 2. alue B ja 3. vertailualue) (kuva 2-1). Vuosina 2014 ja 2016 rakennustöitä ei suoritettu, mutta pyyntialueet olivat osittain samat. Eri vuosien välillä saaliissa oli vaihtelua lähinnä särkikalojen osalta, joiden saaliit ovat kasvaneet (kuva 2-2). Verkkoosaaliissa on esiintynyt verrattain hyvin siikaa, jonka saaliit ovat kasvaneet vuoteen 2019 mentäessä. Alueella esiintyy myös uhanalaista meriharjusta.

Tehtyjen poikasselvitysten perusteella Hanhikiven niemen ympäristö on merkittävää karisiian, muikun ja silakan poikastuotantoaluetta. Karisiika ja muikku kutevat matalikolle loka–marraskuussa. Silakan kutu tapahtuu alueella pääosin kesäkuun puolivälistä heinäkuun puoliväliin. Meriharjuksen lisääntymistä käsitellään luvussa ”vaelluskalojen reitit ja pääsy kutujokiinsa”.

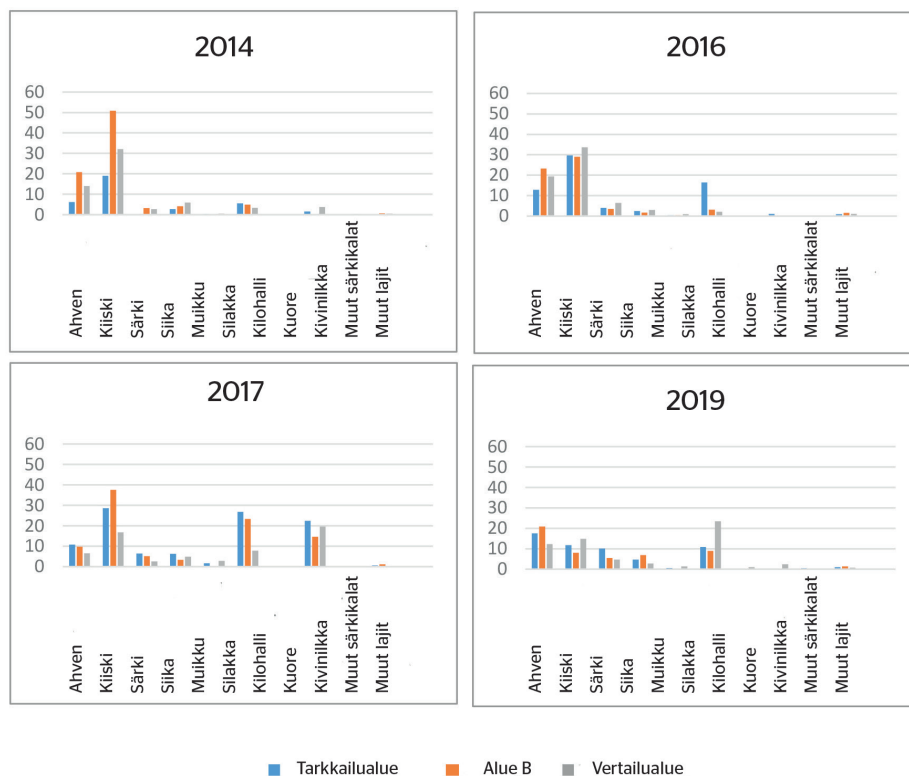
Ammattikalastajien mukaan selvitysalueen merkittävimmät karisiian ja silakan kutualueet sijaitsevat välittömästi Hanhikiven niemen pohjoispuolisella alueella sekä Maanahkiaisen ja Lipinän matalikoilla, jotka sijaitsevat noin 7–9 kilometriä Hanhikiven niemestä pohjoiseen (kuva 2-3). Ulkomerialueella sijaitsevia merkittäviä silakan ja karisiian kutualueita ovat Matin ja Sumun matalikot sekä Ulkonahkiainen. Samoilla matalikoilla karisiian ja silakan kanssa kutee myös muikku. Silakan kudussa on Hanhikiven niemen edustan merialueella runsasta vuosittaista vaihtelua. Poikaspyynneillä on saaliiksi saatu myös tokkojen, ahvenen ja kolmipiikin poikasia (Happo ym. 2021).

Taulukkoon 2-1 on kerätty Hanhikiven niemen edustan merialueella esiintyviä kalalajeja sekä tehty arvio niiden lisääntymisestä ja poikas- ja aikuisvaiheesta vedenottoalueella. Arvio perustuu vuosien 2014–2019 tietoihin.

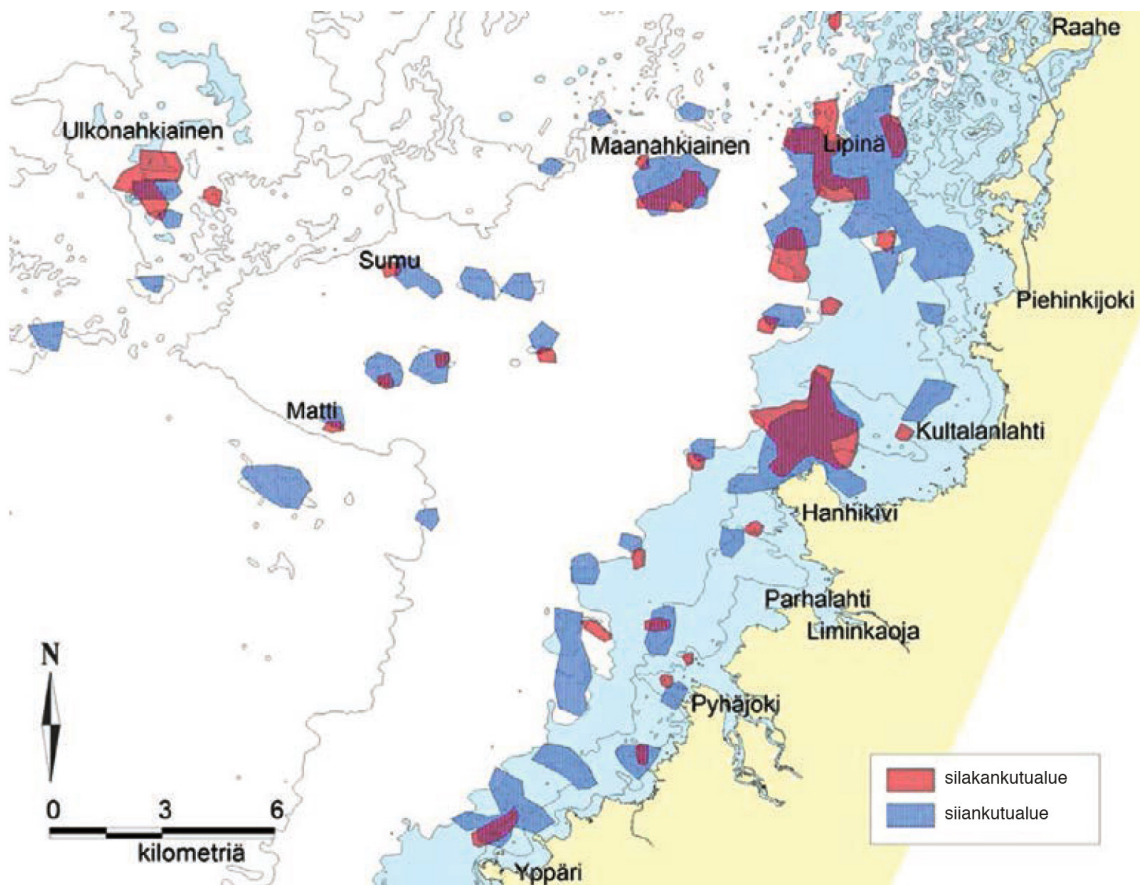


Kuva 2-1. Coastal-verkkokoekalastuksen pyyntialueet Hanhikivi 1 -hankkeen vesistö-rakennustöiden aikaisessa tarkkailussa (Vatanen ym. 2020).





Kuva 2-2. Yleisimpien lajien ja lajiryhmien vuosittaiset yksikkösaaliit (kpl/verkko) alueittain. Ryhmään muut särkikalat (M.särkikalat) kuuluvat lahna, salakka, säyne ja seipi. Ryhmään muut lajit kuuluvat kivisimppu, kolmipiikki, kuha, lohi, made, taimen, mustatäplätokko, nahkiainen, hauki, harjus ja härkäsimppu (Vatanen ym. 2020).



Kuva 2-3. Ammattikalastajien ilmoittamat karisiian ja silakan kutualueet (Karpinen ja Vatanen 2014).

Taulukko 2-1. Hanhikiven niemen edustalla esiintyvien kalalajien yleisyys eri elinvaiheissa. Arvio kalalajien yleisyydestä perustuu vuosina 2009–2020 kerättyihin aineistoihin. Harjuksen tiedot esitetään myös taulukossa 2-3.

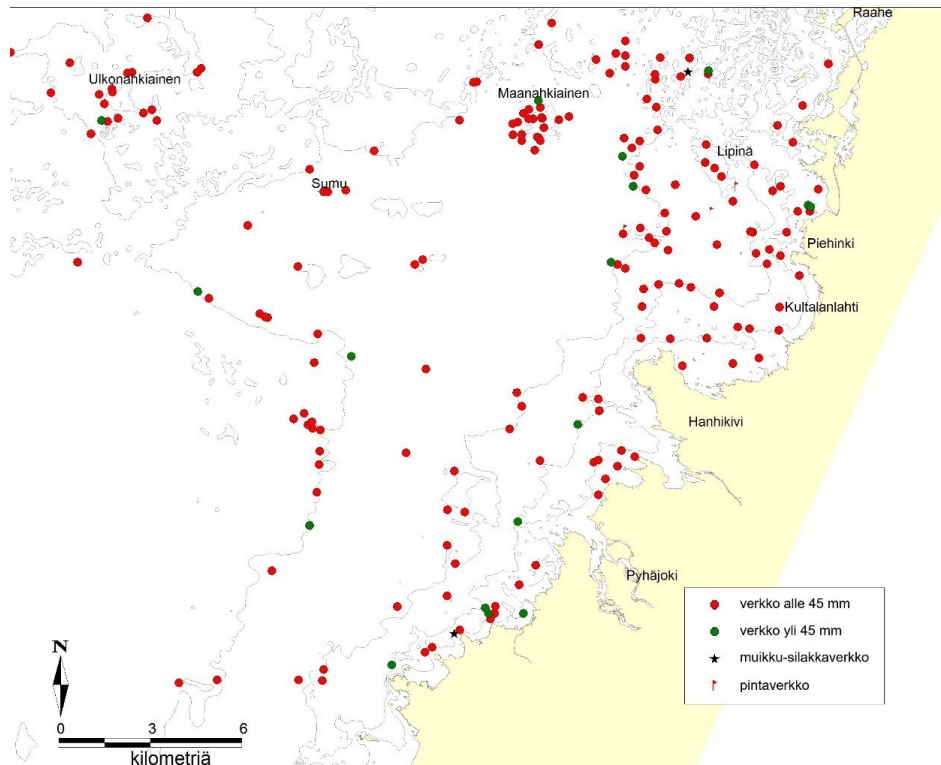
Laji	Kutuaika	Esiintymisen yleisyys hankealueen läheisyydessä			
		Kutu alueella	Varhaispoikasvaihe	Poikasvaihe	Yli yksivuotiaat
Ahven	touko-kesäkuu	ei merkittävästi		runsas	runsas
Hauki	toukokuu	ei merkittävästi		ei luultavasti	runsas
Harjus	touko-kesäkuu	erilaisia kantoja			havaitaan alueella
Härkäsimppu	joulu-tammikuu	todennäköisesti, puutteellisesti tunnettu			havaitaan alueella
Kiviniilikka	elo-syyskuu	todennäköisesti, puutteellisesti tunnettu			havaitaan alueella
Kivisimppu	touko-kesäkuu	todennäköisesti, puutteellisesti tunnettu			havaitaan alueella
Kiiski	touko-heinäkuu	todennäköisesti		runsas	runsas
Kuha	touko-kesäkuu	epätodennäköistä			havaitaan harvoin
Kilohaili	kesä-elokuu	ei		ei havaittu	satunnainen
Kymmenpiikki ja kolmipiikki	kesä-heinäkuu	yleisesti		runsas	runsas
Kuore	toukokuu	ei todennäköisesti			runsas
Made	tammi-helmikuu	kutee joissa	puutteellisesti tunnettu		yleinen
Mutu	kesä-heinäkuu	yleisesti		runsas	runsas
Pikkutuulenkala	touko-heinäkuu	todennäköisesti, puutteellisesti tunnettu		runsas	runsas
Siika ja muikku	loka-marraskuu	yleisesti	runsas	runsas	runsas
Silakka	touko-heinäkuu	yleisesti	runsas	runsas	runsas
Syyskutuinen silakka	puutteellisesti tunnettu		havaitaan alueella		
Särkikalat	touko-heinäkuu	ei merkittävästi		runsas	runsas
Tokot	touko-heinäkuu	yleisesti			runsas

## Ammattikalastus

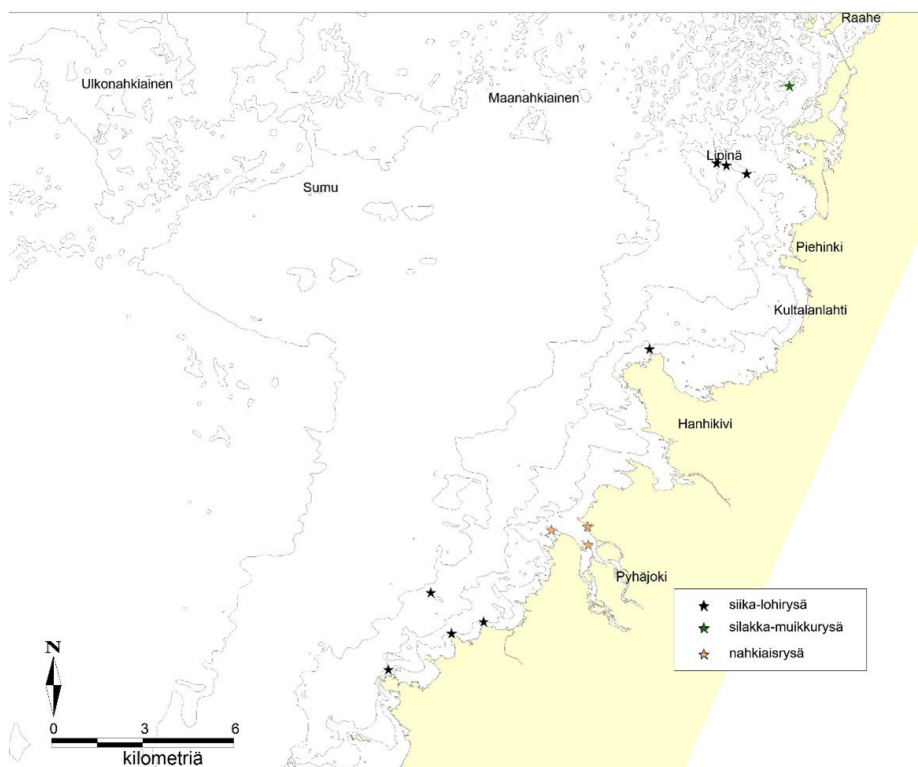
Selvitysalueella kalastaa ammatikseen vuotta 2019 koskevan selvityksen mukaan 17 ammattikalastajaruokakuntaa (Karppinen ym. 2020). Postitse suoritettua kyselyssä olivat mukana Lapin ELY-keskuksen ylläpitämän kaupallisen kalastuksen rekisterin 1- ja 2-luokkaan kuuluvat kalastajat (yhteensä 29 ruokakuntaa). Pyhäjoen ja Raahen edustan merialueella käytetyin pyyntiväline oli alle 45 millimetrin pohjaverkko, jota vuonna 2019 oli noin 49 988 pyydysyksikköä. Yli 45 millimetrin pohjaverkkoja käytettiin myös runsaasti, noin 32 000 pyydysyksikköä. Muita käytettyjä pyydysiksiä olivat muun muassa siika- ja lohirsä, made- ja haukikoukut sekä muikku/silakkaverkko, joita käytettiin pohjaverkkoihin nähden vain vähän. Alueella ei harjoiteta troolikalastusta (Karppinen ym. 2020). Tiedustelualueella kalastettiin ympäri vuoden, mutta kalastus painottui selvästi kesä-lokakuun väliselle ajalle. Verkkokalastusta harjoitettiin lähes koko tiedustelualueella, lähinnä rannikon tuntumassa ja ulkomerialueen matalikoiden läheisyy-

dessä, myös talvella (kuva 2-4). Erittäin runsaasti verkkopyyntiä kohdentui siian ja silakan kutualueille.

Rysäkalastusta harjoitettiin neljällä alueella: Lipinässä, Kultalanlahdella, Hanhikiven niemellä sekä Pyhäjoen ja Yppärin välisellä alueella (kuva 2-5). Talvikalastus painottuu rannikon läheisyyteen, ja suurin osa talvikalastusalueista sijoittuu Hanhikiven niemien pohjoispuoliselle merialueelle. Vuonna 2019 ammattikalastajien saalis tiedustelualueelta oli noin 16 500 kg kalaa (taulukko 2-2). Siian osuus kokonaissaaliista oli lähes 53 %, josta karisiika muodosti valtaosan (45 %). Ahventa saatiin saaliiksi melko runsaasti (23 %). Muita kaupallisesti merkittäviä saalislajeja olivat silakka, muikku, meritaimen ja lohi.



Kuva 2-4. Kaupallisten kalastajien tyypillisimmät verkkokalastusalueet (Vatanen ym. 2020).



Kuva 2-5 Kaupallisten kalastajien rysäpaikat Pyhäjoen ja Raahen edustan merialueella vuonna 2019 (Vatanen ym. 2020).

Taulukko 2-2. Ammattikalastajien vuoden 2019 pyynnistä ilmoittamat saaliit (Vatanen ym. 2020).

Pyyntikuukausi														
Saalis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yht.	%-osuus
Ahven	223	19	21	80	303	567	617	350	350	178	6	0	<b>3 861</b>	<b>23,5</b>
Hauki	19	23	23	10	10	15	15	10	30	0	0	0	<b>155</b>	<b>0,9</b>
Kuha	0	0	0	0	0	0	4	2	4	0	0	0	<b>10</b>	<b>0,1</b>
Made	24	83	5	5	10	0	0	0	10	33	10	0	<b>197</b>	<b>1,2</b>
Silakka	0	3	8	12	15	70	20	20	56	14	9	0	<b>537</b>	<b>3,3</b>
Muikku	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	<b>190</b>	<b>1,2</b>
Lohi	0	0	0	0	1	71	41	86	0	0	0	0	<b>199</b>	<b>1,2</b>
Meritaimen	3	0	0	10	0	9	0	0	0	50	0	0	<b>102</b>	<b>0,6</b>
Karisiika	43	263	144	20	315	1026	970	634	653	1273	100	0	<b>7 455</b>	<b>45,3</b>
Vaellussiika	0	0	0	0	85	110	110	280	279	230	30	0	<b>1 384</b>	<b>8,4</b>
Meriharjus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Lahna	0	0	0	12	48	290	160	110	3	5	0	0	<b>1 278</b>	<b>7,8</b>
Särki	0	9	11	35	0	20	30	0	10	8	12	0	<b>693</b>	<b>4,2</b>
Nahkiainen	0	0	0	0	0	0	0	50	150	100	0	0	<b>300</b>	<b>1,8</b>
Muu	0	70	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>90</b>	<b>0,5</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>312</b>	<b>470</b>	<b>232</b>	<b>184</b>	<b>187</b>	<b>2178</b>	<b>1967</b>	<b>1542</b>	<b>1555</b>	<b>1891</b>	<b>167</b>	<b>0</b>	<b>16 451</b>	<b>100,0</b>

### Kotitarve- ja vapaa-ajankalastus

Pyhäjoen ja Raahen edustan merialueen kotitarve- ja vapaa-ajankalastusta on viimeksi selvitetty koskien vuoden 2016 kalastusta (Haikonen ym. 2017). Kysely tehtiin väestörekisteripohjaisena kolmen kontaktikerran tiedusteluna. Kyselyn perusteella noin 896 ruokakuntaa harjoittaa kalastusta alueella. Kalastaneista 91 % ilmoitti saaneensa saalista. Kalastaneisiin ruokakuntiin kuului keskimäärin kolme henkilöä, joista kaksi osallistui kalastukseen.

Raahen ja Pyhäjoen edustan merialueella kalastettiin yhteensä noin 27 000 vuorokautena kyseisen tarkasteluajanjakson aikana. Eniten kalastusta harjoitettiin kesäkuun ja syyskuun välisenä aikana. Vähäisintä kalastus oli loppusyksyllä ja alkutalvella. Suosituin pyydystyyppi oli alle 40 millimetrin pohjaverkko, joita käytti noin puolet kalastaneista ruokakunnista (6 721 pyyntipäivää). Muita suosittuja pyydystyyppijä olivat yli 45 millimetrin pohjaverkko (5 434 pyyntipäivää), heittovapa/vetouistin (3 081 pyyntipäivää) ja onki (2 028 pyyntipäivää).

Talvikalastusta kalastaneista ruokakunnista harjoitti noin 30 %. Talvikalastusmuotoja olivat pilkkiminen, verkkokalastus ja koukkukalastus.

Keskimääräinen kokonaissaalis kalastanutta ruokakuntaa kohden oli 86 kg ja kokonaissaalis noin 78 500 kg. Eniten saaliiksi saatiin ahventa (23 %), karisiikaa (23 %) ja vaellussiikaa (16 %). Myös hauki, särki ja lahna olivat yleisiä saaliskaloja.

### Jäähdytysveden oton vaikutukset

Ydinvoimalaitoksen käytön aikaiset kalataloudelliset vaikutukset on arvioitu Kala- ja vesitutkimus Oy:n toimesta vuonna 2014. Tässä luvussa esitetyt jäähdytysveden oton vaikutukset kalastoon ja kalatalouteen perustuvat vaikutusten arvioinnista laadittuun raporttiin (Karppinen ym. 2014) ja siihen tehtyihin lisäyksiin.

Jäähdytysveden ottoon kulkeutuvat kalat ovat pääasiassa pieniä ja nuoria yksilöitä sekä parvissa liikkuvia pienikokoisia lajeja. Etenkin vesipatsaassa virtausten mukana ajelehtivat vastakuoriutuneet

kalanpoikaset päätyvät helposti vedenottokanavaan. Voimalaitosten vedenottoon päätyy useimmiten kaikkia alueella esiintyviä kalalajeja ja kalojen määrä yleensä kasvaa jäähdytykseen käytettävän vesimäärän myötä.

Vedenottokanavaan on joutunut Itämeren alueella Ruotsin ydinvoimalaitoksilla 14-29 miljoonaa yksilöä (25 000-51 000 kg) vuosittain. Suomessa Olkiluodon ydinvoimalaitoksella määrä on ollut pienempi, noin 6 miljoonaa kalaa (11 000 kg) vuodessa. Käytettyyn vesimäärään suhteutettuna tämä tarkoittaa 3,3-8,3 yksilöä/1 000 m<sup>3</sup> jäähdytysvettä. Kaikille laitoksille joutui hyvin samankokoisia kaloja ja pääasiassa hyvin pieniä yksilöitä.

Kalojen määrät vaikuttavat suurenevan alueellisen planktonituotannon noustessa ja etelää kohti mentäessä. Tämän perusteella Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen jäähdytysjärjestelmään ajautuvien kalojen määrän arvioitiin jäävän selvästi pienemmäksi kuin eteläisen Ruotsin voimalaitoksilla ja myös jonkin verran pienemmäksi kuin Olkiluodossa (3,3 yksilöä/1 000 m<sup>3</sup>). Jos Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen jäähdytysvesikanavaan joutuisi esimerkiksi 2 yksilöä/1 000 m<sup>3</sup> jäähdytysvettä, olisi vuosittainen kalamäärä noin 2,8 miljoonaa yksilöä ja 4 800 kg vuodessa.

Erityisesti lajit, joilla on niin sanottu pelagiaalinen poikasvaihe, ovat vaarassa ajautua vedenottokanavaan. Tällaisia lajeja ovat Pyhäjoen edustan merialueella yleisesti esiintyvät lajit, silakka, siika, muikku, pikkutuulenkala ja tokot. Myös aikuisia ja pienikokoisia lajeja päätyy jäähdytysvesikanavaan. Kolmipiikki on ollut yleisin vedenottoon joutunut kalalaji edellä mainituilla ydinvoimalaitoksilla. Laitoksiin päätyy myös suuria määriä silakkaa ja kuoretta. Muita yleisiä lajeja ovat olleet kymmenpiikki, ahven, siloneula ja kiiski. Kaikkia näitä lajeja tulee todennäköisesti päätymään vedenottoon myös Pyhäjoella. Vedenottoon ajautuu pääasiassa pienikokoisia runsaslukuisena esiintyviä parvikaloja sekä pieniä poikasia, joiden luontainen kuolleisuus on suurta. Vedenottoon voi satunnaisesti päätyä myös uhanalaisen meriharjuksen nuoria yksilöitä, joista merialueella suurin osa on todennäköisesti istutettua kantaa. Haitta-vaikutusten lieventämiseksi laitokselle suunnitellaan niin sanottua kalapakoputkea, jonka tarkoitus on vapauttaa osa kaloista. Menetettyjen poikasmäärien aiheuttama vaikutus kalakantoihin ja saalismääriin jäänee vähäiseksi ja paikalliseksi.

## Jäähdytysveden purun vaikutukset

Tässä luvussa esitetyt kuvaukset jäähdytysveden purun vaikutuksista kalastoon ja kalatalouteen perustuvat pääosin vaikutusten arvioinnista laadittuun Kala- ja vesitutkimus Oy:n raporttiin (Karppinen ym. 2014).

### Vaikutukset kaloihin

Kalojen sietokyky lämpötilojen ja niiden vaihtelun suhteen vaihtelee lajeittain ja yksilön kehitysvaiheesta riippuen. Aikuiset kalat ja hieman isommat poikaset sietävät paremmin lämpötilan muutoksia, ja ne voivat siirtyä muualle lämpötilan noustessa liian korkeaksi. Pienemmät poikaset ja etenkin vastakuoriutuneet poikaset ja mätimunat, jotka ovat herkimpiä lämpötilan suhteen, ovat alttiina ydinvoimalaitoksen lämpimien purkuvesien suorille vaikutuksille. Muuttuneista olosuhteista hyötyvät todennäköisimmin ne kalalajit, jotka sietävät lämpötilojen muutoksia. Muutoksista kärsivät eniten lajit, jotka ovat sopeutuneet kylmiin vesiin ja joiden mätimunat kehittyvät kylmissä vesissä talven aikana tai vaativat kylmää vettä kehittyäkseen (mm. harjus) (Keränen 2015). Vuodenaika, sääolosuhteet ja tuulen suunta vaikuttavat suuresti siihen, miten jäähdytysvesi leviää Hanhikiven niemen ympäristössä. Mallinnusten (Lauri 2013) mukaan lämpimän jäähdytysveden vaikutus on suurin ja vaikutusalue laajin veden pintakerroksessa (0-1 m). Lämpötilan nousua ei juurikaan havaita enää yli 4 metrin syvyydessä. Jäähdytysveden vaikutusalueen kokonaislaajuutta arvioitiin kalatalousvaikutusarviossa yhdistämällä mallinnusraportissa (Lauri 2013) esitetyt pinta-alatiedot ja leviämiskartat ja jakamalla alue kolmeen vyöhykkeeseen vaikutuksen voimakkuuden perusteella. Purkukanavan suulla veden lämpötila on lähes jatkuvasti noin 10 °C muuta vesialuetta korkeampi noin 0,03-0,19 km<sup>2</sup>:n (3-19 ha) kokoisella alueella (niin kutsuttu voimakkaan lämpövaikutuksen alue). Tältä alueelta kalat pääasiassa karkottuvat liian korkeiden lämpötilojen takia ainakin kesäkaudella ja kalojen lisääntymisen onnistuminen alueella on epätodennäköistä.

Vähintään 3 °C:n lämmön nousua havaitaan veden pintakerroksessa (0-1 m) noin 4 km<sup>2</sup>:n alueella (niin kutsuttu suuren lämpövaikutuksen alue). Tällä alueella liikkuu kaloja säännöllisesti, mutta kalojen karkottumista tapahtunee ainakin lämpimimpänä kesäaikana. Kohonneet lämpötilat ja lisääntyneet

lämpötilan vaihtelu voivat aiheuttaa lisääntymishäiriöitä ja mätimunien kuolemista herkimpien lajien kohdalla. Esimerkiksi siian ja muikun lisääntyminen todennäköisesti häiriintyy tällä alueella.

Kokonaisvaikutusalue, jolla voidaan kesäaikaan havaita vähintään 1 °C:n lämmön nousua veden pintakerroksessa ainakin ajoittain (niin kutsuttu vähäisen lämpövaikutuksen alue), on kaikkiaan noin 40 km<sup>2</sup>:n suuruinen. Vähintään yhden asteen verran lämmenneen pintakerroksen pinta-ala on kuitenkin aina kokonaisvaikutusalueetta pienempi ja vaihtelee 5-19 km<sup>2</sup>:n välillä kokonaisvaikutusalueen sisällä. Lämmenneen vesialueen muoto, sijainti ja pinta-ala sekä lämpövaikutuksen voimakkuus (lämmön nousu) vaihtelevat jatkuvasti sääolosuhteista ja vuodenaajasta riippuen. Yleisesti ottaen lämpimän veden leviäminen ja jäähtyminen on tehokasta Hanhikiven niemen edustalla avoimen ja tuulisen merialueen sekä veden hyvän vaihtuvuuden ansiosta.

Alueella on kuitenkin laajoja, hyvin matalia kalanpoikasten suosimia ranta-alueita, joilla lämpimien vesien vaikutus tulee olemaan voimakkainta. Pyhäjoen edustan merialueelle tyypillisimpien tuulen-suuntien perusteella lämpimät jäähdytysvedet leviävät enimmäkseen pohjoisen ja idän suuntaan Kultalanlahdelle, jonne saattaa otollisissa sääolosuhteissa muodostua hyvät kasvuolosuhteet kalanpoikasille ja aikuisillekin kaloille. Kultalanlahden matalassa rantavyöhykkeessä veden lämpötila saattaa kuitenkin kohota kesähelteellä kaloille liian korkeaksi. Lämmön nousun aiheuttama rehevöitymisvaikutus jäänee kokonaisuudessaan vähäiseksi Hanhikiven niemen ympäristössä alueen vähäravinteisuuden ja alhaisen perustuotannon takia. Perustuotannon kasvulla voi olla myönteisiä vaikutuksia kalojen ravintotilanteeseen pohjaeläintuotannon parantuessa laajemmalla alueella. Toisaalta alueelle tulee ravinnekuormitusta esimerkiksi Pyhäjoen valuma-alueelta, ja lisääntyvän perustuotannon seurauksena nämä ravinteet päätyvät aiempaa tehokkaammin kiertoön paikallisessa ekosysteemissä. Tämä saattaa johtaa rehevöitymiskehityksen voimistumiseen etenkin niillä matalilla ranta-alueilla, joille kohdistuu lämpövaikutuksia säännöllisesti.

Muuttuvista olosuhteista hyötyvät nopeutuneen kasvun myötä todennäköisimmin ahven ja särkikalat sekä näitä ravintonaan käyttävä hauki. Mahdollisesti runsastuviin kalalajeihin kuuluu myös alueella vähäisenä esiintyvä kuha. Silakka pystyy lisääntymään jäähdytysveden vaikutusalueella, mutta kohonneiden lämpötilojen myötä aikaistuvan kudun seurauksena liian varhain keväällä kuoriutuvien poikasten kuolleisuus on suuri. Jäähdytysveden vaikutukset kohdistuvat todennäköisesti voimakkaimmin kylmempään vesiin sopeutuneisiin ja syksyllä kuteviin siikaan ja muikkuun niiden poikastuotannon heikentymisen takia sekä mahdolliseen meriharjusten luonnonlisääntymiseen merialueella. Lämpimien jäähdytysvesien vaikutuksesta aiheutuu todennäköisesti muutoksia paikallisissa kalakannoissa ja lajien välisissä runsaussuhteissa. Muutokset voivat olla paikallisesti suuria, mutta koko Perämeren mittakaavassa vaikutukset jäänevät hyvin vähäisiksi.

## Vaikutukset kalastukseen

Ydinvoimalaitoksen käytöllä on erityyppisiä vaikutuksia sekä ammatti- että vapaa-ajankalastukseen. Kalastus voi estyä tai vaikeutua ja kalaston rakenne ja poikastuotanto muuttua. Kokonaisuutena vaikutukset kalastamiseen jäähdytysveden voimakkaiden vaikutusten alueella arvioidaan luokkaan ”suuri”. Vaikutukset pienenevät asteittain siirryttäessä etäämmälle Hanhikiven niemestä. Kalastuksen kannalta vaikutukset ovat pääosin negatiivisia, mutta myös positiivisia vaikutuksia esiintyy esimerkiksi kalojen parantuneena kasvuna.

Ydinvoimalaitoksen ympärille perustetaan oleskelu- ja liikkumiskieltoalue. Kieltoalueen seurauksena kalastaminen Hanhikiven niemen rantavyöhykkeen verkko- ja rysäpaikoilla loppuu. Myös rannalta tapahtuva vapaa-ajankalastus alueella estyy. Jäähdytysveden purkamisen seurauksena Hanhikiven niemen kärjessä sijaitsevan purkualueen ympäristöön ei muodostu jääpeitettä. Mallinnusten perusteella sulana pysyvä alue sekä ohentuneen jään alue vaihtelevat vuosittain runsaasti. Voidaan kuitenkin arvioida, että Hanhikiven niemen ja Kultalanlahden edustalla sijaitsevilla talvikalastuspaikoilla jäältä tapahtuva kalastus tulee loppumaan. Vastaavasti myös etäämpänä sijaitsevilla alueilla jään oheneminen estää talvikalastusta ajoittain (kuva 2-4). Myös sulana pysyvällä alueella kalastaminen meren jäätyamisen jälkeen on käytännössä mahdotonta, sillä liikkuminen veneellä alueelle ja sieltä pois ei todennäköisesti onnistu. Talvikalastuksen estymisen takia lämpimän veden kaloja houkuttava vaikutus jää todennäköisesti osittain hyödyntämättä. Kalastuksen estyminen oleskelu- ja liikkumiskieltoalueen sekä jääpeitteen heikentymisen seurauksena arvioidaan vaikutukseltaan luokkaan ”suuri”.

Oleskelu- ja liikkumiskieltoalueen vaikutukset kohdistuvat muutamaankin Hanhikiven niemen läheisyydessä kalastavaan ammattikalastajaan sekä vapaa-ajankalastajiin. Talvikalastuksen rajoittuminen puo-

lestaan vaikuttaa laajemmalla alueella ja suurempaan määrään niin ammatti- kuin vapaa-ajankalastajia. Merialueelle purettava lämpökuorma lisää rehevöitymistä Hanhikiven niemen läheisyydessä, mikä voi lisätä havaspyydysten limoittumista. Limoittumisen seurauksena pyydysten puhdistusten määrää täytyy lisätä. Tämä vaikuttaa kalastukseen käytettävään työmäärään ja siten kalastuksen kannattavuuteen. On myös mahdollista, että rehevyyden kasvaessa ei-toivottujen kalalajien (esim. särkikalat ja kiiski) osuus saaliissa lisääntyy. Ei-toivotun sivusaaliin määrän kasvu lisää kalastajien työmäärää ja heikentää siten kalastuksen kannattavuutta.

Kalastusta voi hankaloittaa myös kalojen oleskelualueiden ja vaellusreittien mahdollinen muuttuminen uusissa olosuhteissa. On mahdollista, että perinteisillä pyyntialueilla ei tule saalista tai kaloja esiintyy perinteisillä paikoilla epätyypillisinä ajankohtina, jolloin joudutaan etsimään uusia pyyntialueita tai muuttamaan pyyntiajankohtia. Uusien korvaavien pyyntialueiden hankkiminen on usein haasteellista. Lupia voi olla hankala saada ja tavallisesti myös matkat pitenevät, mikä puolestaan heijastuu sekä polttoainekustannuksiin että työaikaan. Kalojen oleskelualueiden muuttumisen sekä uusien pyyntialueiden hankkimisen aiheuttama pyynnin vaikeutuminen arvioidaan vaikutukseltaan luokkaan ”kohtalainen/suuri” ja pyydysten puhdistustarpeen lisääntyminen vastaavasti luokkaan ”vähäinen”. Vaikutukset kohdistuvat asteittain lievenevinä useiden kilometrien etäisyydelle Hanhikiven niemestä ja kohdistuvat useisiin ammattikalastajiin sekä vapaa-ajankalastajiin.

Kalaston rakenteessa tapahtuu muutoksia jäähdytysveden vaikutusalueella. Kalastorakenteen muutokset ovat moninaisia ja monimutkaisia prosesseja, jotka tapahtuvat pitkän ajan kuluessa ja ovat vaikutusalueen eri osissa voimakkuudeltaan erisuuruisia. Yleisenä piirteenä voidaan todeta, että ahven- ja särkikalat hyötyvät vesien lämpenemisestä viileän veden kalalajien kustannuksella. Kokonaisalismäärät jäähdytysveden vaikutusalueella todennäköisesti kasvavat, mutta nykyisten merkittävien saaliskalalajien osuus pienenee.

Nykyisessä ammattikalastuksessa merkittävimpiä saalislajeja ovat nimenomaan viileän veden kalalajit, kuten karisiika ja vaellussiika, jotka muodostavat ammattikalastuksen saaliista noin 60-70 %. Siika reagoi muutoksille herkkänä kalalajina voimakkaasti häiriöön ja vesien lämpenemiseen. Siian rysäkalastus voimakkaimpien vaikutusten alueelta Hanhikiven niemen kärjestä loppuu, mutta verkkokalastus siirtyy todennäköisesti uusille alueille, etämmälle jäähdytysveden purkualueesta.

Ahvenen kalastus alueella todennäköisesti lisääntyy. Lämpimien vesien seurauksena ahventen kasvu nopeutuu ja todennäköisesti myös ahventen määrä alueella lisääntyy. On myös mahdollista, että alueella harvalukuisena esiintyvä kuha runsastuu. Edellä mainitut vaikutukset ovat pääosin positiivisia. Sen sijaan särkikalojen mahdollinen runsastuminen alueella vaikeuttaisi kalastusta. Ydinvoimalaitoksen toiminnalla on myös vaikutusta eri kalalajien poikastuotantoon (jäähdytysveden purku) sekä poikasten kuoletuuteen (jäähdytysveden otto ja purku).

Kalastorakenteen muutosten negatiivinen vaikutus kalastukselle arvioidaan luokkaan ”suuri”, ja vastaavasti positiivinen vaikutus arvioidaan luokkaan ”kohtalainen”. Vaikutukset kohdistuvat asteittain lievenevinä useiden kilometrien etäisyydelle Hanhikiven niemestä ja kohdistuvat useisiin ammattikalastajiin sekä vapaa-ajankalastajiin.

## Vaelluskalojen reitit ja pääsy kutujokiinsa

### Vaelluskalojen reitit Perämerellä

Perämeren alueella esiintyviä vaelluskaloja ovat vaellussiika, lohi, taimen ja nahkiainen. Myös harjuksen vaeltavat muodot lasketaan kalastuslain mukaisesti vaelluskalaksi. Tässä luvussa esitetään näiden vaelluskalojen vaellusten ajoittumista ja esiintymistä Hanhikiven niemen merialueella sekä arvioidaan ydinvoimalaitoksen käytön aikaisia vaikutuksia kalojen reitteihin ja pääsyyn kutujokiinsa.

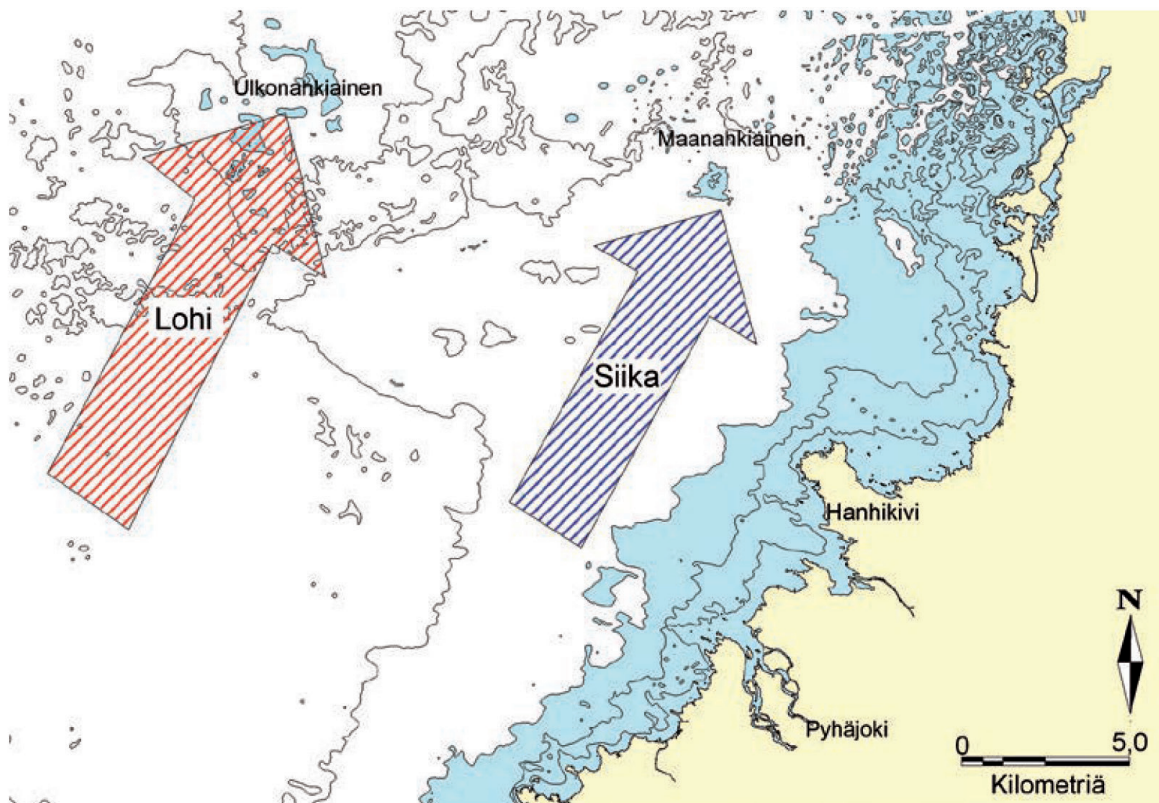
Hanhikiven niemen edustan merialueella esiintyy joessa kutevaa vaellussiikaa. Vaellussiikat ovat alueella esiintyvää merikutuista karisiikaa tyypillisesti kookkaampia. Perämerellä vaellussiikaa esiintyy useissa joissa, etenkin Kiiminki-, Simo- ja Tornionjoessa. Pyhäjoen alaosalta saadaan vuosittain runsaasti kudulle nousevia sukukypsiä siikoja. Pyhäjokeen ja sen edustan merialueelle istutetaan runsaasti vaellussiian vastakuoriutuneita poikasia, joita kasvatetaan hautomossa Pyhäjoella (Perämeren kalatalousyhteisöjen liitto 2021). Pyhäjoessa saattaa myös tapahtua luontaista lisääntymistä (mm. Karppinen ym. 2014, Hoppo ym. 2021.)

Vaellussiian poikanen lähtee synnyinjoestaan merivaellukselle muutaman sentin mittaisena pian

kuoriutumisen jälkeen alkukesällä tai kesän aikana (Leskelä ym. 1991, Lehtonen & Himberg 1992). Leskelän (2006) mukaan poikasten merivaellus tapahtuu matalissa rannikkovesissä. Perämereen laskevien jokien vaellussiikakannat voivat ulottaa syönnösvaelluksensa Pohjanlahdelle ja Saaristomerelle asti, josta ne palaavat takaisin lisääntymis- tai istutusalueilleen (Lehtonen & Himberg 1992). Osa vaellussiioista tekee vaelluksensa vain Perämeren alueella. Vaellussiikakoiraat saavuttavat sukukypsyyden 4-5 vuoden ikäisinä ja naaraat vastaavasti 5-6-vuotiaina, jolloin ne vaeltavat syönnösalueiltaan kohti lisääntymisjokia (Leskelä 2006). Vaellussiian vaellus eri kutujokiin tapahtuu eri aikoina: Perämeren suuriin jokiin, esimerkiksi Tornionjokeen, siat vaeltavat pääasiassa heinäkuun lopulta lokakuulle (Lehtonen & Himberg 1992). Pienempiin jokiin, esimerkiksi Kiiminkijokeen ja Simojokeen, kutuvaellus tapahtuu syyslokakuussa.

Hanhikiven niemen edustan merialueella esiintyy sekä istutettua vaellussiikaa että vaellussiikaa, joka lisääntyy alueen joissa. Alueella kalastavan ammattikalastajan mukaan (mm. Karppinen ym. 2014) vaellussiikoja tulee selvitysalueelle kesäkuun loppupuolelta alkaen.

Aiemmin, kun siian pyyntiä sai harjoittaa ajoverkoilla, siikojen ajoverkkopyynti tapahtui Yppärin edustalla noin 10 kilometrin päässä rannikolta, minkä jälkeen kalastusta jatkettiin siikaparvien liikkeitä seuraamalla Maanahkiaiselle. Vaeltavat siiat ohittivat Hanhikiven niemen yli kymmenen metrin syvyydessä vedessä pintakerroksessa. Tällä perusteella voidaan olettaa, että pohjoisempien jokien siikojen vaellus tapahtuu 5-10 kilometrin etäisyydellä Hanhikiven niemestä (kuva 2-6) (Karppinen ym. 2014.)



Kuva 2-6 Pohjoisen jokiin vaeltavien siikojen ja lohien päävaellus tapahtuu ammattikalastajahaastatteluiden perusteella melko kaukana rannasta, vähintään 10 metrin syvyydessä vedessä pinnan tuntumassa (Karppinen ym. 2014).

Perämeren merkittävimmät luonnonlohien lisääntymisjoet Suomen puolella ovat Tornionjoki ja Simojoki. Myös Pyhäjoella saattaa esiintyä vähäisessä määrin lohien luontaista lisääntymistä Tornionjoen ja Oulujoen kannalla (MMM 2014). Lohen kutu tapahtuu syys-lokakuussa virtapaikkojen sorapohjilla. Lohenpoikaset viettävät joessa keskimäärin 2-4 vuotta, minkä jälkeen ne vaeltavat mereen syönnökselle (Haikonen ym. 2006). Perämereen laskevien jokien lohienpoikaset vaeltavat mereen toukokuun lopun ja heinäkuun alun välisenä aikana (Jutila ym. 2005).

Perämerellä kutuvaelluksella olevia **lohia** tavataan toukokuusta alkaen. Merialueen päävaellus tapahtuu kesäkuun aikana, mutta merkittävää vaellusta on vielä heinä- ja elokuussa (mm. Niva 2001, Siira ym. 2009). Tornionjoessa vaellushiippu on kesäkuun lopulla juhannuksen tienoilla, mutta vaellusta jatkuu kesän lopulle asti. Lohia saadaan saaliiksi merestä vähäisiä määriä vielä syyskuussa siiankalastuksen yhteydessä (Siira ym. 2009).



Lohen vaellus takaisin synnyinjokeen tapahtuu lämpimässä vesikerroksessa pinnan tuntumassa 2-3 metrin syvyydessä (Karlsson ym. 1999). Vaelluksen on havaittu tapahtuvan rannikon myötäisesti kapealla alueella (Westerberg ym. 1999). Vaellusreiteissä on vaihtelua vuosien välillä ja vaellusta säätelevät veden lämpötila ja vallitsevat tuulet (Westerberg ym. 1999). Yleensä lohet vaeltavat Perämerellä pitkin matalampaa Suomen puoleista rannikkoa, joka mataluudesta johtuen lämpenee nopeammin. Vaellusta tapahtuu kuitenkin myös Ruotsin rannikolla, mikäli siellä on lämpimämpää vettä. Heikolla tuulella ja pohjoistuulella lohien on havaittu siirtyvän ulommaksi Suomen rannikosta.

Ammattikalastajien mukaan lohia vaeltaa sekä ulkomerialueella että Hanhikiven niemen editse. Pääosa lohista vaeltaa Hanhikiven niemen kohdalla kohti pohjoista, kuitenkin ulompana merellä rannikolla sijaitsevien rysien ulottumattomissa (Taskila 2009). Lohisaaliit alueella ovatkin varsin pieniä (noin 200 kg vuonna 2019) (Karppinen ym. 2020). Lohen Carlin-merkkipalautuksia (Luonnonvarakeskus, kalamerkintärekisteri) saadaan Pyhäjoen alueelta hyvin vähän, ja saadut merkkipalautukset ovat olleet peräisin pääosin kaloista, jotka on istutettu Pyhäjokeen. Pohjoisen jokiin istutettuja lohia on Pyhäjoen edustalta saaduissa merkkipalautuksissa ollut vain pieni osa viimeisen 20 vuoden aikana. Vuoden 2014 jälkeen merkkipalautuksia ei ole tullut yhtään kappaletta (Luonnonvarakeskus, kalamerkintärekisteri).

Lohen vaelluspoikasten vaelluksista merialueella on vain vähän tutkittua tietoa. Ikosen (2006) mukaan meressä vaeltavat poikaset, post-smoltit, vaeltavat Perämerellä etelään pitkin sekä Suomen että Ruotsin rannikkoa, koska rannikolla vesi lämpenee mataluudesta johtuen nopeammin kuin ulappa-alueella. Merenkurkun eteläpuolella post-smolttien vaellus tapahtuu pääosin pitkin Ruotsin rannikkoa. Post-smolttien Carlin-merkkipalautuksia on viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana tullut selvitysalueelta hyvin vähän (11 kpl) ja ne ovat kaikki olleet Pyhäjokeen istutettuja kaloja (Luonnonvarakeskus, kalamerkintärekisteri). Vuoden 2014 jälkeen palautuksia ei ole saatu yhtään. Kesällä 2014 tehdyissä tutkimustroolauksissa saatiin Hanhikiven niemen edustalta kaksi luultavasti luonnonkudusta peräisin olevaa lohien vaelluspoikasta (Haikonen ym. 2014). Koekalastusrekisteriin tallennettujen tietojen perusteella lohien ja taimenen luonnonlisääntymistä on havaittu vähäisessä määrin Pyhäjoessa. Tavatut lohien vaelluspoikaset voivat olla peräisin myös muista Perämereen laskevista lohijoista.

**Meritaimen** lisääntyy virtaavassa vedessä kuten lohikin, ja se vaeltaa mereen vietettyään joessa keskimäärin 3-5 vuotta (Haikonen ym. 2006). Taimen pysyttelee yleensä lähellä rannikkoa, eikä se tee yhtä pitkiä vaelluksia kuin lohi (Lovikka ym. 2006, MMM 2014). Perämeren meritaimenten on havaittu vaeltavan Saaristomerelle asti, mutta pääosan on kuitenkin todettu pysyttelevän Perämerellä. Meritaimenen merivaellus kestää normaalisti 1-4 vuotta, minkä jälkeen se palaa synnyinjokeensa lisääntymään (mm. Haikonen ym. 2006, MMM 2014). Luonnonkudusta peräisin olevia meritaimenia on Perämeressä vähän. Perämeren alueelle istutetaan meritaimenen poikasia runsaasti ja niitä saadaan paljon saaliiksi myös Pyhäjoen edustan merialueelta. Carlin-merkintöjen (LUKE, kalamerkintärekisteri) perusteella Pyhäjoelta saadaan runsaasti myös kauemmas, lähinnä Pohjanmaan ja Pohjois-Suomen jokiin istutettuja kaloja. Taimen liikkuu Pyhäjoen edustalla lähempänä rannikkoa kuin lohi, ja taimenia saadaan myös saaliiksi ympäri vuoden. Vuoden 2014 jälkeen merkkipalautuksia on kuitenkin saatu vain muutamia kappaletta.

**Nahkiaisien** kutu ajoittuu touko-kesäkuulle. Sukukypsät nahkiaisiet nousevat jokiin yleensä jo edellisen vuoden elo-lokakuussa, mutta vaellusta tapahtuu tämänkin jälkeen (LUKE 2021, Kalahavainnot.) Pian kudun jälkeen nahkiaisiet kuolevat. Nahkiaisien mäti kehittyy soran suojissa kahdesta kolmeen viikkoa. Nahkiaisien toukkien eli poikasten elinympäristöä ovat ensimmäisten elinvuosien aikana jokien hieta- ja liejupohjaiset törmät. Poikasvaihe kestää 4-7 vuotta. Nahkiaisien vaellus mereen tapahtuu kevättulvien yhteydessä. Merivaiheen on arvioitu kestävän tavallisesti keväästä seuraavan vuoden syksyyn, mutta merkintäkokeiden perusteella ainakin osa nahkiaisista nousee kudulle jo saman vuoden syksyllä. Ensimmäisenä kesänä nuoret nahkiaisiet liikkuvat meressä varsin laajalti. Muilta osin nahkiaisien liikkeistä meressä on hyvin vähän tietoa. Nahkiaisiet syövät meressä muun muassa pohjaeläimiä ja kaloja. Nahkiaisien imujälkiä on tavattu muun muassa silakoista, kilohaileista, kuoreista ja muikuista. (LUKE 2021.)

Nahkiainen lisääntyy selvitysalueella ainakin Pyhäjoessa ja Liminkaajassa. Pyhäjoki luokitellaan erittäin merkittäväksi nahkiaisien lisääntymisjoeksi (Oikarinen 2012). Pyhäjoen lisäksi nahkiaista pyydetään Liminkaajan alaosilta. Suurimmat nahkiaissaaliit saadaan Pyhäjoella syys-lokakuussa. Nahkiaisien vaelluksista Hanhikiven niemen läheisyydessä ei ole tietoa. Vuonna 2019 kaupalliset kalastajat saivat saaliiksi 300 kg nahkiaista (Karppinen ym. 2020).

Taulukossa 2-3 on esitetty kootusti lohien, taimenen, siian, nahkiaisien ja harjuksen vaellusten ajoittuminen ja esiintymisen yleisyys Hanhikiven niemen edustan merialueella.

Taulukko 2-3. Selvitysalueella tavattavien vaelluskalojen eri elinvaiheiden ajoittuminen alueella (muokattu Karppinen ym. 2014).

Laji	Kutuaika	Kutu alueella	Poikasvaelluksen ajoittuminen	Kutuvaellus	Esiintyminen alueella
Lohi	lokakuu	Pyhäjoki (vähäistä)	touko-kesäkuu	kesä-elokuu	vaellusten yhteydessä, melko yleinen
Meritaimen	lokakuu	Pyhäjoki (vähäistä)	touko-kesäkuu	kesä-elokuu	jokipoikasvaiheen jälkeen, ympärivuotisesti, yleinen
Vaellussiika	loka-marraskuu	puutteellisesti tunnettu, kenties Pyhäjoki	touko-kesäkuu, istutetaan runsaasti alueelle keväisin	kesä-lokakuu	vaellusten yhteydessä
Nahkiainen	toukokuu	Liminkaoja	luultavasti keväällä, puutteellisesti tunnettu	elo-marraskuu, luultavasti myös talvella	esiintyy, merivaihe huonosti tunnettu
Harjus	touko-kesäkuu	Liminkaoja, kenties meri	puutteellisesti tunnettu	puutteellisesti tunnettu	esiintyy, osa istutuksista peräisin

Pyhäjoen Hanhikiven niemen edustan merialueella esiintyy äärimmäisen uhanalaista **meriharjusta**. Selvitysten perusteella Yppärin ja Raahan välinen rannikkoalue on kokonaisuudessaan meriharjuksen syönnösalueita. Tähän alueeseen sisältyy Hanhikiven niemen rantavyöhyke, jossa koepyyntien perusteella esiintyy syönnöstävää harjusta. Meressä syönnösvaelluksella olevan harjuksen tiedetään nousevan Liminkaojaan kudulle. Sen sijaan merikutuisen harjuskannan olemassa oloa Pyhäjoen edustan merialueella ei ole varmuudella pystytty todentamaan vuosien 2012 ja 2016 tutkimusten perusteella (Karppinen ym. 2016, Karppinen ym. 2020). Harjuskantaa seurataan ja tullaan seuraamaan usealla eri menetelmällä.

Suoria havaintoja meriharjusten kudusta ei ole tehty, eikä vastakuoriutuneita poikasia ole havaittu poikastuotantoon mahdollisesti soveltuvista alueista huolimatta. Kalastajien ilmoittamat kutualueet perustuvat kutuvalmiiden harjusten esiintymiseen alueella. Kutuun valmistautuvia tai jo kuteneita kaloja saatiin saaliiksi myös Hanhikiven niemellä keväällä 2016 toteutetussa koepyyntissä. On kuitenkin mahdollista, että kyseiset kalat ovat olleet Liminkaojassa kutevia yksilöitä. Joessa kutevat yksilöt palaavat merelle tyypillisesti pian kudun jälkeen. Tulevilla lähetinseurannoilla saadaan lisätietoa merivaelteisen harjuksen vaelluskäyttäytymisestä sekä syönnösalueista Hanhikivi 1 -hankkeen vaikutusalueella (Karppinen ym. 2020).

Harjuksen poikasia on istutettu Pyhäjoen edustalle ja laajalle alueelle Perämerellä sekä Perämerelle laskeviin jokiin jo vuosikymmenten ajan. Aiemmin istutuksiin on käytetty useita eri harjuskantoja, mutta 2000-luvulla merialueelle ja Pyhäjoen edustalle on istutettu Ulkokorunin merikutuista kantaa. Istutusten tuloksellisuudesta ei ole tietoa, mutta on perusteltua olettaa, että Pyhäjoen edustan merialueella liikkuu sekä luonnonkudusta peräisin olevia että istutusalkuperää olevia harjuksia. Pyhäjoen edustan merialueella ja alueelle laskevissa virtavesissä on siten todennäköisesti useita erilaisia harjuspopulaatioita, jotka saattavat koostua alkuperältään erilaisista yksilöistä (taulukko 2-4) (Karppinen ym. 2020).

Taulukko 2-4. Pyhäjoen edustalla mahdollisesti esiintyviä harjuspopulaatioita. (Karppinen ym. 2020).

Harjuspopulaatio	Esiintyminen	Alkuperä
merikutuinen harjuskanta	esiintyy / on esiintynyt laajalti selvitysalueella (istutettu merikutuinen harjus), mutta ei todennettua luonnollisääntymistä	ei todennettua luonnonkantaa; istutettu
jokiin nousevat (anadromiset) harjuskannat	esiintyy Liminkaojassa sekä mahdollisesti alueen muissa virtavesissä, syönnöstää merialueella	luonnonkanta ainakin Liminkaojassa; mahdollisesti osa vaeltavista harjuksista myös istutuksista lähtöisin
virtavesissä elävät paikalliset harjuskannat	esiintyy useassa alueelle laskevassa virtavesistössä	istutettu; luonnonkanta

Kalastustiedusteluiden perusteella meriharjasta on esiintynyt alueella harvalukuisena jo vuosikymmenien ajan, vuosisaaliin vaihdellussa 4–39 kg välillä (Karppinen ym. 2016). Havainnot keskittyvät Raahen eteläpuoliselle Piehinkijoen alueelle ja Pyhäjoen eteläpuoliselle merialueelle. Liminkaojan sähkökalastuksista saatiin muutama harjusyksilö vuoden 2020 koekalastuksista (Haikonen & Vatanen 2020).

## Vaikutukset vaelluskalojen reitteihin ja pääsyyn kutujokiinsa

Selvitysalueella ei sijaitse merkittäviä lohen ja meritaimenen kutujokia, mutta pienimuotoista lisääntymistä voi tapahtua esimerkiksi Pyhäjoessa ja Liminkaojassa. Rannikkoa pitkin kulkee vaellussiian, lohen ja meritaimenen vaellusreittejä ja alueella esiintyy myös istutettua meriharjasta sekä syönnöksellä käyvää jokikutuista harjasta (mm. Karppinen ym. 2016). Pyhäjokeen ja Hanhikiven niemen merialueelle istutetaan runsaasti vaellussiikaa. Vaellussiian, lohen ja meritaimenen kalastusta harjoitetaan selvitysalueella myös aivan hankealueen läheisyydessä. (Karppinen ym. 2014.)

Taimen viihtyy parhaiten viileissä vesissä ja välttelee yleensä yli 20 °C:n lämpötiloja. Taimenen ja lohen vaelluksen joessa on havaittu pysähtyvän jopa kokonaan, kun veden lämpötila nousee yli 20 °C:n. Lohikalojen on myös havaittu kiertävän vaellusreiteille osuvat lämpimät vesimassat ja jatkavan nousuvaellustaan lämpimistä vesistä huolimatta. Lämmenneen jäähdytysveden leviäminen Hanhikiven niemen edustan merialueelle saattaa siis hidastaa alueen kautta kulkevien kalojen vaellusta kohti Perämereen laskevia lohijokia. Suurin osa pohjoiseen vaeltavista lohista ja sioista kuitenkin vaeltaa Hanhikiven niemen kohdalla kauempana rannasta. Näin ollen Hanhikivi 1 -hankkeella ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta pohjoiseen vaeltavien lohikalojen vaelluksiin. Oletettavasti hankkeella ei ole vaikutusta myöskään lohen post-smolttien vaelluksiin lukuun ottamatta mahdollisia Pyhäjoesta lähteviä kaloja, joista jotkut yksilöt saattavat eksyä ydinvoimalaitoksen vedenottoon. Voimalaitoksen käytöllä saattaa olla vaikutusta Hanhikiven niemen läheisyydessä syönnöstävien meritaimenten, siikojen ja harjusten ravinnonhankintakäyttäytymiseen. Lohi sen sijaan ei syö kutuvaelluksensa aikana (Karppinen ym. 2014).

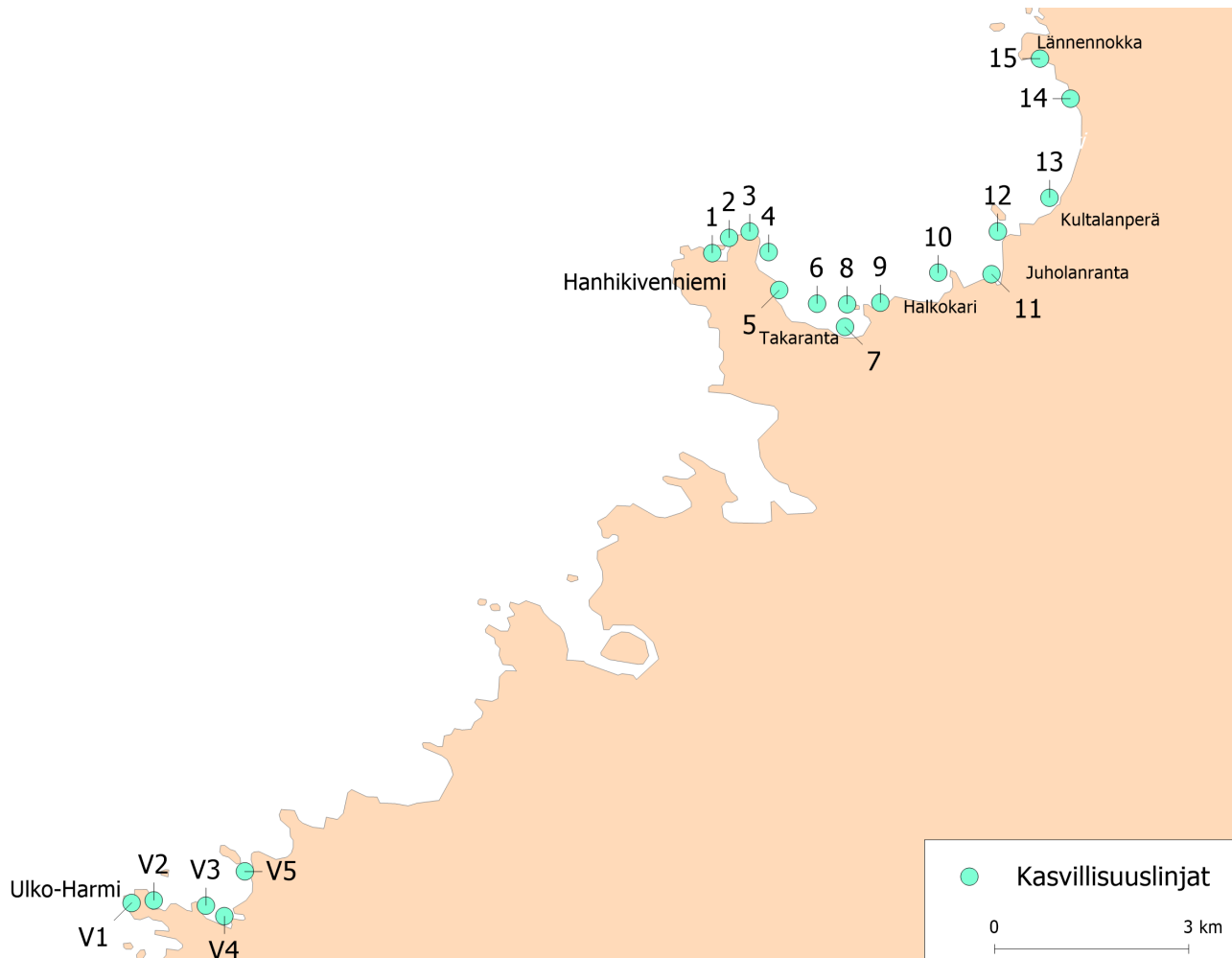
Harjus on taimenta ja lohta herkempi korkeille lämpötiloille. Harjus sietää 0–24 °C lämpötiloja, mutta kasvun kannalta ihanteellisena pidetään 4–18 °C lämpötilaa. Mädin kehitykselle ihannelämpötilana pidetään 10 °C ja mädin on todettu kuolevan, jos lämpötila ylittää 16 °C. Harjuksen poikasalueiden on todettu olevan muita alueita kylmempiä merialueella ja ne poikkeavat tällä tavalla useimmista muiden kalalajien poikasympäristöistä. Kasvettuaan muutaman senttimetrin mittaisiksi ne hakeutuvat ulommas merelle. Meriharjuksen elinympäristövaatimuksista kutuajan ulkopuolella ei juurikaan ole tutkimustietoa, mutta Hanhikiven niemen alueella tietoa tullaan saamaan tulevien seurantojen avulla (Karppinen ym. 2020). Harjuksen voidaan kuitenkin olettaa liikkuvan ja syönnöstävän ulkosaaristossa alueilla, jotka tuottavat riittävästi sopivaa ravintoa harjuksille ja syönnösalueita esiintyy Hanhikiven niemen rantavyöhykkeellä. Jokikutuinen meriharjus laskeutuu yleensä kudun jälkeen takaisin mereen, jossa se oleskelee enimmäkseen kivipohjaisilla ulkorannoilla ja syvärinteisillä pauhamatalilla (Keränen 2015). Hanhikiven niemen merialueella ei ole todettu esiintyvän meriharjuksen luonnonlisääntymistä, joten voimalaitoksen toiminnalla ei todennäköisesti ole vaikutusta meriharjuksen lisääntymiseen. Laitoksen toiminnalla voi lämpövaikutuksen myötä olla lievää negatiivista vaikutusta jokikutuisten harjusten hakeutumiseen kutujokeensa sekä syönnöksellä liikkumiseen kalojen karttaessa lämmenneitä alueita. Harjukseen kohdistuvia vaikutuksia käsitellään myös kappaleissa ”Jäähdytysvedenoton vaikutukset kalastoon” ja ”Jäähdytysveden purun vaikutukset kalastoon”.

## Näkinpartaisniityt ja uposkasvivaltaiset pohjat

Hanhikiven niemen alueella on viimeksi tutkittu vesikasvillisuutta vuonna 2018 (Syväranta & Leinikki 2019). Menetelmänä käytettiin päävyöhykelinjamenetelmää, kuten myös vuonna 2014 toteutetussa kartoituksessa (Syväranta ym. 2014). Vuosina 2014 ja 2018 toteutetussa laajassa tutkimuksessa kartoitettiin vesikasvillisuutta 15 paikassa Hanhikiven niemen ja Lännennokan välisellä alueella ja viidessä paikassa vertailualueella Yppärin Ulko-Harmissa (kuva 2-7). Tässä luvussa esitetyt tutkimustulokset ja vaikutusten arviointi perustuvat pääosin vuosien 2014 ja 2018 tutkimusraporttiin.

Yppärin vertailualue sijaitsee noin 13 kilometriä Hanhikiven niemestä etelään, ja se edustaa pohjanlaadultaan ja avoimuudeltaan samanlaista ympäristöä kuin Hanhikiven niemi. Molempien niemiä itäpuolella avautuvat laajat murtovesilahdet, jotka mahdollistavat niin ikään kasvillisuuden vertailun.

Tarkkailussa kiinnitettiin erityistä huomiota uhanalaisiin lajeihin ja luontotyypeihin, joista todennäköisin oli näkinpartaisniityt.



Kuva 2-7. Vesikasvillisuuden seurantalijat 1-15 Hanhikiven niemen ja Lännennokan välillä sekä vertailulinjat V1-V5 Yppärissä (Syväranta & Leinikki 2019).

## Näkinpartaisniittyjen ja uposkasvivaltaisten pohjien esiintyminen

Vesikasvillisuuskartoituksen tutkimuslinjoilla havaittiin yhteensä 30 putkilokasvia, viisi näkinpartaislevää ja kaksi kovan pohjan levälajia (Syväranta & Leinikki 2019). Yleisin näkinpartaislaji oli mukulanäkinparta (*Chara aspera*). Sen lisäksi näkinpartaisniityillä kasvoi hapranäkinpartaa (*Chara globularis*) ja sironäkinpartaa (*Chara virgata*). Molemmat ovat yleisiä Perämeren vähäsuolaisessa murtovedessä. Lisäksi havaittiin merisykeröpartaa (*Tolypella nidifica*) ja silopartaislajeja (*Nitella spp.*).

Yleisimmät putkilokasvit olivat ahvenvita (*Potamogeton perfoliatus*), hentovita (*Potamogeton pusillus*), merivita (*Potamogeton filiformis*), hapsivita (*Stuckenia pectinata*) sekä merihaura (*Zannichellia palustris*). Matalissa lahdissa viihtyvät ärviät (*Myriophyllum spp.*) olivat selvästi harvalukuisempia kuin vidat. Kovien pohjien levistä havaittiin viherahdinparta (*Cladophora glomerata*) ja ahdinpallero (*Aegagropila linnaei*). Näkinpartaisleviä tavattiin kaikilla 15 linjalla Hanhikiven niemen ympäristössä ja neljällä linjalla Yppärin vertailualueella. Yhdeksän linjaa voidaan luokitella näkinpartaisniityksi.

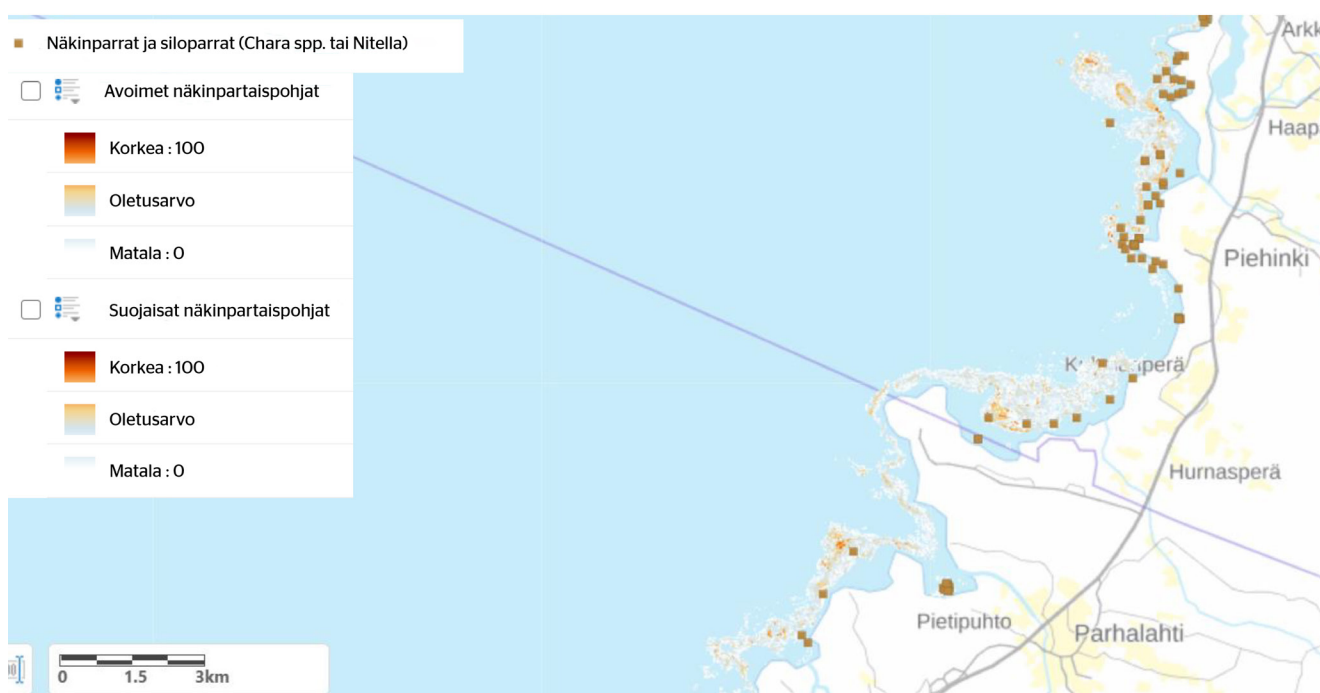
Ainoa tutkimuksessa havaittu uhanalainen laji on Yppärin vertailualueella kasvava ahdinsammal (*Rhynchostegium riparioides*). Laji havaittiin myös edellisellä kartoituskerralla vuonna 2014, joskin eri linjalla. Laji kuuluu punaisen listan luokkaan (NT, Near Threatened) silmälläpidettävä laji (Hyvärinen ym. 2019).

Näkinpartaisniityt on uudessa luontotyyppien uhanalaisuusarviossa jaettu avoimiin ja suojaisiin näkinpartaispohjiin (Kontula ja Raunio 2018). Näistä ensiksi mainittu on koko Suomen mittakaavassa vaarantunut (VU, Vulnerable) ja jälkimmäinen erittäin uhanalainen (EN, Endangered). Pohjois-Suomen kohdalla luontotyyppien yleisyydestä tai uhkatekijöistä ei ole riittävästi tietoa uhanalaisuuden määrittämi-

seksi.

Kasviyhteisö luokiteltiin näkinpartaisniityksi, mikäli dominoivan kasvitaksonin peittävyys pinta-alasta oli yli 10 %. Peruste noudattaa HELCOMin (Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission) vedenalaisten biotooppien ja habitaattien luokittelua (HELCOM 2013). Tutkitut alueet edustavat lähinnä näkinpartaisniittyjä, sillä uposkasveja esiintyy näkinpartaisiin verraten vähän (Syväranta & Leinikki 2019). Hanhikiven niemen itäpuoleisen lahden näkinpartaiskasvustot ovat edustavia. Niiden runsaudessa ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuodesta 2014. Edustavimmat näkinpartaisniityt sijaitsevat edelleen samalla alueella Hanhikiven niemen itäpuolella Takarannassa, missä avoimuus, pohjan laatu ja rannan profiili ovat näkinpartaisten kannalta optimaaliset. Näkinpartaiset eivät viihdy yhtä hyvin Hanhikiven niemen jyrkillä ja kivisillä rannoilla (linjat 1-4) tai tutkimusalueen pohjoisosassa (linjat 11-15), missä avoimuus ja aallokon vaikutus ovat liian voimakkaat (kuva 2-7).

Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelmassa eli VELMUssa on kerätty aineistoa vesikasvillisuuden levinneisyydestä ja yleisyydestä ja mallinnettu luontotyyppien esiintymistä. Kuvassa 2-8 esitetään kartoitusten ja mallinnusten havainnot Hanhikiven niemen edustan merialueella ja sen lähialueilla. Näkinpartaispohjia esiintyy runsaasti hankealueella ja kasvustot ovat tiheitä erityisesti Takarannan alueella, mikä todettiin myös vesikasvikartoitusten perusteella (Syväranta & Leinikki 2019).



Kuva 2-8. Mallinnettu avoimien ja suojaisten näkinpartaispohjien esiintyminen Hanhikiven niemen edustalla sekä Velmu-kartoituksissa tehdyt näkinpartaishavainnot. (Velmu-karttapalvelu 2021).

## Vaikutukset uposkasvivaltaisille pohjille ja näkinpartaisniityille

Vesikasvillisuus Hanhikiven niemen pohjois- ja itäpuolella koostuu ennen kaikkea eri vidoista ja näkinpartaisista. Kaksi yleisintä lajia ovat mukulanäkinparta (*Chara aspera*) ja ahvenvita (*Potamogeton perfoliatus*). Hanhikiven niemen ja Halkokarin välillä kasvaa laajoja näkinpartaisniittyjä. Tiheimmät kasvustot havaittiin Takarannan merenrantaniittyjen kohdalla kasvillisuuslinjoilla 6-8 (kuva 2-7).

Ärviät ja muut putkilokasvit hyötyvät lämpötilan noususta. Niiden määrä todennäköisesti lisääntyy Hanhikiven niemen ja Halkokarin välisellä alueella. Myös vidat hyötyvät lämpötilan muutoksesta, joten niiden määrän voi olettaa lisääntyvän. Perämeren luonnolle on ominaista pitkä jäätalvi. Mikäli ahtojäiden kasvillisuutta kuluttava vaikutus Kultalanlahden alueella vähenee, monivuotisten vesisammalten määrä matalassa vedessä saattaa kasvaa. Uposkasvivaltaisten pohjien uhanalaistumisen syinä pidetään rehevöitymistä, ruoppaamista ja vesirakentamista (Raunio ym. 2008). Vesirakentamisen ja ruoppaamisen vaikutuksesta merenpohjan kasvustoja tuhoutuu suoraan tai veden samentumisen kautta tai niiden esiintymisen edellytykset voivat heikentyä syvyyden kasvaessa. Rehevöitymisen seurauksena rihmalevien kasvu kiihtyy ja kiinnittyessään uposkasveihin ne haittaavat niiden kasvuja varjostamalla

niitä. Irtonaiset rihmalevälautat myös tuhoavat eliöstöä pohjilla.

Ydinvoimalaitokselta purettava lämpökuorma aiheuttaa lievää rehevöitymistä, mutta voimakasta rihmalevien kasvua ei ole odotettavissa. Lievä rehevöityminen ja pidentyvä kasvukausi pikemminkin lisäävät uposkasvillisuutta. Voimalaitoshankkeeseen liittyvät ruoppaus- ja vesirakennustyöt aiheuttavat korkeintaan pienialaista ja tilapäistä haittaa uposkasviyhteisöille. Uposkasvivaltaisten pohjien esiintymisedellytysten arvioidaan paranevan Hanhikiven niemen ympäristössä meriveden lämpötilan nousun vaikutuksesta, mutta niiden lajirakenteeseen saattaa tulla muutoksia.

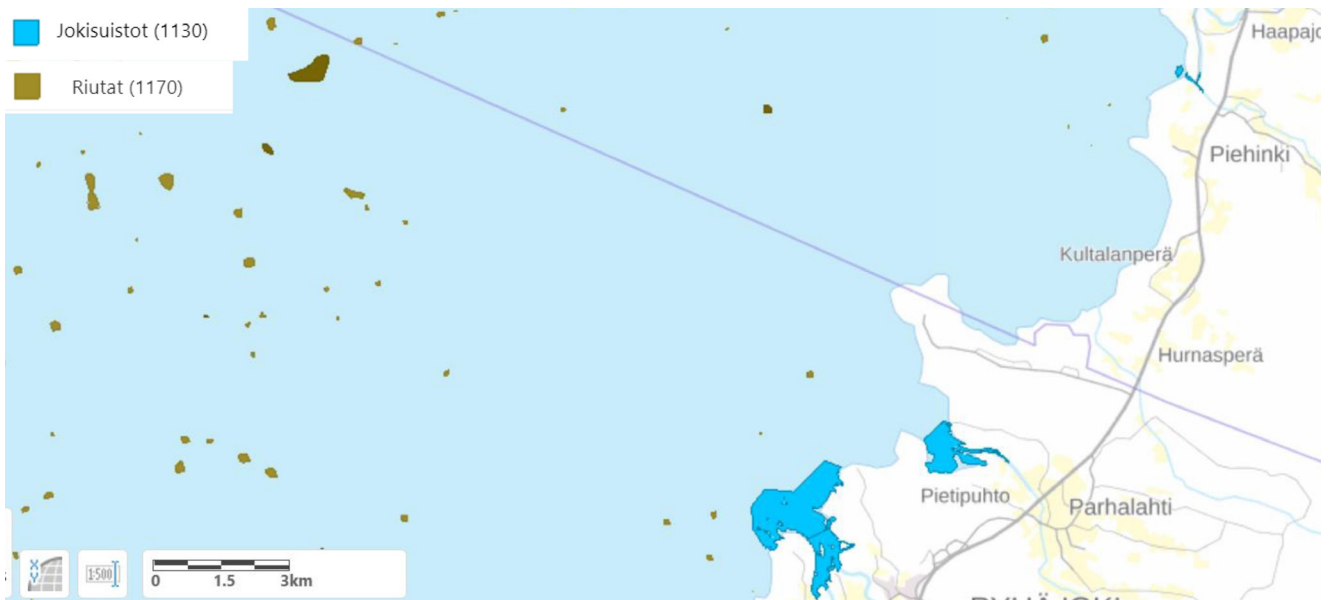
Näkinpartaisniittyjen uhkia ovat rehevöityminen ja kasvupaikkojen umpeenkasvu (Raunio ym. 2008). Lämpötilan nousulla tiedetään olevan samankaltaisia vaikutuksia kuin rehevöitymisellä (Løvendahl Raun 2013). Meriveden lämpenemisellä voi siten olla samanlaisia vaikutuksia näkinpartaisniittyihin. Näkinpartaisniittyjen kasvustojen arvioidaan taantuvan todennäköisimmin Hanhikiven niemen pohjoiskärjen ja Takarannan välisellä alueella kasvillisuuslinjoilla 1-6 (kuva 2-7). Takarannan itäpuolella kasvillisuuslinjojen 7-15 välillä vaikutukset ovat vähäisempiä, sillä näillä alueilla pintaveden lämpötilan nousu kasvukaudella on yhden ja kahden asteen välillä. Tämä saattaa peittyä vuosittaisten lämpötilojen satunnaisvaihtelun piiriin eikä välttämättä vaikuta negatiivisesti näkinpartaisniittyjen esiintyvyyteen. Pieni lämpötilan nousu voi jopa parantaa näkinpartaisten kasvuolosuhteita, sillä näkinpartaisia tavataan luonnostaan suojaisissa lahdissa, joissa veden vaihtuvuus voi kesäaikaan olla vähäistä ja lämpötilat ovat ympäröivää merialuetta korkeampia. Jos lämpötila kohoaa kuitenkin liikaa, näkinpartaisten kasvua saattaa rajoittaa kilpailu putkilokasvien kanssa. Näkinpartaisniityt voivat siis joko hyötyä tai kärsiä lämpötilan noususta.

Perämerellä kasvillisuutta peittää tyypillisesti piileväkerros. Mikäli piilevät edelleen runsastuvat lämpötilan nousun seurauksena, näkinpartaisten yhteyttäminen voi vaikeutua. Lisäksi lämpimään veteen sitoutuu vähemmän liukoista happea kuin kylmään. Korkea lämpötila ja vesipatsaan alhainen happipitoisuus voivat heikentää vesikasvien juurten ja lehtien muodostumista. Takarannan laajat näkinpartaiskasvustot ovat edustavia. VELMU-mallinnusten perusteella rannikkoalueella välillä Kalajoki-Oulu esiintyy runsaasti näkinpartaispohjia, joten Hanhikivien alueen ja erityisesti Takarannan näkinpartaispohjien mahdollinen taantuminen ei heikennä luontotyyppin suojelutasoa kokonaisuudessaan maakunnan tasolla.

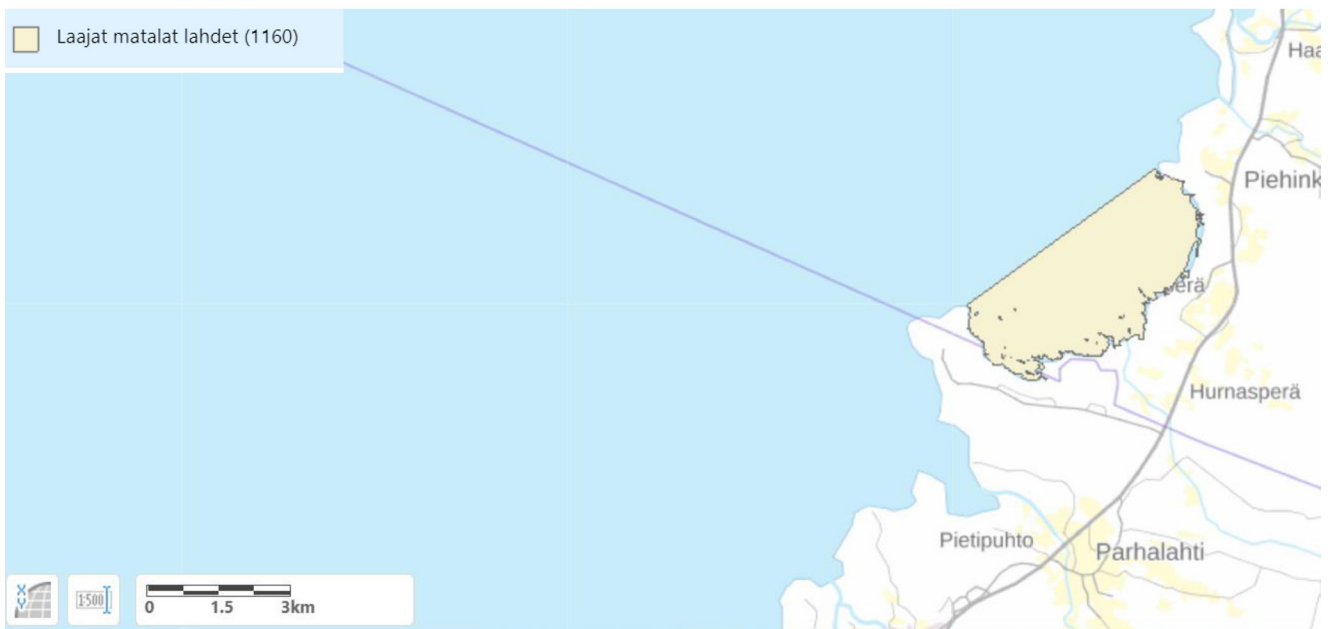
### **Luontodirektiivin luontotyypit ja EMMA-alueet**

VELMU-hankkeen mallinnuksiin ja kartoitusaineistoon perustuen Hanhikivi 1 -hankealueen lähialueella sijaitsee useita EU:n luontodirektiivin luontotyyppejä: riutat (1170), jokisuistot (1130) ja laajat matalat lahdet (1160). Luontodirektiivin luontotyypit ovat luontotyyppejä, joiden luontainen esiintymisalue on hyvin pieni tai jotka ovat vaarassa hävitä yhteisön alueella. Niiden määrästä ja suojelutasosta raportoidaan tietyin väliajoin Euroopan komissiolle. Viimeisin raportointi on tehty vuonna 2019 perustuen kauden 2013-2018 tietoihin ja VELMU-mallinnuksiin.

Hanhikiven niemellä riutat sijaitsevat pääasiassa ulommalla merellä, mutta hankealueen lounaispuolella noin 2 km päässä sijaitsee muutama hyvin pienialainen riuttaympäristö (kuva 2-9) Jokisuistoalueet sijaitsevat Hanhikiven niemen eteläpuolella Pyhäjoen ja Liminkajoen suistossa (kuva 2-9). Kultalanlahdi on määritetty kokonaan luontotyyppiksi laajat matalat lahdet (kuva 2-10). Laajojen matalien lahtien luontotyyppille tyypillisiä lajeja ovat useat putkilokasvit, muun muassa vidat sekä näkinpartaiset, joten luontotyyppi on osin päällekkäinen luontotyyppin näkinpartaisniityt ja uposkasvivaltaiset pohjat kanssa, joten vesikasvikartoitusten ja VELMU-mallinnusten havainnot voidaan yleistää myös tätä luontotyyppiä koskevaksi.



Kuva 2-9. Luontotyyppien jokisuistot sekä riutat sijainti Hanhikiven niemen merialueella. (Velmu-karttapalvelu 2021).



Kuva 2-10. Luontotyyppin laajat matalat lahdet sijainti Hanhikiven niemen merialueella. (Velmu-karttapalvelu 2021).

Kalajoen-Pyhäjoen alue kuuluu niin sanottuihin EMMA-alueisiin eli Suomen ekologisesti merkittäviin vedenalaisiin meriluontoalueisiin. Aluerajaukset perustuvat pääasiassa VELMU-hankkeen keräämään tietoon vesikasveista, makrolevistä, selkärangattomista eläimistä, Itämeren luontotyypeistä, geologiasta sekä kalojen lisääntymisalueista. Kalajoen-Pyhäjoen alue on tärkeää kalakantojensa, erityisesti merikutuisen siian sekä muikun, ja monipuolisen vesikasvillisuuden vuoksi (Lappalainen ym. 2020).

### **Vaikutukset luontodirektiivin luontotyypeihin ja EMMA-alueisiin**

Voimalaitoksen toiminnalla ei arvioida olevan vaikutusta riutat tai jokisuistot -luontotyypeihin. Luontotyyppi laajat matalat lahdet on osin päällekkäinen näkinpartaisniittyjen ja uposkasvivaltaisten pohjien kanssa, joten vaikutukset ja niiden mekanismit ovat myös samoja ja kuvattu edeltävässä kappaleessa. Ruoppaukset ja rantarakentaminen voivat heikentää luontotyyppin luonnontilaa, mutta vaikutus arvioidaan pienialaiseksi. Kalajoen-Pyhäjoen meriluontoalue (EMMA-alue) on tärkeä erityisesti kalakantojensa vuoksi. Kalastoon kohdistuvat vaikutukset on kuvattu kalastokappaleessa.

## Merenhoitosuunnitelman tavoitteet ja toteutuminen

Merenhoidon suunnittelu perustuu Euroopan unionin meristrategiadirektiiviin (2008/56/EY), joka on Suomessa pantu täytäntöön lailla vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004, muutos 272/2011) sekä valtioneuvoston asetuksella merenhoidon järjestämisestä (980/2011).

Merenhoitosuunnitelma kattaa kaikki Suomen merialueet rantaviivasta talousvyöhykkeen ulkorajalle ja Suomen merialue on jaettu merenhoitoa varten osa-alueisiin. Osa-aluejako mahdollistaa eri mittakaavaisten osa-aluejakojen käytön asiakokonaisuudesta riippuen.

Merenhoidon tavoitteena on Itämeren hyvän tilan saavuttaminen ja ylläpitäminen. Merenhoitosuunnitelman ensimmäisessä osassa, joka valmistui vuonna 2012 valtioneuvoston hyväksymänä, hyvän tilan saavuttaminen asetettiin tavoitteeksi vuoteen 2020 mennessä. Ensimmäinen osa käsitti alustavan arvioidon meren nykytilasta, meriympäristön hyvän tilan määrittämisen sekä ympäristötavoitteet ja niihin liittyvien indikaattoreiden asettamisen. Merenhoitosuunnitelman ensimmäisessä osassa asetettiin kuusi yleistä ympäristötavoitetta, muun muassa rehevöitymisen ja haitallisten aineiden kuormituksen vähentämiseksi, luonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi, merenkulun turvallisuuden ja ympäristöystävällisyyden lisäämiseksi sekä merialuesuunnittelua koskien. Toinen osa, merenhoidon seurantaohjelma, valmistui vuonna 2014. Valtioneuvosto hyväksyi kolmannen osan, merenhoidon toimenpideohjelman vuosiksi 2016–2021, vuonna 2015. Toimenpideohjelman myötä valmistui Suomen ensimmäinen merenhoitosuunnitelmakokonaisuus. Toinen hoitokausi käynnistyi merenhoitosuunnitelman ensimmäisen osan tarkistamisella ja uudet ympäristötavoitteet on asetettu vuosille 2018–2024 seuraaville pääteemoille, jotka sisältävät myös tarkentavia alatavoitteita (SYKE 2019):

- **Ravinnekuormituksen vähentäminen**
- **Haitallisten aineiden kuormituksen vähentäminen**
- Roskaantumisen vähentäminen
- **Haitallisten vieraslajien leviämisen estäminen**
- Merellisten luonnonvarojen käytön kestävyys
- **Luonnonsuojelu ja ennallistaminen**
- Merenhoidon tietoperustan parantaminen
- Merialuesuunnittelu edistää meriympäristön hyvän tilan saavuttamista

Fennovoima on määrittänyt vuonna 2015 jättämässään ympäristölupahakemuksessa Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoksen kannalta keskeiset merenhoitosuunnitelman tavoitteet. Seuraavassa on esitetty nämä keskeiset tavoitteet merenhoidon päivitettyjen ympäristötavoitteiden muodossa (yllä olevassa listassa lihavoidulla fontilla) sekä arvioitu tavoitteiden toteutumista ydinvoimalaitoksen toiminnan aikana:

### **Teema/tavoite 1: Ravinnekuormituksen vähentäminen**

**Yleinen tavoite:** Fosfori- ja typpikuormituksen kuormituskatto alitetaan ja kiintoainekuormitus laskee

**Kuvaus:** Jotta hyvä tila rehevöitymisen suhteen olisi mahdollista saavuttaa, fosforin kokonaiskuormitus Suomen merialueille saa olla korkeintaan 3160 tonnia/vuosi ja typpikuormitus 79500 tonnia/vuosi. Kuormituskatto on jaettu merialueiden kesken (Perämeren osalta P-kuormitus 1400 t/a ja N-kuormitus 33100 t/a). Orgaanisen aineen ja kiintoaineen kuormituksen suhteen tavoitteena on laskeva suuntaus.

Hanhikivi 1 laitoksen käytöstä johtuva hyvin vähäinen ravinnepäästö mereen ei aiheuta muutoksia alueellisesti kokonaispäästöihin. Voimalaitoksen fosforipäästö määrä (noin 15 kg vuodessa) suhteutettuna pelkästään Pyhäjoen aiheuttamaan kuormitukseen jää merkityksettömäksi. Voimalaitoksen käytöstä ei aiheudu ristiriitaa ravinnepäästöjen tai orgaanisen aineen ja kiintoaineen vähennystavoitteen suhteen.

### **Teema/Tavoite 2. Haitallisten aineiden kuormituksen vähentäminen**

**Yleinen tavoite:** Haitallisia aineita koskevaa yleistä tavoitetta ei ole asetettu. Sen sijaan on asetettu tarkempia eri aineryhmiä ja päästölähteitä tai -reittejä koskevia alatavoitteita.



Hanhikivi 1 -alaitoksen toiminnasta ei vesiympäristöön johdeta päästönä valtioneuvoston asetuksen (868/2010) liitteissä 1A, B tai C mainittuja vesiympäristölle vaarallisia tai haitallisia aineita. Voimalaitoksen käytöstä ei aiheudu ristiriitaa tavoitteen suhteen, koska toiminnasta ei aiheudu haitallisten, vesiympäristölle vaarallisten aineiden päästöjä eikä siten laatumormien ylityksiä.

### **Teema/Tavoite 3: Haitallisten vieraslajien leviämisen estäminen**

**Alatavoite VIERAS1:** Alusliikenteen mukana leviävien lajien määrä vähenee.

**Kuvaus:** Alusliikenteessä, painolastitankkien veden ja sedimentin mukana sekä alusten runkoihin kiinnittyneenä leviävien lajien määrä vähenee vuosina 2018–2024 suhteessa aiempaan leviämisen määrään.

Hanhikiven niemen länsirannalle rakennettava meriväylä ja satama-allas ovat tarpeen ydinvoimalaitosta palvelevalle meriliikenteelle. Merenkulkuyhteyttä tarvitaan voimalaitoksen rakentamisen ja vuosi- huoltojen aikana koneiden ja laitteiden kuljetuksiin sekä myöhemmin tulevaisuudessa muun muassa mahdollisesti käytetyn ydinpolttoaineen kuljettamiseen. Vieraslajien esiintymistä alueella tullaan seuraamaan tarkkailulla. Mahdollisia vieraslajeja tullaan torjumaan erilaisin toimenpitein voimalaitoksen rakenteissa. Lajien painolastivesisopimuksen noudattamisen avulla voidaan estää vieraslajien leviämistä. Vieraslajien leviämisen osalta niiden luonnollinen tai muu levittäytyminen alueelle on todennäköisempää kuin Hanhikivi 1 -voimalaitokseen tulevan meriliikenteen aiheuttama. Lisäksi jäähdytysvesien hyvin paikallisen lämpökuorman tai voimalaitoksen vähäisen ravinnekuormituksen ei arvioida vaikuttavan alueella jo esiintyvien vieraslajien yleistymiseen.

### **Teema/Tavoite 4. Luonnonsuojelu ja ennallistaminen**

**Alatavoite LUONTO1:** Merelliset suojelualueet kattavat vähintään 10 % merialueiden alasta ja muodostavat ekologisesti yhtenäisen verkoston.

**Kuvaus:** Tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä suojelualueiden 10 % pinta-alatavoitteet on saavutettu koko Itämeren alueella sekä meriala-alueittain myös Suomen merialueilla. Lisäksi suojelualueiden tulee muodostaa ekologisesti yhteneväinen suojelualueverkosto sekä Itämerellä että Suomen merialueella.

**Alatavoite LUONTO2:** Merelliset suojelualueet muuttuvat tehokkaiksi meriluonnon suojelualueiksi.

**Kuvaus:** Merellisten suojelualueiden tulee tehokkaasti suojella niitä elementtejä, joiden takia alue on perustettu. Suojelualueiden sisällä eliöstöön ja elinympäristöön kohdistuvien paineiden tulee olla selvästi vähäisempiä kuin ympärillä olevilla alueilla jotta alueen eliöstön elinvoimaisuus on mahdollista turvata ja lajien ja luontotyyppejen suojelutaso on suotuisa. Alueiden hoito- ja käyttösuunnitelmat tulee laatia huomioiden vedenalaisen luonnon arvot ja niihin kohdistuvat paineet.

Hanhikivi 1 -laitoksen toiminnalla on paikallinen vaikutus meriympäristöön jäähdytysveden vaikutusalueella. Vaikutusalueella perustuotanto voi kasvaa. Voimalaitoksen toiminta ei vaaranna lajien tai luontotyyppejen suotuisan suojelutason säilymistä tai saavuttamista. Voimalaitoksen käytön aikaiset vaikutukset eivät vaaranna tavoitetta varmistaa meren ravintoverkkojen toimintaedellytykset. Merenpohjan ekosysteemien rakenne tai toiminnot eivät vaarannu. Paikallisella tasolla voi tapahtua muutoksia, mutta Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitos ei vaaranna merenhoitosuunnitelman alatavoitteita LUONTO1 ja LUONTO2.

## Lähteet

**AFRY 2020.** TEM:n pyytämä päivitys voimalaitoksen rakentamislupahakemuksen liitteeseen 3B: vesiympäristön vieraslajien esiintyminen, voimalaitoksen käytön vaikutukset vieraslajeihin sekä kotoperäisten ja vieraslajien muodostama uhka laitoksen toiminnalle. Raportti 2020.

**Haikonen, A., Romakkaniemi, A., Ankkuriniemi, M., Keinänen, M., Mäntyniemi, S., Pulkkinen, K. & Vihtakari, M. 2006.** Lohi- ja meritaimenkantojen seuranta Tornionjoessa vuonna 2005. Kala- ja riistaportteja nro 379. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

**Haikonen, A., Helminen, J., Karppinen, P., Kervinen, J. & Vatanen, S. 2014.** Fennovoiman ydinvoimahankkeen vedenotto- ja lauhdeveden purkualueen kalastoselvitykset vuonna 2014. Kala- ja vesimonisteita nro 150. Kala- ja vesitutkimus Oy.

**Haikonen A., Olsen S., Vatanen S., Hoppo L., Karppinen P. & Kervinen J. 2017.** Fennovoiman ydinvoimahankkeen rakentamisen aikainen kalataloustarkkailu vuonna 2016. Kala- ja vesijulkaisua 221. Kala- ja vesitutkimus Oy 2017.

**Haikonen A. & Vatanen S. 2020.** Liminkaojan sähkökalastus vuonna 2020. Kala- ja vesijulkaisua nro 300.

**Hoppo L, Vatanen S. & Kervinen J. 2021.** Fennovoiman vesistöiden kalataloustarkkailu 2020. Väliraportti. Kala- ja vesitutkimus 2021.

**HELCOM 2013.** HELCOM HUB Technical report on the HELCOM Underwater Biotope and habitat classification. Baltic Sea Environment Proceedings No. 139

**Hyvärinen, E., Juslen, A., Kemppainen, E., Uddstrom, A., Liukko, U.-M., 2019.** The 2019 Red List of Finnish Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki, p. 704.

**Ikonen, E. 2006.** The role of the feeding migration and diet of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in yolk-sac fry mortality (M74) in the Baltic Sea. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, biotieteellinen tiedekunta, bio- ja ympäristötieteiden laitos & Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

**Jutila, E., Jokikokko, E. & Julkunen, M. 2005.** The smolt run and postsmolt survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to early summer water temperatures in the northern Baltic Sea. Ecology of Freshwater Fish 14: 69-78.

**Karlsson, L., Ikonen, E., Westerberg, H. & Sturlaugsson, J. 1999.** Data storage tag study of salmon (*Salmo salar*) migration in the Baltic: The spawning migration of wild and hatchery-reared fish and a comparison of tagging methods. ICES C.M. 1999/AA:5.

**Karppinen, P. & Vatanen, S. 2014.** Ammattikalastus Pyhäjoen ja Raahen edustan merialueella vuonna 2013. Kala- ja vesimonisteita nro 142. Kala- ja vesitutkimus Oy.

**Karppinen, P., Vatanen, S., Haikonen, A., Helminen, J. & Kervinen, J. 2014.** Fennovoiman ydinvoimalaitoksen käytöstä aiheutuvat kalataloudelliset vaikutukset. Kalatalousarvio. Kala- ja vesimonisteita nro 160. Kala- ja vesitutkimus Oy.

**Karppinen, Haikonen & Vatanen 2016.** Occurrence and reproduction of sea grayling in the marine area of Pyhäjoki and Liminkaoja river. Kala- ja vesijulkaisuja nro 208. Kala- ja vesitutkimus Oy. 13.12.2016. (Meriharjuksen esiintyminen ja lisääntyminen Pyhäjoen edustan merialueella ja Liminkaojassa)

**Karppinen, Haikonen & Vatanen 2016.** Occurrence and reproduction of sea grayling in the marine area of Pyhäjoki and Liminkaoja river. Kala- ja vesijulkaisuja nro 208. Kala- ja vesitutkimus Oy. 13.12.2016. (Meriharjuksen esiintyminen ja lisääntyminen Pyhäjoen edustan merialueella ja Liminkaojassa)

- Karppinen, Haikonen, Vatanen, Happo, Olsen & Kervinen 2018.** Fishery monitoring during water construction in 2017. Kala- ja vesijulkaisuja nro 240. Kala- ja vesitutkimus Oy. 29.5.2018. (Fennovoiman ydinvoimahankkeen rakentamisen aikainen kalataloustarkkailu vuonna 2017.)
- Karppinen, Haikonen, Vatanen, Happo, Olsen & Kervinen 2019.** Fishery monitoring during water construction in 2018. Kala- ja vesijulkaisuja nro 265. Kala- ja vesitutkimus Oy. 28.5.2019. (Fennovoiman ydinvoimahankkeen rakentamisen aikainen kalataloustarkkailu vuonna 2018.)
- Karppinen P., Haikonen A. ja Vatanen S. 2020.** Meriharjuksen lisääntymis-, vaellus- ja syönnösalueiden selvittäminen Fennovoiman ydinvoimahankkeen vaikutusalueella - Suunnitelma vuosina 2016-2020 toteutettavista selvityksistä. Kala- ja vesijulkaisuja nro 209. Päivitys 2020.
- Keränen P. 2015.** Meriharjuksen hoitosuunnitelma Osa 1. Meriharjuskannan hoidon ja suojelun tausta. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja C.
- Kontula, T. & Raunio, A. 2018.** Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Luontotyyppien punainen kirja. Suomen Ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. Helsinki 2018.
- Lappalainen J., Kurvinen L. & Kuismanen L. 2020.** (toim.) Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2020.
- Lauri, H 2013.** Virtausmalli Pyhäjoen edustalle lämpöpäästöjen leviämisen arviointiin. Suomen YVA Oy.
- Lehtonen, H. & Himberg, M. K.-J. 1992.** Baltic Sea migration patterns of anadromous *Coregonus lavaretus* (L.) s.str. and sea-spawning European whitefish *C.l. widgreni* Malmgren. Teoksessa: T. N. Todd & M. Luczynski (toim.) Biology and management of Coregonid Fishes. Pol. Arch. Hydrobiol. 39 (3,4): 463-472.
- Leskelä, A. 2006.** Marking one-summer-old whitefish with fluorescent pigment spraying method and results of whitefish stockings in the Gulf of Bothnia. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, biotieteellinen tiedekunta, bio- ja ympäristötieteiden laitos & Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Leskelä, A., Hudd, R., Lehtonen, H., Huhmarniemi, A. & Sandström, O. 1991.** Habitats of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) larvae in the Gulf of Bothnia. *Aqua Fennica* 21, 2:145-151.
- Luonnonvarakeskus 2021.** Kalahavainnot. ([www.kalahavainnot.luke.fi](http://www.kalahavainnot.luke.fi), viitattu 19.2.2021).
- Løvendahl Raun, A. 2013.** Effects of eutrophication and temperature on submersed rooted plants. Faculty of science, University of Copenhagen, Kööpenhamina.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2014.** Lohistrategian taustaselvitykset. Raportti nro 91.
- Niva, T. 2001.** Perämeren ja sen jokien lohi-istutusten tuloksellisuus vuosina 1959-1999. Kalatutkimuksia 179. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Oikarinen, J. 2012.** Pyhäjoen edustan merialueen kalataloudellinen merkitys. Raportti. Perämeren Kalatalousyhteisöjen Liitto Ry, Raahe.
- Perämeren kalatalousyhteisöjen liitto 2021.** Viljelytoiminta ([www.kalatalousneuvonta.fi](http://www.kalatalousneuvonta.fi), viitattu 19.2.2021).
- Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. 2008.** Suomen Luontotyyppien uhanalaisuus - osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 8/2008 Osa 2.
- Siira, A., Suuronen, P., Erkinaro, J. & Jounela, P. 2008.** Run timing routes of returning Atlantic salmon in the Northern Baltic Sea; implications for fisheries management. Käsikirjoitus.

**SYKE 2019.** Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. & Ekeboom J. (toim.). Suomen meriympäristön tila 2018, SYKEN julkaisu, ISSN 2323-8909 (verkkojulkaisu).

**Syväranta, J. & Leinikki, J. 2014.** Pyhäjoen Hanhikivenniemen vesikasvillisuustarkkailu ja ydinvoimalaitoksen käytönaikaisten vaikutusten arviointi. Raportti 9/2014. Alleco Oy.

**Syväranta J. & Leinikki J. 2019.** Pyhäjoen Hanhikivenniemen vesikasvillisuustarkkailu 2018. Alleco julkaisu nro 2/2019.

**Taskila, E. 2009.** Paikanvalintaa edeltävät vesistöselvitykset ydinvoimalaitoshankkeessa - kalataloudellisia selvityksiä. Raportti. Pöyry.

**Vatanen, Olsen, Karppinen & Haikonen 2016.** Fishery monitoring during water construction - Professional fishing in 2015. Kala- ja vesijulkaisu nro 196. Kala- ja vesitutkimus Oy. 28.5.2016. (Fennovoiman ydinvoimahankkeen rakentamisen aikainen kalataloustarkkailu - Ammattikalastus vuonna 2015.)

**Vatanen, Hynninen, Haikonen & Hoppo 2020.** Fishery monitoring during water construction works in 2019. Kala- ja vesijulkaisu nro 288. Kala- ja vesitutkimus Oy. 29.5.2020. (Fennovoiman ydinvoimahankkeen rakentamisen aikainen kalataloustarkkailu vuonna 2019.)

VELMU-hankkeen karttapalvelu (viitattu 21.2.2021)

**Westerberg, H., Sturlaugsson, J., Ikonen, E & Karlsson, L. 1999.** Datastorage tag study of salmon (*Salmo salar*) migration in the Baltic: Behaviour and the migration route as reconstructed from SST data. ICES CM 1999/AA:06.





[www.fennovoima.fi](http://www.fennovoima.fi)