

Kristiinankaupungin merialueelle purettavien jäähdytysvesien vesistövaikutuksien mallinnus

Kai Rasmus ja Joose Mykkänen

Kristiinankaupungin merialueelle purettavien jäähdytysvesien vesistövaikutuksien mallinnus

Raportin otsikko		Kristiinankaupungin merialueelle purettavien jäähdytysvesien vesistövaikutuksien mallinnus			
Versio	Laatija	Pvm	Kuvaus	Tarkistettu	Hyväksytty
01	Joose Mykkänen	30.8.2024	Tulokset nähtäville		
02	Joose Mykkänen	13.9.2024	Raportti kommenteille	KR	AL
03	Joose Mykkänen	20.9.2024	Kommenttien mukaan korjattu raportti	KR	AL
04	Joose Mykkänen	6.11.2024	Valmis raportti	KR	AL

04	6.11.2024	Valmis raportti	JM	KR	AL
Versio	Pvm.	Kuvaus	Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
 Luode			Dokumentti: Kristiinankaupungin merialueelle purettavien jäähdytysvesien vesistövaikutuksien mallinnus		
Asiakas: Ramboll Finland Oy					
Luode Consulting Oy:n yhteyshenkilö: Joose Mykkänen			Tiedoston nimi: Kristiinankaupunki jäähdytysveden vesistövaikutuksien mallinnus Luode Oy 06112024.pdf		
Työn suorittaja: Luode Consulting Oy					

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
2	Menetelmät.....	2
2.1	Yleistä.....	2
2.2	Laskentahila ja syvyysmalli.....	3
2.3	Mallin pakotteet, reunaehdot ja lähtöarvot.....	3
3	Mallinnetut skenaariot.....	3
4	Tulokset.....	6
4.1	Tulosten esitysmenetelmät.....	6
4.2	Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus meriveden lämpötilaan.....	7
4.2.1	Jäähdytysvesikuormituksen normaalitaso koko vuoden jaksolla.....	7
4.2.2	Jäähdytysvesikuormituksen normaalitaso kesäkaudella heinäkuun maksimikuormituksen kanssa.....	8
4.3	Jäähdytysvesikuormituksen vaikutus meriveden suolapitoisuuteen.....	10
4.4	Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus jääpeitteeseen.....	10

1 Johdanto

Koppö Energia Oy selvittää hiilineutraalin synteettisen metaanin valmistusta Kristiinankaupungissa lähialueen savukaasuvirrasta talteen otetusta hiilidioksidista sekä uusiutuvalla sähköllä tuotetusta vedystä. Laitoskokonaisuus on suunniteltu rakennettavaksi Karhusaaren teollisuusalueelle, vanhan voimalaitoksen eteläpuolelle. Prosessissa tarvittava vesi sekä laitoksen jäähdytysvesi johdetaan merialueelta, jonne myös kierrätykseen kelpaamattomat jäähdytysvedet ja suolanpoistossa rejektinä syntyvä suolapitoinen vesi johdetaan.

Laitokselta mereen purettavan jäähdytysveden vaikutuksia selvitettiin mallinnuksella. Tavoitteena oli arvioida jäähdytysveden lämpökuorman sekä vähäisen suolakuorman vaikutusalueen laajuutta ja voimakkuutta merialueella. Vaikutusta tarkasteltiin mallintamalla jäähdytysveden leviämistä vuoden jaksolla sisältäen kesäkauden lämpötilakerrostuneisuuden jakson sekä talvikauden jääpeitteisen jakson. Mallinnuksen tuloksista esitetään karttakuvat jäähdytysveden lämpö- ja suolakuormituksen vaikutuksesta meriveden lämpötilaan ja suolapitoisuuteen. Lisäksi talvikauden osalta esitetään mallinnettu vaikutus jääpeitteeseen. Karttakuvaajien lisäksi mallinnuksen tulokset esitetään taulukkoarvoina vaikutusalueella sijaitsevien vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdalla.

2 Menetelmät

2.1 Yleistä

Vesistövaikutuksien mallinnus toteutettiin Delft3D-mallinnusohjelmistolla, joka on kehitetty veden fysikaalisten ominaisuuksien sekä vedenlaatuparametrien laskemiseen rannikko-, estuaari-, järvi- ja jokiympäristöissä. Ohjelmisto laskee mallille annettujen reunaehtojen ja fysikaalisten pakotteiden mukaan vesialueen virtausnopeudet, pinnankorkeuden, kerrostuneisuuden, lämpötilan, suolaisuuden sekä malliin asetettujen aineiden kulkeutumisen. Malliohjelmistoa on hyödynnetty

lukuisissa järvi-, joki- sekä rannikkomerialueiden kohteissa ja mallituloksien on todettu toistavan hyvällä tarkkuudella validointimittauksissa esiintyvät virtausolosuhteet sekä merialueen kerrostuneisuusrakenteen.

Tarkemmat yksityiskohdat käytetystä mallista löytyvät oheisen linkin kautta:

<https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-4-suite/>

2.2 Laskentahila ja syvyysmalli

Mallinnuksessa käytettiin suorakulmaista laskentahilaa, joka kattoi koko Pohjanlahden alueen Selkämeren eteläosista Perämeren pohjukkaan. Näin varmistettiin, että Kristiinankaupungin merialueen virtausolosuhteet saadaan simuloitua luotettavasti vaihtuvissa virtausolosuhteissa. Syvyysmalli tehtiin Väyläviraston avoimen syvyysaineisto mukaan. Myös rantaviiva-aineisto ladattiin Väyläviraston avoimista aineistoista. Syvyysuunnassa laskentahila on jaettu 10 kerrokseen, joiden paksuus on 10 % solun syvyydestä. Kaskisten matalalla pääosin alle 20 syvyisellä rannikkomerialueella vaihtelee kerroksen paksuus noin 0,1 metrin ja 2 metrin välillä. Tämä ns. sigma-kerrosmalli tuottaa yhtenäiset pinta- ja pohjakerrokset parantaen virtausmallin tarkkuutta.

2.3 Mallin pakotteet, reunaehdot ja lähtöarvot

Koko Pohjanlahden kattavassa virtausmallissa oli yksi laskentahilan Itämeren pääaltaaseen liittävää reuna Ahvenanmaan saariston tasolla. Vedenvaihtoa laskentahilan sekä Itämeren pääaltaan välillä pakotettiin meriveden pinnankorkeuden ja tuulen ajamien virtausten mukaan. Mallin eteläreunaa ohjattiin vedenkorkeusaineistolla, joka perustui Föglön mareografin mittaushavaintoihin. Mallin Itämeren pääaltaaseen liittävän reunan lisäksi merialueen vedenvaihdossa huomioitiin Pohjanlahteen laskevien merkittävimpien jokien virtaamat. Mallinnuksessa oli mukana Kristiinankaupungin rannikkomerialueelle purkautuvat Närpiönjoki, Teuvanjoki ja Isojoki sekä kauemmaksi purkavat Kokemäenjoki, Oulujoki, Kemijoki Tornionjoki ja lisäksi Ruotsin puolelle purkavat Kalixjoki, Luulajanjoki, Uumajanjoki, Skelleftejoki, Indalinjoki sekä Daljoki. Jokivesille asetettiin ajallisesti vaihtuvat virtaaman ja lämpötilan aikasarjat, jotka ladattiin Suomen jokien osalta ympäristöhallinnon Hertta-palvelusta ja Ruotsin jokien osalta SMHI:n avoimista aineistoista.

Vedenlaadun osalta meriveden lämpötilan ja suolapitoisuuden lähtötilanteen arvot sekä mallin Itämeren pääaltaaseen liittävän reunan aikasarjat muodostettiin ympäristöhallinnon avoimen Hertta-tietokannan vedenlaatuhavaintoihin perustuen.

Sääparametrit asetettiin malliin paikallisesti ja ajallisesti vaihtuvana kenttänä perustuen mallinnetun alueen säähavaintoihin (Ilmatieteenlaitos ja SMHI) lukuun ottamatta suhteellista kosteutta ja pilvisyyttä, jotka ladattiin ncep/ncar tietokannasta perustuen havaintoihin ja mallituloksiin.

3 Mallinnetut skenaariot

Mallinnuksella selvitettiin jäähdytysvesikuormituksen arvioitua realistista normaalitasoa. Mereen purettavan jäähdytysveden virtaama vaihteli mallinnetun koko vuoden jaksolla kuukausittain ollen suurimmillaan kesäkaudella ja pienimmillään talvikaudella (kuva 1). Lämpötilan ja suolapitoisuuden osalta mereen purettava jäähdytysvesi pysyi koko vuoden jaksolla vakioarvoissa 30 °C ja 6,0 ‰.

Mallinnettavaksi jaksoksi valittiin koko vuoden jakso 6/2021-5/2022. Mallinukseen valitulle jaksolle ajoittuu kesäkaudella vähäisen vedenvaihdon olosuhteet, jolloin rannikkomerialueen sisälahtia huuhtova meriveden pinnankorkeuden vaihtelu on vähäistä, jokivesivirtaama on minimitasolla ja kesäkaudella pintavirtauksia ja edelleen rannikkomerialueen vedenvaihtoa voimistavat tuuliolosuhteet ovat maltilliset. Vähäisen vedenvaihdon tilanteissa mallinnuksen tulokset kuvaavat kuormituksen vaikutuksia suurimmillaan. Mallinnettavan vuoden talvikaudella jääpeite kattoi rannikkomerialueen, mutta Selkämeren keskiosa pysyi sulana koko talvikauden ajan.

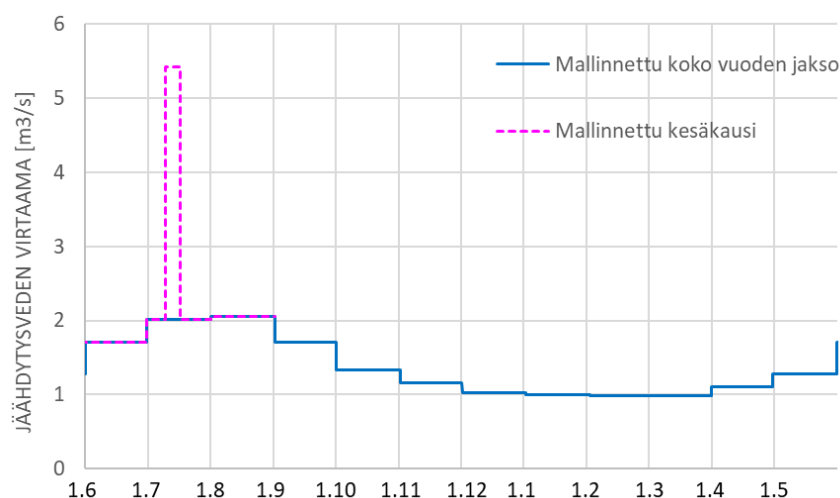
Koko vuoden kattavan mallinnuksen lisäksi toteutettiin lisäskenaarion mallinnus vain kesäkaudelle kesä-elokuulle 2021 jäähdytysvesikuormituksen realistisella normaalitasolla, jossa kuumimman heinäkuun viikon aikana kuormitus nousee viikon ajaksi maksimitasolle palaten sen jälkeen takaisin normaalitasolle (kuva 1). Lämpötilan ja suolapitoisuuden osalta mereen purettava jäähdytysvesi pysyi muiden mallinnusten tavoin vakioarvoissa 30 °C ja 6,0 ‰.

Mallinnus tehtiin kahdelle purkuvaihtoehdolle, jossa vaihtoehdossa VE1a jäähdytysvesi puretaan satama-altaaseen aallonmurtajan sisäpuolelle ja vaihtoehdossa VE1b jäähdytysvesikanavaa pitkin aallonmurtajan ulkopuolelle (kuva 2). Jäähdytysveden otto tapahtuu molemmissa vaihtoehdoissa satama-altaasta (kuva 2).

VE0 Nykytila ilman jäähdytysvesikuormitusta, koko vuoden jakso 06/2021-05/2022 ja kesäjakso kesä-elokuu 2021

VE1a Jäähdytysveden purkaminen (kuva 1) kanavaan ja johtaminen satama-altaaseen aallonmurtajan sisäpuolelle (kuva 2). Vedenotto satama-altaasta aallonmurtajan sisäpuolelta, koko vuoden jakso 06/2021-05/2022 ja kesäjakso kesä-elokuu 2021

VE1b Jäähdytysveden purkaminen (kuva 1) kanavaan ja johtaminen kanavaa pitkin aallonmurtajan ulkopuolelle (kuva 2). Vedenotto satama-altaasta aallonmurtajan sisäpuolelta, koko vuoden jakso 06/2021-05/2022 ja kesäjakso kesä-elokuu 2021



Kuva 1. Jäähdytysveden virtaaman realistinen kuukausittainen normaalitaso mallinnetulla koko vuoden jaksolla (sininen käyrä) ja mallinnetulla kesäajalla (punainen käyrä), jossa lämpötila nousee viikoksi maksimitasolle.



Kuva 2. Jäähdytysveden purku (punainen nuoli) satama-altaaseen vaihtoehdolla VE1a (vasen kuva) sekä jäähdytysveden purku satama-altaan ulkopuolelle vaihtoehdolla VE1b (oikea kuva). Molemmissa vaihtoehdoissa jäähdytysveden otto tapahtuu satama-altaan pohjakerroksesta (vihreä ympyrä).

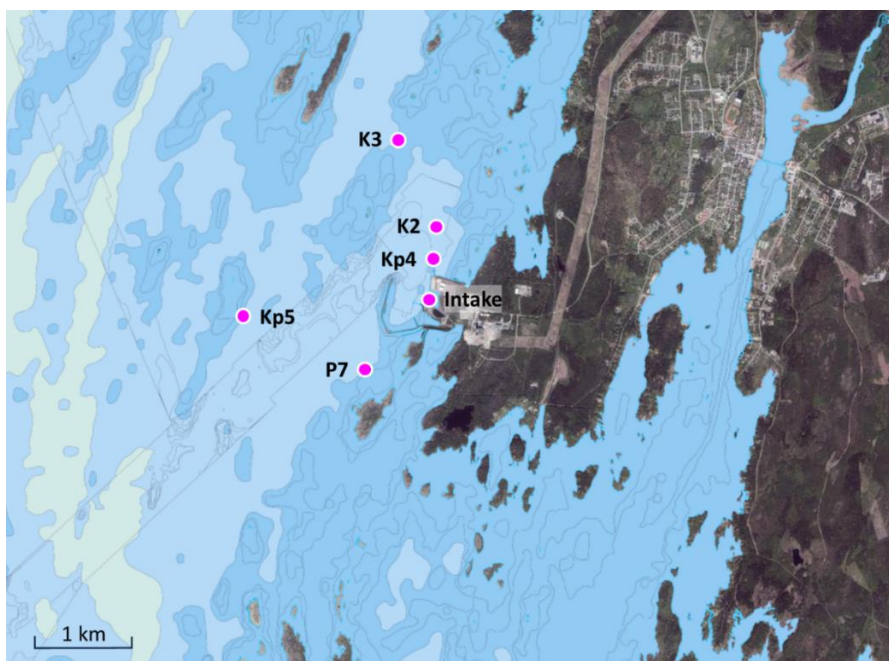
4 Tulokset

4.1 Tulosten esitysmenetelmät

Mallin tulokset kuvaavat jäähdytysvesikuormituksen aiheuttamaa muutosta meriveden lämpötilaan, suolapitoisuuteen ja jäänpaksuuteen. Vertaamalla jäähdytysvesikuormituksella mallinnettuja tuloksia nykytilan tuloksiin arvioitiin, kuinka voimakkaina ja kuinka laajalla alueella jäähdytysvesikuormituksen vaikutuksia havaitaan vastaanottavassa vesistössä.

Mallinnuksen tulokset esitetään karttakuvaajina havainnollistamaan vaikutuksen voimakkuutta ja vaikutusalueen laajuutta. Karttakuvaajat esitetään mallinnetuista meriveden lämpötilasta ja suolapitoisuudesta erikseen sekä pinta- että pohjakerroksessa. Karttakuvaajissa esitetään meriveden lämpötilan osalta kuukausittainen keskimääräinen muutos sekä maksimimuutos. Suolapitoisuuden osalta karttakuvaajissa esitetään vastaava keskimääräinen ja maksimimuutos kuormituksen ollessa suurimmillaan heinäkuussa ja matalimmillaan helmikuussa. Keskimääräinen muutos kuvaa pysyvää vaikutusalueutta, jossa kuormitusta havaitaan säännöllisesti. Maksimimuutos puolestaan kuvaa mallinnetun kauden aikaista vain hetkellisesti havaittavaa suurinta yksittäistä vaikutusta. Merivesivaikutuksien lisäksi karttakuvaajilla esitetään myös jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus talvikauden aikaisen jääpeitteen paksuuteen.

Karttakuvaajien lisäksi mallinnuksen tulokset esitetään taulukkoarvoina Karhusaaren edustalla sijaitsevien vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdalla ja lisäksi myös laitoksen vedenottopisteen kohdalla (kuva 2). Karttakuvaajien tavoin taulukkoarvot kuvaavat kuinka paljon jäähdytysvesikuormitus muuttaa meriveden lämpötilaa ja suolapitoisuutta. Taulukkoarvoissa esitetään kuukausittain havaittava keskimääräinen ja suurin yksittäinen (maksimi) lämpötilan ja suolapitoisuuden muutos pinta- ja pohjakerroksissa mallinnetulla jaksolla.



Kuva 3. Karhusaaren edustalla sijaitsevat vedenlaadun tarkkailupisteet sekä laitoksen vedenottopiste (intake), joiden kohdalta esitetään mallinnuksen tulokset taulukkoarvoina (taulukot 1 ja 2). Karttapohja MML

4.2 Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus meriveden lämpötilaan

Normaalikuormituksella jäähdytysvesien virtaama on suurimmillaan kesäkaudella heinä-elokuussa ja pienimmillään talvikaudella (kuva 1). Tämä johtuu jäähdytysprosessiin otettavan veden luonnollisesta vuodenaikaisesta lämpötilavaihtelusta, mistä johtuen kesäkaudella jäähdytykseen tarvitaan talvikautta suurempi vesimäärä. Kesäkaudella vaikutukset näkyvät siten talvikautta selvemmin, kun vielä huomioidaan lämpövuon olevan vesi-ilma rajapinnalla kesäkaudella selvästi talvikautta heikompaa.

4.2.1 Jäähdytysvesikuormituksen normaalitaso koko vuoden jaksolla

VE1a jäähdytysvesien johtaminen aallonmurtajan sisäpuolelle

Realistisen normaalitason jäähdytysvesikuormituksen johtaminen satama-altaaseen aallonmurtajan sisäpuolelle näkyy eri vuodenaajoista selvemmin kesäkaudella ollen voimakkaimmillaan heinäkuussa. Meriveden lämpötila nousee jäähdytysvesikuormituksen vaikutuksesta kesäkaudella aallonmurtajan rajaaman satama-altaan sisäpuolella keskimäärin tason 0,2-0,5 °C:een verran (kuva 4 ja 6). Aallonmurtajan ulkopuolella vaikutus meriveden lämpötilaan jää kuitenkin vähäiseksi kesäkaudella. Heikkoa alle tason 0,1 °C:een lämpötilan nousua nähdään satama-altaan ulkopuolella noin 1,2 km säteellä purkupisteestä (kuvat 4 ja 6 sekä taulukko 1). Talvikaudella jäähtyminen satama-altaassa on kesäkautta voimakkaampaa ja jäähdytysvesikuormituksen keskimääräiset vaikutukset rajautuvat vähäisinä aallonmurtajan sisäpuolelle (kuva 5 ja 7). Syys ja kevätkausilla jäähdytysvesikuormituksen vaikutukset meriveden lämpötilaan jäävät selvästi kesäkautta heikommaksi, joskin heikot alle tason 0,1 °C:een vaikutukset kulkeutuvat rannikkoa myöten kesäkautta laajemmalle alueella voimakkaammista virtausolosuhteista johtuen (kuvat 4-7).

Edellä kuvatun keskimääräisen, eli usein tai jatkuvasti toistuvan vaikutuksen alaisen alueen ulkopuolella havaitaan ajoittain hetkellisesti esiintyviä maksimivaikutuksia, vaikkakin vain heikkoina alle tason 0,1 °C:een vaikutuksina kulkeutuen rannikon suunnassa noin 6 km purkupisteestä pohjoiseen ja etelään kevät-, kesä- ja syyskaudella (kuvat 8-11 ja taulukko 1). Talven jääpeitteisellä kaudella tammi-maaliskuussa myös hetkelliset maksimivaikutukset rajautuvat sataman aallonmurtajan sisäpuolelle.

Satama-altaan pohjoispuolella lähimmän vedenlaadun tarkkailupisteen Kp4 kohdalla (kuva 3) meriveden pintakerroksen lämpötila nousee kesäkaudella keskimäärin 0,1 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,33 °C (taulukko 1). Talvikaudella lämpötilan nousua ei juurikaan havaita vaikutuksen ollessa keskimäärin 0,01-0,06 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 0,18 °C. Pohjakerroksessa meriveden lämpötila nousee kesäkaudella keskimäärin 0,05 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,14 °C. Talvikaudella pohjakerroksen lämpötilan nousu jää yhtä heikoksi kuin pintakerroksessa.

Satama-altaan sisäpuolella laitoksen vedenottopisteessä (Intake, kuva 2) jäähdytysveden purkaminen näkyy kesäkaudella pintakerroksen lämpenemisenä keskimäärin 0,23 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 0,58 °C (Intake, taulukko 1). Talvikaudella vastaava pintakerroksen lämpötilan nousu on keskimäärin 0,13 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 0,28 °C. Pohjakerroksessa, josta laitoksen jäähdytysveden otto tapahtuu, nousee lämpötila kesäkaudella keskimäärin 0,13-0,16 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 0,23-0,27 °C. Talvikaudella pohjakerroksen lämpötilan nousu on keskimäärin 0,06-0,13 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 0,09-0,28 °C. Jäähdytysveden purkaminen

satama-altaaseen aiheuttaa siten lämpökuorman takaisinkiertoa ottopisteeseen vaikutuksen ollessa ottosyvyydessä pohjakerroksessa kesäkaudella suurimmillaan tasolla 0,27 °C ja talvikaudella tasolla 0,28 °C.

VE1b jäähdytysvesien johtaminen aallonmurtajan ulkopuolelle

Normaalikuormituksella purettavien jäähdytysvesien johtaminen kanavasta suoraan länteen aallonmurtajan ulkopuolelle näkyy kesäkauden mallinnusten tuloksissa selvän keskimäärin tason 0,2-0,5 °C:een meriveden lämpötilan nousun rajautumisena vain kanavan suun edustalle (kuvat 12 ja 14). Muina vuodenaikoina vaikutukset kanavan suulla jäävät selvästi kesäkautta vähäisemmäksi (kuvat 12-15). Vähäiset alle tason 0,1 °C:een vaikutukset leviävät kesäkaudella purkukanavasta eteläsuuntaan noin 2,5 km ulottuen Skatanniemen eteläpuoleiseen saaristoon Kaupunginlahden suulle saakka (kuvat 12 ja 14). Talvikaudella vähäiset vaikutukset rajautuvat kesäkautta huomattavasti suppeammalle alueelle vähäisenkin lämpötilan nousun rajautuessa vain kanavan suun edustalle (kuvat 13 ja 15).

Suurimmillaan jäähdytysvesikuormituksen hetkellisesti havaittava maksimivaikutusalue näkyy kesäkaudella vähäisten alle tason 0,1 °C:een vaikutusten laajempuna leviämisenä kanavan suulta noin 3 km etelän suuntaan sekä 2 km pohjoisen ja lännen suuntaan (kuvat 16 ja 18). Talvikaudella myös hetkelliset maksimivaikutukset jäävät kanavan suun edustalle. Kevät- ja syyskaudella vähäiseksi jääviä hetkellisiä maksimivaikutuksia havaitaan kesäkautta laajemmalla alueella voimakkaiden virtausolosuhteiden johdosta (kuvat 16-19).

Jäähdytysvesikanavaa lähimmän vedenlaadun tarkkailupisteen P7 kohdalla (kuva 3) meriveden pintakerroksen lämpötila nousee kesäkaudella keskimäärin 0,09 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,28 °C (taulukko 2). Talvikaudella vastaava lämpötilan nousu on keskimäärin 0,04 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 0,1 °C. Pohjakerroksessa meriveden lämpötila nousee kesäkaudella keskimäärin 0,04 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,09 °C. Talvikaudella pohjakerroksen lämpeneminen vastaa kesäkauden vaikutusta.

Jäähdytysveden lämpökuorman takaisinkierron riskiä jäähdytysveden ottopisteeseen ei käytännössä ole purkuvaihtoehdolla VE1b. Jäähdytysvesien lämpökuorman vaikutus ottosyvyyden lämpötilaan on eri vuodenaikoina suurimmillaankin hetkellisesti vain 0,1 °C (taulukko 2).

4.2.2 Jäähdytysvesikuormituksen normaalitaso kesäkaudella heinäkuun maksimikuormituksen kanssa

Kesäkauden erillisellä mallinnuksella selvitettiin heinäkuussa viikon ajaksi maksimikuormitustasolle nousevan jäähdytysvesikuormituksen (kuva 1) vaikutuksia merialueella. Maksimikuormitusviikkoa lukuun ottamatta kuormitus vastasi edellä raportoidun realistisen normaalitason kuormitusta (kappale 2.1.1). Tämän kesäkauden mallinnuksen tuloksissa keskitytään siten tarkastelemaan vaikutuksia heinäkuussa, johon maksimikuormitusviikko ajoittuu. Muiden mallinnettujen kesäkuukausien vaikutukset vastaavat koko vuoden mallinnusjakson tuloksia.

VE1a jäähdytysvesien johtaminen aallonmurtajan sisäpuolelle

Jäähdytysvesikuormituksen nousu heinäkuun kuumimmalla jaksolla viikon ajaksi maksikuormituksen tasolle näkyy luonnollisesti lämpötilavaikutuksien laajempaan leviämisaueena. Keskimääräinen meriveden lämpötilan nousun vaikutusalue laajenee erityisesti pohjoissuuntaan, jossa vähäisiä alle tason 0,1 °C:een vaikutuksia nähdään normaalitilanteen 1,2 km etäisyyden (kuvat 4 ja 6) sijaan noin 3,5 km etäisyydellä purkupisteestä (kuva 27). Samalla tason 0,5 °C:een vaikutukset näkyvät aallonmurtajan rajaamalla alueella ja tason 0,2 °C:een vaikutukset satama-altaan edustalla.

Keskimääräistä vaikutusta selvemmin viikon kestävän maksimikuormituksen vaikutukset näkyvät maksimuutoksen kuvaajissa. Normaalikuormituksella hetkellisiä alle tason 0,1 °C:een maksimivaikutuksia havaittiin 6 km etäisyydellä purkupisteestä (kuvat 8 ja 10), mutta heinäkuun maksimikuormituksen aikana hetkellisiä alle tason 0,1 °C:een nähdään vielä 10 km etäisyydellä pohjoiseen ja etelään purkupisteestä ulottuen noin 4 km avomeren suuntaan (kuva 27). Suuremmat tason 0,5 °C:een vaikutukset työntyvät satama-altaasta ulos pohjoiseen noin 1,5 km etäisyydelle purkupisteestä ja tason 0,2 °C:een vaikutukset noin 2,5 km pohjoisen ja lännen suuntiin. Pohjakerroksessa vaikutukset jäävät kuitenkin pintakerrosta matalammaksi. Maksimivaikutuksen ovat kuitenkin lyhytaikaisia ja niiden hetkellinen luonne näkyy hyvin lämpötilamuutosten aikasarjakuvaajissa vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdalla (kuvat 31-38).

Satama-altaan pohjoispuolella lähimmän vedenlaadun tarkkailupisteen Kp4 kohdalla (kuva 3) meriveden pintakerroksen lämpötila nousee heinäkuussa keskimäärin 0,12 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,85 °C (taulukko 1). Keskimääräinen vaikutus vastaa jäähdytysvesikuormituksen normaalitason vaikutuksia, mutta hetkelliset maksimivaikutukset ovat 0,5 °C normaalitilannetta suuremmat. Pohjakerroksessa meriveden lämpötila nousee heinäkuussa keskimäärin 0,06 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,24 °C. Normaalikuormituksen vaikutukseen nähden keskimääräinen vaikutus ei muutu pohjakerroksessa, mutta hetkelliset maksimivaikutukset ovat 0,1 °C normaalitilannetta suuremmat.

Satama-altaan sisäpuolella laitoksen vedenottopisteessä (Intake, kuva 2) jäähdytysveden purkaminen näkyy heinäkuussa pintakerroksen lämpenemisenä keskimäärin 0,32 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 1,43 °C (Intake, taulukko 1). Pohjakerroksessa, josta laitoksen jäähdytysveden otto tapahtuu, nousee lämpötila heinäkuussa keskimäärin 0,16 °C ja suurimmillaan hetkellisesti 0,46 °C. Jäähdytysveden purkaminen satama-altaaseen aiheuttaa siten lämpökuorman takaisinkiertoa ottopisteeseen vaikutuksen ollessa ottosyvyydessä pohjakerroksessa heinäkuussa hetkellisesti suurimmillaan tasolla 0,46 °C.

VE1b jäähdytysvesien johtaminen aallonmurtajan ulkopuolelle

Heinäkuussa viikon kestävän maksimikuormituksen vaikutukset näkyvät myös selvästi normaalitilannetta laajempaan vaikutusalueena johdettaessa jäähdytysvedet kanavasta suoraan länteen aallonmurtajan ulkopuolelle purkuvaihtoehdolla VE1b. Keskimääräinen vaikutusalue (kuva 28) on lähellä normaalitilanteen vaikutusaluetta (kuvat 12 ja 14), mutta maksimivaikutukset leviävät selvästi normaalitilannetta laajemmalle alueelle. Vähäiset keskimäärin alle tason 0,1 °C:een maksimivaikutukset ulottuvat purkuvaihtoehdon VE1a tavoin noin 10 km etäisyydelle pohjoiseen ja etelään purkupisteestä ulottuen noin 4 km avomeren suuntaan (kuva 28). Suuremmat tason 0,5 °C:een vaikutukset työntyvät kanavasta ulos länteen ja etelään noin 1 km etäisyydelle kanavan suulta ja tason 0,2 °C:een vaikutukset noin 1,5 km lännen ja etelän suuntiin. Pohjakerroksessa vaikutukset jäävät kuitenkin pintakerrosta matalammaksi. Maksimivaikutukset ovat kuitenkin kestoaltaan lyhytaikaisia, kuten lämpötilamuutosten aikasarjakuvaajissa vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdalla näkyy (kuvat 31-38).

Jäähdytysvesikanavaa lähimmän vedenlaadun tarkkailupisteen P7 kohdalla (kuva 3) meriveden pintakerroksen lämpötila nousee heinäkuussa keskimäärin 0,13 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,7 °C (taulukko 1). Keskimääräinen vaikutus on lähellä jäähdytysvesikuormituksen normaalitason vaikutuksia, mutta hetkelliset maksimivaikutukset ovat 0,4 °C normaalitilannetta suuremmat. Pohjakerroksessa meriveden lämpötila nousee heinäkuussa keskimäärin 0,04 °C ja hetkellisesti suurimmillaan 0,20 °C. Normaalikuormituksen vaikutukseen nähden keskimääräinen vaikutus ei merkittävästi muutu pohjakerroksessa, mutta hetkelliset maksimivaikutukset ovat 0,1 °C normaalitilannetta suuremmat.

Jäähdytysveden lämpökuorman takaisinkierron riskiä jäähdytysveden ottopisteeseen ei käytännössä ole purkuvaihtoehdolla VE1b, vaikkakin heinäkuun kuormitus on maksimitasolla viikon ajan. Jäähdytysvesien lämpökuorman vaikutus ottosyvyyden lämpötilaan on tässäkin tapauksessa heinäkuussa hetkellisesti vain 0,1 °C (taulukko 2).

4.3 Jäähdytysvesikuormituksen vaikutus meriveden suolapitoisuuteen

Jäähdytysvesien mukana puretaan mereen suolanpoistossa rejektinä syntyvä suolapitoinen vesi, minkä johdosta jäähdytysveden suolapitoisuus on noin 1 ‰ merialueen yleistä suolapitoisuuden tasoa korkeampi. Mallinnuksen tuloksissa ei kuitenkaan havaittu jäähdytysveden kerrostumista merivettä raskaampana pohjanläheiseen vesikerrokseen jäähdytysveden merivettä korkeamman lämpötilan kompensoidessa jäähdytysveden tiheyseroa meriveden tiheyteen verrattuna. Jäähdytysvesien tuoman suolakuormituksen vaikutukset jäävät yleisesti vähäisiksi rajautuen vähäisenä suolapitoisuuden nousuna vain purkupisteiden edustalle mallinnetulla koko vuoden jaksolla molemmilla purkuvaihtoehdoilla VE1a ja VE1b (kuvat 20-23). Vedenlaadun tarkkailupisteiden kohdalla suolapitoisuuden nousu jää suurimmillaankin vain promillen sadasosien tasolle suolakuormituksen sekoittuessa meriveteen avomeren reunalla tapahtuvan tehokkaan sekoittumisen johdosta (taulukot 1 ja 2).

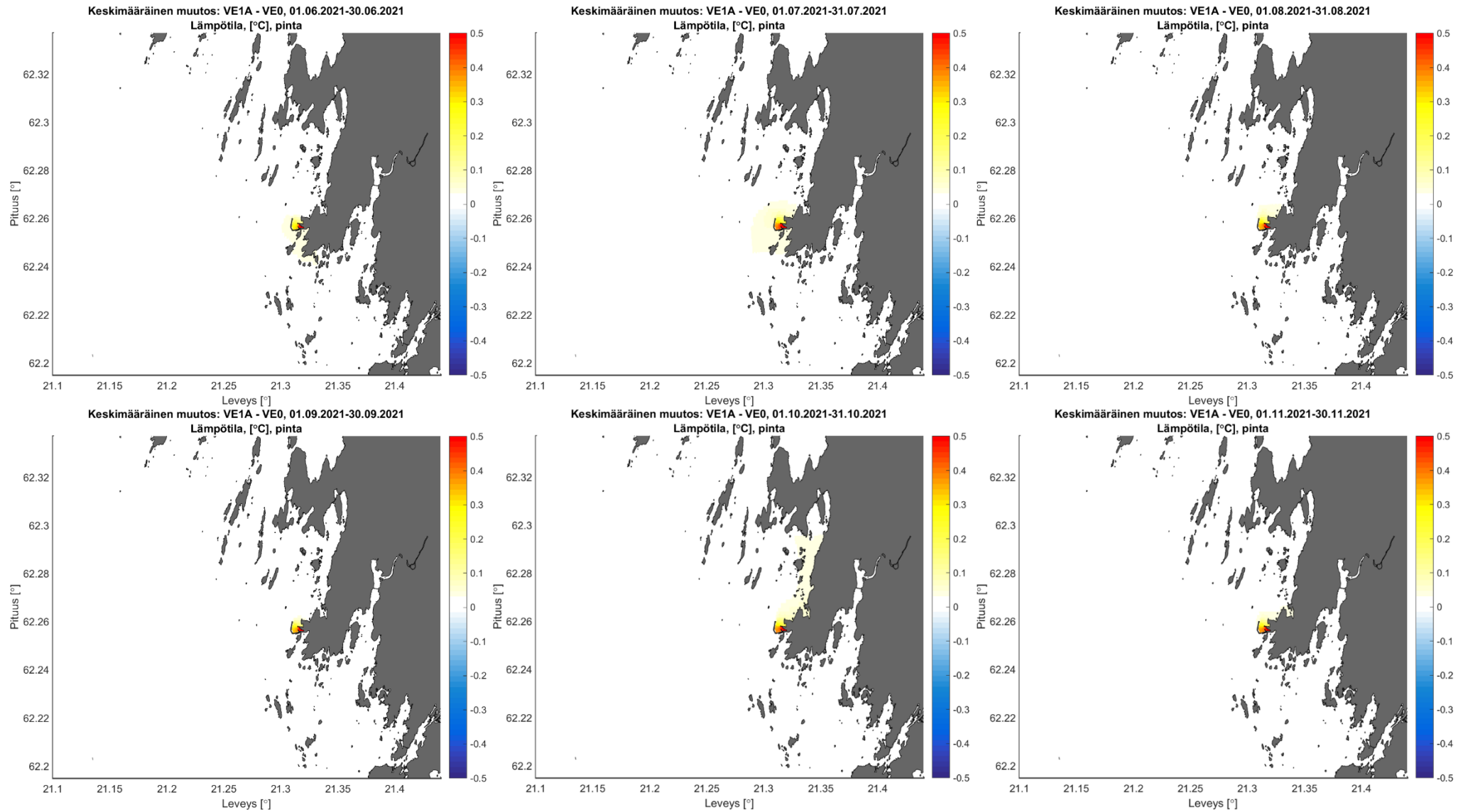
4.4 Jäähdytysveden lämpökuormituksen vaikutus jääpeitteeseen

VE1a jäähdytysvesien johtaminen aallonmurtajan sisäpuolelle

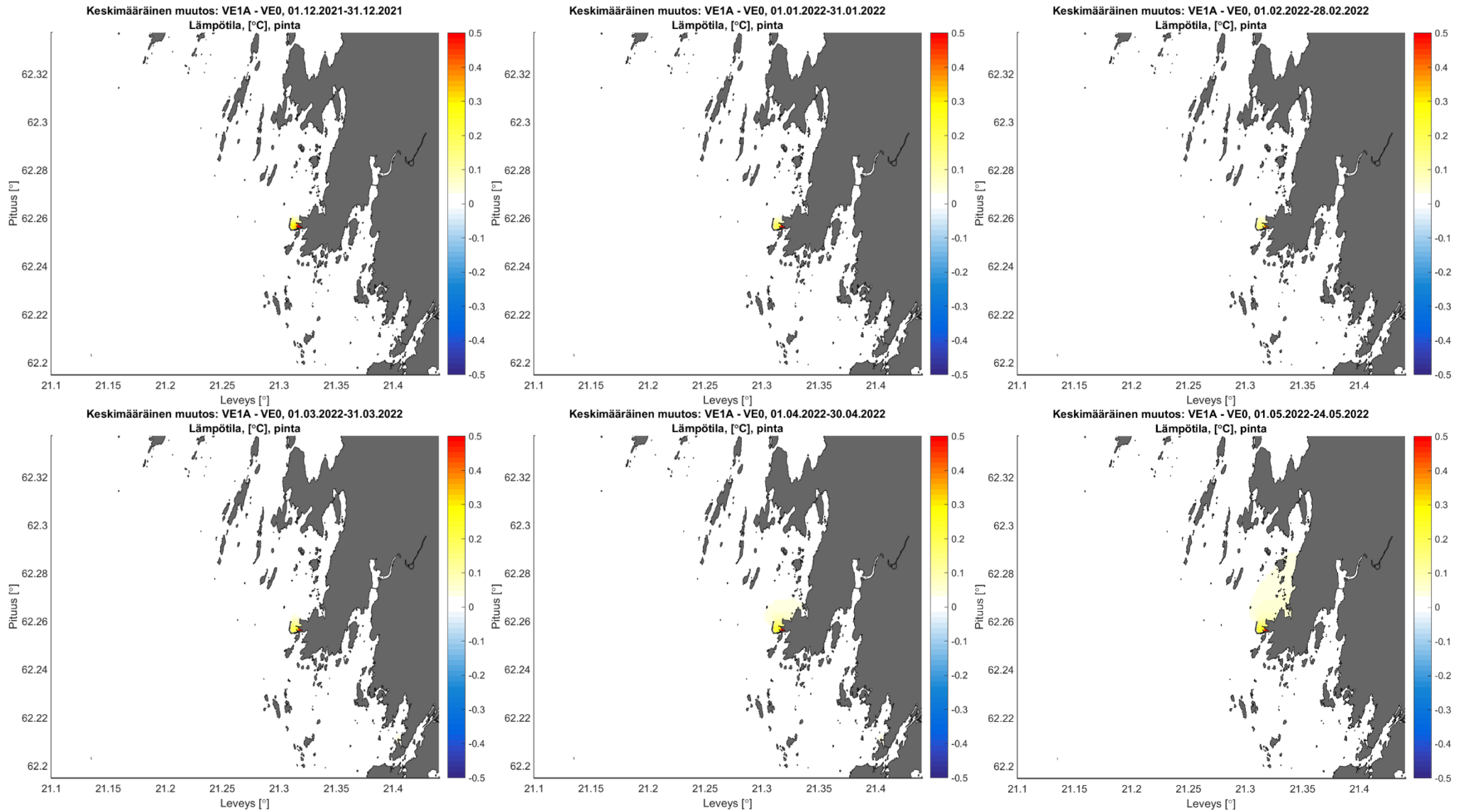
Jäähdytysveden lämpökuormituksen johtaminen satama-altaaseen aallonmurtajan sisäpuolelle pitää aallonmurtajan sisäpuolisen alueen sulana koko talvikauden ajan (kuvat 24 ja 25). Lämpökuormituksen johdosta heikentyneen jääpeitteen alue ulottuu pohjoissuunnassa 1,5 km etäisyydelle pukupisteestä, eteläsuunnassa 1,5 km etäisyydelle pukupisteestä ja avomeren suunnassa 0,5 km etäisyydelle pukupisteestä (kuva 26).

VE1b jäähdytysvesien johtaminen aallonmurtajan ulkopuolelle

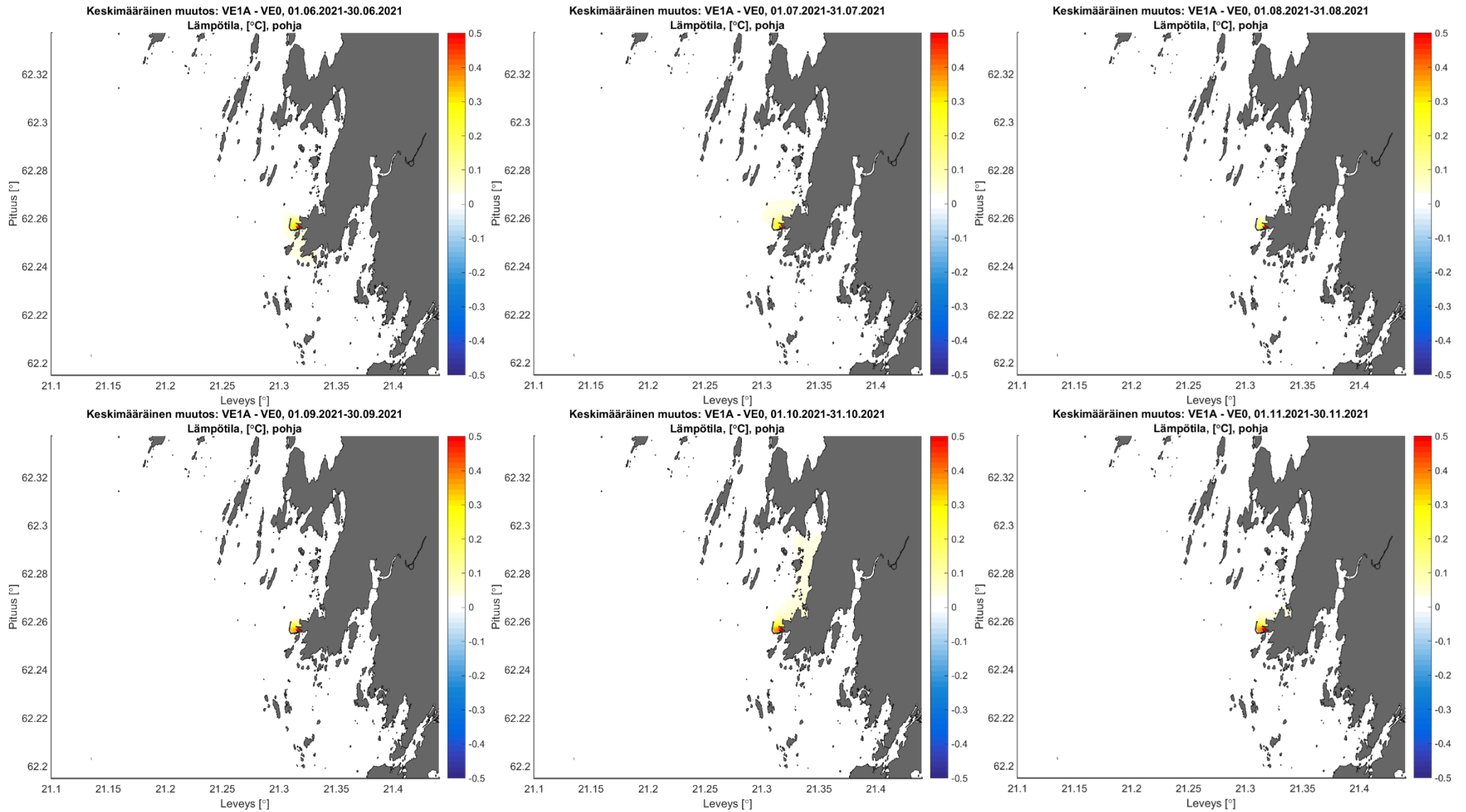
Jäähdytysveden lämpökuormituksen johtaminen jäähdytysvesikanavaa pitkin suoraan länteen aallonmurtajan ulkopuolelle pitää aallonmurtajan eteläreunan ja Lilla Båtskäret saaren rajaaman alueen sulana koko talvikauden ajan (kuvat 24 ja 25). Heikentyneen jääpeitteen alue ulottuu pohjoissuunnassa aallonmurtajan pohjoiskärkeen saakka, eteläsuunnassa 2,5 km etäisyydelle pukupisteestä ja avomeren suunnassa 0,5 km matkan sataman aallonmurtajasta avomeren suuntaan (kuva 26).



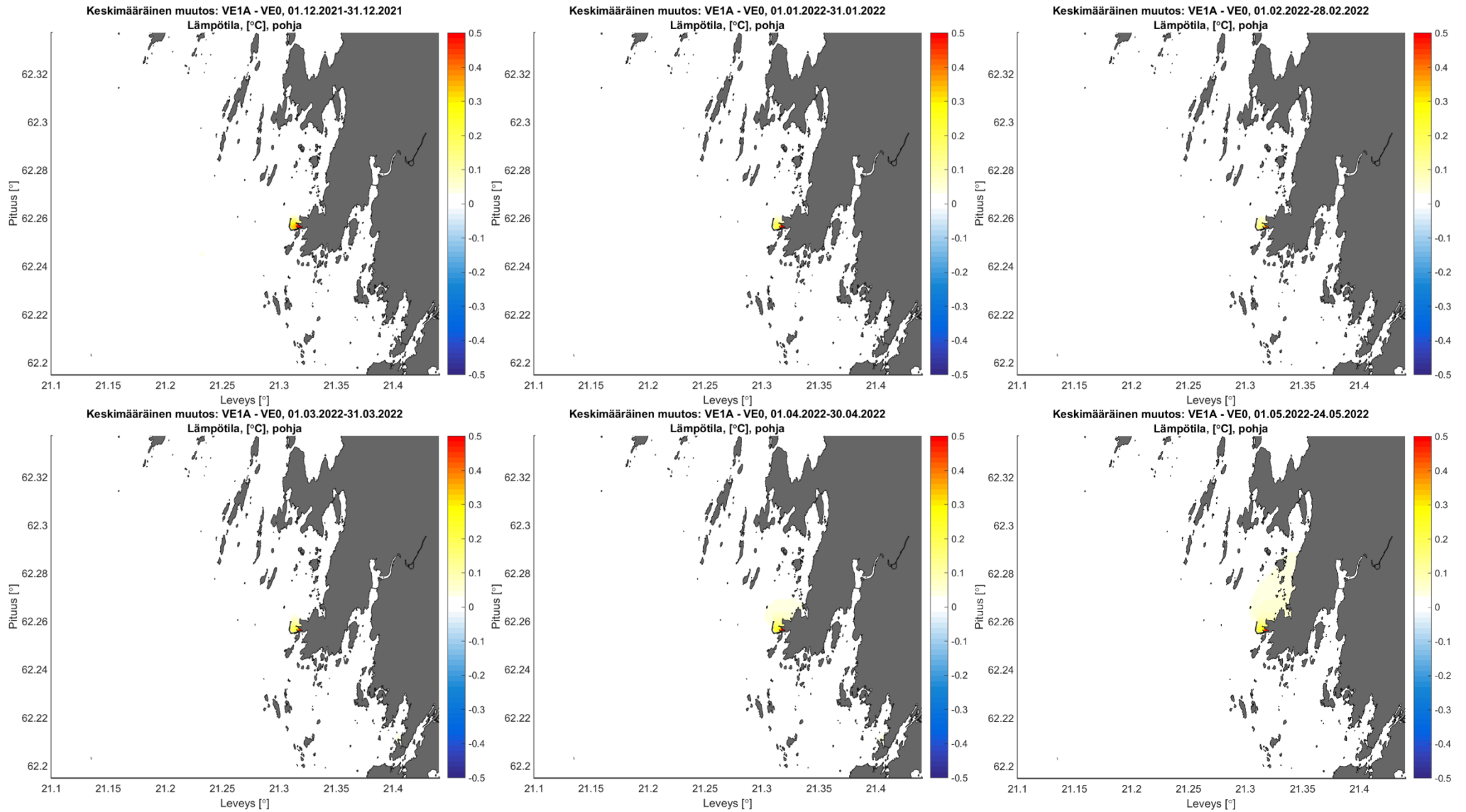
Kuva 4. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



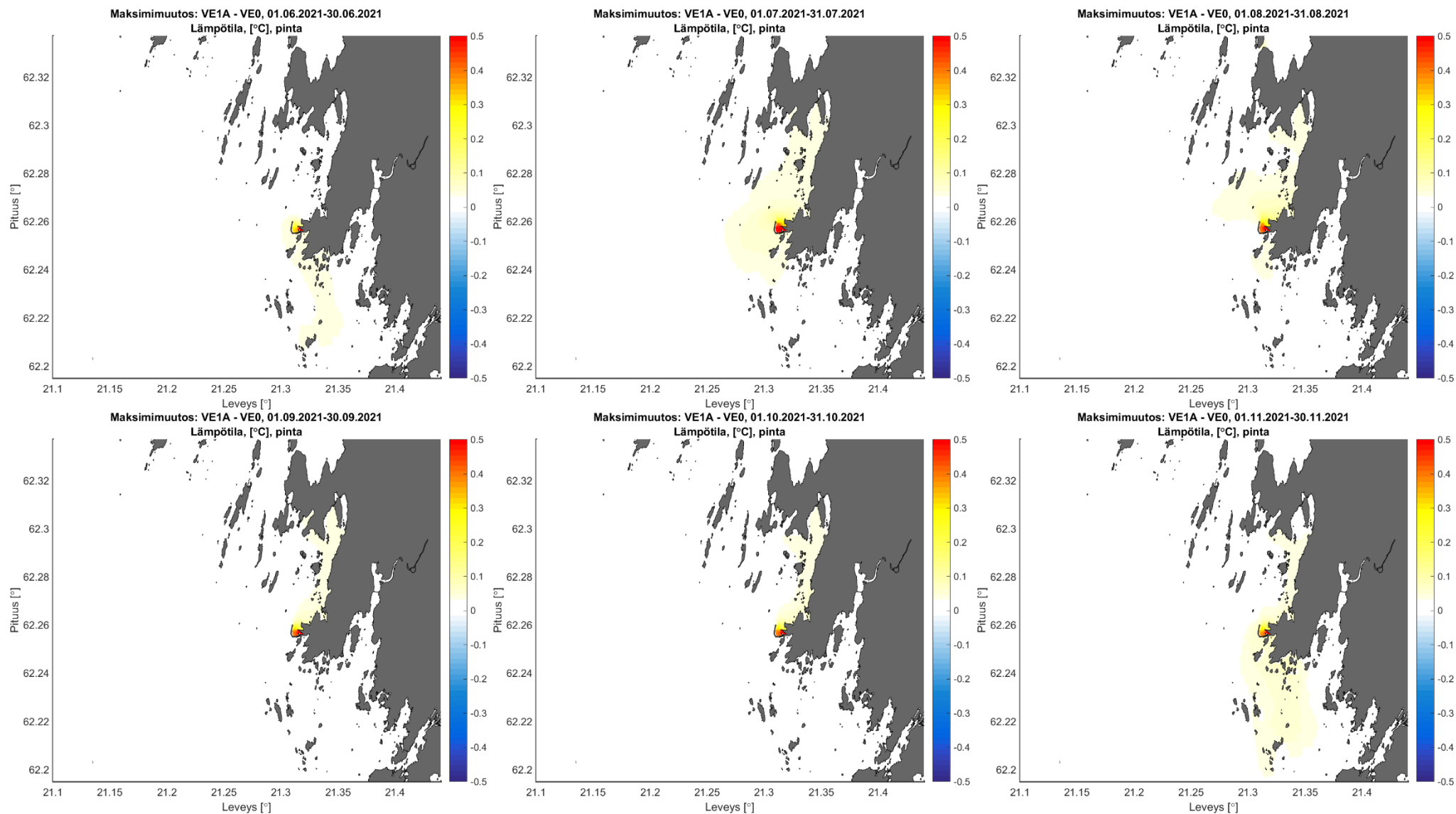
Kuva 5. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



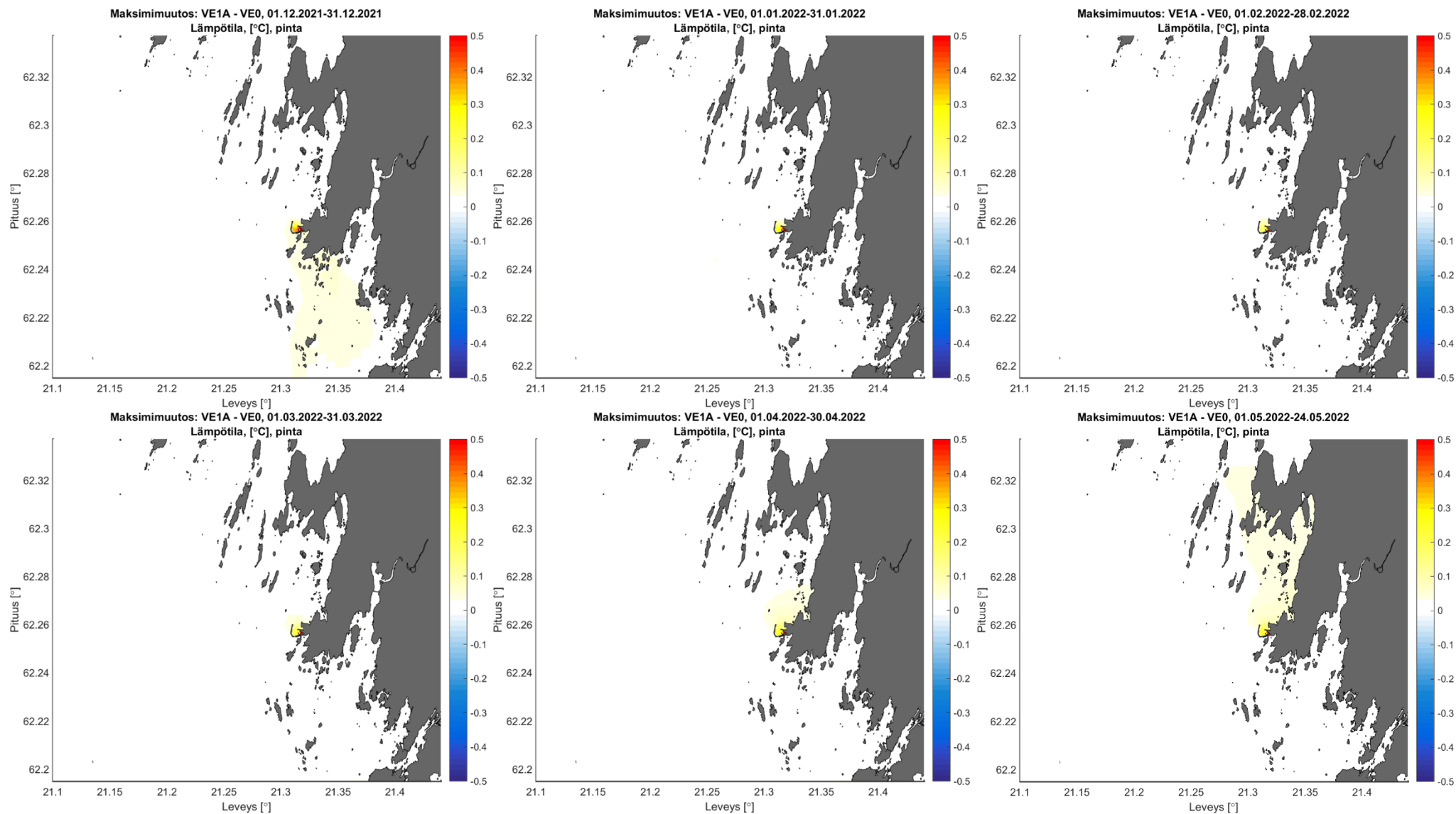
Kuva 6. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



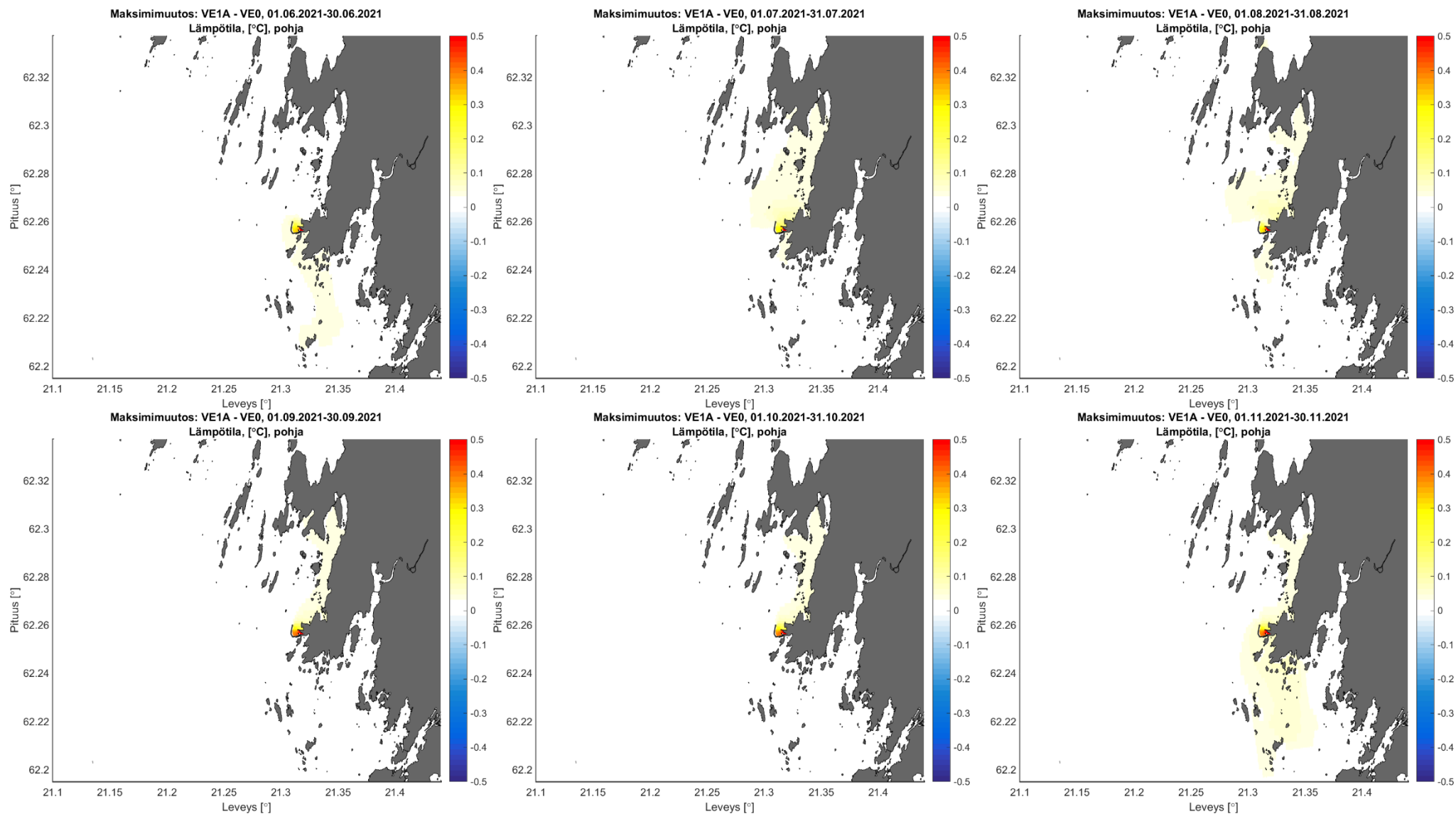
Kuva 7. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



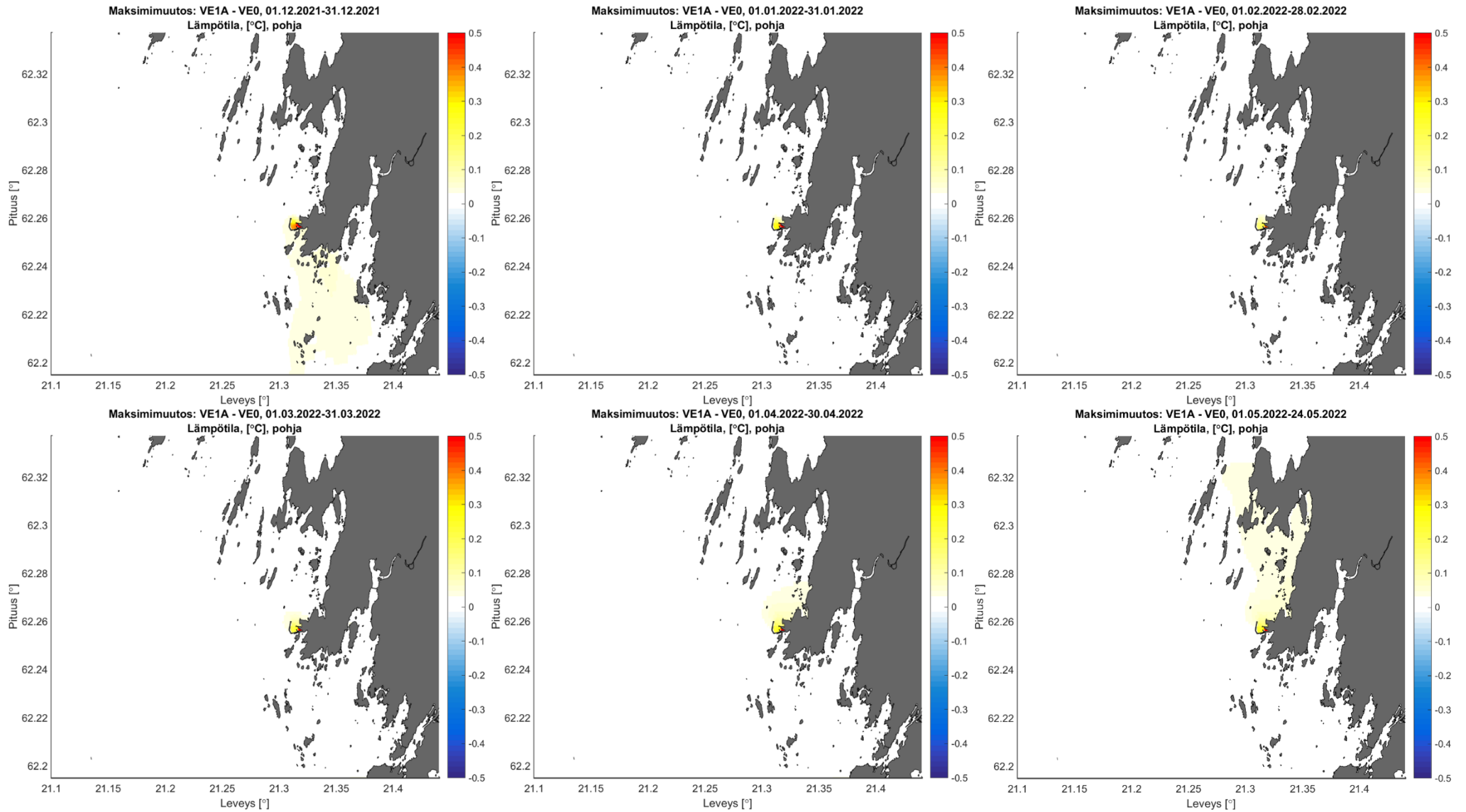
Kuva 8. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



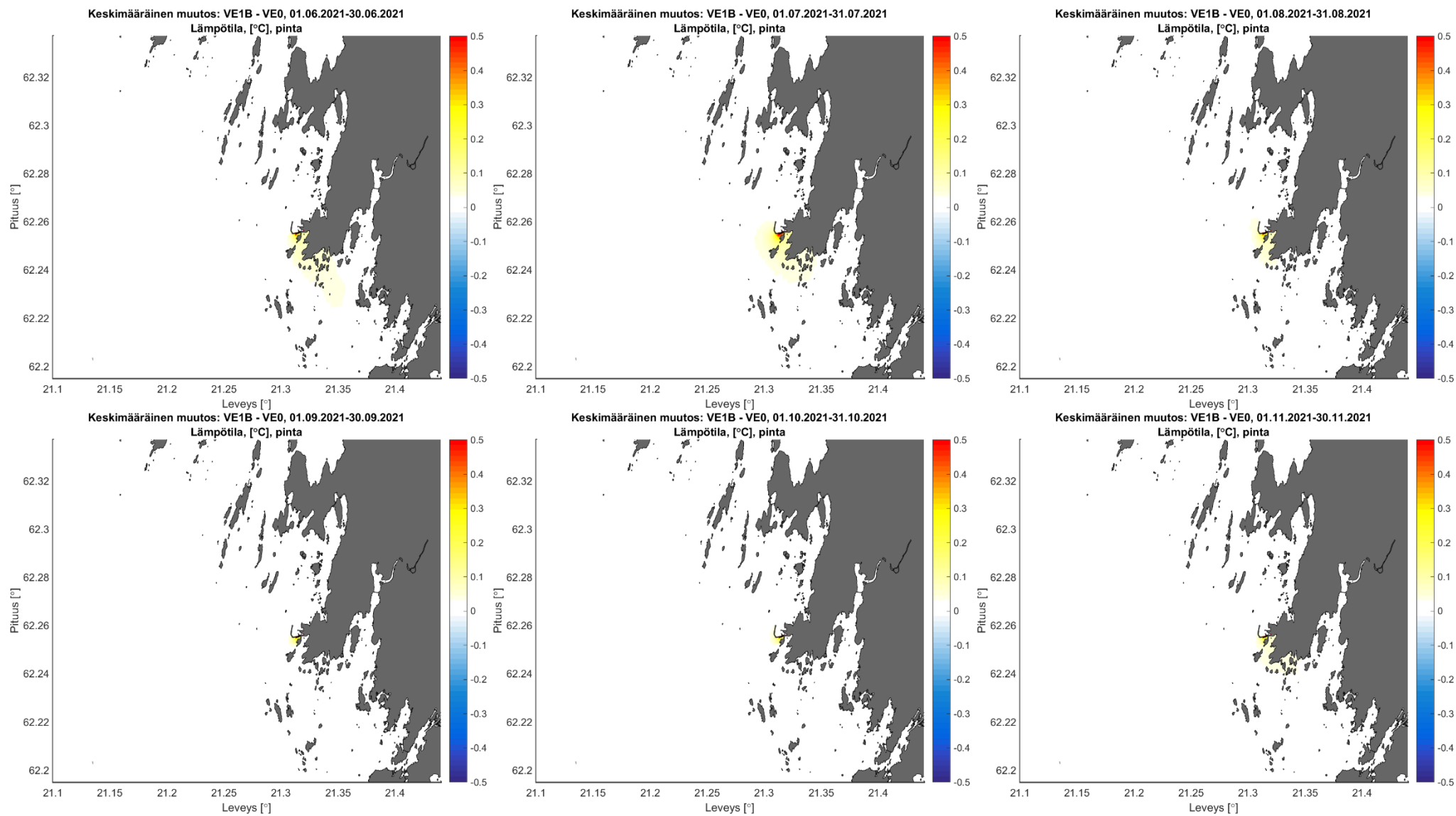
Kuva 9. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



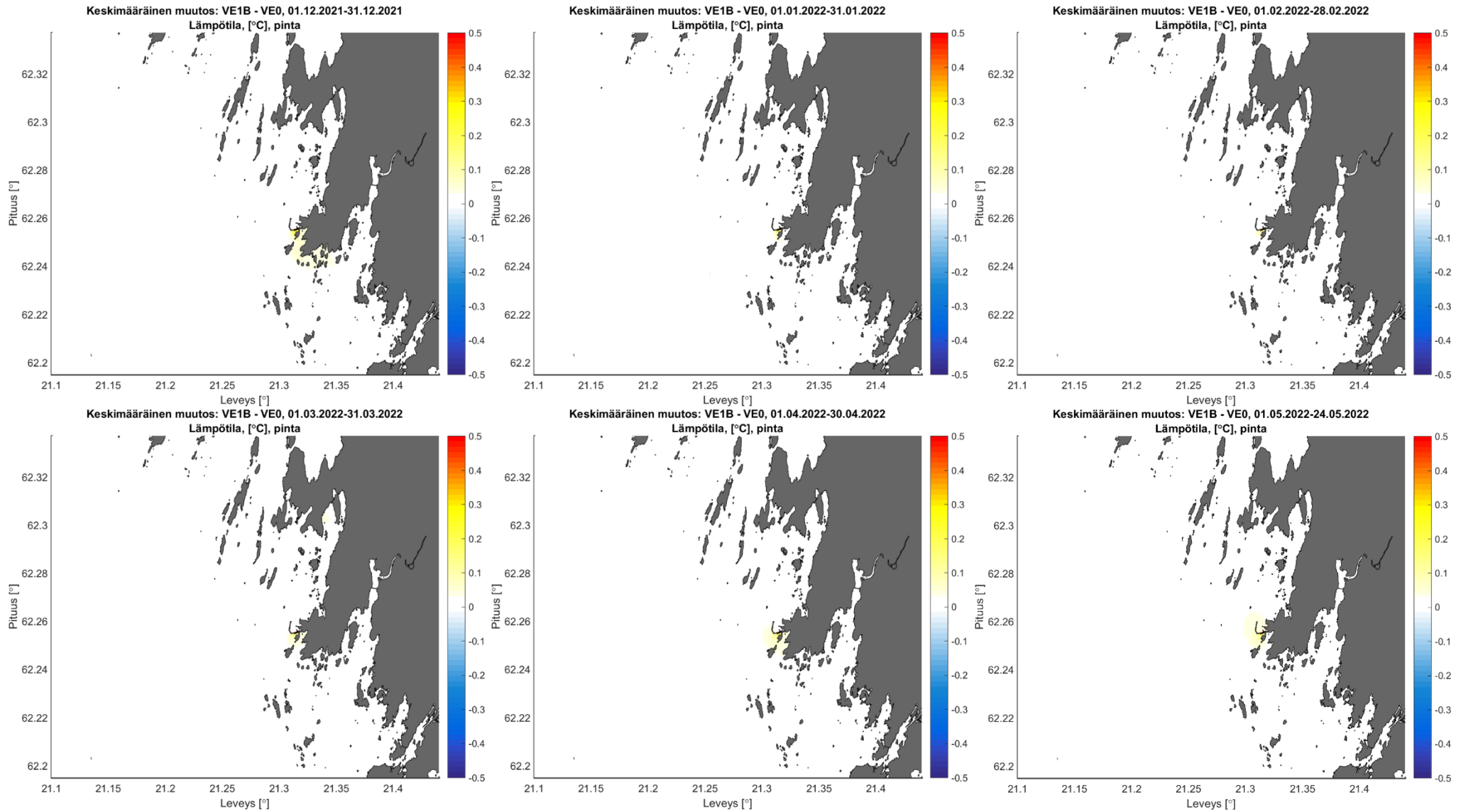
Kuva 10. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



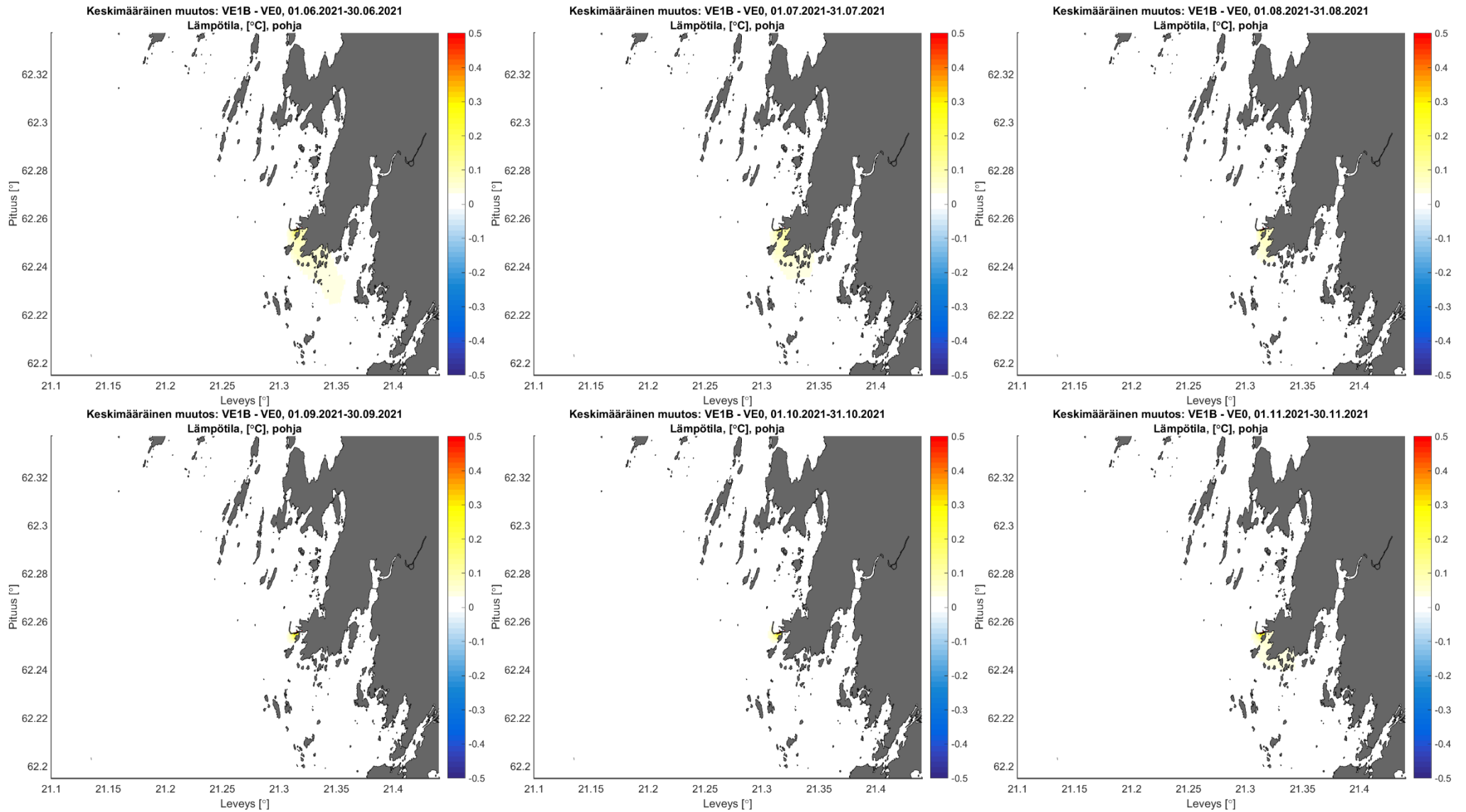
Kuva 11. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1a mallinnettu kuukausikohtainen meriveden hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



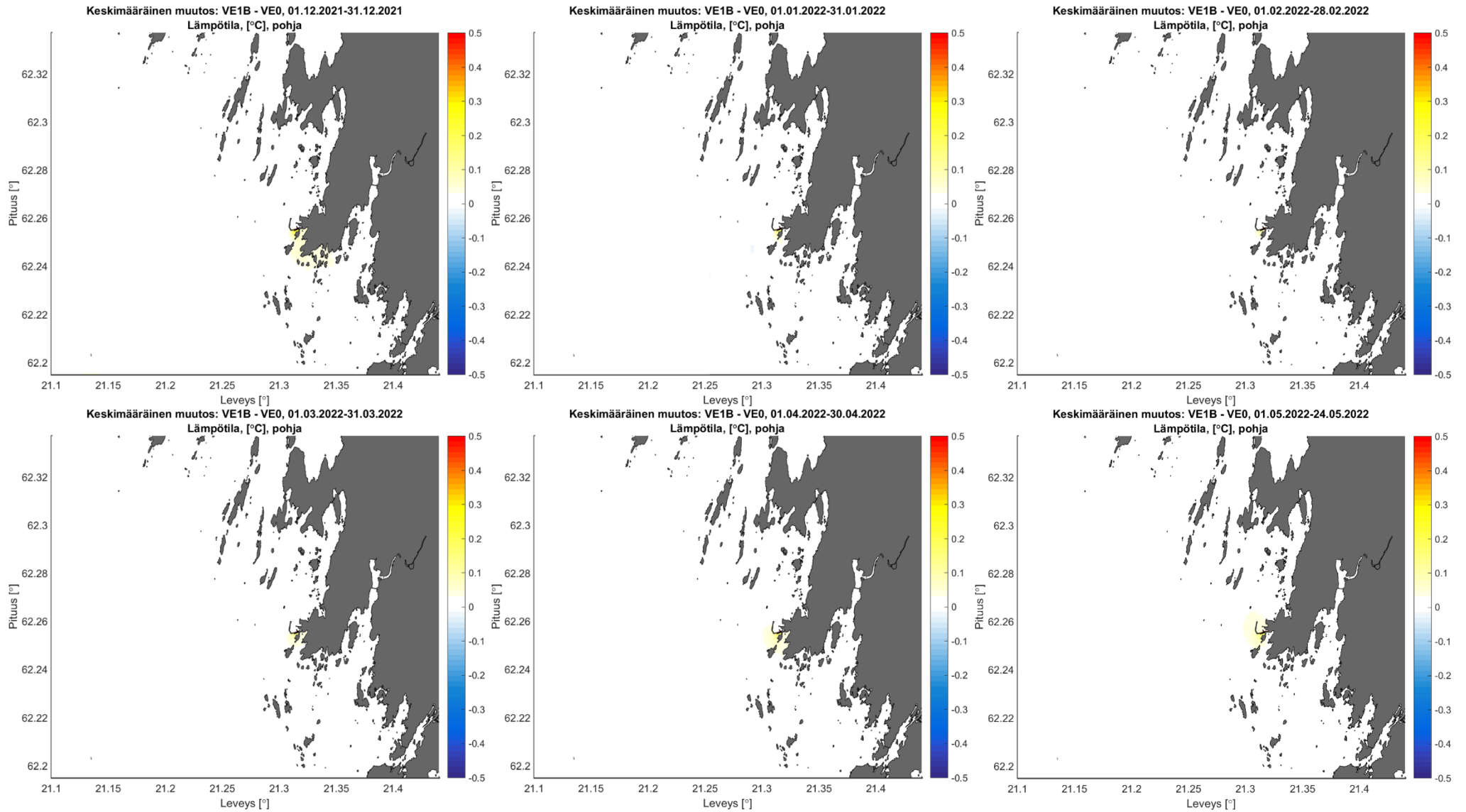
Kuva 12. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



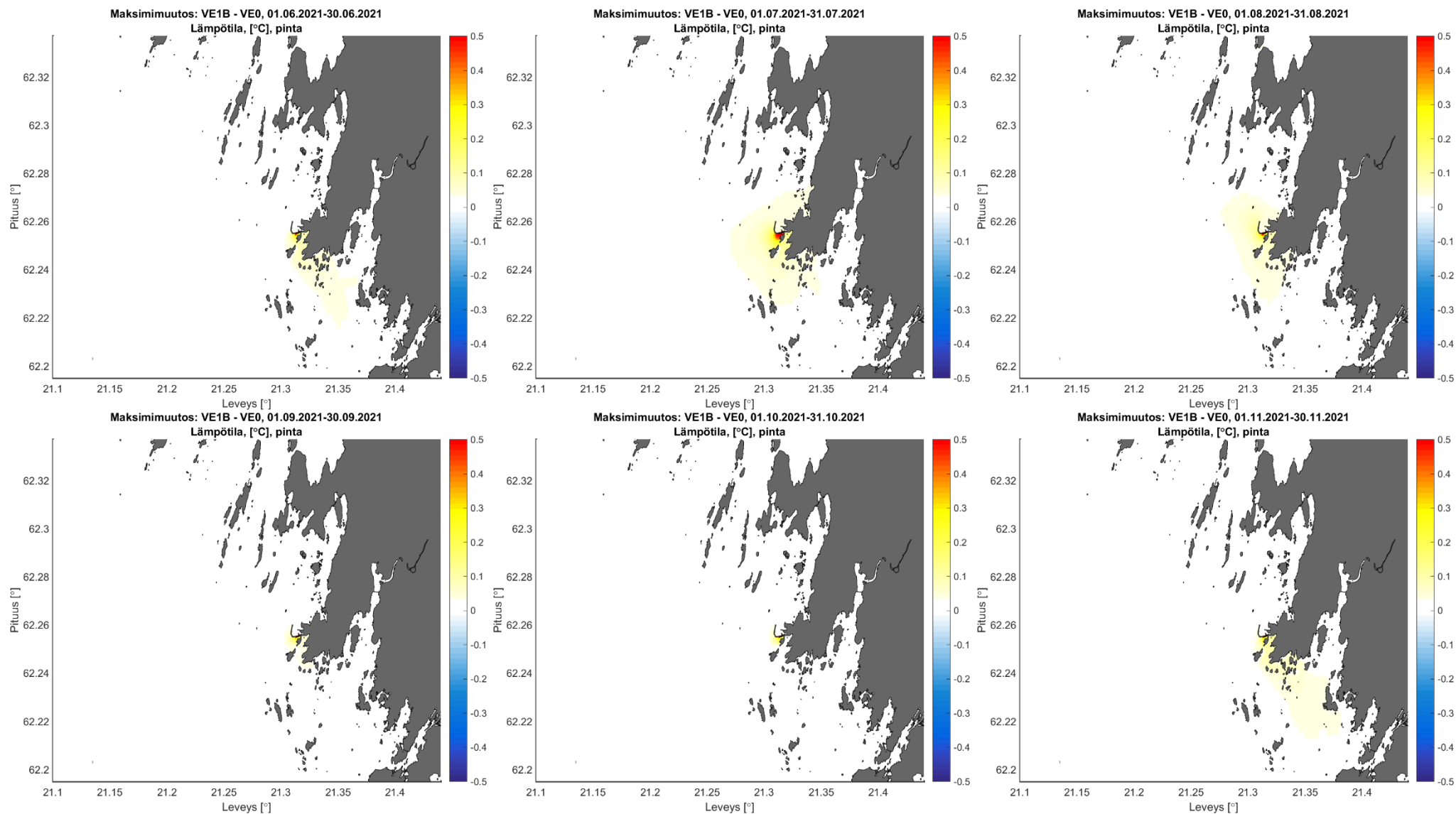
Kuva 13. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



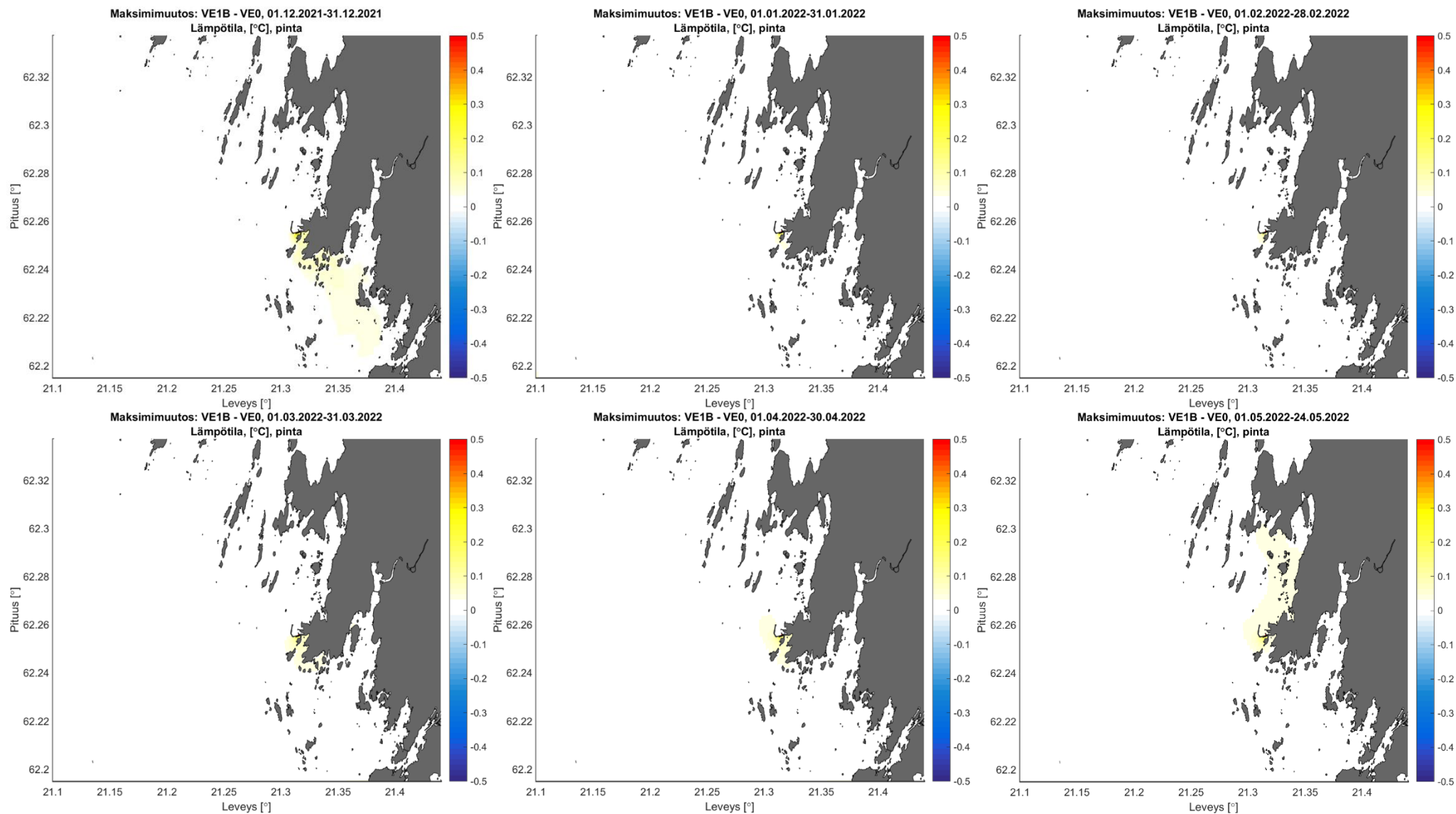
Kuva 14. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



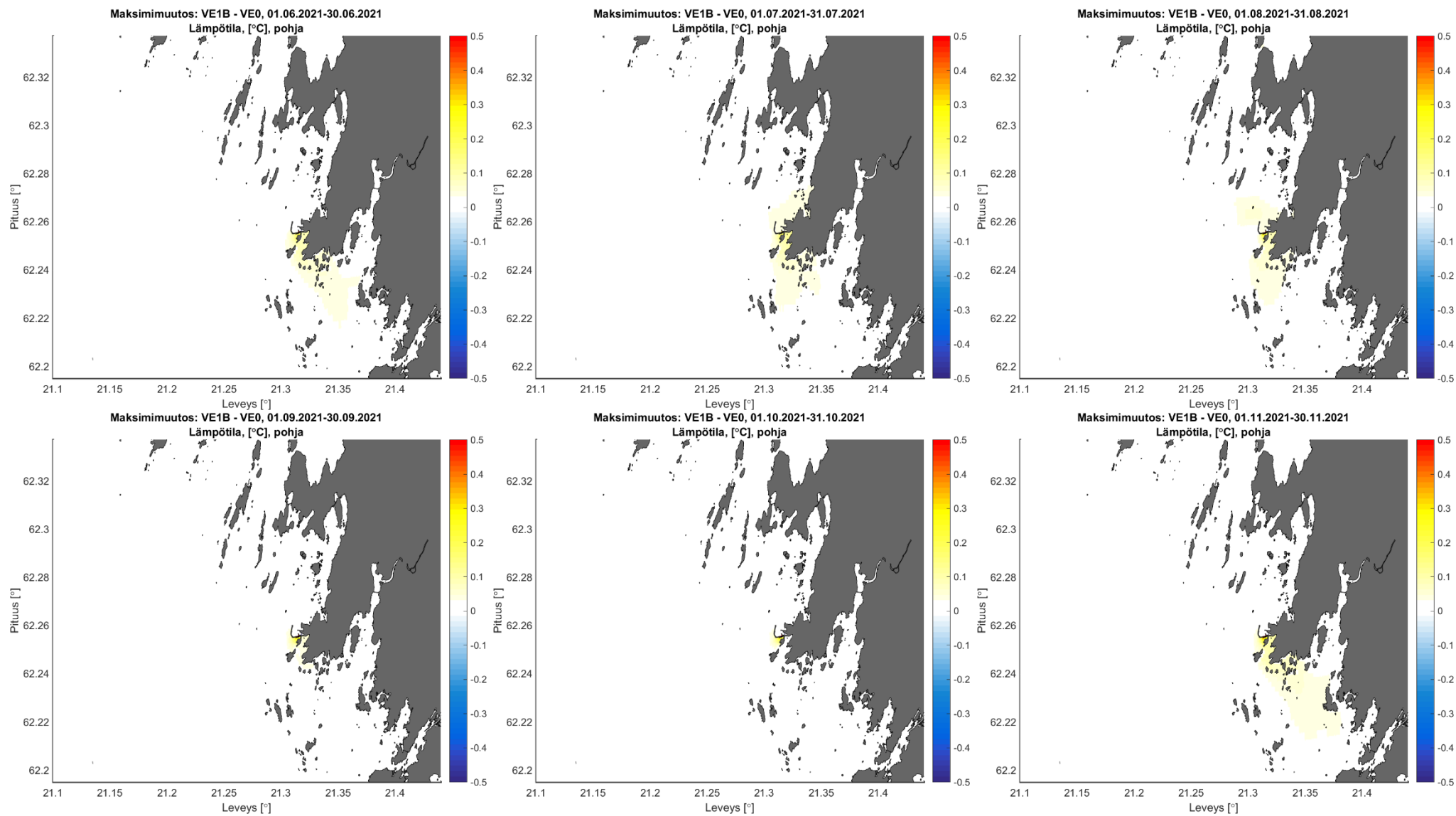
Kuva 15. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen meriveden keskimääräinen lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



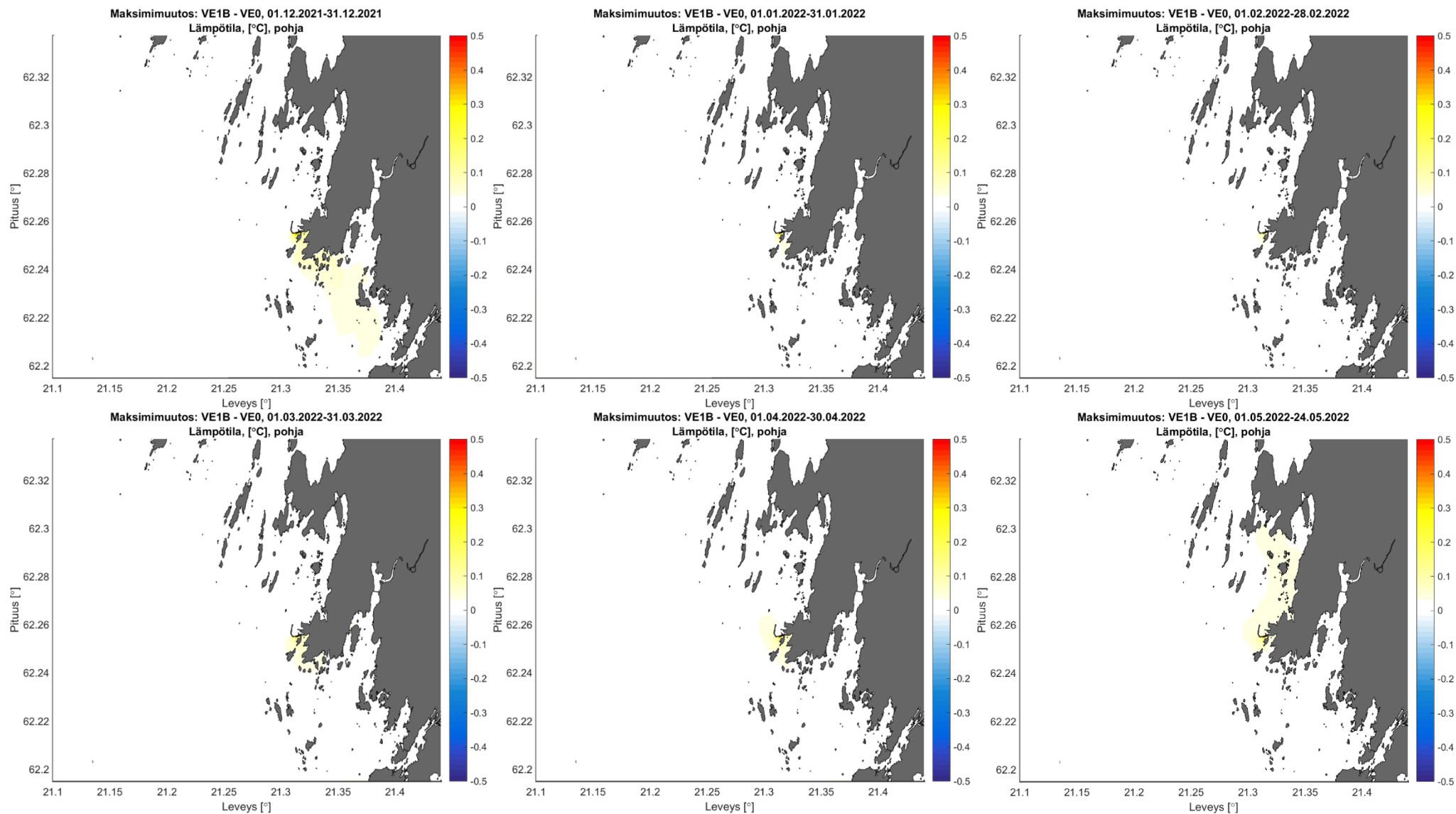
Kuva 16. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen meriveden hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



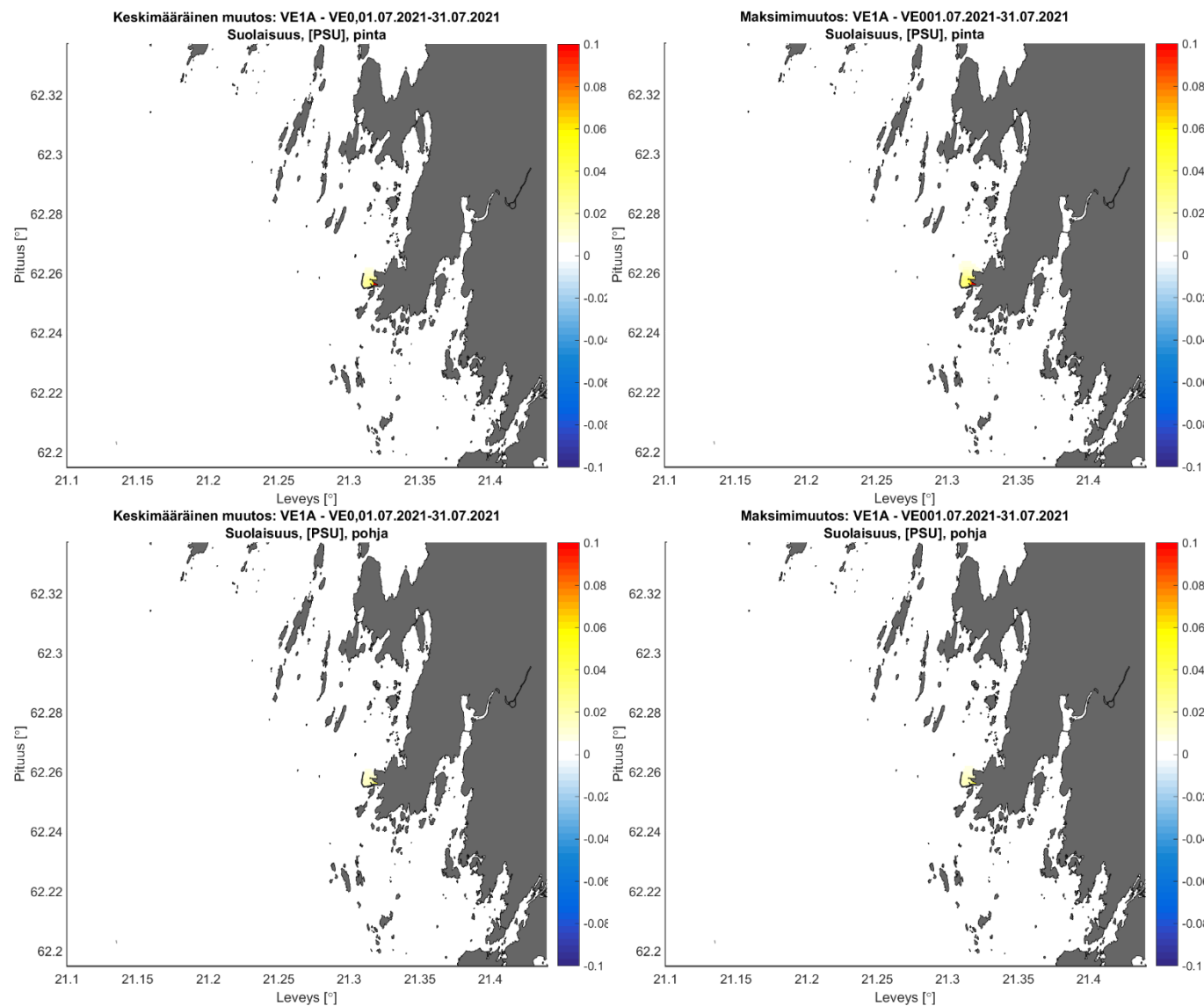
Kuva 17. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen meriveden hetkellisesti havaittava suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pintakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



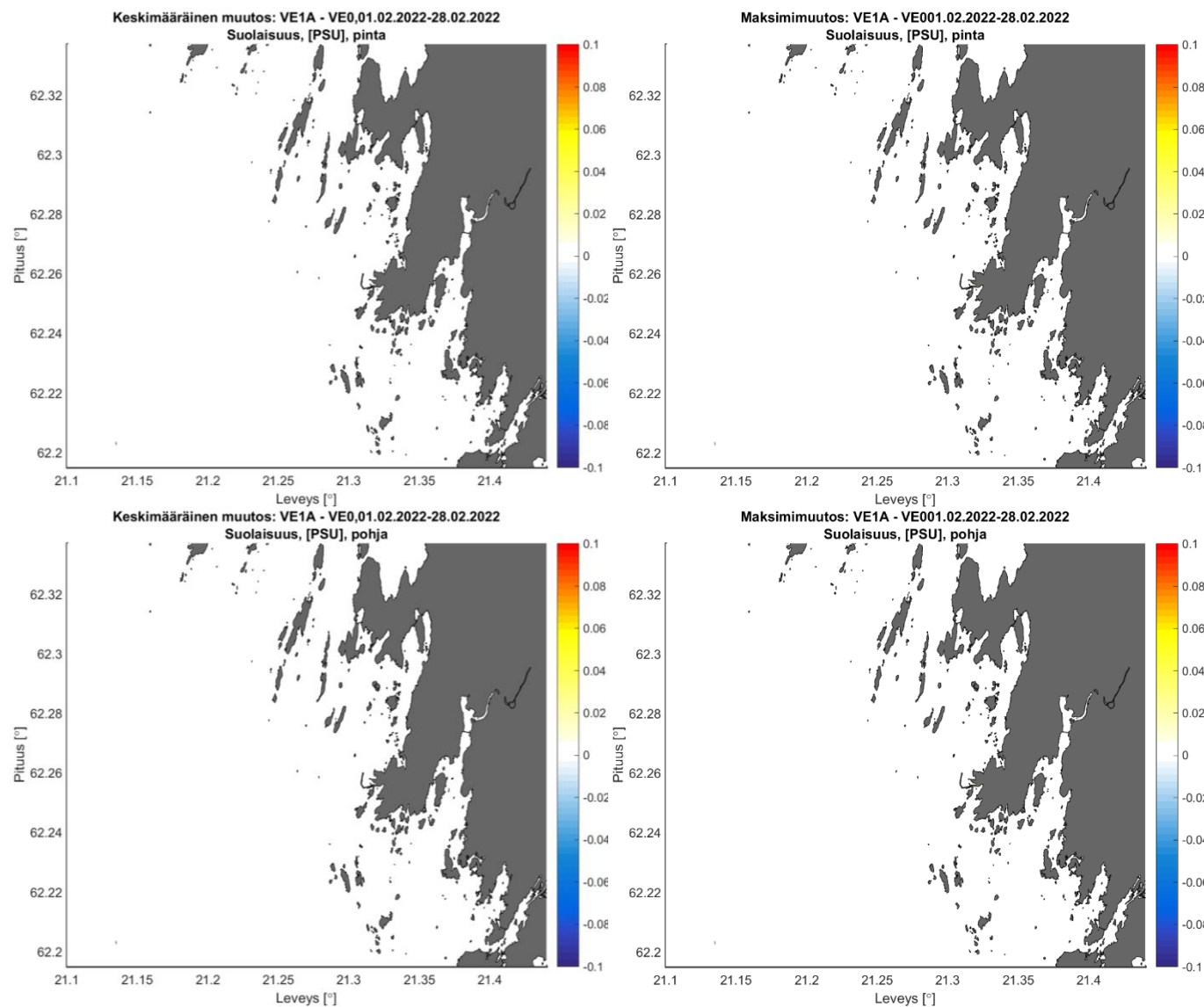
Kuva 18. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen hetkellisesti havaittava meriveden suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa kesä- ja syyskaudella.



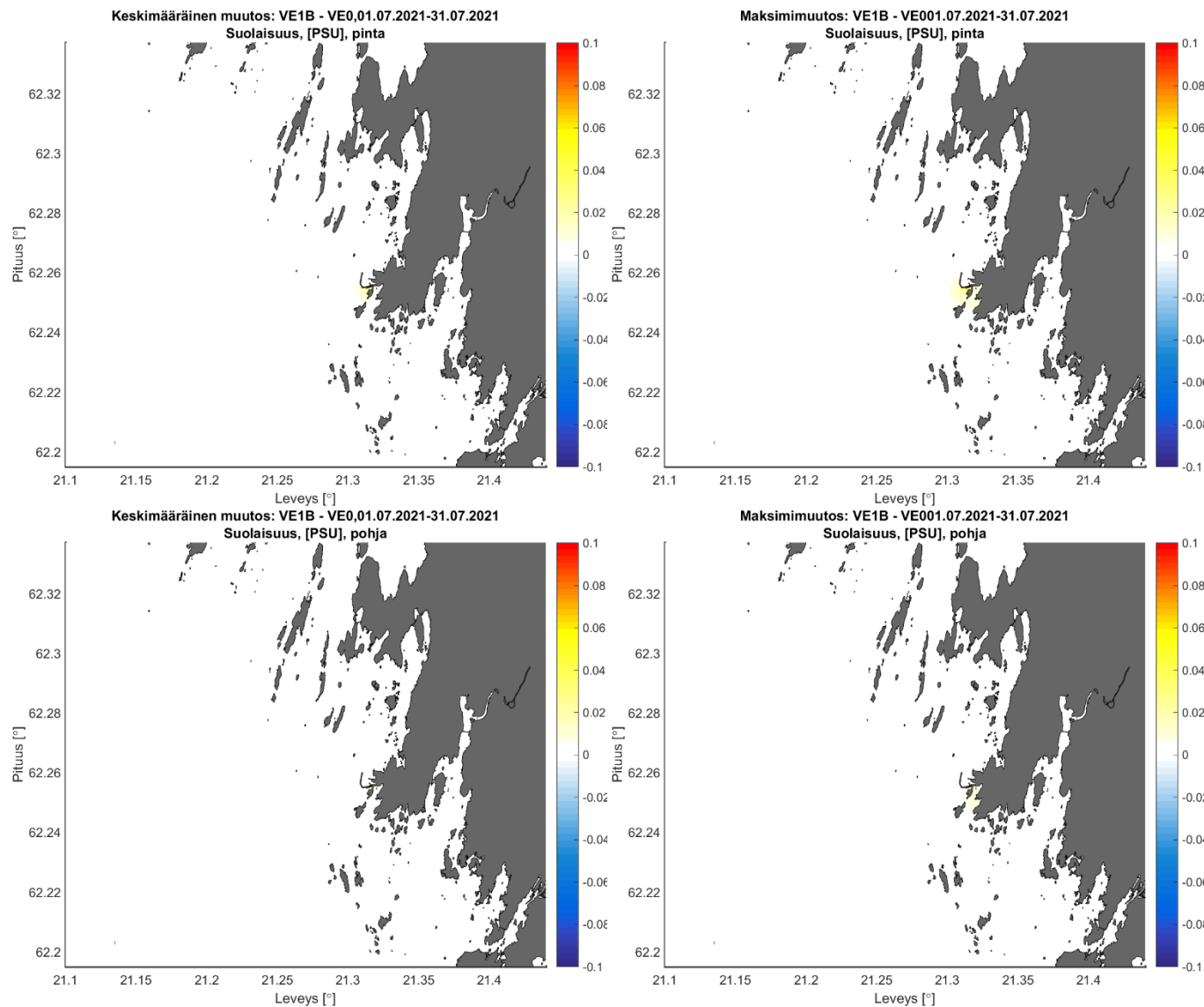
Kuva 19. Koko vuoden jaksolla purkuvaihtoehdolla VE1b mallinnettu kuukausikohtainen hetkellisesti havaittava meriveden suurin lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna pohjakerroksessa talvi- ja kevätkaudella.



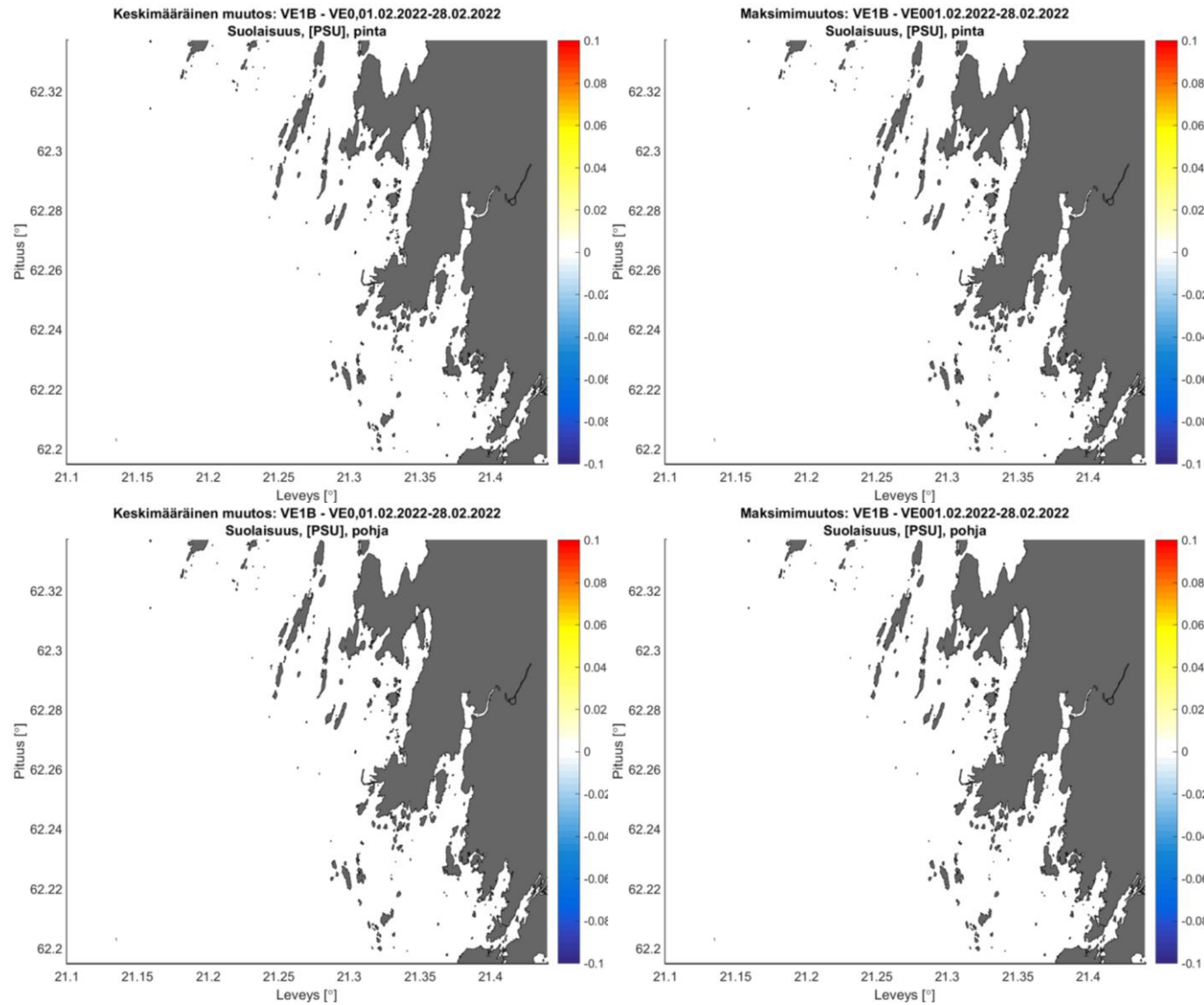
Kuva 20. Keskimääräinen muutos (kuvat vasemmalla) ja hetkellisesti havaittava maksimimuutos meriveden pinta- ja pohjakerroksen suolapitoisuudessa purkuvaihtoehdolla VE1a heinäkuussa, jolloin jäähdytysvesikuormitus on mallinnetulla koko vuoden jaksolla suurimmillaan.



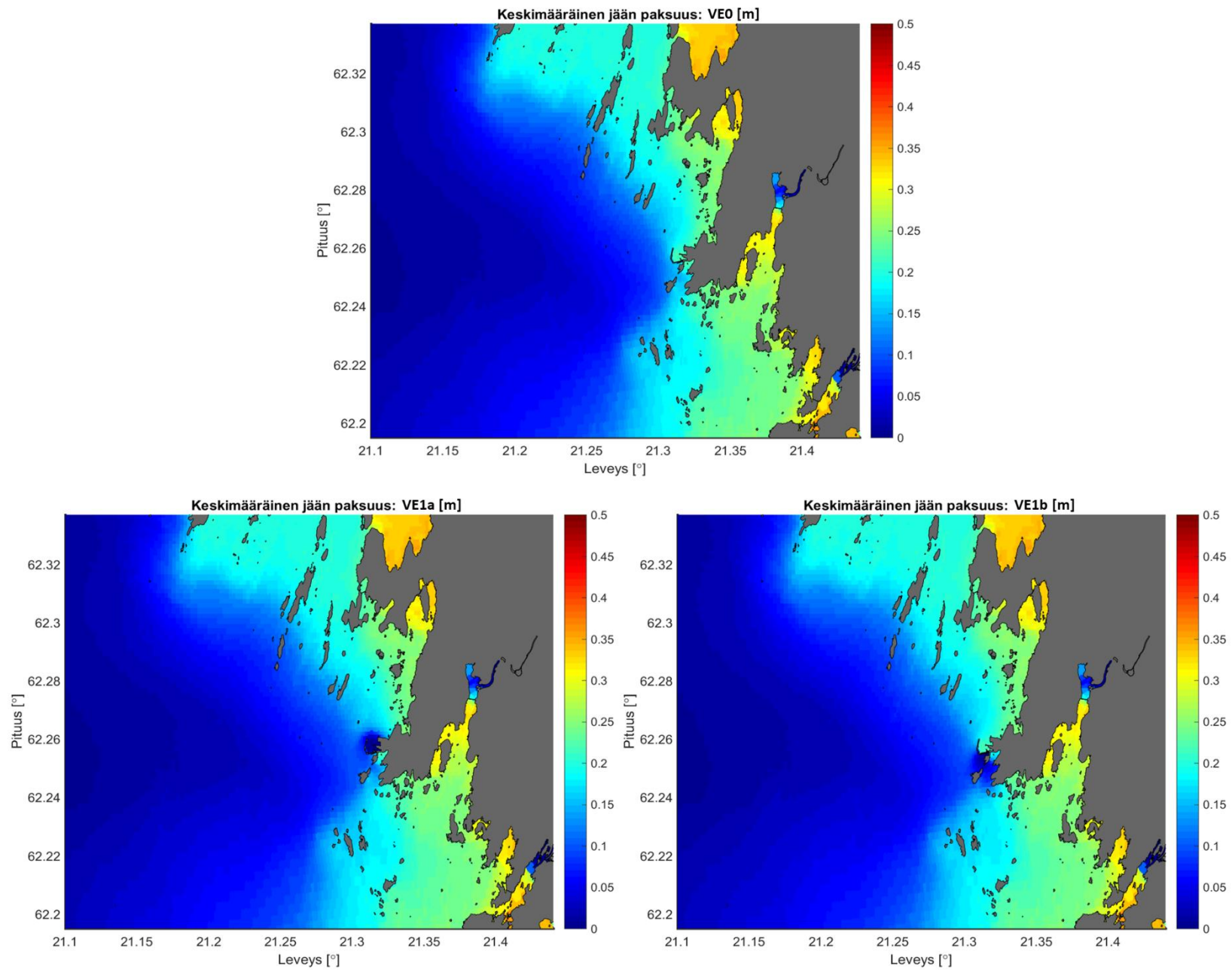
Kuva 21. Keskimääräinen muutos (kuvat vasemmalla) ja hetkellisesti havaittava maksimimuutos meriveden pinta- ja pohjakerroksen suolapitoisuudessa purkuvaihtoehdolla VE1a helmikuussa, jolloin jäähdytysvesikuormitus on mallinnetulla koko vuoden jaksolla pienimmillään.



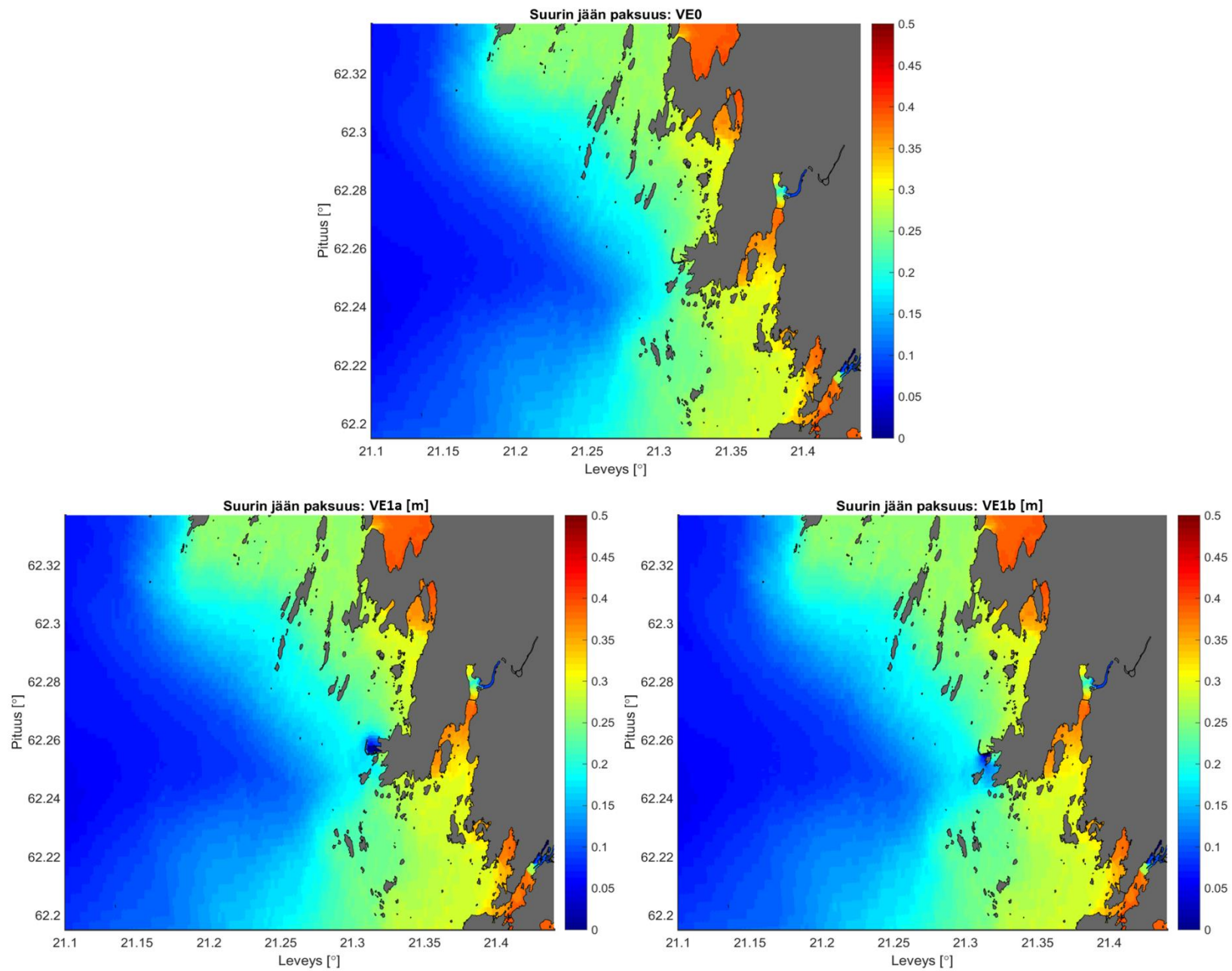
Kuva 22. Keskimääräinen muutos (kuvat vasemmalla) ja hetkellisesti havaittava maksimimuutos meriveden pinta- ja pohjakerroksen suolapitoisuudessa purkuvaihtoehdolla VE1b heinäkuussa, jolloin jäähdytysvesikuormitus on mallinnetulla koko vuoden jaksolla suurimmillaan.



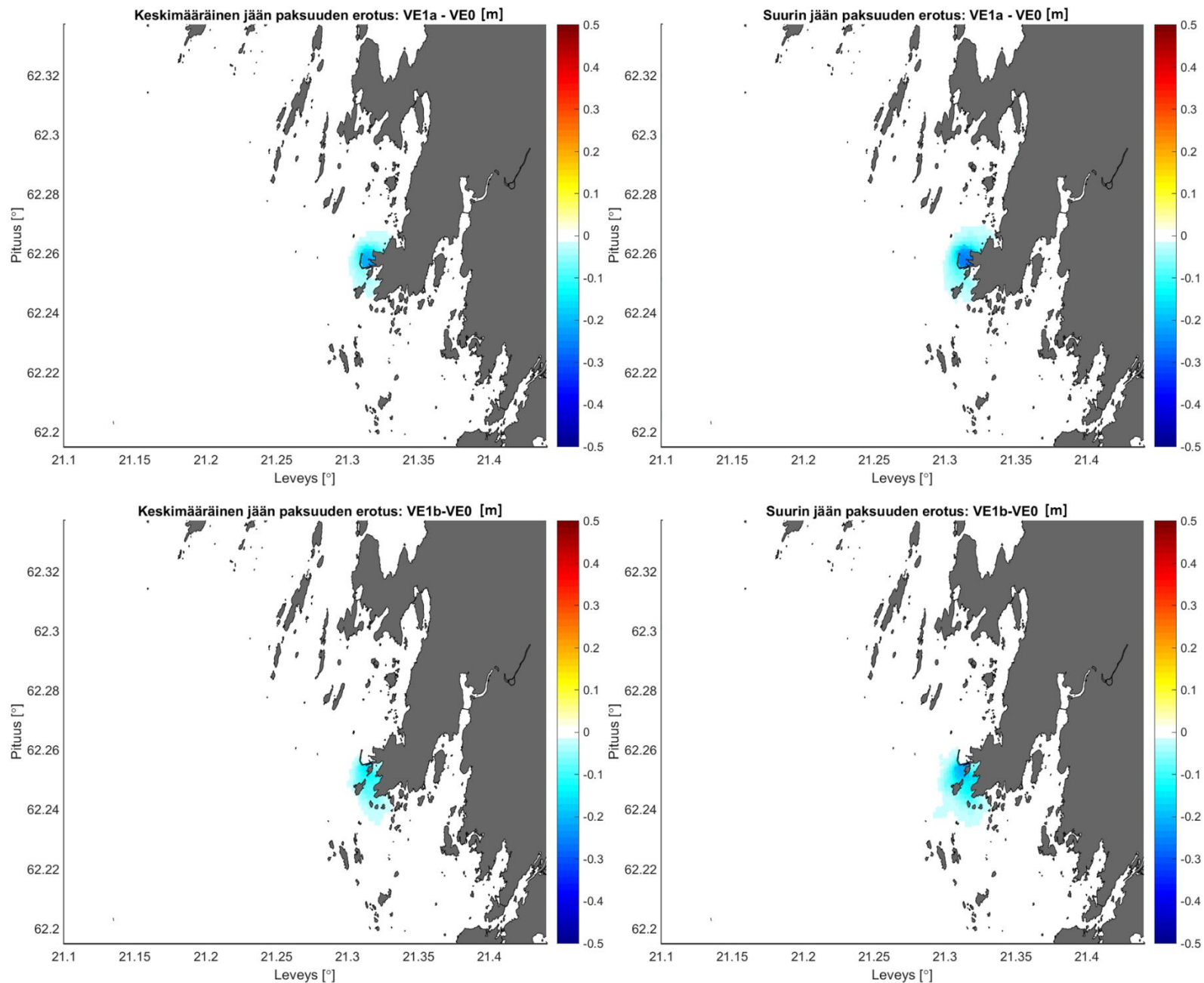
Kuva 23. Keskimääräinen muutos (kuvat vasemmalla) ja hetkellisesti havaittava maksimimuutos meriveden pinta- ja pohjakerroksen suolapitoisuudessa purkuvaihtoehdolla VE1b helmikuussa, jolloin jäähdytysvesikuormitus on mallinnetulla koko vuoden jaksolla pienimmillään.



Kuva 24. Keskimääräinen jäänpaksuus talvikaudella tammi-helmikuussa mallinnetussa nykytilanteessa (yläkuva) sekä jäähdytysveden kuormitustilanteessa VE1a (alhaalla vasemmalla) ja VE1b (alhaalla oikealla).



Kuva 25. Talvikaudella tammi-helmikuussa mallinnettu suurin jäänpaksuus nykytilanteessa (yläkuva) sekä jäähdytysveden kuormitustilanteissa VE1a (alhaalla vasemmalla) ja VE1b (alhaalla oikealla).



Kuva 26. Talvikaudella tammi-helmikuussa mallinnettu keskimääräinen (kuvat vasemmalla) ja suurin hetkellinen jäänpaksuuden muutos (kuvat oikealla) jäähdytysveden kuormitustilanteessa VE1a (yläkuvat) ja VE1b (alakuvat) vertailutason ollessa mallinnettu nykytila.

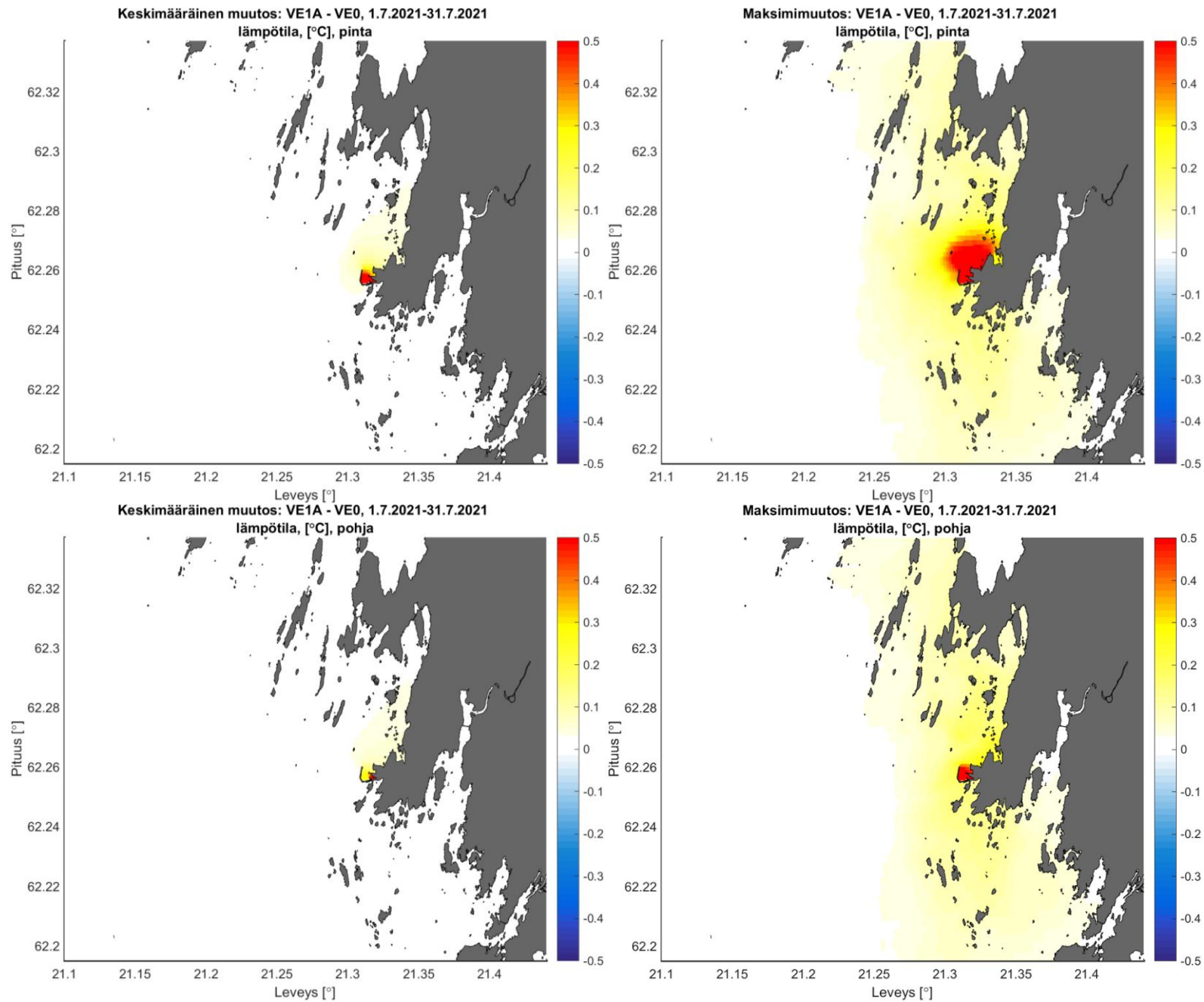
Taulukko 1. Kuukausiarvot tarkkailupisteiden kohdalla skenaariolla VE1a mallinnettuna koko vuoden jaksolla. Heinäkuun osalta taulukossa esitetään myös erikseen mallinnetun kesäkauden heinäkuun tulokset, jossa kuormitus nostettiin viikon ajaksi maksimitasolle (kuukausi 7* vaalean sinisellä pohjavärillä taulukossa).

kk	Mallinnettu skenaario	Intake		Kp4		K2		K3		Kp5		P7	
		Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti
		[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]
6	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,22	0,01	0,08	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,56	0,03	0,29	0,02	0,18	0,01	0,08	0,00	0,05	0,00	0,08	0,01
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,15	0,01	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,27	0,01	0,13	0,01	0,10	0,01	0,07	0,00	0,04	0,00	0,07	0,01
7	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,23	0,01	0,09	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,58	0,03	0,33	0,02	0,23	0,01	0,11	0,01	0,07	0,00	0,07	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,13	0,01	0,05	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,24	0,01	0,14	0,01	0,12	0,01	0,09	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00
7*	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,32	0,02	0,12	0,01	0,08	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	1,43	0,08	0,85	0,05	0,61	0,04	0,27	0,02	0,16	0,01	0,20	0,01
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,16	0,01	0,06	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,46	0,03	0,24	0,01	0,18	0,01	0,18	0,01	0,07	0,00	0,16	0,01
8	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,19	0,01	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,47	0,03	0,25	0,01	0,17	0,01	0,09	0,00	0,04	0,00	0,08	0,01
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,16	0,01	0,05	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,23	0,01	0,12	0,01	0,09	0,01	0,07	0,00	0,04	0,00	0,07	0,01
9	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,21	0,01	0,07	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,54	0,03	0,28	0,01	0,21	0,01	0,11	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,16	0,01	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,26	0,01	0,13	0,01	0,11	0,01	0,07	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00
10	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,16	0,01	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,22	0,01	0,10	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,15	0,01	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,22	0,01	0,10	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00
11	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,17	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,33	0,01	0,13	0,00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,17	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,27	0,01	0,13	0,01	0,10	0,00	0,08	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00
12	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,16	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,27	0,01	0,13	0,00	0,10	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,16	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,33	0,01	0,13	0,00	0,09	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
1	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,17	0,01	0,05	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,18	0,01	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
2	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,09	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,09	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
3	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,13	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,28	0,01	0,18	0,01	0,15	0,01	0,07	0,00	0,06	0,01	0,09	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,13	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,28	0,01	0,18	0,01	0,15	0,01	0,07	0,00	0,06	0,01	0,09	0,00
4	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,14	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,18	0,01	0,10	0,00	0,08	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,14	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,18	0,01	0,10	0,00	0,08	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00
5	VE1a muutos keskiarvo pinta	0,13	0,01	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pinta	0,17	0,01	0,10	0,00	0,08	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00
	VE1a muutos keskiarvo pohja	0,13	0,01	0,06	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
	VE1a muutos maksimi pohja	0,17	0,01	0,10	0,00	0,08	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00

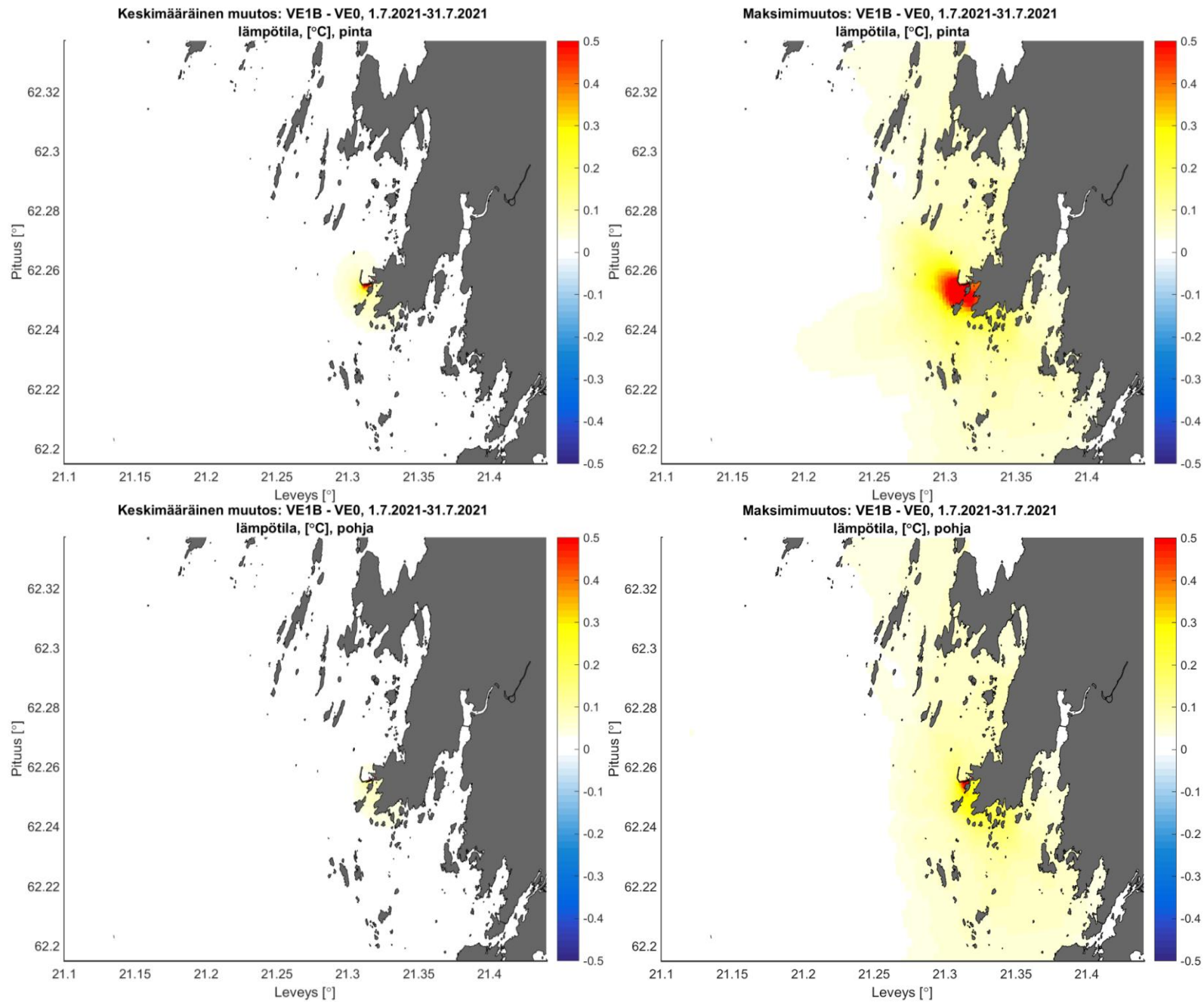
Taulukko 2. Kuukausiarvot tarkkailupisteiden kohdalla skenaariolla VE1b mallinnettuna koko vuoden jaksolla. Heinäkuun osalta taulukossa esitetään myös erikseen mallinnetun kesäkauden heinäkuun tulokset, jossa kuormitus nostettiin viikon ajaksi maksimitasolle (kuukausi 7* vaalean sinisellä pohjavärillä taulukossa).

kk	Mallinnettu skenaario	Intake		Kp4		K2		K3		Kp5		P7	
		Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti	Lämpötila	Saliniteetti
		[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]	[°C]	[‰]
6	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,09	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00	0,10	0,01	0,28	0,02
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,08	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,09	0,01
7	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,09	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00	0,28	0,02
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,08	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,03	0,00	0,09	0,01
7*	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,13	0,01
	VE1b muutos maksimi pinta	0,11	0,01	0,11	0,01	0,10	0,01	0,09	0,01	0,21	0,01	0,70	0,05
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,14	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,09	0,01	0,08	0,01	0,20	0,01
8	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,23	0,01
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,07	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,09	0,01
9	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,08	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,24	0,01
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,07	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,11	0,01
10	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,03	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,08	0,00
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,09	0,00
11	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,06	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,16	0,00
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,06	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,12	0,01
12	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,10	0,01
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,09	0,00
1	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01
	VE1b muutos maksimi pinta	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,06	0,02	0,04	0,01
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01
	VE1b muutos maksimi pohja	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,06	0,02	0,05	0,01
2	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
3	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	-0,01
	VE1b muutos maksimi pinta	0,10	0,00	0,08	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00	0,10	0,03	0,09	0,00
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	-0,01
	VE1b muutos maksimi pohja	0,10	0,00	0,08	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00	0,10	0,03	0,09	0,00
4	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,09	0,00
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,09	0,00
5	VE1b muutos keskiarvo pinta	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00
	VE1b muutos maksimi pinta	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00
	VE1b muutos keskiarvo pohja	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00
	VE1b muutos maksimi pohja	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00

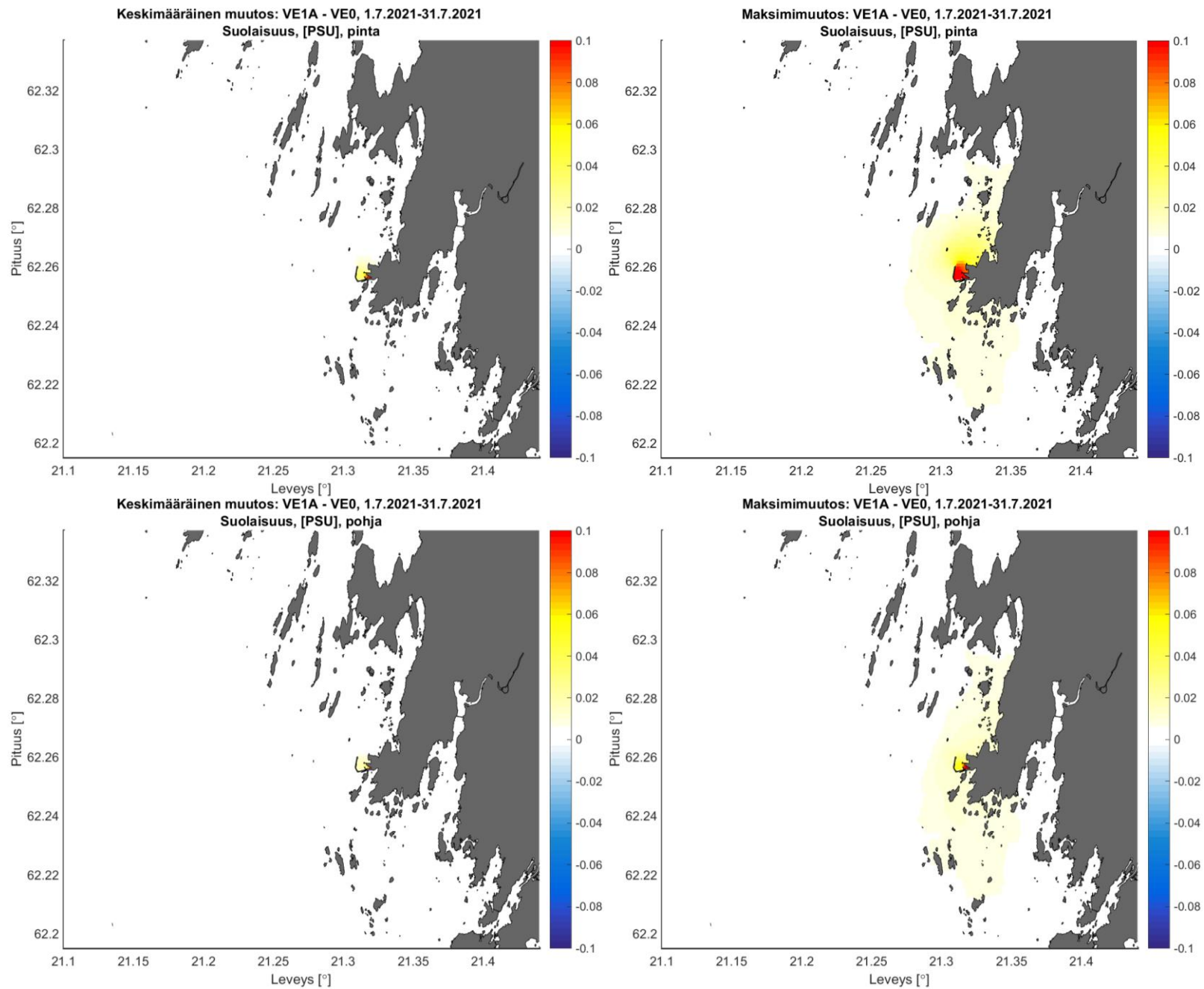
Kuvaajat kesäkauden mallinnuksen tuloksista, joissa jäähdytysvesikuormitus nousee heinäkuussa viikon ajaksi normaalikuormituksesta maksimikuormituksen tasolle palaten sen jälkeen takaisin normaalikuormituksen tasolle



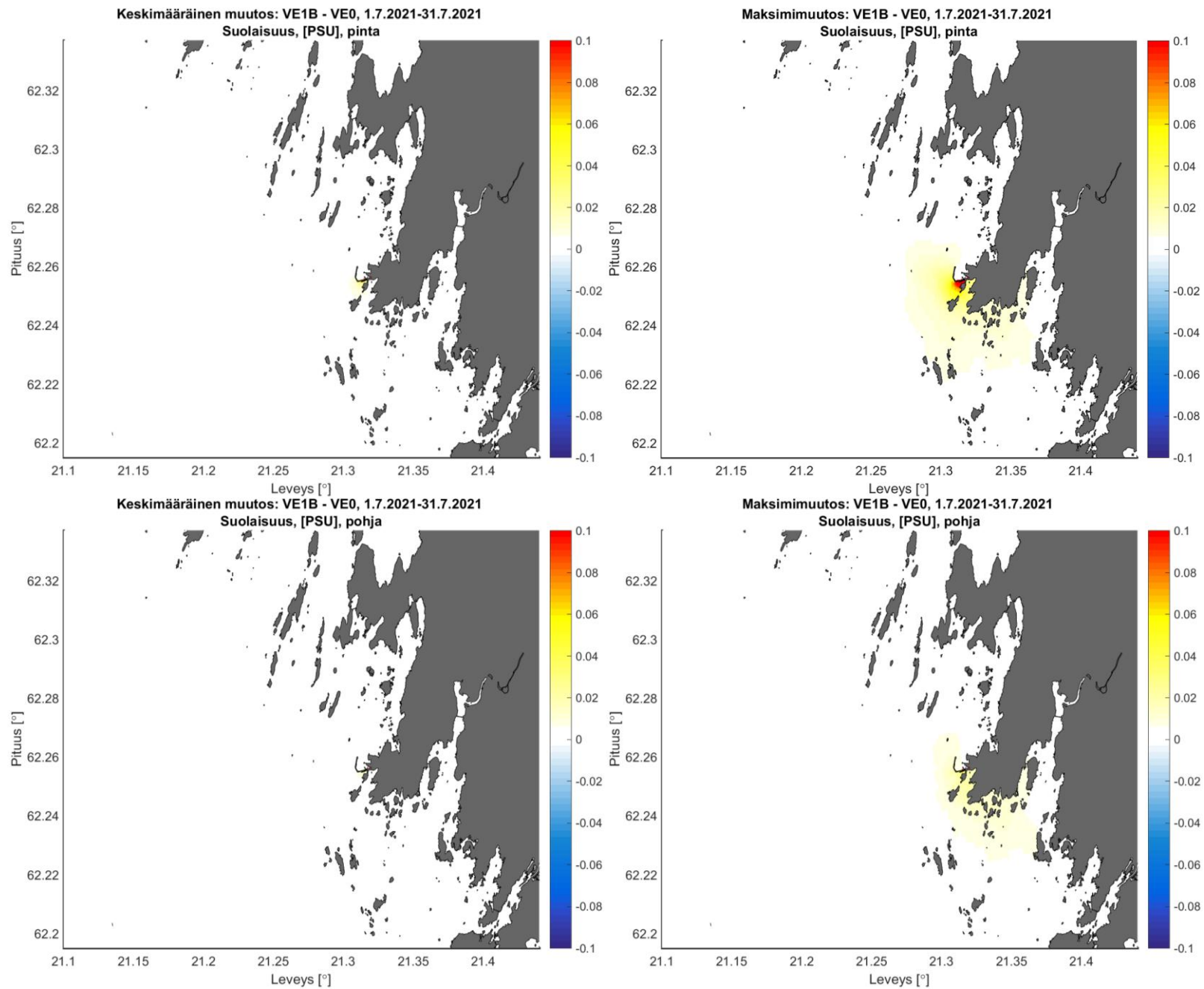
Kuva 27. Heinäkuussa viikon ajaksi maksimikuormituksen tasolle nousevan jäähdytysvesikuormituksen vaikutukset meriveden lämpötilaan purkuvaihtoehdolla VE1a. Vasemmalla puolella esitetään heinäkuun keskimääräiset vaikutukset pinta- ja pohjakerroksissa ja oikealla puolella heinäkuussa havaittavat hetkelliset maksimivaikutukset.



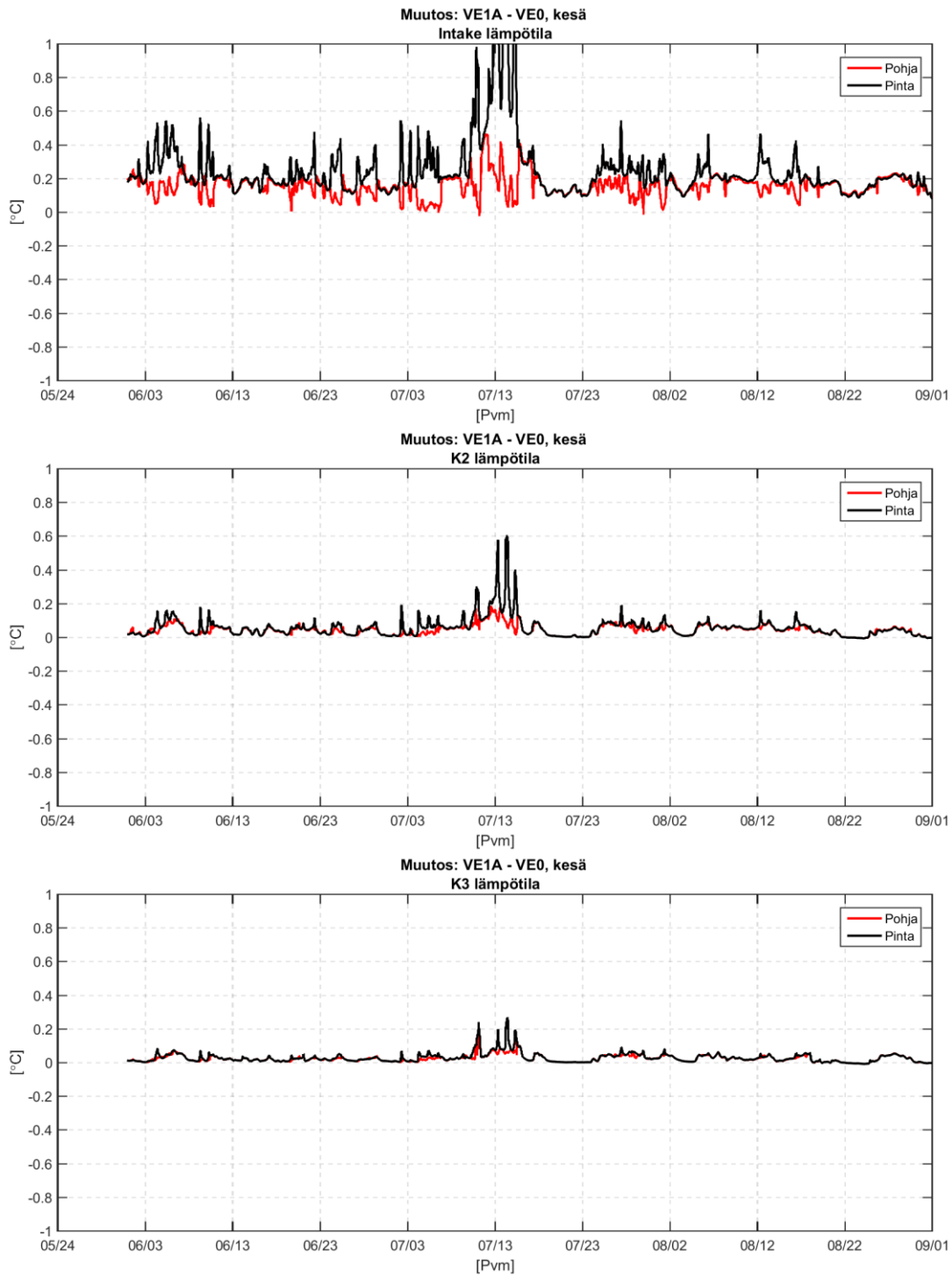
Kuva 28. Heinäkuussa viikon ajaksi maksimikuormituksen tasolle nousevan jäähdytysvesikuormituksen vaikutukset meriveden lämpötilaan purkuvaihtoehdolla VE1b. Vasemmalla puolella esitetään heinäkuun keskimääräiset vaikutukset pinta- ja pohjakerroksissa ja oikealla puolella heinäkuussa havaittavat hetkelliset maksimivaikutukset.



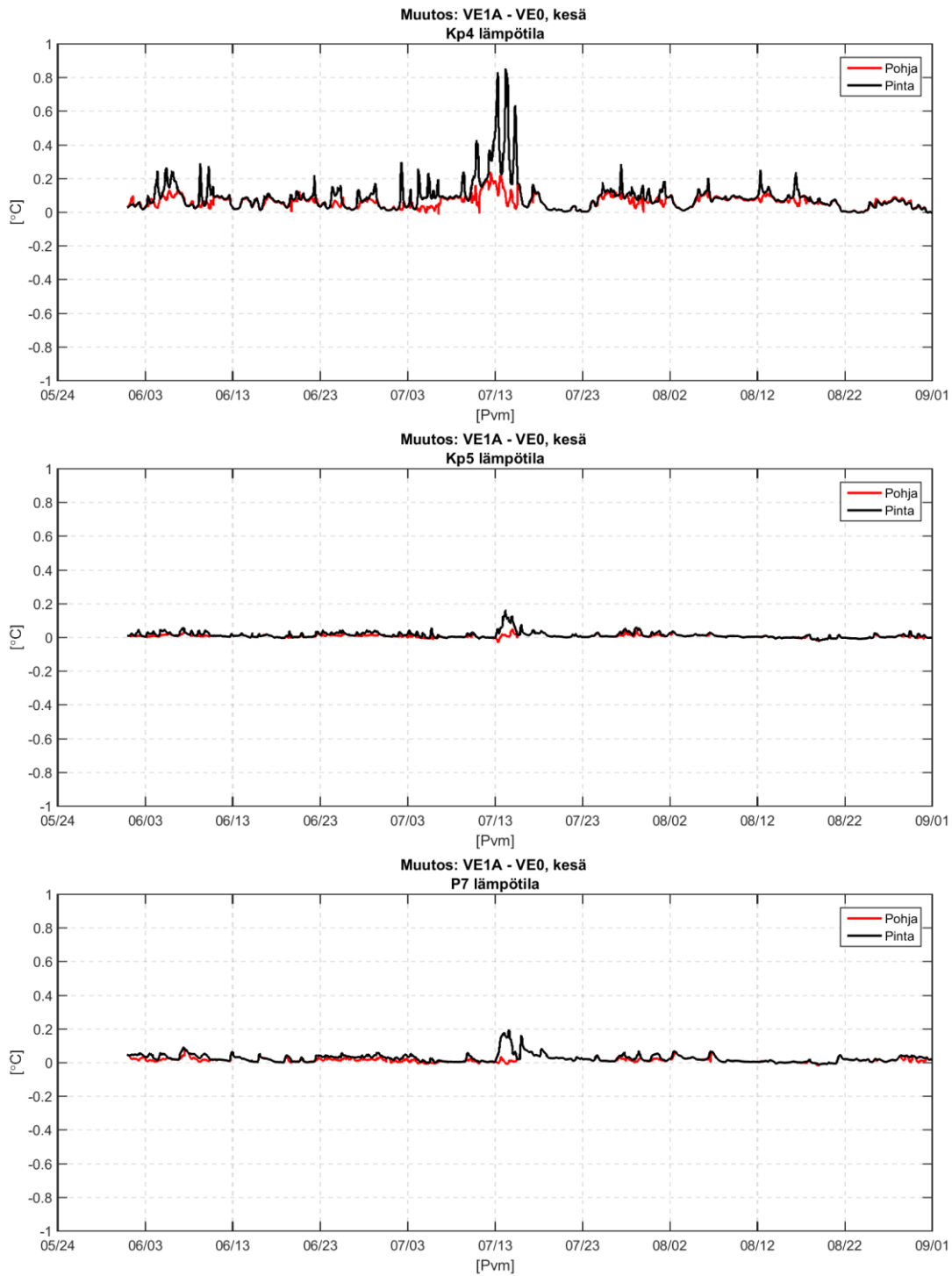
Kuva 29. Heinäkuussa viikon ajaksi maksimikuormituksen tasolle nousevan jäähdytysvesikuormituksen vaikutukset meriveden suolapitoisuuteen purkuvaihtoehdolla VE1a. Vasemmalla puolella esitetään heinäkuun keskimääräiset vaikutukset pinta- ja pohjakerroksissa ja oikealla puolella heinäkuussa havaittavat hetkelliset maksimivaikutukset.



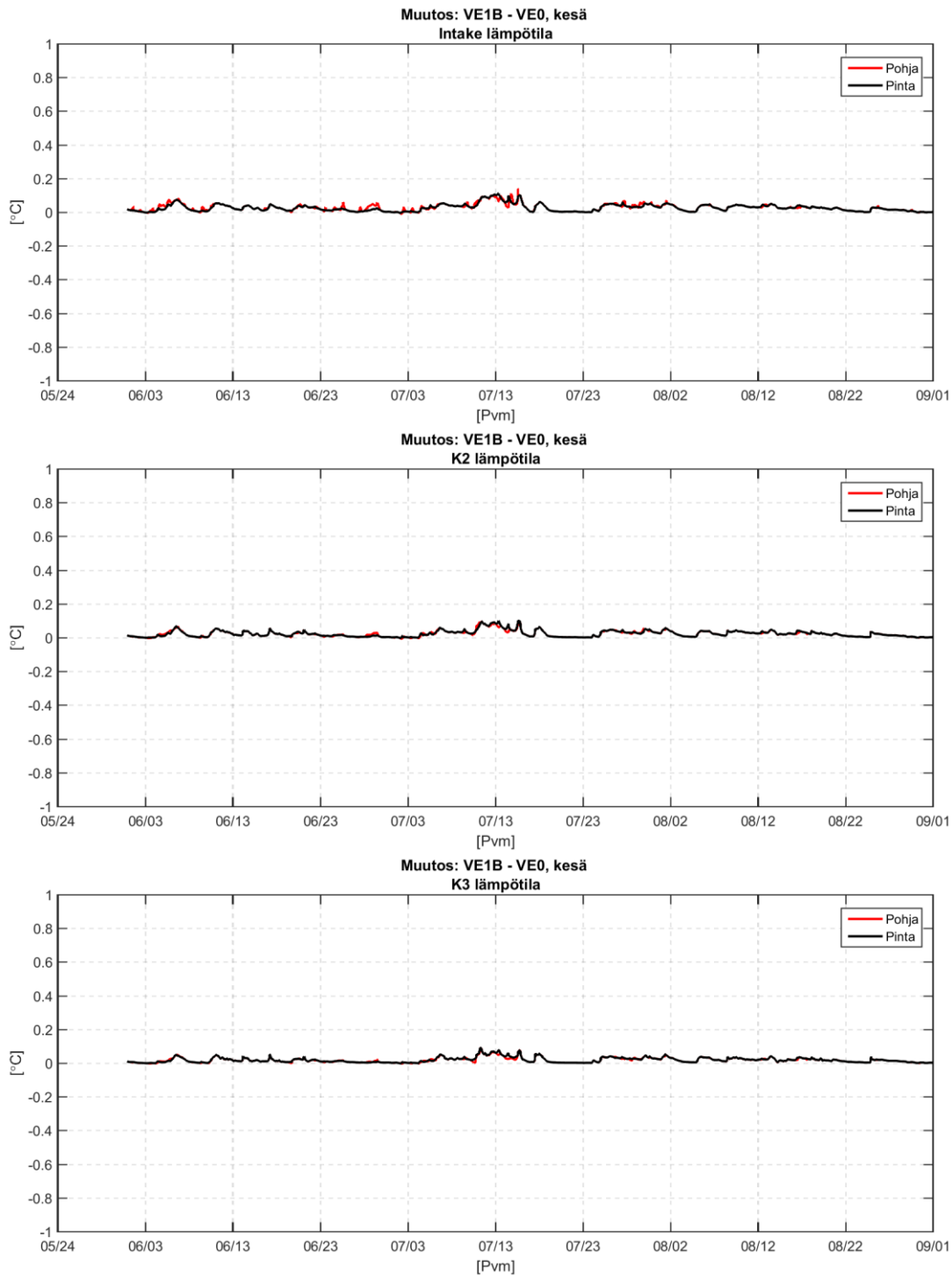
Kuva 30. Heinäkuussa viikon ajaksi maksimikuormituksen tasolle nousevan jäähdytysvesikuormituksen vaikutukset meriveden suolapitoisuuteen purkuvaihtoehdolla VE1b. Vasemmalla puolella esitetään heinäkuun keskimääräiset vaikutukset pinta- ja pohjakerroksissa ja oikealla puolella heinäkuussa havaittavat hetkelliset maksimivaikutukset.



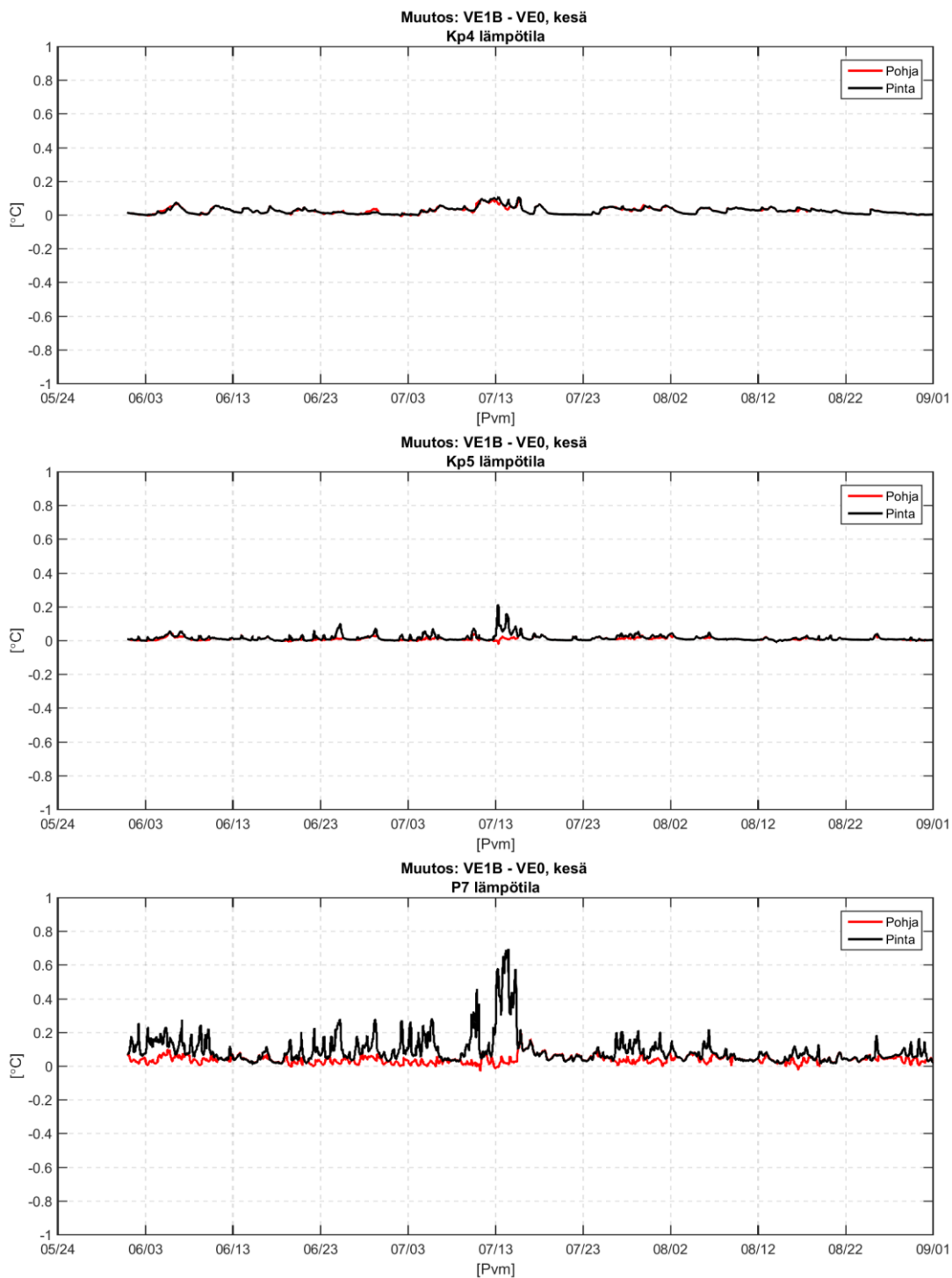
Kuva 31. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1a mallinnetulla kesäkaudella kesä- elokuussa pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden K2 ja K3 kohdalla sekä jäähdytysveden ottopisteen kohdalla.



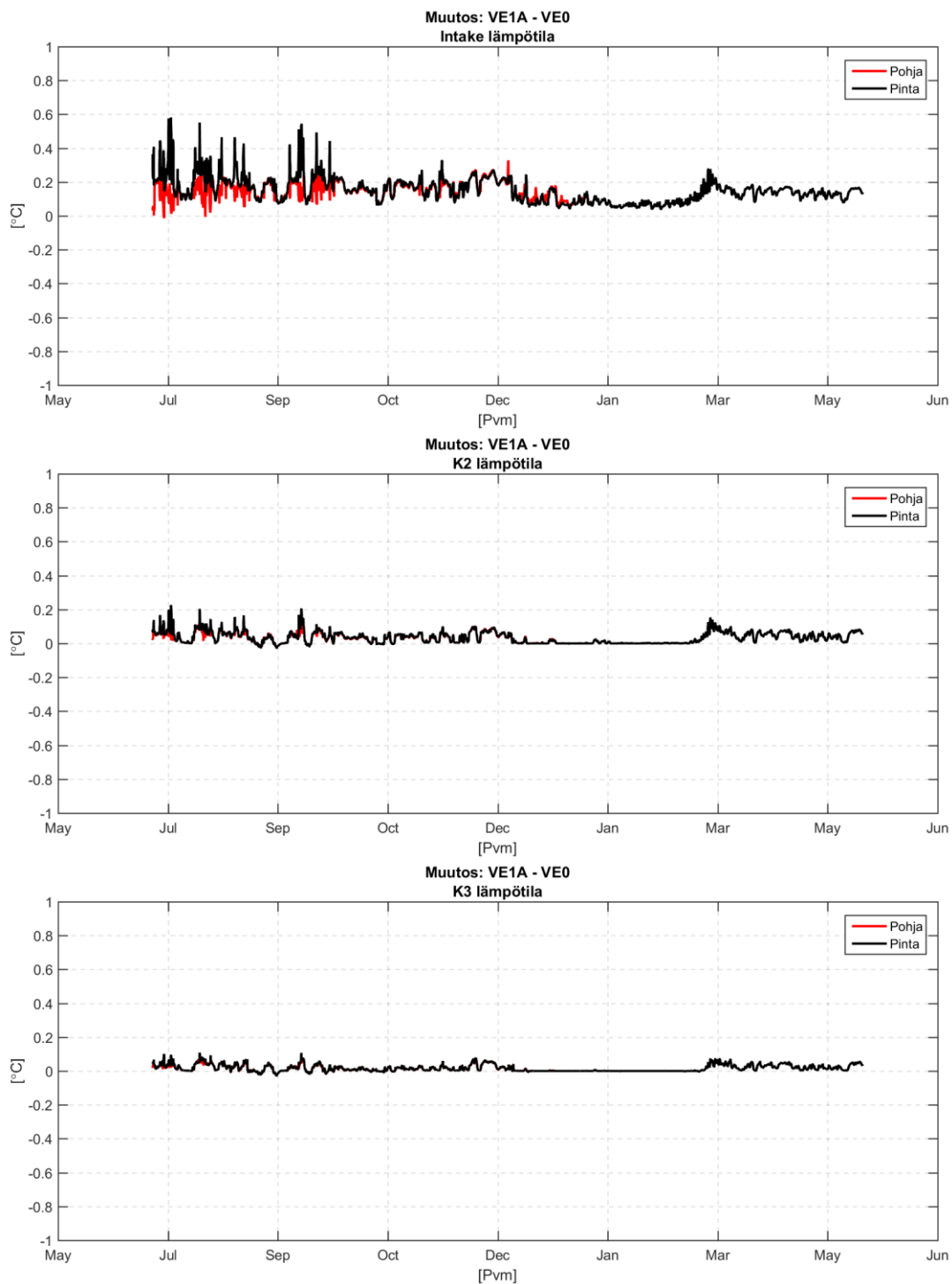
Kuva 32. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1a mallinnetulla kesäkaudella kesä- elokuussa pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden Kp4, Kp5 ja P7 kohdalla.



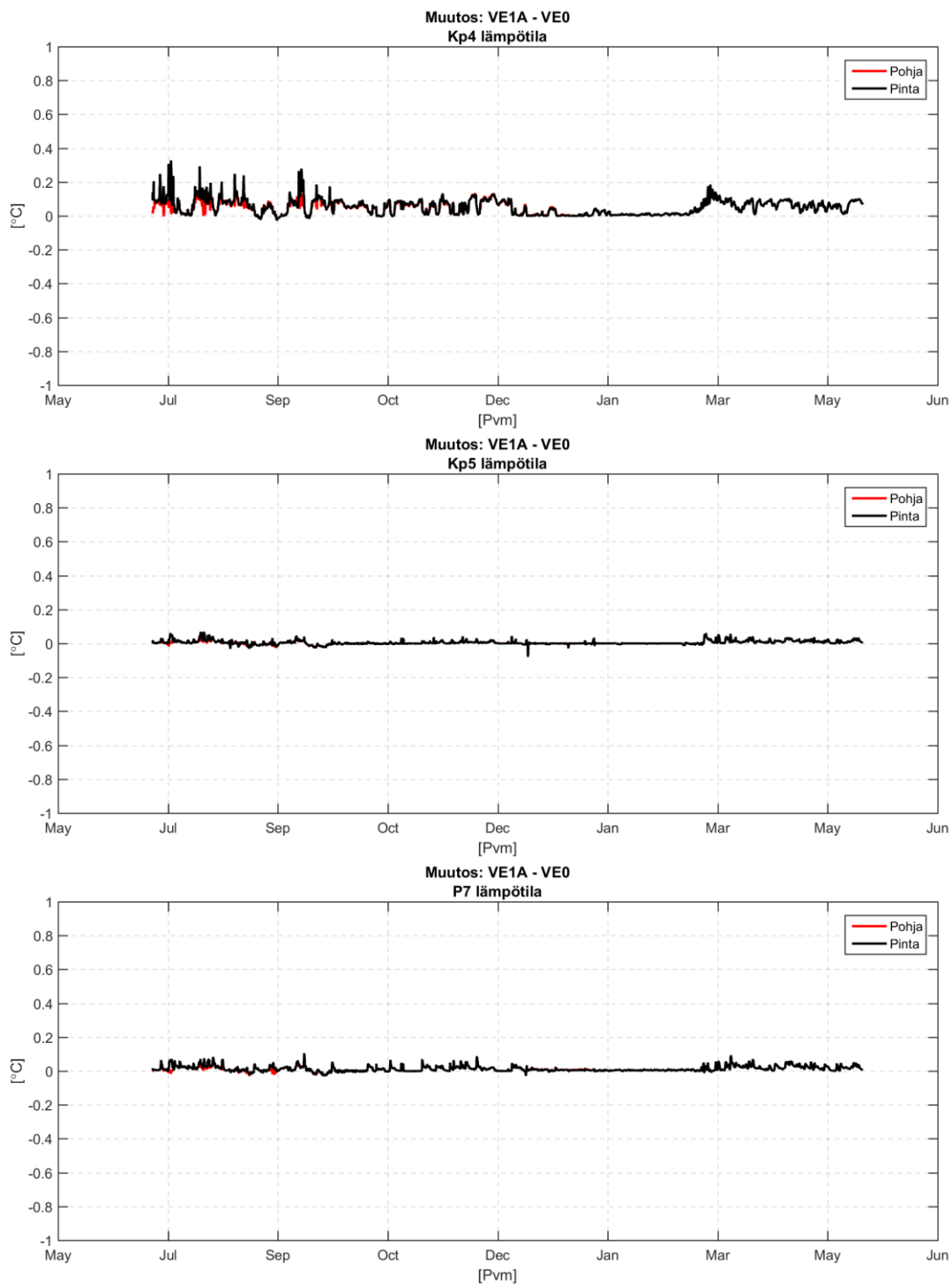
Kuva 33. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1b mallinnetulla kesäkaudella kesä- elokuussa pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden K2 ja K3 kohdalla sekä jäähdytysveden ottopisteen kohdalla.



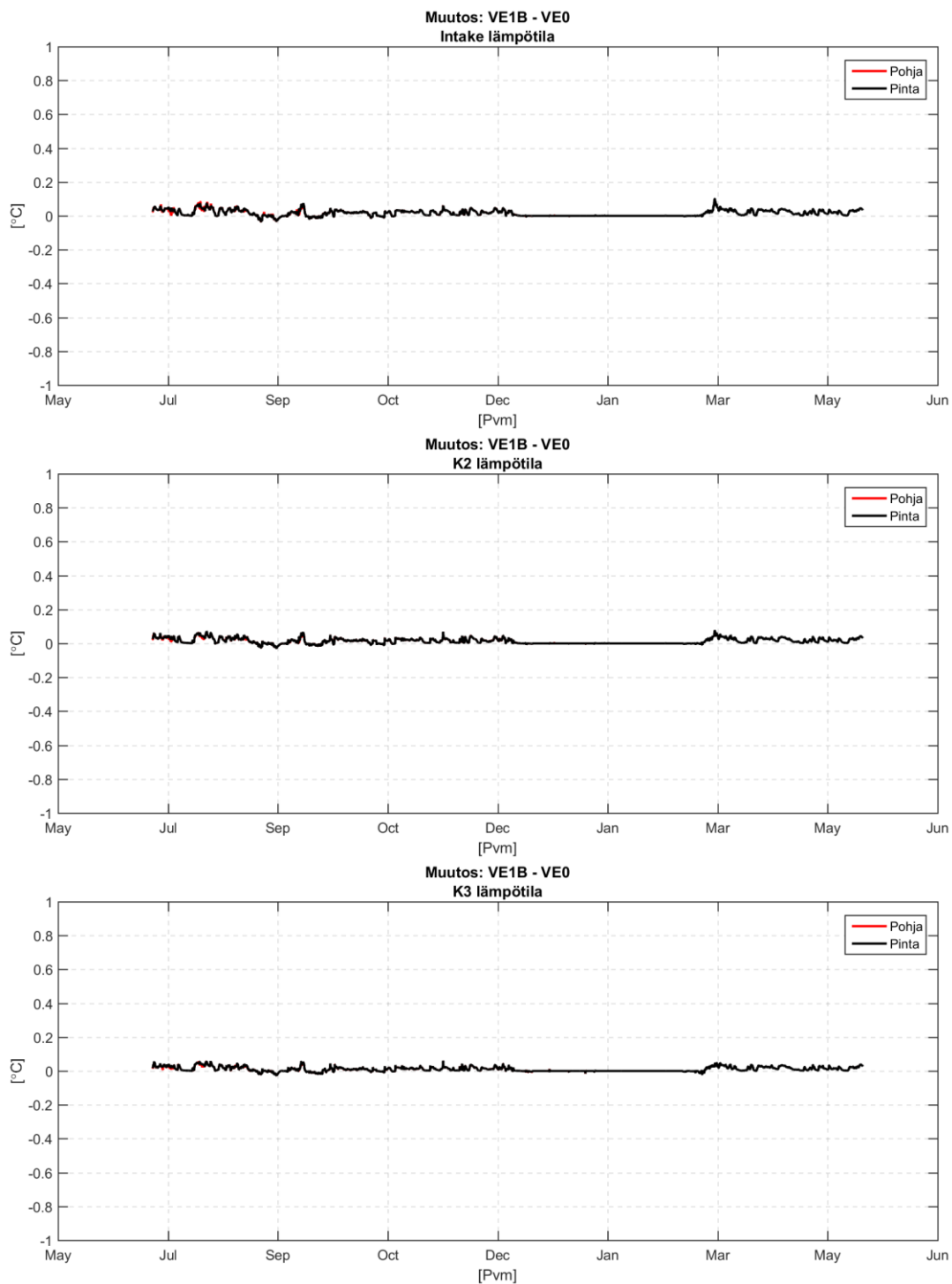
Kuva 34. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1b mallinnetulla kesäkaudella kesä- elokuussa pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden Kp4, Kp5 ja P7 kohdalla.



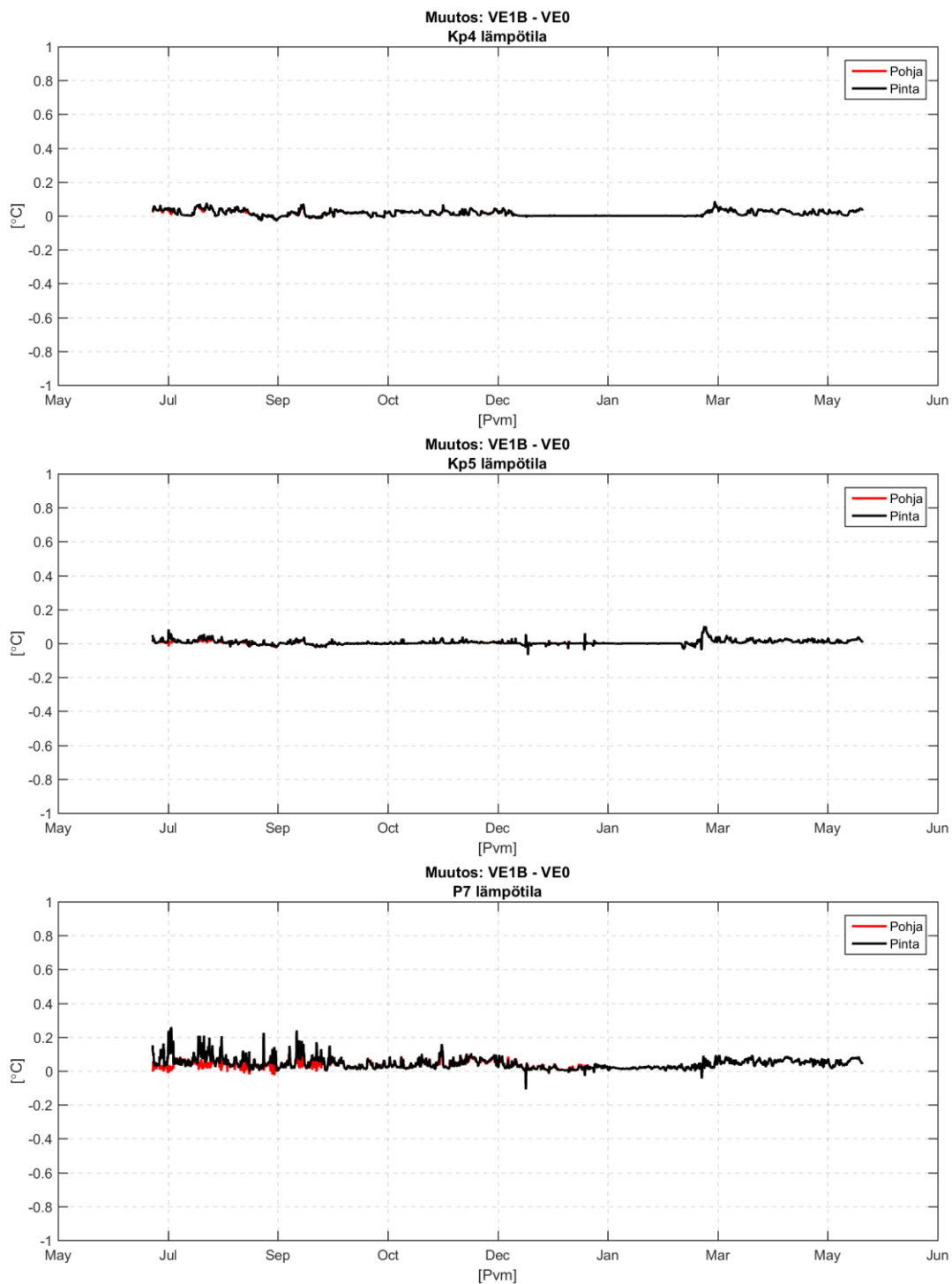
Kuva 35. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1a mallinnetulla koko vuoden jaksolla 06/2021-05/2022 pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden K2 ja K3 kohdalla sekä jäähdytysveden ottopisteen kohdalla.



Kuva 36. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1a mallinnetulla koko vuoden jaksolla 06/2021-05/2022 pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden Kp4, Kp5 ja P7 kohdalla.



Kuva 37. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1b mallinnetulla koko vuoden jaksolla 06/2021-05/2022 pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden K2 ja K3 kohdalla sekä jäähdytysveden ottopisteen kohdalla.



Kuva 38. Meriveden lämpötilan muutos nykytilaan verrattuna vaihtoehdolla VE1b mallinnetulla koko vuoden jaksolla 06/2021-05/2022 pinta- ja pohjakerroksessa vedenlaadun tarkkailupisteiden Kp4, Kp5 ja P7 kohdalla.