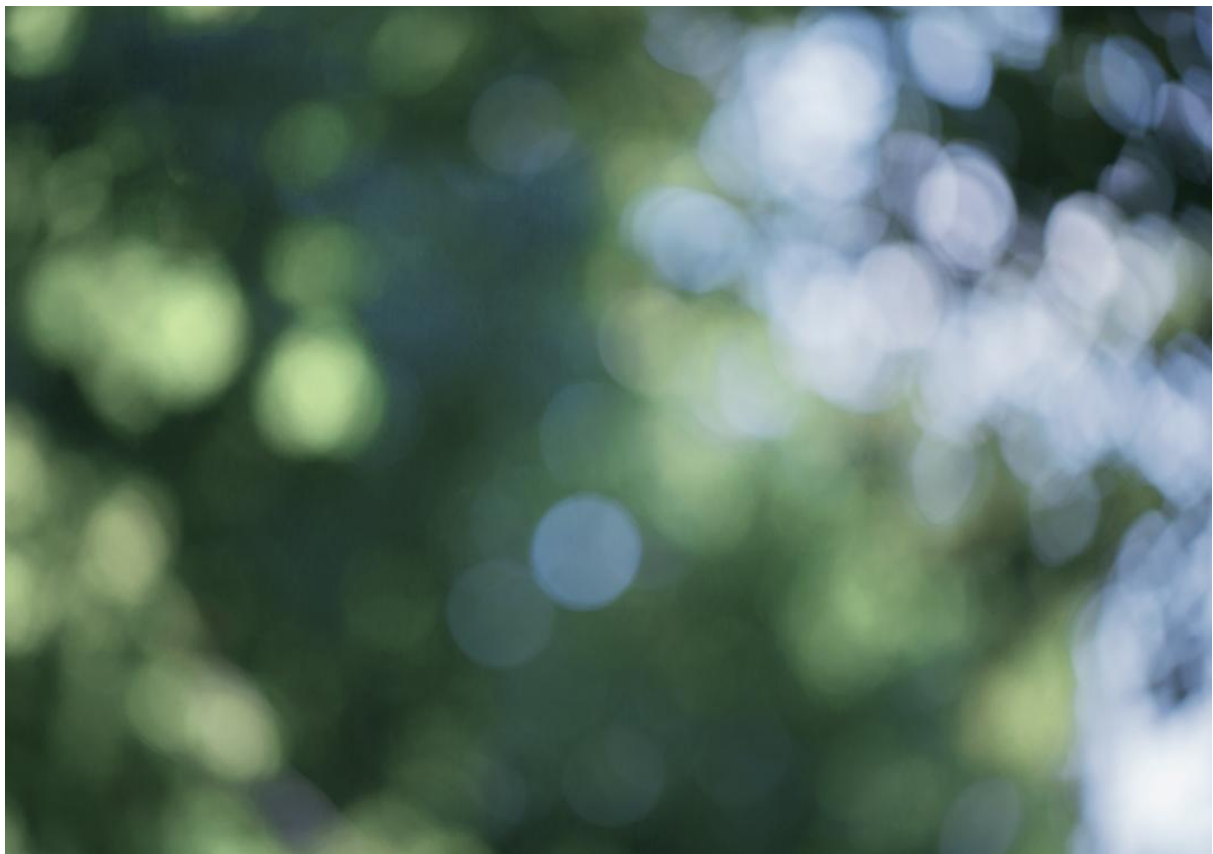




Arctic Sisu e-metaanin tuotantolaitoksen lämpöpäästön mallinnus Kotkan edustan merialueella

Vesistömallinnus 15.4.2026, v1

AFRY Projektinro: 101030347-Z-RE-A-0001-Rev 0 Lämpöpäästön mallinnus merialueella

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101030347-Z-RE-A-0001-Rev 0

Kuvien pohjakartat ja -ilmakuvat: Maanmittauslaitoksen peruskartta-aineisto, avoin data 2026 ellei toisin mainita.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	4
2	LASKENTAMALLI	4
2.1	Lämpöpäästön laskenta	4
2.2	Mallin kuvaus	4
2.3	Mallihila	5
3	KUORMITUKSET	7
3.1	Mallinnettava kuormitus	7
3.2	Muut kuormitukset	7
4	OLOSUHDEDETIEDOT	8
4.1	Säätiedot	8
4.2	Jokivirtaamat	8
4.3	Vedenkorkeus	9
4.4	Laskentajaksojen valinta	9
5	VIRTAUSLASKENTA	10
5.1	Malliasetukset	10
5.2	Laskentatulosten vertailu mittauksiin	11
6	SKENAARIOLASKENNAT	14
6.1	Otto- ja purkupisteiden sijoitus	14
6.2	Laskentaskenaariot	16
6.3	Lämmön nousu karttapohjalla	16
6.4	Suolapitoisuuden nousu karttapohjalla	21
6.5	Lämpötilan muutos aikasarjapisteissä	22
6.6	Vaikutus jäätilanteeseen	30
7	LASKENNAN EPÄVARMUUKSISTA	32
8	YHTEENVETO	33
9	LÄHDELUETTELO	34

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli selvittää Kotkansaaren itärannalle suunnitellun Arctic Sisu – e-metaani tehtaan lämpöpäästöjen leviämistä ja purkuveden aiheuttamaa suolapitoisuuden muutosta Kotkan edustan rannikkoalueella. Kuormituksen sekoittuminen ja sen aiheuttama lämpötilan nousu sekä suolapitoisuuden muutokset arvioitiin rakentamalla alueelle virtaus- ja vedenlaatumalli, jolla kuormituksen vaikutus laskettiin. Työn sisältö oli seuraava:

- 1) Virtausmallin laatiminen kohdealueelle.
- 2) Nykytilan (tilanne ilman uutta kuormitusta) laskenta.
- 3) Suunnitellun kuormituksen aiheuttamien muutosten arvioiti (tilanne uuden kuormituksen kanssa verrattuna nykytilaan)

2 LASKENTAMALLI

2.1 Lämpöpäästön laskenta

Lämpöpäästö on vettä, joka on nimensä mukaisesti purkualueen vettä lämpimämpää ja siten myös kevyempää. Tästä johtuen lämmin vesi pysyy tyypillisesti pintakerroksessa, missä se jäähtyy sekoittumalla purkualueen veteen, jäähtymällä ilmaan ja viilenemällä myös haihtumisen kautta. Alueilla, jossa vesi pääsee vapaasti sekoittumaan suurempaan vesimassa, merkittävin purkuvettä viilentävä prosessi on purkuveden sekoittuminen purkualueen vesiin. Lämpöpäästön leviämiseen vaikuttaa myös purkuvesien suolapitoisuus-ero ympäröivään vesimassaan verrattuna. Vähemmän suolainen vesi on kevyempää ja jää pinnalle, kun taas ympäröivää vettä suolaisempi vesi voi joko sekoittua tai kulkeutua pohjalle olosuhteista, sekä purkuveden ja meriveden tiheyseron suuruudesta riippuen.

2.2 Mallin kuvaus

Tässä raportissa on tarkasteltu purkuveden sekoittumista purkupaikan lähialuetta ympäröivällä merialueella 3d-virtausmallia käyttäen. Merialueen mallilaskennat suoritettiin YVA3d-laskentamallilla, joka perustuu hydrostaattisten 3d-virtausyhtälöiden ratkaisemiseen differenssimenetelmällä. Mallihila koostuu vaakasuunnassa suorakulmaisista ruuduista, syvyysuunnassa malli käyttää vakiosyvyystasoihin perustuvaa z-hilaa. Vaakasuunnassa on käytetty lisäksi asteittain tarkentuvaa sisäkkäistä mallihilaa, jolloin laajemman merialueen vaikutukset kohdealueelle saadaan laskettu hyvällä tarkkuudella. Laskentamalli soveltuu hyvin Suomen järvi- ja rannikkoalueiden kuvaamiseen, ja sitä on käytetty yli sataan laskentasovellukseen Suomessa ja ulkomailla.

Mallilaskennassa veteen vaikuttavista voimista huomioidaan tuulen aiheuttama sekoittuminen, ilmanpaineen vaikutus, vedenkorkeusvaihtelu mallin reunalla, puro- ja jokivirtaamat ja jääpeitteen vaikutus. Lisäksi malli laskee veden lämpötilan ja suolaisuuden, sekä samalla myös vaak- ja syvyysuuntaiset veden lämpötilan ja suolaisuuden aiheuttamat tiheyserot, jotka vaikuttavat mm. sekoittuneen purkuveden kulkeutumiseen ja syvyysuuntaiseen sekoittumiseen. Virtaukset lasketaan dynaamisesti, jolloin säähistoriasta valitaan edustavan ajanjakso, jota simuloidaan mallilaskennan avulla käyttämällä mitattuja säätietoja ja reuna-arvoja (kuten jokivirtaamat). Laskennan lopputuloksena saadaan valitun simulointijakson ajalta jokaiselle mallihilan hilaruudulle virtaus, lämpötila ja suolaisuusarvo halutulla aikatarkkuudella). Tarkempi kuvaus mallin laskentaperiaatteista löytyy mallin käyttöohjeesta (Koponen et al. 2004).

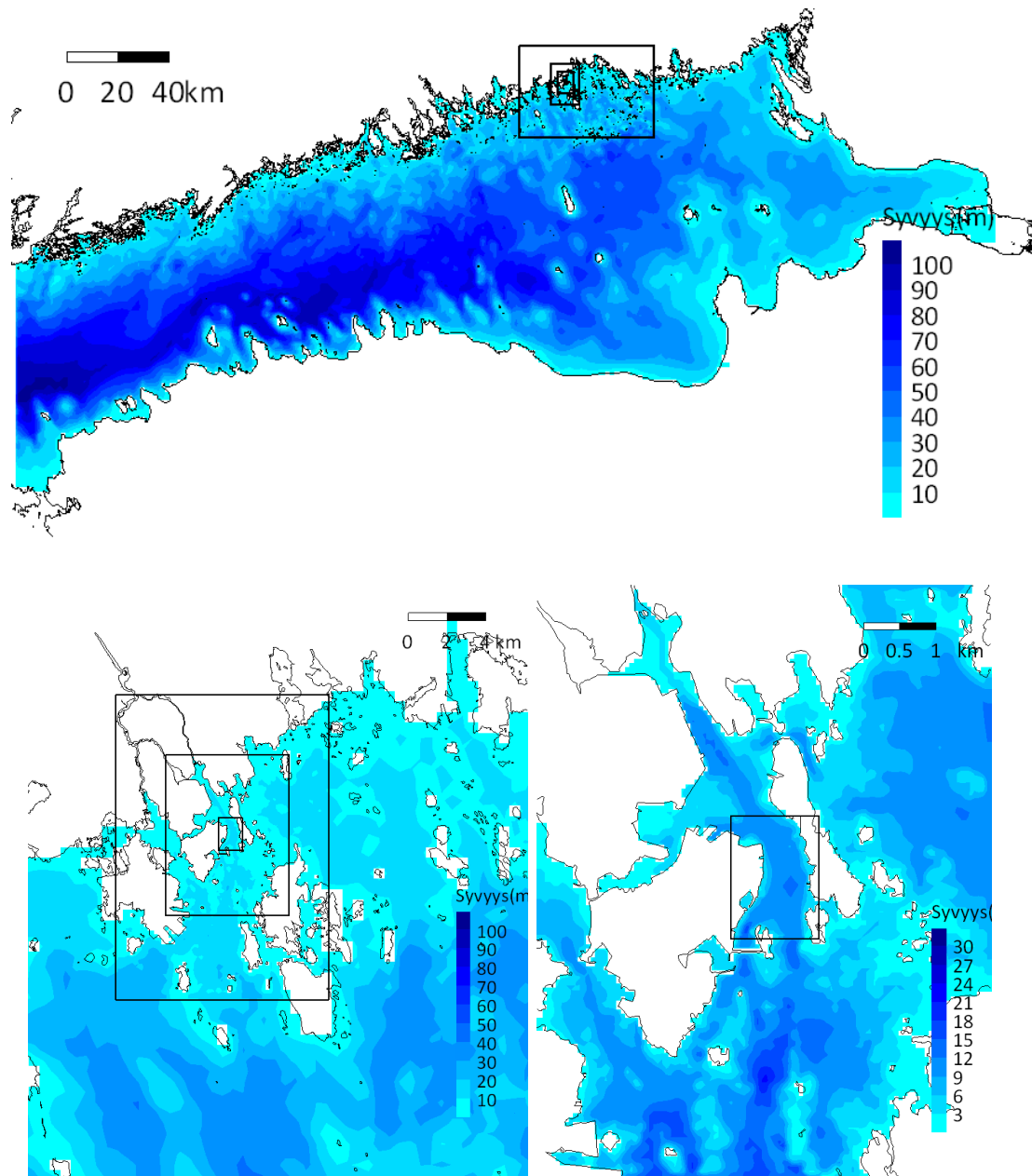
2.3 Mallihila

Mallilaskentaa varten alueelle laadittiin mallihila saatavilla olleita rantaviiva- ja syvyystietoja käyttäen. Rantaviivana käytettiin Suomen puolella MML:n 1:100 000 kartta-aineistoa (Maanmittauslaitos 2026). Rantaviivaa tarkennettiin Kymijoen suun osalta MML:n maastotietokannan tiedoilla. Muu rantaviiva on EEA-coastline aineistosta (EEA 2017). Syvyystiedot ovat Suomen puolelta Liikenneviraston ylläpitämästä rannikkoalueiden syvyysaineistosta (Liikennevirasto 2022) ja muilta alueilta BSBD-tietokannasta (BSBD 2013).

Laskennassa käytetty mallihila koostuu useasta sisäkkäisestä hilatasosta. Sisäkkäisiä hilatasoja mallissa on neljä, uloimman hilatason resoluutio on 1620 m ja tarkimman 36 m. Hilan tarkennuksissa ulomman hilatason hilakoppi jakautuu yhdeksäksi (3 x 3) tarkemman hilatason kopiksi. Hilatasot on esitetty kuvassa 2-1 ja tasojen keskeiset mittatiedot taulukossa 2-1. Syvin kohta uloimmassa hilatasossa on 120,5 m. Mallin kerrospaksuus on 0–10 m syvyysvälillä 1 m. Syvemmällä kerrospaksuus kasvaa tasaisesti siten, että yli 80 m tasolla se on 15 m. Syvyystasoja mallissa on yhteensä 23 kpl.

Taulukko 2-1. Mallin hilatasojen tiedot

Hilataso	x-koko (ruutuja)	y-koko (ruutuja)	hilan tark- kuus (m)	x-koko (km)	y-koko (km)	Suurin sy- vyys (m)
1	243	116	1620	393.7	187.9	120.5
2	96	66	540	51.8	35.6	51.4
3	60	87	180	10.8	15.7	27.8
4	105	138	60	6.3	8.3	21.7
4	60	84	20	1.2	1.7	15.8



Kuva 2-1. Mallihila, ylinnä koko mallihilan alue, alempana tarkennettu alue.

3 KUORMITUKSET

3.1 Mallinnettava kuormitus

Tässä mallinnettava uusi kuormitus on Arctic Sisu e-metaanin tuotantolaitoksen jäähdytysvesikuormitus. Jäähdytysvettä otetaan veden ottopisteestä, mikä jälkeen vesi puhdistetaan ja sitä käytetään haihdutustorneissa jäähdytykseen. Prosessissa osa vedestä haihtuu ja sen lämpötila nousee, minkä jälkeen vesi puretaan takaisin mereen. Koska osa vedestä haihdutetaan, purettavan veden suolapitoisuus nousee noin kolminkertaiseksi suhteessa ottoveteen. Jäähdytysvesipurkuun ohjataan myös jonkin verran muita purkuvesiä, joissa on mukana suolapitoisuutta. Tarkempi kuvaus tehtaan prosessista on esitetty YVA-ohjelmassa.

Skenaariolaskennassa käytetyt arvioidut otto- ja purkuvesimäärät, sekä lämpötilan ja suolapitoisuuden muutokset purkuvedessä ottoveteen verrattuna on esitetty taulukossa 3-1. Kuormitusvaihtoehtoja on yksi. Kuormitus on lämpötilan osalta yläarvio.

Taulukko 3-1. Suunnitellut jäähdytysveden otto- ja purkumäärät

V1	Q (m3/s)	dT (°C)	SAL(g/l)
Ottovesi (O1)	0,059	-	1 – 3
Purkuvesi (P1)	0,019	+15	6 – 13,4

Suolapitoisuuden osalta Arctic Sisun purkuveden suolapitoisuus voidaan laskea ottoveden suolapitoisuudesta kaavalla $Sali_out (g/l) = sali_in (g/l) * 3.15 + 3.89$. Skenaariolaskennassa käytettiin mallin teknisistä rajoitteista johtuen approksimaatiota $Sali_out (g/l) = Sali_in (g/l) + 9.27$. Tällä laskentatavalla approksimaatio vastaa laitoksen purkuveden suolapitoisuutta, kun ottoveden suolapitoisuus on 2,5 g/l. Tätä alemmilla ottoveden suolapitoisuuksilla käytetty kaava antaa purkuveden suolapitoisuudelle yläarvion, korkeammilla suolapitoisuuksilla ala-arvion. Mallilaskennassa ottoveden suolapitoisuus oli 90 % ajasta alle 2,5 g/l.

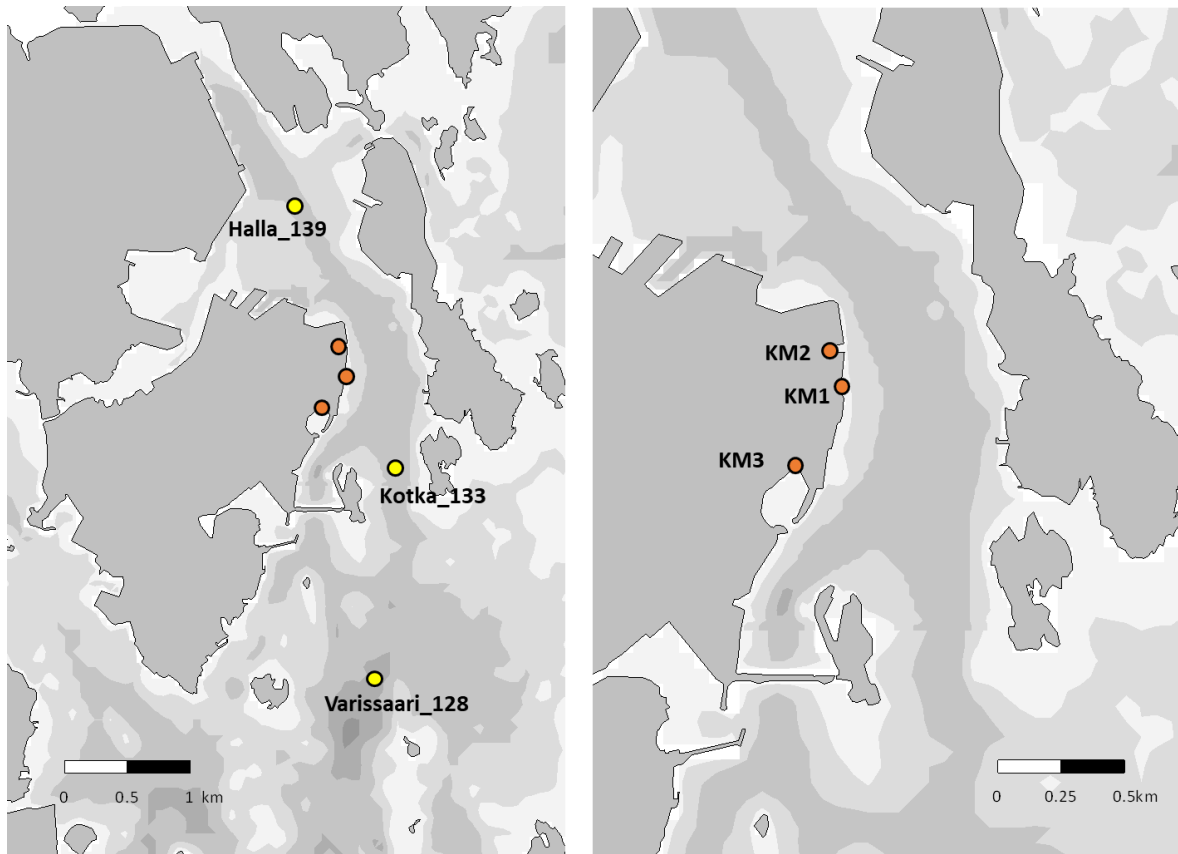
3.2 Muut kuormitukset

Alueella on myös muita kuormituksia, joista tässä otetaan huomioon KotkaMills – tehtaan jäte- ja jäähdytysvesipäästö. Alueella toimi vuoden 2023 syyskuuhun asti myös Sunilan tehdas, jota ei tässä ole otettu mukaan mallinnukseen, sillä tehtaan toiminta on loppunut.

KotkaMills'in jäähdytysveden otto- ja purkupaikat sekä jäteveden purkupaikka on esitetty kuvassa 3-1. Purkuvesistä on tässä huomioitu purkuvesimäärä, sekä vesien lämpötila- ja suolaisuus. Jäähdytysveden tiedot on saatu vesilupapäätöksestä (ESAVI/10733/2015, jäähdytysvesimäärä 4-6 milj.m3/a, käytetty 5 milj.m3). Jäteveden purkumääränä on käytetty merialueen tarkkailuraportissa ilmoitettua keskimääräistä jätevesipurkumäärää vuodelta 2019 (29110 m3/d) (Kymijoen vesi- ja ympäristö ry, 2020). Jäähdytysveden lämpötilaksi on arvioitu vakio lämpötila +25 °C. Jäteveden lämpötilaksi on arvioitu vakio +30 °C. Jäähdytysveden suolapitoisuus vastaa ottovettä, jäteveden suolaisuudeksi on arvioitu vakio 1,0 g/l.

Taulukko 3-2. Kotka Mills vesipäästöt

KotkaMills	Q (m ³ /s)	T (°C)	SAL(g/l)
Ottovesi (KM1)	0,16	-	
Jäähdytyspurku(KM2)	0,16	25	sama kuin ottovedessä
Jätevesipurku (KM3)	0,34	30	1,0



Kuva 3-1. Lähimpien vedenlaadun seurantapisteiden paikat, sekä nykyisten kuormitusten paikat (KM1=KotkaMills jäähdytysveden otto, KM2=KotkaMills jäähdytysveden purku, KM3=KotkaMills jäteveden purku).

4 OLOSUHDETIEDOT

4.1 Sää tiedot

Mallin sää tietoina käytettiin ECMW:n ERA5 reanalysis-dataa (Berrisford et al. 2011), joka on Euroopan sääkeskuksen ylläpitämä säähistoria-aineisto. Aineisto perustuu mittausten ja ECMWF:n säämallin ns. nykyhetken ennusteen yhdistämiseen. Tässä käytetty vaaka-suuntainen sää tietojen resoluutio oli 0,75 astetta.

4.2 Jokivirtaamat

Kohdealueen olosuhteisiin vaikuttaa merkittävästi Kymijoki ja varsinkin sen itäisin, eli Korkeakosken haara. Kymijoen eri haarojen virtaamat saatiin Hertta-tietokannasta (Hertta 2026). Huumanhaaran virtaamaksi asetettiin 6 % Koivukosken virtaamasta

(Ecobio 2006). Kotkan itäpuolelle laskevien pienempien jokien (Vehkajoki ja Summajoki) virtaamat poimittiin SYKEN Vemala-järjestelmästä (SYKE 2026).

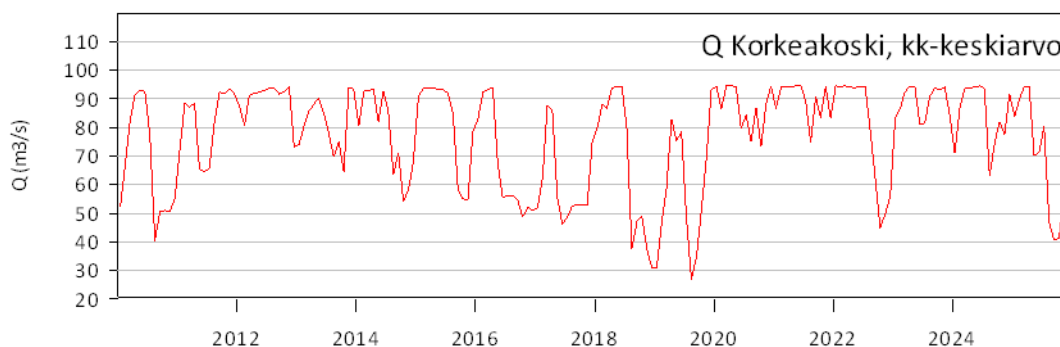
4.3 Vedenkorkeus

Suomenlahdella vedenkorkeuden vaihtelu aiheutuu sääolosuhteista ja seisovasta aalto-
liikkeestä johtuvasta vesipinnan heilahtelusta (seiche). Lahden suulla vedenkorkeus
määräytyy Itämeren päältäan olosuhteiden perusteella. Suomenlahden pohjukassa ve-
denkorkeuteen vaikuttaa suualueen vedenkorkeuden lisäksi alueellinen säätilanne. Ylei-
sellä tasolla lahden perukassa vedenkorkeusvaihtelu on suurempi kuin lahden suulla:
Hangossa vedenkorkeuden vaihteluväli on noin -79 cm ... + 92 cm, Kotkaa lähinnä ole-
vassa vedenkorkeuden mittauspisteessä Haminassa vaihteluväli on taas - 115 cm ...
+150 cm. Haminassa vedenkorkeus on keskimäärin suurimmillaan joulukuussa, ja pieni-
millään keuhattalvella huhti- ja toukokuussa. Vedenkorkeuden vaihtelu on kuukausittaisen
keskihajonnan perusteella suurimmillaan joulu-tammikuussa ja pienimmillään kesä-elo-
kuussa.

4.4 Laskentajaksojen valinta

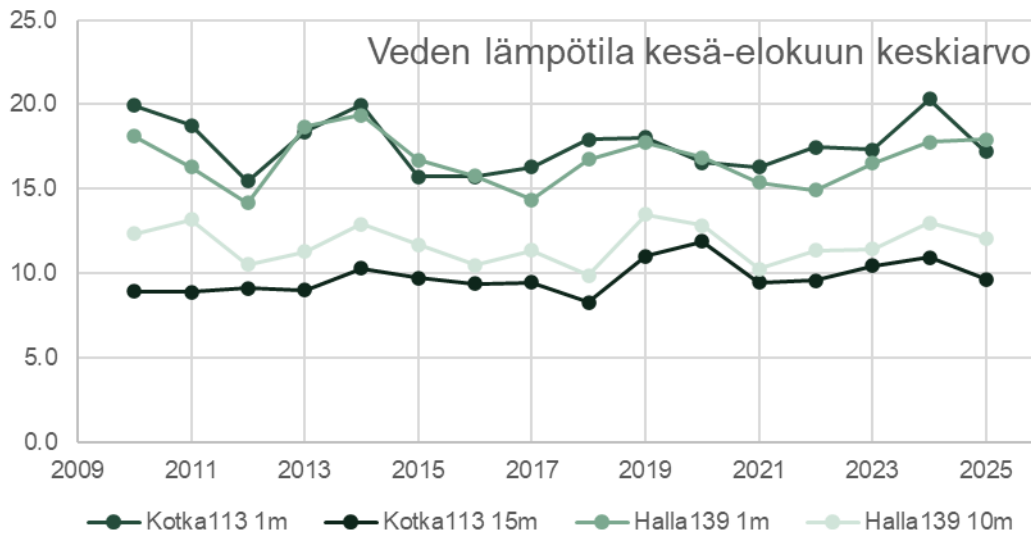
Yleisesti jätevesi- ja lämpöpäästöjen laimenemiseen vaikuttaa rannikkoalueilla tuulen ja
vedenkorkeusvaihtelun aiheuttamien virtausten aikaansaamaa vedenvaihto ja sekoittu-
minen, sekä isompien jokien virtaamat, mikäli sellaisia on päästön lähialueella. Purkupa-
ikan sijainnista johtuen tässä keskeiset lämpöpäästön sekoittumiseen vaikuttavat tekijät
ovat merialueen vaikutus ja Kymijoen Korkeakosken haaran virtaama. Laskettavien jak-
sojen valintakriteereinä käytettiin sekoittumistekijöiden perusteella jokivirtaaman suu-
ruutta ja veden lämpötilaa.

Korkeakosken virtaaman keskiarvo vuosien 2010–2025 ajalta on keskimäärin 77,15
m³/s. Pienin virtaaman kuukausikeskiarvo em. vuosilta löytyy elokuulta 2019 (26,8
m³/s). Virtaamien kk-keskiarvot on esitetty kuvassa 3-1.



Kuva 4-1. Korkeakosken virtaamien kk-keskiarvot jaksolta 2010-2025.

Meriveden lämpötilaa eri vuosina voi tarkastella veden lämpötilamittausten pohjalta.
Suunnitellun purkupaikan lähellä on kaksi vesistömittauspistettä, Halla 139 ylävirran suun-
nassa ja Kotka 133 meren suunnassa (Hertta 2026). Pisteiden sijainti on esitetty kartalla
kuvassa 4-1. Lämpötilamittauksia pisteistä on tehty kesäjaksolla pinta- ja pohjakerrok-
sista noin kerran kuussa. Kesäjaksen (kesä-elokuut) keskilämpötilat molemmista pisteistä
on esitetty kuvassa 3-2. Lämpimintä pintavesi oli vuoden 2024 kesäjaksolla. Mittauksia on
vain kolme kutakin kesäjaksota kohti ja ne voivat eri vuosina olla tehty eri ajankohtina.



Kuva

Kuva 4-2. Mitatut veden lämpötilat jaksolla 2010-2025 mittauspisteissä Halla 139 ja Kotka 133 pinta- ja pohjakerroksessa.

Laskentajaksot valittiin tässä pääosin Korkeakosken virtaamien pohjalta. Vähävirtaamaista tilannetta edustamaan valittiin vuoden 2019 kesä (heinä-lokakuu) ja keskimääräistä/suurempaa virtaamaa edustamaan valittiin vuoden 2020 kesä. Vuosien 2010–2025 ajalta kuukausien 6–8 virtaaman keskiarvo oli 75,0 m³/s. Vuoden 2019 vastaava keskiarvo oli 51,3 m³/s, ja vuoden 2020 keskiarvo 79,9 m³/s. Lämpötilan osalta vuoden 2019 kesäjaksolla pintavesi oli jakson 2010–2025 keskiarvoa lämpimämpää (+0,8 °C) ja vuoden 2020 kesäjaksolla jonkin verran keskiarvoa viileämpää (-0,4 °C).

Talvijaksoksi valittiin talvi 2020-2021. Ilmatieteenlaitoksen jäätalvilaston mukaan jäätalvi 2020-2021 oli keskimääräinen. Suomenlahdella jäätyminen tapahtui lähes tavanomaiseen aikaan, ja sulaminen tavanomaista aikaisemmin. Jääpäiviä oli Suomenlahdella paikasta riippuen 9-17 päivää tavanomaista vähemmän.

5 VIRTAUSLASKENTA

5.1 Malliasetukset

Virtauslaskennan lähtötietoina käytettiin luvussa 3 kuvattuja sää-, jokivirtaama- ja vedenkorkeustietoja. Mallin avoimella reunalla reunaehtona käytettiin ajan suhteen muuttuvaa vedenkorkeutta, syvyyden mukaan vaihtelevaa mutta ajan suhteen vakiota suolapitoisuutta, sekä syvyyden ja ajan suhteen vaihtelevaa lämpötilaa. Vedenkorkeus asetettiin Hangon vedenkorkeusmittausten ja koko Itämeren kattavan mallin tietoja yhdistämällä, lämpötila puolestaan Itämerimallin tiedoista.

Virtauslaskenta suoritettiin dynaamisena laskenta, jossa valittujen aikajaksojen virtaamat laskettiin käyttämällä toteutunutta säätilannetta ja em. tavalla määriteltyjä virtaus- ja vedenkorkeusreunaehtoja.

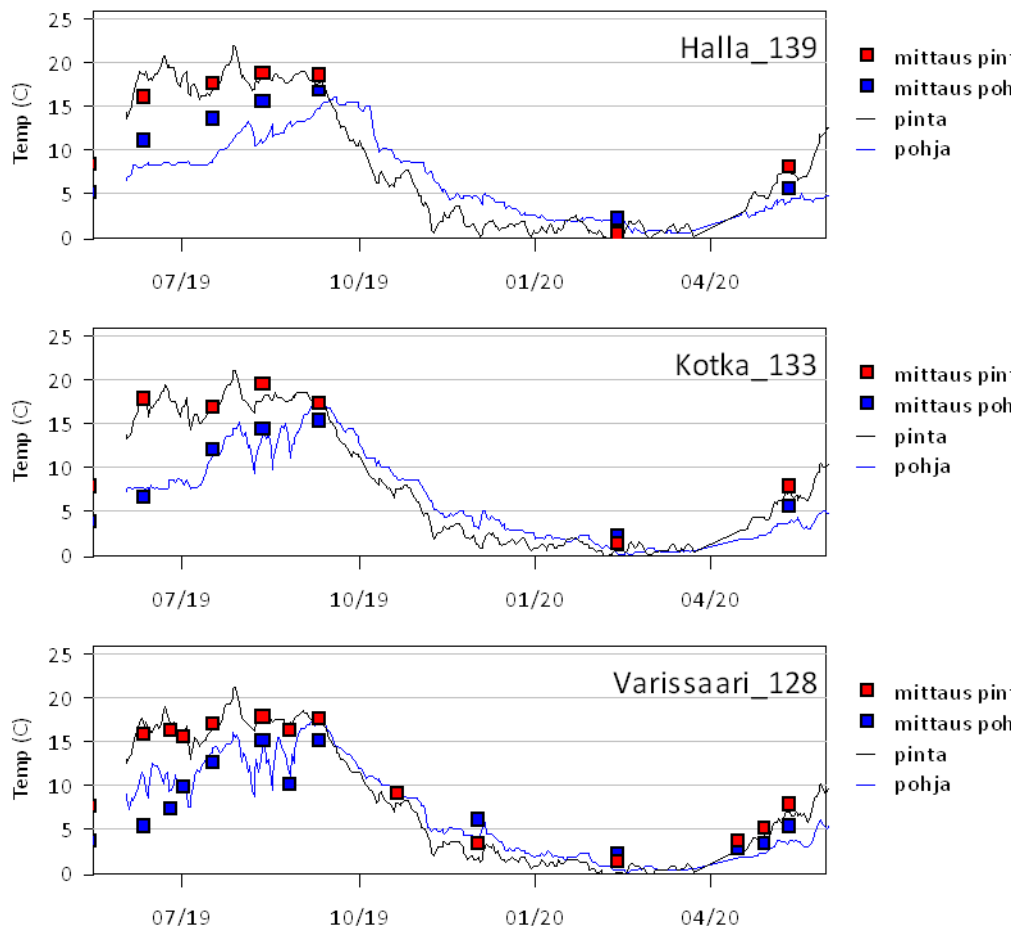
Suunnitellun tehtaan purkuvesien leviämistä arvioitiin lisäämällä malliin tehtaan jäähdytysvesikuormitus ja vertaamalla näin laskettua tilannetta laskettuun tilanteeseen, jossa kuormitusta ei ollut mukana.

5.2 Laskentatulosten vertailu mittauksiin

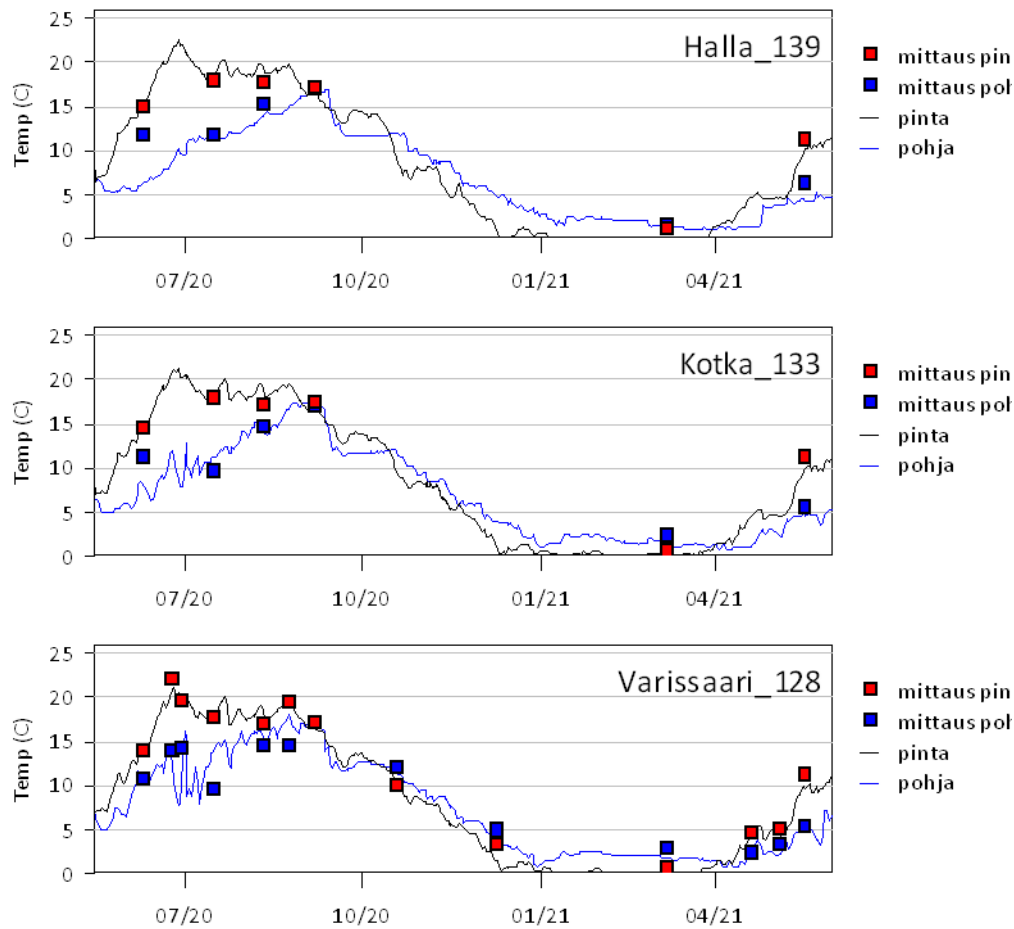
Mallin laskennan tarkistamiseksi laskettuja vedenkorkeus, lämpötila- ja suolaisuusarvoja verrattiin alueen seurantapisteissä mitattuihin arvoihin. Kotkan edustalta on saatavissa kohtuullisen hyvin seurantadataa, tässä käytettiin pisteitä Halla_139, Kotka_133, ja Varissaari_128. Pisteiden Halla 139 kohdalla pohjan syvyys oli noin 11 m, ja pisteiden Kotka 133 ja Varissaari noin 16 m. Kuvassa 3 on esitetty vertailussa käytettyjen seurantapisteen sijainnit. Pisteet Halla 139 ja Kotka 133 ovat mittaustuloksista päätelle selvästi Kymijoen vaikutusalueella, Varissaaren piste on puolestaan enemmän merellinen.

Kuvissa 5-1 ja 5-2 on esitetty valituista seurantapisteistä lasketut ja mitatut meriveden lämpötila-arvot vuosien 2019 ja 2020 laskentajaksoilta.

Pintakerroksen laskettu meriveden lämpötila vastaa kohtalaisen hyvin mitattuja arvoja esitetyissä pisteissä ja myös pohjan ja pintakerroksen välinen ero vastaa pitkälti mittauksia. Eniten eroja mittausten ja mallintulosten välillä on pisteessä Halla 139 pohjakerroksen lämpötiloissa vuoden 2019 kesällä. Kyse voi tässä olla laskennan alkutilanteesta. Laskennasta puuttui myös Sunilan tehtaan lämpöpäästö, joka voi olla vaikutusta pisteen Halla_139 lämpötila-arvoihin.



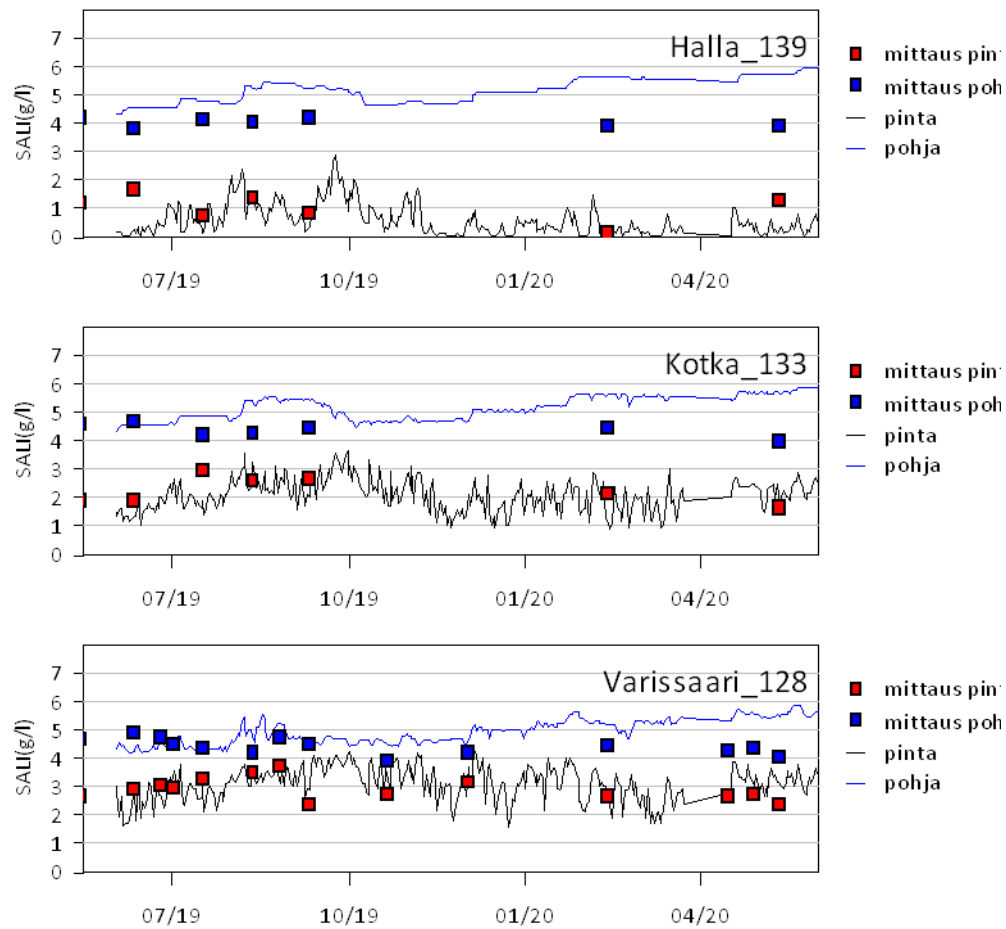
Kuva 5-1. Mitatut ja lasketut veden lämpötilat jaksolla 05/2019 – 05/2020.



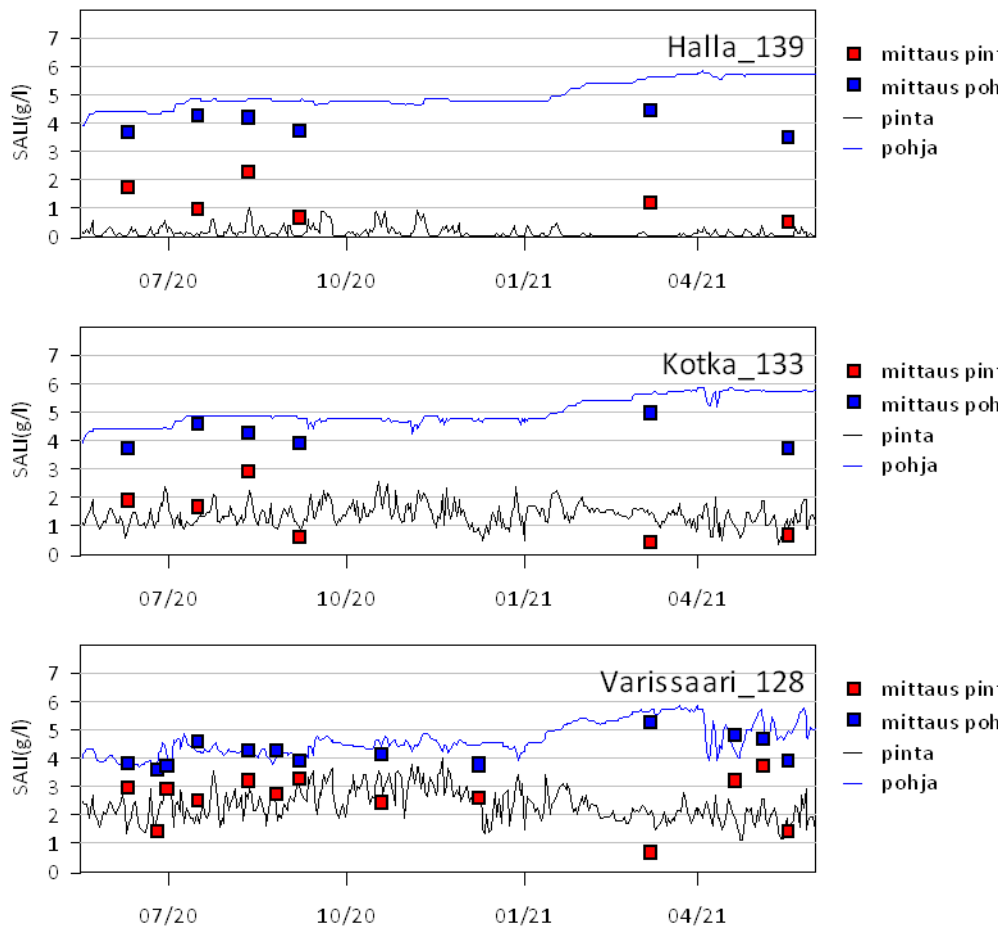
Kuva 5-2. Mitatut ja lasketut veden lämpötilat jaksolla 05/2020 – 05/2021.

Kuvissa 5-3 ja 5-4 on esitetty lasketut ja mitatut meriveden suolapitoisuusarvot vuosien 2019 ja 2020 laskentajaksoilta vastaavista pisteistä kuin lämpötilat. Mitattu suolapitoisuus on laskettu mitattujen veden sähkönjohtavuusarvojen perusteella, ellei suora suolapitoisuusmittausta ole ollut käytössä.

Suolapitoisuus toistuu mallissa kohtuullisen hyvin mittauksia vastaavasti. Pintakerroksen suolaisuus vaihtelee jokivirtaaman ja sääolosuhteiden ohjaamana, mikä näkyy sekä mallissa että mittauksissa pintakerroksen selvästi pohjakerrosta pienempänä suolapitoisuutena ja pintakerroksen suolapitoisuuden suurempana vaihteluna pohjakerrokseen verrattuna. Pisteissä Halla139 ja Kotka133 mallin laskema pohjan suolapitoisuus on jonkin verran mittauksia suurempi, ja lisäksi suolapitoisuus nousee mallin laskennan edistyessä. Tämä viittaa siihen, että syvyysuuntainen sekoittumien jää mallissa todennäköisesti todellista tilannetta vähäisemmäksi Varissaaren pisteen pohjoispuolella. Lisäksi pisteessä Halla 139 pintakerroksen suolapitoisuus jää mittauksia pienemmäksi etenkin vuoden 2020 kesällä. Pisteessä Kotka 133 pintakerroksen suolapitoisuus vastaa mittauksia hyvin.



Kuva 5-3. Mitatut ja lasketut veden suolapitoisuudet jaksolla 05/2019 – 05/2020.



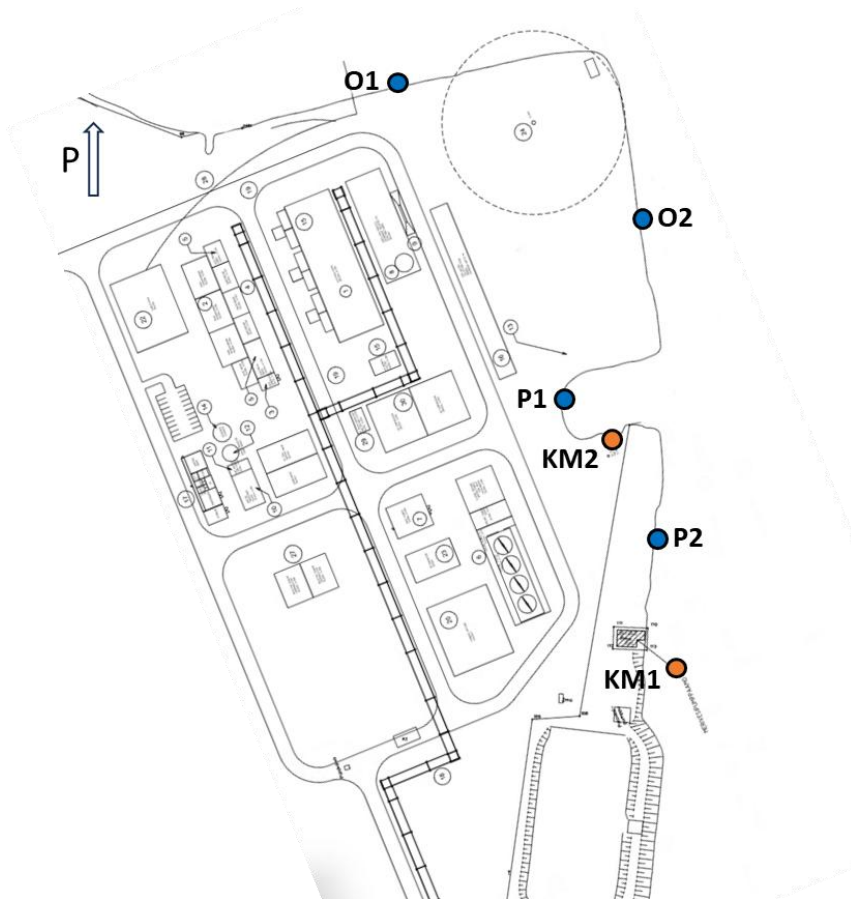
Kuva 5-4. Mitatut ja lasketut veden suolapitoisuudet jaksolla 05/2020 – 05/2021.

6 SKENAARIOLASKENNAT

6.1 Otto- ja purkupisteiden sijoitus

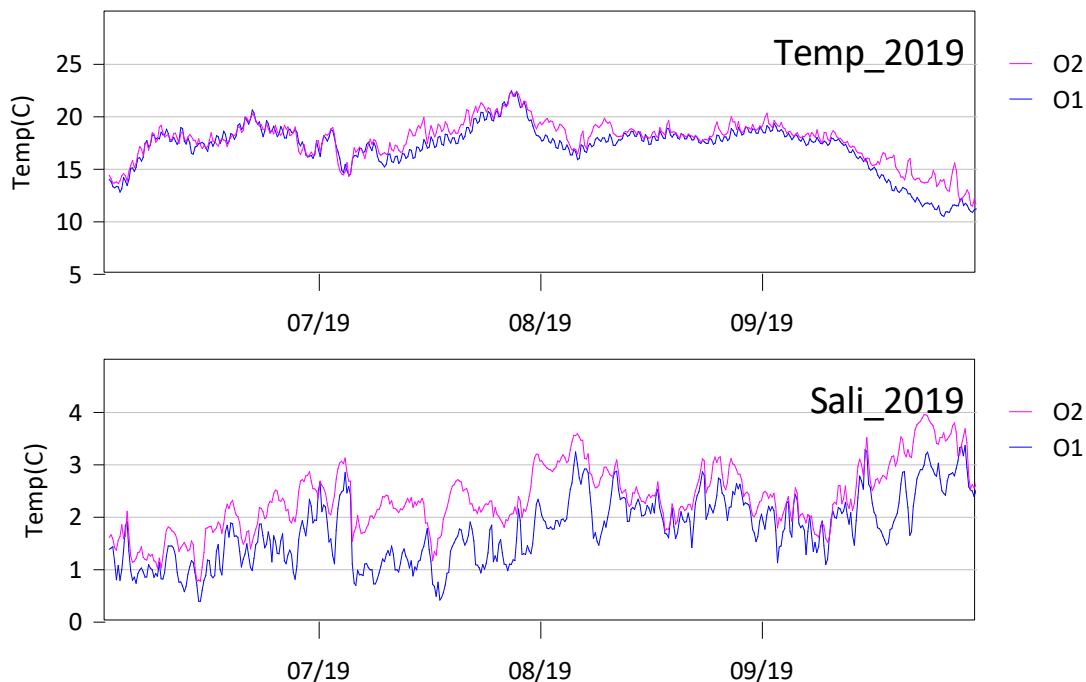
Kuvassa 6-1 on esitetty alustavia otto- ja purkupaikkavaihtoehtoja (otot O1 ja O2, purut P1 ja P2). Otto- ja purkupisteet on tässä sijoitettu rannalle tai sen välittömään läheisyyteen. Mahdollisten pisteiden sijoitusta rajoittaa vielä kuvan 6-1 oikeassa yläreunassa oleva soihtu, jonka varoalueelle (karttaan merkitty ympyrä) ei otto- tai purkupisteitä voi sijoittaa.

Vesialueen ominaisuuksiin kuuluu, että pintakerroksessa on Kymijoen Korkeakosken haaraista virtaavaa makeaa jokivettä merelle päin, ja syvemmällä suolaisempaa merivettä vastakkaiseen suuntaan. Tehtaan edustan alue toimii sekoittumisvyöhykkeenä, jossa jokivesi sekoittuu meriveteen. Kotka_133 pisteen mittausten perusteella 5 m syvyydellä suolapitoisuudet ovat lähellä pohjan suolapitoisuuksia ja 3 m syvyydellä pitoisuudet ovat enimmäkseen pintakerroksen ja pohjakerroksen puolivälistä, ts. jokivesikerros on alueella alle 5 m syvyinen ja siirtymäkerros on noin 3 m syvyydellä. Pisteessä Halla_139 5 m syvyydellä suolapitoisuudet ovat lähellä pohjan pitoisuuksia vastaavasti kuin pisteessä Kotka_133, mutta 3 m syvyydellä mitatut suolapitoisuudet ovat lähempänä pintakerroksen pitoisuuksia, ts. pinnan jokivesikerros on hieman paksumpi kuin pisteessä Kotka_133.



Kuva 6-1. Otto- ja purkupisteiden mahdolliset paikat (O1, O2, P1, P2), sekä KotkaMills merivesipumppaamon otto (KM1) ja jäähdytysveden purku (KM2). Soidun varoalue on oikeassa yläkulmassa oleva katkoviivalla merkitty ympyrä.

Ottopisteiden O1 ja O2 veden suolapitoisuutta ja lämpötilaa tarkasteltiin mallin nykytilan laskennan tuloksista. Kuvassa 6-2 on esitetty suolapitoisuudet ja lämpötila molemmille pisteille vuoden 2019 nykytilan skenaarion laskentatuloksista. Pisteiden lämpötila- ja suolapitoisuuksien keski- ja maksimiarvot eri laskentajaksoilta on esitetty taulukossa 6-1. Selvästikin ottopisteessä O1 sekä suolapitoisuus että lämpötila ovat pistettä O2 alempia. Pisteessä O1 jokivettä on paksumpi kerros ja se on sekoittunut vähemmän kuin pisteen O2 kohdalla. Mittausvertailun perusteella malli voi kuitenkin yliarvioida jokiveden määrää pisteessä O1, joten lasketut suolapitoisuuden erot voivat pisteiden välillä olla jonkin verran pienempiä kuin mitä mallilaskenta osoittaa. Pisteessä O2 lämpötilaan vaikuttaa KotkaMills jäähdytysveden purku, joka nostaa veden lämpötilaa. Tulosten perusteella O1 on pistettä O2 parempi vedenottoa paikka sekä lämpötilan että suolaisuuden osalta.



Kuva 6-2. Vaihtoehtoisten ottopisteiden O1 ja O2 lasketut lämpötila- ja suolaisuusarvot 2019 laskentajaksoille.

Taulukko 6-1. Vaihtoehtoisille ottopaikoille lasketut lämpötila ja suolapitoisuudet

	O1		O2		O2-O1
	k.a.	max	k.a.	max	k.a.
T (°C), 2019	17.1	22.5	17.8	22.4	0.7
T (°C), 2020	17.6	22.8	18.1	22.6	0.5
SAL (g/l), 2019	1.8	3.4	2.4	4.0	0.6
SAL (g/l), 2020	1.0	2.7	1.5	3.0	0.5

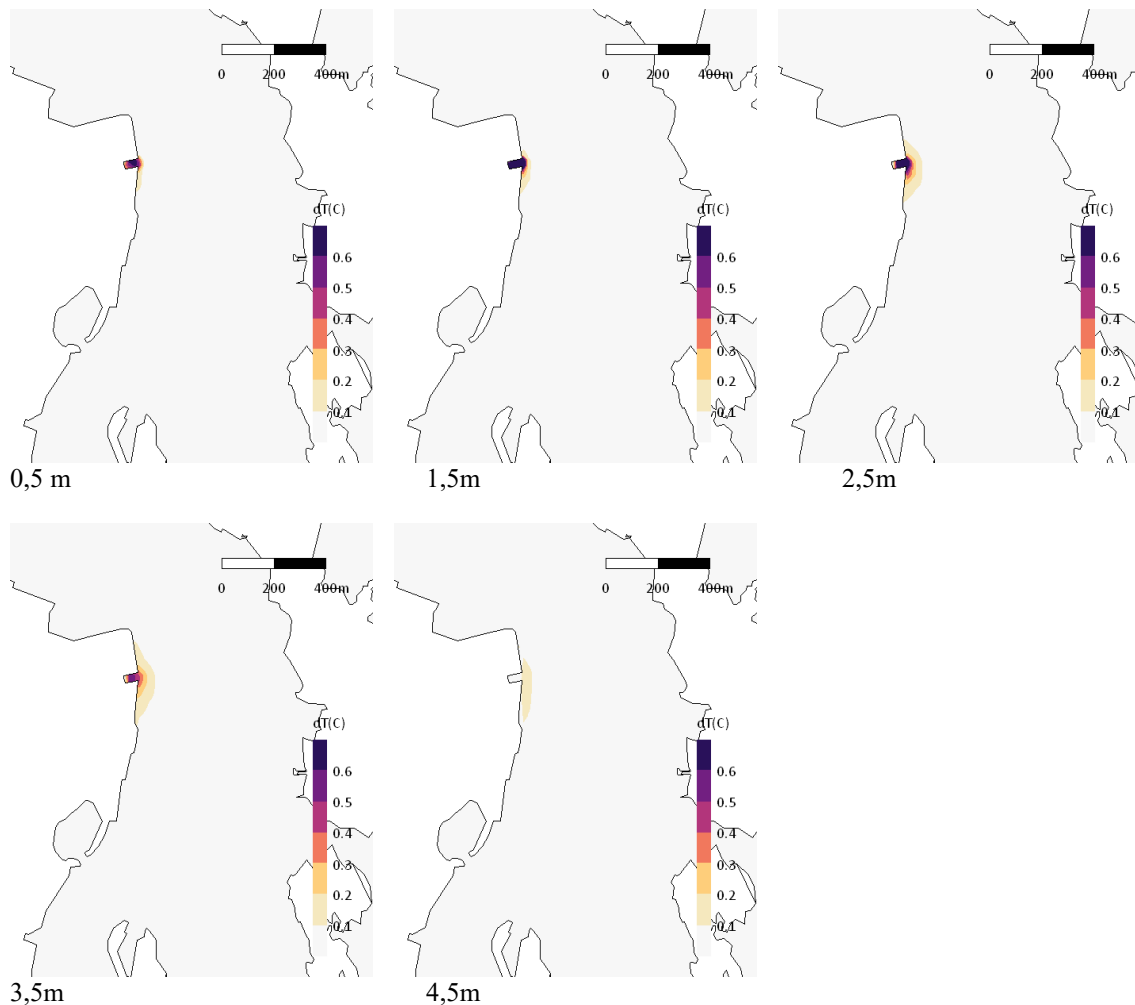
6.2 Laskentaskenaariot

Luvun 6.1 arvoin perusteella ottopisteeksi valitaan tässä O1 ja purkupisteeksi P1. Purkupisteen valinta perustuu siihen, että P1 on kauempana Kotka Mills'in vedenotosta. Laskettavat skenaariot ovat siten

- V0: Nykytilan laskenta
- V1: vedenotto pisteessä O1, purku pisteessä P1 (otto- ja purkusyvyys 1,5 m)

6.3 Lämmön nousu karttapohjalla

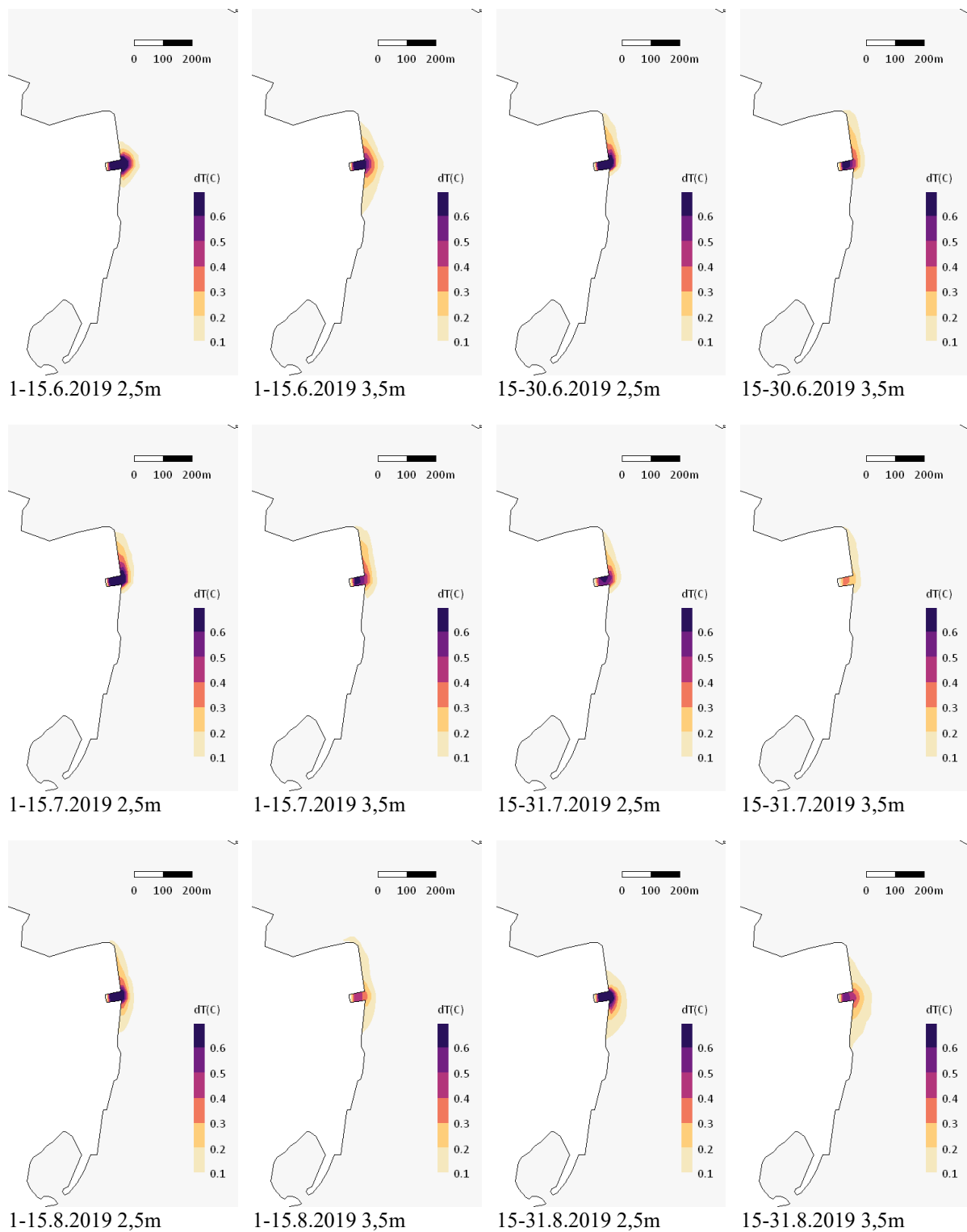
Mallilla laskettiin vuosien 2019 ja 2020 avovesijaksoilta (1.6-1.10) 15 päivän mittaiset keskiarvojaksot lämpötilan ja suolapitoisuuksien noususta suhteessa nykytilanteeseen. Kuvassa 6-3 on esitetty lämpötilan nousut pintakerroksesta 4,5 m syvyytasolle asti jaksolta 15.8-31.8.2019 (jakson lämmön nousun keskiarvo). Tällä jaksolla lämpötilan nousun alue oli suurimpia kesän 2019 keskiarvotusjaksoilta



Kuva 6-3. Lämpötilan nousu (dT) eri syvyytasoilla, jakson 15-31.8.2019 keskiarvo.

Kuvassa 6-4 on esitetty lämpötilan nousun keskiarvot kesä-, heinä-, ja elokuulta 2019 kuu-kauden alku- ja loppupuoliskon keskiarvona. Eri jaksojen välillä on jonkin verran vaihtelua, esim. kesäkuun loppupuoliskolla ja heinäkuussa lämpötilan nousun alue suuntautuu pää- osin purkupaikalta pohjoiseen, kun taas muilla jaksoilla lämpötilan nousun alue jakautuu tasaisemmin purkupaikan etelä- ja pohjoispuolelle. Lämmönnousun alueen koko ei mer- kittävästi vaihtelee eri jaksojen välillä.

Taulukoissa 6-2 ja 6-3 on esitetty lämpötilan nousualueet vuosien 2019 ja 2020 kesäjak- soille, ts. pinta-alat, jolla lämpötilan nousun keskiarvo on ylittänyt annetun raja-arvon. Yli 0,1 asteen ylittävän lämmönnousun alue on tyypillisesti suurin 2,5 tai 3,5 metrin syvyy- tasoilla. Vaikka purkuvesi on merivettä lämpimämpää, myös sen suolapitoisuus on pinta- vettä suurempi, jolloin se pyrkii kulkeutumaan tiehyttään vastaavaan syvyyteen. Purku- paikan lähellä merivesi on suolapitoisuuden suhteen kerrostunut niin, että kerrosraja si- joittuu mittauksen perusteella noin 3 m syvyytäselle. Laskentojen perusteella vaikuttaa siltä, että purkuvesi kulkeutuu tälle rajalle, muttei sitä syvemmälle. Purkuveden sekoittu- minen meriveteen tapahtuu siis kerrosrajan yläpuolisessa vesikerroksessa. Käyttäytymi- nen poikkeaa tyypillisestä lämpöpäästöstä, missä purkuvesi pyrkii pysymään pintakerrok- sessa.



Kuva 6-4. Lämpötilan nousu (dT) 2,5 m ja 3,5 m eri syvyytasoilla vuoden 2019 kesä-, heinä-, ja elokuussa kuukausien alku- ja loppupuoliskojen keskiarvoina.

Taulukko 6-2. Annetun raja-arvon ylittävän lämmönnousun alueet eri syvyytasoilla 15 päivän keskiarvojaksoilla, vuoden 2019 kesäjakso (1.6 - 15.9).

Vuosi	pvm	Syvyys (m)	>0.1 °C (km ²)	>0.2 °C (km ²)	>0.5 °C (km ²)	suurin ala (km ²)
2019	1.6-15.6	0.5	0.003	0.002	0.000	0.020
2019	1.6-15.6	1.5	0.004	0.004	0.003	
2019	1.6-15.6	2.5	0.011	0.007	0.004	
2019	1.6-15.6	3.5	0.020	0.010	0.003	
2019	1.6-15.6	4.5	0.013	0.003	0.000	
2019	15.6-30.7	0.5	0.005	0.002	0.001	0.013
2019	15.6-30.7	1.5	0.007	0.004	0.003	
2019	15.6-30.7	2.5	0.012	0.008	0.004	
2019	15.6-30.7	3.5	0.013	0.007	0.002	
2019	15.6-30.7	4.5	0.005	0.000	0.000	
2019	1.7-15.7	0.5	0.005	0.003	0.001	0.014
2019	1.7-15.7	1.5	0.010	0.006	0.003	
2019	1.7-15.7	2.5	0.013	0.009	0.004	
2019	1.7-15.7	3.5	0.014	0.008	0.002	
2019	1.7-15.7	4.5	0.006	0.001	0.000	
2019	15.7-31.7	0.5	0.002	0.001	0.000	0.011
2019	15.7-31.7	1.5	0.008	0.004	0.002	
2019	15.7-31.7	2.5	0.011	0.007	0.002	
2019	15.7-31.7	3.5	0.010	0.005	0.000	
2019	15.7-31.7	4.5	0.002	0.000	0.000	
2019	1.8-15.8	0.5	0.010	0.004	0.001	0.018
2019	1.8-15.8	1.5	0.015	0.006	0.003	
2019	1.8-15.8	2.5	0.018	0.009	0.003	
2019	1.8-15.8	3.5	0.017	0.005	0.000	
2019	1.8-15.8	4.5	0.002	0.000	0.000	
2019	15.8-31.8	0.5	0.008	0.004	0.002	0.020
2019	15.8-31.8	1.5	0.010	0.005	0.004	
2019	15.8-31.8	2.5	0.018	0.007	0.004	
2019	15.8-31.8	3.5	0.020	0.008	0.002	
2019	15.8-31.8	4.5	0.009	0.000	0.000	
2019	1.9-15.9	0.5	0.006	0.004	0.000	0.013
2019	1.9-15.9	1.5	0.009	0.005	0.004	
2019	1.9-15.9	2.5	0.013	0.007	0.004	
2019	1.9-15.9	3.5	0.013	0.005	0.000	
2019	1.9-15.9	4.5	0.001	0.000	0.000	
keskiarvo			0.010	0.005	0.002	0.016

Keskimäärin lämmönnousun määrä ja alue jäivät pieniksi. Yli 0,1 C asteen keskimääräinen lämpötilan nousu rajoittuu mallinnuksen mukaan pääosin alle 4 m syvyytasoille ja alle 150 m etäisyydelle purkupaikasta. Yli 0,5 asteen lämpötilan nousu rajoittui purkupaikan lähialueelle, eli alle 50 m etäisyydelle purkupaikasta. Suurin lämpötilan nousun alue näkyy 2,5 m ja 3,5 m syvyytasoilla.

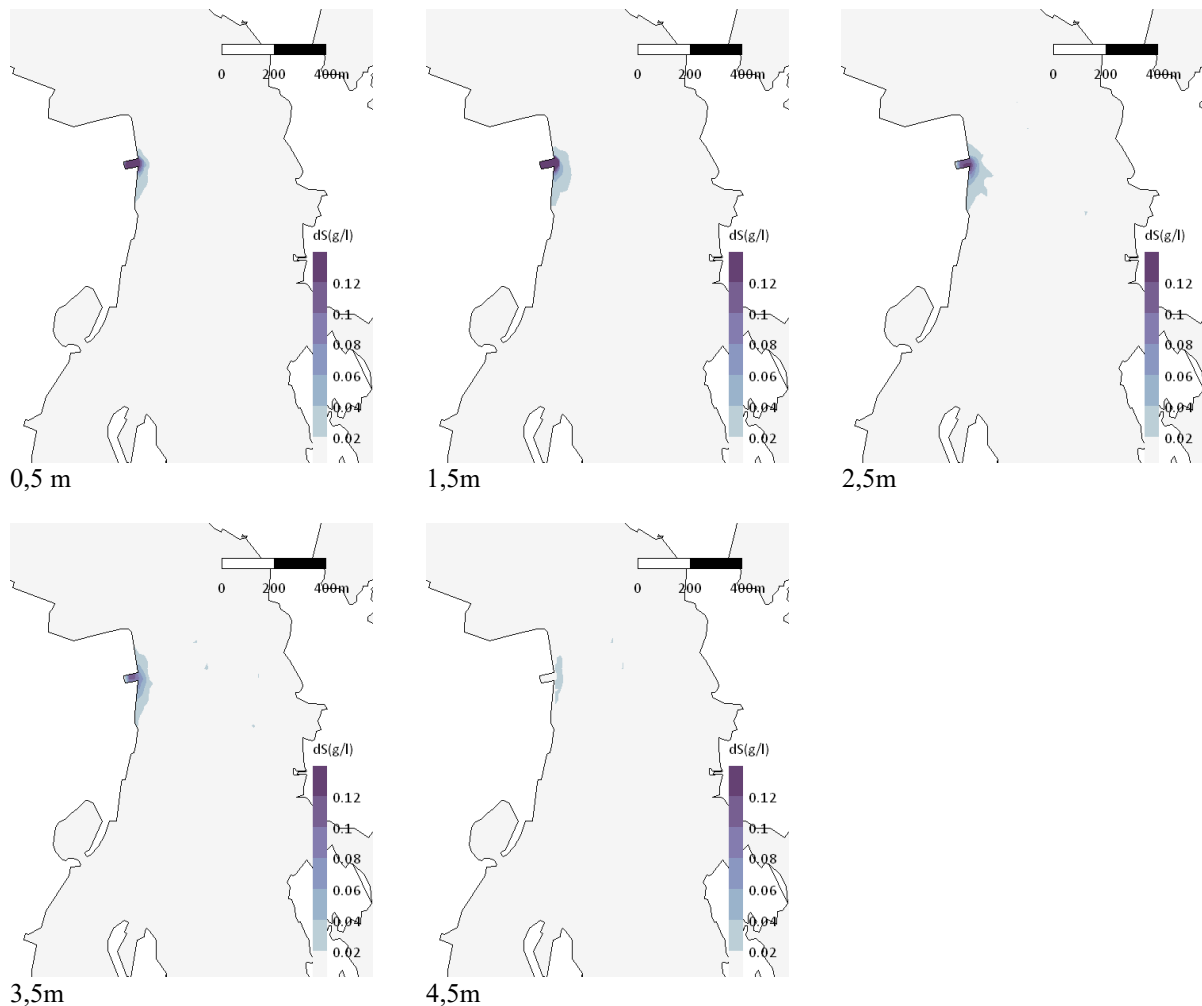
Taulukko 6-3. Annetun raja-arvon ylittävän lämmönnousun alueet eri syvyytasoilla 15 päivän keskiarvojaksoilla, vuoden 2020 kesäjakso (1.6 - 15.9).

Vuosi	pvm	Syvyys (m)	>0.1 °C (km ²)	>0.2 °C (km ²)	>0.5 °C (km ²)	suurin ala (km ²)
Vuosi	pvm	Syvyys	>0.1	>0.2	>0.5	suurin ala
2020	1.6-15.6	0.5	0.002	0.001	0.000	0.014
2020	1.6-15.6	1.5	0.006	0.004	0.003	
2020	1.6-15.6	2.5	0.010	0.008	0.004	
2020	1.6-15.6	3.5	0.014	0.009	0.004	
2020	1.6-15.6	4.5	0.011	0.003	0.000	
2020	15.6-30.7	0.5	0.019	0.000	0.000	0.021
2020	15.6-30.7	1.5	0.014	0.003	0.000	
2020	15.6-30.7	2.5	0.015	0.008	0.003	
2020	15.6-30.7	3.5	0.021	0.009	0.002	
2020	15.6-30.7	4.5	0.012	0.003	0.000	
2020	1.7-15.7	0.5	0.006	0.003	0.001	0.019
2020	1.7-15.7	1.5	0.007	0.005	0.003	
2020	1.7-15.7	2.5	0.012	0.007	0.003	
2020	1.7-15.7	3.5	0.019	0.009	0.003	
2020	1.7-15.7	4.5	0.016	0.001	0.000	
2020	15.7-31.7	0.5	0.004	0.002	0.000	0.017
2020	15.7-31.7	1.5	0.008	0.005	0.002	
2020	15.7-31.7	2.5	0.013	0.008	0.004	
2020	15.7-31.7	3.5	0.017	0.010	0.003	
2020	15.7-31.7	4.5	0.012	0.003	0.000	
2020	1.8-15.8	0.5	0.006	0.003	0.001	0.017
2020	1.8-15.8	1.5	0.010	0.006	0.003	
2020	1.8-15.8	2.5	0.014	0.009	0.004	
2020	1.8-15.8	3.5	0.017	0.009	0.002	
2020	1.8-15.8	4.5	0.012	0.002	0.000	
2020	15.8-31.8	0.5	0.003	0.002	0.000	0.012
2020	15.8-31.8	1.5	0.006	0.004	0.003	
2020	15.8-31.8	2.5	0.011	0.006	0.003	
2020	15.8-31.8	3.5	0.012	0.005	0.000	
2020	15.8-31.8	4.5	0.003	0.000	0.000	
2020	1.9-15.9	0.5	0.005	0.004	0.001	0.008
2020	1.9-15.9	1.5	0.007	0.005	0.004	
2020	1.9-15.9	2.5	0.008	0.005	0.002	
2020	1.9-15.9	3.5	0.008	0.004	0.000	
2020	1.9-15.9	4.5	0.000	0.000	0.000	
keskiarvo			0.010	0.005	0.002	0.015

6.4 Suolapitoisuuden nousu karttapohjalla

Kuvassa 6-5 on esitetty purkuveden aiheuttama suolapitoisuuden nousu pintakerroksesta 4,5 m syvyytasolle asti jaksolta 15.8-31.8.2019 (jakson keskiarvo). Suolapitoisuuden nousu jää alueen suolapitoisuuden kerrostuneisuuteen verrattuna pieneksi: kun pinnan ja pohjan välinen suolapitoisuusero on mittausten perusteella keskimäärin yli 2,5 g/l (Piste Kotka 133, mittaukset 2010–2022), jää purkuveden aiheuttama suolapitoisuuden nousu purkupaikan välitöntä lähialuetta lukuun ottamatta alle 0,1 g/l tason.

Purkuveden aiheuttaman suolapitoisuuden nousun alueet muistuttavat lämpötilan nousun leviämisalueita. Suolapitoisuuden nousun alueet ovat suurimpia 1,5–3,5 m syvyytasoilla. Yli 0,05 g/l suolapitoisuuden keskimääräinen nousu rajoittuu alle 200 m etäisyydelle purkupaikasta ja yli 0,1 g/l nousu purkupaikan lähialueelle alle 50 m etäisyydelle purkupaikasta.

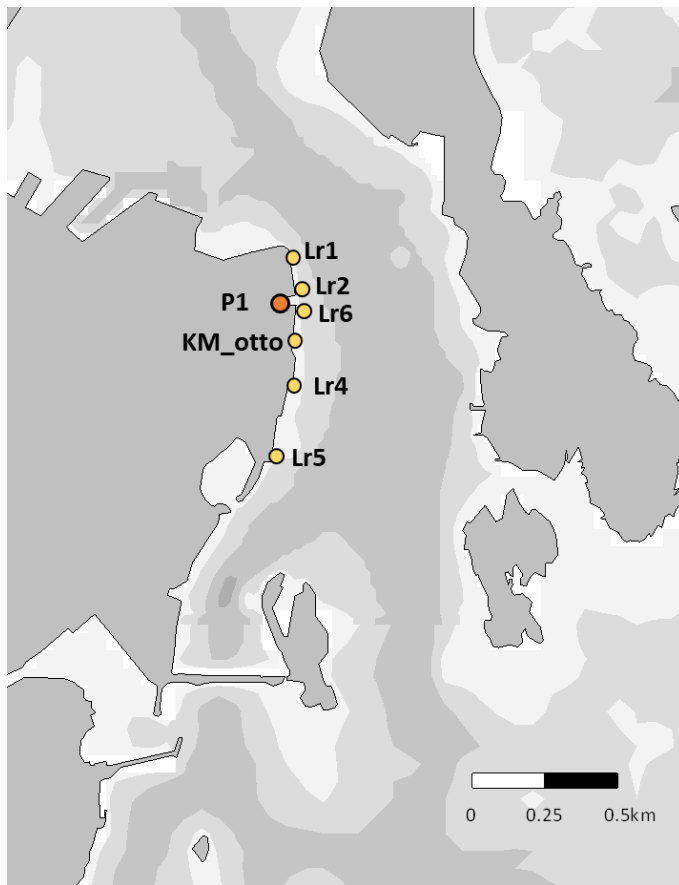


Kuva 6-5. Suolapitoisuuden nousu (dS) eri syvyytasoilla, jakson 15-31.8.2019 keskiarvo.

6.5 Lämpötilan muutos aikasarjapisteissä

Lämpötilan aikasarjakuvat esittävät valituista pisteistä piirrettyjä lämpötiloja ajan funktiona. Nykytilan ja skenaariolaskennan aikasarjoja vertaamalla voi nähdä kuinka paljon skenaariolaskennan tulos poikkeaa nykytilasta eri aikoina, ja miten purkuveden aiheuttama muutos näkyy valituissa aikasarjapisteissä ajan suhteen.

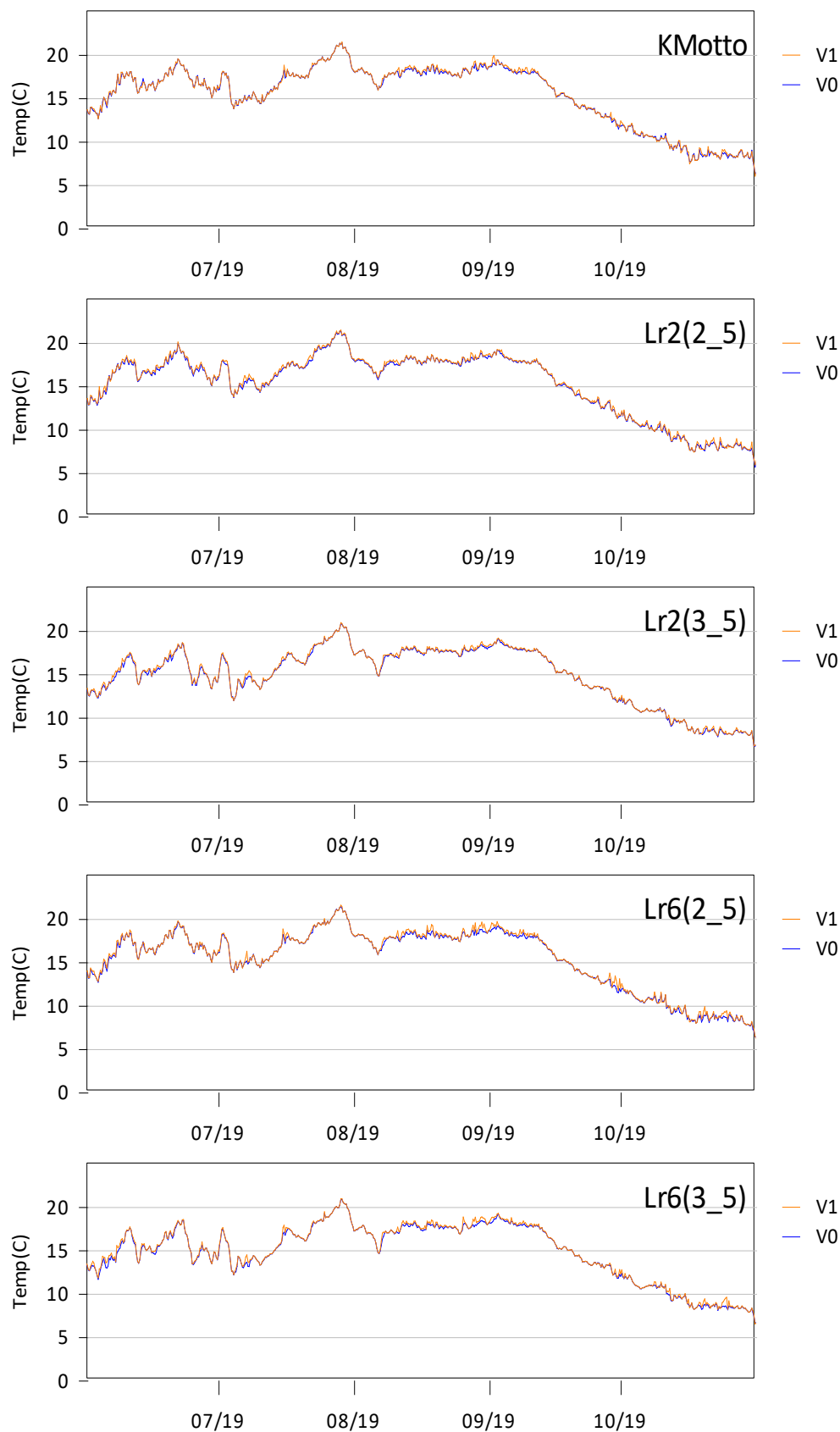
Kuvassa 6-6 on esitetty karttapohjalla aikasarjapisteet, joista on alla esitetty veden lämpötilat nykytilanteessa ja skenaariolla V1. Lämpötilan karttapohjakuvien perusteella lämmön nousu rajoittuu muuttaman sadan metrin etäisyydelle purkupaikasta, joten aikasarjapisteet on tällä perusteella sijoitettu alle 500 m etäisyydelle purkupaikasta.



Kuva 6-6. Lämpötilan ja suolapitoisuuden aikasarjojen tulostuspisteet.

Taulukossa 6-4 on esitetty keskimääräiset lasketut lämpötilat skenaarioille V1 ja V0. Kuvassa 6-7 on esitetty aikasarjat purkupaikan lähellä olevista rantapisteistä Lr2 ja Lr6 syvyyksiltä, joilla lämmön nousun keskiarvo skenaariolla V1 oli suurin, sekä Kotka Mills'in vedenottopisteestä. Kaikissa pisteissä nykytilan ja V1:n ero jää pieneksi. Pisteiden Lr2 ja Lr6 pintakerroksessa skenaariolla V1 veden lämpötila laskee skenaario V0 verrattuna johtuen siitä, että purkuvesi on merivettä suolaisempaa, ja kulkeutuu tästä johtuen pintakerrosta syvemmällä.

Jakson 1.6.2020 – 1.11.2020 tulokset aikasarjojen osalta eivät juuri poikenneet vuoden 2019 vastaavan jakson tuloksista, joten niitä ei tässä erikseen esitetä.



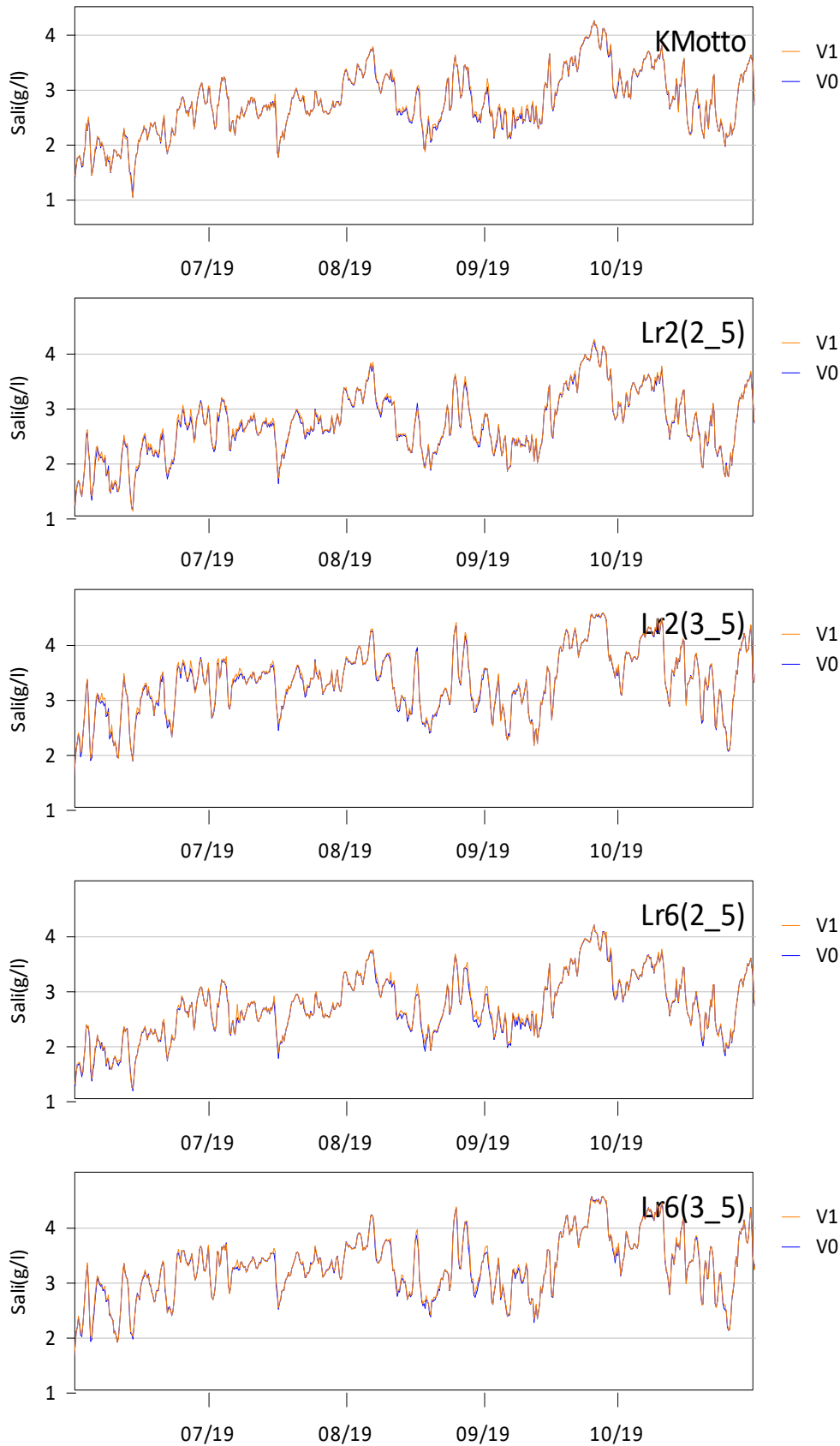
Kuva 6-7. Lämpötilan aikasarjat skenaariolla V0 (sininen) ja skenaariolla V1 (oranssi) jaksolle 1.6 -1.11.2019 Kotka Mills-tehtaan vedenottopaikalla (KM_otto) ja purkupaikan lähimmillä rantapisteillä Lr2 ja Lr6 syvyyksillä, joissa on suurin lämmön nousu. Mikäli kuvassa näkyy vain oranssi viiva, on sininen viiva sen alla.

Taulukko 6-4. Lämpötilan keskiarvot aikasarjapisteissä jaksolle 1.6.2019-1.11.2019 skenaariolle V0 ja V1, ja näiden erotus.

T(°C)		V1		V0		V1-V0
Piste	Syvyys	k.a.	max	k.a.	max	k.a.
KMotto	2,5	15.52	21.53	15.45	21.42	0.06
Lr1	0,5	15.19	22.29	15.19	22.28	0.00
Lr1	1,5	15.27	22.01	15.24	21.98	0.03
Lr1	2,5	15.25	21.40	15.18	21.36	0.06
Lr1	3,5	15.01	20.74	14.94	20.71	0.07
Lr1	4,5	14.56	20.39	14.51	20.35	0.05
Lr2	0,5	15.37	22.27	15.39	22.27	-0.03
Lr2	1,5	15.53	22.19	15.45	22.15	0.08
Lr2	2,5	15.45	21.52	15.32	21.40	0.13
Lr2	3,5	15.02	21.00	14.93	20.93	0.09
Lr2	4,5	14.50	20.51	14.44	20.46	0.06
Lr3	0,5	15.95	22.75	15.95	22.91	0.00
Lr3	1,5	15.88	22.46	15.87	22.47	0.01
Lr3	2,5	15.46	21.55	15.41	21.46	0.05
Lr3	3,5	14.97	20.99	14.90	20.92	0.07
Lr4	0,5	15.55	22.36	15.53	22.45	0.01
Lr4	1,5	15.53	22.39	15.51	22.38	0.01
Lr4	2,5	15.34	21.57	15.32	21.57	0.02
Lr4	3,5	14.92	20.82	14.89	20.81	0.03
Lr5	0,5	15.48	22.44	15.46	22.42	0.02
Lr5	1,5	15.42	22.44	15.41	22.43	0.02
Lr5	2,5	15.28	21.81	15.27	21.81	0.01
Lr5	3,5	14.89	20.82	14.88	20.83	0.01
Lr5	4,5	14.39	20.37	14.38	20.38	0.01
Lr6	0,5	15.93	22.40	16.04	22.40	-0.12
Lr6	1,5	16.00	22.26	16.00	22.27	0.00
Lr6	2,5	15.57	21.64	15.44	21.44	0.13
Lr6	3,5	15.02	21.01	14.90	20.95	0.12
Lr6	4,5	14.44	20.47	14.37	20.42	0.07

Taulukossa 6-5 on esitetty keskimääräiset lasketut suolapitoisuudet skenaarioille V1 ja V0. Kuvassa 6-8 on esitetty aikasarjat purkupaikan lähellä olevista rantapisteistä Lr2 ja Lr6 syvyyksiltä, joilla suolapitoisuuden nousun keskiarvo skenaariolla V1 oli suurin, sekä Kotka Mills'in vedenottopisteestä. Kaikissa pisteissä nykytilan ja V1:n ero jää pieneksi.

Jakson 1.6.2020 – 1.11.2020 olivat hyvin samantyyppisiä kuin vuoden 2019 vastaavan jakson tulokset, joten niitä ei tässä erikseen esitetä.

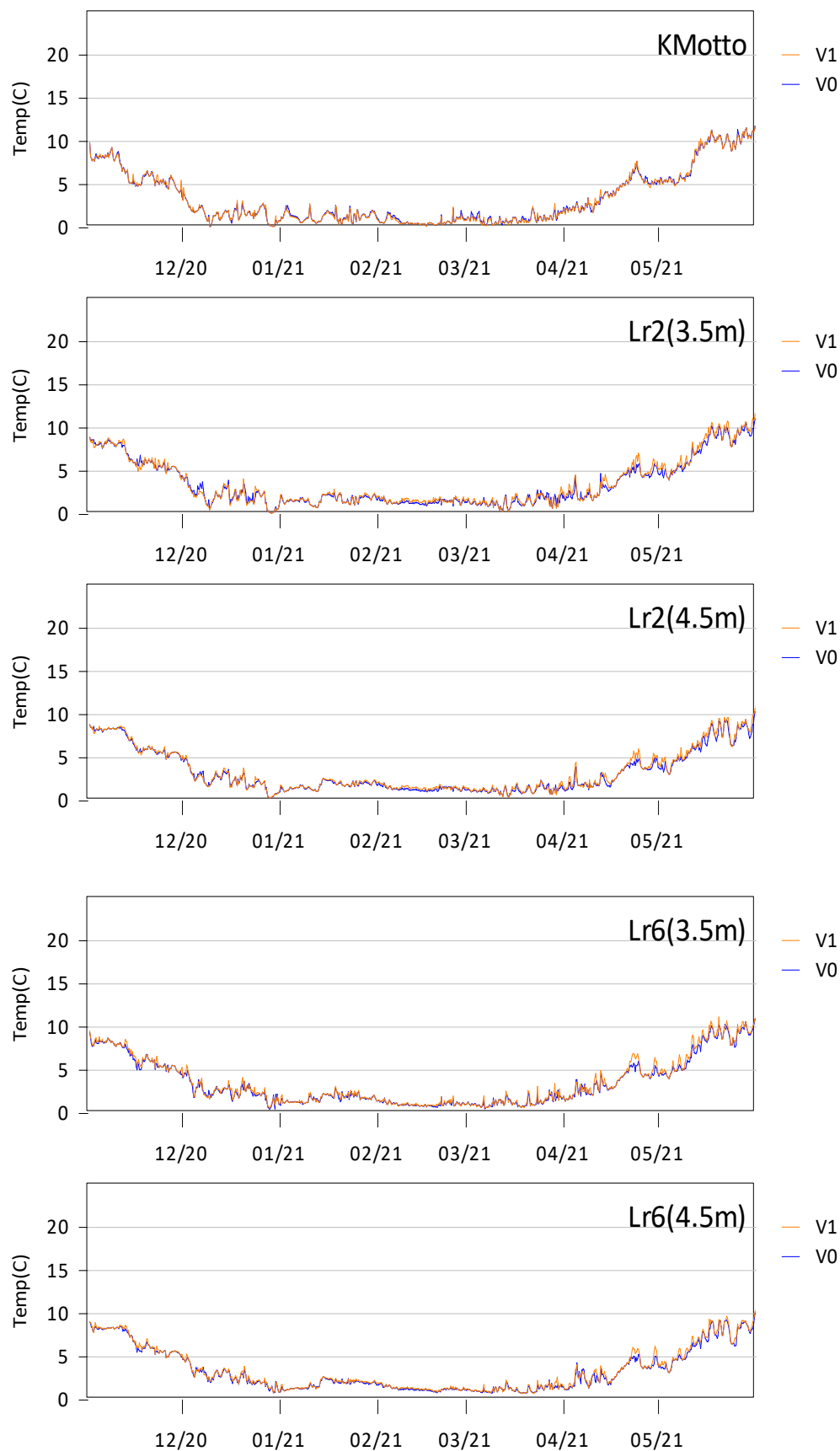


Kuva 6-8. Suolapitoisuuden aikasarjat skenaariolla V0 (sininen) ja skenaariolla V1 (oranssi) jaksolle 1.6 -1.11.2019 Kotka Mills-tehtaan vedenottoa paikalla (KM_otto) ja purkupaikan lähimmillä rantapisteillä Lr2 ja Lr6 syvyyksillä, joissa on suurin suolapitoisuuden nousu. Mikäli kuvassa näkyy vain oranssi viiva, on sininen viiva sen alla.

Taulukko 6-5. Sulapitoisuuden keskiarvot aikasarjapisteissä jaksolle 1.6.2019-1.11.2019 skenaariolle V0 ja V1, ja näiden erotus.

SAL (g/l))		V1		V0		V1-V0
Piste	Syvyys	k.a.	max	k.a.	max	k.a.
KMotto	2,5	2.78	4.26	2.76	4.26	0.013
Lr1	0,5	1.76	3.64	1.76	3.58	0.002
Lr1	1,5	2.18	3.66	2.17	3.66	0.005
Lr1	2,5	2.73	4.22	2.72	4.21	0.012
Lr1	3,5	3.34	4.63	3.32	4.62	0.012
Lr1	4,5	4.01	5.08	4.01	5.07	0.008
Lr2	0,5	1.96	3.72	1.96	3.67	0.003
Lr2	1,5	2.23	3.73	2.22	3.72	0.017
Lr2	2,5	2.74	4.26	2.72	4.24	0.019
Lr2	3,5	3.34	4.59	3.33	4.59	0.018
Lr2	4,5	3.99	5.09	3.98	5.07	0.013
Lr3	0,5	2.23	3.93	2.23	3.92	0.002
Lr3	1,5	2.35	3.93	2.34	3.92	0.007
Lr3	2,5	2.73	4.23	2.72	4.23	0.011
Lr3	3,5	3.31	4.57	3.30	4.58	0.011
Lr4	0,5	2.25	3.89	2.24	3.88	0.005
Lr4	1,5	2.36	3.88	2.36	3.88	0.005
Lr4	2,5	2.72	4.15	2.71	4.15	0.006
Lr4	3,5	3.29	4.60	3.28	4.60	0.005
Lr5	0,5	2.36	3.91	2.35	3.91	0.005
Lr5	1,5	2.44	3.91	2.44	3.91	0.005
Lr5	2,5	2.78	4.16	2.78	4.16	0.003
Lr5	3,5	3.32	4.63	3.32	4.63	0.002
Lr5	4,5	3.82	4.89	3.82	4.89	0.001
Lr6	0,5	2.14	3.73	2.15	3.75	-0.010
Lr6	1,5	2.35	3.86	2.33	3.84	0.013
Lr6	2,5	2.75	4.22	2.73	4.21	0.021
Lr6	3,5	3.32	4.58	3.30	4.58	0.013
Lr6	4,5	3.96	5.06	3.95	5.06	0.009

Talvella jääpeite vähentää tuulen vaikutusta veden pintaan ja tätä kautta veden sekoittumista. Myös veden tiheyskäyttäytyminen on erilaista. Taulukossa 6-6 on esitetty keskimääräiset lasketut lämpötilat skenaarioille V1 ja V0 talvijaksolle 1.11.2020-1.6.2021. Kuvassa 6-9 on esitetty aikasarjat purkupaikan lähellä olevista rantapisteistä Lr2 ja Lr6 syvyyksiltä, joilla lämpötilan nousun keskiarvo skenaariolla V1 oli suurin, sekä Kotka Mills'in vedenottopisteestä. Lämmönnousut ovat vastaavaa suuruusluokkaa kuin kesätilanteessa. Pintakerroksen vesi jäähtyy nykytilaan verrattuna.

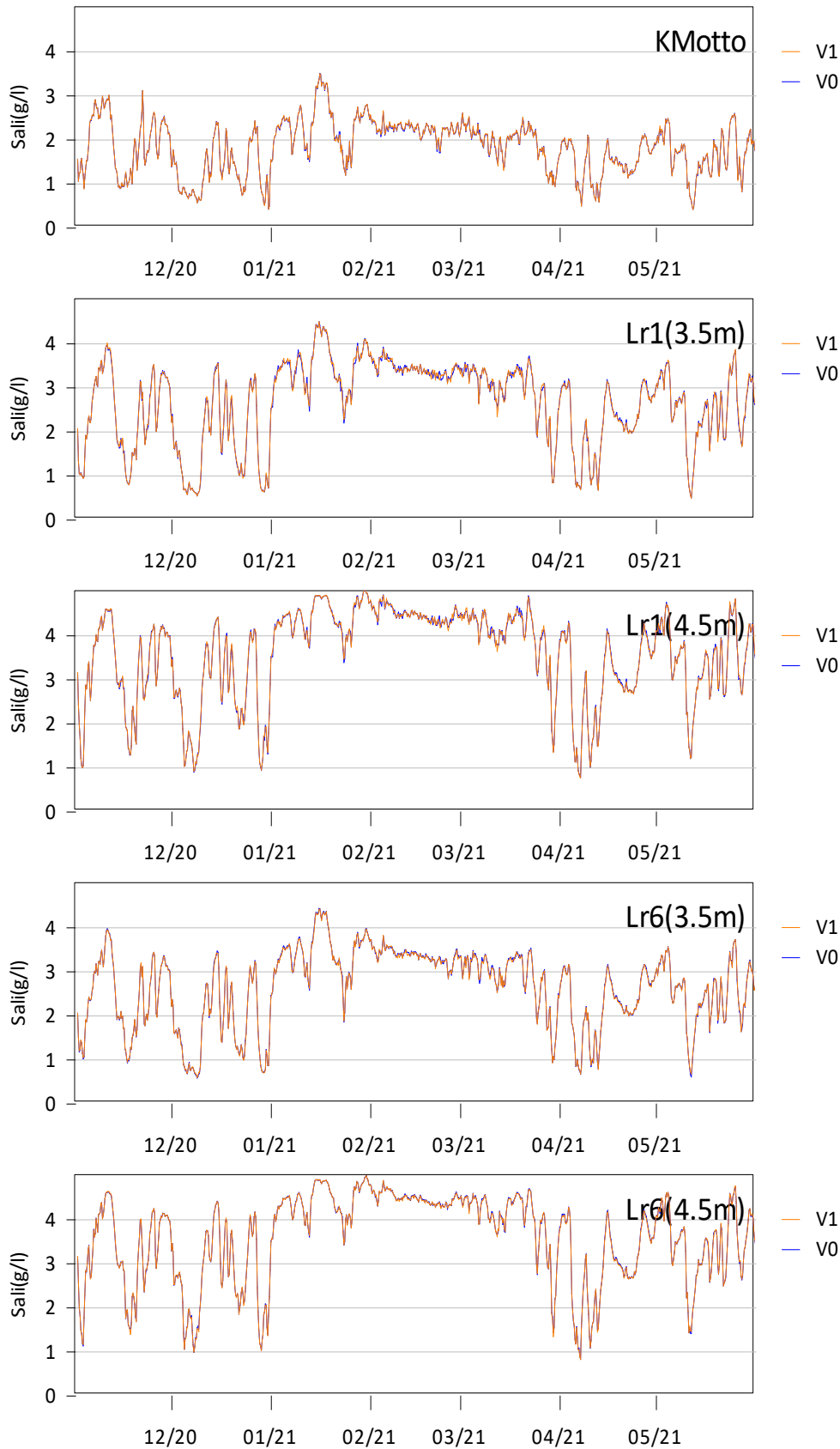


Kuva 6-9. Lämpötilan aikasarjat skenaariolla V0 (sininen) ja skenaariolla V1 (oranssi) jaksolle 1.11.2020 -1.6.2021 Kotka Mills-tehtaan vedenottoaikalla (KM_otto) ja purku- paikan lähimmillä rantapisteillä Lr2 ja Lr6 syvyyksillä, joissa on suurin lämmönousu.

Taulukko 6-6. Lämpötilan keskiarvot aikasarjapisteissä jaksolle 1.11.2020 -1.6.2021 skenaariolle V0 ja V1, ja näiden erotus.

T(°C)		V1		V0		V1-V0
Piste	Syvyys	k.a.	max	k.a.	max	k.a.
KMotto	2,5	3.40	11.71	3.41	11.77	-0.009
Lr1	0,5	2.72	12.18	2.75	12.48	-0.035
Lr1	1,5	2.97	11.96	2.99	12.06	-0.012
Lr1	2,5	3.29	11.91	3.28	12.05	0.019
Lr1	3,5	3.42	11.43	3.38	11.29	0.042
Lr1	4,5	3.43	11.08	3.38	10.73	0.051
Lr2	0,5	3.31	12.74	3.64	13.92	-0.337
Lr2	1,5	3.66	12.74	3.94	13.36	-0.275
Lr2	2,5	3.84	12.55	3.86	12.24	-0.012
Lr2	3,5	3.66	11.81	3.54	11.23	0.122
Lr2	4,5	3.47	11.05	3.33	10.39	0.141
Lr3	0,5	3.27	12.43	3.40	12.95	-0.125
Lr3	1,5	3.29	12.06	3.39	12.21	-0.103
Lr3	2,5	3.36	11.72	3.37	11.77	-0.007
Lr3	3,5	3.48	11.10	3.41	11.11	0.062
Lr4	0,5	3.08	12.20	3.12	12.25	-0.042
Lr4	1,5	3.14	12.02	3.17	12.04	-0.029
Lr4	2,5	3.28	11.72	3.29	11.73	-0.012
Lr4	3,5	3.38	11.30	3.37	11.33	0.009
Lr5	0,5	3.31	13.66	3.33	13.65	-0.019
Lr5	1,5	3.36	11.85	3.38	11.84	-0.015
Lr5	2,5	3.41	11.60	3.42	11.52	-0.010
Lr5	3,5	3.44	10.46	3.45	10.52	-0.005
Lr5	4,5	3.48	9.72	3.49	9.73	-0.005
Lr6	0,5	3.48	12.91	3.92	13.98	-0.443
Lr6	1,5	3.68	12.30	4.04	12.77	-0.362
Lr6	2,5	3.77	11.91	3.74	11.99	0.029
Lr6	3,5	3.68	11.18	3.53	11.00	0.145
Lr6	4,5	3.53	10.54	3.40	10.32	0.133

Taulukossa 6-7 on esitetty talvijaksolle 1.11.2020 – 1.6.2021 keskimääräiset lasketut suolapitoisuudet skenaarioille V1 ja V0. Kuvassa 6-10 on esitetty aikasarjat purkupaikan lähellä olevista rantapisteistä Lr2 ja Lr6 syvyyksiltä, joilla suolapitoisuuden nousun keskiarvo skenaariolla V1 oli suurin, sekä Kotka Mills’in vedenottopisteestä. Suolapitoisuuden muutos skenaarioiden välillä jää talvella avovesikautta pienemmäksi.



Kuva 6-10. Suolapitoisuuden aikasarjat skenaariolla V0 (sininen) ja skenaariolla V1 (oranssi) jaksolle 1.11.2020 -1.6.2021 Kotka Mills-tehtaan vedenottoa paikalla (KMotto) ja purkupaikan lähimmillä rantapisteillä Lr2 ja Lr6 syvyyksillä, joissa on suurin suolapitoisuuden nousu.

Taulukko 6-7. Suolapitoisuuden keskiarvot aikasarjapisteissä jaksolle 1.11.2020 - 1.6.2021 skenaariolle V0 ja V1, ja näiden erotus.

SAL (g/l))		V1		V0		V1-V0
Piste	Syvyys	k.a.	max	k.a.	max	k.a.
KMotto	2,5	1.84	3.50	1.84	3.51	0.003
Lr1	0,5	0.79	2.85	0.80	2.84	-0.003
Lr1	1,5	1.24	2.85	1.24	2.84	-0.002
Lr1	2,5	1.91	3.56	1.91	3.54	0.001
Lr1	3,5	2.68	4.50	2.68	4.50	0.001
Lr1	4,5	3.60	5.07	3.60	5.07	-0.001
Lr2	0,5	1.01	2.96	1.02	2.94	-0.011
Lr2	1,5	1.23	2.96	1.23	2.94	-0.002
Lr2	2,5	1.83	3.50	1.83	3.53	0.000
Lr2	3,5	2.68	4.49	2.68	4.49	0.001
Lr2	4,5	3.62	5.06	3.62	5.05	0.003
Lr3	0,5	1.16	3.11	1.16	3.11	-0.003
Lr3	1,5	1.27	3.11	1.27	3.11	0.000
Lr3	2,5	1.81	3.41	1.81	3.42	0.003
Lr3	3,5	2.67	4.42	2.67	4.45	0.000
Lr4	0,5	1.23	3.16	1.23	3.16	0.001
Lr4	1,5	1.34	3.19	1.34	3.18	0.001
Lr4	2,5	1.80	3.31	1.80	3.30	0.000
Lr4	3,5	2.66	4.36	2.66	4.37	-0.001
Lr5	0,5	1.38	3.21	1.38	3.21	0.001
Lr5	1,5	1.53	3.29	1.53	3.29	0.001
Lr5	2,5	1.99	3.33	1.99	3.33	-0.001
Lr5	3,5	2.71	4.35	2.71	4.33	-0.001
Lr5	4,5	3.41	4.80	3.41	4.80	-0.002
Lr6	0,5	1.10	3.05	1.12	3.04	-0.017
Lr6	1,5	1.27	3.05	1.26	3.04	0.004
Lr6	2,5	1.82	3.44	1.81	3.41	0.011
Lr6	3,5	2.65	4.43	2.66	4.44	-0.006
Lr6	4,5	3.60	5.00	3.60	5.00	-0.005

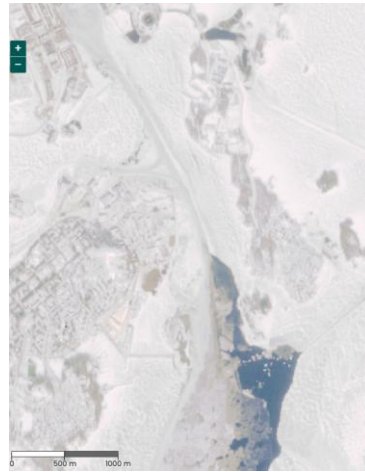
6.6 Vaikutus jäätilanteeseen

Satelliittikuvien perusteella 2020-2021 talvella Kotkansaaren edustan vesialue oli jäässä noin 5.2 – 25.3.2021 välisen ajan. Mallilaskennassa jäätä ei kuitenkaan alueelle syntynyt, syynä oli todennäköisesti liian suuri lämpöpäästö KotkaMills'in tehtaan purkupaikalta (kuva 6-11). Tästä johtuen Arctic Sisun jäävaikutusta ei saatu valittuna laskentavuonna tehtyä, sillä jäätä ei ollut nykytilanteessa eikä skenaariolla V1.

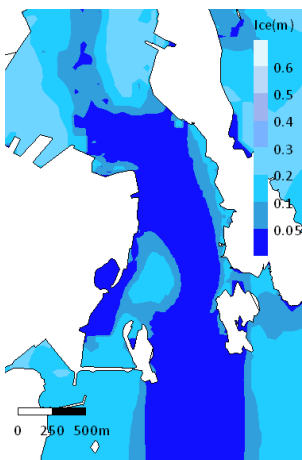
Arctic Sisun purkuveden vaikutusta jäätilanteeseen voi arvioida luvun 6 aikasarjatulosten perusteella. Näissä purkuveden vaikutus pintaveteen oli hyvin pieni, ja enimmäkseen talvella veden lämpötilaa laskeva. Tästä voi arvioida että purkuvesien vaikutus jäätilanteeseen jää vähäiseksi. Tarkempi arvio vaatisi tarkempia tietoja nykytilan lämpöpäästöistä (ts. KotkaMills'in lämpöpäästöistä), joita ei ollut saatavilla raportin laadinnan aikaan.



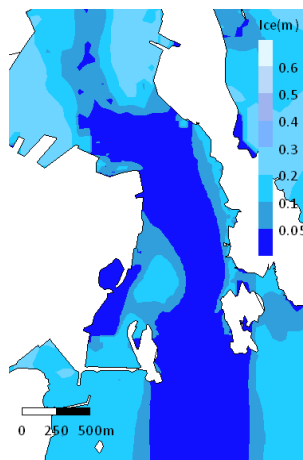
11.2.2021



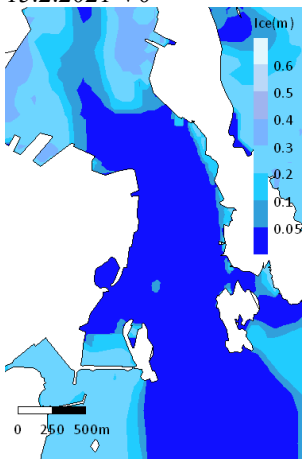
10.3.2021



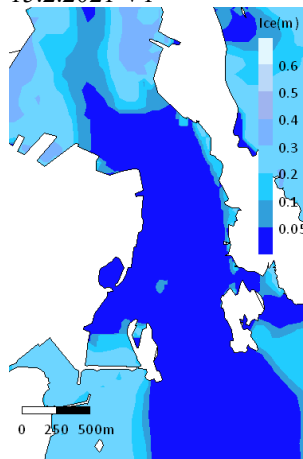
15.2.2021 V0



15.2.2021 V1



15.3.2021 V0



15.3.2021 V1

Kuva 6-11. Jäätilanne satelliittikuvasta (SYKE Tarkka 2026) ja mallin laskema jäätilanne skenaariolla V0 ja V1 (Satellite pictures contain modified Copernicus data, SYKE 2021)

7 LASKENNAN EPÄVARMUUKSISTA

Pintavesien mallinnuksen epävarmuudet jakautuvat kahteen luokkaan, jotka ovat laskentamallin ja laskentamenetelmien aiheuttamat epävarmuudet, sekä mallin lähtötietojen aiheuttamat epävarmuudet. Ensimmäiseen luokkaan voi katsoa kuuluvan esim. mallin laskentamenetelmien aiheuttama numeerinen sekoittuminen, toiseen luokkaan puolestaan esim. mallissa käytettyjen alku- ja reuna-arvojen kuten vaikkapa suolapitoisuuden epätarkkuus. Jälkimmäinen epätarkkuus aiheutuu tyypillisesti siitä, että mittauksia eri alku- ja reuna-arvojen asettamiseen on yleensä tarjolla vain vähän.

Mallin suurimmat laskennalliset epätarkkuudet liittyvät yleensä mallin hilan resoluutioon ja purkupaikan lähialueen sekoittumiseen. Mallin vaakaresoluutiona on tässä käytetty vaakasuunnassa 20 m tarkkuutta ja syvyysuunnassa 1 m tarkkuutta, tarkkuudet on tässä katsottu riittäviksi.

Mallin tuloksiin keskeisesti vaikuttavat lähtötiedot ovat Kymijoen Korkeakosken virtaama, Kotkan edustan merialueen veden suolapitoisuus, lämpötila ja vedenkorkeusvaihtelu, sekä Suomenlahden alueen säätilanne. Korkeakosken virtaama on mitattu päivän tarkkuudella, jonka voi katsoa tässä riittävän hyvin. Kotkan edustan merialueen olosuhteet on mallissa huomioitu siten, että malliin sisältyy Suomenlahden alue Hangosta itään, jolloin kohdealueeseen vaikuttava laajempi merialue on laskennassa mukana. Varissaaren seurantapisteen mallitulosten ja mittauksien vertailun perusteella laajemman merialueen vaikutus kohdealueelle on mallissa mukana riittävällä tarkkuudella.

Merialueella lämpöpäästö nostaa purkualueen veden lämpötilaa, minkä jälkeen lämmennyt vesi viilenee sekoittumalla ympäröivään veteen ja jäähtymällä ilmaan. Mittausvertailun perusteella nämä prosessit toistuvat mallissa hyvin, sillä laskennan alkua lukuun ottamatta lasketut veden pinta- ja pohjakerroksen lämpötilat ja suolapitoisuudet vastaavat hyvin mitattuja veden pinta- ja pohjakerroksen arvoja purkualueen lähimmissä seurantapisteesä. Laskennan alussa (kesäkuut) mallissa on jossakin määrin mittauksista poikkeavia arvoja. Nämä arvot johtuvat todennäköisesti mallin alkuarvon poikkeamasta todellisesta tilanteesta. Vuoden 2020 laskentajaksolla pisteen Halla 139 suolapitoisuudet arvot ovat pintakerroksessa liian pieniä ja pohjakerroksessa liian suuria mittauksiin verrattuna. Osittain epätarkkuus voi johtua siitä, että mallissa ei ole huomioitu laivaliikenteen aiheuttamaa sekoittumista eikä myöskään Sunilan vuonna 2020 käynnissä olleen, mutta tätä nykyä lakkautetun sellutehtaan jäte- ja jäähdytysvesipurun vaikutusta.

Mallin lähtötiedoissa on epätarkkuutta Kotka Mills'in lämpöpäästön määrän ja ajoittumisen osalta. Jäähdytysvesivirtaamalle käytettiin vuosikeskiarvoa, ja purkuveden lämpötilalle vakioarvoa 25 C. Kotka Mills'in päästö määrä ei periaatteessa vaikuta Arctic Sisu:n lämpöpäästön leviämiseen kuin epäsuorasti, mutta sillä voi olla vaikutusta siihen, miten Arctic Sisun purkuvedet sekoittuvat purkupaikan lähialueella.

Kokonaisuutena mallissa on pieniä puutteita lähtötiedoissa ja mittausvertailun perusteella mallissa on joitakin epätarkkuuksia. Lasketut purkuveden aiheuttamat lämmön- ja suolaisuuden nousut ovat pieniä, ja vaikka lämmön nousut ja suolapitoisuuden nousut kertoisi kahdella, jäisi purkuvesien aiheuttama lämpötilan ja suolapitoisuuden nousu edelleen pieneksi. Jäävaikutuksia ei voitu arvioida, johtuen siitä, että mallissa ei laskentavuonna syntynyt jäätä purkupaikan läheisyyteen nykytilanteen laskennassa. Arctic Sisun lämpöpäästön määrän ja leviämiskäyttäytymisen perusteella vaikutukset jäähän ovat vähäisiä.

8 YHTEENVETO

Tässä raportissa on arvioitu suunnitellun ArcticSisu e-metaanin tuotantolaitoksen jäähdytysvesien aiheuttaman lämpö- ja suolapitoisuuskuormituksen leviämistä Kotkan edustan merialueella 3d-rannikkomallia käyttäen. Työn tavoitteena oli selvittää purkuvesien aiheuttama lämmön- ja suolapitoisuuden nousu purkupaikan läheisellä merialueella alueen nykytilaan verrattuna.

Kohdealueella mallin vaakaresoluutio oli 20 m ja syvyysresoluutio 1 m. Mallissa oli mukana myös koko Suomenlahden alue harvemmalla resoluutiolla, jolloin kohdealueelle tulevat virtaukset ja alueen vedenkorkeusvaihtelu saadaan arvioitua hyvällä tarkkuudella. Laskentajaksona käytettiin vuoden 2019 kesää, jolloin alueelle laskevan Kymijoen virtaama oli pieni, sekä vuoden 2020 kesää, jolloin Kymijoen virtaama oli lähellä keskimääräistä. Lisäksi laskettiin talvi 2020–2021 jäävaikutusten arvioimiseksi. Tarkasteluissa huomioitiin alueella sijaitsevan KotkaMills'n tehtaan nykyiset jäähdytys- ja jätevesipäästöt.

Mallin nykytilan laskennan tuloksia vertailtiin mittauksiin veden lämpötilan ja suolaisuuden osalta: tulokset vastasivat kokonaisuutena mittauksia kohtuullisen hyvin, pintakerroksen lämpötila toistui mallissa mittauksia vastaavasti ja alueelle tyypillinen suolapitoisuuden kerrostuminen vastasi pääosin mittauksia, joskin pisteessä Halla 139 malli arvioi pintaveden suolapitoisuuden vuoden 2020 laskentajaksolla mittauksia pienemmäksi.

Arctic Sisun suunniteltu jäähdytysvesipurun virtaama oli 0,019 m³/s ja lämpötilan nousu +15 °C ottoveteen nähden (yläarvio). Vettä käytetään pääosin haihdutukseen, jolloin lämpötilan lisäksi myös purkuveden suolapitoisuus nousee ottoveteen verrattuna.

Mallinnustulosten mukaan purkuveden aiheuttama keskimääräinen lämpötilan nousu jäi pienialaiseksi, yli 0,1 °C nousu rajoittui tyypillisesti alle 150 m etäisyydelle purkupaikasta ja yli 0,5 °C lämpötilan nousua esiintyi vain purkupaikan välittömässä läheisyydessä (alle 50 m etäisyydellä). Suurin vaikutus havaittiin 2,5–3,5 m syvyytasoilla. Purkuveden käyttäytyminen poikkesi jossakin määrin tyypillisestä lämpöpäästön käyttäytymisestä, jossa lämmin purkuvesi pysyy pintakerroksessa, johtuen siitä, että lämpötilan lisäksi myös purkuveden suolapitoisuuden nousee. Suolapitoisuuden nousu merialueella jäi maltilliseksi alueen luontaiseen suolapitoisuuden vaihteluun verrattuna. Purkuveden aiheuttama yli 0,05 g/l nousu jäi alle 200 m etäisyydelle, ja yli 0,1 g/l rajoittui alle 50 m etäisyydelle purkupaikasta. Purkuveden aiheuttaman suolapitoisuuden nousun jälkeen purkupaikan lähialueen vesi oli edelleen selvästi vähemmän suolaista kuin purkupaikan lähimpien mittauspisteiden 10 m syvyydellä oleva merivesi.

Talvella mallinnettu lämpötilan nousu oli avovesijakson suurusluokkaa ja suolapitoisuuden nousu jäi talvella avovesikautta pienemmäksi.

Arctic Sisun purulla oli vain vähäinen vaikutus KotkaMillsin vedenottoon, keskimääräinen lämpötilan nousu ottopisteessä oli ~0,06 °C, enimmillään ~0,1 °C.

Mallinnuksen perusteella Arctic Sisu e-metaanilaitoksen jäähdytysvesipurun aiheuttama veden lämpötilan ja suolapitoisuuden nousu jää paikalliseksi ja pieneksi, eikä purkuvesillä ole juurikaan vaikutusta KotkaMillsin ottoveden lämpötilaan.

9 LÄHDELUETTELO

Suluissa oleva päivämäärä nettilähteiden perässä kertoo milloin lähteeseen on viitattu.

BSBD. 2013. Baltic Sea Hydrographic Commission, Baltic Sea Bathymetry Database, version 0.9.3, <http://data.bshc.pro>.

Ecobio. 2006. Hietasen sataman ruoppaus- ja läjityshankkeen Ympäristövaikutusten arviointiselostus, 29.12.2006, Insinööritoimisto Ecobio Oy.

EEA. 2017. European Environmental Agency, coastline for analysis, revision 2017, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-coastline-for-analysis-2>.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. (2023): ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: [10.24381/cds.adbb2d47](https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47) (Accessed on 09/2025)

Hertta. 2026. Suomen Ympäristökeskuksen HERTTA-tietokanta, tiedot haettu 01/2026.

Koponen J., Kumm M., Lauri H., Virtanen M., Inkala A., Sarkkula J., Suojanen I., Veijalainen N. 2008. EIA 3D Model Manual.

Kymijoen vesi- ja ympäristö ry, 2020, PYHTÄÄ-KOTKA-HAMINA-MERIALUEEN VESIS-TÖTARKKAILUN YHTEENVETO VUODELTA 2019, Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 290/2020, Henna Nakari ja Marja Anttila-Huhtinen

Liikennevirasto. 2026. Lataus- ja katselupalvelut, <https://julkinen.vayla.fi/oskari/>, tiedot haettu 01/2026, lisenssi: <http://www.liikennevirasto.fi/avoindata>.

Maanmittauslaitos. 2026. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, tiedot haettu 01/2026, lisenssi ja tietojen haku sivulta <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>.

SYKE. 2026. Suomen Ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmä, 3-jakovaiheen valuma-alueiden lasketut valumat ja virtaamat, ostopalvelu. Tiedot haettu 01/2026.

SYKE Tarkka, 2026. Suomen Ympäristökeskuksen Tarkka-satelliittikuvapalvelu, <https://tarkka.syke.fi/>