

Kokkolan edustan vesistömallin kuvaus

Virtaus- ja vedenlaatumallinnus 2021–2022 tiedoilla

1.7.2024

Sisältö

1	Johdanto.....	3
2	Laskentamallin parametrit ja lähtötiedot	3
2.1	Laskentamalli	3
2.2	Kuormituspisteen lähialueen käyttäytyminen mallilaskennassa	6
2.3	Lähtötiedot	7
2.4	Jokivirtaamat	8
3	Virtauslaskennan varmistus.....	9
3.1	Lämpötila ja suolaisuus	10
3.2	Jääpeite.....	15
4	Vedenlaatulaskennan varmistus.....	18
4.1	Kuormitukset	18
4.2	Fosfori (PTOT)	19
4.3	Typpi	22
4.4	Sinkki (Zn)	22
4.5	Nikkeli (Ni)	22
4.6	Koboltti (Co)	29
4.7	Kadmium (Cd).....	29
5	Skenaariolaskennat	34
5.1	Skenaarioiden kuormitukset.....	35
6	Laskennan epävarmuuksista.....	36
6.1	Purkupaikan lähialueen käyttäytyminen	36
6.2	Mallin sopivuus mittauksiin	41
6.3	Olosuhteiden vaikutus	42
7	Lähdeluettelo.....	43

AFRY Finland Oy,
Ympäristötutkimus,
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

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.

1 Johdanto

KIP Service Oy tilasi vuonna 2023 Kokkolan edustan mallinnuksen. Tässä raportissa on esitetty KIP Servicen virtaus- ja vedenlaatumallin kuvaus, laskentamallin parametrit ja epävarmuudet, mutta ei mallinnustuloksia. KIP Servicen mallia käytettiin pohjana Boliden Kokkolan YVA-selostusta varten laadittuun vesistömallinnukseen, joten mallin kuvaus ja epävarmuudet ovat samat.

2 Laskentamallin parametrit ja lähtötiedot

2.1 Laskentamalli

Laskentamallina käytettiin EIA3d-mallia, jota on sovellettu alueelle aikaisemminkin (YVA Oy 2015, Pöyry 2019, AFRY 2020). Käytetty EIA3d-malli virtaus- ja vedenlaatumalli perustuu hydrostaattisten 3d-virtausyhtälöiden ratkaisemiseen numeerisesti asteittain tarkentuvassa suorakulmaisessa neliöhilassa. Vaakasunnassa mallihila koostuu suorakulmaisista ruuduista, syvyysuunnassa malli käyttää vakiosyvyystasoihin perustuvaa kerrosjakoa. Käytetty malli soveltuu hyvin Suomen järvi- ja rannikkoalueiden kuvaamiseen, ja sitä on käytetty yli sataan laskentasovellukseen Suomessa ja ulkomailla (Koponen et. al 2004).

Tässä mallisovelluksessa on käytetty sisäkkäistä mallihilaa. Sisäkkäisten hilojen kytkentä on kaksisuuntainen. Mallin uloin taso sisältää koko Perämeren siten, että eteläreuna on Merenkurkussa. Tarkin hilataso kattaa Kokkolan edustan, 70 x 70 m hilatarkkuudella. Tarkennetun alueen koko on 16,4 x 13,7 km. Seuraavien hilatasojen vaakatarkkuudet ovat 210 m, 630 m ja 1890 m. Hilatasojen tiedot keskeiset parametrit on esitetty taulukossa 2-1. Syvyysuunnassa mallissa on 30 hilatasoa, jotka on asetettu siten, että 0-15 m syvyydellä syvyysresoluutio on 1 m, 15 m tason jälkeen syvyysresoluutio harvenee tasaisesti siten, että mallihilan pohja on 120 m tasolla. Mallin hilan vaakatarkennusten rajat on esitetty kuvassa 2-1.

Taulukko 2-1: Hilatasojen keskeiset parametrit

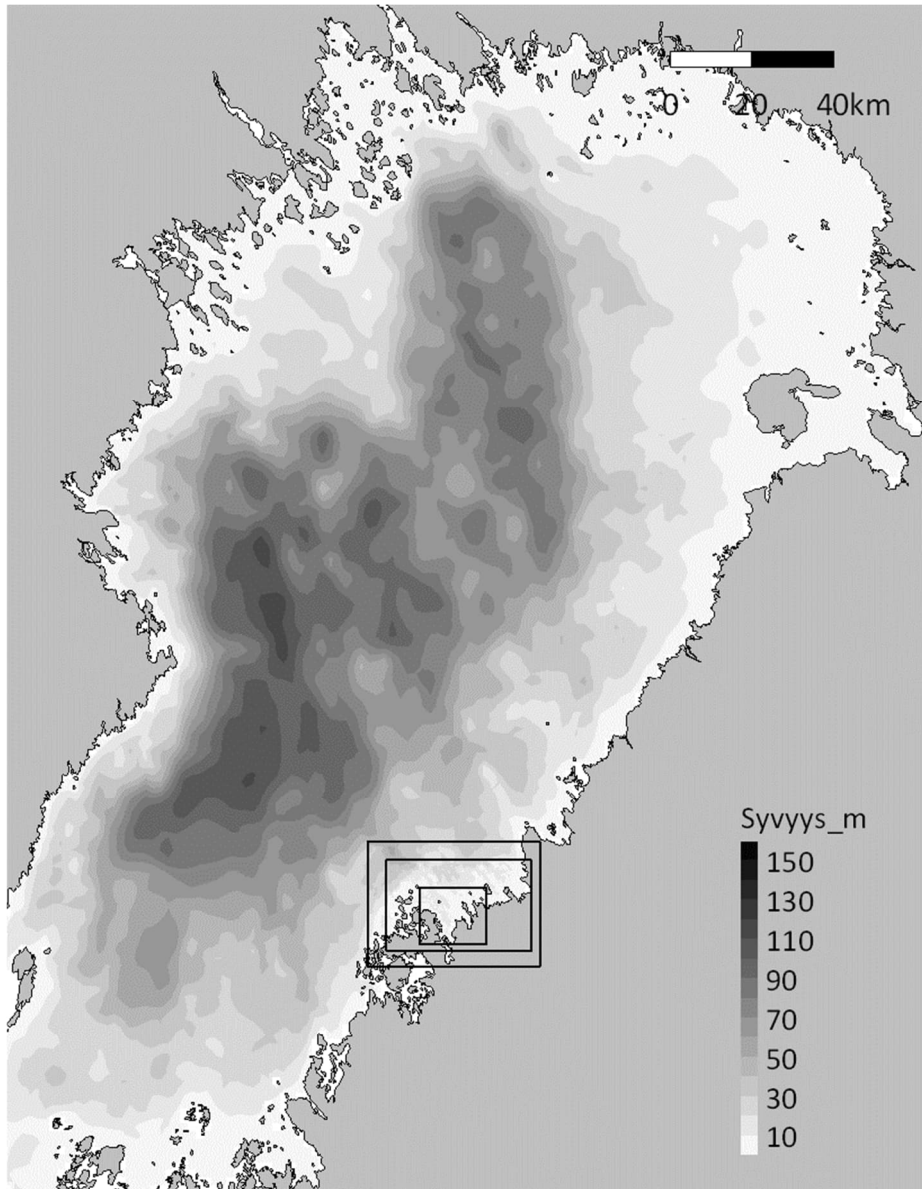
Tason nro	Soluja x-suunta	Soluja y-suunta	Resoluutio (m)	Koko x (km)	Koko y (km)	Ala (km ²)	Tilavuus (Mm ³)	Suurin syvyys (m)
1	130	159	1890	245.7	300.5	34392.2	1305247	117.8
2	66	48	630	41.6	30.2	703.3	11727	58.2
3	168	105	210	35.3	22.1	434.8	4979	46.3
4	234	195	70	16.4	13.7	122.5	860	19

Kokkolan edustalle on suunnitteilla maatäyttöjä ja ruoppauksia, mistä aiheutuu muutoksia rantaviivaan ja sataman alueen syvyyksiin. Tästä johtuen mallissa käytettiin eri skenaariossa eri syvyystietoja ja rantaviivatietoja. Nykytilan laskennassa 2021–2022 mallissa käytettiin 09/2023 saatavilla olleita syvyystietoja ja rantaviivaa. Kokkolan väylän viimeisin ruoppaus saatiin pääosin valmiiksi 09/2020 mennessä, skenaariolaskennat on tehty 09/2020 rantaviivan ja päätyneiden väyläruoppausten tavoitesyvyyksien mukaisesti. Tulevaisuusskenaariossa on nykyisen rantaviivan lisäksi kolme muuta rantaviiva vaihtoehtoa, joka esitetty kuvassa 2-3.

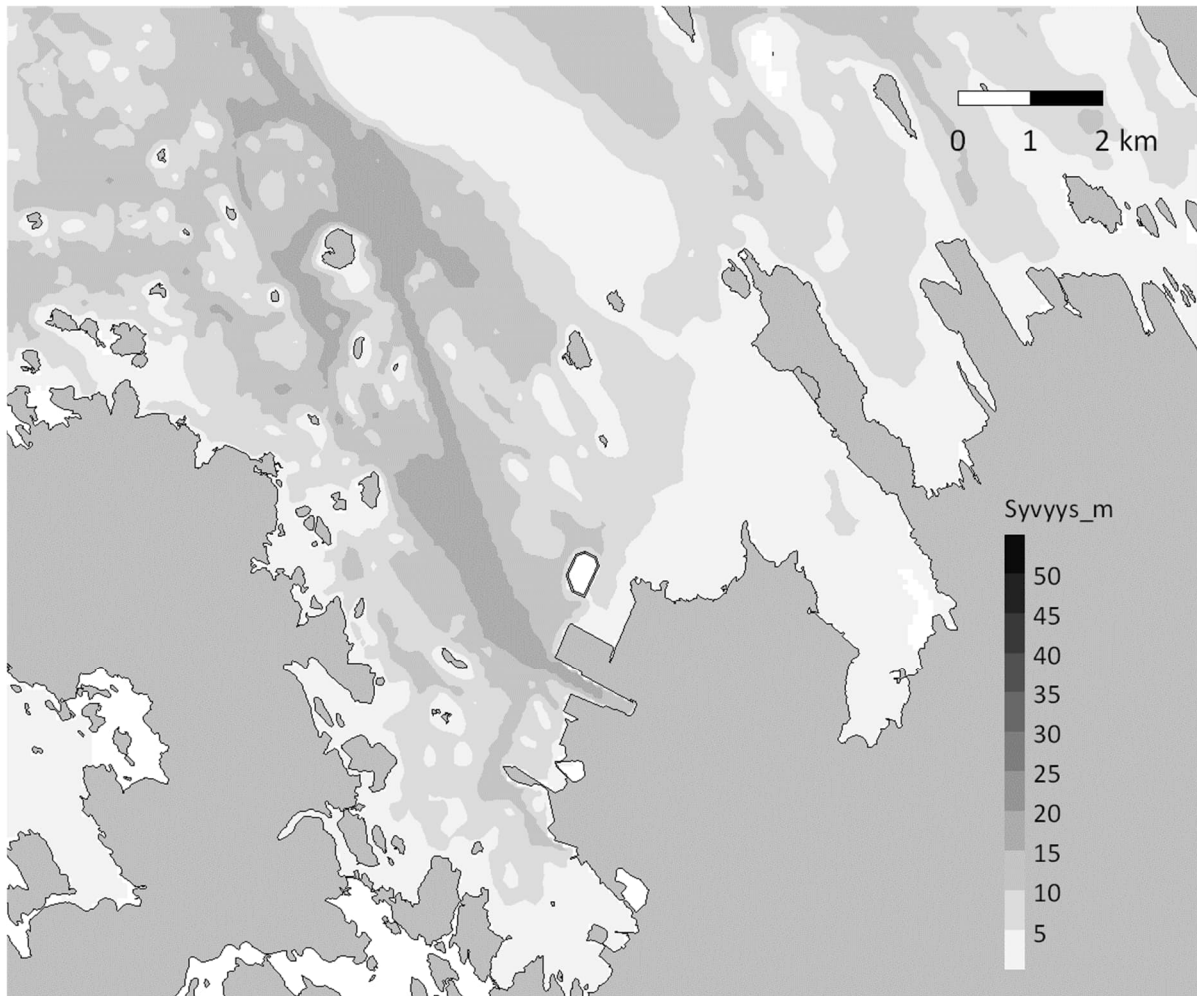
Yhteenvedona rantaviivoja on siis käytössä neljä (Kuvat 2-2 ja 2-3):

V0 Rantaviiva & syvyydet 2021 Nykytila

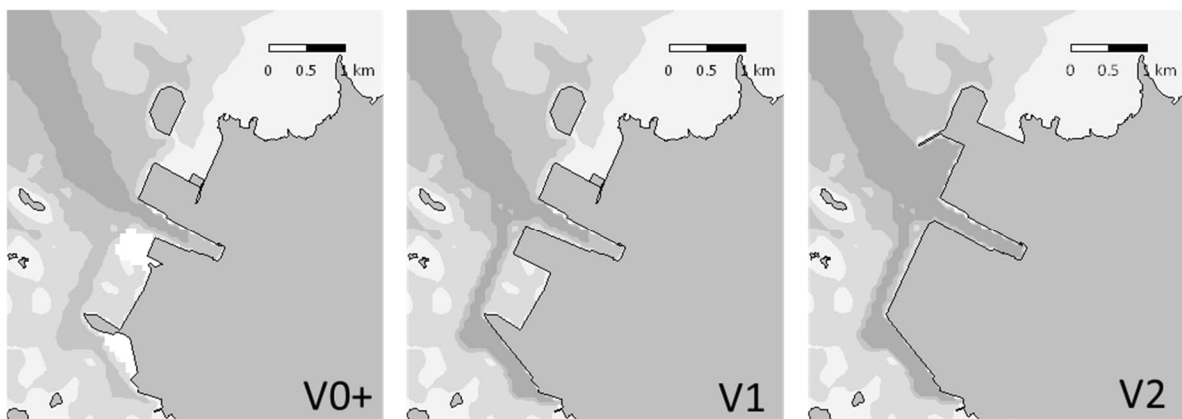
V0p	Rantaviiva & syvyydet	2030	Skenaariolaskennat
V1	Rantaviiva & syvyydet	2040	Tulevaisuusskenaario
V2	Rantaviiva & syvyydet	2050	Tulevaisuusskenaario



Kuva 2-1: Mallin kattama alue, alueen syvyydet ja hilatarkennusten rajat



Kuva 2-2: 70 m hilatarkkuuden alue syvyyksineen, skenaario V0



Kuva 2-3: Rantaviivat V0+: 2030-skenaario, V1: 2040-skenaario, V2:2050-skenaario

2.2 Kuormituspisteen lähialueen käyttäytyminen mallilaskennassa

Merimallin (tai rannikkomallin) toimintaperiaatteesta johtuen, malli ei pysty kuvaamaan ilmiöitä, joissa on merkittävää vaihtelua mallin hilakopin resoluutiota pienemmässä mittakaavassa. Esim. virtaamien laskennassa yhden hilakopin sisältämä veden lämpötilaa kuvataan yhdellä lämpötila-arvolla. Vastaavasti myös yksittäisen hilakopin virtaussuuntaa, virtausnopeutta ja lämpötilaa kuvataan mallissa yhdellä numeroarvolla.

Kuormitusten purkupaikkojen osalta tämä tarkoittaa sitä, että kun kuormitus sijoitetaan laskennassa rannikkomallin johonkin hilakoppiin, sekoittuu se purkupisteessä mallin hilakopin tilavuutta vastaavan vesimäärään.

Merialueella sekoittuminen riippuu purkuveden ominaisuuksista. Meriveteen verrattuna vähemmän tiheä purkuvesi, esim. lämpöpäästö, sekoittuu tyypillisesti pintakerroksessa nopeasti meriveteen. Kun sekoittuminen purkupaikalla on tehokasta, vastaa karkeampaakin resoluutiota käyttävä malli tällaisissa tapauksissa sekoittumisen osalta hyvin todellista tilannetta.

Jos purkuvesi on selvästi merivettä tiheämpää ja sekoittuminen purkupaikan lähialueella jää vähäiseksi, voi rannikkomallin purkupaikan käyttäytymiseen verrattuna harva mallin resoluutio aiheuttaa purkupaikalla ylimääristä sekoittumista. Tällaisessa tapauksessa mallissa tapahtuvaa ylimääristä sekoittumista voidaan vähentää sijoittamalla purkupiste mallissa suoraan pohjakerrokseen, jolloin purkuvesi ei laimene mallin hilaresoluution takia kulkeutuessaan pinnalla olevalta purkupisteeltä syvempiin kerroksiin.

Purkuveden käyttäytymistä purkupisteen lähialueella voidaan tarkastella erikseen ns. lähialuемalleilla, joista mainittakoon CORMIX malli (Doneker & Jirka, 2007). Purkupisteen käyttäytymistä voi mallintaa myös virtausdynaamisella mallilla, kunhan mallihila resoluutio on riittävän tarkka. Lähialueen malleilla voidaan myös suunnitella purkupaikalle diffuusori, jolla purkuvesi saadaan jaettua laajemmalle alueelle ja sekoittumaan paremmin ympäröivään meriveteen kuin ilman diffuusoria olisi mahdollista.

Kokkolan edustalla nykytilanteessa KIPP purkupisteen vesi on merivettä tiheämpää. KIFE purkupisteen vesi on puolestaan pääasiassa jäähdytysvettä, ts. merivettä kevyempää tai lähellä meriveden tiheyttä. KIPP purkupisteellä purkuvesi sekoittuu mittaustietojen perusteella käytännössä meriveteen käytännössä hyvin, sillä purkupaikkaa lähellä olevan seurantapisteen pohjakerroksen mittauksissa ei näy korkeita suola- tai ainepitoisuuksia (ks. luvuissa 3 ja 4 esitetyt mittausvertailut, piste H).

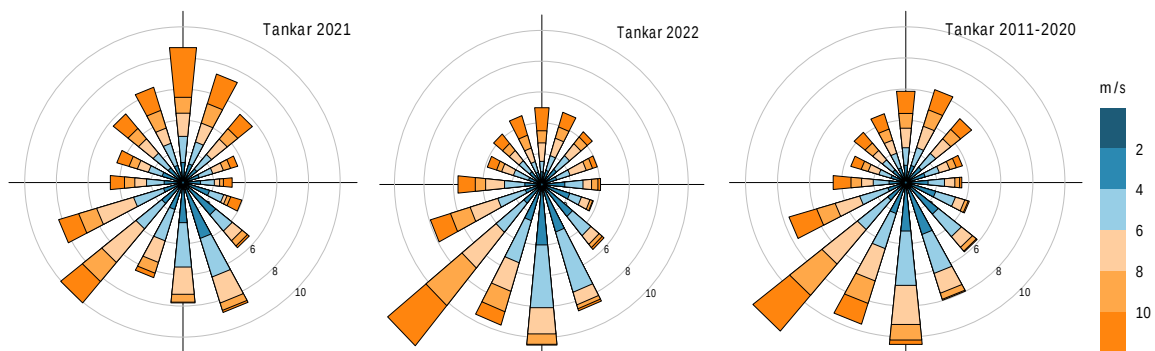
Uusien kuormitusten osalta purkupisteiden KIPP ja KIPI purkuvedet ovat selvästi merivettä tiheämpiä. Näissä tapauksissa mallilaskennassa voi olla mukana ylimääristä sekoittumista.

2.3 Lähtötiedot

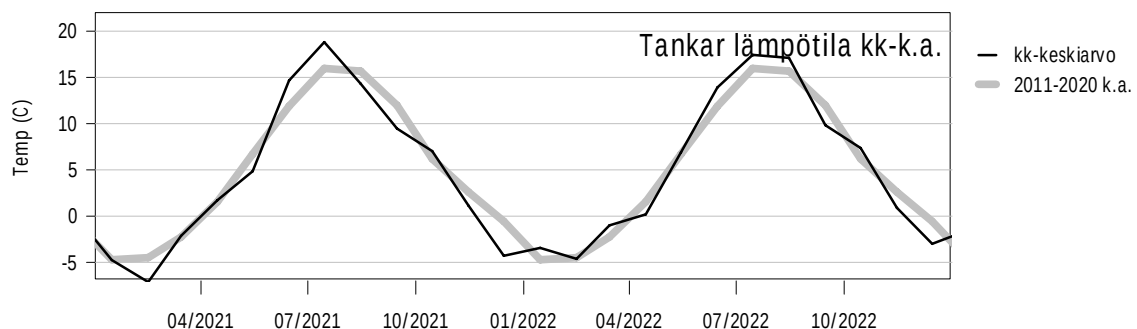
Laskentamallin olosuhdetietoina on käytetty vuosien 2021 ja 2022 mitattua olosuhdetietoja. Molemmat vuodet olivat sääolojen puolesta (lämpötila, tuulen keskinopeus avovesiaikana) lähellä keskiarvoa, eli kumpikaan vuosi ei ollut erityksen poikkeuksellinen. Laskenta haluttiin kuitenkin tehdä jaksolle, jolloin Kokkolan väyläalueella tehdyt ruoppaukset olivat valmiita, mistä johtuen aikaisin mahdollinen laskentavuosi oli 2021 (ruoppaukset päättyivät syksyllä 2020).

Malliin haettiin vuosien 2021–2022 laskentaan tarvittavat olosuhdetiedot eri lähteistä (Hertta 2023, SMHI 2023, Copernicus Climate Change Service, 2017). Sää tietoina käytettiin ECMWF:n ERA5 reanalysis säädataa 0,75 x 0,75 asteen vaakaresoluutiolla.

Tuuliruuusut Tankarin sääaseman mittaustiedoista (FMI 2023a) vuosille 2021, 2022 ja jaksolle 2011–2020 on esitetty kuvassa 2-4. Keskituulennopeus vuonna 2018 oli 6,07 m/s, ja vuonna 2019 6,49 m/s. Jakson 2011–2020 keskiarvo oli 6,32 m/s. Useimmin tuuli molempina vuosina lounaasta, vuonna 2021 pohjoisen puoleisia tuulia oli selvästi useammin kuin vuonna 2022. Vuonna 2022 puolestaan lounais- ja etelätuulia oli useammin kuin vuonna 2021.



Kuva 2-4: Tuulen suunta- ja nopeusjakaumat Tankarin sääasemalta vuosille 2021 ja 2022, sekä jaksolle 2011–2020.



Kuva 2-5: Ilman lämpötilan kuukausikeskiarvot 2021–2022 ja 2011–2020 jakson kuukausikeskiarvo, Tankarin sääasema (FMI 2023a).

Ilman lämpötilan kuukausikeskiarvot Tankarin sääasemalta verrattuna jakson 2011–2020 keskiarvoon on esitetty kuvassa 2-5. Helmikuu 2021 oli keskiarvoa viileämpi, mutta kesä- ja heinäkuut keskiarvoa lämpimämpiä. Joulukuu 2021 oli kylmä. Vuonna 2022 toukokuusta heinäkuuhun oli myös keskimääräistä lämpimämpää.



Kuva 2-6: Tuuliruusut Tankarin sääasemalta vuosien 2021 ja 2022 valituille kuukausille.

Taulukko 2-2: Tuulen keskinopeudet ja lämpötilan keskiarvot eri kuukausille ja vuosille Tankarin sääaseman mittaustiedoista (FMI 2023a)

	Tuulen nopeus				Ilman lämpötila			
	k.a.	std	min	max	k.a.	std	min	max
vuosi	m/s	m/s	m/s	m/s	°C	°C	°C	°C
03/2021	6.82	3.67	0.6	20.5	-2.26	4.84	-22	7.2
07/2021	5.68	3.32	0	15.2	18.89	2.56	12.8	26.7
08/2021	6.05	3.19	0	14.8	14.30	2.74	8.3	21.4
03/2022	7.04	3.18	0.5	20.2	-0.93	3.13	-8.8	6.2
07/2022	5.76	2.45	0.5	12.7	17.31	2.58	11.6	28.9
08/2022	5.36	2.62	0	13.5	17.18	2.65	9.1	27.6
2021	6.43	3.43	0	20.5	4.56	8.91	-22	26.7
2022	6.19	3.17	0	20.2	4.74	8.30	-17.2	28.9

Kuvassa 2-6 on esitetty kuukausittaiset tuuliruusut, ja taulukossa 2-2 kuukausittaiset tuulen nopeuden ja lämpötilan keskiarvot maaliskuu-, heinä- ja elokuulta vuosilta 2021 ja 2022. Vuoden 2021 heinä- ja elokuut poikkeavat tuulen suunnan osalta selvästi toisistaan, elokuun tuulet ovat pääosin pohjoisen – idän suunnalta, kun taas heinäkuun jakauma lounaanpuoleisiin tuuliin painottuvalla suuntajakaumalla muistuttaa enemmän keskimääräistä tuulen suuntien jakaumaa. Vuonna 2022 tuulet ovat sekä heinä- että elokuussa pääosin etelän ja lännen suunnalta.

2.4 Jokivirtaamat

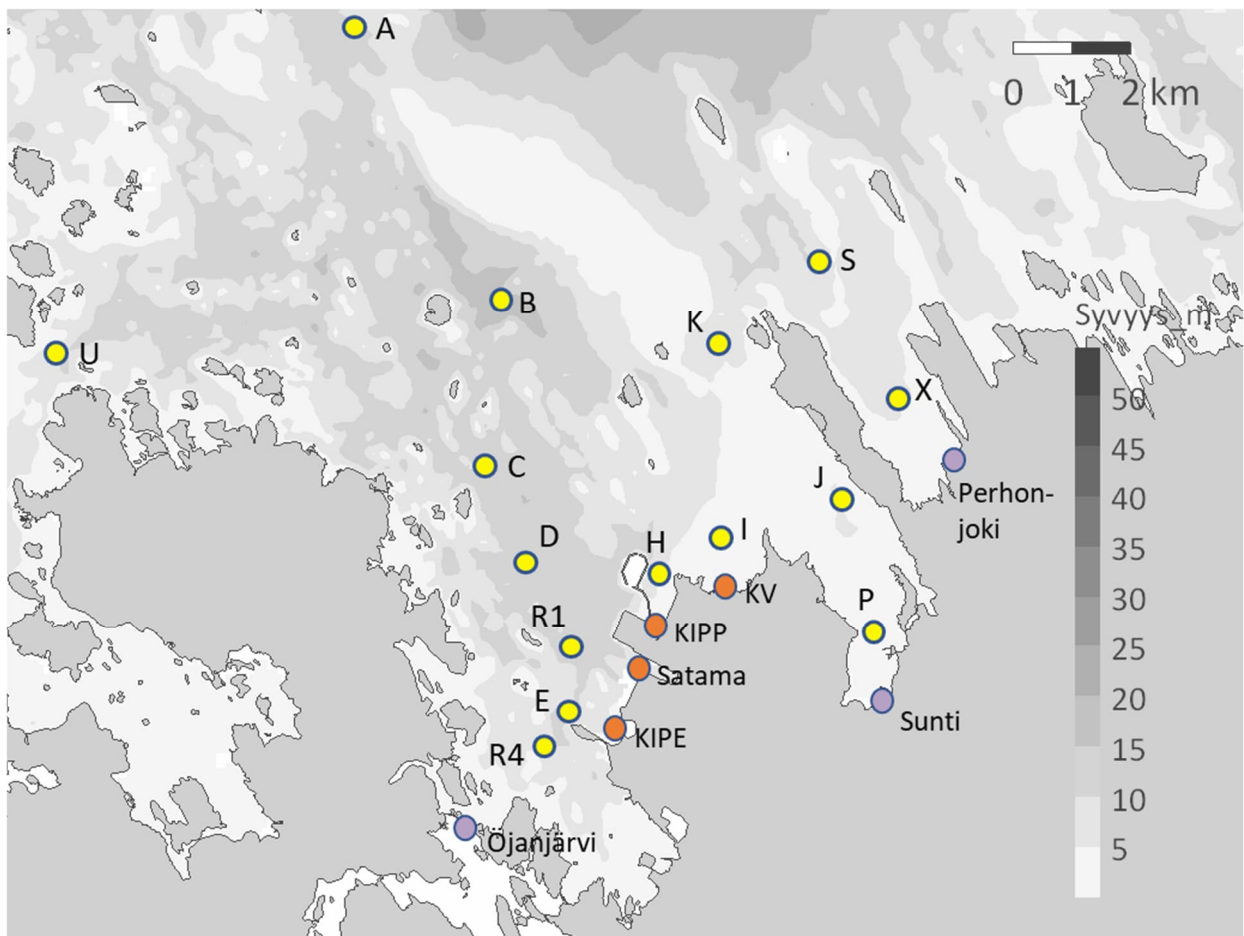
Kokkolan edustan suurimmat valuma-alueilta tulevat virtaamat ovat Perhonjoki, Sunti ja Luodonjärven kalaporras. Lisäksi alueelle laskee muutamia oja, joiden valuma-alueet ovat suhteellisen pieniä. Perhonjoen virtaamaa säätelee Kaitforsin voimalaitos. Perhonjoen valuma-alueesta 2237 km² on Kaitforsin yläpuolella ja 286 km² Kaitforsin alapuolella. Perhonjoen

virtaama on mallissa korjattu kertoimella 1,13, millä on pyritty ottamaan huomioon mittauksesta puuttuva alue. Suntain virtaama on haettu SYKE:n Vemala-järjestelmästä. Valuma-alueen kooksi oli Vemalassa arvioitu 28 km², kun Value-rajaustyökalu antaa valuma-alueen kooksi 33 km². Suntain lisäksi Vanhansatamanlahdelle laskee muutama oja, joiden yhteisvaluma-alueen kooksi on tässä arvioitu 9 km². Puuttuvien valuma-alueiden vesimäärien huomioimiseksi Vemala-järjestelmän arvioima Suntain virtaama on kerrottu arvolla 1,5. Perhonjoen ja Lohtajan välillä mereen laskee Korpilahdenoja (valuma-alueen koko 86 km²), Kälviänjoki (valuma-alueen ala 320 km²) ja Koskenkylänjoki (valuma-alueen koko 81 km²), sekä pienempiä oja (valuma-alue yhteensä noin 40 km²). Mallissa näistä huomioitu Kälviänjoki.

Kauempana olevista joista mallissa on huomioitu suurimmat. Näiden jokien virtaamat on poimittu SYKE:n Hertta-tietokannasta ja SMHI:n VattenWebb-järjestelmästä.

3 Virtauslaskennan varmistus

Alueelta ei ollut käytettävissä suoria virtausmittauksia, joten virtauslaskennan tuloksia verrattiin alueen seurantapistelistä mitattuihin lämpötila- ja suolaisuustietoihin. Nämä tiedot kertovat etenkin mallin syvyysuuntaisen sekoittumisen ja lämpölaskennan toiminnasta. Seurantapisteen sijainnit on esitetty kuvassa 3-1.



Kuva 3-1: Vedenlaadun yhteistarkkailun seurantapisteen (keltaiset pisteet) ja kuormitusten (oranssit pisteet) paikat kalibrointilaskennassa. Pistekuormitukset KIPP = KIP pohjoinen, KIPE = KIP etelä, KV = Kokkolan Vesi, Satama = Sataman kuormituksen paikka. Alueelle tulevat joet violeteilla pisteillä.

3.1 Lämpötila ja suolaisuus

Lasketut pintakerroksen, 10 m tason ja pohjan lämpötilat verrattuna mitattuihin lämpötila-arvoihin pisteistä A-E on esitetty kuvassa 3-2. Pisteiden paikan löytyvät kuvasta 3-1.

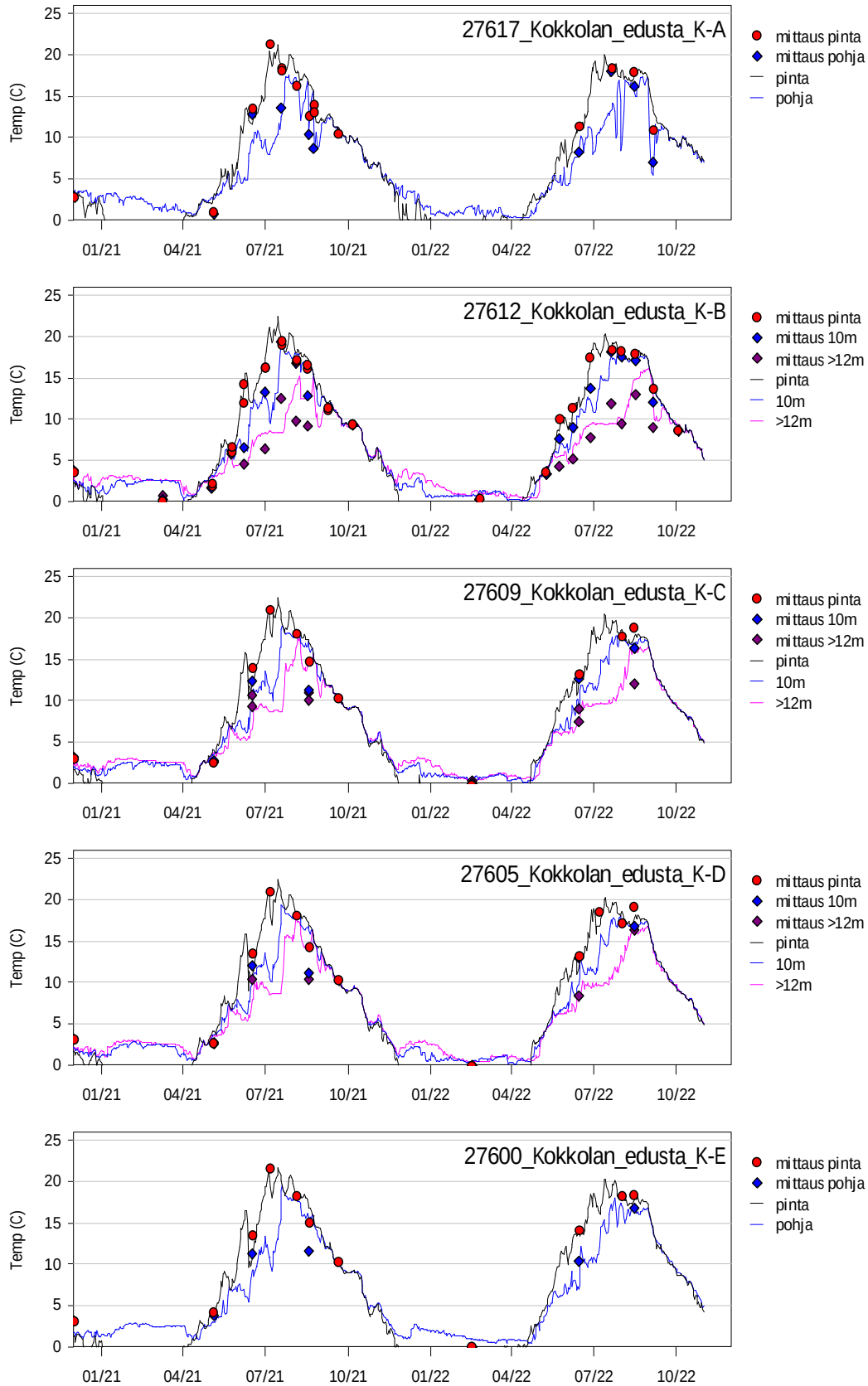
Pisteissä laskettu pintalämpötila seuraa varsin hyvin mittauksia. Elokuun 2021 puolivälissä oli mittausten perusteella kumpuamista, mikä viilensi vettä pohjakerroksessa. Ilmiö näkyy pohjan mittauksissa ja mallissa selvästi pisteessä A, mutta mallissa vain vähän sisemmissä pisteissä B-D. Kumpuamista lukuun ottamatta lämpötilat pohjakerroksessa ja lämpötilakerrostumisen esiintyminen toistuvat mallissa kohtuullisesti mittauksia vastaavasti.

Kuvassa 3-3 on esitetty lasketut ja mitatut pintakerroksen lämpötilat pisteissä H-P. Laskettu pintalämpötila vastaa näissäkin pisteissä hyvin mitattuja arvoja. Vesi on pääosin syvyysuunnassa sekoittunut, ja kerrostuminen on vähäistä, pois lukien kumpuamistapahtuma 2021 elokuun puolivälissä. Pisteessä H vesi on sekoittunut syvyysuunnassa lämpötilan suhteen yllättävän hyvin, vaikka syvyys seurantapisteessä on selvästi yli 10 m. Pisteissä I ja J syvyys on noin 5 m tai sen alle ja vesimassa on avovesiaikana sekoittunut pohjaan asti. Piste K on syvyydeltään noin 8 m, pisteessä näkyy mallituloksissa ajoittaista lämpötilakerrostumista.

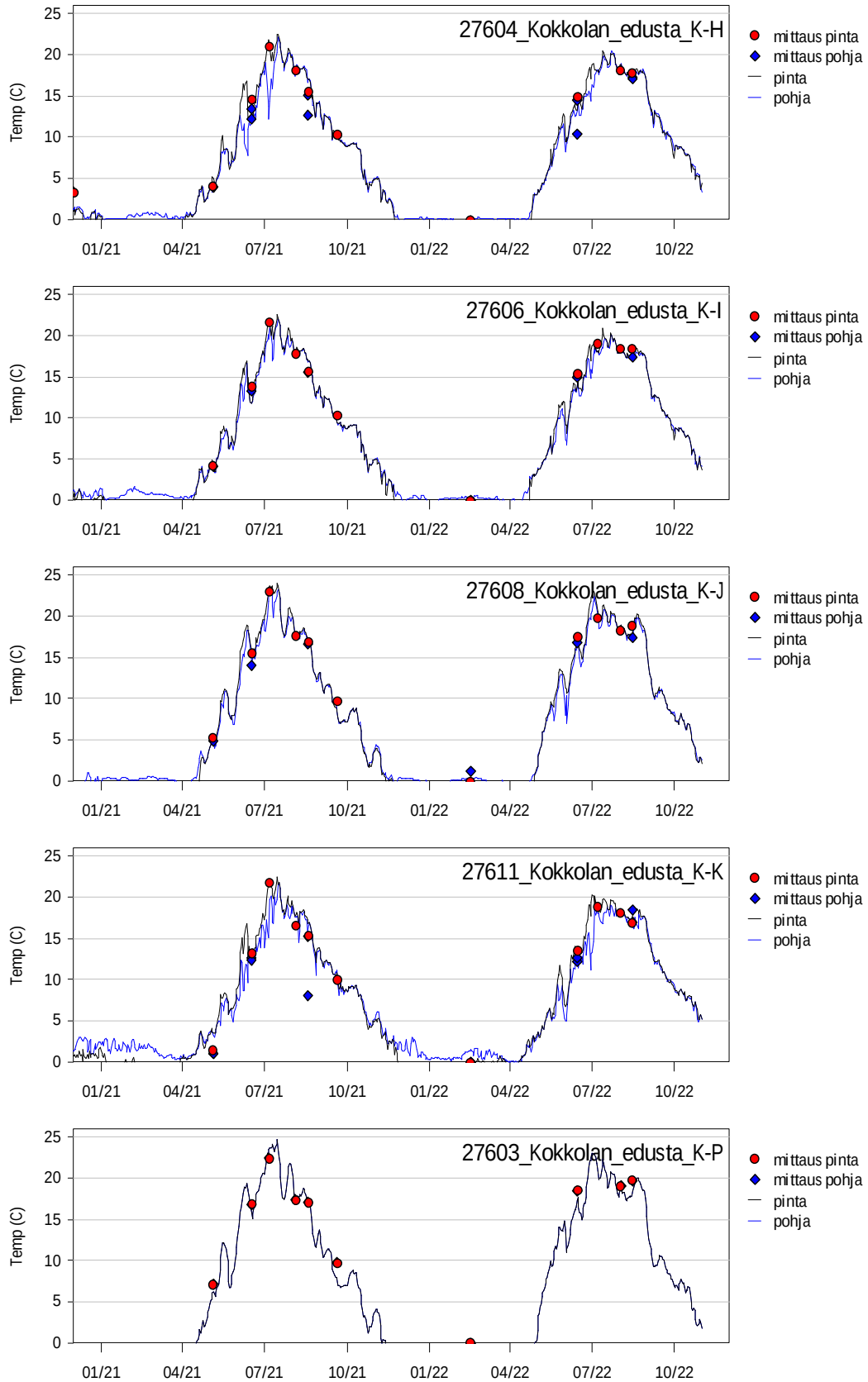
Suolapitoisuuden mitatut ja lasketut arvot pisteissä A-E ja H-P on esitetty kuvissa 3-4 ja 3-5. Mittauksissa suolapitoisuus vaihtelee 2–3,5 g/l välillä, vähiten suolaa on pintakerroksessa talvella ja eniten pisteen B pohjakerroksessa. Mallissa suolapitoisuus vaihtelee vähemmän kuin mittauksissa, ja etenkin talvella suolapitoisuus ei laske mittauksia vastaavasti. Pisteen B suolapitoisuus nousee kesällä molempina laskettuina vuosina, mitä ei näy mallituloksissa. Pisteen H pohjakerroksessa mallissa on enemmän suolaa kuin mitä mittauksista näkyy.

Mallissa ei ole mukana kaikkia rannikkoalueen jokia, mikä voi talviolosuhteissa aiheuttaa sen, että mallissa pintakerroksen suolapitoisuus on liian suuri. Pisteessä B suolapitoisuuden nousu pohjalla ei selity mallin tuloksilla, joskin on mahdollista, että KIPP kuormitus kulkeutuu pisteeseen B enemmän kuin malli arvioi. Vaihtoehtoisesti suolainen vesi voi olla peräisen avomereltä syvemmistä kerroksista kumpuamisen seurauksena, mutta tällöin suolapitoisuuden nousun pitäisi näkyä myös pisteen A mittauksissa (joskin pisteen A pohjakerroksen mittaus on 14 m syvyydeltä, ja pisteen B pohjakerroksen mittaus on 17,5 m syvyydeltä).

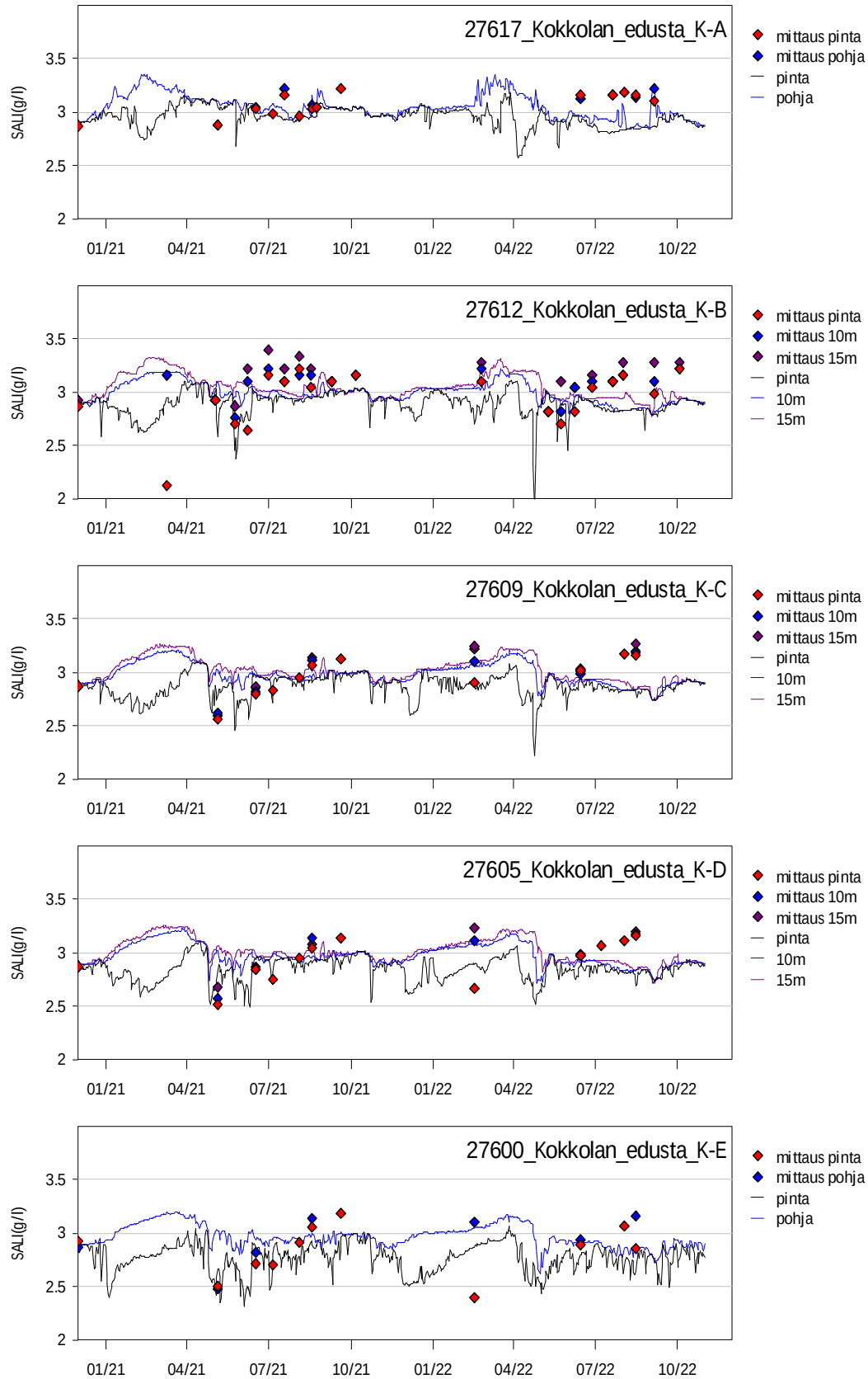
Kesällä 2022 kesällä mallin suolapitoisuus jää mittauksia pienemmäksi lähes kaikissa pisteissä. Vuoden 2022 kesän laskettujen ja mitattujen suolapitoisuuksien ero johtunee mallin Merenkurkussa käytettyjen reunaehtojen epätarkkuudesta tai mallissa tapahtuvasta suolapitoisuuden liiallisesta syvyysuuntaisesta sekoittumisesta avomerialueella. Reunaehtojen merkitys korostuu pidemmällä laskentajaksoilla, ja malli laskemaa suolapitoisuutta olisikin hyvä korjata esim. mitatuilla suolapitoisuusprofiileilla laskennan kuluessa, jolloin suolapitoisuus saataisiin sopimaan paremmin mittausarvoihin. Käytetyssä malliohjelmistossa ei tällä hetkellä ole kuitenkaan mahdollisuutta tämän tyyppisiin korjauksiin.



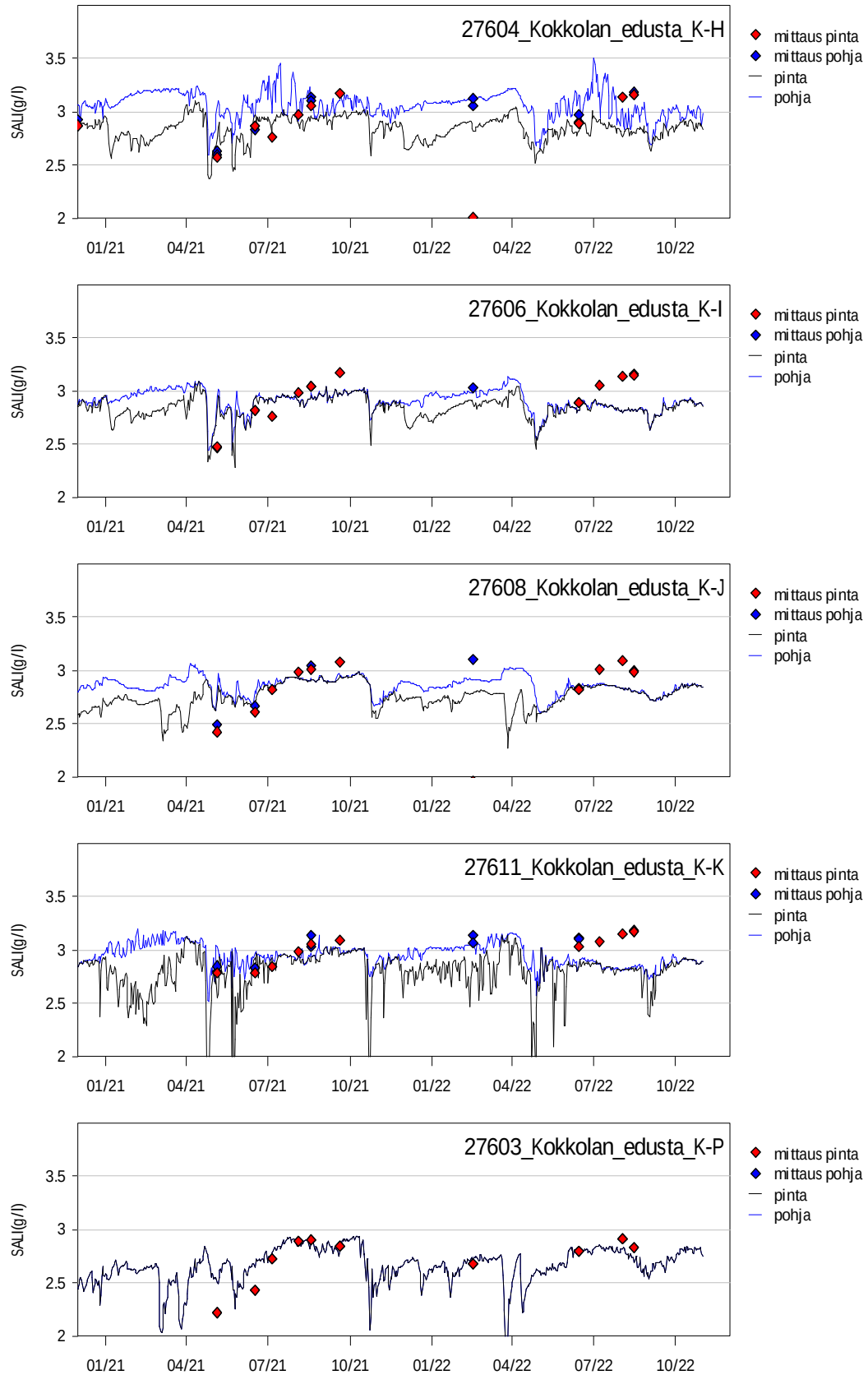
Kuva 3-2: Lasketut ja mitatut veden lämpötilan arvot seurantapisteissä A-E.



Kuva 3-3: Lasketut ja mitatut veden lämpötilan arvot seurantapisteissä H-P.



Kuva 3-4: Lasketut ja mitatut veden suolapitoisuudet arvot seurantapisteissä A-E.



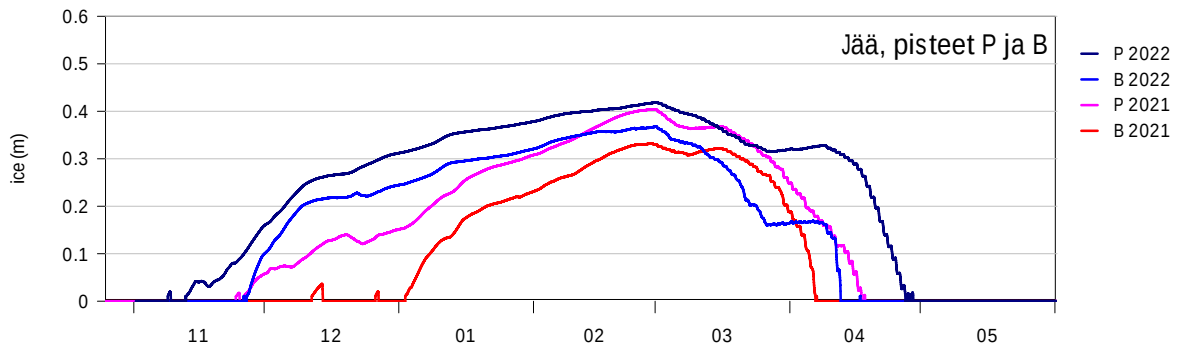
Kuva 3-5: Lasketut ja mitatut veden suolapitoisuudet arvot seurantapisteissä H-P.

3.2 Jääpeite

Mallissa jääpeite lasketaan dynaamisesti perustuen veden pinnan energiatasapainoon. Malli ei kuitenkaan huomioi jään liikkumista ja pakkautumista, tai aaltojen ja tuulen vaikutusta jääpeitteeseen, joten mallissa jää ei vastaa täysin todellista jäätilannetta. Jään vaikutus vedenlaatuun näkyy välillisesti, sillä jääpeite estää tuulen ja aallokon vaikutuksen, jolloin sekoittuminen ja virtaukset vähenevät merkittävät avovesiaikaan verrattuna. Jääpeite vähentää myös veteen pääsevää auringon säteilyä, jolloin biologinen toiminta vähenee.

Vedenlaadun laskennan kannalta keskeistä on jääpeitteen alku ja loppuajat, ts. jääpeitteen kesto. Myös jääpeitteen alueellisella kattavuudella on vaikutusta.

Ilmatieteenlaitoksen jäätalvi-tiedotteiden mukaan (FMI 2023b) jäätalvi 2020–2021 oli keskimääräinen ja talvi 2021–2022 pitkä ja leuto. Mallin laskema jään paksuus molempina talvina kahdessa Kokkolan edustan seurantapisteessä on esitetty kuvassa 3-6. Kuvasta näkyy myös jääpeitteen keston alueellinen vaihtelu, piste B on avoimella vesialueella, ja piste P Kaustarinlahdella suojaisella vesialueella.

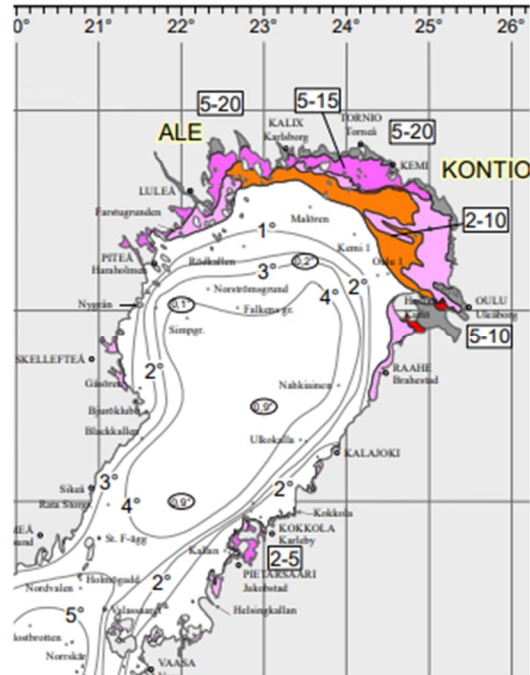
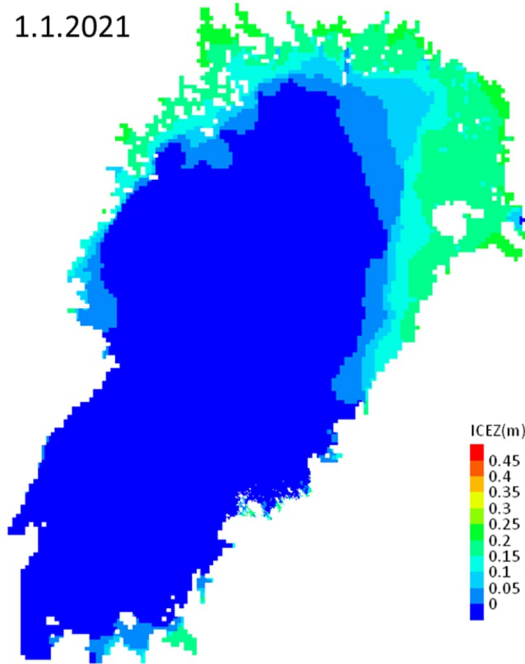


Kuva 3-6: Laskettu jään paksuus seurantapisteissä B ja P talville 2021 ja 2022.

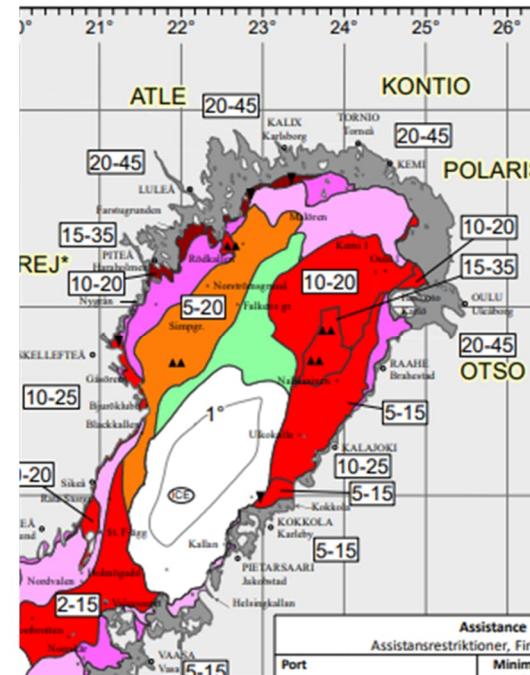
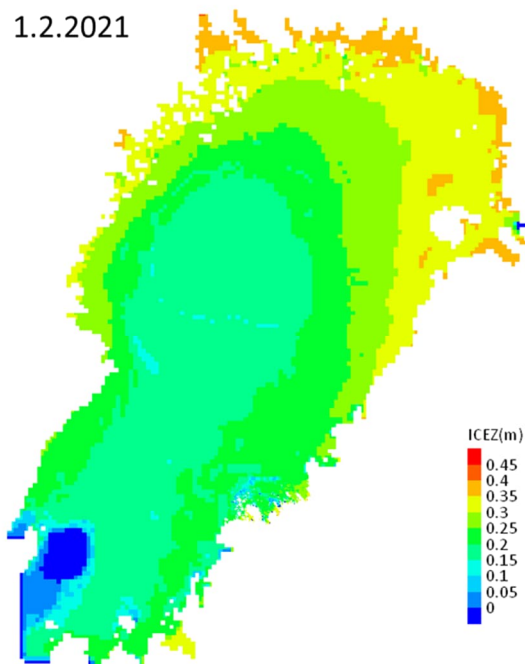
Kuvissa 3-7 ja 3-8 on vertailtu muutamaa mallin laskemaa jäätilannetta jääkarttaan / satelliittikuvaan talven 2021 ajalta koko Perämeren alueen osalta. Jääkartat ovat SMHI:n jääkartta-arkistosta (SMHI 2024), ja satelliittikuvat SYKEN Tarkka-palvelusta (Syke Tarkka 2024). Tammikuun alussa jäätyminen on alkanut Perämeren pohjoisosasta ja rannikon lahdistä. Mallissa jäätä on jääkarttaa enemmän. Helmikuun alussa jäätilannekartan mukaan Perämeren keskiosa on avoinna ja rannikot ovat suurelta osin kiintojässä. Mallissa vastaavana aikana koko merialue on jäässä eteläreunan pientä sulaa aluetta lukuun ottamatta. Maaliskuun puolivälissä Perämeri on jään kattama sekä mallissa että satelliittikuvassa. Satelliittikuvassa jääpeite on kuitenkin jo osittain hajoamassa Perämeren keskellä, mallissa jää on sen sijaan paikallaan, eikä railojen muodostumista ja jääpeitteen hajoamista esiinny. Huhtikuun puolivälissä satelliittikuvassa jää on sulanut rannikolta Pyhäjoen tasalle ja avomeri on jäätön linjan Pyhäjoki – Kalix lounaispuolella. Mallissa jäätä on vastavana aikana enemmän, Kokkolan kohdalla rannikolla jää on kuitenkin sulanut suunnilleen satelliittikuvaan vastaavasti.

Kuvien perusteella mallissa oli vuonna 2021 jäätä avomerellä todellisuutta enemmän, mikä johtunee pääosin mallin jäälaskennan puutteista. Rannikon lahdisissa jäätilanne vastaa paremmin toteutunutta tilannetta, sillä jään liikkumisella on tämän tyyppisillä alueilla vähemmän merkitystä.

1.1.2021

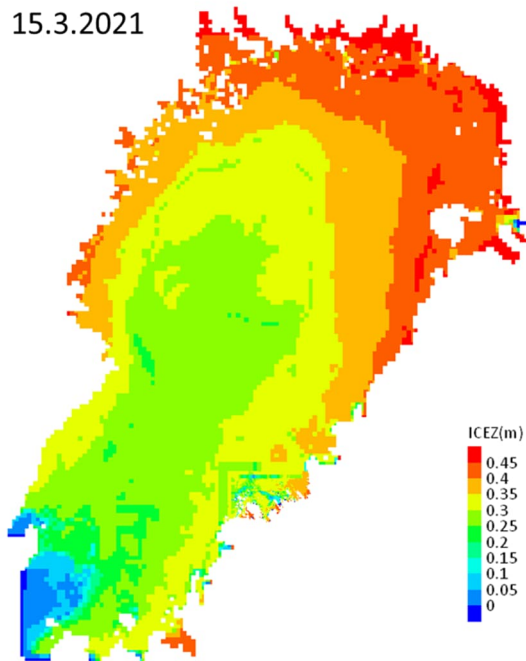


1.2.2021

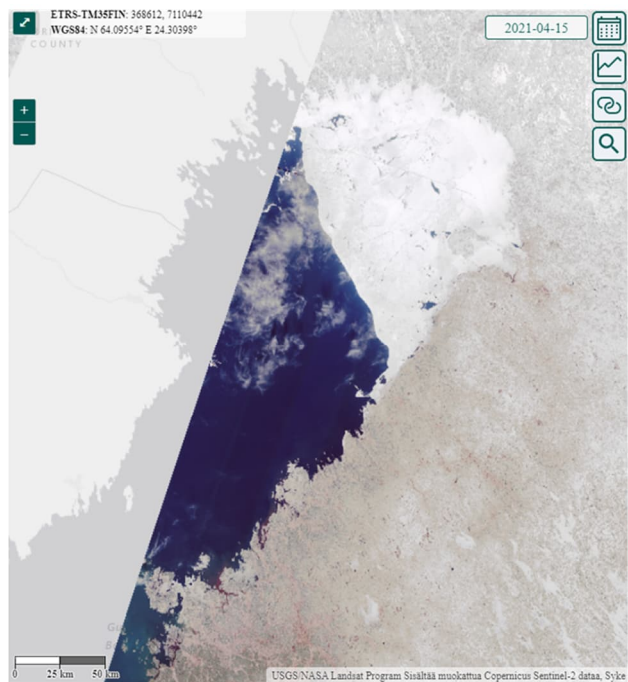
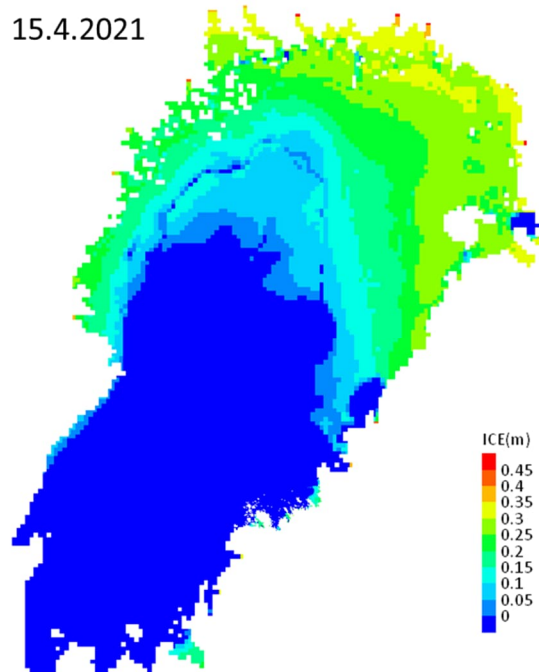


Kuva 3-7: Laskettu jään paksuus ja jääkarta jäätilanteesta Perämeren alueelta 1.1.2021 ja 1.2.2021.

15.3.2021



15.4.2021



Kuva 3-8: Laskettu jään paksuus ja satelliittikuva jäätilanteesta Perämeren alueelta 15.3.2021 ja 15.4.2021.

4 Vedenlaatulaskennan varmistus

4.1 Kuormitukset

Vedenlaatulaskenta tehdään laskemalla aineiden kulkeutuminen virtausmallin tuottamia virtauskenttiä käyttäen. Purkuvesien suolaisuus- ja lämpötila-arvot vaikuttavat tällä laskentatavalla vedenlaatumallin laskemaan kulkeutumiseen virtauskenttien välityksellä.

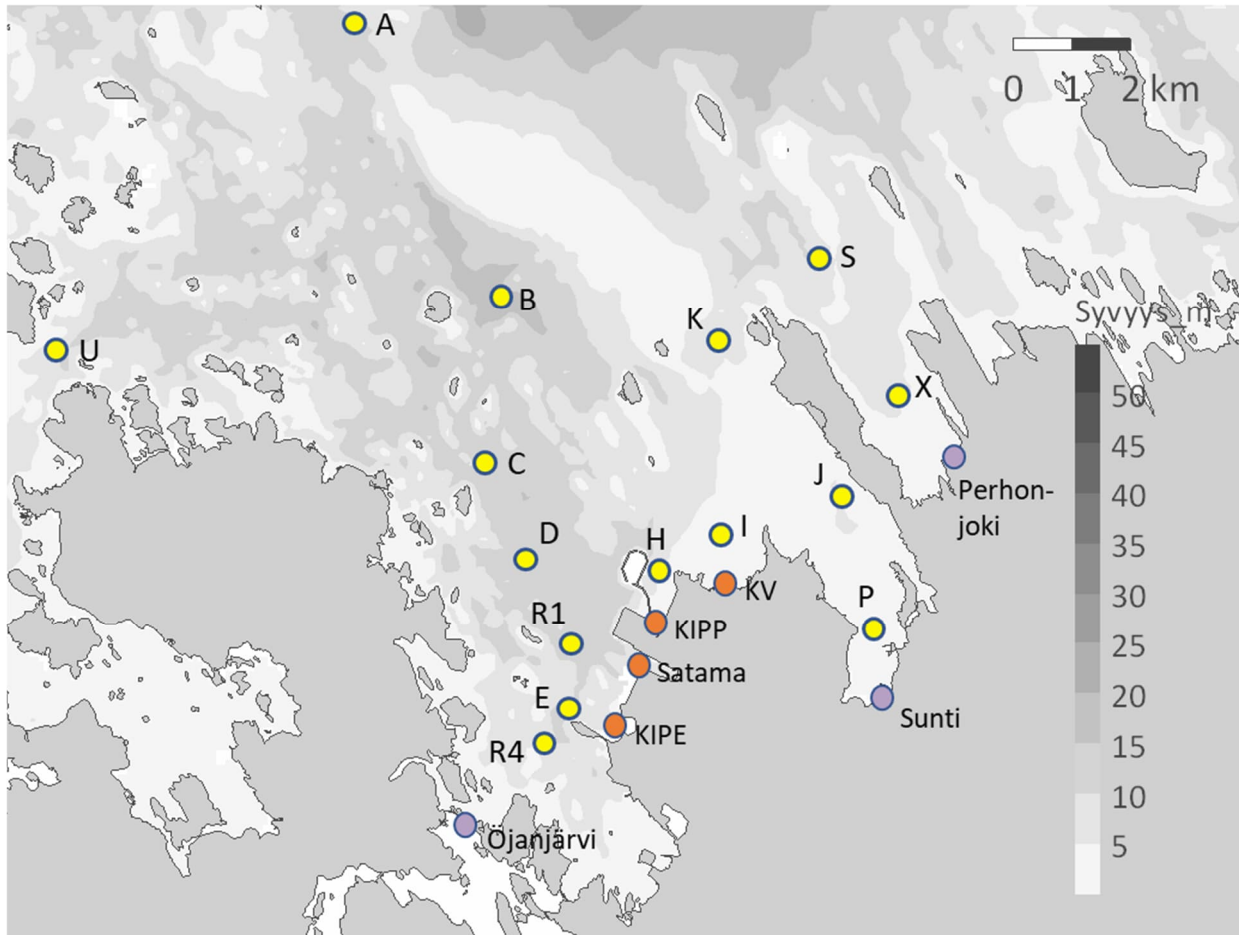
Mallin vedenlaatulaskenta varmistettiin vertaamalla mallilla laskettuja pitoisuusarvoja mitattuihin arvoihin. Lasketut muuttujat olivat kokonaisravinteet (PTOT ja NTOT), sinkki, nikkeli, koboltti ja kadmium. Sulfaattipitoisuuksia on mitattu muutamissa pisteissä vuosina 2018–2020, mutta mittauksia ei vuosilta 2021–2022 ollut saatavilla, joten sulfaattia ei tässä ole vertailtu mittauksiin.

Malli laskettiin jaksolle 11/2020–10/2022. Vedenlaatulaskennan alue rajattiin asettamalla keskimmäisen tarkennushilan kaikille ulkoreunoille (noin 20–25 km päähän kohdealueelta) laajemman merialueen taustapitoisuutta kuvaava reuna-arvo, jonka pitoisuudet asetettiin pisteen A mittausten perusteella. Vedenlaatulaskennassa kuormittajina olivat mukana alueen suurimmat pistekuormitukset ja alueelle hajakuormitusta tuovat joet. Kaupunkialueelta laskee Ykspihlajanlahteen joitakin oja, mutta näiden tuomien kuormitusten suuruuksista ei ollut tarkempaa tietoa, joten ne jätettiin mallista pois. Vastaavasti laiva- ja vesiliikenteen vaikutuksia, esim. pohjasedimentin resuspension aiheuttamaa kuormitusta ei tässä otettu huomioon. Ilmalaskeumaa ei erikseen huomioitu kuormituksena, mutta laskeuman aiheuttama kuormitus on epäsuorasti mukana reunapitoisuuksien kautta.

Keskimääräiset kuormitukset on esitetty taulukossa 4-1 ja kuormituspaikat kuvassa 4-1. Samassa kuvassa on esitetty myös vedenlaadun seurantapisteidien sijainti. Pistekuormitusten arvot on saatu asiakkaalta. Osassa kuormituksia on käytetty seurantaraporteista poimittuja vuosiarvoja (Pohjanmaan vesi- ja ympäristö, 2022, 2023). Perhonjoen, Suntain ja Kälviänjoen kuormituksina käytettiin SYKEN Vemala-järjestelmästä haettuja arvoja ja mittauksista interpoloituja pitoisuuksia. Öjanjärven pitoisuudet saatiin Hertta-järjestelmästä (Hertta 2023) poimittuja mittauksia interpoloimalla. Reunan pitoisuutena käytettiin seurantapisteessä A jaksolla 2021–2022 mitattujen pitoisuuksien kuukausikeskiarvoja. Reunapitoisuus fosforille vaihteli välillä 6–23 µg/l, ja typelle välillä 190–350 µg/l.

Taulukko 4-1: Keskimääräiset pistekuormitukset sekä jokivesien ja reunan pitoisuudet nykytilanteen laskentajaksolle (2021-2022). Kokkolan veden kuormitukset ovat seurantaraporteista, muut KIPP ja KIPE kuormat on saatu asiakkaalta kuukausikuormituksina.

	Q	NTOT	PTOT	Zn	Ni	SO ₄	Co	Cd
Pistekuormat	m ³ /s	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	tn/d	kg/d	kg/d
KIPP	0.15	604.0	0.0	1.60	2.72	158.4	1.60	0.028
KIPE	1.07	85.6	7.34	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Kokkolan Vesi	0.09	595.0	1.40	0.23	0.13	0.0	0.0	0.001
Joet	m ³ /s	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Perhonjoki	19.2	1100	64.9	11.5	2.2	8.9	1.02	0.028
Suntti	0.2	1220	101.9	40.0	13.6	8.9	4.44	0.103
Öjanjärvi	2.2	817	47.1	10.0	2.0	5.9	0.90	0.030
Reuna-arvot		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kaikki reunat	-	237	7.8	1.0	0.7	0.0	0.1	0.015



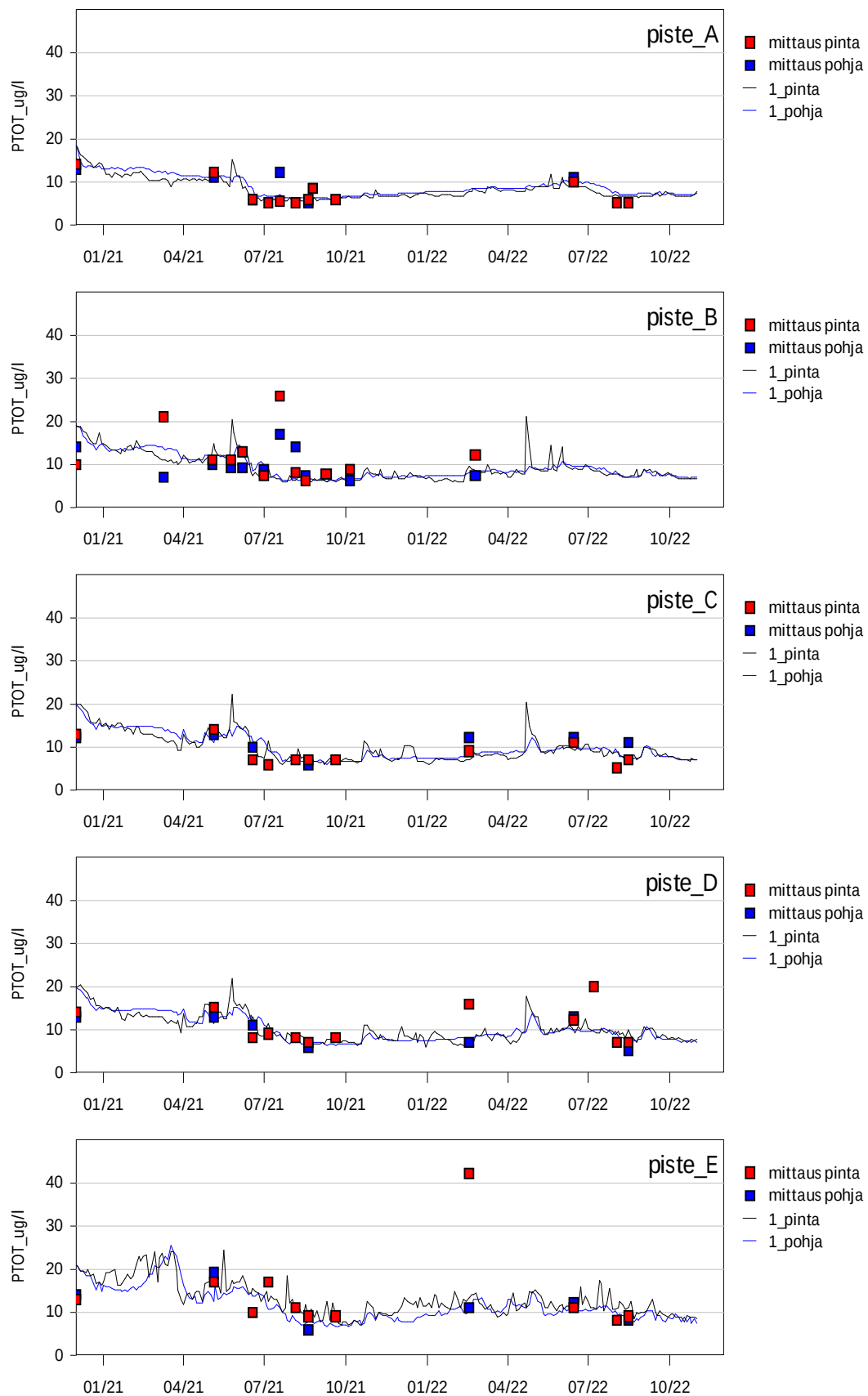
Kuva 4-1: Vedenlaadun yhteistarkkailun seurantapisteid (keltaiset pisteet) ja kuormitusten (oranssit pisteet) paikat kalibrointilaskennassa. Pistekuormitukset KIPP = KIP pohjoinen, KIPE = KIP etelä, KV = Kokkolan Vesi, Satama = Sataman kuormituksen paikka. Alueelle tulevat joet violeteilla pisteillä.

4.2 Fosfori (PTOT)

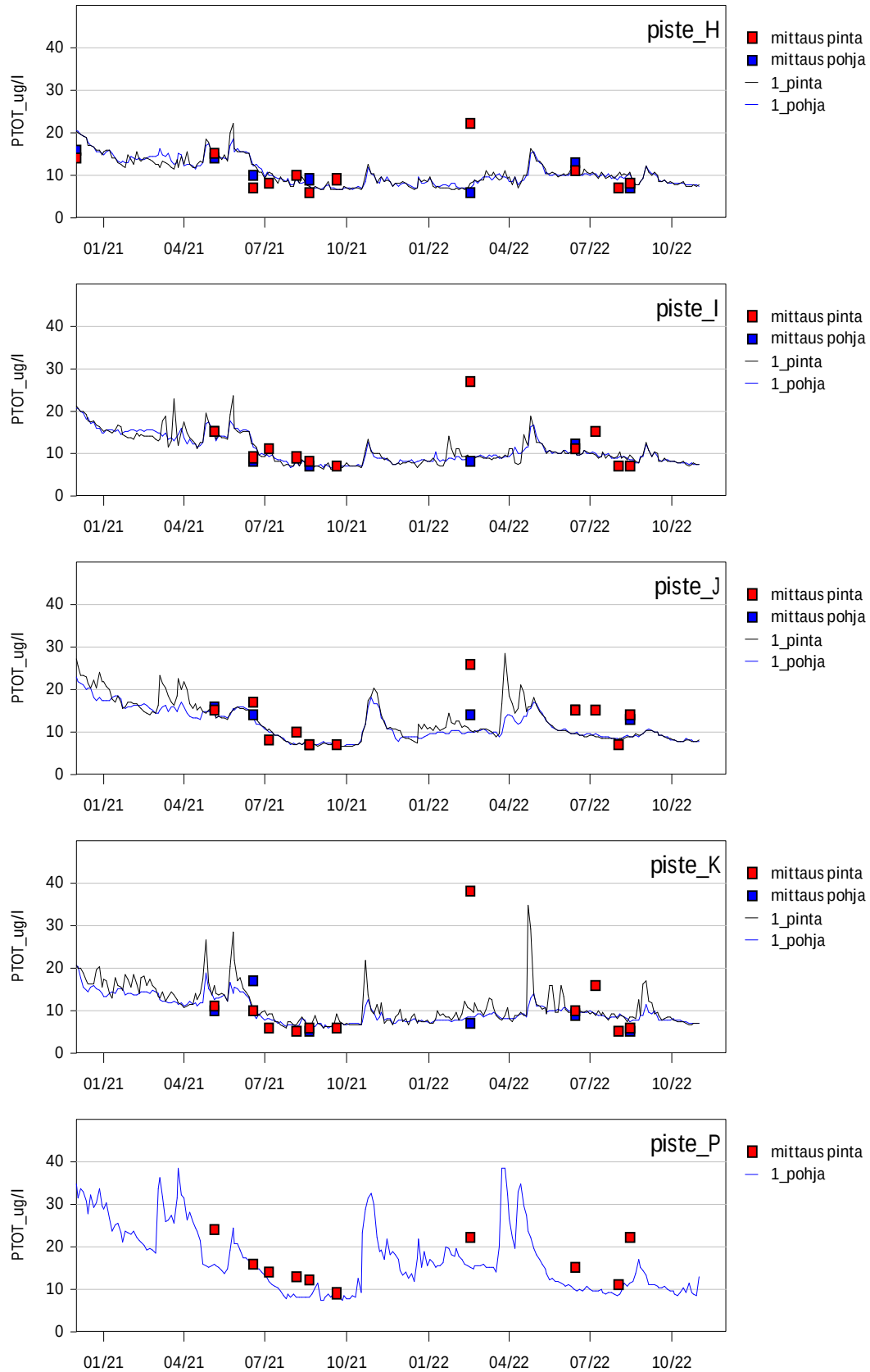
Kokonaisfosforin laskennassa fosforin oletettiin laskeutuvan vedessä nopeudella 5 cm/d, ja sedimentoituvan pohjaan nopeudella 3 cm/d. Muita mahdollisia fosforia kuluttavia prosesseja ei tässä otettu huomioon. Laskeutumismuutetta hitaampi sedimentoitumismuutos kuvaa pohjan läheistä resuspensiota. Parametrit on saatu käyttämällä lähtökohtana tyypillisiä laskeutumismuutoksia ja tarkentamalla niitä siten että laskennan tulokset sopivat mittauksiin riittävällä tarkkuudella.

Vedenlaadun seurantapisteille lasketut kokonaisfosforipitoisuudet pinta- ja pohjakerroksesta on esitetty kuvissa 4-2 ja 4-3. Mitatut ja lasketut fosforipitoisuudet ovat enimmäkseen 5–15 µg/l välillä. Talvella pintakerroksen pitoisuudet nousevat muutamissa pisteissä em. tasoa suuremmaksi, mikä aiheutuu todennäköisesti ravinnepitoisen vähäsuolaisen jokiveden kerrostumisesta jään alle. Kesäajaksolla näkyvät muutama korkeammat pitoisuudet (piste B ja D) eivät johtavuuden perustella aiheudu jokivesistä. Fosforipitoisuudet ovat pitkälti lähellä toisiaan pinta- ja pohjakerroksissa, pois lukien talvitilanteet ja piste B.

Kokonaisfosforin lasketut pitoisuudet vastaavat tasoltaan pintakerroksessa varsin hyvin mitattuja pitoisuuksia. Laskettua suurempia arvoja esiintyy pisteessä B ja Suntin suulla pisteessä P. Pinta- ja pohjakerroksen ero on mallissa pieni, mikä vastaa mittauksia.



Kuva 4-2: Lasketut ja mitatut kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuudet, pisteet A-E



Kuva 4-3: Lasketut ja mitatut kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuudet, pisteet H-P

4.3 Typpi

Kokonaistypen laskennassa typen oletettiin laskeutuvan vedessä nopeudella 4,5 cm/d, ja sedimentoituvan pohjaan samalla nopeudella. Muita typen prosesseja, kuten esim. hajoamista typpikaasuksi ei tässä otettu huomioon. Parametrit on saatu käyttämällä lähtökohtana tyypillisiä kokonaistypen laskeutumisnopeuksia ja tarkentamalla niitä siten että laskennan tulokset sopivat mittauksiin riittävällä tarkkuudella.

Vedenlaadun seurantapisteille lasketut kokonaistyyppipitoisuudet on esitetty kuvissa 4-4 ja 4-5. Mittauksissa tyyppipitoisuus pysyy enimmäkseen 200 – 400 µg/l välillä, joskin pisteissä H ja I kuormitusten lähellä pitoisuustaso on korkeampi. Myös pisteessä B pitoisuudet nousevat ajoittain yli 400 µg/l tason. Ero pinta- ja pohjakerroksen välillä on avovesiaikana pieni, talvella pintakerroksen pitoisuudet voivat ajoittain nousta korkeiksi jokiveden kerrostumisen johdosta.

Kokonaistypen lasketut pitoisuustasot sopivat mittauksiin kohtalaisen hyvin muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Pisteessä B mittaukset poikkeavat ajoittain selvästi mallituloksista. Pisteessä H malli arvioi pohjakerroksen tyyppipitoisuuden mittauksia suuremmaksi. Talven pintakerroksen suuret pitoisuudet eivät mallissa toistu riittävän korkeina.

4.4 Sinkki (Zn)

Sinkki laskettiin tässä täysin liukoisena, ts. sen laskeutumis- ja sedimentoitumisnopeuksiksi asetettiin nolla.

Vedenlaadun seurantapisteille lasketut sinkkipitoisuudet on esitetty kuvissa 4-6 ja 4-7. Mittauksissa sinkkipitoisuus laimenee selvästi rannikolta avomeren suuntaan siirryttäessä. Ulommissa pisteissä A-D sinkkipitoisuudet ovat pääosin alle 10 µg/l tason, mutta sisemmissä pisteissä mitattu pitoisuus on ajoittain 20 µg/l tasolla. Pitoisuustaso on osassa pisteitä talvella pintakerroksessa kesää korkeampi (K ja D), mitä viittaa siihen, että sinkkiä tulee alueelle jokivesien mukana. Osassa pisteitä pohjan pitoisuus on avovesiaikana pintakerrosta suurempi, mikä viittaa resuspensioon pohjasta. Useammassa pisteessä pinnan pitoisuus on pohjaa suurempi, ja välillä taas toisinpäin. Sinkkipitoisuuden käyttäytymiseen vaikuttanee tässä useampia tekijöitä, joiden keskinäinen suuruus vaihtelee ajan suhteen.

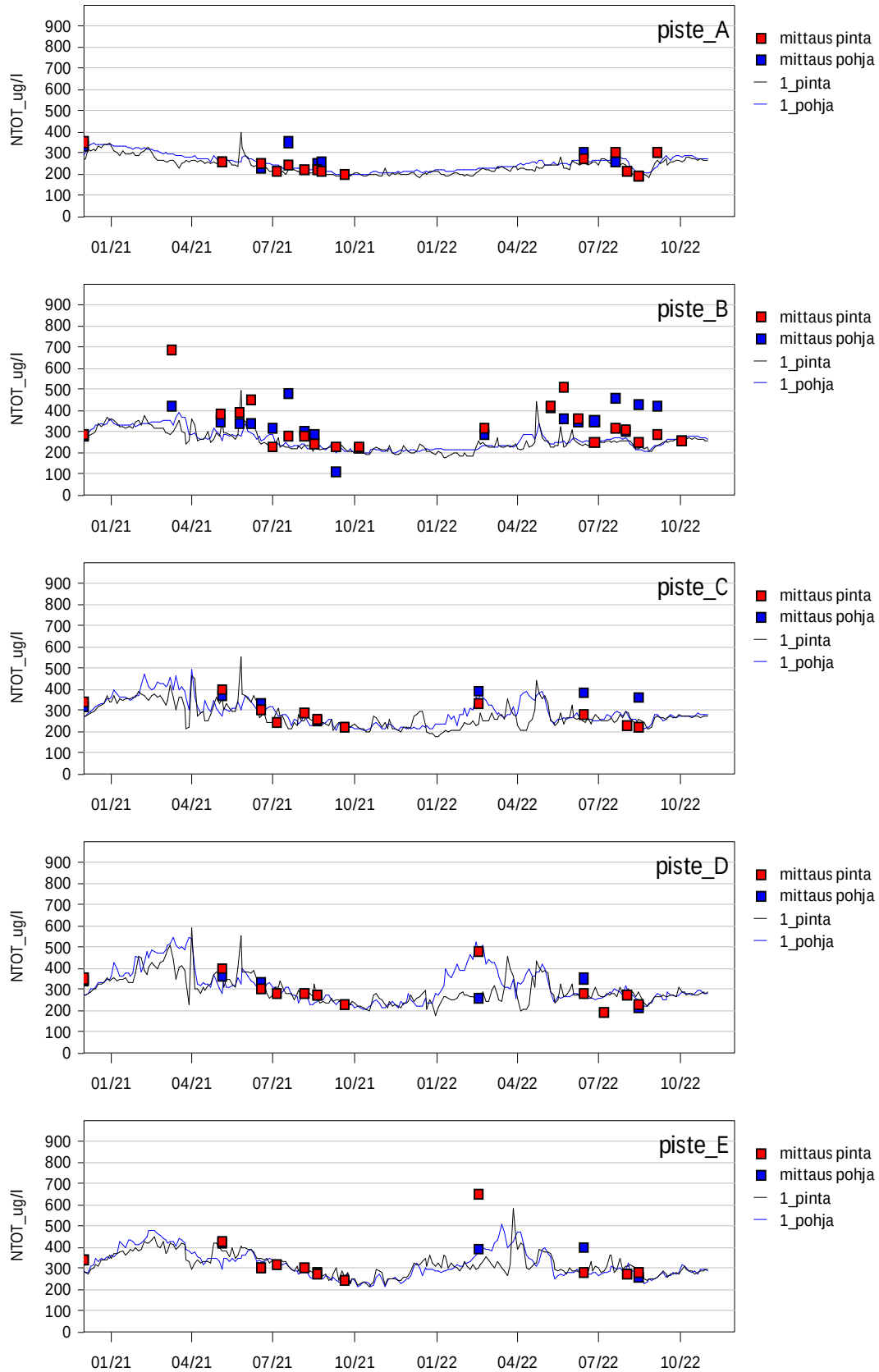
Laskettu sinkkipitoisuus jää useimmissa pisteissä mittauksia pienemmäksi. Sinkin laskeutumisnopeus mallissa on nolla, joten mittauksia pienempien pitoisuuksien syynä voi olla jokin puuttuva tai liian pieni kuormitus, esim. pohjasta tapahtuva resuspensio.

4.5 Nikkeli (Ni)

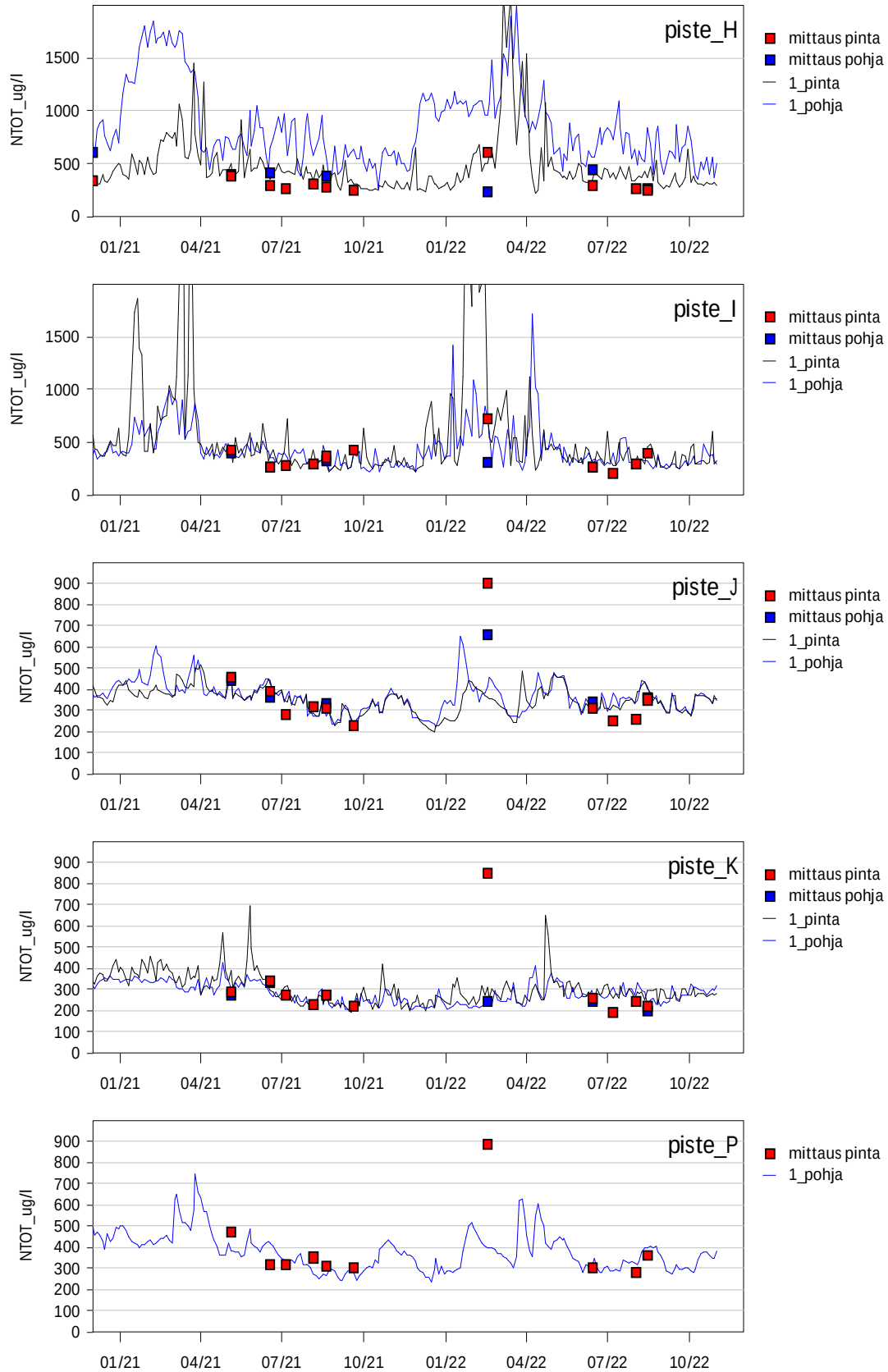
Nikkeli laskettiin tässä täysin liukoisena, ts. sen laskeutumis- ja sedimentoitumisnopeuksiksi asetettiin nolla.

Vedenlaadun seurantapisteille lasketut nikkelpitoisuudet on esitetty kuvissa 4-8 ja 4-9. Mittauksissa nikkelpitoisuus laimenee sinkin tavoin selvästi rannikolta avomeren suuntaan siirryttäessä. Ulommissa pisteissä A-D nikkelpitoisuudet ovat pääosin noin 1,0 µg/l tasolla, mutta sisemmissä pisteissä mitattu pitoisuus ylittää ajoittain 2 µg/l tason, joskin suurin osa mitatuista pitoisuuksista on 1–2 µg/l välillä.

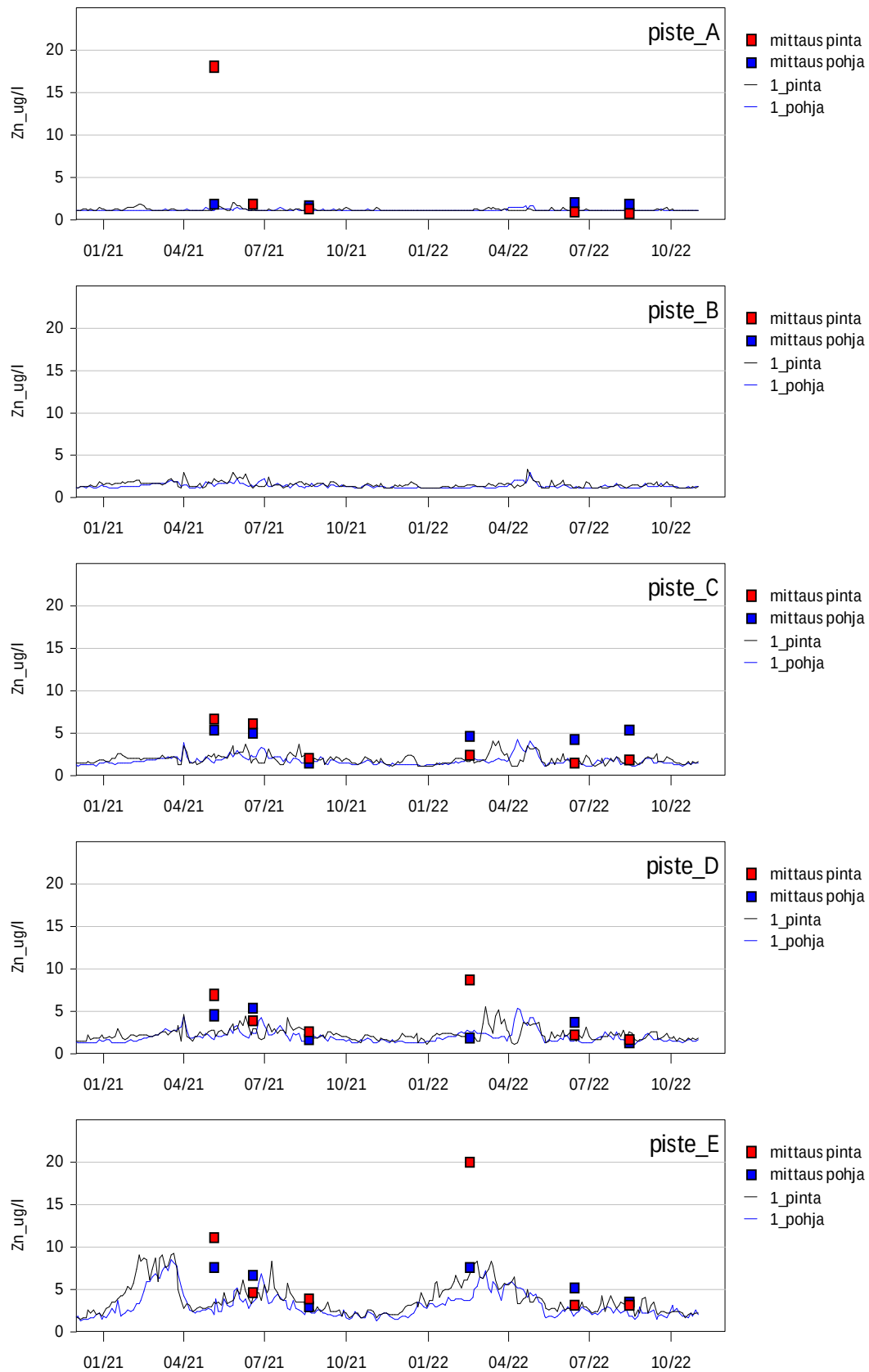
Laskettu nikkelpitoisuus vastaa tasoltaan pääosin mittauksia, joskin jää keskimäärin hieman mittauksia pienemmäksi esim. pisteessä E. Pisteessä H pohjakerrokselle laskettu nikkelpitoisuus on puolestaan liian suuri. Nikkelin laskeutumisnopeus oli nolla, joten mittauksia pienempien pitoisuuksien syynä voi olla jokin puuttuva tai liian pieni kuormitus.



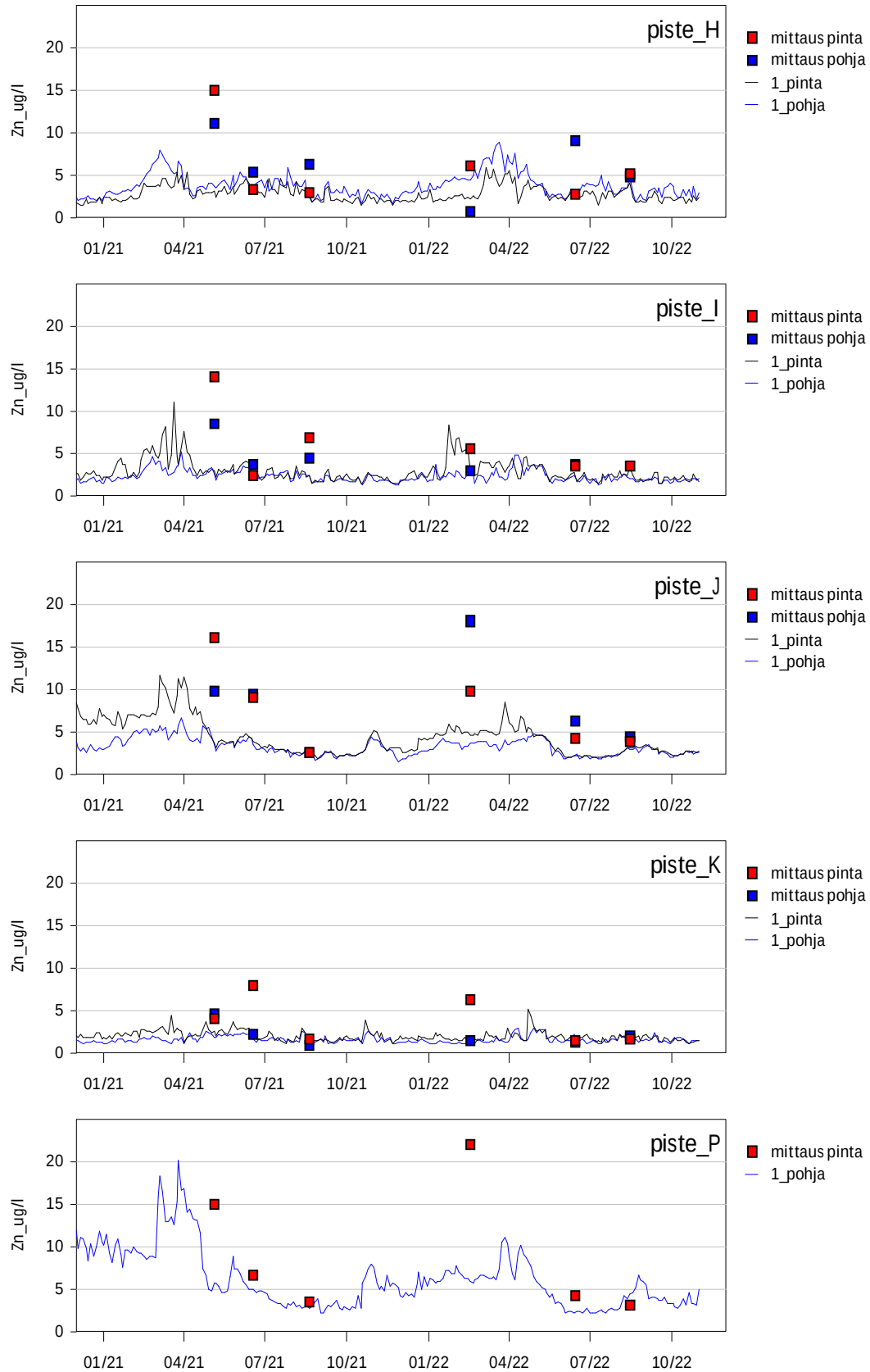
Kuva 4-4: Lasketut ja mitatut kokonaistypen (NTOT) pitoisuudet, pisteet A-E



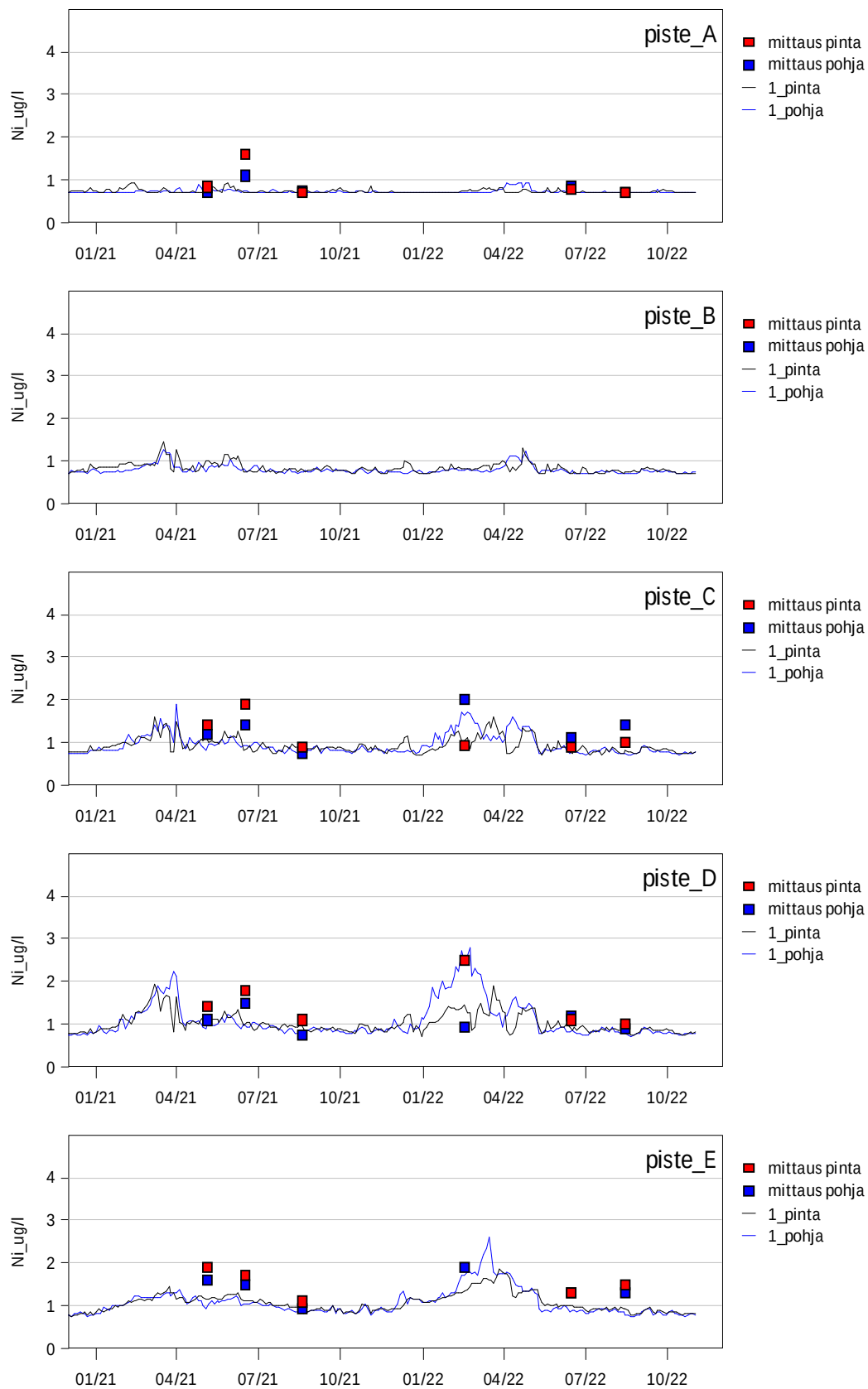
Kuva 4-5: Lasketut ja mitatut kokonaistypen (NTOT) pitoisuudet, pisteet H-P



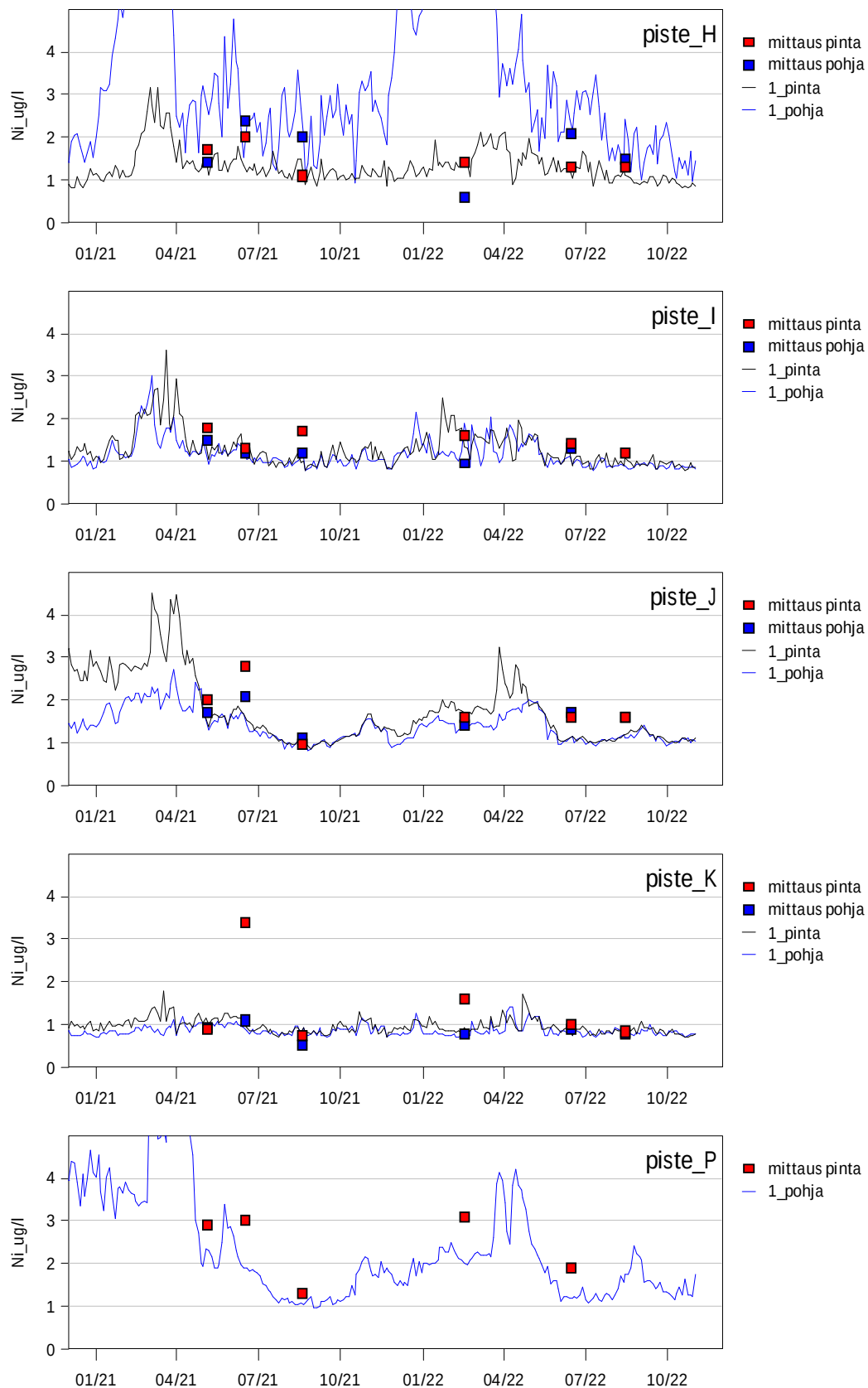
Kuva 4-6: Lasketut ja mitatut sinkin (Zn) pitoisuuDET, pisteet A-E



Kuva 4-7: Lasketut ja mitatut sinkin (Zn) pitoisuuDET, pisteet H-P



Kuva 4-8: Lasketut ja mitatut nikkelin (Ni) pitoisuudet, pisteet A-E



Kuva 4-9: Lasketut ja mitatut nikkelin (Ni) pitoisuudet, pisteet H-P

4.6 Koboltti (Co)

Koboltti laskettiin täysin liukoisena, ts. sen laskeutumis- ja sedimentoitumisnopeuksiksi asetettiin nolla. Mittausvertailussa on käytetty suodattamattomia pitoisuuksia.

Vedenlaadun seurantapisteille lasketut kobolttipitoisuudet on esitetty kuvissa 4-10 ja 4-11. Mittauksissa kobolttipitoisuus laimenee selvästi rannikolta avomeren suuntaan siirryttäessä. Ulommissa pisteissä A-D pitoisuudet ovat pääosin alle 0,2 µg/l tason, mutta sisemmissä pisteissä mitattu pitoisuus on ylittää toisinaan 1 µg/l tason. Suurimmat pitoisuudet ovat pisteiden E ja P pintakerroksissa, ja pisteen H pohjakerroksessa.

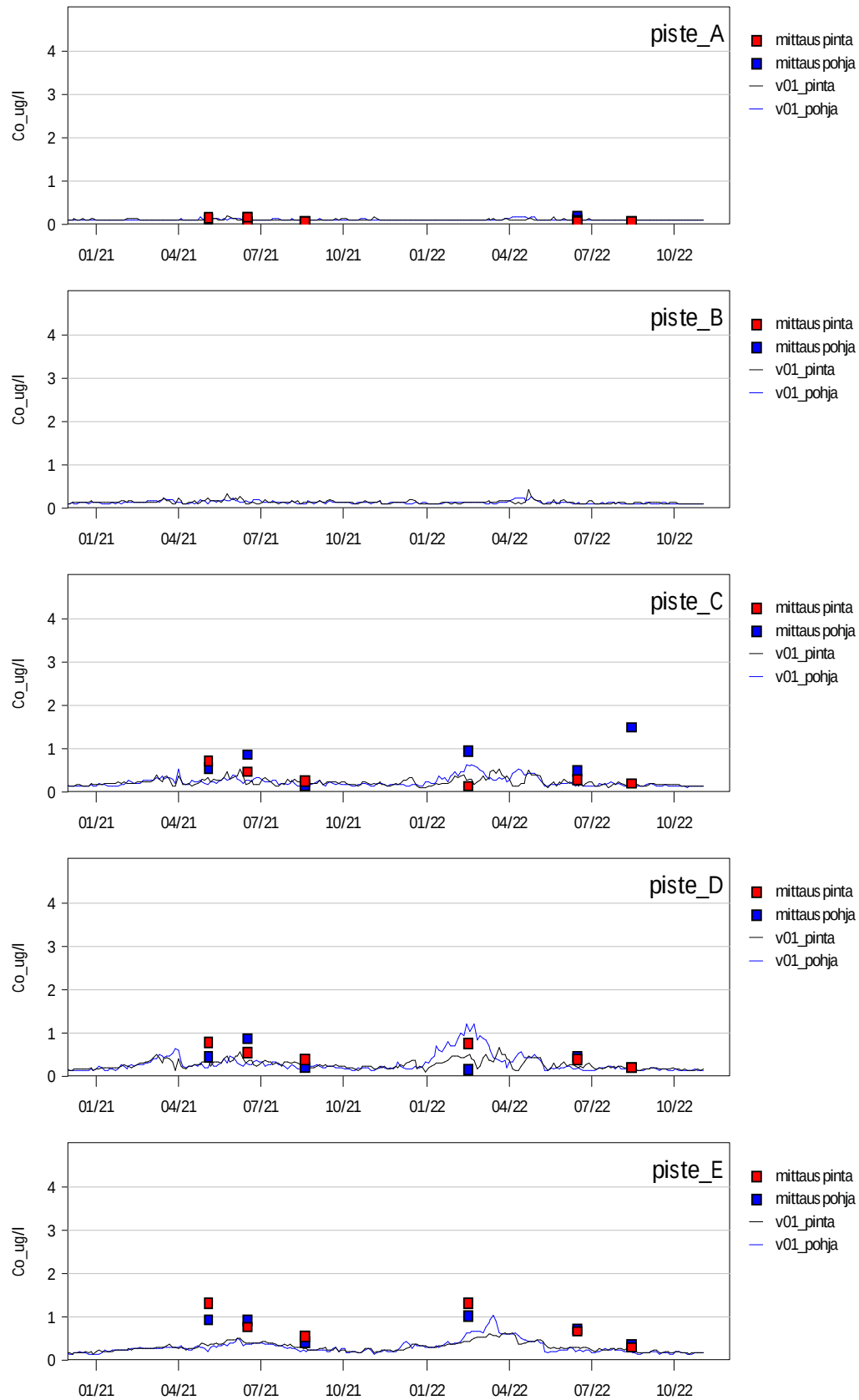
Laskettu kobolttipitoisuus jää lähes kaikissa pisteissä mittauksia pienemmäksi. Mallin toistaa pitoisuuden pienentymisen rannikon lähellä olevista pisteistä kauemmille pisteille. Mittauksiin verrattuna pienemmät lasketut pitoisuudet viittaavat usein johonkin puuttuvaan kuormituslähteeseen.

4.7 Kadmium (Cd)

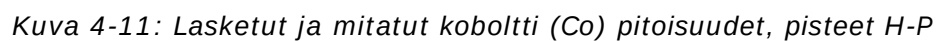
Myös kadmium laskettiin täysin liukoisena, ts. sen laskeutumis- ja sedimentoitumisnopeuksiksi asetettiin nolla. Mittausvertailussa on käytetty suodattamattomia pitoisuuksia.

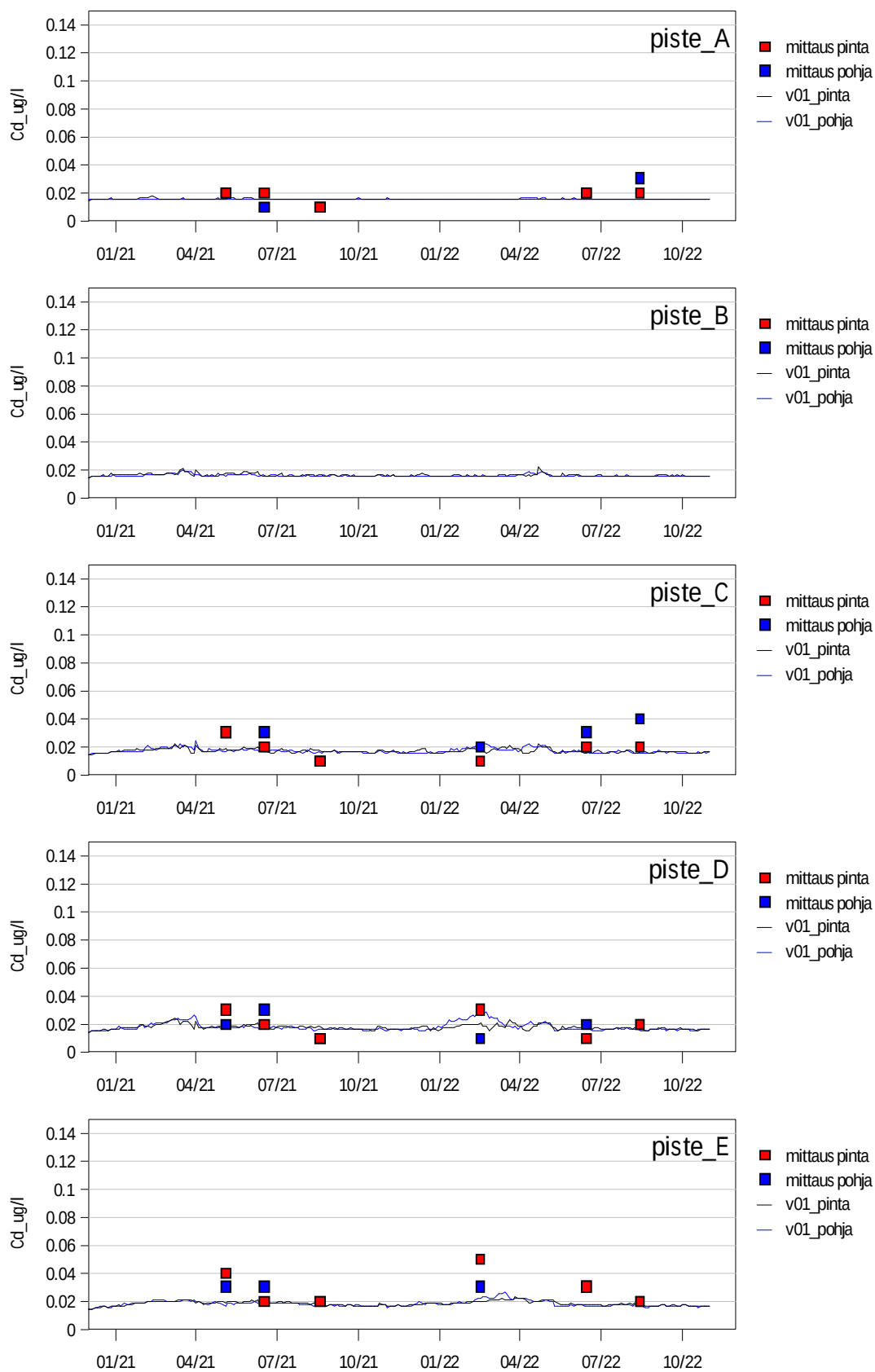
Vedenlaadun seurantapisteille lasketut kadmiumpitoisuudet on esitetty kuvissa 4-12 ja 4-13 mittausten kanssa. Mittauksissa kadmiumpitoisuus pysyy pisteessä A 0,01–0,02 µg/l tasolla, lähempänä rannikkoa vaihtelu on välillä 0,01–0,05 µg/l. Pisteissä C ja H pohjan pitoisuustaso on pintaa suurempi, muissa pisteissä korkeammat pitoisuustasot löytyvät enimmäkseen pintakerroksesta.

Laskettu kadmiumpitoisuus on ajoittain mittauksia pienempi, mutta keskimääräinen taso vastaa jotakuinkin mittausten tasoa. Mallissa pitoisuustasot pysyvät pisteen H pohjakerrosta lukuun ottamatta enimmäkseen lähellä taustapitoisuutta.

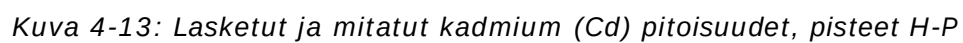


Kuva 4-10: Lasketut ja mitatut koboltti (Co) pitoisuudet, pisteet A-E





Kuva 4-12: Lasketut ja mitatut kadmium (Cd) pitoisuuDET, pisteet A-E



5 Skenaariolaskennat

Skenaariot ovat kombinaatioita eri kuormitus- ja rantaviivavaihtoehtoista. Tässä skenaarion nimi alkaa kirjaimella V, toinen kirjain identifioi käytetyn rantaviivavaihtoehdon, ja kolmas kirjain kuormitusvaihtoehdon, esim. V01 on nykytilan rantaviivalla (0) ja nykytilan kuormituksilla (1) laskettu skenaario. Rantaviivavaihtoehtoa oli tässä neljä, 0-3 (ks. luku 2), ja kuormitusvaihtoehtoja myös neljä, 0, A, B ja D. Kuormitusvaihtoehdot on esitetty tarkemmin alla.

Eri skenaariot, ja niissä mukana olevat kuormittajat on lueteltu taulukossa 5-1. Skenaariot voi jaotella neljään ryhmään. Nykytilan skenaariota V01 on käytetty mallin varmistamiseen ja muiden skenaarioiden tuloksia on verrattu tähän. Skenaarioiden V11, V21 ja V31 avulla on tarkasteltu rantaviivan muutoksen vaikutuksia nykytilanteen kuormituksella. Skenaarioissa V1D, V2D ja V3D on puolestaan mukana kaikki suunnitellut kuormitukset eri rantaviivavaihtoehtoilla. Em. ryhmien lisäksi laskettiin vielä skenaariot V1A ja V1B, näistä skenaarioista on jätetty pois Umicoren kuormitukset ja rantaviivana on käytetty vaihtoehtoa yksi.

Taulukko 5-1: Skenaariot, niihin liittyvät kuormitukset ja käytetty rantaviiva.

Skenaa- rio	Purku- paikka	Nyky- tila	Keliber	Umicore 1	Umicore 2	Umicore 3	Jervois Boliden	Ranta- viiva
V01	KIPP KIPE KIPI	X X						2020
V11	KIPP KIPE KIPI	X X						V0+
V1A	KIPP KIPE KIPI	X X					X X	V0+
V1B	KIPP KIPE KIPI	X X					X X	V0+
V1D	KIPP KIPE KIPI	X X		X	X		X X	V0+
V21	KIPP KIPE KIPI	X X					X X	V1
V2D	KIPP KIPE KIPI	X X		X	X		X X	V1
V31	KIPP KIPE KIPI	X X						V2
V3D	KIPP KIPE KIPI	X X		X	X		X X	V2

5.1 Skenaarioiden kuormitukset

Skenaarioissa käytettiin taulukossa 5-2 ja 5-3 esitettyjä kuormituksia. Eri skenaariot, ja niissä mukana olevat kuormittajat on lueteltu taulukossa 5-1.

Taulukko 5-2: Purkuvesimäärät, lämpö-, sulfaatti- ja ravinnekuormitukset, nykytila 2021-2022 keskiarvo, tulevat kuormat vuosikeskiarvoja. KIPE lämpötila on nousu ottoveden lämpötilasta, KIPP lämpötila on laskettu lisäämällä Perhonjoen lämpötilaan +10 °C.

	Qout	dT	T	SO4	PTOT	NTOT
Nykytila	m3/h	C	C	tn/d	kg/d	kg/d
KIPP	544	10	-	158.40	0.00	604.0
KIPE	3852	6.5	-	0.00	7.34	85.6
KIPI	-	-	-	-	-	-
K.Vesi	-	-	30	0.00	1.40	595.0
Tulevat kuormat						
Keliber (KIPI)	600	20		0.00	0.00	0.0
Umicore1 (KIPP)	160	10		82.19	0.00	25.0
Umicore2 (KIPP)	220	10		260.27	0.00	79.2
Umicore3 (KIPI)	542		34	575.34	0.00	54.8
Boliden1 (KIPE)	767	10		0.00	0.00	0.0
Jervois (KIPI)	90		20	109.6	1.48	0.0

Taulukko 5-3: Metallikuormitukset, nykytila 2021–2022 keskiarvo, tulevat kuormat vuosikeskiarvoja. KIPE:n sinkkikuormitus tulee pääasiassa ottovedestä, johon se päättyy todennäköisesti sataman täyttömaista.

	Ni	Zn	Co	Cd
Nykytila	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
KIPP	2.72	1.60	1.60	0.027
KIPE	0.00	7.30	0.00	0.013
KIPI	0.00	0.00	0.00	0.000
Täyttö	0.00	(7.00)	0.00	0.000
K.Vesi	0.13	0.23	0.00	0.001
Tulevat kuormat (netto)				
Keliber (KIPI)	0.00	0.00	0.00	0.000
Umicore1 (KIPP)	0.50	0.00	0.00	0.000
Umicore2 (KIPP)	1.58	1.58	0.00	0.000
Umicore3 (KIPI)	3.84	0.00	3.84	0.000
Boliden (KIPE)	0.00	0.00	0.00	0.000
Jervois (KIPI)	1.35	0.45	0.58	0.000

6 Laskennan epävarmuuksista

6.1 Purkupaikan lähialueen käyttäytyminen

Rannalle sijoittuvan purkuputken purkuvesien sekoittuminen riippuu purkuvesien tiheydestä ja purkupaikan olosuhteista. Rannalla olevasta purkupaikasta tuleva lämpöpäästö sekoittuu tyypillisesti hyvin, sillä lämmin purkuvesi on tavallisesti merivettä kevyempää, ja siten pyrkii pysymään pintakerroksessa, missä sekoittuminen on yleensä tehokkainta.

Suolaisen ja merivettä tiheämmän veden tapauksessa purkuvesi voi kulkeutua pohjalla, jolloin sekoittuminen ei ole erityisen tehokasta. KIPP purkuvedet sekoittuvat mittausten mukaan nykytilanteessa ja kesäolosuhteissa varsin tehokkaasti, minkä voi nähdä mittauksista pisteen H pinta- ja pohjakerroksen pitoisuustasojen pienistä eroista esim. suolaisuudessa ja typpipitoisuudessa. Pisteessä H mitatuissa sinkki- ja nikkelpitoisuuksissa pisteessä H on kuitenkin selviä eroja pinnan ja pohjan välillä myös kesällä, joten mittauksista ei yksiselitteisesti voi päätellä sekoittuuko purkuvesi nykytason päästöillä täysin koko vesisyvyyteen vai ei.

Laskentamallissa purkuvesillä on taipumus sekoittua liiaksi, jos purkuvesi on ympäröivää vettä suolaisempaa ja purku sijoitetaan mallissa pintakerrokseen. Mallin käyttäytyminen vaikuttaa mallin tuloksiin tapauksissa, jossa purkuvesi on huomattavan suolapitoista ympäröivän vesistön vesiin verrattuna. Tämä on tilanne etenkin tässä raportissa esitetyissä skenaarioissa V1D, V2D ja V3D. Liiallinen sekoittuminen saa aikaan sen, että mallituloksissa pitoisuudet purkupisteen lähistöllä pohjakerroksessa jäävät pienemmiksi, ja kauempana purkupisteestä nousevat suuremmiksi kuin mitä ne todellisuudessa ehkä olisivat.

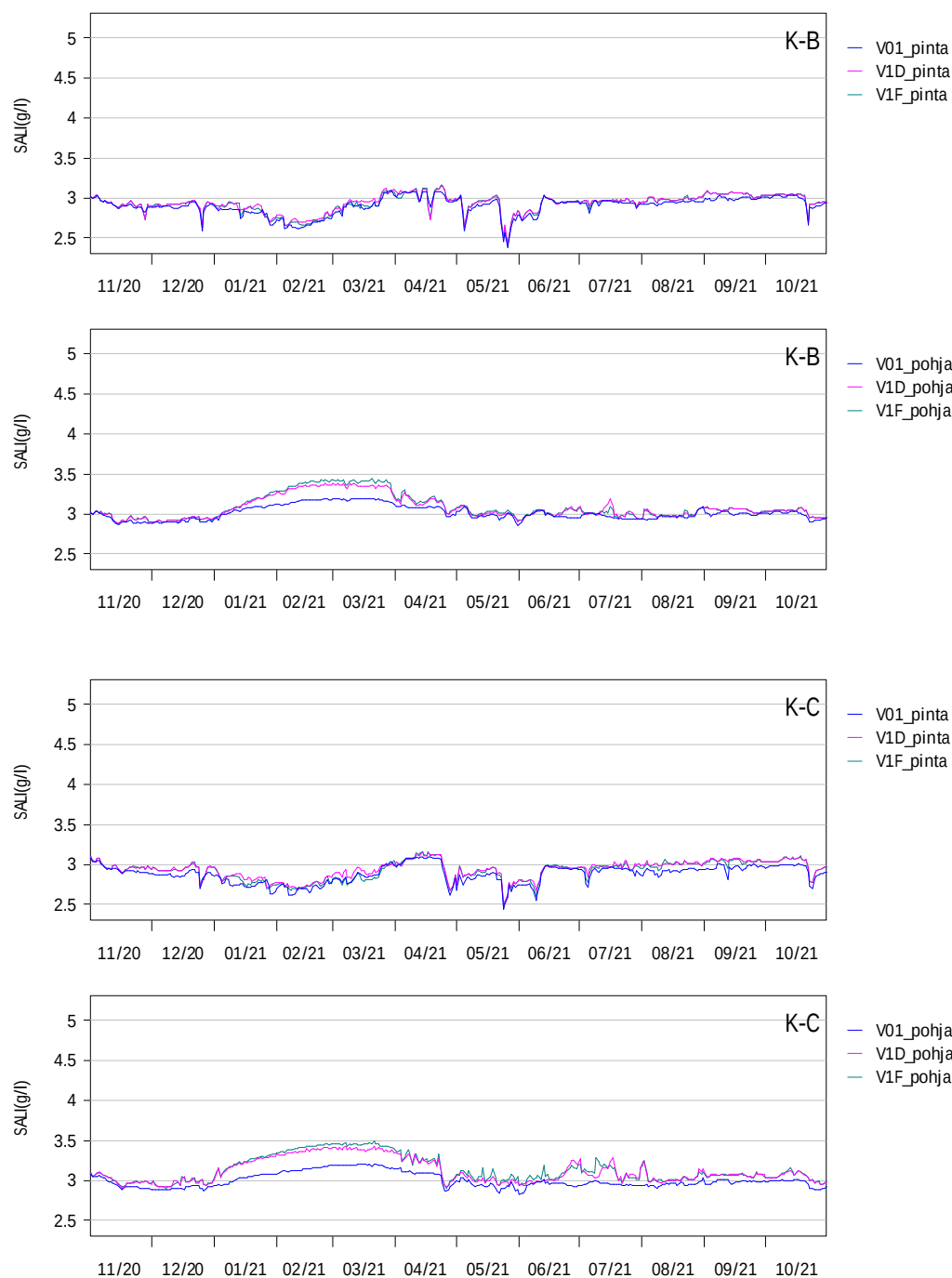
Liiallisen sekoittumisen välttämiseksi suolainen purkuvesi on mallissa yleensä hyvä sijoittaa suoraan pohjakerrokseen, vaikka purkuputki sijaisi lähempänä pintaa. Pisteiden KIPi ja KIPP tapauksissa etenkin D-skenaarioissa purkuvesi on selvästi merivettä suolaisempaa. Purkupisteet on luvussa 7 tehdyissä laskelmissa sijoitettu 5 m syvyyteen, millä on haettu jonkinlaista kompromissia liiallisen ja liian vähäisen sekoittumisen väliltä.

Lähialueen sekoittumisen vaikutusten arvioimiseksi mallilla laskettiin skenaario V1F, joka vastaa skenaariota V1D, paitsi että purkupiste KIPi on sijoitettu F-skenaarioissa 10 m syvyydelle.

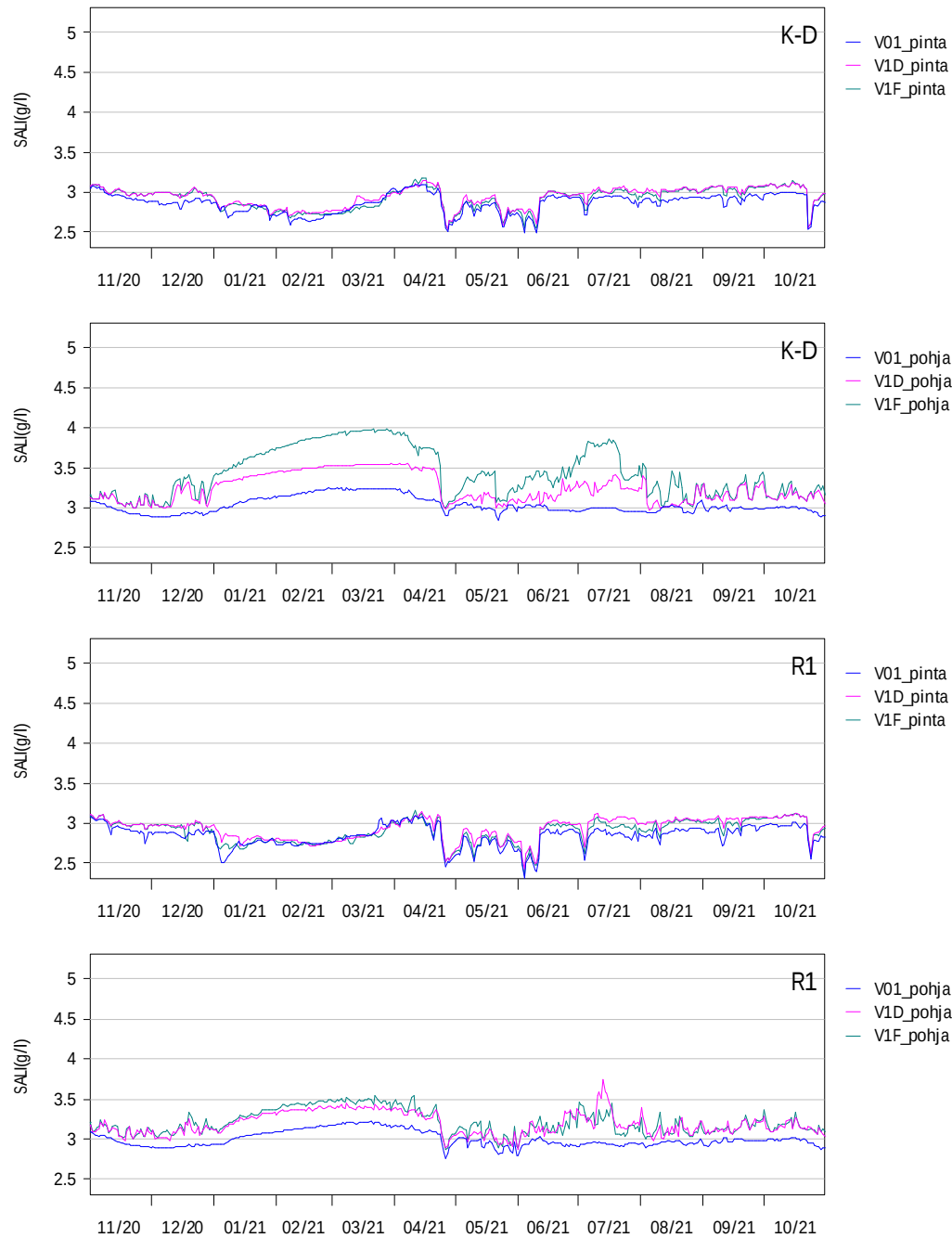
Kuvissa 6-1 – 6-4 on esitetty lasketut suolapitoisuudet nykytilan skenaariolle V01, luvussa 7 esitetyille skenaariolle V1D, ja testiskenaariolle V1F, jossa purkupiste KIPi on sijoitettu syvemmälle liiallisen sekoittumisen välttämiseksi. Vastaavat suolapitoisuuden keskiarvot on laskettu taulukkoon 6-1.

Purkupisteen syvyyden muutos näkyy siten, että kuormituksen aiheuttama suolapitoisuuden muutos on kuormituspisteen KIPi lähellä selvästi pinnalle sijoitettua kuormituspistettä korkeampi. Seurantapisteissä E ja R4 laskettu suolapitoisuuden keskiarvo nousee yli 0,5 g/l skenaarion V1D verrattuna.

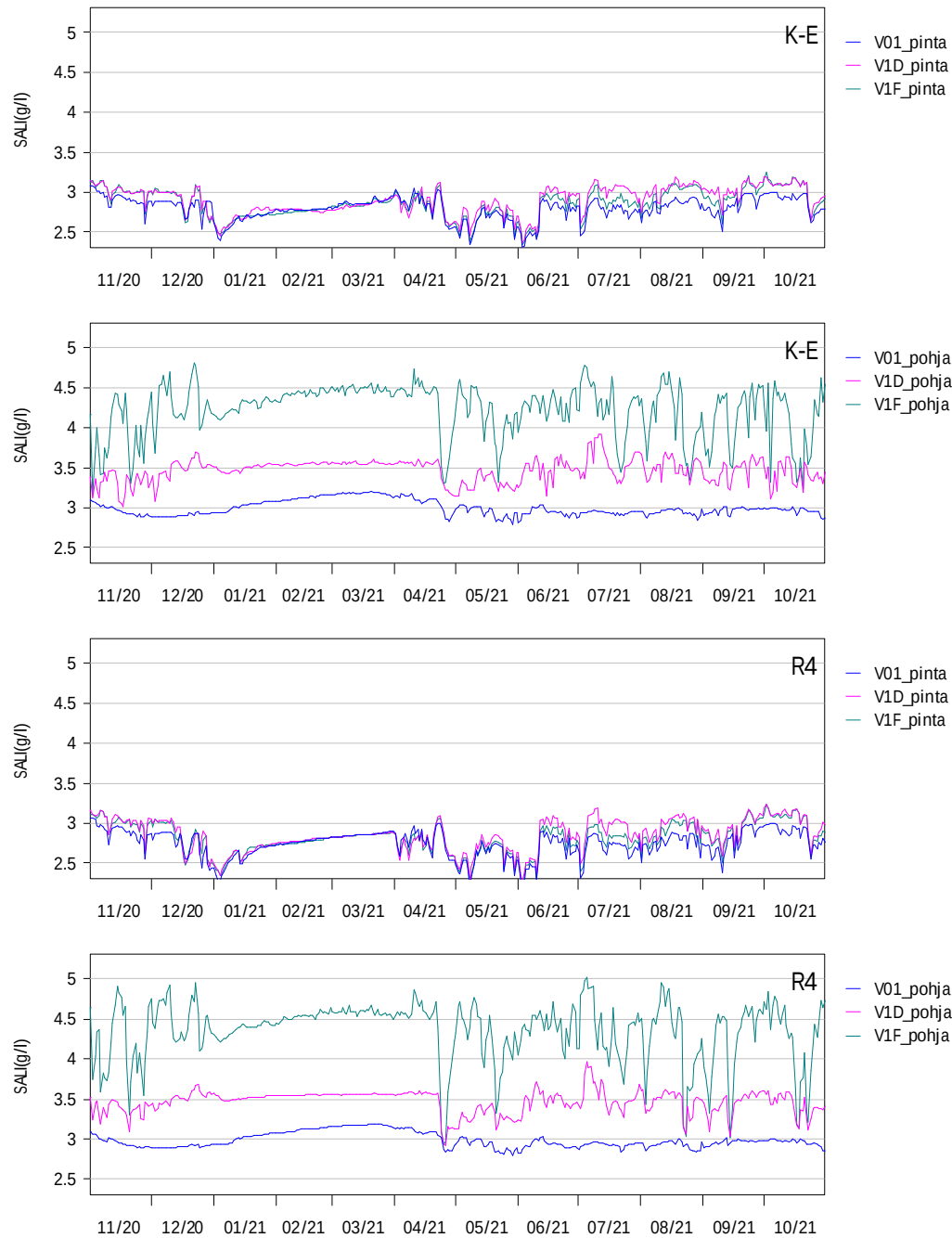
Purkupisteen lähialueen sekoittuminen riippuu purkupisteen järjestelyistä (esim. jaetaanko purkuvesiä laajemmalle alueella vaiko vain yhteen pisteeseen). Mallin voi katsoa skenaariolla V1F edelleen sekoittavan purkuvesiä varsin tehokkaasti, sillä mallin karheahko vaakaresoluutio sekoittaa purkuvedet välittömästi 70x70x1 m vesitilavuuteen. Tämänkin tason sekoittuminen vaatii esim. diffusorin tms. sekoitinlaitteen käyttämistä, tai purkuvesien jakamista jollakin muulla menetelmällä laajemmalle vesialueelle.



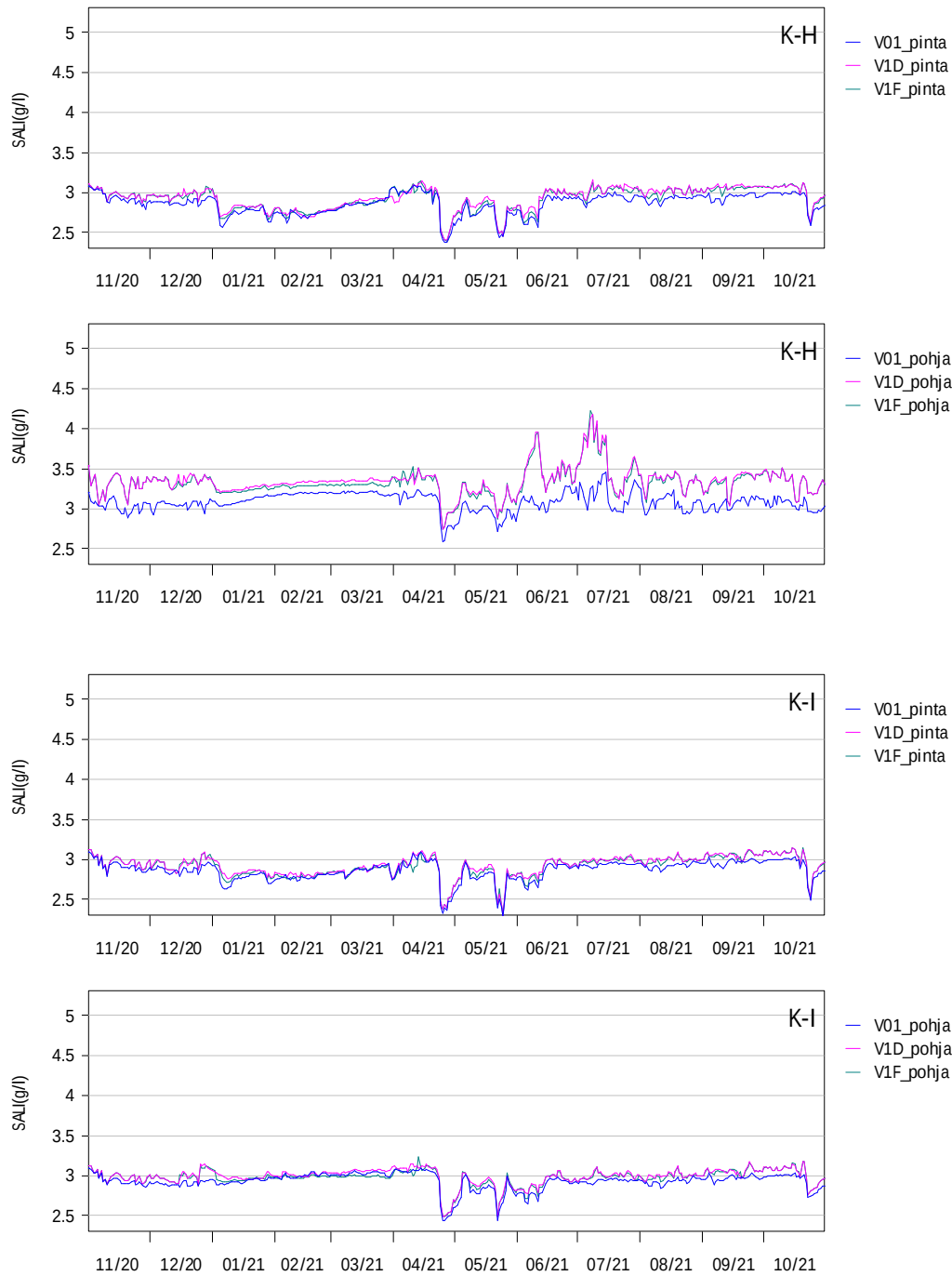
Kuva 6-1: Suolapitoisuudet pinnalla ja pohjalla pisteissä B ja C laskentaskenaariolla V1F verrattuna skenaarioihin V01 ja V1D.



Kuva 6-2: Suolapitoisuudet pinnalla ja pohjalla pisteissä D ja R1 laskentaskenaariolla V1F verrattuna skenaarioihin V01 ja V1d.



Kuva 6-3: Suolapitoisuudet pinnalla ja pohjalla pisteissä E ja R4 laskentaskenaariolla V1F verrattuna skenaarioihin V01 ja V1d.



Kuva 6-4: Suolapitoisuudet pinnalla ja pohjalla pisteissä H ja I laskentaskenaariolla V1F verrattuna skenaarioihin V01 ja V1D.

Taulukko 6-1: Suolapitoisuuden keskiarvot seurantapisteissä skenaarioilla V01, V1D ja V1F, vuoden 2021 keskiarvo ja 2021 kesäjakson keskiarvo.

SALI		11/2020-10/2021			7.7.2021-8.9.2021		
		V01	V1D	V1F	V01	V1D	V1F
Piste	Syvyys	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
K-A	pinta	2.98	2.98	2.98	2.97	2.97	2.97
K-B	pinta	2.90	2.94	2.93	2.95	2.99	2.98
K-C	pinta	2.88	2.94	2.92	2.93	3.01	2.99
K-D	pinta	2.86	2.94	2.92	2.91	3.03	3.00
K-E	pinta	2.79	2.90	2.86	2.81	3.04	2.94
R1	pinta	2.84	2.93	2.90	2.88	3.04	2.98
R4	pinta	2.74	2.85	2.81	2.74	2.96	2.86
K-H	pinta	2.86	2.93	2.92	2.93	3.04	3.02
K-I	pinta	2.86	2.92	2.91	2.93	3.01	2.99
K-J	pinta	2.76	2.81	2.80	2.91	2.96	2.95
K-K	pinta	2.80	2.84	2.83	2.92	2.96	2.96
K-P	pinta	2.65	2.70	2.69	2.86	2.91	2.91
K-U	pinta	2.95	2.97	2.97	2.95	2.96	2.97
K-A	pohja	3.07	3.10	3.17	3.03	3.05	3.10
K-B	pohja	3.02	3.08	3.09	2.97	3.02	3.01
K-C	pohja	3.00	3.12	3.13	2.96	3.06	3.07
K-D	pohja	3.03	3.24	3.43	2.98	3.17	3.38
K-E	pohja	2.99	3.47	4.22	2.94	3.53	4.12
R1	pohja	3.00	3.19	3.21	2.95	3.19	3.14
R4	pohja	2.99	3.46	4.35	2.93	3.47	4.21
K-H	pohja	3.08	3.35	3.33	3.10	3.43	3.41
K-I	pohja	2.93	2.99	2.97	2.94	3.01	3.00
K-J	pohja	2.87	2.92	2.91	2.91	2.97	2.96
K-K	pohja	2.97	3.00	3.00	2.95	2.99	2.98
K-U	pohja	3.01	3.05	3.06	2.97	2.99	2.99
vedenotto	pohja	2.98	3.15	3.16	2.93	3.15	3.18

6.2 Mallin sopivuus mittauksiin

Mallin tuloksia vertailtiin mittauksiin luvuissa 3 ja 4. Lämpötilan osalta mallin huomattiin toistavan huonosti elokuussa tapahtuneita kumpuamisilmiöitä, jolloin avomerren syvemmilta alueilta virtaa vettä rannikkoalueelle. Perämerellä kumpuaminen tuo avomereltä rannikolle vähäravinteisempaa vettä, jolloin sen vaikutus vedenlaatuun on rannikon vesien pitoisuuksia alentava. Se, että malli ei toista kumpuamista riittävästi, aiheuttaa siis mallissa suurempia pitoisuuksia kuin todellisuudessa, joten ongelma ei aiheuta mallissa pitoisuustasojen aliarviointia.

Suolapitoisuuksien osalta vuoden 2022 suolapitoisuudet jäivät jonkin verran mitattuja arvoja pienemmäksi. Syy tässä on todennäköisesti reunaehdoissa, tai siinä, että malli sekoittaa pidemmissä laskennoissa suolapitoisuuksia liikaa. Luonnolliset suolapitoisuuserot pinnan ja pohjan välillä ovat avovesiaikana pieniä, joten vaikka suolapitoisuus on mitattua arvoa jonkin verran pienempi, ei tällä ole avovesiaikana merkittävää vaikutusta syvyyssuuntaiseen sekoittumiseen, sillä suolapitoisuusero pinnan ja pohjan välillä ei muutu. Kuitenkin, kun merivesi on mallissa vähemmän suolaista kuin todellisuudessa, on suolapitoisen kuormituksen tuoman purkuveden ja meriveden välinen pitoisuusero hieman suurempi kuin todellisuudessa. Tästä johtuen pohjakerrokseen kulkeutuvien suolapitoisten purkuvesien ja meriveden sekoittuminen mallissa jää hieman pienemmäksi kuin mitä se olisi tapauksessa, jossa merivesi olisi hieman

suolaisempaa. Tässäkin mallin epätarkkuus vähentää sekoittumista, jolloin mallin laskema pitoisuus ei aiheuta pohjan pitoisuuksien aliarviointia.

Sinkin ja nikkelin laskennassa mallissa käytettiin laskeutumisnopeutena nollaa, ts. molemmat metallit laskettiin täysin liukoisine. Tästä huolimatta pitoisuustasot jäivät molemmilla metalleilla vähintään muutamissa pisteissä mittauksia pienemmiksi. Mallilaskennassa ainemäärät säilyvät, joten mittauksia pienemmät pitoisuudet aiheutuvat siitä, että mallista puuttuu joitakin kuormituslähteitä tai että malliin asetetut kuormitukset ovat liian pieniä. Metallien laskennassa ei otettu huomioon lähivaluma-alueilta tulevia kuormita tai ilmalaskeumaa, joiden kummankaan suuruuksista ei ole tarkkaa tietoa. Lisäksi täyttöalueilta voi tihkua jonkin verran vesiä patojen läpi, mitä ei myöskään ole mallissa huomioitu. Tämä ei kuitenkaan vaikuta uusien kuormitusten laskentaan, ts. purkupisteistä tulevien kuormitusten aiheuttama pitoisuusnousu nykytilanteeseen verrattuna lasketaan mallissa asetetun kuormitusmäärän mukaisesti.

6.3 Olosuhteiden vaikutus

Laskentamallin olosuhdetietoina on käytetty vuosien 2021 ja 2022 mitattua olosuhdetietoja. Molemmat vuodet olivat sääolojen puolesta (lämpötila, tuulen keskinopeus avovesiaikana) lähellä keskiarvoa, eli kumpikaan vuosi ei ollut erityksen poikkeuksellinen. Erilaisten vuosien vaikutusta laskennan tuloksiin voisi tästä johtuen arvioida tarkemmin.

Myöskään ilmaston muuttumista ei tässä mallinnustyössä ole huomioitu. Aikaisemmassa mallinnustyössä Kokkolan edustalle (AFRY 2020) tarkasteltiin ilmastonmuutoksen vaikutuksia pistekuormitusten kulkeutumiseen. Työssä arvioitiin, että ilmastonmuutoksen aiheuttamien olosuhteiden muutos ei merkittävästi muuta pistekuormitusten kulkeutumista nykytilanteeseen verrattuna.

7 Lähdeluettelo

AFRY 2020, Kokkolan edustan vedenlaadun mallinnus 2020, Virtaus- ja vedenlaatumallin asetukset ja varmistus, v3, 26.4.2021, AFRY Finland Oy.

Copernicus Climate Change Service (C3S) (2017): ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate . Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), 10/2020. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>

Doneker, R.L. and G.H. Jirka, 2007, CORMIX User Manual: A Hydrodynamic Mixing Zone Model and Decision Support System for Pollutant Discharges into Surface Waters, EPA-823-K-07-001, Dec. 2007. Linkki <http://www.mixzon.com/downloads/>

FMI 2023a, Ilmatieteenlaitoksen avoin data / Havaintojen lataus, tiedot haettu 10/2023, <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

FMI 2023b, Ilmatieteenlaitoksen jäätalvi-tiedotteet, 02/2024, <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaatalvet>

Hertta, 2023, Suomen Ympäristökeskuksen HERTTA-tietokanta, tiedot haettu 10/2023.

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

Pöyry Oy, 2019, KIPP sulfaattipäästöjen leviämismalli ja arvio päästön vaikutuksista Kokkolan edustan merialueella, raportti 24.6.2019, tilaaja Boliden Kokkola

SMHI, 2023, SMHI open data, <https://www.smhi.se/data>, oseanografinen data (vedenkorkeus rannikkoasemilla) ja hydrologinen data (jokivirtaamat), datat haettu 10/2023,

SMHI 2024, SMHI:n jääkarttapalvelu, <https://www.smhi.se/en/services/scandinavian-waters/swedish-ice-service>

SYKE Tarkka 2024, Suomen ympäristökeskuksen Tarkka-palvelu satelliittihavaintojen hyödyntämiseen, <http://tarkka.syke.fi>

Pohjanmaan vesi- ja ympäristö ry, 2022, Kokkolan edustan merialueen yhteistarkkailun tulokset 2021, Pohjanmaan vesi- ja ympäristö ry:n julkaisu 49.

Pohjanmaan vesi- ja ympäristö ry, 2023, Kokkolan edustan merialueen yhteistarkkailun tulokset 2022, Pohjanmaan vesi- ja ympäristö ry:n julkaisu 66.

YVA Oy, 2015, Kokkolan edustan merialueen virtausmalli, Raportti 9.3.2015