

Boliden Kokkola – rikkirikasteen
hyötykäytön aiheuttamien
kuormitusten muutosten vaikutus
Kokkolan merialueelle

23.9.2024

Tilaaaja: Boliden Kokkola Oy

Sisältö

1	Johdanto.....	2
2	Skenaariolaskennat.....	3
2.1	Skenaarioiden kuormitukset.....	4
3	Skenaariot V1J ja V1K	6
3.1	Lämpötilan muutos seurantapisteissä	6
3.2	Suolapitoisuuden muutos seurantapisteissä.....	12
3.3	Lämmön nousu karttapohjalla	17
3.4	Suolapitoisuuden nousu karttapohjalla	17
3.5	Jäätilanteen muutos.....	17
3.6	KIPP sinkki.....	25
3.7	KIPP kadmium.....	30
4	Yhteenveto.....	35
5	Lähdeluettelo.....	35

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

Boliden Kokkola Oy suunnittelee Kokkolan sinkkitehtaan pohjoispuolella sijaitsevan jätealueen altaisiin loppusijoitetun rikkirikasteen hyötykäyttöä. Rikkirikasteen hyötykäyttö edellyttää uuden rikkihappotehtaan rakentamista. Rikkihappotehdas lisää merivesijäähdytyksen tarvetta ja nostaa siten merialueelle purettavan lämpökuorman määrää. Lisäksi tehtaalta tulee jonkin verran purkuvesiä, jotka nostavat KIPP pisteeseen päätyvien purkuvesien määrää ja kuormitusta.

Tässä raportissa on arvioitu em. päästöjen aiheuttamien muutosten vaikutuksia Kokkolan edustan merialueella virtaus- ja vedenlaatumallia käyttäen. Muutoksien vaikutukset on arvioitu sekä erikseen että yhdessä tiedossa olevien tulevien muiden kuormittajien ja rantaviivan muutosten kanssa. Rantaviivan muutokset aiheutuvat Kokkolan Sataman laajennuksista täyttömailla. Lämpöpäästö määrille on käytetty suunnitteluvaiheen arviota, joka voi jatkossa tarkentua, todennäköisesti tässä käytettyä arvoa pienemmäksi.

Nykytilanteessa mereen lasketaan purkuvesiä kahdesta purkupisteestä, KIPP ja KIPE. Lasketuissa skenaarioissa sekä purkupisteen KIPP että pisteen KIPE päästöt muuttuvat. Lisäksi alueelle on suunniteltu uusi purkupiste KIPI, johon Bolidenin vesiä ei johdeta.

Lasketut skenaariot ja niiden lähtötiedot on esitetty tarkemmin luvussa 2. Tässä raportissa on esitetty kuormitusskenaarioiden V1J ja V1K tulokset lämpötilalle, suolapitoisuudelle, sinkille ja koboltille. Muiden muuttujien osalta kuormitukset eivät muutu. Tässä raportissa esitettyjen skenaarioiden lisäksi alueelle on laskettu myös muita mallinnusskenaariota, jotka on raportoitu erikseen (AFRY 2024).

2 Skenaariolaskennat

Skenaariot ovat kombinaatioita eri kuormitus- ja rantaviivavaihtoehtoista. Skenaarion nimi alkaa kirjaimella 'V', toinen kirjain identifioi käytetyn rantaviivavaihtoehdon ja kolmas kirjain kuormitusvaihtoehdon.

Eri skenaariot, ja niissä mukana olevat kuormittajat on lueteltu taulukossa 2-1. Skenaariot voi jaotella kahteen ryhmään, nykytilanteen skenaariot ja suunnitellun tilanteen skenaariot. Nykytilan skenaariota V01 on käytetty mallin varmistamiseen. Skenaariota V10, jossa ei ole mitään pistekuormituksia, on käytetty lämmönnousujen arvioinnissa vertailukohtana. Skenaariota V11 on puolestaan käytetty nykytilannetta vastaavana vertailuskenaariona, se eroaa nykytilanteesta siten, että rantaviivana on käytetty vaihtoehtoa V0+. Myös skenaariota V1H on käytetty lämpötila- ja jäälaskennassa vertailukohtana; V1H skenaariossa on nykytilan kuormitusten lisäksi Keliberin lämpöpäästö pisteeseen KIPi.

Suunnitellun tilanteen skenaarioilla V1J ja V1K on arvioitu Bolidenin suunnitellun purkuvesi- ja lämpökuormituksen vaikutusta. Skenaariossa V1J kaikki lisäjähdytysvedet puretaan KIPi pisteeseen, ja skenaariossa V1K osa näistä vesistä puretaan KIPP pisteeseen ja loput KIPi pisteeseen. Molemmissa skenaariossa jäähdytysvesien lisäksi puretaan suola-, sinkki ja kobolttikuormitusta sisältäviä purkuvesiä pisteeseen KIPP. Molemmissa skenaariossa on mukana myös Keliberin lämpöpäästö purkupaikkaan KIPi.

Taulukko 2-1: Skenaariot, niihin liittyvät kuormitukset ja käytetty rantaviiva.

Ske- naario	Purku- paikka	Nyky- tila	Keli- ber	Boliden J	Boliden K	Ranta- viiva
V01	KIPP KIPi KIPi	X X				2020
V10	KIPP KIPi KIPi					V0+
V11	KIPP KIPi KIPi	X X				V0+
V1H	KIPP KIPi KIPi	X X				V0+
V1J	KIPP KIPi KIPi	X X		X X		V0+
V1K	KIPP KIPi KIPi	X X			X X	V0+

2.1 Skenaarioiden kuormitukset

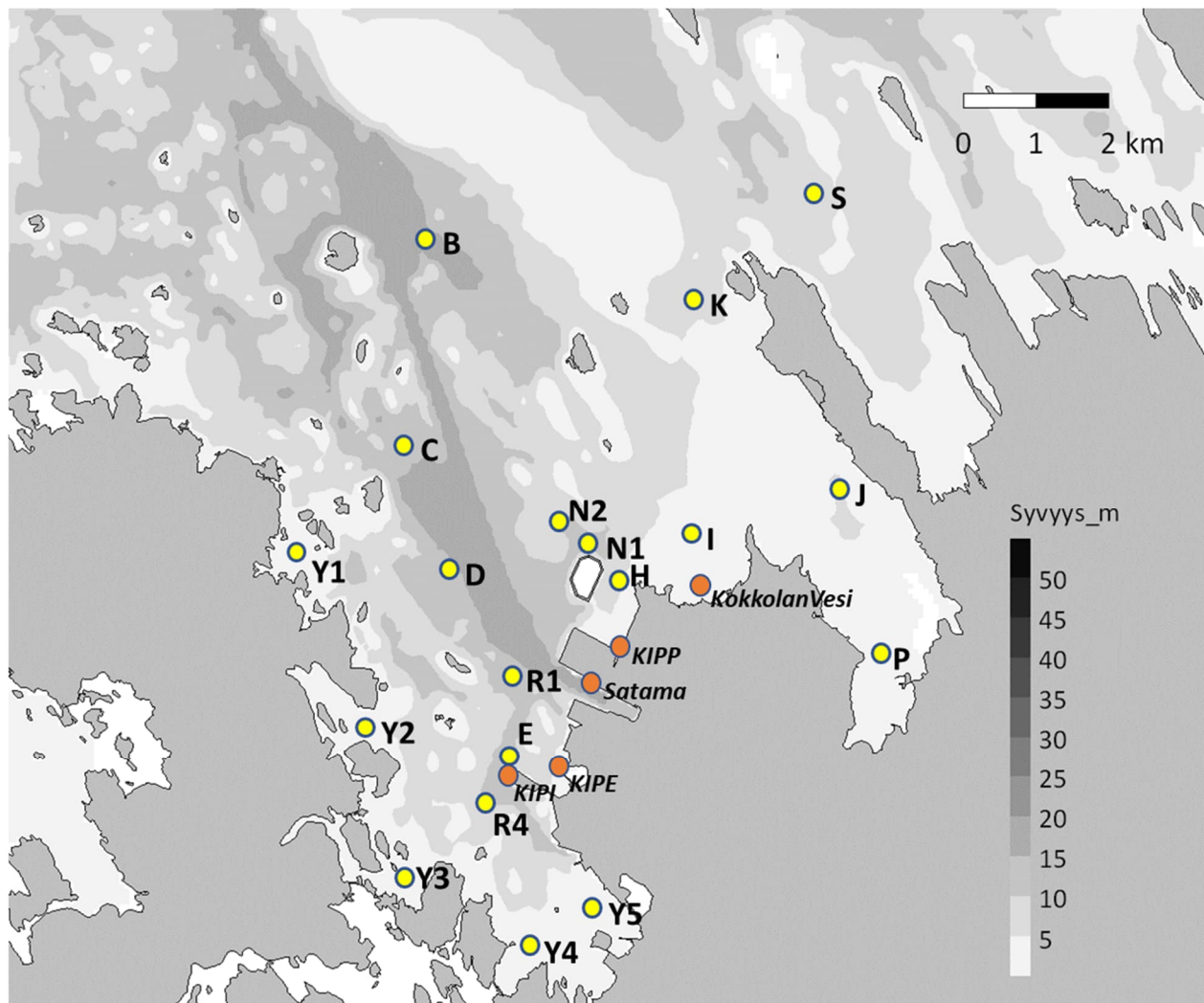
Skenaarioissa käytettiin taulukoissa 2-2 ja 2-3 esitettyjä kuormituksia. Lisäkuormien määrät perustuvat raportin laatimisajankohtana saatavilla olleisiin laitosten suunnittelun perusteella arvioituihin kuormituksiin. Kuormituspisteet on esitetty kuvassa 2-1.

Taulukko 2-2: Purkuvesimäärät, lämpö-, sulfaatti- ja ravinnekuormitukset, nykytila 2021–2022 keskiarvo. Lisäkuormat ovat nykytilan kuormituksen lisäksi tulevia kuormituksia. KIFE lämpötila on nousu ottoveden lämpötilasta, KIPP lämpötila on laskettu lisäämällä Perhonjoen lämpötilaan +10 °C.

	Qout m ³ /h	dT C	T C	SO ₄ tn/d	PTOT kg/d	NTOT kg/d
Nykytila						
KIPP	544	10	-	158.4	0.00	604.0
KIFE	3852	6.5	-	0.00	7.34	85.6
KIFI	-	-	-	-	-	-
K.Vesi	-	-	30	0.00	1.40	595.0
Lisäkuormat						
Keliber (KIFI)	600	20		0.00	0.00	0.0
Boliden_J (KIFE)	9000	10		0.00	0.00	0.0
Boliden_J (KIPP)	50	10	.	5.30	0.00	0.0
Boliden_K (KIFE)	6120	10		0.00	0.00	0.0
Boliden_K (KIPP)	2920	10	.	5.30	0.00	0.0

Taulukko 2-3: Metallikuormitukset, nykytila 2021-2022 keskiarvo. Lisäkuormitukset ovat vuosikeskiarvoja. KIFE:n sinkkikuormitus tulee pääasiassa ottovedestä, johon se päättyy todennäköisesti sataman täyttömaista.

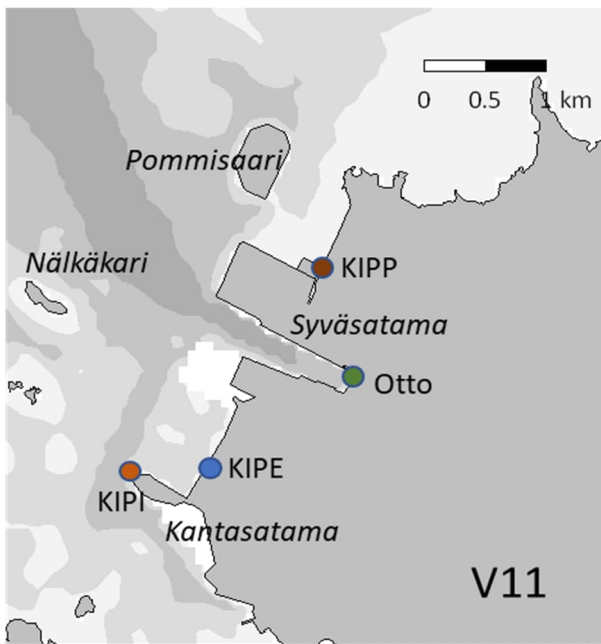
	Ni	Zn	Co	Cd
Nykytila	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
KIPP	2.72	1.60	1.60	0.027
KIFE	0.00	7.30	0.00	0.013
KIFI	0.00	0.00	0.00	0.000
Täyttö	0.00	(7.00)	0.00	0.000
K.Vesi	0.13	0.23	0.00	0.001
Lisäkuormat (netto)				
Keliber (KIFI)	0.00	0.00	0.00	0.000
BolidenJ&K (KIFE)	0.00	0.00	0.00	0.000
BolidenJ&K (KIPP)	0.00	0.53	0.00	0.003



Kuva 2-1: Kuormituspisteet ja aikasarjatuloksissa käytettyjen aikasarjapisteiden paikat.

3 Skenaariot V1J ja V1K

Tässä luvussa on esitetty lämpötilan muutokset skenaariolle V1J ja V1K. Rantaviivana laskennassa käytettiin Kokkolan sataman vuodelle 2030 suunniteltua rantaviivaa, joka poikkeaa nykyisestä rantaviivasta vain vähän. Rantaviiva on sama kuin skenaariolla V11. Keliberin lämpökuormitus pisteeseen KIPi on laskennassa mukana. Rantaviivat ja kuormituspisteet on esitetty kuvassa 3-1. Laskennan tuloksista on tässä esitetty seurantapisteille laskettuja aikasarjoja, aikasarjoista laskettuja keskiarvoja, sekä karttapohjaisia eri muuttujien kuukausikeskiarvoista.



Kuva 3-1: Kokkolan sataman rantaviiva skenaarioilla V11, V1J ja V1K.

3.1 Lämpötilan muutos seurantapisteissä

Kuvissa 3-2 ja 3-3 on esitetty pinta- ja pohjakerrokselle lasketut lämpötilat purkupaikkoja lähinnä olevissa seurantapisteissä vuodelle 2021 ja kuvissa 3-4 ja 3-5 vuodelle 2022. Tulokset on esitetty skenaarioille V01, V11, V1J ja V1K. Lämpötilan vuosikeskiarvot ja kesäjakson keskiarvot sekä muutos skenaarioon V11 verrattuna on esitetty taulukossa 3-1. Taulukossa 3-2 on lisäksi esitetty vastaavat keskiarvot ja erotukset vuoden 2022 tiedoilla.

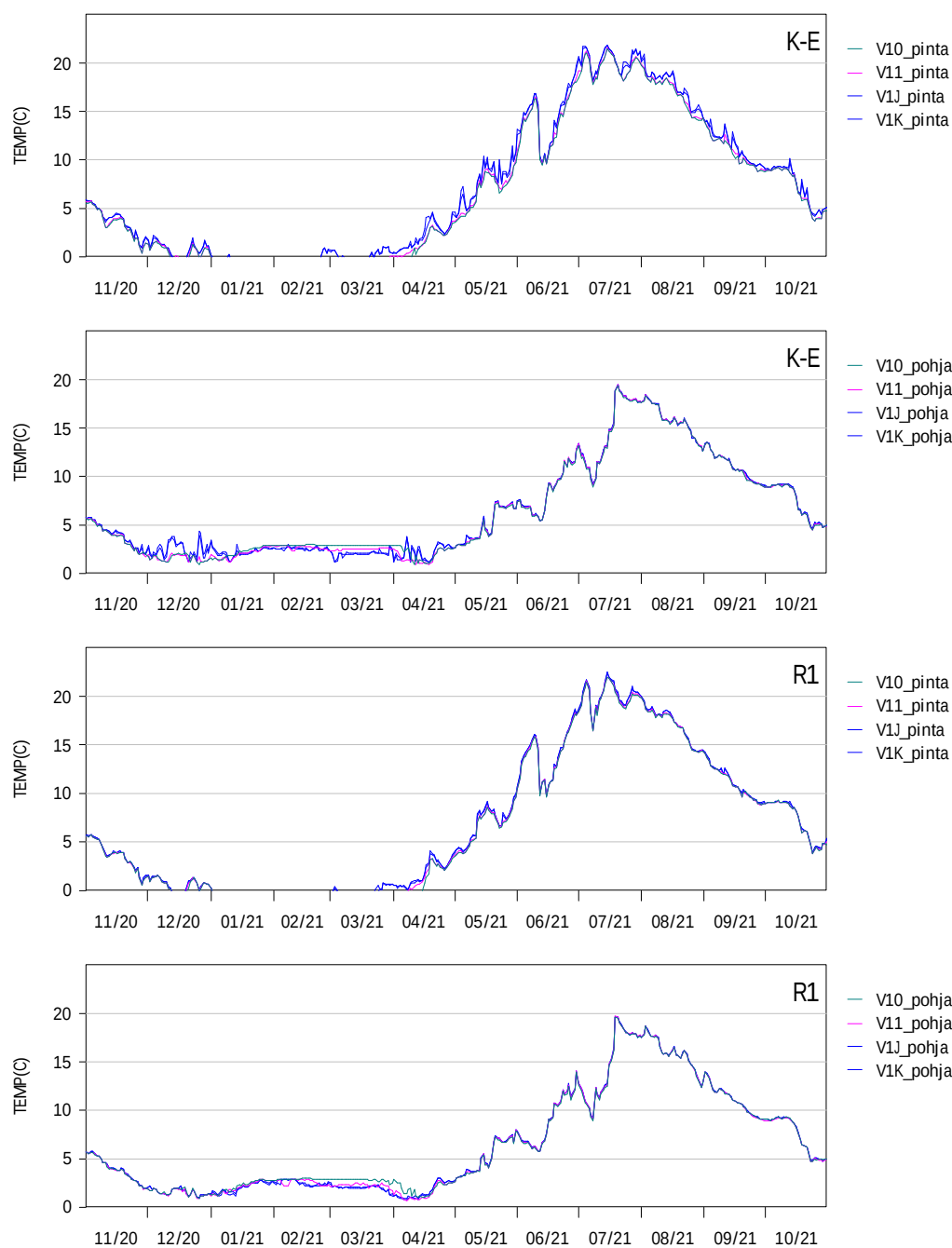
Lämpötilan nousee skenaariolla V1J ja V1K nykytilaan (V11) verrattuna pisteen KIPE lähialueella pintakerroksessa, mikä näkyy lähinnä pisteiden E, R1 ja R4 vertailuissa. Pisteiden E tapauksessa nousu johtuu osittain siitä, että KIPE purkupaikka siirtyy lähemmäksi mittauspistettä. Myös pisteen H pohjakerroksessa lämpötila nousee. Purkupaikalla KIPP purkuvesi pysyy jäähdytysveden lisäyksestä huolimatta edelleen merivettä suolaisempaan, joten se kulkeutuu mallissa pohjan läheisessä kerroksessa. Purkuveden alentunut tiheys edistää kuitenkin sen sekoittumista ympäröivään meriveteen, mikä näkyy siten, että pisteissä H ja I myös pintakerroksessa on havaittavissa jonkin verran lämpötilan nousua.

Taulukko 3-1: Lämpötila seurantapisteissä, koko vuoden ja kesäjakson 2021 keskiarvot eri skenaarioilla.

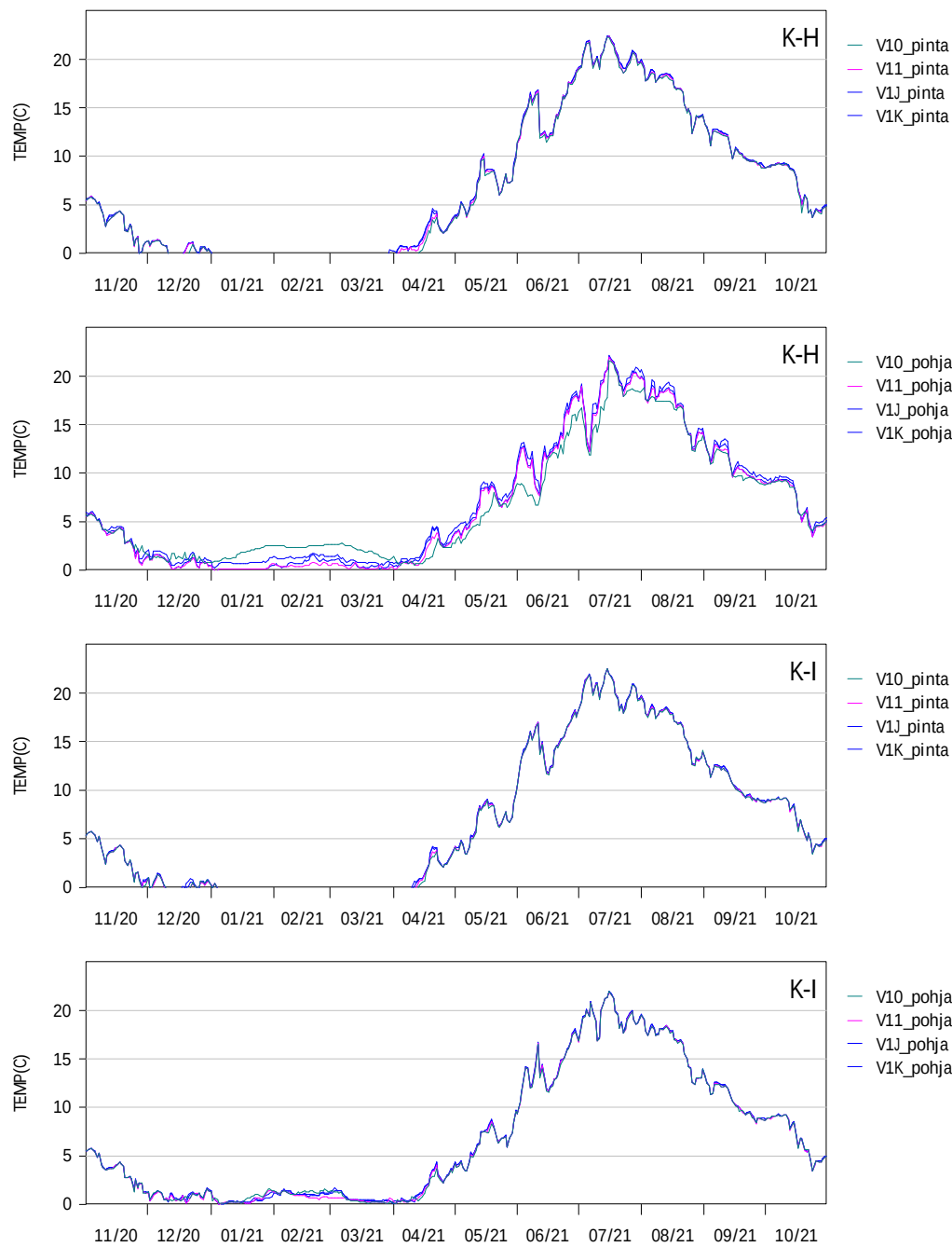
2021 lämpötila		koko vuosi				7.7-9.8			
Skenaario		V10	V11	V1J	V1K	V10	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
K-E	pinta	6.70	6.79	7.26	7.17	17.54	17.64	18.24	18.12
R1	pinta	6.73	6.78	6.94	6.91	17.68	17.75	17.91	17.89
R4	pinta	6.65	6.67	6.82	6.80	17.40	17.44	17.56	17.54
K-H	pinta	6.76	6.83	6.92	6.93	17.62	17.70	17.81	17.83
K-I	pinta	6.72	6.74	6.80	6.81	17.55	17.58	17.64	17.65
K-E	pohja	6.47	6.41	6.55	6.52	15.28	15.33	15.35	15.36
R1	pohja	6.54	6.45	6.45	6.46	15.40	15.45	15.47	15.48
R4	pohja	6.48	6.41	6.47	6.45	15.32	15.38	15.40	15.41
K-H	pohja	6.69	6.65	6.78	7.16	16.40	17.18	17.30	17.57
K-I	pohja	6.85	6.82	6.90	6.93	17.21	17.23	17.29	17.30
muutos: Vnn-V10									
K-E	pinta		0.09	0.55	0.47		0.11	0.70	0.59
R1	pinta		0.05	0.21	0.18		0.06	0.23	0.20
R4	pinta		0.02	0.17	0.15		0.05	0.16	0.14
K-H	pinta		0.07	0.16	0.17		0.08	0.19	0.21
K-I	pinta		0.02	0.08	0.10		0.03	0.10	0.10
K-E	pohja		-0.06	0.08	0.05		0.06	0.07	0.08
R1	pohja		-0.09	-0.09	-0.08		0.05	0.08	0.09
R4	pohja		-0.07	-0.01	-0.03		0.06	0.08	0.09
K-H	pohja		-0.04	0.09	0.46		0.79	0.90	1.17
K-I	pohja		-0.03	0.05	0.08		0.03	0.08	0.09

Taulukko 3-2: Lämpötila seurantapisteissä, koko vuoden ja kesäjakson 2022 keskiarvot eri skenaarioilla.

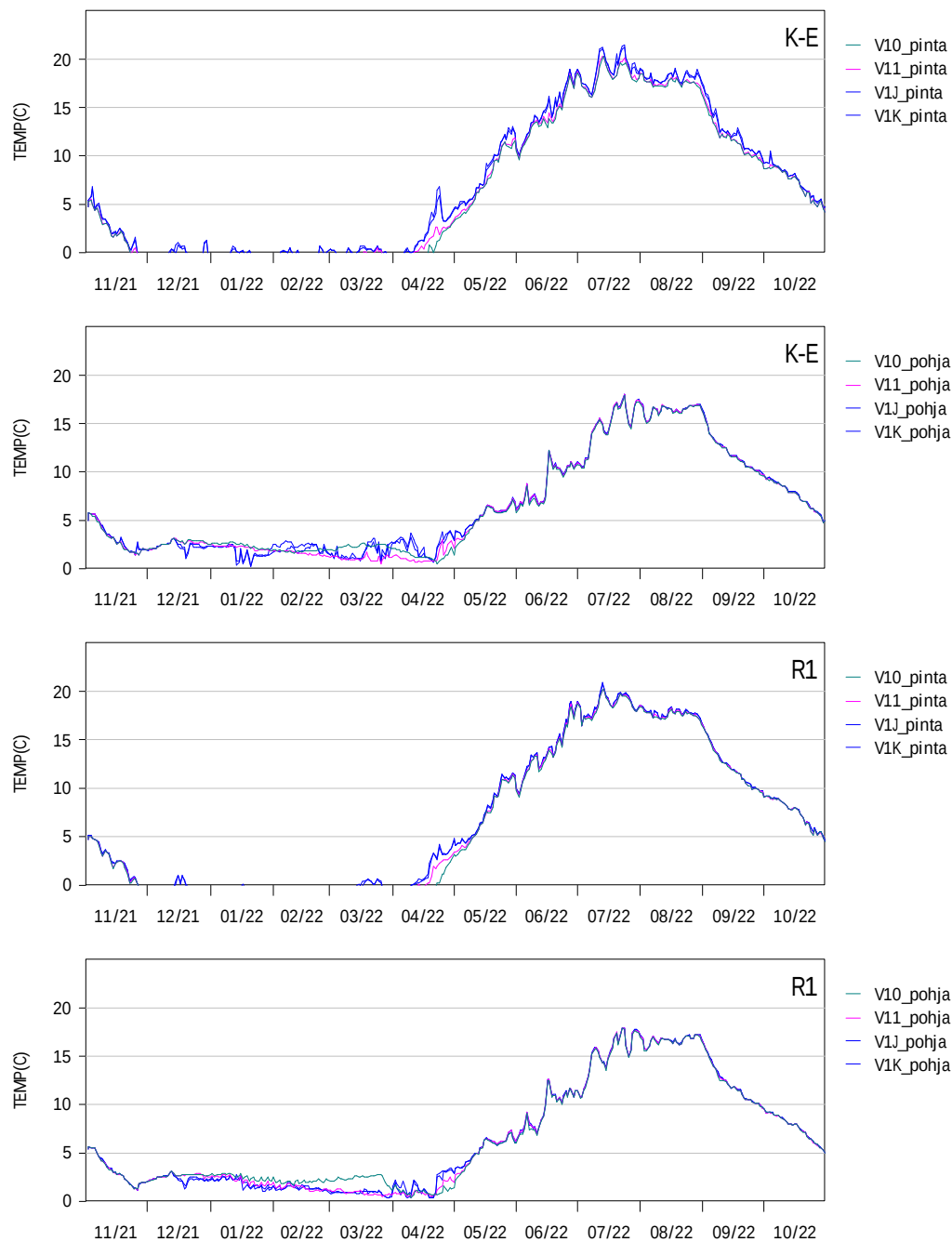
2022 lämpötila		koko vuosi				7.7-9.8			
Skenaario		V10	V11	V1J	V1K	V10	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
K-E	pinta	6.54	6.66	7.14	7.07	17.55	17.71	18.42	18.28
R1	pinta	6.57	6.65	6.83	6.80	17.77	17.84	18.01	17.98
R4	pinta	6.49	6.53	6.68	6.67	17.47	17.52	17.65	17.63
K-H	pinta	6.58	6.64	6.75	6.76	17.79	17.88	17.99	18.01
K-I	pinta	6.58	6.61	6.67	6.68	17.86	17.91	17.98	17.99
K-E	pohja	6.52	6.41	6.60	6.55	15.82	15.90	15.93	15.93
R1	pohja	6.67	6.51	6.52	6.56	16.17	16.24	16.28	16.28
R4	pohja	6.58	6.48	6.53	6.49	15.93	16.01	16.05	16.04
K-H	pohja	6.72	6.62	6.78	7.19	17.06	17.73	17.86	18.12
K-I	pohja	6.64	6.65	6.71	6.73	17.62	17.66	17.73	17.74
muutos: Vnn-V10									
K-E	pinta		0.12	0.60	0.53		0.16	0.87	0.73
R1	pinta		0.08	0.26	0.24		0.07	0.24	0.21
R4	pinta		0.04	0.19	0.18		0.05	0.18	0.16
K-H	pinta		0.06	0.16	0.17		0.09	0.21	0.23
K-I	pinta		0.04	0.09	0.10		0.05	0.12	0.12
K-E	pohja		-0.11	0.08	0.03		0.08	0.12	0.12
R1	pohja		-0.16	-0.15	-0.11		0.08	0.11	0.11
R4	pohja		-0.10	-0.05	-0.08		0.07	0.11	0.11
K-H	pohja		-0.10	0.06	0.46		0.67	0.80	1.05
K-I	pohja		0.01	0.07	0.08		0.04	0.11	0.12



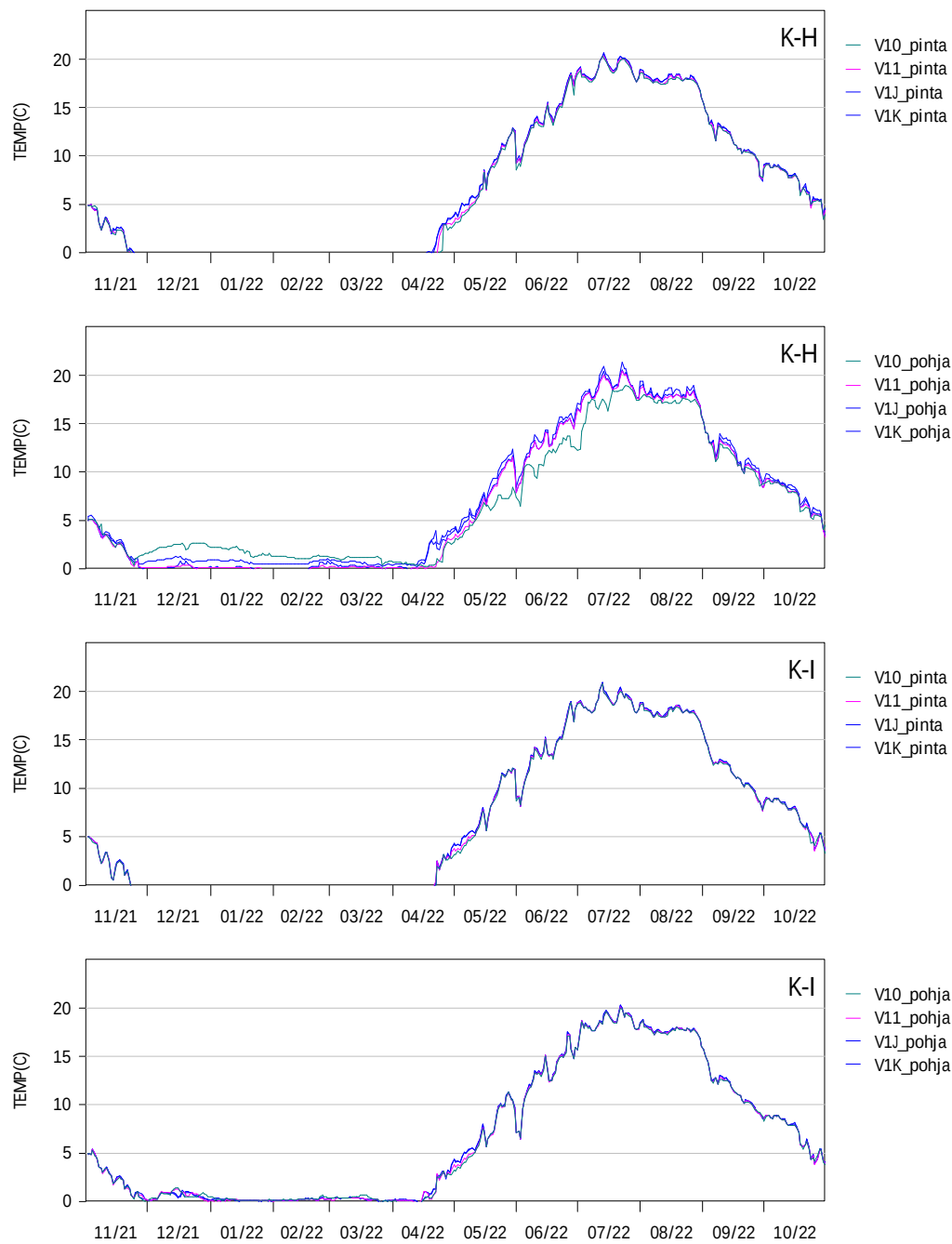
Kuva 3-2: Lasketut lämpötilat pisteiden E ja R1 pinta- ja pohjakerroksessa skenaarioilla V01, V11, V1J ja V1K vuodelle 2021.



Kuva 3-3: Lasketut lämpötilat pisteiden H ja I pinta- ja pohjakerroksessa skenaarioilla V01, V11, V1J ja V1K vuodelle 2021.



Kuva 3-4: Lasketut lämpötilat pisteiden E ja R1 pinta- ja pohjakerroksessa skenaarioilla V01, V11, V1J ja V1K vuodelle 2022.

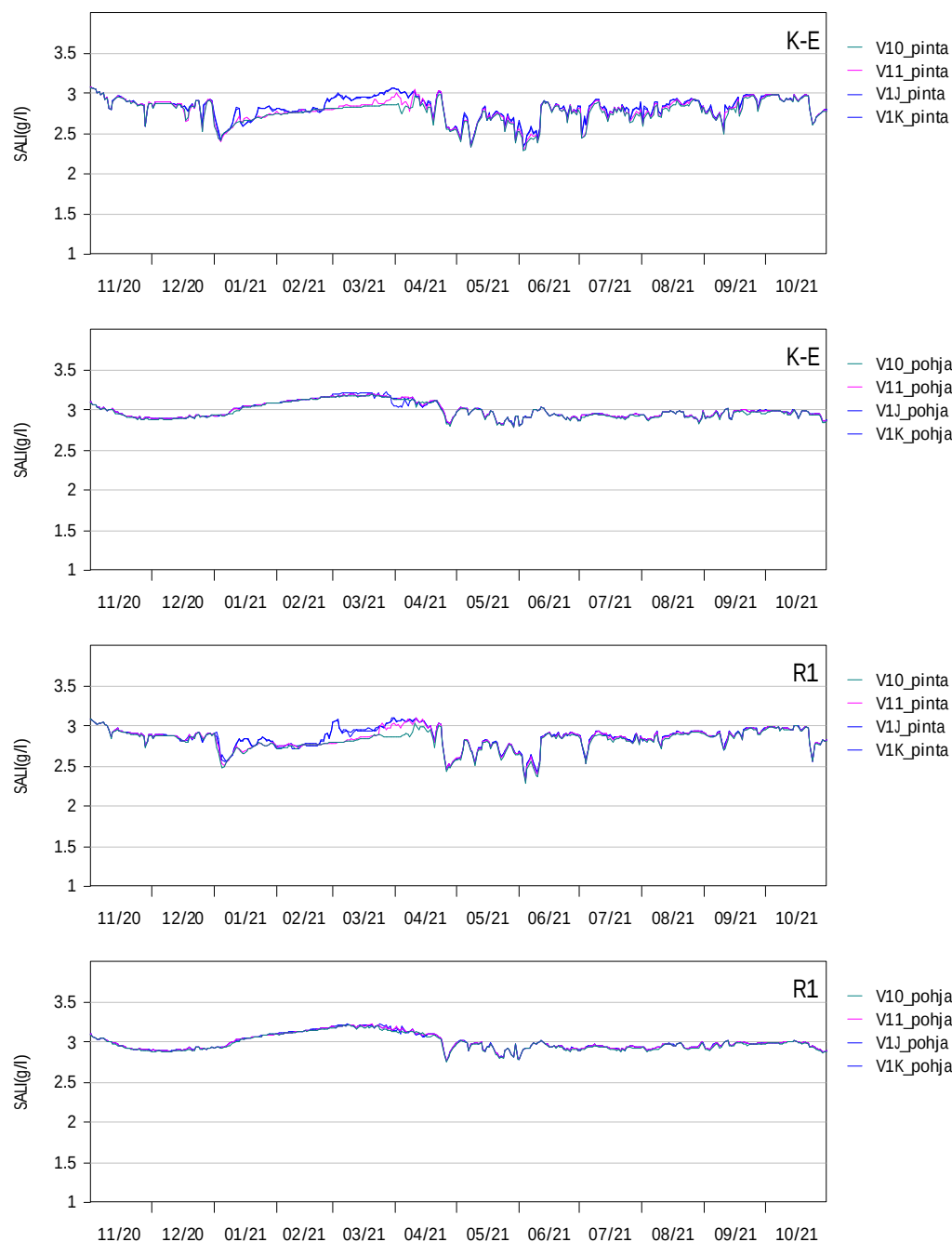


Kuva 3-5: Lasketut lämpötilat pisteiden H ja I pinta- ja pohjakerroksessa skenaarioilla V01, V11, V1J ja V1K vuodelle 2022.

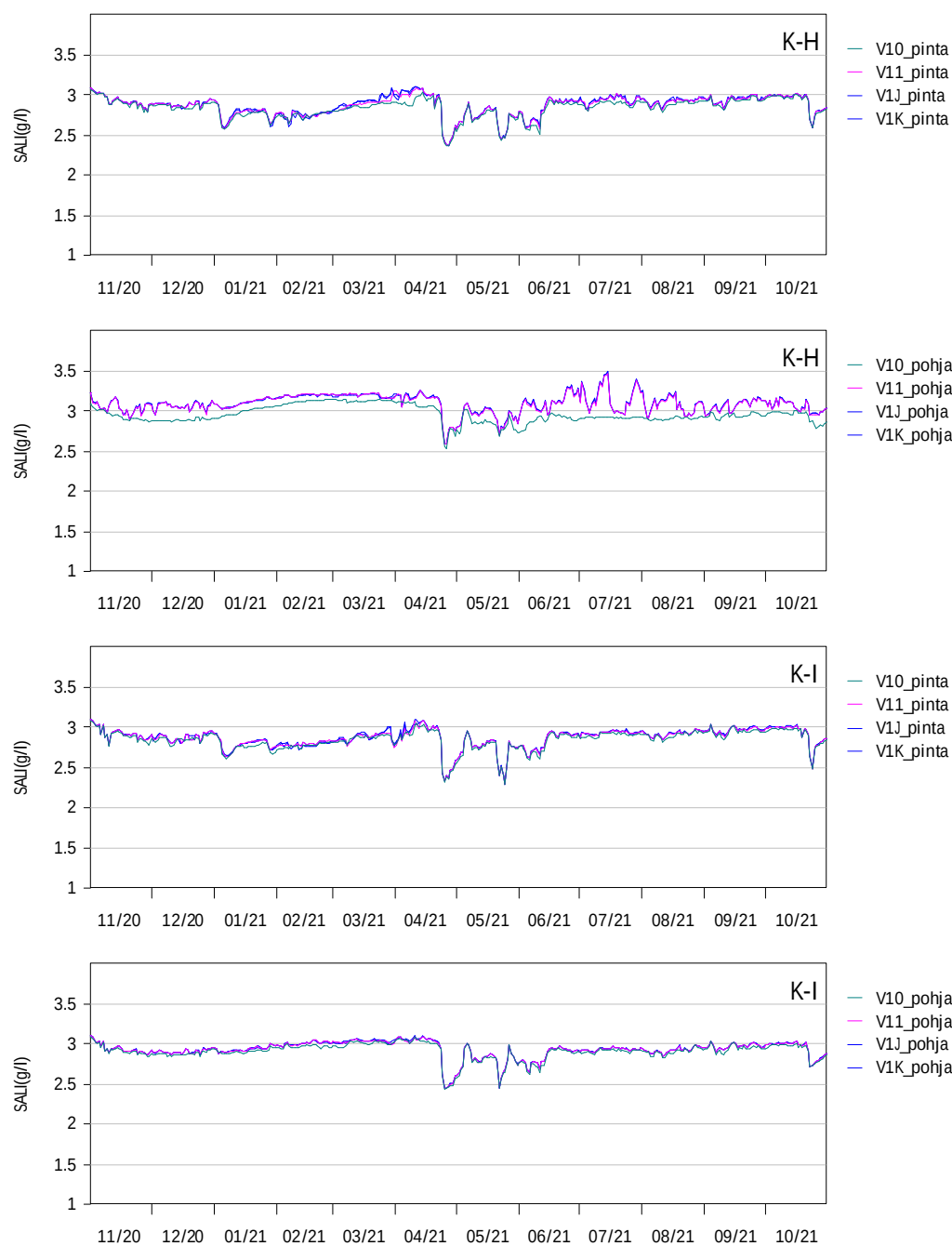
3.2 Suolapitoisuuden muutos seurantapisteissä

Kuvissa 3-6 ja 3-7 on esitetty pinta- ja pohjakerrokselle lasketut suolapitoisuudet purkupaikkoja lähinnä olevissa seurantapisteissä vuodelle 2021 ja kuvissa 3-8 ja 3-9 vuodelle 2022. Taulukossa 3-3 on esitetty aikasarjapisteille lasketut pitoisuuksien keskiarvot ja keskiarvojen ero skenaarioon V10 verrattuna vuodelle 2021 ja taulukossa 3-4 vuodelle 2022.

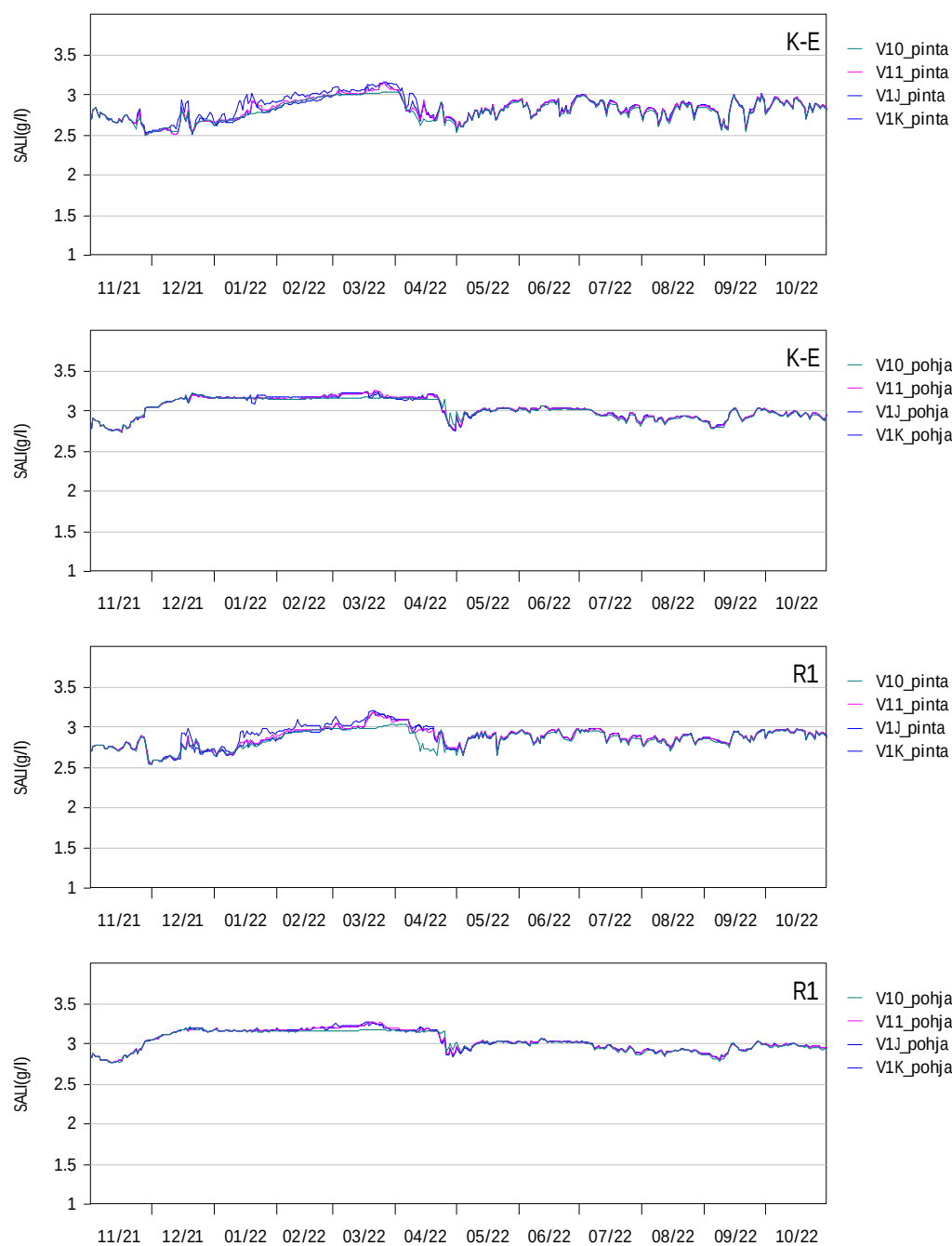
Kuormitusmuutoksen vaikutus suolapitoisuuksiin nykytilanteeseen verrattuna (skenaario V11) on pieni, tarkastelluissa pisteissä noin 0,00–0,03 g/l tasolla.



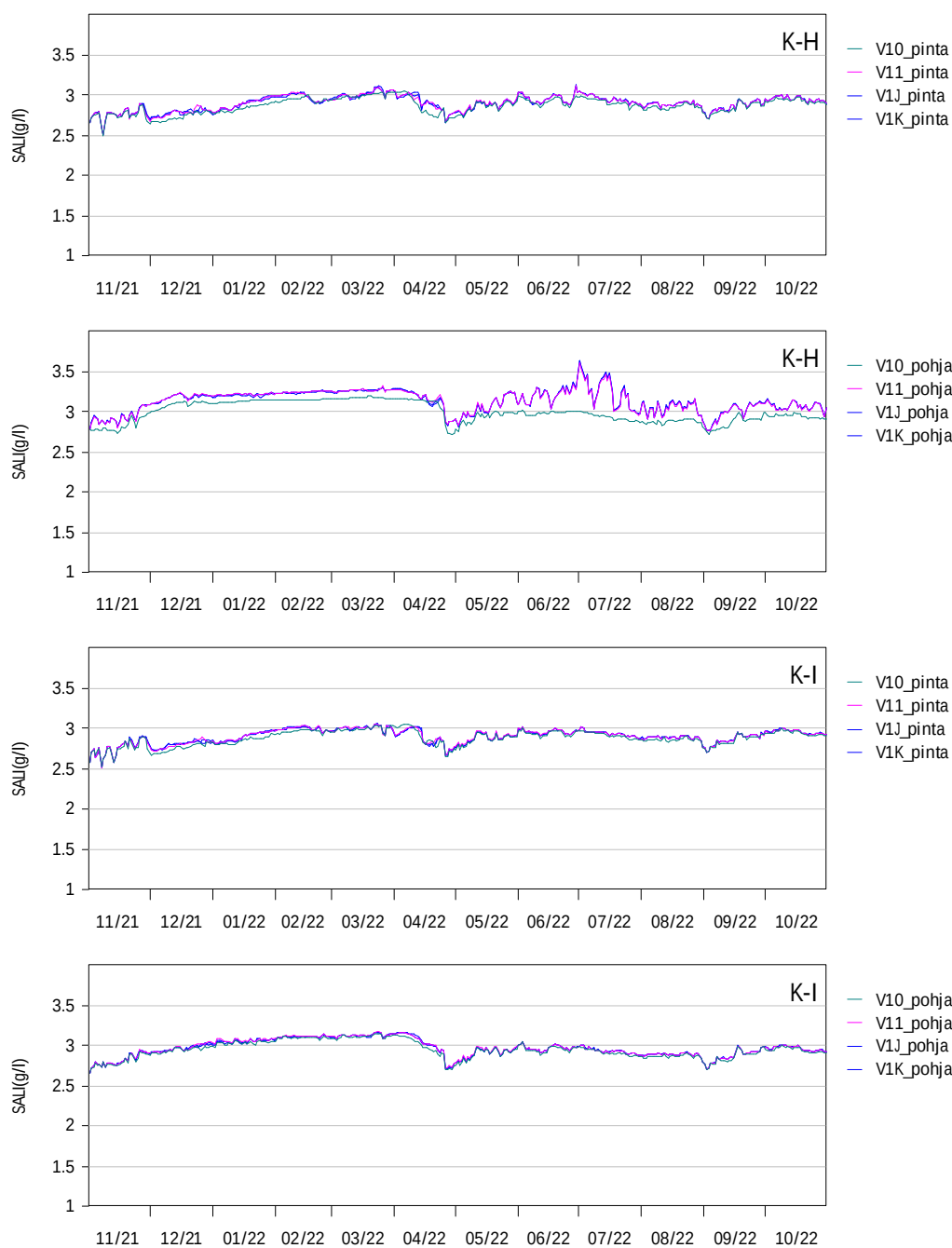
Kuva 3-6: Lasketut suolapitoisuudet seurantapisteiden E ja R1 pinta- ja pohjakerroksissa, vuosi 2021.



Kuva 3-7: Lasketut suolapitoisuudet seurantapisteiden H ja I pinta- ja pohjakerroksissa, vuosi 2021.



Kuva 3-8: Lasketut suolapitoisuudet seurantapisteidⁿ E ja R1 pinta- ja pohjakerroksissa, vuosi 2022.



Kuva 3-9: Lasketut suolapitoisuudet seurantapisteiden H ja I pinta- ja pohjakerroksissa, vuosi 2022.

Taulukko 3-3: Suolapitoisuus seurantapisteissä, koko vuoden ja kesäjakson 2021 keskiarvot eri skenaarioilla.

2021 suolapit.		koko vuosi				7.7-9.8			
Skenaario		V10	V11	V1J	V1K	V10	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
K-E	pinta	2.78	2.79	2.82	2.82	2.79	2.81	2.83	2.83
R1	pinta	2.82	2.84	2.86	2.86	2.86	2.88	2.88	2.88
R4	pinta	2.73	2.74	2.77	2.77	2.72	2.73	2.74	2.74
K-H	pinta	2.83	2.86	2.87	2.87	2.89	2.93	2.93	2.94
K-I	pinta	2.84	2.87	2.87	2.87	2.91	2.93	2.93	2.94
K-E	pohja	2.98	2.99	2.99	2.99	2.92	2.94	2.94	2.94
R1	pohja	2.99	3.00	3.00	3.00	2.93	2.94	2.94	2.94
R4	pohja	2.98	2.99	2.98	2.99	2.91	2.92	2.93	2.92
K-H	pohja	2.96	3.09	3.09	3.09	2.92	3.10	3.11	3.11
K-I	pohja	2.91	2.93	2.93	2.93	2.91	2.93	2.93	2.93
muutos: Vnn-V10									
K-E	pinta		0.02	0.05	0.05		0.02	0.04	0.04
R1	pinta		0.02	0.04	0.04		0.02	0.02	0.02
R4	pinta		0.01	0.03	0.03		0.02	0.02	0.03
K-H	pinta		0.03	0.03	0.04		0.04	0.04	0.05
K-I	pinta		0.02	0.02	0.03		0.02	0.02	0.03
K-E	pohja		0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
R1	pohja		0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
R4	pohja		0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
K-H	pohja		0.13	0.14	0.14		0.19	0.20	0.20
K-I	pohja		0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0.02

Taulukko 3-4: Suolapitoisuus seurantapisteissä, koko vuoden ja kesäjakson 202 keskiarvot eri skenaarioilla.

2022 suolapit		koko vuosi				7.7-9.8			
Skenaario		V10	V11	V1J	V1K	V10	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
K-E	pinta	2.80	2.82	2.85	2.82	2.81	2.83	2.84	2.83
R1	pinta	2.85	2.88	2.89	2.88	2.85	2.87	2.87	2.87
R4	pinta	2.76	2.78	2.79	2.77	2.77	2.79	2.79	2.79
K-H	pinta	2.87	2.90	2.90	2.90	2.86	2.89	2.89	2.89
K-I	pinta	2.88	2.90	2.90	2.90	2.87	2.89	2.89	2.89
K-E	pohja	3.02	3.03	3.03	3.03	2.90	2.91	2.92	2.91
R1	pohja	3.03	3.04	3.04	3.04	2.90	2.92	2.92	2.92
R4	pohja	3.02	3.03	3.03	3.03	2.90	2.91	2.92	2.92
K-H	pohja	3.00	3.13	3.13	3.13	2.88	3.07	3.08	3.08
K-I	pohja	2.95	2.97	2.97	2.97	2.87	2.89	2.89	2.89
muutos: Vnn-V10									
K-E	pinta		0.02	0.04	0.01		0.02	0.03	0.02
R1	pinta		0.03	0.04	0.02		0.02	0.02	0.02
R4	pinta		0.02	0.03	0.01		0.01	0.02	0.02
K-H	pinta		0.03	0.03	0.03		0.03	0.03	0.03
K-I	pinta		0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0.02
K-E	pohja		0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
R1	pohja		0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
R4	pohja		0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01
K-H	pohja		0.13	0.14	0.14		0.19	0.20	0.20
K-I	pohja		0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0.02

3.3 Lämmön nousu karttapohjalla

Lämmön nousut eri kuormituskenaariolla on esitetty kuvissa 3-8, 3-9, 3-10 ja 3-11 vuoden 2021 heinä- ja elokuulle. Kuvissa on pintakerroksen ja 6-7 m kerroksen lämpötilan nousu verrattuna tilanteeseen, jossa kuormituksia ei ole (skenaario V10).

Nykytilan kuormituksilla (skenaario V11) pintakerroksessa lämmön nousu rajoittuu KIPE ja KIPP kuormituspisteiden lähialueelle sekä satamaan. Syvemmässä vesikerroksessa lämmön nousua aiheuttaa pisteen KIPP purkuvesistä, joka merivettä suolapitoisempaa kulkeutuu pintakerrosta syvemmälle myös avovesiaikana.

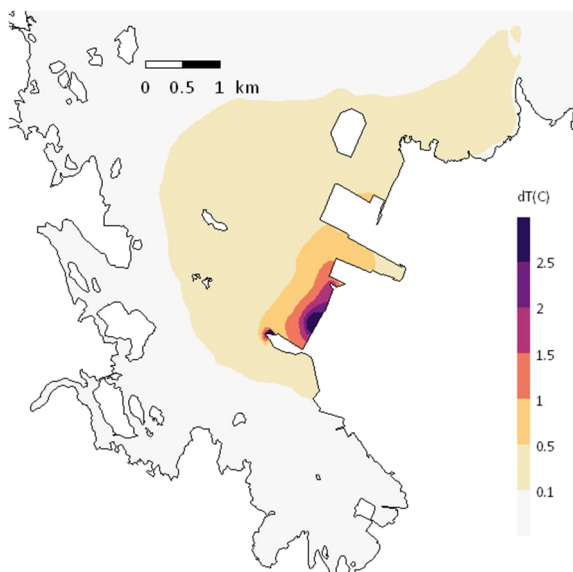
3.4 Suolapitoisuuden nousu karttapohjalla

Suolapitoisuuden nousu skenaariolla V1J on esitetty kuvassa 3-12 vuoden 2021 maalisk., heinä- ja elokuulle. Kuvissa on pintakerroksen ja 6-7 m kerroksen suolapitoisuuden nousu verrattuna nykytilanteeseen (skenaario V11). Kuvassa 3-13 on esitetty vastaavat tiedot skenaariolle V1K.

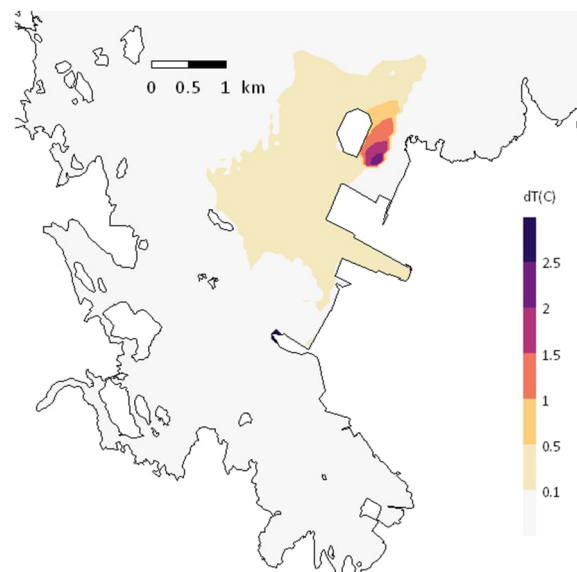
Nykytilanteeseen verrattuna suolapitoisuuden muutokset ovat pieniä. Muutoksia näkyy lähinnä talvella pisteiden KIPI ja KIPE vaikutusalueilla. Suolapitoisuuden nousu johtuu pääosin siitä, että satama-altaan pohjalta otettu jäähdytysvesi on jonkin verran suolaisempaa kuin purkupaikkojen lähialueen pintavesi, tällöin jäähdytysvesivirtaaman noustessa myös purkualueen suolapitoisuus nousee hieman. Kyse ei siis ole suolakuormituksesta vaan lisääntyneen jäähdytysvesivirtaaman vaikutuksesta.

3.5 Jäätilan muutos

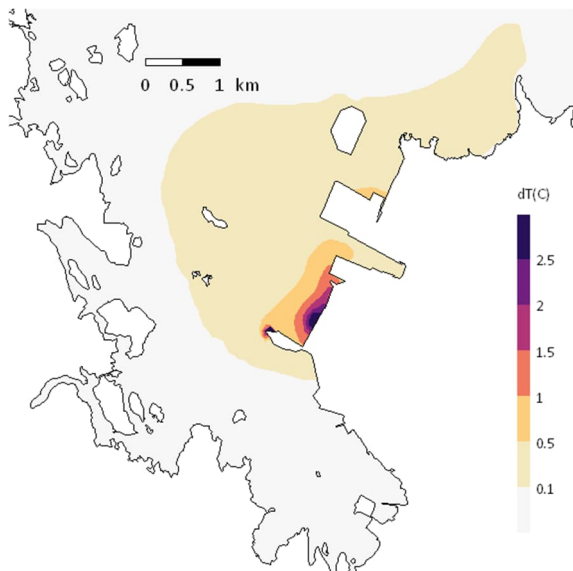
Jään keskimääräinen paksuus laskentaskenaariolla V3E on esitetty kuvassa 3-14 maaliskuun 2021 alkupuoliskolta skenaarioilla V11, V1H, V1J ja V1K.



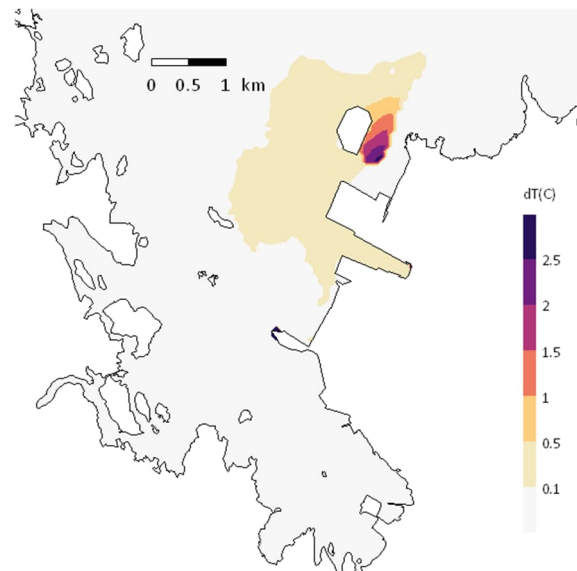
07/2021 dTemp v1j-v10 pinta



6-7 m

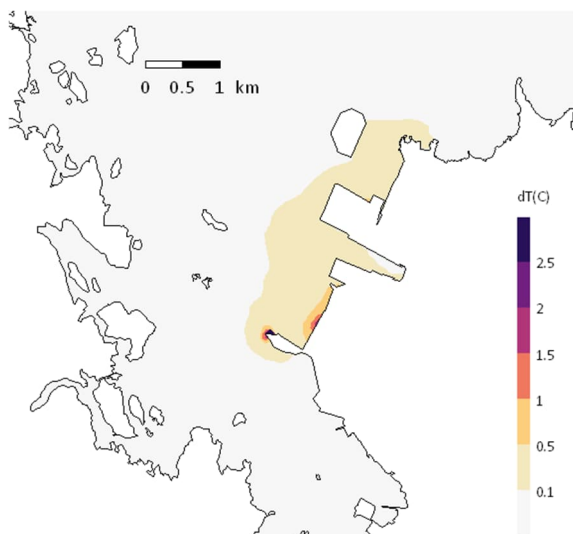


07/2021 dTemp v1k-v10 pinta

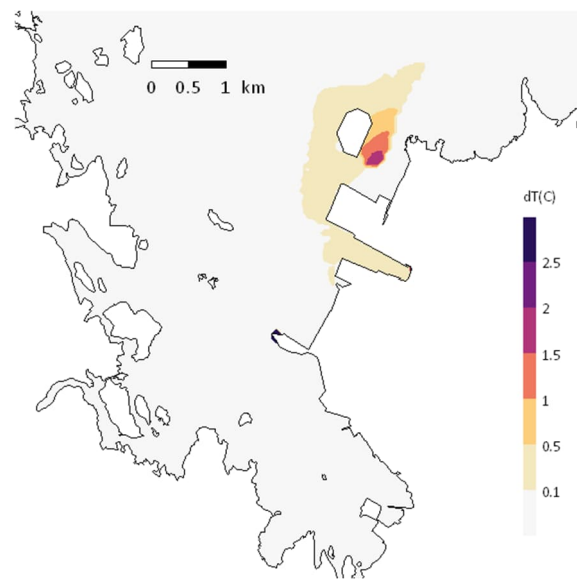


6-7 m

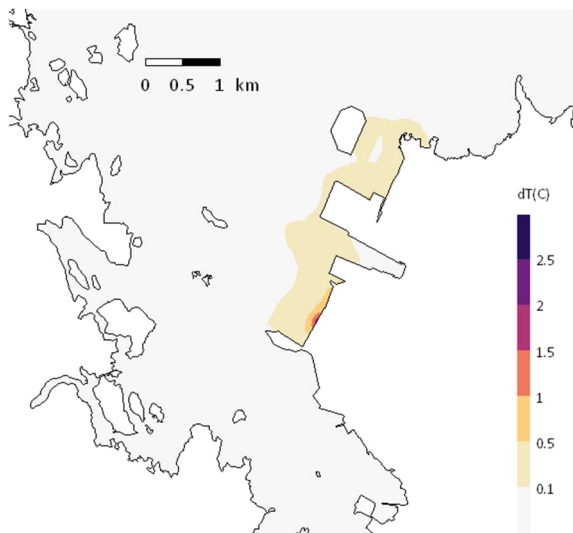
Kuva 3-10: Laskettu lämmön nousu skenaarioon V10 verrattuna heinäkuussa 2021 pinnalla ja 6–7 m syvyydellä, skenaariot V1J ja V1K.



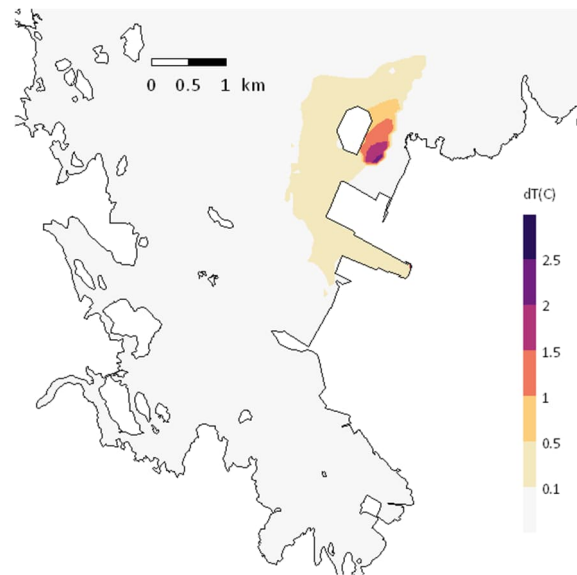
07/2021 dTemp v1h-v10 pinta



6-7m

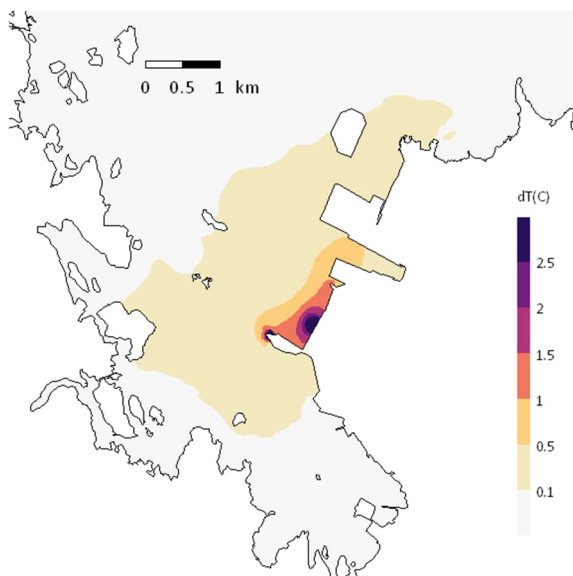


07/2021 dTemp v11-v10 pinta

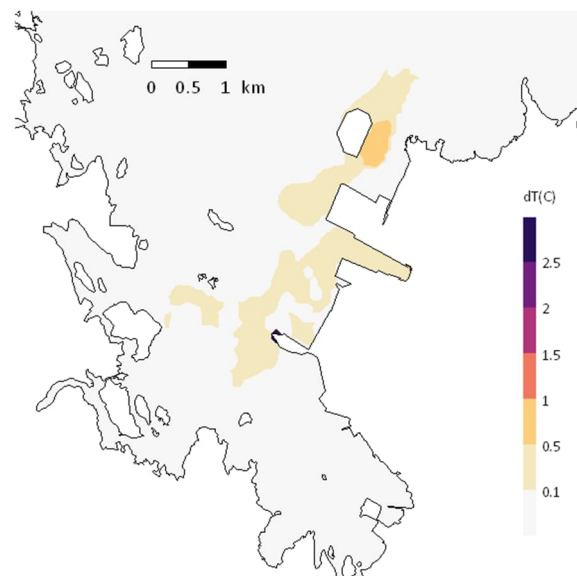


6-7m

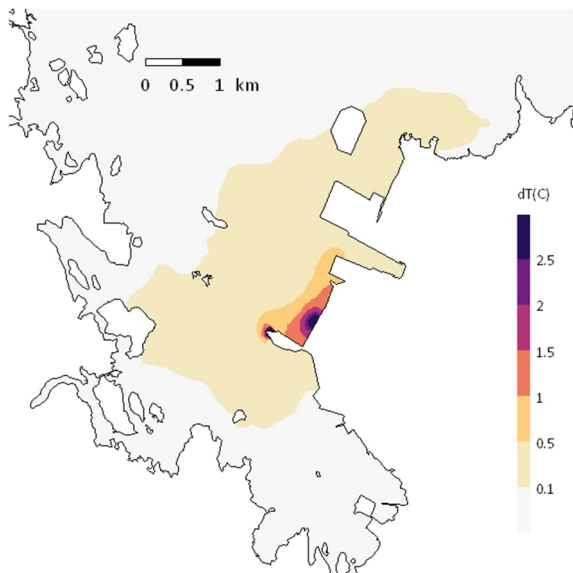
Kuva 3-11: Laskettu lämmön nousu skenaarioon V10 verrattuna heinäkuussa 2021 pinnalla ja 6–7 m syvyydellä, skenaariot V1H ja V11.



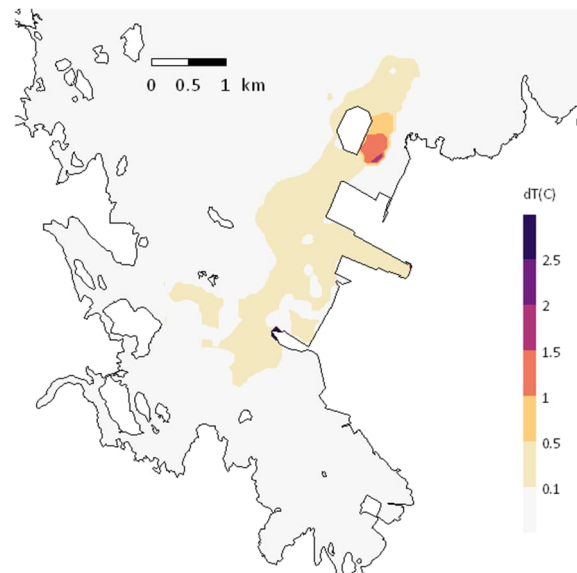
08/2021 dTemp v1j-v10 pinta



6-7m

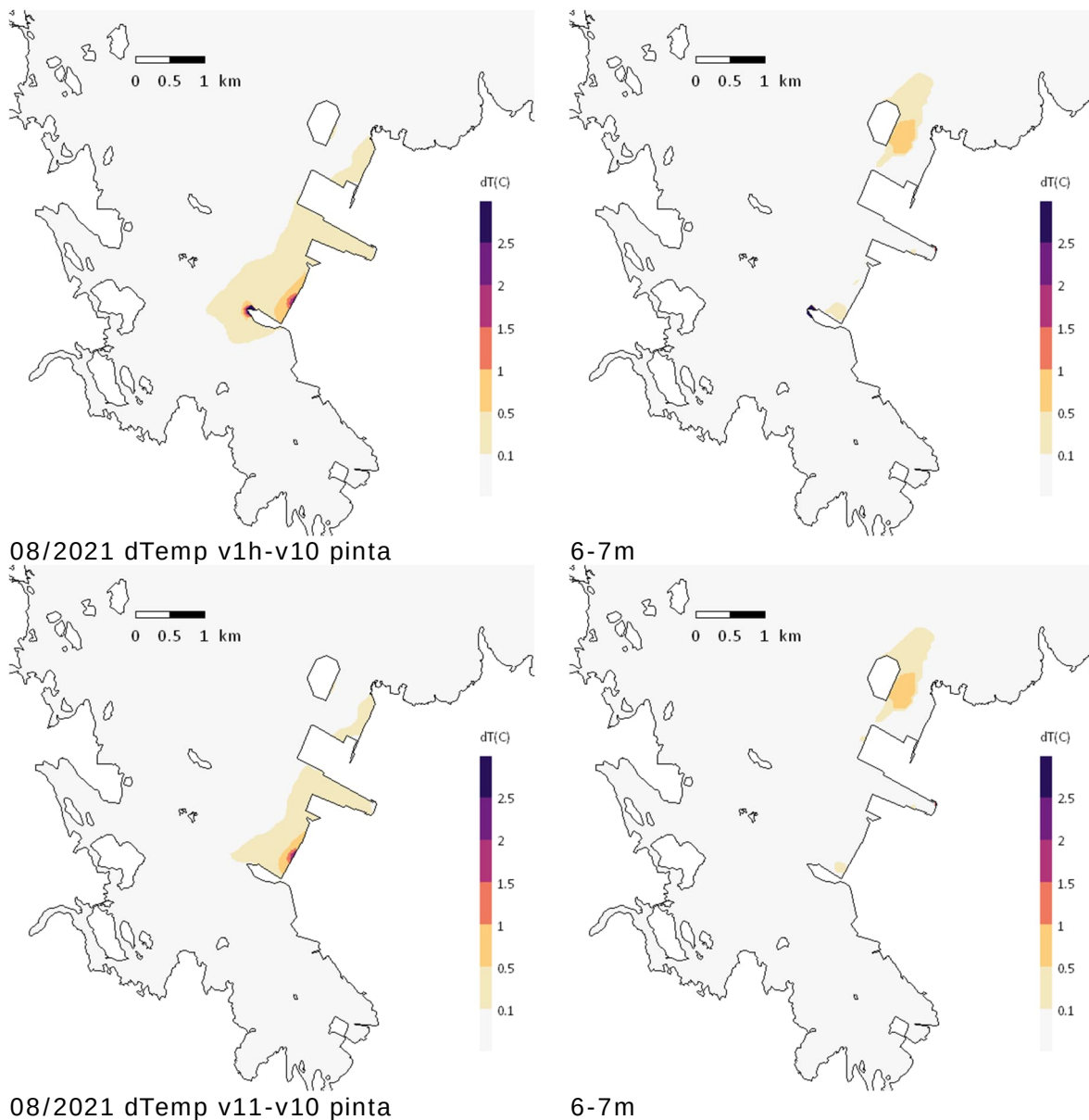


08/2021 dTemp v1k-v10 pinta

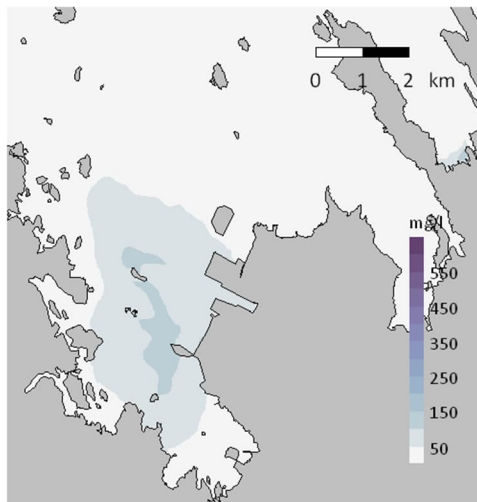


6-7 m

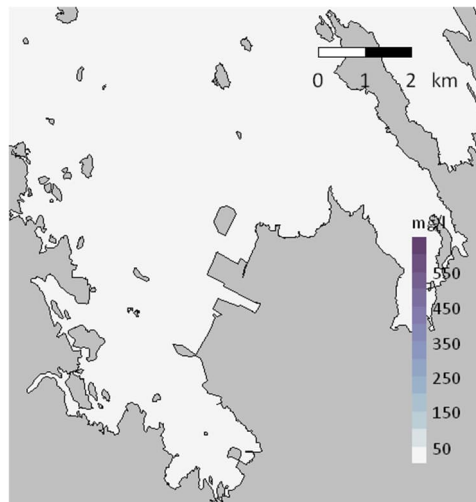
Kuva 3-12: Laskettu lämmön nousu skenaarioon V10 verrattuna elokuussa 2021 pinnalla ja 6–7 m syvyydellä, skenaariot V1J ja V1K.



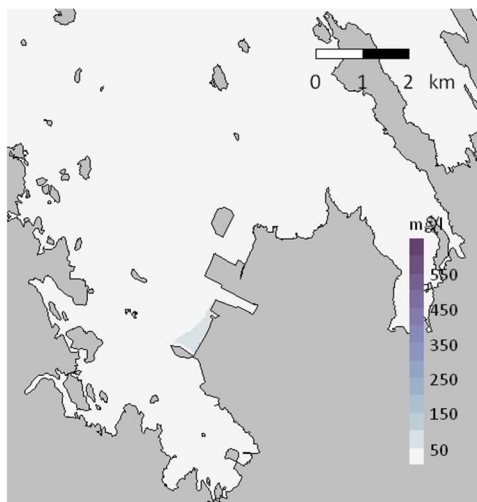
Kuva 3-13: Laskettu lämmön nousu skenaarioon V10 verrattuna elokuussa 2021 pinnalla ja 6–7 m syvyydellä, skenaariot V1H ja V11.



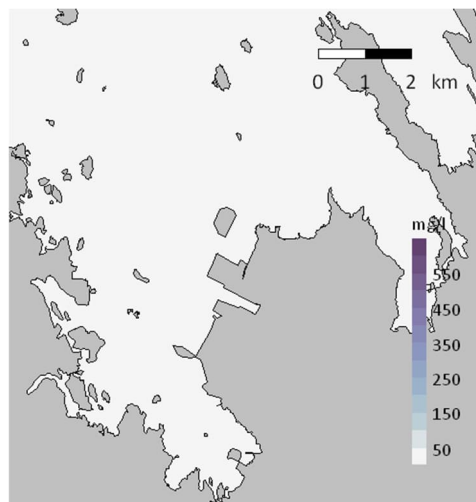
v1j_2021/03 pinta



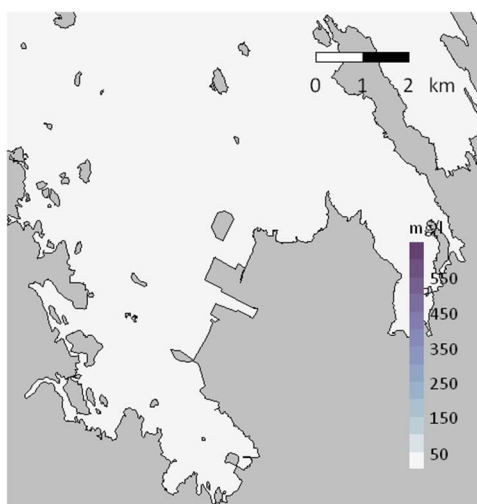
6-7m



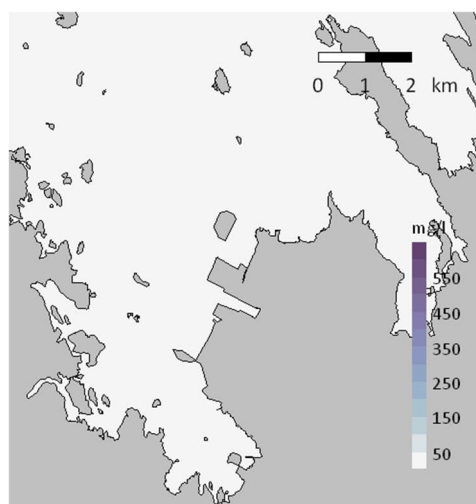
v1j_2021/07 pinta



6-7m

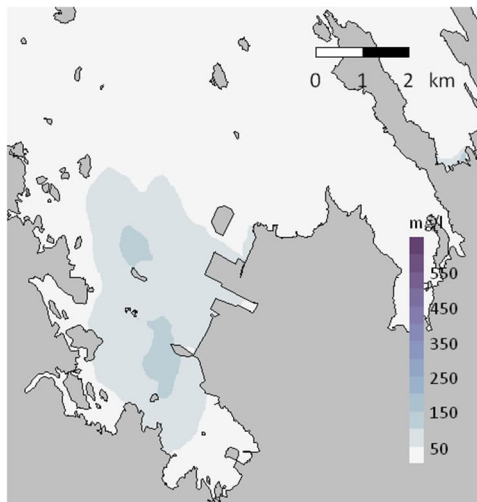


v1j_2021/08 pinta

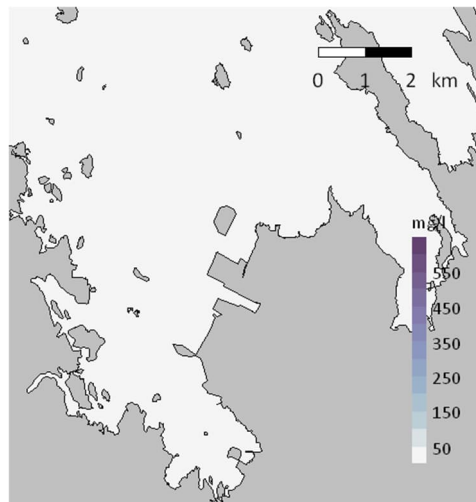


6-7m

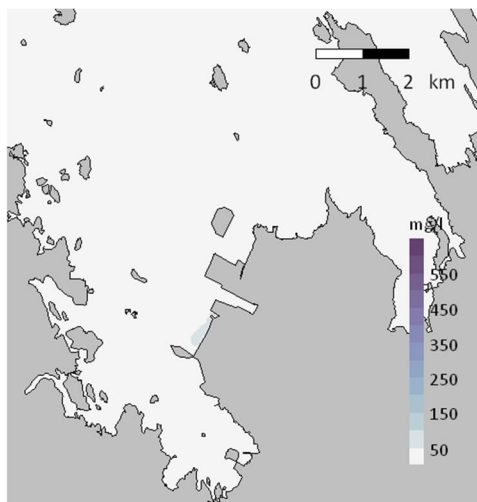
Kuva 3-14: Laskettu suolapitoisuuden nousu skenaariolla V1J skenaarioon V11 verrattuna vuoden 2021 maalis-, heinä- ja elokuussa pinnalla ja 6–7 m syvyydellä.



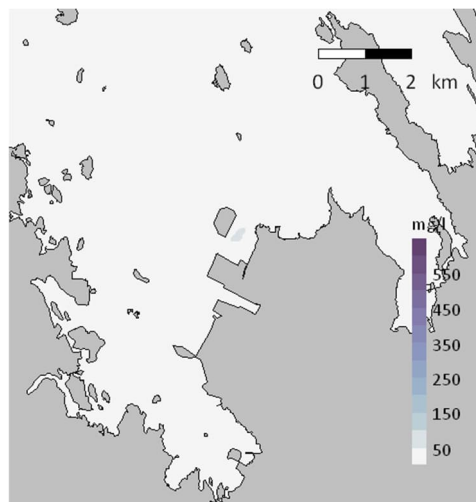
v1k_2021/03 pinta



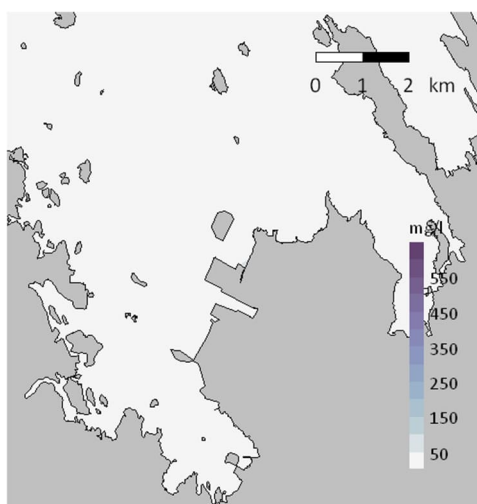
6-7m



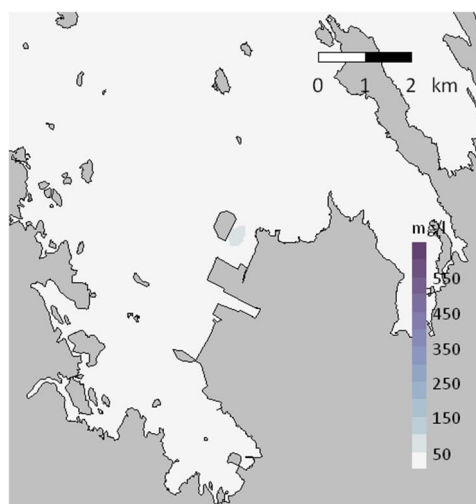
v1k_2021/07 pinta



6-7m

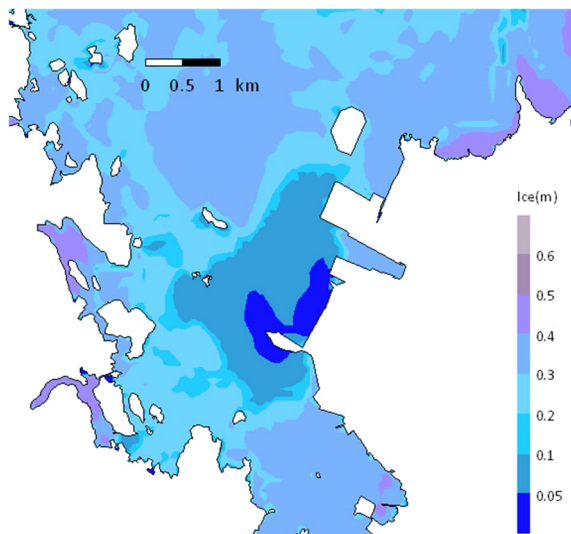


v1k_2021/08 pinta

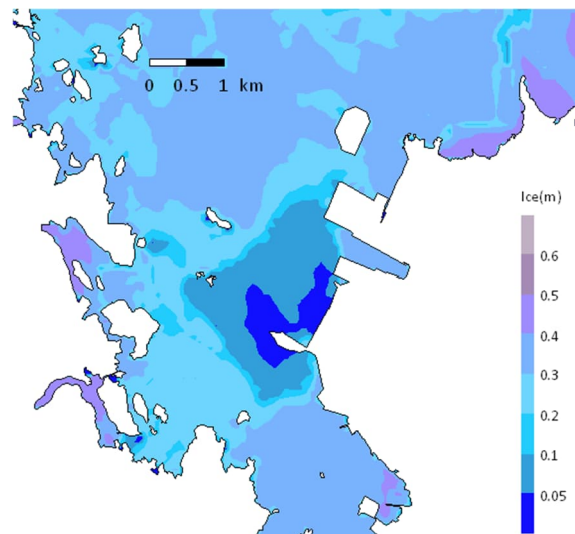


6-7m

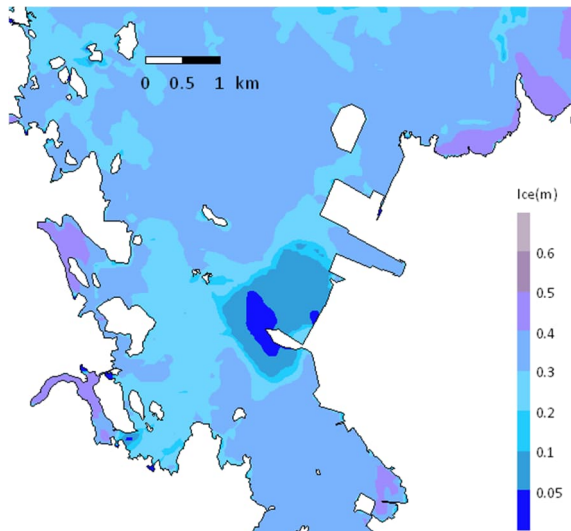
Kuva 3-15: Laskettu suolapitoisuuden nousu skenaariolla V1K skenaarioon V11 verrattuna vuoden 2021 maalis-, heinä- ja elokuussa pinnalla ja 6–7 m syvyydellä.



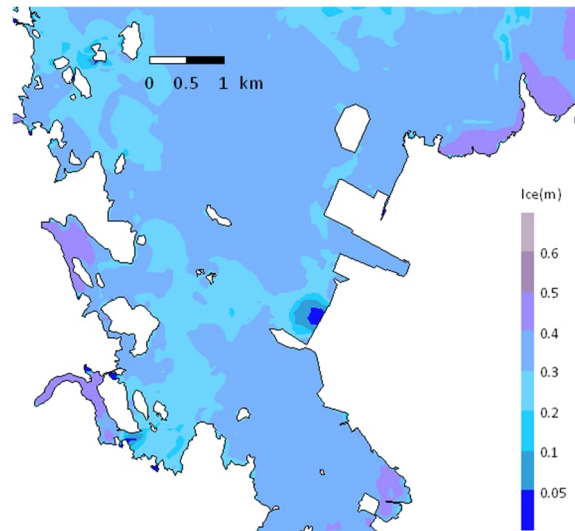
20210301-0315 Ice v1j



20210301-0315 Ice v1k



20210301-0315 Ice v1h



20210301-0315 Ice v11

Kuva 3-16: Laskettu keskimääräinen jään paksuus jaksoilta 1-15.3.2021 skenaariolla V1J ja V1K, V1H ja V11.

3.6 KIPP sinkki

Nykytilanteessa sinkkikuormitusta tulee purkupisteelle KIPP, ja jäähdytysveden ottoveden kautta pisteeseen KIPE. Skenaarioilla V1J ja V1K sinkkikuormitus pisteeseen KIPP nousee (33 %), mutta pysyy pisteessä KIPE samana kuin nykytilanteessa. Skenaariolla V1K pisteeseen KIPP puretaan vielä osa jäähdytysvesistä, kun skenaariolla V1J kaikki jäähdytysvedet puretaan pisteeseen KIPE.

Kuvissa 3-17, 3-18 ja 3-19 on esitetty lasketut sinkkipitoisuudet pisteissä E, R1, H, I, N2 ja D pinnalla ja pohjalla. Pisteiden paikat löytyvät kuvasta 2-1. Keskimääräiset pitoisuustasot ja muutokset nykytilaan (skenaario V11) verrattuna vuosille 2021 ja 2022 on esitetty taulukoissa 3-5 ja 3-6.

Taulukko 3-5: Sinkkipitoisuus keskiarvot seurantapisteissä, vuoden 2021 keskiarvo ja 2021 kesäjakson keskiarvo eri skenaarioilla.

2021 Zn		koko vuosi			7.7. – 8.9.		
Skenaario		V11	V1J	V1K	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K-E	pinta	4.30	3.67	3.44	3.86	4.19	3.91
R1	pinta	2.23	2.48	2.34	3.60	3.65	3.49
R4	pinta	2.81	3.08	2.89	3.61	3.68	3.51
K-H	pinta	2.25	2.46	2.37	3.02	3.25	3.08
K-I	pinta	2.84	2.95	2.90	2.30	2.45	2.35
N2	pinta	1.74	1.85	1.77	2.20	2.22	2.15
K-D	pinta	1.81	2.00	1.94	2.57	2.55	2.47
K-E	pohja	2.75	2.89	2.65	2.88	2.73	2.64
R1	pohja	2.07	1.92	1.87	2.64	2.52	2.45
R4	pohja	2.43	2.67	2.45	2.95	2.84	2.74
K-H	pohja	3.09	3.48	3.05	3.62	3.97	3.64
K-I	pohja	2.12	2.25	2.15	2.27	2.36	2.28
N2	pohja	2.09	2.31	2.28	2.08	2.12	1.99
K-D	pohja	1.36	1.39	1.41	2.08	2.01	1.96
Erotus V1X-V11							
K-E	pinta		-0.63	-0.86		0.34	0.05
R1	pinta		0.25	0.11		0.05	-0.12
R4	pinta		0.27	0.08		0.07	-0.11
K-H	pinta		0.21	0.12		0.23	0.06
K-I	pinta		0.11	0.06		0.14	0.04
N2	pinta		0.11	0.03		0.02	-0.05
K-D	pinta		0.19	0.12		-0.01	-0.09
K-E	pohja		0.14	-0.10		-0.15	-0.24
R1	pohja		-0.15	-0.20		-0.12	-0.20
R4	pohja		0.24	0.01		-0.11	-0.21
K-H	pohja		0.39	-0.04		0.35	0.02
K-I	pohja		0.14	0.03		0.10	0.01
N2	pohja		0.21	0.19		0.03	-0.10
K-D	pohja		0.03	0.05		-0.08	-0.13

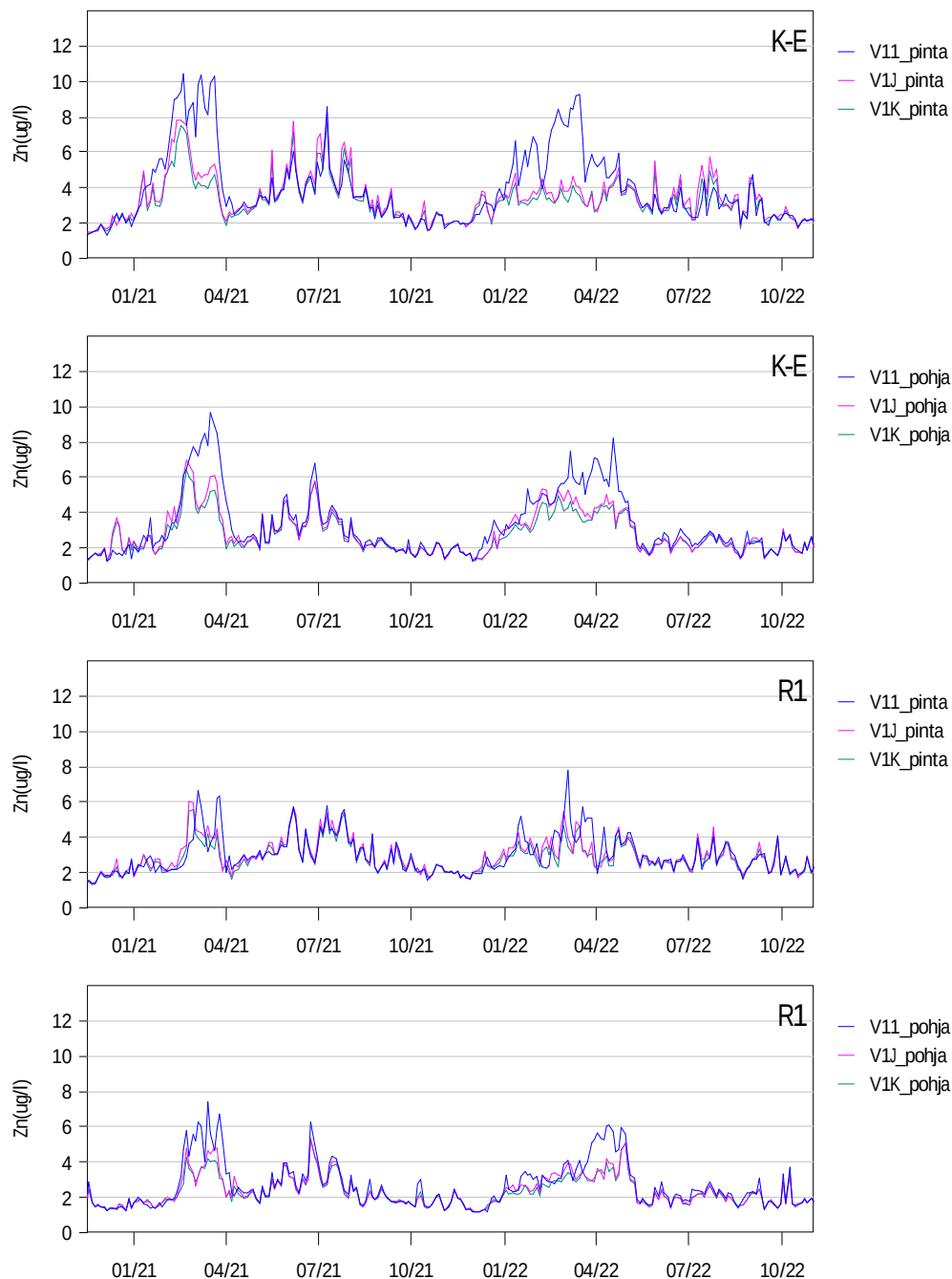
Taulukko 3-6: Sinkkipitoisuus keskiarvot seurantapisteissä, vuoden 2022 keskiarvo ja 2022 kesäjakson keskiarvo eri skenaarioilla.

2022 Zn		koko vuosi			7.7. – 8.9.		
Skenaario		V11	V1J	V1K	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K-E	pinta	3.92	3.30	3.09	3.15	3.65	3.30
R1	pinta	3.00	2.91	2.76	2.83	2.92	2.79
R4	pinta	3.48	3.00	2.88	2.69	2.79	2.68
K-H	pinta	2.70	2.88	2.79	2.58	2.73	2.59
K-I	pinta	2.90	2.67	2.59	2.17	2.26	2.18
N2	pinta	2.04	2.08	2.01	2.04	2.06	1.99
K-D	pinta	2.23	2.28	2.20	2.02	2.00	1.94
K-E	pohja	3.32	2.85	2.68	2.34	2.23	2.17
R1	pohja	2.64	2.33	2.25	2.18	2.05	2.01
R4	pohja	3.19	2.77	2.62	2.29	2.23	2.15
K-H	pohja	3.95	4.29	3.85	3.23	3.61	3.28
K-I	pohja	2.28	2.26	2.17	1.96	2.03	1.97
N2	pohja	2.74	2.92	2.75	2.11	2.11	1.97
K-D	pohja	2.08	1.95	1.96	1.85	1.72	1.70
Erotus V1X-V11							
K-E	pinta		-0.62	-0.83		0.50	0.15
R1	pinta		-0.10	-0.24		0.10	-0.04
R4	pinta		-0.47	-0.59		0.11	-0.01
K-H	pinta		0.18	0.09		0.15	0.02
K-I	pinta		-0.23	-0.31		0.09	0.01
N2	pinta		0.04	-0.03		0.02	-0.05
K-D	pinta		0.05	-0.03		-0.02	-0.07
K-E	pohja		-0.47	-0.64		-0.10	-0.17
R1	pohja		-0.31	-0.39		-0.13	-0.18
R4	pohja		-0.42	-0.57		-0.06	-0.14
K-H	pohja		0.34	-0.09		0.38	0.05
K-I	pohja		-0.02	-0.11		0.07	0.01
N2	pohja		0.18	0.01		0.01	-0.14
K-D	pohja		-0.13	-0.12		-0.13	-0.15

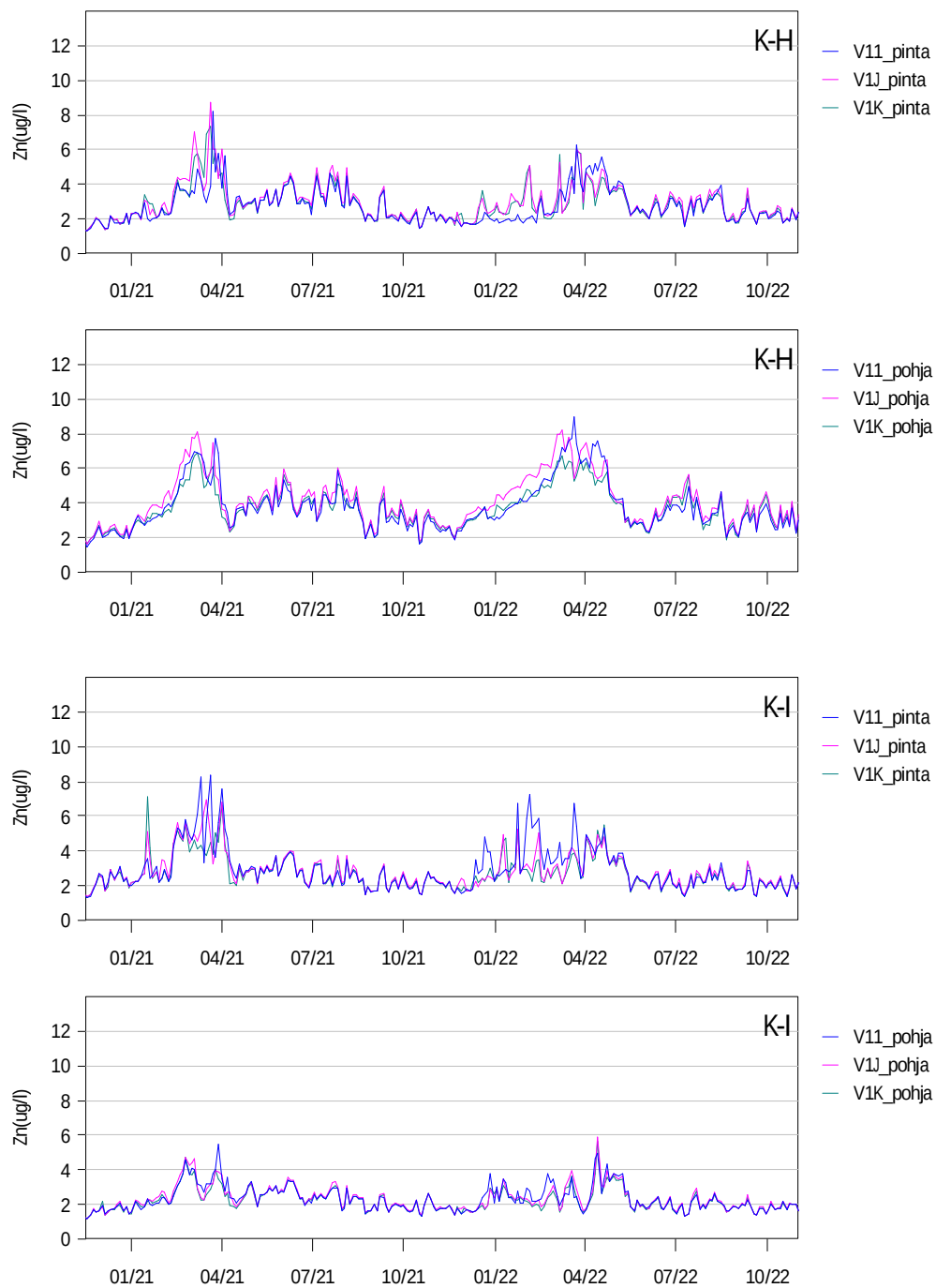
Pisteessä KIPE jäähdytysvesimäärän noustessa sama sinkkikuormitus sekoittuu suurempaa vesimäärään, jolloin sekä skenaariolla V1J että V1K KIPE pisteen lähimmässä seurantapisteessä E sinkkipitoisuus laskee talvella sekä pinta- että pohjakerroksissa. Kesällä pitoisuustaso on pintakerroksessa nykytilaan korkeampia, ja pohjalla pienempi. Tämä johtunee suoraan suuremmasta jäähdytysvirtaamasta, joka työntää purkuvesiä purkupaikalta kauemmas kuin nykytilanteessa.

Pisteessä KIPP sinkkikuormitus nousee. Skenaariossa V1K pisteeseen ohjataan myös osa jäähdytysvesistä, jolloin kuormitus laimenee suurempaan vesimäärään. Pisteessä H skenaariolla V1J sinkkipitoisuus nousee, mutta skenaariolla V1K jäähdytysveden lisäys laimentaa pitoisuuskasvua. Tulos näkyy pisteen H pohjapitoisuuksissa siten, että V1J kuormitus nostaa sinkkipitoisuuksia, mutta V1K skenaariolla pitoisuudet nousevat vähemmän. Kauempana purkupaikalta pisteessä N2 skenaariolla V1J pitoisuus nousee jonkin verran sekä pinnalla että pohjalla, skenaariolla V1K jäähdytysveden aiheuttama laimentuminen näkyy edelleen siten, että pitoisuustasot ovat nykytilan tasolla tai hieman nykytasoa pienempiä.

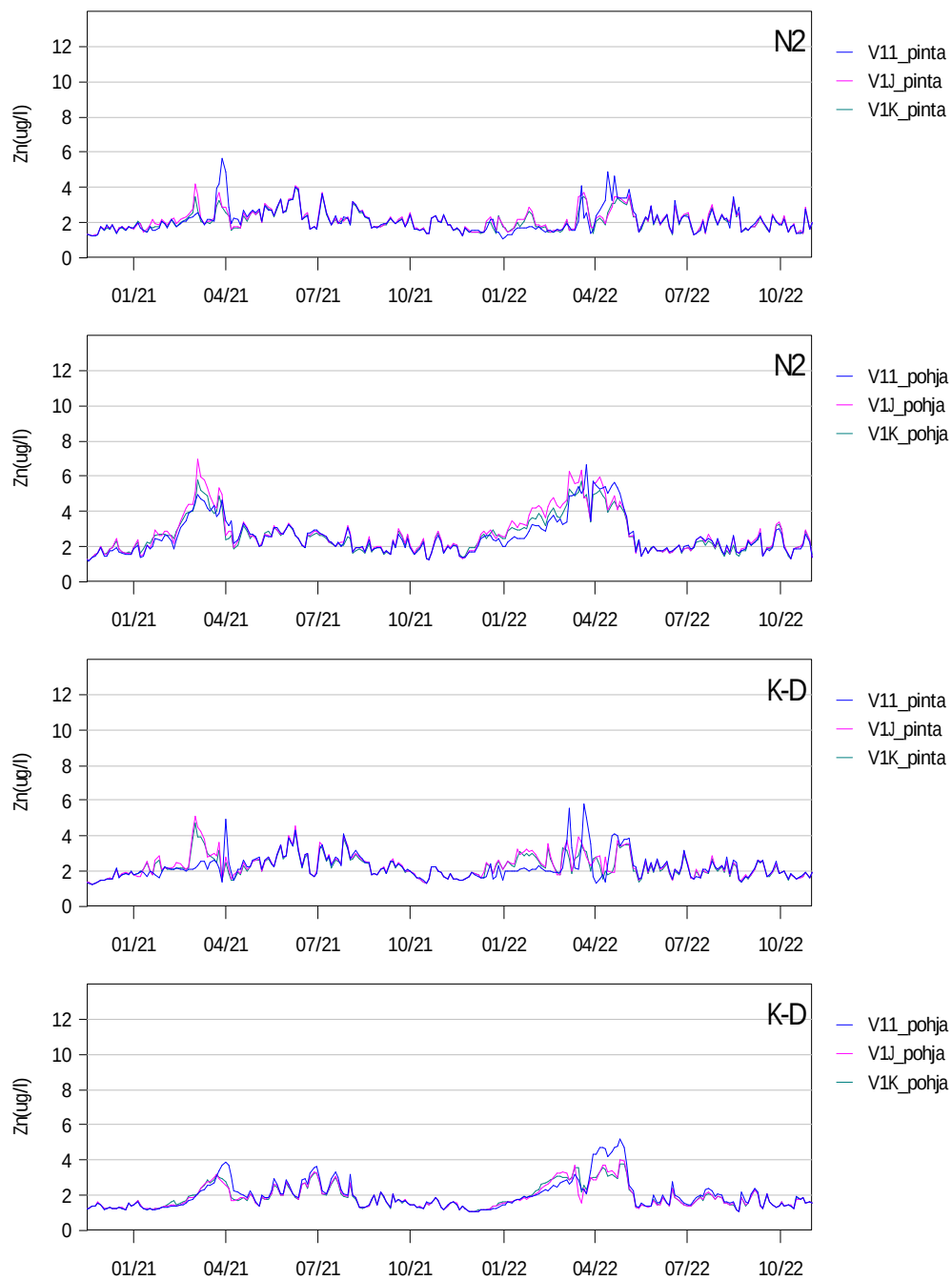
Pisteessä D sinkkipitoisuuksiin vaikuttavat molemmat purkupisteet, tässä pisteessä talvella molemmilla skenaariolla sinkkipitoisuus nousee pintakerroksessa ja laskee pohjakerroksessa. Avovesiaikana erot nykytilanteeseen jäävät talvitilannetta pienemmiksi.



Kuva 3-17: Lasketut sinkkipitoisuudet pisteiden E ja R1pinta- ja pohjakerroksessa



Kuva 3-18: Lasketut sinkkipitoisuudet pisteiden H ja I pinta- ja pohjakerroksessa



Kuva 3-19: Lasketut sinkkipitoisuudet pisteiden N2 ja D pinta- ja pohjakerroksessa, vuosi 2021

3.7 KIPP kadmium

Skenaariolla V1J ja V1K kadmiumkuormitus pisteessä KIPP nousee hieman, ja pysyy saman pisteessä KIPE. Kuvissa 3-20, 3-21 ja 3-22 on esitetty lasketut kadmiumpitoisuudet pisteissä E, R1, H, I, N1 ja D pinnalla ja pohjalla. Pisteiden paikat löytyvät kuvasta 2-1. Keskimääräiset pitoisuustasot ja muutokset V11 skenaarion verrattuna vuosille 2021 ja 2022 on esitetty taulukoissa 3-7 ja 3-8.

Taulukko 3-7: Kadmiumpitoisuuden keskiarvot seurantapisteissä, vuoden 2021 keskiarvo ja 2021 kesäjakson keskiarvo eri skenaarioilla.

2021 Cd		koko vuosi			7.7. – 8.9.		
Skenaario		V11	V1J	V1K	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K-E	pinta	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018
R1	pinta	0.018	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018
R4	pinta	0.017	0.016	0.016	0.018	0.019	0.019
K-H	pinta	0.019	0.019	0.019	0.021	0.022	0.022
K-I	pinta	0.020	0.020	0.020	0.018	0.019	0.019
N2	pinta	0.016	0.017	0.016	0.017	0.018	0.018
K-D	pinta	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018
K-E	pohja	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018
R1	pohja	0.017	0.017	0.017	0.017	0.018	0.017
R4	pohja	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018
K-H	pohja	0.044	0.047	0.041	0.032	0.035	0.034
K-I	pohja	0.019	0.020	0.019	0.018	0.019	0.018
N2	pohja	0.027	0.029	0.029	0.019	0.020	0.019
K-D	pohja	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017
K-E	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
R1	pinta		0.000	-0.001		0.000	0.000
R4	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
K-H	pinta		0.001	0.000		0.001	0.001
K-I	pinta		0.000	0.000		0.001	0.000
N2	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
K-D	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
K-E	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000
R1	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000
R4	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000
K-H	pohja		0.003	-0.004		0.003	0.002
K-I	pohja		0.001	0.000		0.001	0.000
N2	pohja		0.001	0.001		0.000	0.000
K-D	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000

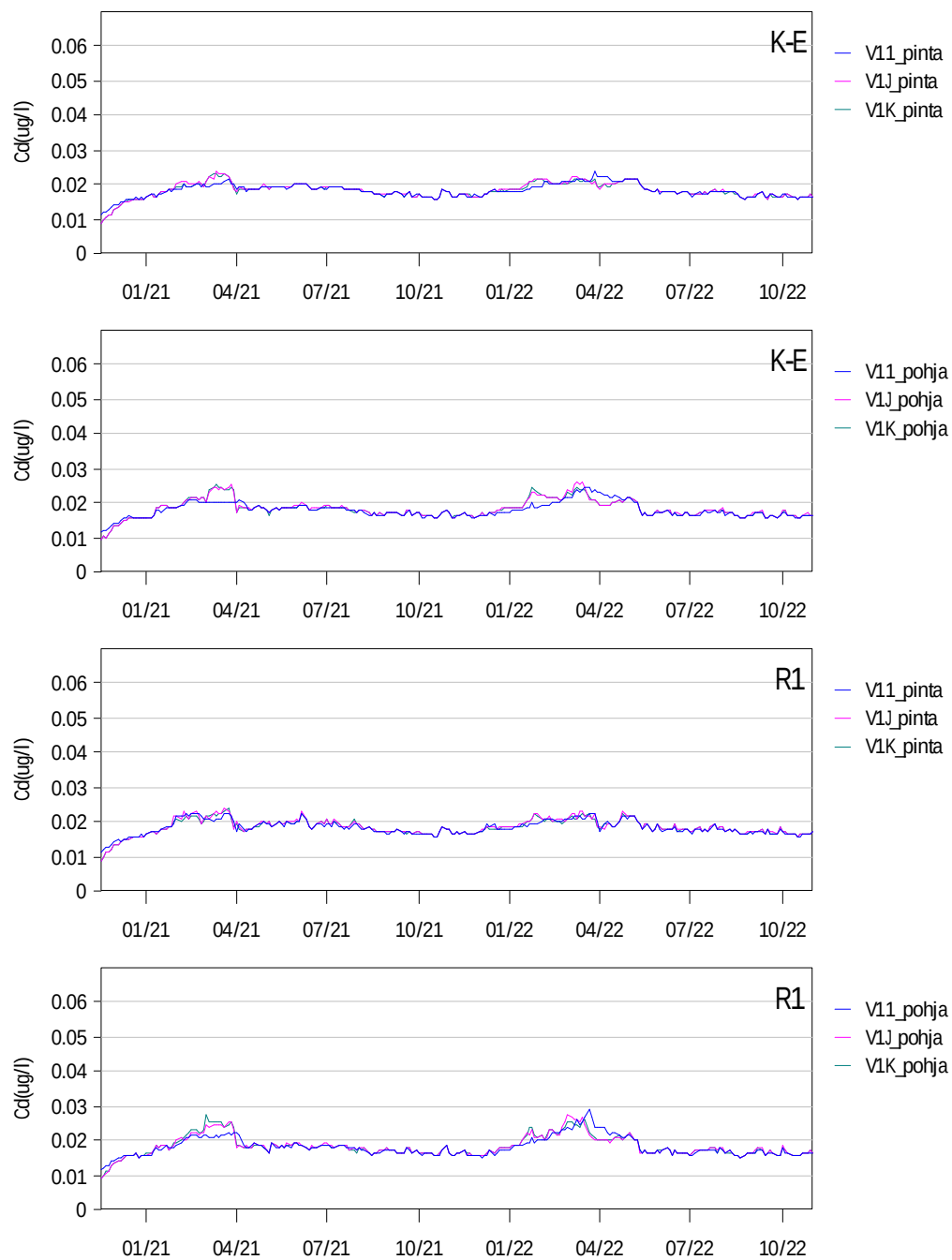
Taulukko 3-8: Kadmiumpitoisuuden keskiarvot seurantapisteissä, vuoden 2022 keskiarvo ja 2022 kesäjakson keskiarvo eri skenaarioilla.

2022 Cd		koko vuosi			7.7. – 8.9.		
Skenaario		V11	V1J	V1K	V11	V1J	V1K
Piste	Syvyys	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
K-E	pinta	0.019	0.019	0.019	0.017	0.018	0.017
R1	pinta	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018
R4	pinta	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018
K-H	pinta	0.020	0.021	0.021	0.020	0.021	0.021
K-I	pinta	0.020	0.020	0.019	0.018	0.019	0.019
N2	pinta	0.017	0.018	0.017	0.017	0.017	0.017
K-D	pinta	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017
K-E	pohja	0.018	0.019	0.019	0.017	0.017	0.017
R1	pohja	0.019	0.019	0.019	0.017	0.017	0.017
R4	pohja	0.018	0.019	0.019	0.017	0.017	0.017
K-H	pohja	0.040	0.042	0.038	0.034	0.037	0.035
K-I	pohja	0.019	0.019	0.019	0.017	0.018	0.018
N2	pohja	0.027	0.028	0.027	0.021	0.021	0.020
K-D	pohja	0.019	0.019	0.019	0.016	0.016	0.016
Ero, V1X-V11							
K-E	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
R1	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
R4	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
K-H	pinta		0.001	0.000		0.001	0.001
K-I	pinta		0.000	0.000		0.001	0.001
N2	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
K-D	pinta		0.000	0.000		0.000	0.000
K-E	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000
R1	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000
R4	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000
K-H	pohja		0.002	-0.002		0.003	0.001
K-I	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000
N2	pohja		0.001	0.000		0.000	-0.001
K-D	pohja		0.000	0.000		0.000	0.000

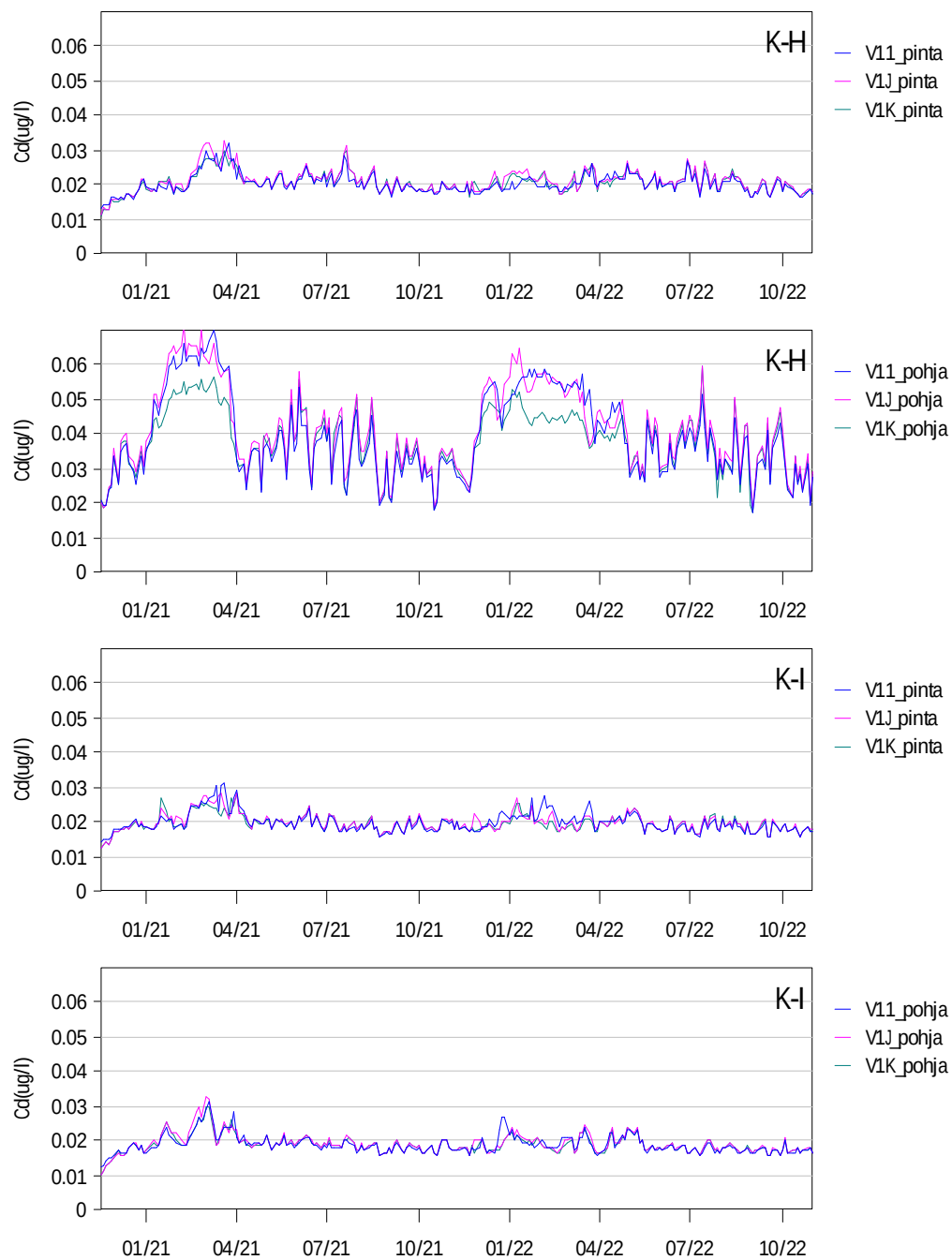
Kuormituspisteen KIPE lähipisteissä jäähdytysvesimäärien muutos ei vaikuta kadmiumpitoisuuksiin, toisin sanoen pääosa pitoisuuksista on todennäköisesti peräisin ottovedestä, jolloin vesimäärän muutos ei vaikuta laimenemiseen.

Kuormituspisteessä KIPP kadmiumkuormitus nousee skenaariolla V1J ja V1K noin 16%, mikä näkyy skenaariolla V1J noin pitoisuusnousuna pinta- ja pohjakerroksen pitoisuuksissa. Pohjakerroksessa nousu on pintakerrosta suurempi. Skenaariolla V1K lisääntynyt jäähdytysvesivirtaama laimentaa kuormitusta, jolloin kadmiumpitoisuus laskee talvella pohjalla nykytilanteeseen verrattuna. Pintakerroksessa muutokset ovat pieniä.

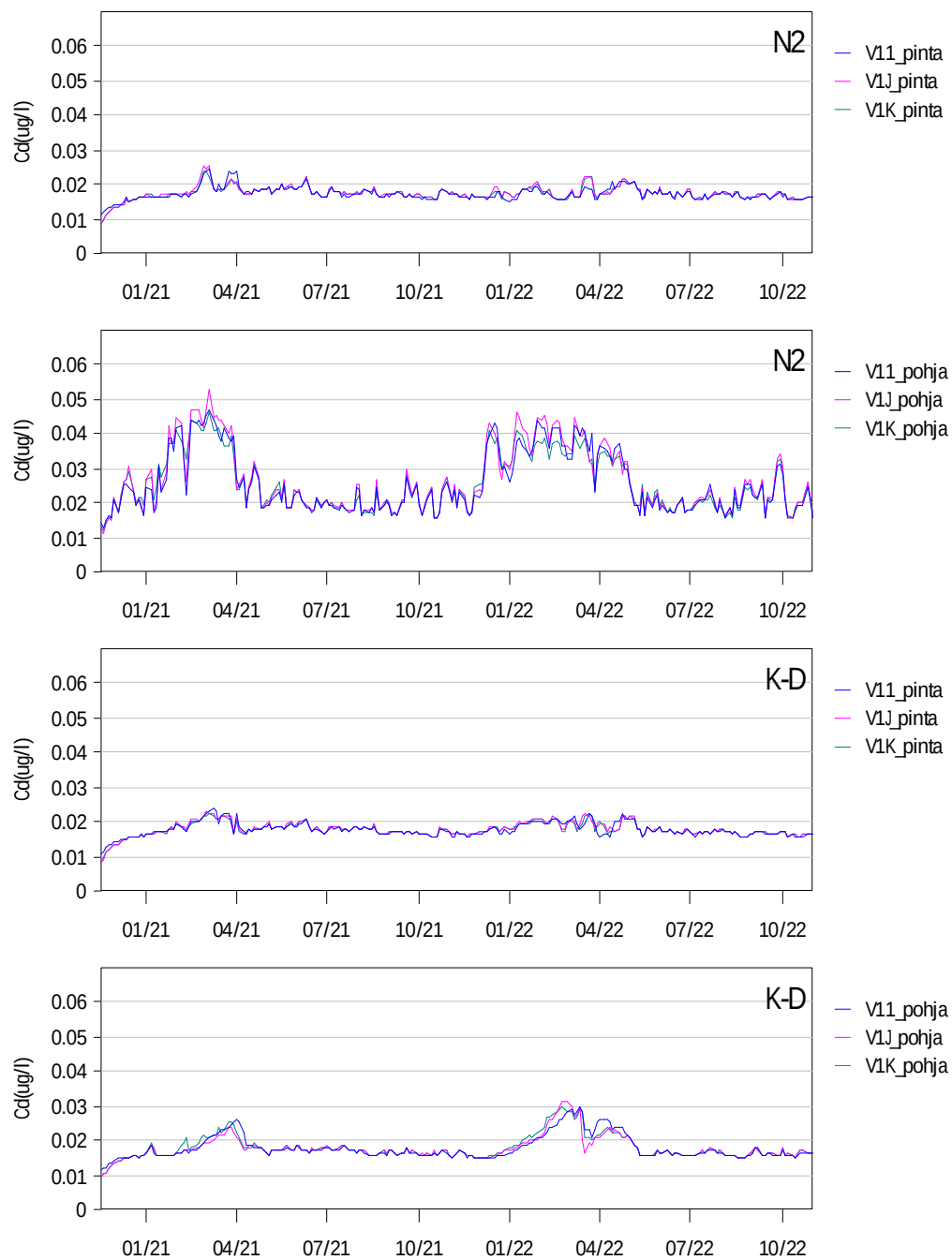
Yleisesti muutokset kadmiumpitoisuuksissa jäävät pieniksi, ja näkyvät pääasiassa purkupistettä KIPP lähinnä sijaitsevilla pisteillä H, I ja N2.



Kuva 3-20: Lasketut kadmiumpitoisuudet pisteiden E ja R1 pinta- ja pohjakerroksessa



Kuva 3-21: Lasketut kadmiumpitoisuudet pisteiden H ja I pinta- ja pohjakerroksessa



Kuva 3-22: Lasketut kadmiumpitoisuudet pisteiden N2 ja D pinta- ja pohjakerroksessa

4 Yhteenveto

Tässä raportissa esitetyn työn tavoitteena oli arvioida Kokkolan Bolidenin rikkirikasteen hyötykäytön aiheuttamien lämpö-, sinkki- ja kadmiumkuormitusmuutosten vaikutusta Kokkolan edustan merialueella. Laskennassa huomioitiin myös Kokkolan sataman suunniteltu rantaviivan muutos sekä muiden alueella olevien toimijoiden nykytilan ja lähitulevaisuuden kuormitukset. Laskennat tehtiin vuosien 2021 ja 2022 olosuhdetiedoilla. Ilmastomuutoksesta aiheutuvia sääolosuhteiden ja esim. jokikuormitusten muuttumisen vaikutusta ei tässä ole otettu erikseen huomioon.

Mallin toiminta varmistettiin vertaamalla mallin laskemia meriveden lämpötilan ja suolaisuuden arvoja alueella tehtyihin mittauksiin, sekä vertaamalla mallin laskemia kokonaisravinteiden ja metallien pitoisuuksia mitattuihin arvoihin. Mallin toiminnan varmistus on esitetty tarkemmin erillisessä raportissa (AFRY 2024).

Boliden Kokkolan toimintojen muutos aiheuttaa lämpökuorman nousua purkupisteeseen KIPE, sekä purkuvesimäärän ja samalla myös sinkki- ja kadmiumkuormituksen nousua purkupisteeseen KIPP. Lämpöpäästö määrälle käytettiin suunnitteluvaiheen arviota, joka voi jatkossa tarkentua, todennäköisesti tässä käytettyä arvoa pienemmäksi.

Laskentojen perusteella lämpökuormituksen vaikutus näkyy pääasiassa Kokkolan sataman alueella, eikä alue, jossa lämpötilan keskiarvo nousee yli yhden asteen ulotu pintakerroksessa yli 1 km päähän purkupaikoilta. Kuormitusten aiheuttamana sinkki- ja kadmiumpitoisuudet nousevat skenaariolla V1J KIPP-pisteen lähialueella. Nousu jää pidemmän jakson keskiarvoissa sinkin osalta enimmilläänkin alle 0,5 µg/l, ja kadmiumin osalta alle 0,005 µg/l. Skenaariossa V1K pisteeseen KIPP ohjattava jäähdytysvesi laimentaa metallipitoisuuksia, jolloin seurantapisteissä mitattavissa olevat pitoisuustasot laskevat talvella selvästi, kesällä pitoisuudet ovat lähellä nykytasoa.

5 Lähdeluettelo

AFRY 2024, Kokkolan edustan kuormitusten ja rantaviivan muutosten yhteisvaikutukset, Virtaus- ja vedenlaatumallinnus 2021-2022 tiedoilla, v3, AFRY Finland Oy, 5.2.2024