



Mondo Minerals, Uutelan talkkikaivoksen laajennuksen vesipäästöjen vaikutusmallinnus, 2019

Mondo Minerals B.V. Branch Finland

Sisältö

1	JOHDANTO	2
1.1	Laskentavaihtoehdot	2
1.2	Kaivoksen kuormitus 2010–2017	4
1.3	Kuormitus vaihtoehdoille VE1 ja VE2	5
2	MUSTINJOEN VALUMA-ALUE	6
2.1	Laskentamalli	6
2.2	Mallin lähtötiedot	7
2.3	Olosuhteet	7
2.4	Virtaamien laskenta	8
2.5	Kuormitukset ja niiden aiheuttamat pitoisuudet Mustinjoessa, nykytilanne	9
3	JORMASJÄRVI	12
3.1	Sulfaattipitoisuudet Jormasjärvellä 2010–2016	13
3.2	Uutelan kuormituksen aiheuttama pitoisuuden nousu, karttakuvat	14
3.2.1	Nykytilanne VE0	15
3.2.2	Laajennusvaihtoehto VE1	15
3.2.3	Laajennusvaihtoehto VE2	15
3.3	Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatupisteissä, VE1 pintakerros	29
3.4	Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatupisteissä, VE2 pintakerros	31
3.5	Pitoisuusnousun vedenlaatupisteissä, pinta vs. pohja	33
3.6	Pitoisuusnousu suuremmalla typpikuormituksella	34
3.6.1	Vaihtoehto 1	34
3.6.2	Vaihtoehto 2	34
3.6.3	Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatupisteissä, VE1 pintakerros	34
3.6.4	Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatupisteissä, VE2 pintakerros	35
3.7	Pitoisuusnousu Mg, Ca, Na	38
3.8	Terrafamen ja Uutelan kuormitusten yhteisvaikutukset Jormasjärvellä	38
3.8.1	Sulfaatti	39
3.8.2	Nikkeli	41
4	YHTEENVETO	43
5	LÄHDELUETTELO	44

Pöyry Finland Oy, Ympäristötutkimus, Oulu
Elektroniikkatie 13
90590 Oulu

Copyright © Pöyry Finland Oy

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

1 JOHDANTO

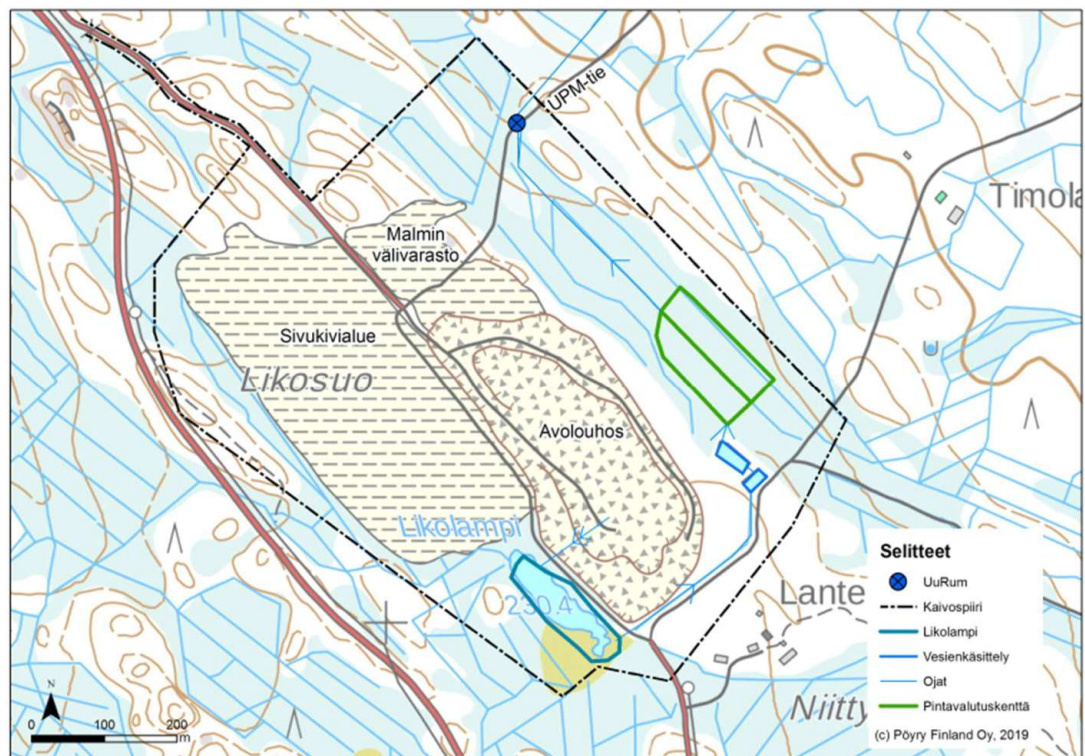
Tässä raportissa on arvioitu valuma- ja 3d-järvimallin avulla Uutelan kaivoksen aiheuttamien vesipäästöjen vaikutuksia nykytilanteessa (VE0) ja kahdella kaivoksen laajennusvaihtoehdolla (VE1 ja VE2). Laskennat tehtiin kokonaistypelle (NTOT), kokonaisfosforille (PTOT), nikkelille (Ni), arseenille (As) ja sulfaatille (SO4).

Nykytilanteessa Uutelan kaivoksen toiminnot aiheuttavat kuormitusta Kohisevanpuroon, joka laskee edelleen Mustinjokeen ja Jormasjärven Mustinlahteen. Jormasjärveen vaikuttaa myös Tuhkajoen kautta järven toiselle puolelle tuleva Terrafamen kaivokselta tuleva kuormitus. Suunnitellun laajennuksen jälkeen kaivoksen veden kuormittavat Myllypuroa, joka laskee Kohisevanpuroon, ja jatkaa tästä samaa reittiä kuin aikaisemmin Jormasjärveen.

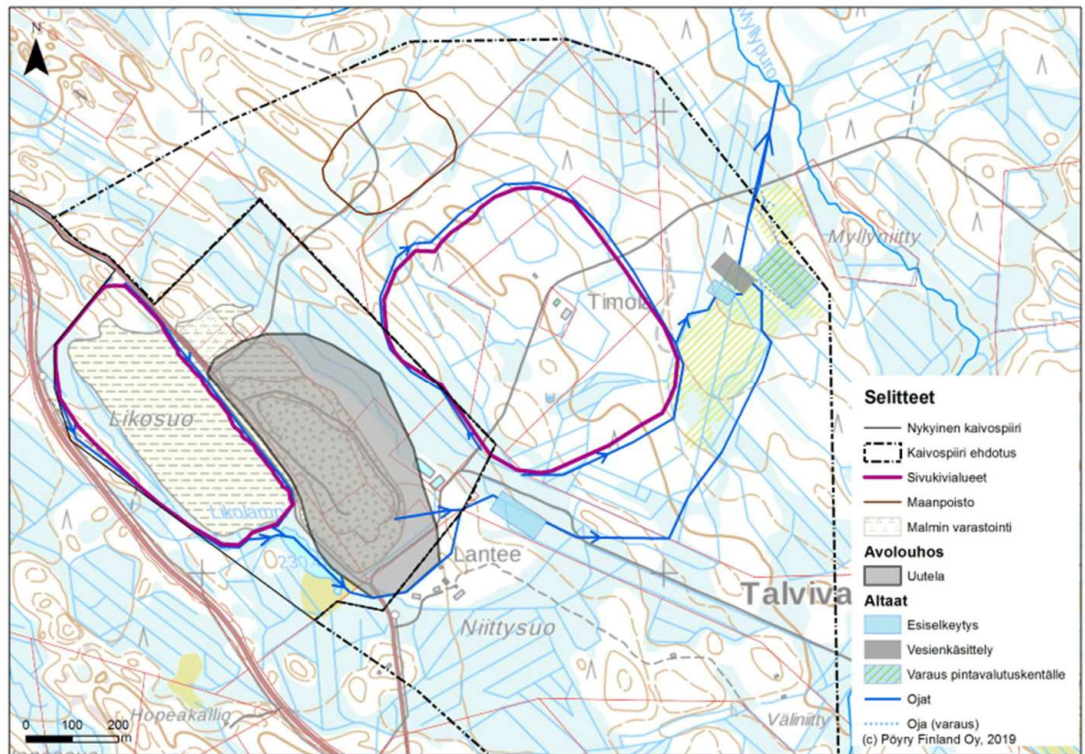
1.1 Laskentavaihtoehdot

Nykyinen (VE0) kokonaislouhintamäärä on 0,3 – 0,4 Mt/a. Vaihtoehdossa VE1 nykyistä kaivosta laajennetaan siten, että kokonaislouhinta nousee arvoon 1,3 Mt/a. Lisäksi louhoksen itäpuolelle perustetaan uusi sivukivialue ja nykyistä sivukivialuetta laajennetaan. Vaihtoehdossa VE2 nykyisen louhoksen laajennuksen lisäksi avataan Viinakorven avolouhos nykyisen louhoksen kaakkoispuolelle ja kokonaislouhinta nousee arvoon 1,8 Mt/a. Lisäksi uutta idänpuoleista sivukivialuetta laajennetaan vaihtoehtoon VE1 verrattuna.

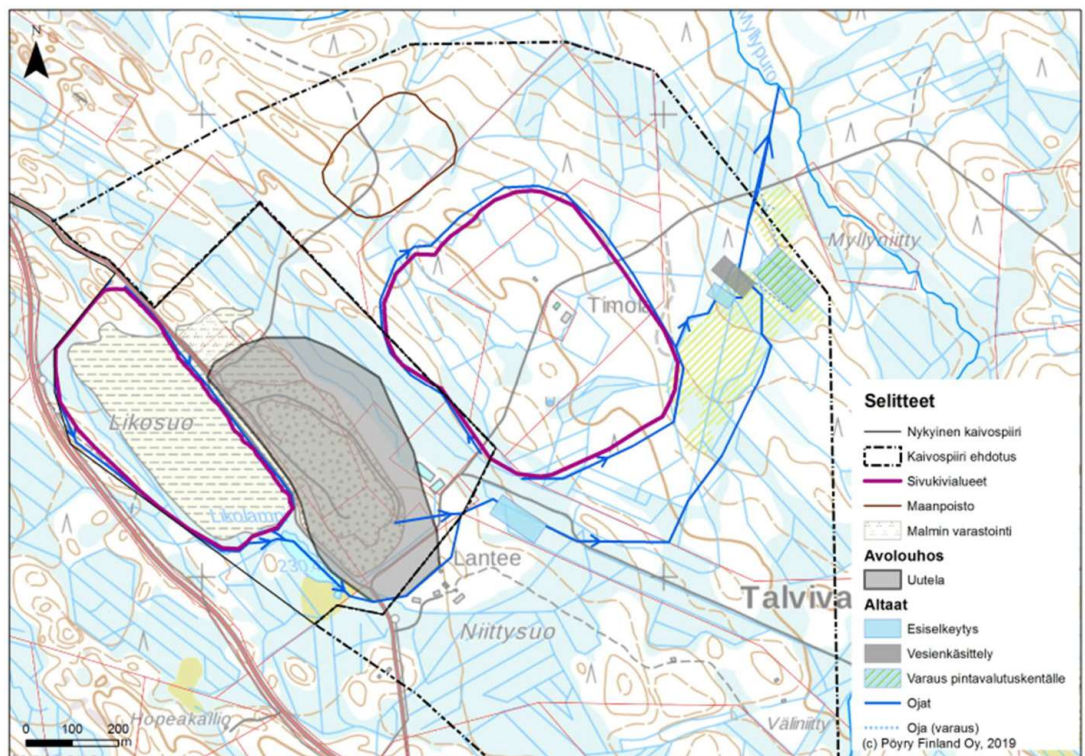
Laskennassa käytetty vaihtoehdot on esitetty taulukossa 1-1. Kaivosalueen nykyisten ja suunniteltujen toimintojen sijoitus on esitetty karttapohjalla kuvassa 1-1 a –c.



a) Kaivosalue, nykytilanne (VE0)



b) Kaivosalue, vesienkäsittely vaihtoehdolla VE1



c) Kaivosalue, vesienkäsittely vaihtoehdolla VE2

Kuva 1-1. Uutelan kaivosalue, nykyiset ja suunnitellut vesienkäsittelyvaihtoehdot, ks. taulukko 1-1.

Taulukko 1-1: Laskentavaihtoehdot

Vaihtoehto	Kuvaus
VE0	<ul style="list-style-type: none"> • Kaivostoiminta jatkuu nykyisellään, louhoksen koko 10 ha. • Malmin louhinta on 0,2 – 0,250 Mt/a, kokonaislouhinta 0,3 – 0,4 Mt/a, sivukivialue pysyy nykyisen kokoisena (10 ha) • Uusia alueita ei oteta käyttöön • Vesienkäsittely kuten nykytilanteessa
VE1	<ul style="list-style-type: none"> • Uutelan avolouhosta laajennetaan kokoon 16 ha. • Malmin louhintamäärää nostetaan tasolle 0,55 Mt/a ja kokonaislouhinta tasolle 1,3 Mt/a. • Laajennetaan nykyistä sivukivialuetta kokoon 14 ha, ja rakennetaan uusi sivukivialue (sivukivi VE1, 26 ha) • Louhoksen ja sivukivikasojen käsitellyt vedet Myllypuroon
VE2	<ul style="list-style-type: none"> • Uutelan avolouhosta laajennetaan kokoon 16 ha, ja lisäksi avataan Viinakorven avolouhos (7,5 ha). • Malmin louhintamäärää nostetaan tasolle 0,55 Mt/a ja kokonaislouhinta tasolle 1,8 Mt/a. • Laajennetaan nykyistä sivukivialuetta kokoon 14 ha, ja rakennetaan uusi sivukivialue (sivukivi VE2, 38 ha) • Louhosten ja sivukivikasojen käsitellyt vedet Myllypuroon

1.2 Kaivoksen kuormitus 2010–2017

Uutelan kaivoksen kuormitusta on seurattu kaivoksen toiminnan ajan seurantapisteesä UPM-tie (UURum). Piste sijaitsee välittömästi pintavalutuskentän alapuolella. Sijainti näkyy kuvassa 1-1.

Kaivoksen kokonaislouhintamäärä on jaksolla 2010 – 2017 kasvanut siten, että 2010 – 2011 kokonaislouhinta ollut tasolla 30 – 55 Mkg (miljoonaa kiloa), vuosina 2012 – 2015 noin 300 – 500 Mkg ja vuosina 2016 – 2017 noin 1300 – 1400 Mkg. Tarkemmat louhintamäärät on esitetty kuvassa 1-2.

Vuosi	Kokonaislouhinta (Mkg)
2010	30,7
2011	54,9
2012	541,2
2013	295,4
2014	399,0
2015	530,7
2016	1 333,9
2017	1 421,2


Kuva 1-2. Uutelan louhintamäärät.

1.3 Kuormitus vaihtoehdoille VE1 ja VE2

Nykytilanteelle mallinnetut vuosittaiset valumat ja kuormitukset on esitetty taulukossa 1-2. Vuosikuormitukset on laskettu päivittäisten virtaamien ja neljästi kuussa mitattujen pitoisuuksien interpoloinnin perusteella, ja voivat siten poiketa eri menetelmällä lasketuista neljännesvuosikuormituksista.

Taulukko 1-2. Vuosittaiset vesistökuormitukset laskettuna päivävirtaamien ja 2 x kk mitattujen pitoisuuksien perusteella, (sulfaatti arvioitu 5x johtavuus)

Vuosi	Valuma m ³ /a	NTOT kg/a	PTOT kg/a	Ni kg/a	As kg/a	SO ₄ tn/a
2010	159 800	433,0	38,9	10,7	1,2	21,1
2011	169 900	249,4	25,9	11,5	0,9	22,4
2012	248 000	413,8	13,7	39,2	1,5	39,1
2013	149 200	250,6	7,9	30,1	1,5	28,8
2014	112 300	78,1	4,1	21,1	1,5	29,0
2015	239 300	238,7	5,1	46,5	1,7	57,1
2016	155 300	450,0	7,1	33,3	2,4	46,8
2017	154 300	837,6	10,3	41,3	8,3	52,6

Suunnitelluilla laajennosvaihtoehdoilla VE1 ja VE2 käsiteltävän valumaveden määrä kasvaa ja pitoisuudet muuttuvat nykyisistä. Alueen ulosvirtaamat on arvioitu vaihtoehtojen valuma-alueiden ja nykytilanteelle arvioidun pintavalunnan perusteella. Ulosvirtaama voi olla tätä suurempi, mikäli pohjavettä kertyy louhokseen/louhoksiin nykyistä enemmän. Käytetyt valuma-alueiden koot ja ulosvirtaamamäärät on esitetty taulukossa 1-3.

Vaihtoehdoille VE1 ja VE2 vedenpuhdistuksen jälkeiset alueelta lähtevät vesipitoisuudet on arvioitu liitteessä ”Lähtevän veden pitoisuudet” ja esitetty taulukossa 1-3. Kuormitukset kasvavat nykyisestä vesimäärien noustessa. Sulfaattipitoisuus on arvioitu tasolle, joka vastaa nykytilanteessa mitattuja suurimpia pitoisuuksia.

Taulukko 1-3. Vaihtoehdoille arvioidut keskimääräiset pitoisuudet kaivokselta lähtevässä vedessä, kun käsittelymenetelmänä on 1-vaiheinen hydroksidisaostus ja laskeutus.

Muuttuja (yksikkö)	Lähtevä vesi		
	VE0 (2016-2017)	VE1	VE2
Valuma-alue (km ²)	0,44	0,99	1,44
Virtaama (l/s)	4,9	12,0	16,7
Johtavuus (mS/m)	63	250	250
As (µg/l)	30	48	48
Ni (µg/l)	180	120	120
N _{kok} (µg/l)	3300	1430 (regressio)	1340 (regressio)
P _{kok} (µg/l)	75	15	15
SO ₄ (mg/l)	315	1 040	1 040

Taulukko 1-4. Vesistökuormitukset vuositasolla eri vaihtoehdoille vuositasolla laskettuna vuosivirtaaman ja taulukon 1-3 vakiosuuruisten lähtevien pitoisuuksien perusteella.

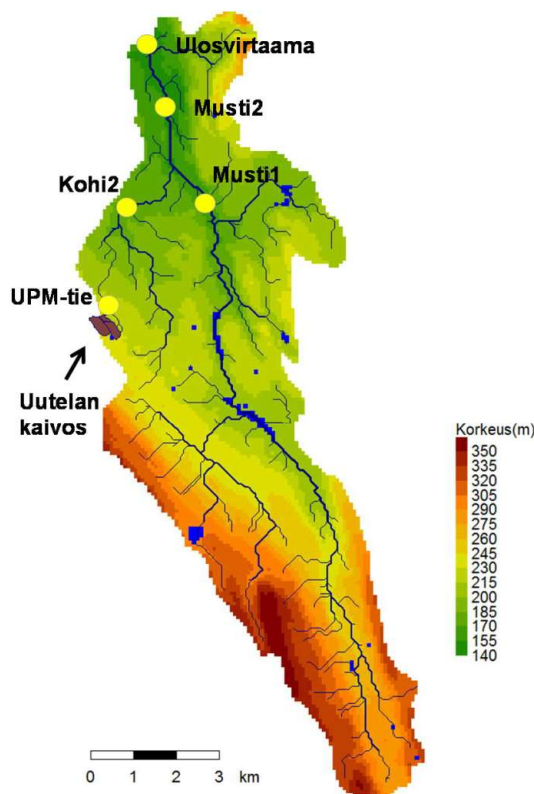
Vaihtoehto	Q m ³ /a	NTOT kg/a	PTOT kg/a	Ni kg/a	As kg/a	SO ₄ tn/a
VE0 2010–2017	173 515	368,9	14,1	29,2	2,4	37,1
VE0 2016–2017	154 799	643,8	8,7	37,3	5,3	49,7
VE1	390 408	558,3	5,9	46,8	18,7	406,0
VE2	567 866	760,9	8,5	68,1	27,3	590,6

2 MUSTINJOEN VALUMA-ALUE

2.1 Laskentamalli

Mustinjoen valuma-alueen virtaamia arvioitiin VMod-mallin avulla. Virtaaman osalta malli kalibroitiin käyttämällä pintavalutuskentän mitattuja vesimääriä UPM-tien mittauspisteessä ja VEMALA-mallin arvioimaa Mustinjoen ulosvirtaamaa. Mallia käytettiin laskemaan Mustinjoen virtaama pisteessä Musti 2, ja kaivosalueen ulosvirtaama vaihtoehdoilla VE1 ja VE2.

VMod malli on hajautettu valumamalli, jossa tarkasteltava mallialue on jaettu ruutuihin. Mustinjoen valuma-alueella käytettiin ruutukokoa 80x80. Jokaiselle mallin ruudulle lasketaan vesitase ruudulle intepoloidun sadanta-arvon ja lasketun haihdunnan pohjalta. Poistuva valuma ruuduista ohjataan jokiverkostoon, joka kerää koko mallinnetun alueen valumat jokivirtaamaksi.



Kuva 2-1. Mustinjoen valuma-alueen mallihila.

2.2 Mallin lähtötiedot

Korkeusmallina käytettiin maanmittauslaitoksen 10 m vaakatarakkuuden korkeusmallia (Maanmittauslaitos 2017), ja maankäyttötietona Corine-2012 maankäyttödataa (Suomen ympäristökeskus, 2017). Mallin maaperätiedot asetettiin Corine-tietojen perustella. Kasvillisuuden tiedot asetettiin myös Corine-datan pohjalta. Lähtötiedot keskiarvotettiin valumamallin resoluutioon (80x80 m).

Sää tietona käytettiin Sotkamon Kuolaniemeltä mitattuja lämpötilatietoja, joita täydennettiin puuttuvien tietojen osalta ECMWF:n reanalysis-datalla (Berrisford et al. 2011). Mittausasema sijaitsee kohdealueelta noin 20 km pohjois-koilliseen. Sääasema sijaitsee noin 4 km Vuokatin vaarajonon itäpuolella, mikä voi vaikuttaa jonkin verran mittauksiin. Sadantatietoina käytettiin Vemala-mallin Mustinjoen valuma-alueelle arvioimaa sadantaa (SYKE 2018). Mallin hila, jossa on esitetty korkeustiedot ja jokiverkko, sekä vedenlaadun mittauspaikat, on esitetty kuvassa 2-1.

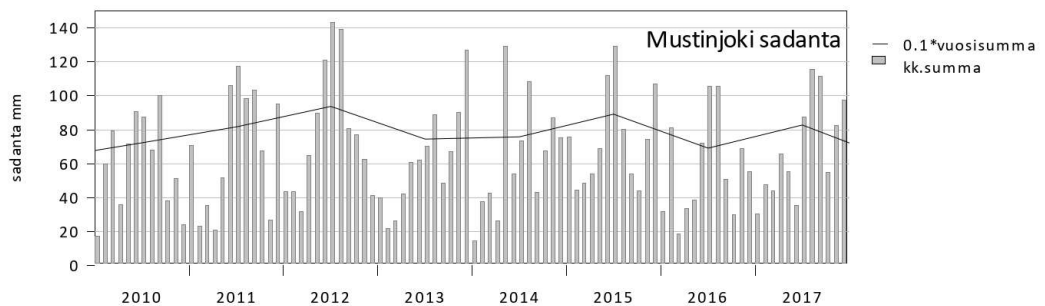
Kaivosalueen ulosvirtaamaa mitataan jatkuvatoimisesti mittauspisteessä UPM-tie. Käytettävissä oli asiakkaalta saadut mittaukset vuosilta 2013 – 2018. Ulosvirtaaman vedenlaatua seurataan samassa pisteessä kahdesti kuussa. Mustinjoen seuranta-pisteiden vedenlaatua mitataan neljä kertaa vuodessa.

WSFS-järjestelmän sadanta- ja virtaamatiedot olivat saatavissa vuosilta 1970 – 2018. Mallin laskentajaksona käytettiin aikaväliä 1.1.2010 – 31.12.2017 (8 a).

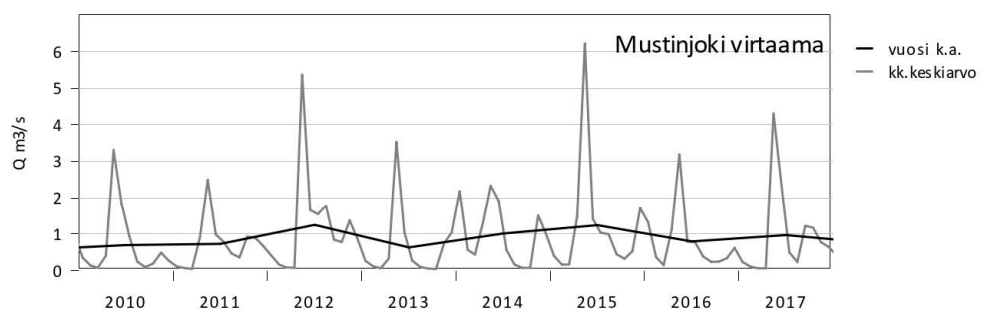
2.3 Olosuhteet

Sadannan perustella 2010 – 2018 jakso kosteimmat vuodet olivat 2012 ja 2015. Vuosi 2012 oli jakson 1970 – 2018 kolmanneksi sateisin. Em. jakson kuivin vuosi oli 2018 ja toiseksi kuivin 2016. Pidemmän jakson keskimääräinen sadanta alueella oli 755 mm/a (1986 – 2015, WSFS/Mustinjoki) (Kuva 2-2).

Mustinjoen virtaamat kuukausi- ja vuositasolla on esitetty kuvassa 2-3. Virtaaman keskiarvo oli jaksolla 1986 – 2015 0,88 m³/s, ja jaksolla 2010 – 2017 0,92 m³/s.



Kuva 2-2. Mustinjoen valuma-alueen kuukausisadannat (SYKEN WSFS-järjestelmästä)

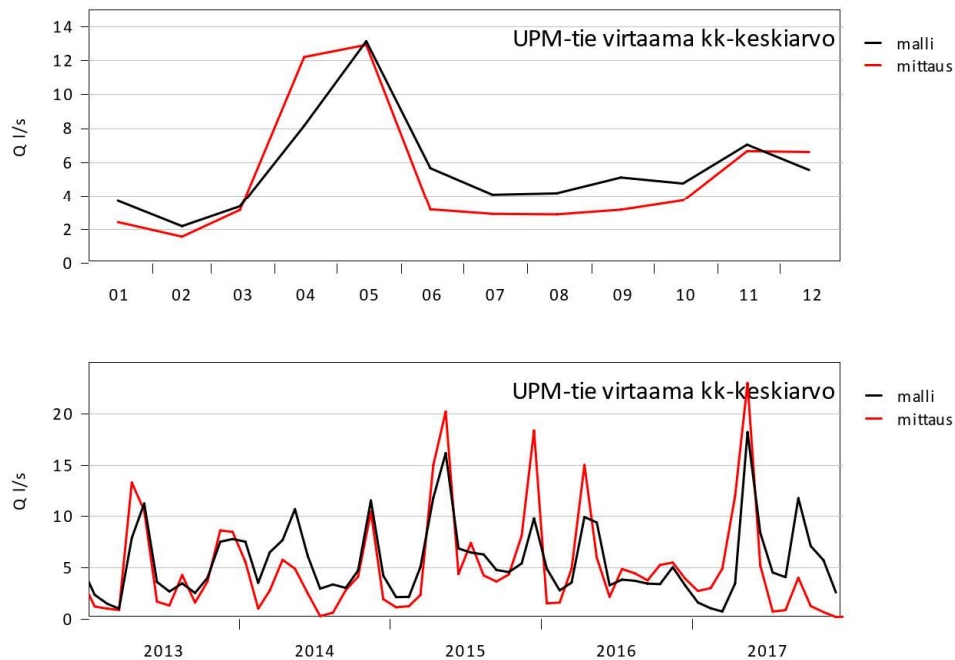


Kuva 2-3. Mustinjoen virtaamien kk-keskiarvot (SYKEN WSFS-järjestelmän tiedoista)

2.4 Virtaamien laskenta

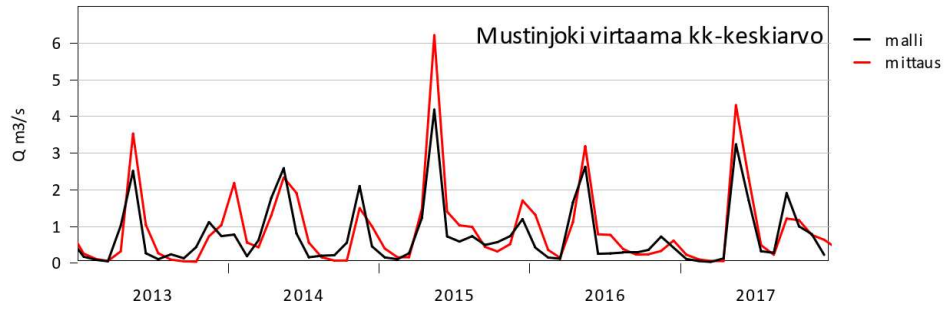
Valumamalli sovitettiin kohdealueelle käyttämällä Uutelan kaivoksen kaivosalueen ulosvirtaamamittausta, sekä SYKEN WSFS-mallin arvioimaa Mustinjoen virtaamatie-toa. Uutelan kaivoksen mittaukseen vaikuttaa kaivosalueella tehtävä toimenpiteet, esim. veden pumppaus kaivoksesta. Mustinjoen virtaamaa ei ole mitattu, joten paras saatavilla oleva tieto on WSFS-mallin laskema arvio.

VMod-mallin laskema ja mitattu virtaama Uutelan ulosvirtaamalle on esitetty kuvassa 2-4. Tulokset on esitetty kuukausitasolla, sillä lyhemmällä jaksolla esim. kaivoksen sisäiset pumppaukset ym. vesien säätely vaikuttavat tuloksiin. Mitattuja virtaamia oli käytettävissä vuoden 2013 alusta alkaen. Nash-Suthcliffe sopivuuskerroin on kuukausivirtaamille 0,67. Lasketun virtaama keskiarvo on 5,57 l/s kun mitatun virtaaman keskiarvo on 5,12 l/s.



Kuva 2-4. Mallituloksen vertailu UPM-tien virtaamamittaukseen.

Uutelan kaivoksen mittauksen lisäksi mallin laskemaa virtaamaa verrattiin SYKEN WSFS järjestelmän Mustinjoen valuma-alueelle laskemaan tulokseen. Tulokset on esitetty kuvassa 2-5 kuukausitasolla. Nash-Suthcliffe sopivuuskerroin oli 0,70. Laskettu keskivirtaama 2011 – 2017 oli SYKE mallilla 0,92 m³/s, ja VMod mallilla 0,80 m³/s. Malleja ei tässä yritetty kalibroida tarkasti yhteensopiviksi johtuen siitä, että Mustinjoesta ei ole virtaamamittauksia, joten kummankaan mallin tuloksia ei voitu varmistaa mittaustiedoilla.



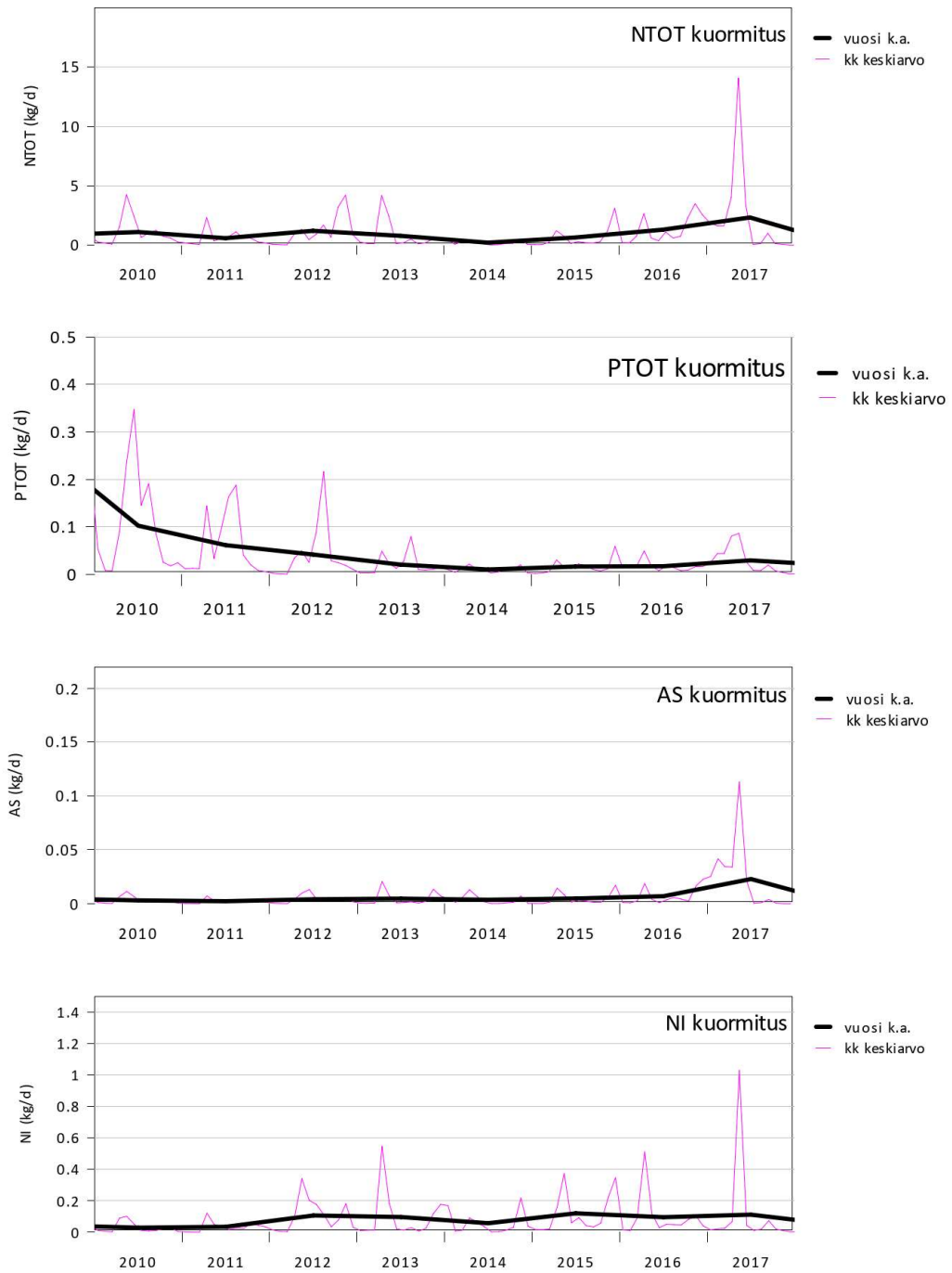
Kuva 2-5. VMod mallin virtaama vs. WSFS mallin virtaama.

2.5 Kuormitukset ja niiden aiheuttamat pitoisuudet Mustinjoessa, nykytilanne

Uutelan kaivoksen nykytilanteen kuormitukset laskettiin mitatuista virtaaman päivärvoista ja kaksi kertaa kuukaudessa mitatuista pitoisuuksista. Vuositason kuormitukset on esitetty taulukossa 1-2. Mitatut pitoisuudet interpoloitiin päivätasolle lineaarisesti kahdesta lähimmästä mittauksesta. Lasketut kuormitukset kuukausitasolla on esitetty kuvassa 2-6.

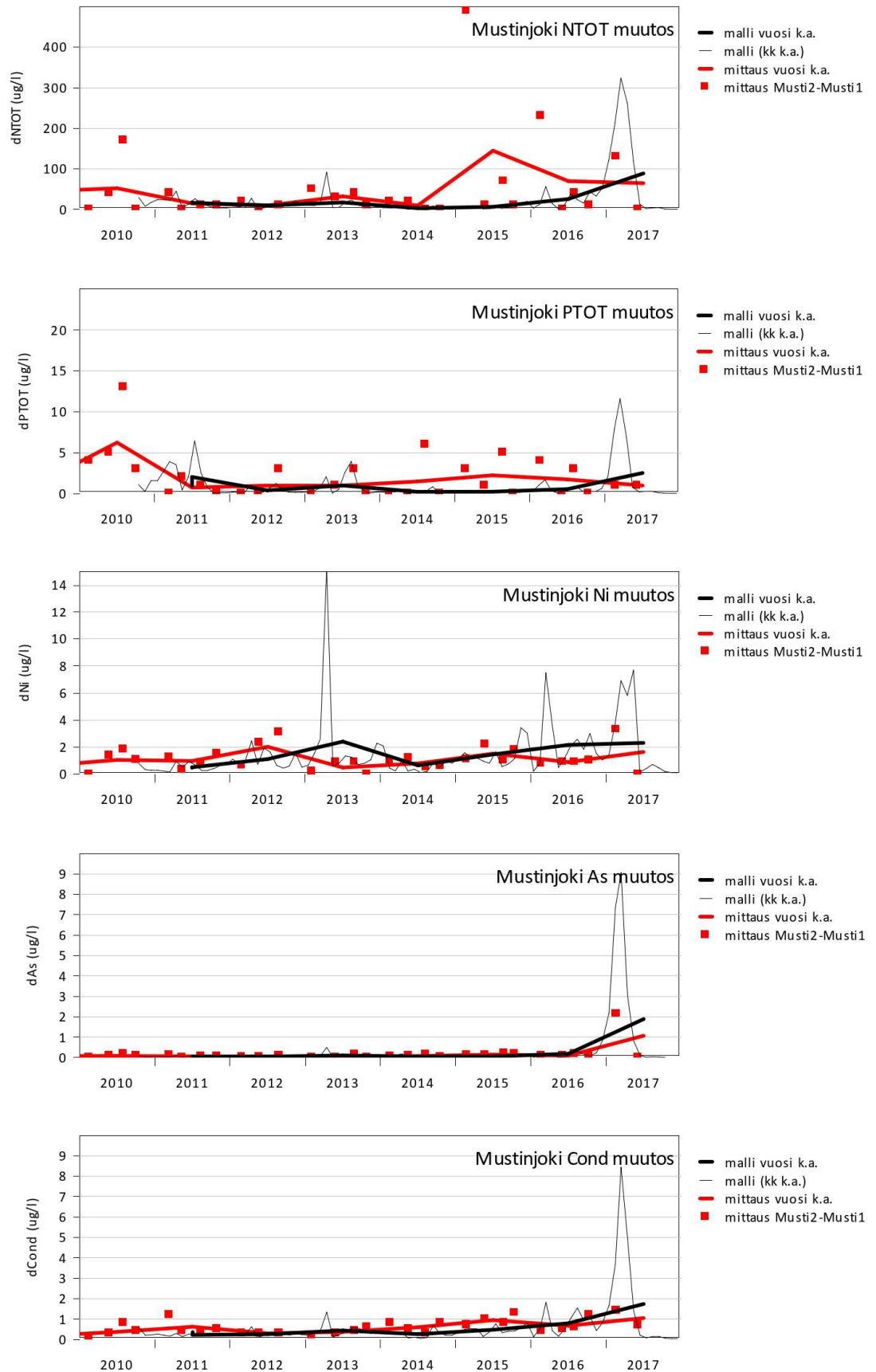
Kuormitukset ovat pysyneet varsin maltillisina vuoteen 2015 asti. Vuosina 2016 ja 2017 louhintamäärä nousi aikaisempiin vuosiin nähden, jolloin myös typpikuormitus nousi aikaisempaan tilanteeseen verrattuna. Nikkeli poistetaan valumavesistä kemiallisesti sakkauttamalla, joten sen kuormitus on pysynyt pidemmällä jaksolla vakiotasolla, tosin 2017 kevättulvan aikana kuormitus on ollut lyhyen aikaa korkealla tasolla. Arseeni oli koholla louhittavassa kivessä vuonna 2017, joka näkyy myös kuormituksissa. Fosforikuormitus oli vuonna 2017 koholla mm. pintavalutuskentällä tehtävien töiden takia.

Kaivoksen aiheuttama pitoisuusmuutosta alajuoksulla arvioitiin laimenemisen perusteella mallinnettuja virtaamia käyttäen. Tuloksia verrattiin Mustinjoen vedenlaadun seurantapisteiden Musti 1 ja Musti 2 mittausarvojen erotukseen (Musti 1 päästökohdasta ylävirtaan, Musti 2 alavirtaan). Kuvassa 2-7 on esitetty mitatut pitoisuserot ja laimenemisen perusteella laskettu Uutelan kaivoksen kuormituksen aiheuttama pitoisuus seurantapisteessä Musti 2 muuttujille NTOT, PTOT, Ni, As ja sähkönjohtavuus (cond). Mittausten osalta nollaa pienemmät erotukset on asetettu nollassi. Johtavuuden voi ajatella pienillä johtavuusarvoilla riippuvan lineaarisesti veden suolapitoisuudesta, joten tässä sitä on käsitelty vastaavasti kuin muitakin muuttujia. Jormasjärvellä järveden sulfaattipitoisuus (mg/l) on karkealla tasolla noin 5 x johtavuusarvo (mS/m).



Kuva 2-6. Purkupisteen mittaustiedoista lasketut kuukausi- ja vuosikuormitukset

Laimenemisen perusteella lasketut arvot vastaavat tasoltaan mittauksista saatuja pitoisuusnousuja. Kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppikuormitusta Mustinjokeen tulee myös metsänhoidosta ja ojitetuilta soilta, joten mitattu kuormitusmuutos on näiden muuttujien osalta suurempi kuin mitä kaivoksen kuormitus voisi aiheuttaa. Nikkelin, arseenin ja johtavuuden muutoksen osalta pitoisuuden muutos on tyypillisesti pienempi kuin mitä kaivoksen kuormitus voi aiheuttaa, eli näillä muuttujilla kuormitus todennäköisesti pidättyy osin valuma-alueelle. Nikkelin ja johtavuuden pitoisuusmuutokset Mustinjoessa vastaa lasketuista muuttujista parhaiten kaivoksen kuormituksen laskennallista pitoisuusnousua.



Kuva 2-7. Mustinjoessa laimenemisen perustella laskettu pitoisuuden nousu verrattuna mitattuun pitoisuuskasvuun.

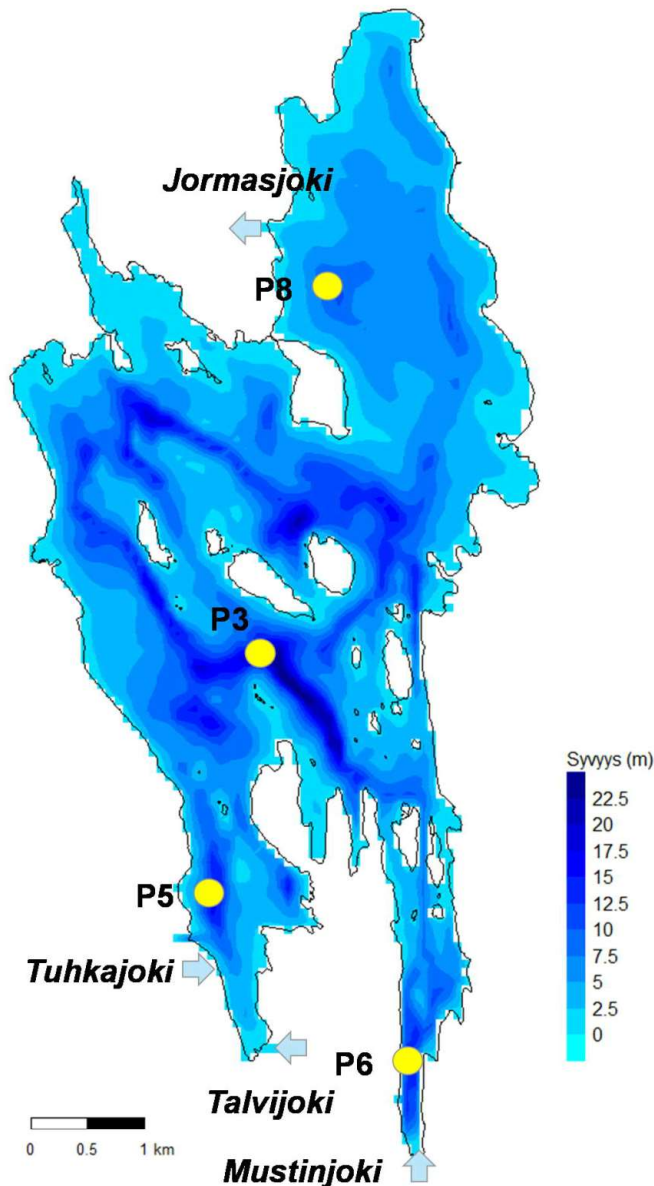
3

JORMASJÄRVI

Uutelan kaivoksen kuormituksen vaikutuksia Jormasjärveen arvioitiin 3d-järvimallilla. Mallina käytettiin IWMR 3D mallia, joka soveltuu hyvin kesällä lämpötilakerrostuvien ja talvella jäätyvien järvien kuvaamiseen. Mallin hilatarkkuus oli vaakasuunnassa 75 x 75 m, ja syvyystasoja oli 15 kappaletta, syvyyskerrosten paksuus vaihteli siten, että pintakerroksessa syvyys oli 1 m ja pohjalla 2 m. Mallisoveluksen laskentahila on esitetty kuvassa 3-1.

Nykytilanteessa kaivoksen kuormitus valuu Jormasjärveen Mustinjoen kautta, joka laskee Mustinlahteen. Uutelan kaivoksen kuormituksen lisäksi järveen valuu kuormitusta myös Terrafamen kaivokselta Tuhkajoen kautta. Terrafamen valumavesissä on ollut ja on ajoittain runsaasti sulfaattia, mistä johtuen Jormasjärven sulfaattipitoisuus on ajoittain ollut korkea. Sulfaattikuormitus ei ole kuitenkaan aiheuttanut järveen pysyvämpää kerrostumista.

Kuormituksia järveen tulee myös valuma-alueen hajakuormituksena maa- ja metsätaloudesta, sekä Talvijoen valuma-alueella sijaitsevalta turvetuotantoalueelta.

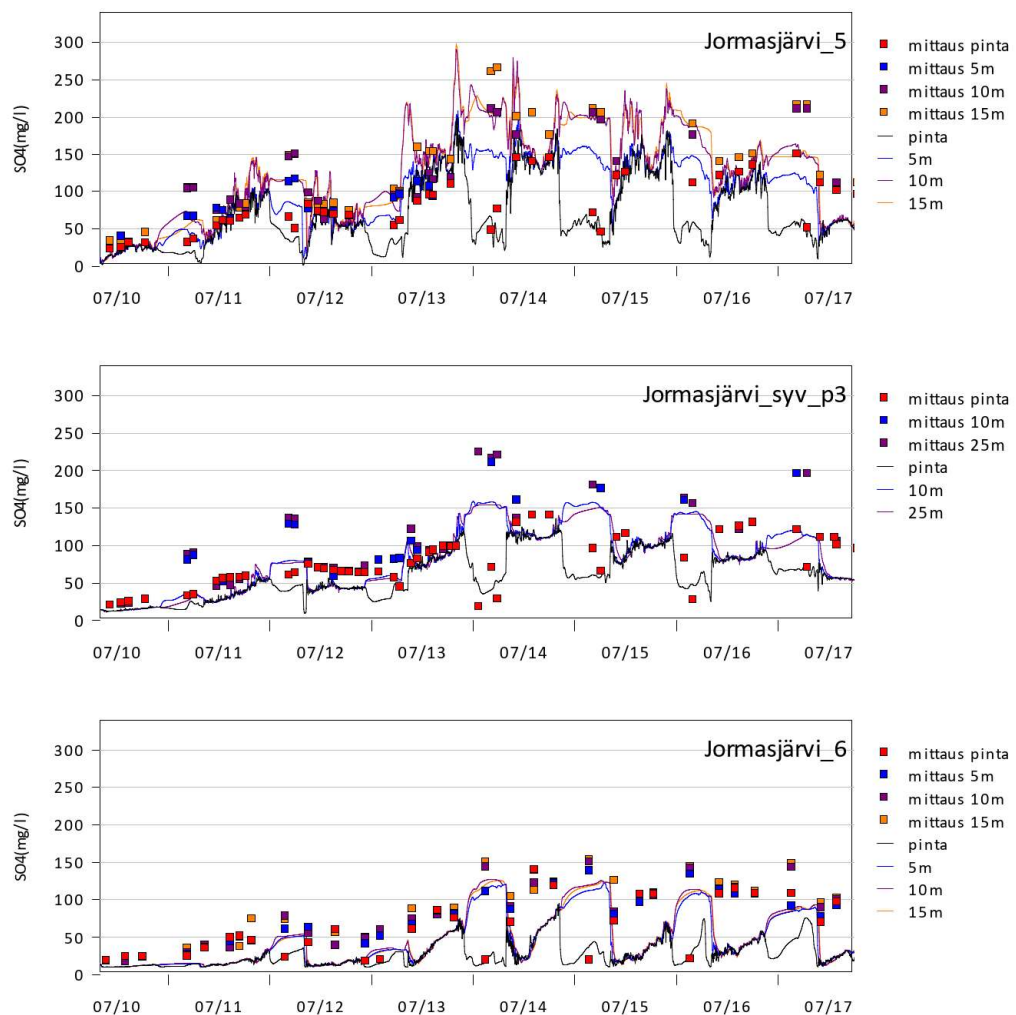


Kuva 3-1. Jormasjärven mallihila, vedenlaadun seurantapisteeset sekä suurimmat tulevat ja lähtevät jokivirtaamat.

3.1 Sulfaattipitoisuudet Jormasjärvellä 2010–2016

Jormasjärveen on valunut ja valuu sulfaattikuormitusta Terrafamen kaivosalueelta Tuhkajoen kautta. Kuormitusmäärät ovat olleet suuria, mutta pienentyneet vuodesta 2016 alkaen. Jatkossa kuormituksen odotetaan pysyvän lupaehtojen mukaisina. Haettava oleva vesilupa (01/2019 tilanne) vuosittaiselle Tuhkajoen kautta Jormasjärveen laskettavalle sulfaattikuormituksen enimmäismäärälle on 2 500 tn/a. Tuhkajoen kautta valuu Jormasjärveen myös aikaisemman Kolmisoppeen ja muihin yläjuoksun pieniin järviin kertynyttä kuormitusta järviin aikaisemmin kertyneiden sulfaattivarastojen tyhjentyessä.

Sulfaatin käyttäytymistä Jormasjärvellä mallinnettiin 3d-järvimallia käyttämällä. Tuhkajokeen sijoitettiin mittausten mukainen kuormitus, ja Mustinjokeen vakiopitoisuus 10 mg/l, minkä jälkeen Jormasjärven sulfaattipitoisuudet laskettiin mallilla. Laskentajakso oli 10/2010 – 10/2017. Sulfaattipitoisuuksia on mitattu pisteistä P5, P3 ja P6. Mitatut ja lasketut pitoisuudet on esitetty kuvassa 3-2.



Kuva 3-2. VE0 SO4 pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu 2016 talvi- ja 2017 talvi-, kevät- ja kesäjaksoilla.

Sulfaattikuormitus kerrostuu Jormasjärvellä talvella pohjalle, mutta sekoittuu kesän aikana järven koko vesimassaan (mikä näkyy pohjan ja pinnan mitattujen pitoisuusarvojen lähellä toisiaan olevina arvoina). Käyttäytyminen näkyy sekä mittauksissa että mallissa. Pisteessä P5 Tuhkajoen luusuan lähellä mallin ja mittausten pitoisuustaso

vastaa kohtuullisen hyvin toisiaan. Pohjakerroksen enimmäispitoisuudet pisteessä P5 jäävät mallissa mittauksia pienemmiksi.

Pisteessä P3 järven keskellä sulfaattikuormituksen kasvu vuodesta 2010 vuoteen 2016 näkyy sekä mittauksissa että mallissa nousevina pitoisuuksina. Jakson alussa vuosina 2010 – 2014 syvänteen pohjan pitoisuus jää mittauksia pienemmäksi, mutta vuosina 2015 – 2016 pohjan pitoisuus vastaa mittauksia kohtuullisen hyvin. Vuonna 2017 pitoisuus jää mittauksia pienemmäksi. Avovesiajan pitoisuudet jäävät jonkin verran mitattuja arvoja pienemmiksi.

Mustinlahden sulfaattipitoisuus (piste P6) vastaa mittauksissa kesätilanteessa järven keskiosien pitoisuutta (piste P3). Mustinjoen pisteen Mustinjoki_2 johtavuusmittausten perusteella (johtavuus alle 5 mS/m yhtä mittausta lukuun ottamatta) Mustinlahden sulfaattipitoisuus ei todennäköisesti ole peräsin Mustinjoesta, eli on todennäköistä, että Mustinlahden pisteessä P6 mitattu sulfaattipitoisuus on peräsin järven keskiosien pintavedestä, ts. Tuhkajoen sulfaattikuormituksesta.

Laskentamalli ei toista Mustinlahden pisteen P6 pitoisuuksia alkukesän aikana mittauksia vastaavasti. Mallissa kevään jokivirtaama ”siivoaa” koko syvänteen vähän sulfaattia sisältävällä jokivedellä. Todennäköisesti jokivirtaama kulkee lahdella malliarvioita enemmän pintakerroksessa, jolloin syvänteeseen jää kevättulvan aikana korkeamman sulfaattipitoisuuden vettä kuin mallissa. Loppukesään mennessä sulfaattipitoisuus nousee myös mallissa vähitellen pisteen P3 pitoisuuksia vastaavaksi.

Jormasjärvellä sulfaattipitoisuudet ovat mittausten perusteella noin 100 – 150 mg/l luokkaa. Tästä ei ole vielä aiheutunut pysyvää kerrostumista, mikä näkyy siten, että mitatut sulfaattipitoisuudet ovat kesäjaksolla pinnalla ja pohjalla lähellä toisiaan.

3.2 Uutelan kuormituksen aiheuttama pitoisuuden nousu, karttakuvat

Uutelan kuormituksen vaikutuksia Jormasjärven NTOT, PTOT, Ni, As ja sulfaattipitoisuuksiin nykytilanteessa ja suunnitelluilla vaihtoehdoilla arvioitiin sijoittamalla Uutelan kaivoksen seurantapistestä (UPM-tie) mitattu kuormitus Mustinjoen suulle, ja laskemalla kuormituksen leviäminen järvimallin avulla. Osa kuormituksesta voi pidentyä Mustinjoen valuma-alueen puroihin ja jokiin, jolloin todellinen pitoisuusvaikutus järvellä voi jäädä näin laskettua arvoa pienemmäksi.

Uutelan kuormituksen aiheuttamat pitoisuusmuutokset vaihtelevat Jormasjärvellä vuodenajan mukaan. Suurimmat kuormitukset tulevat kevättulvan mukana tai syksyllä. Tarkastelua varten vuosi jaettiin neljään keskiarvotusjaksoon seuraavasti: talvi 15.11 – 15.4, kevät 15.4 – 15.6, kesä 15.6 – 15.9, ja syksy 15.9 – 15.11.

Nykytilanne laskettiin jaksolle 2010 – 2017. Alla on esitetty vuosien 2016 ja 2017 tulokset, koska Uutelan kaivoksen kuormitus ja siten myös kuormituksen aiheuttama pitoisuusnousut olivat näinä vuosina tarkastelujakson suurimmat. Vuosi 2016 oli keskimääräistä jonkin verran kuivempi ja vuosi 2017 kosteampi. Kuormitus kaivoksesta oli alkuvuonna 2017 selvästi vuotta 2016 suurempi, mutta loppuvuoden 2017 osalta kuormitus oli sama tai pienempi kuin vuonna 2016.

Uutelan kuormituksen aiheuttama suolapitoisuuden nousu on pieni, ja myös siitä aiheutuva tiheysmuutos on mitattujen johtavuusarvojen perustella pieni (johtavuuden nousu alle 10 mS/m), joten kuormituksen aiheuttaman tiheysmuutoksen ei tässä arvioida vaikuttavan merkittävästi jokiveden kerrostumiseen järvellä.

Suunnitellut vaihtoehdot VE1 ja VE2 laskettiin 14 vuoden jaksolle, käyttäen aikavälille 2011 – 2017 laskettuja virtaamia kahteen kertaan peräkkäin. Jakson aikana las-

ketut pitoisuudet tasoittuivat alkunousun jälkeen vakiotasolle. Lasketuista pitoisuuskentistä on esitetty viimeisen lasketun vuoden tilanne em. keskiarvotusjaksojen mukaisesti.

3.2.1 Nykytilanne VE0

Jormasjärvelle aiheutuvat pitoisuusnousut em. laskentamuuttujille on kuvissa 3-3 – 3-7 esitetty vuoden 2016 talvijaksolle ja vuoden 2017 talvi, kevät ja kesäjaksolle.

Typpipitoisuuden nousu jää Mustinlahden pohjukkaa lukuun ottamatta laskentajakson keskiarvona alle 50 µg/l. Talvella ja keväällä jokivesi kulkeutuu tyypillisesti järven pintakerroksessa, joten syvemmällä pitoisuudet ovat pintakerrosta pienempiä.

Kokonaisfosforipitoisuuden nousun keskiarvo jää tyypillisesti alle 1 µg/l, taaskin aivan Mustinlahden pohjukkaa lukuun ottamatta. Nikkelipitoisuus nousee keväällä 2017 Mustinlahdella kahden kuukauden keskiarvona noin kahden kolmen µg/l pitoisuuteen, mutten nikkelpitoisuudet jäävät alle yhden µg/l, jos Mustinlahden pohjukkaa ei oteta huomioon. Arseenipitoisuudet nousevat noin yhden µg/l pitoisuustasolle talvella 2017. Sulfaattiarvot laskettiin johtavuudesta kertomalla johtavuuden arvo luvulla viisi. Tällä approksimaatiolla sulfaattipitoisuudet jäävät alle 10 µg/l tasolle Mustinlahden pohjukkaa lukuun ottamatta.

3.2.2 Laajennusvaihtoehto VE1

Jormasjärvelle aiheutuvat pitoisuusnousut eri laskentamuuttujille on kuvissa 3-8 - 3-11 esitetty viimeisen laskentavuoden talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksolle. Kokonaisfosforin pitoisuusnousu jää alle 1 µg/l koko alueella, joten sitä ei ole kuvia.

Typpipitoisuuden nousu on noin 30 – 40 µg/l tasolla kesällä ja syksyllä. Talvella ja keväällä typpipitoisuuden nousu jää kesäjaksota pienemmäksi.

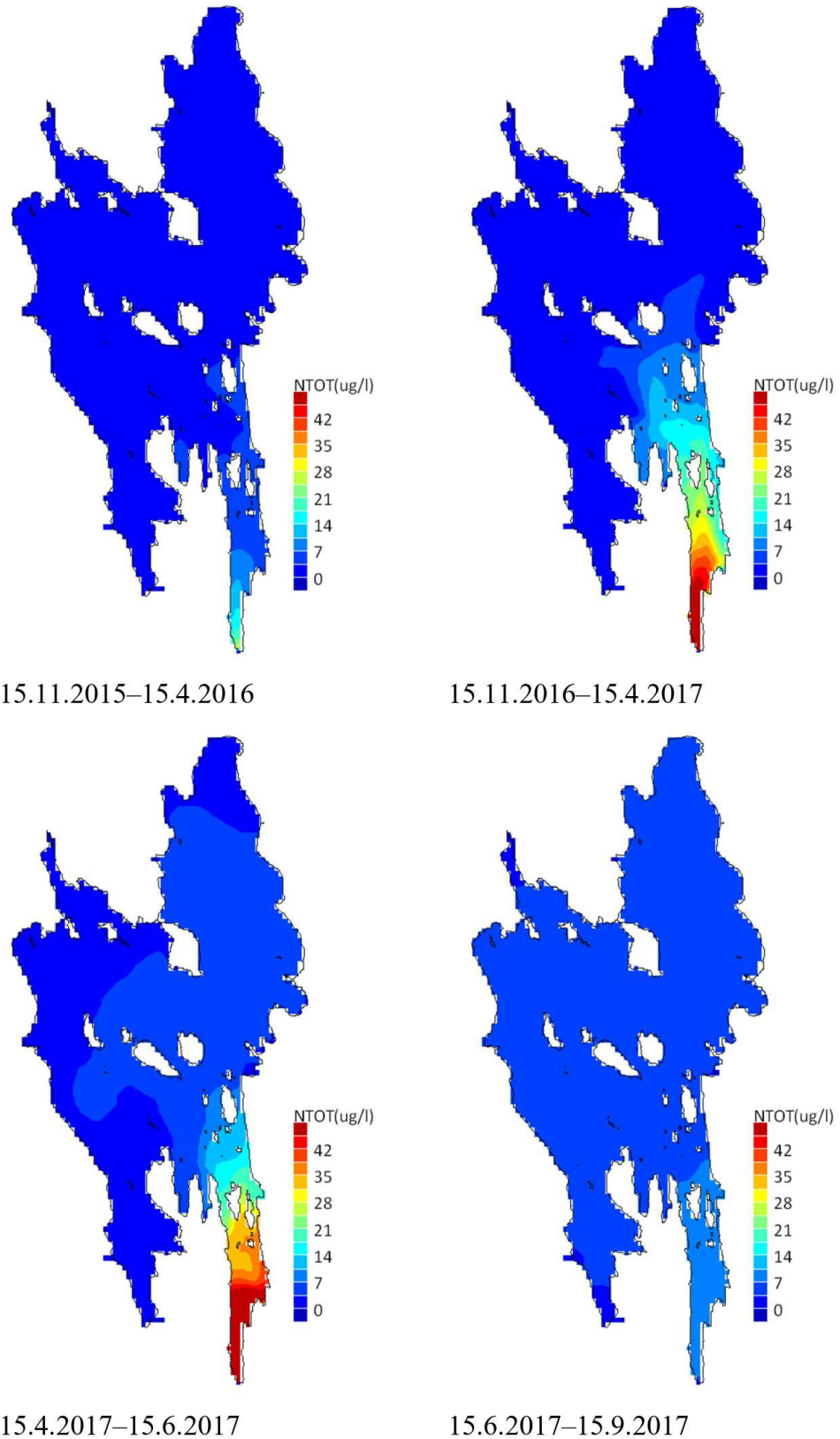
Nikkelipitoisuus nousee noin 3 µg/l ja arseenipitoisuus noin 1,5 µg/l. Vuodenaikaisvaihtelu on pientä. Sulfaattipitoisuuden nousu on 20 – 30 mg/l tasolla.

3.2.3 Laajennusvaihtoehto VE2

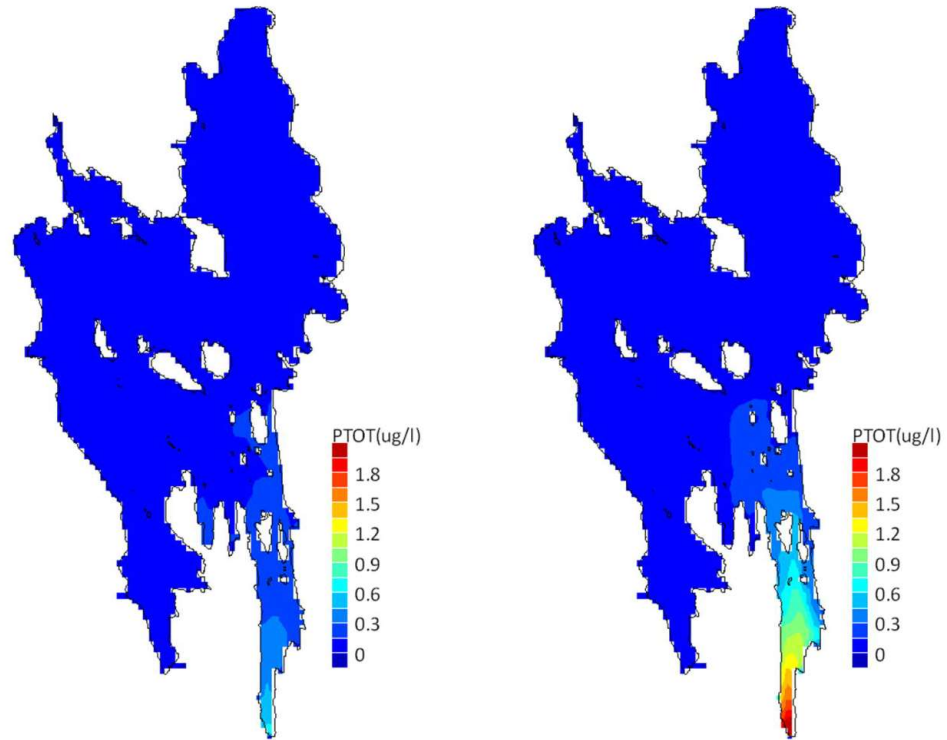
Jormasjärvelle aiheutuvat pitoisuusnousut em. laskentamuuttujille on kuvissa 15 – 18 esitetty vuoden 2016 talvijaksolle ja vuoden 2017 talvi, kevät ja kesäjaksolle. Kuorimitukset vaihtoehdolla 2 ovat noin 1,5 -kertaiset vaihtoehtoon VE1 verrattuna, joten pitoisuusnousutkin kasvavat suhteessa saman määrän.

Typpipitoisuuden nousu on noin 40 – 50 µg/l tasolla kesällä ja syksyllä. Talvella ja keväällä typpipitoisuus jää kesäjaksota pienemmäksi. Kokonaisfosforin nousu jää tälläkin vaihtoehdolla alle 1 µg/l.

Nikkelipitoisuus nousee noin 5 µg/l, ja arseenipitoisuus noin 2 µg/l. Vuodenaikaisvaihtelu on pientä. Sulfaattipitoisuuden nousu on 30 – 40 mg/l tasolla.

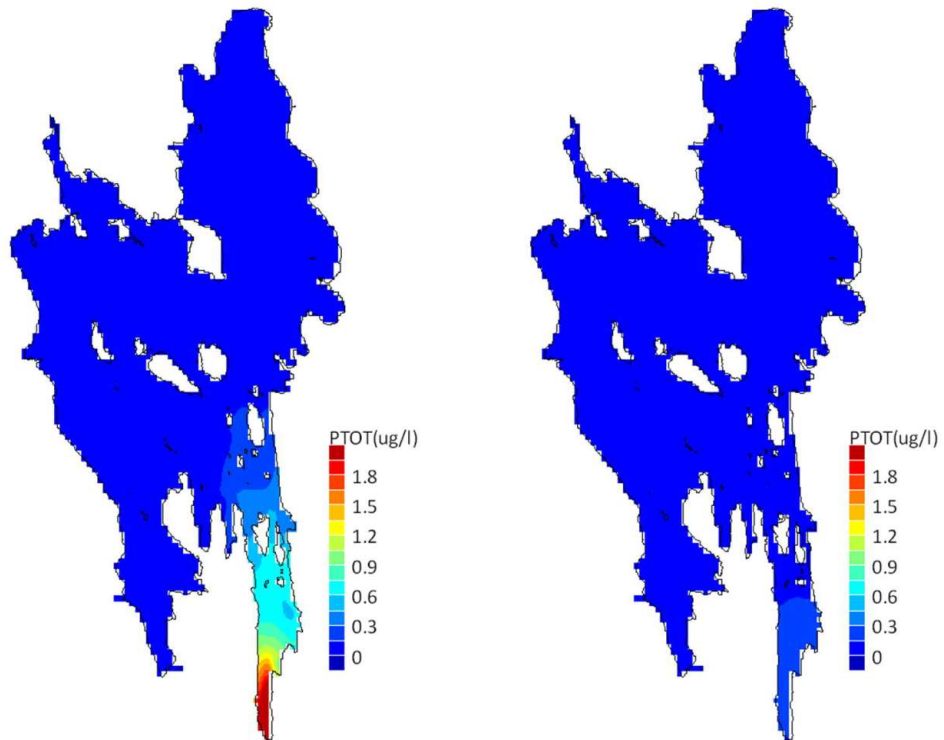


Kuva 3-3. VE0 NTOT pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu 2016 talvi- ja 2017 talvi-, kevät- ja kesäjaksoilla.



15.11.2015–15.4.2016

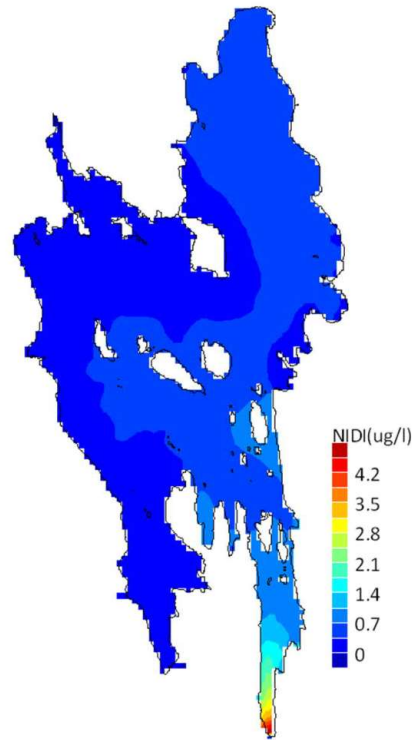
15.11.2016–15.4.2017



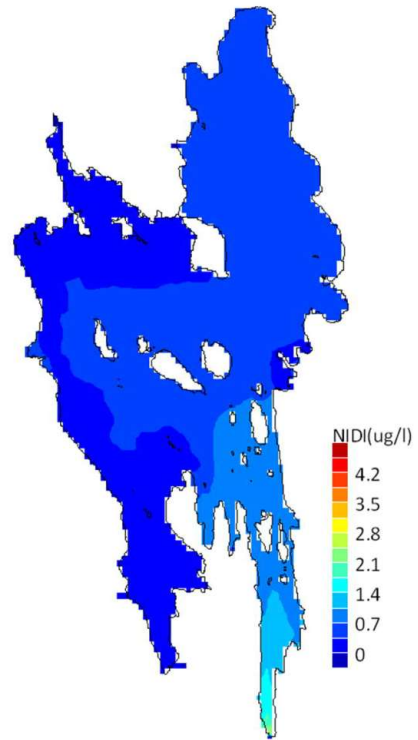
15.4.2017–15.6.2017

15.6.2017–15.9.2017

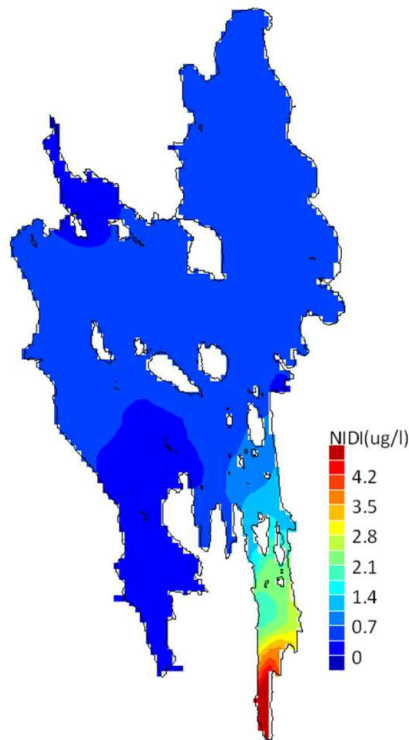
Kuva 3-4. VE0 PTOT pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu 2016 talvi- ja 2017 talvi-, kevät- ja kesäjaksoilla.



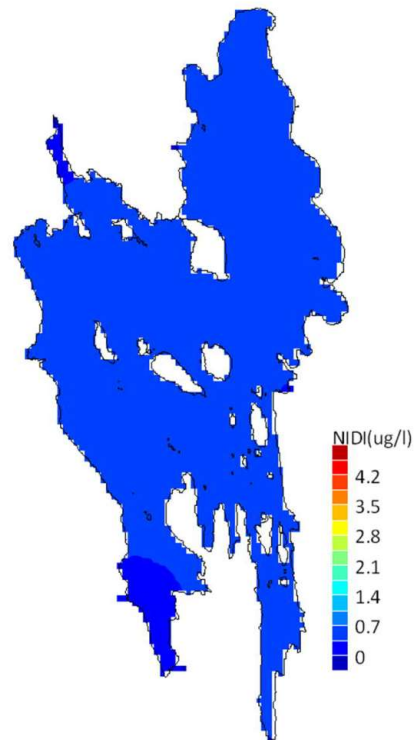
15.11.2015–15.4.2016



15.11.2016–15.4.2017

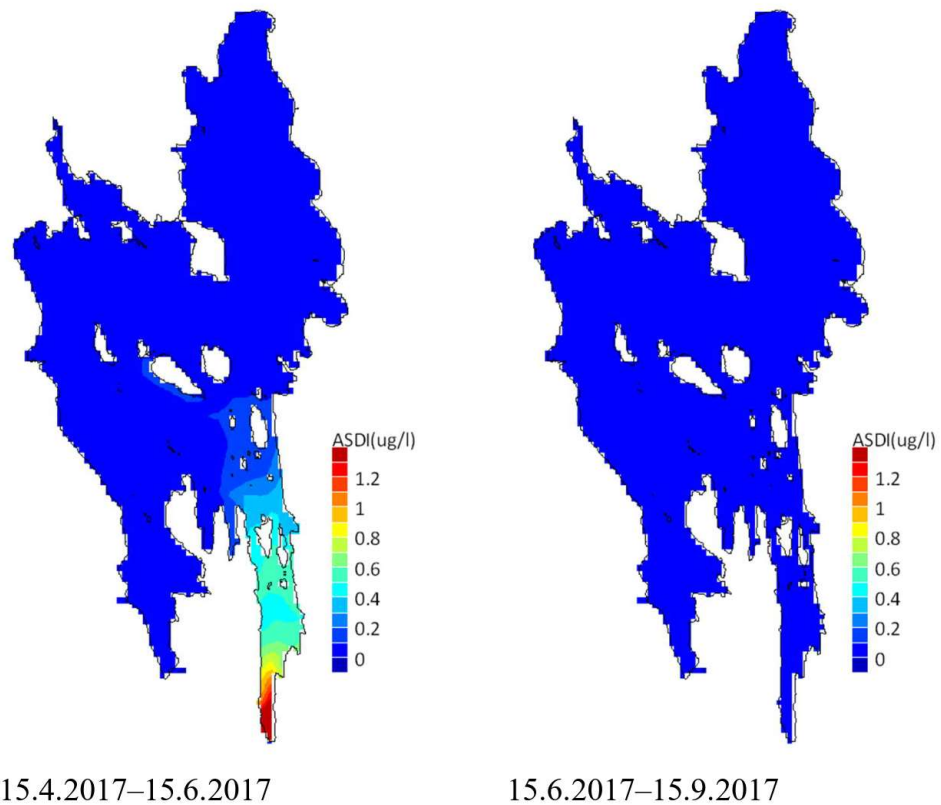
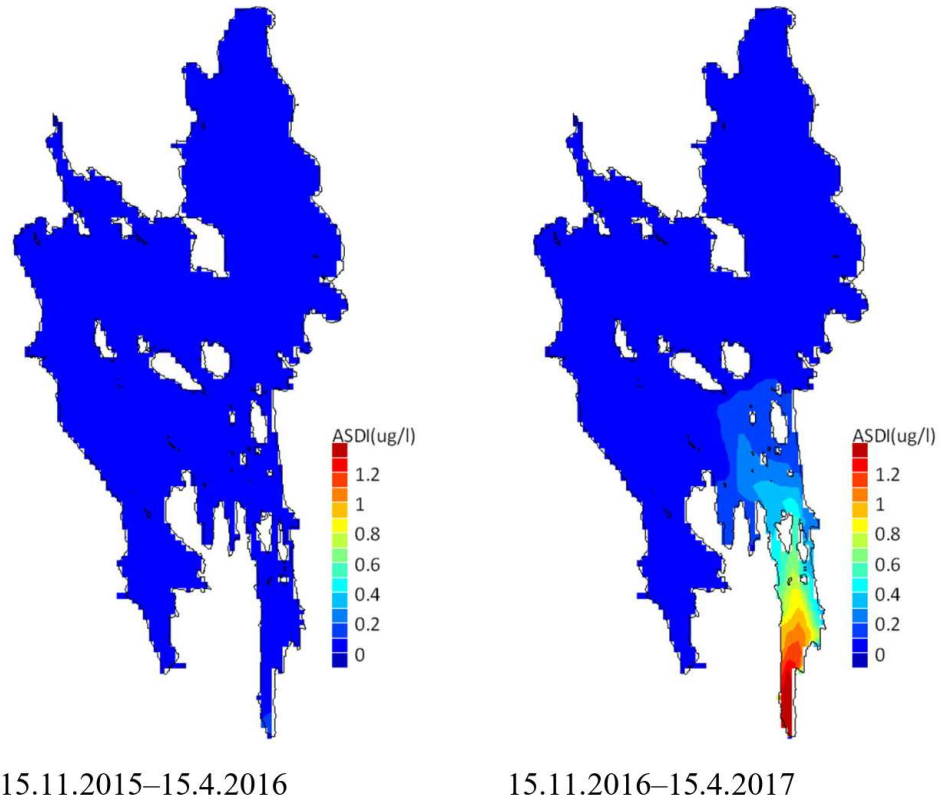


15.4.2017–15.6.2017

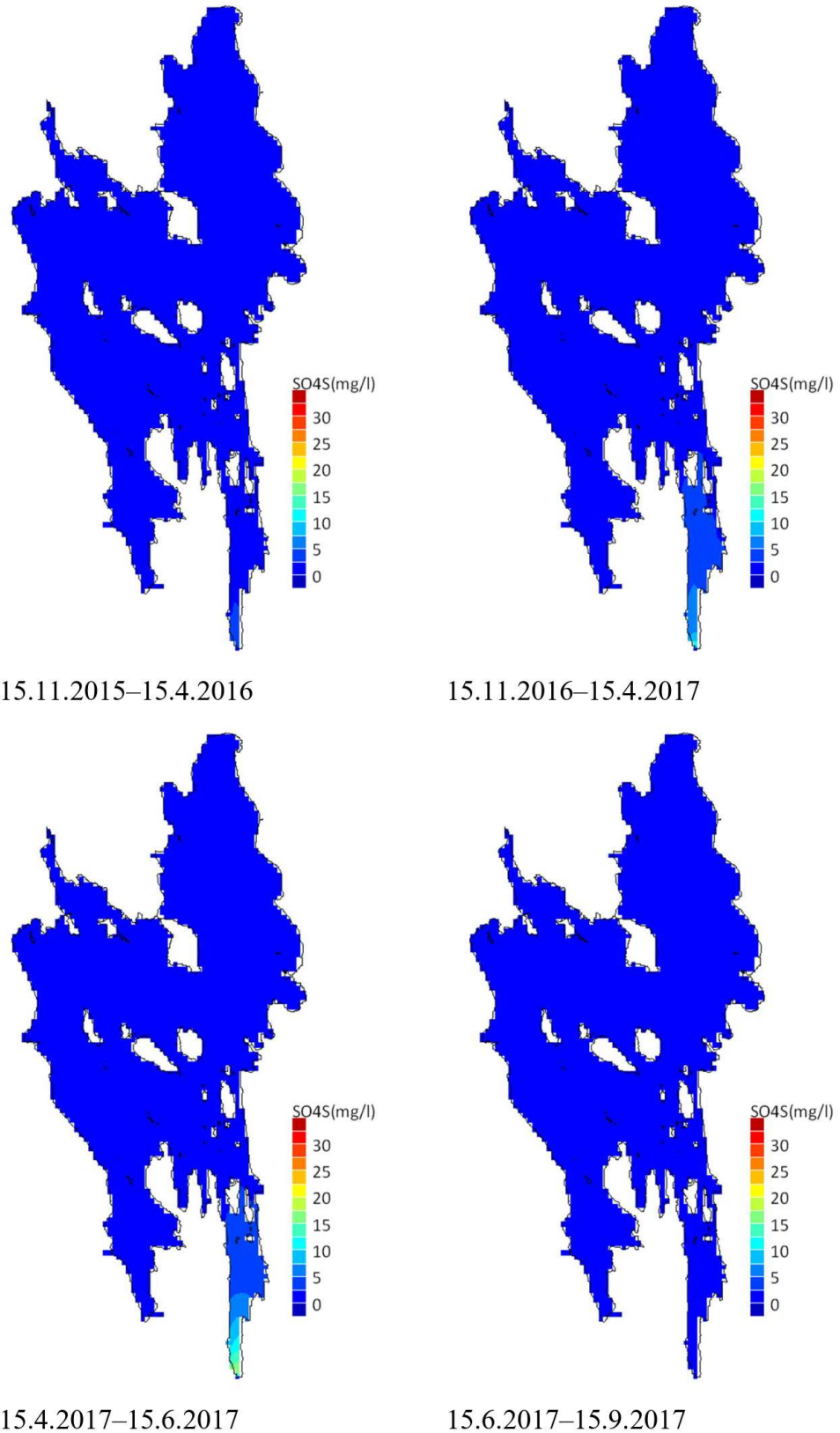


15.6.2017–15.9.2017

Kuva 3-5. VE0 Ni pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu 2016 talvi- ja 2017 talvi-, kevät- ja kesäjaksoilla.



Kuva 3-6. VE0 As pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu 2016 talvi- ja 2017 talvi-, kevät- ja kesäjaksoilla.



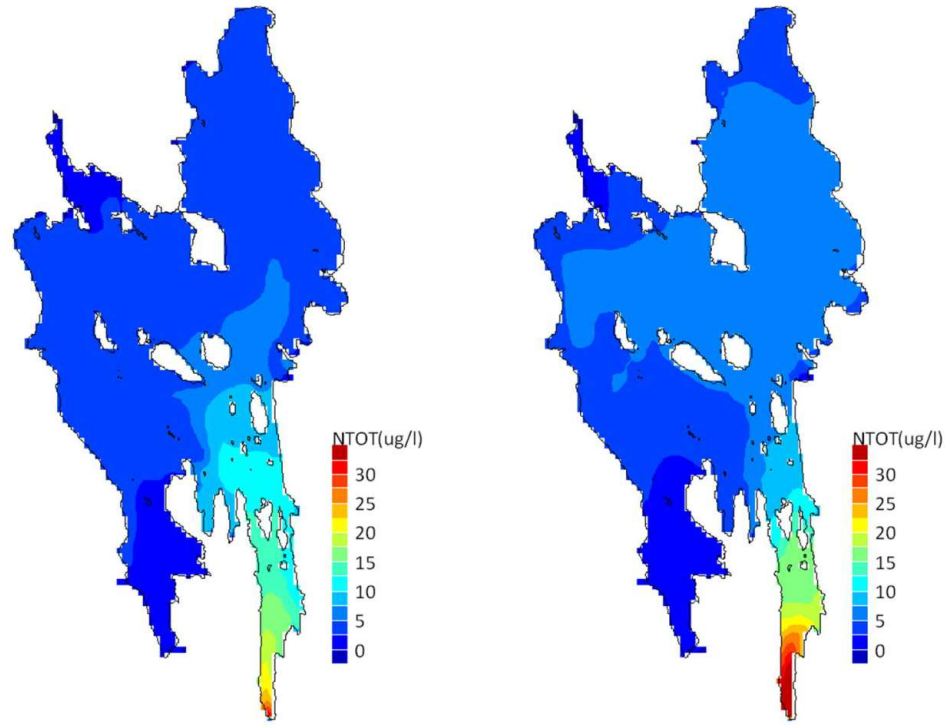
15.11.2015–15.4.2016

15.11.2016–15.4.2017

15.4.2017–15.6.2017

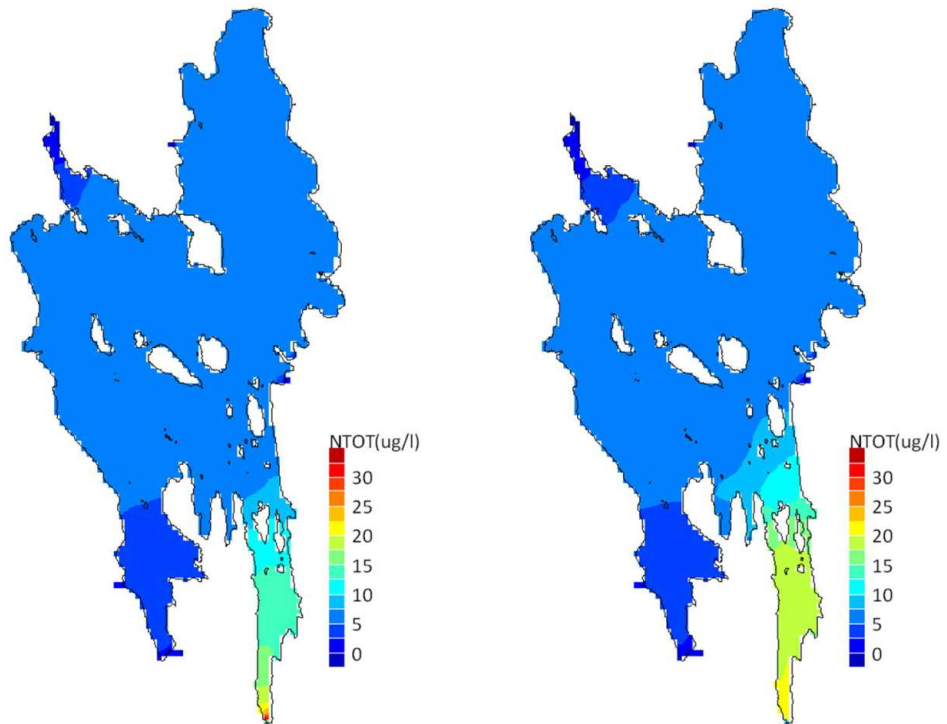
15.6.2017–15.9.2017

Kuva 3-7. VE0 SO₄ pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu 2016 talvi- ja 2017 talvi-, kevät- ja kesäjaksolla.



15.11.2016–15.4.2017

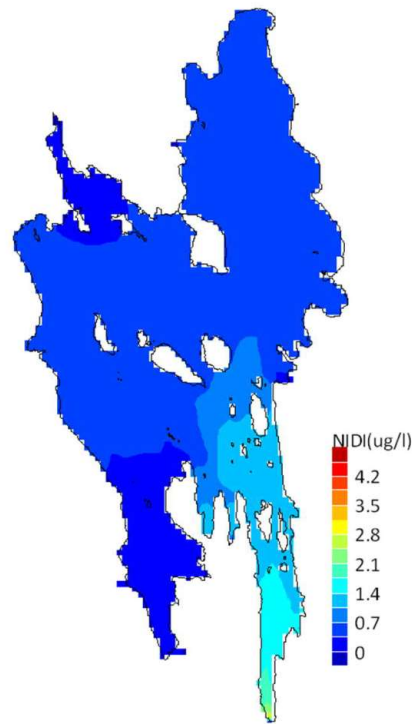
15.4.2017–15.6.2017



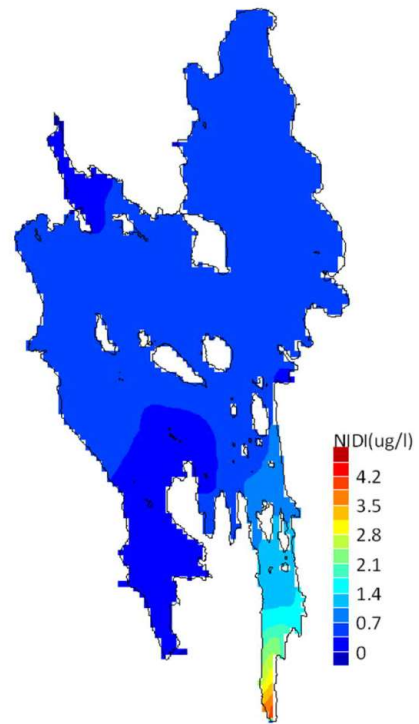
15.6.2017–15.9.2017

15.9.2017–15.11.2017

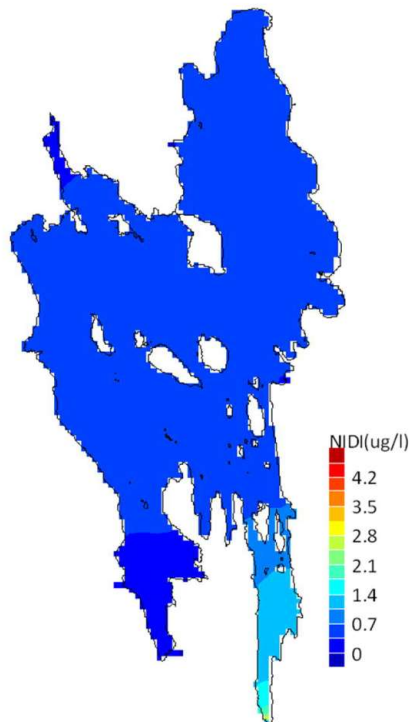
Kuva 3-8. VE1 NTOT, pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla



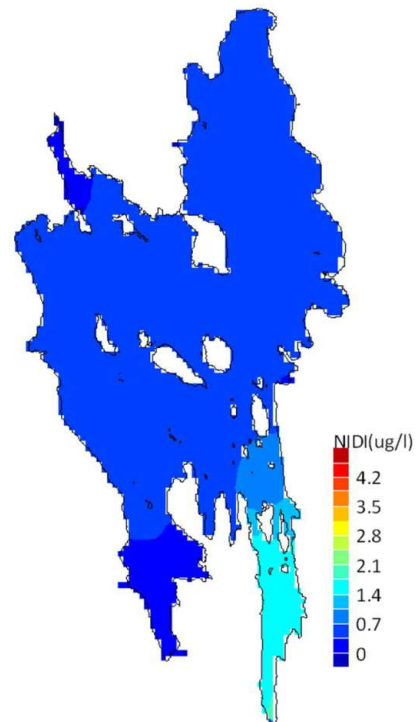
15.11.2016–15.4.2017



15.4.2017–15.6.2017

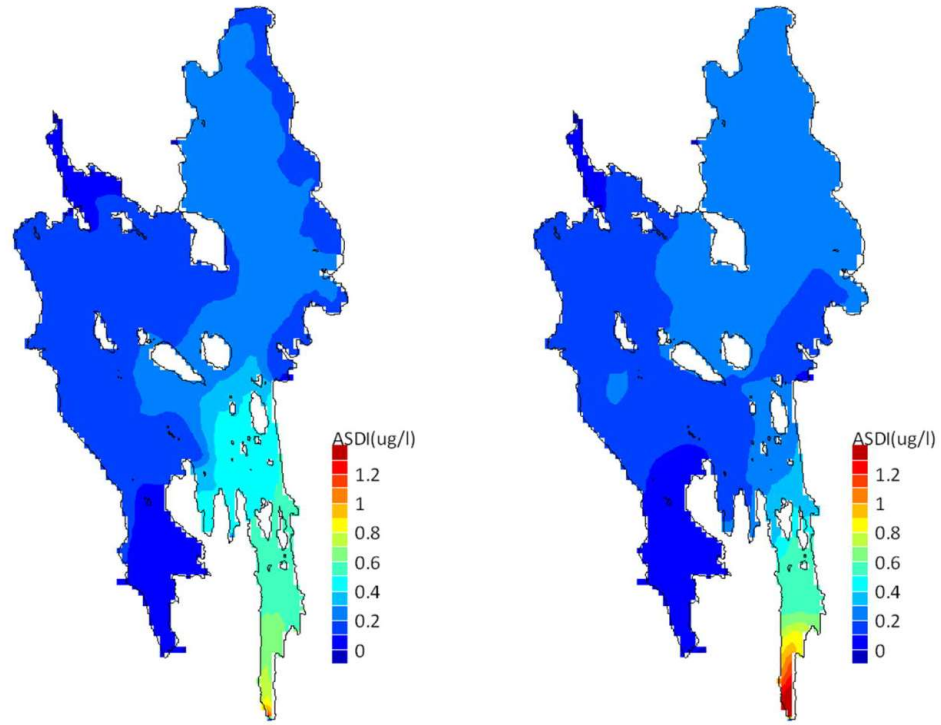


15.6.2017–15.9.2017



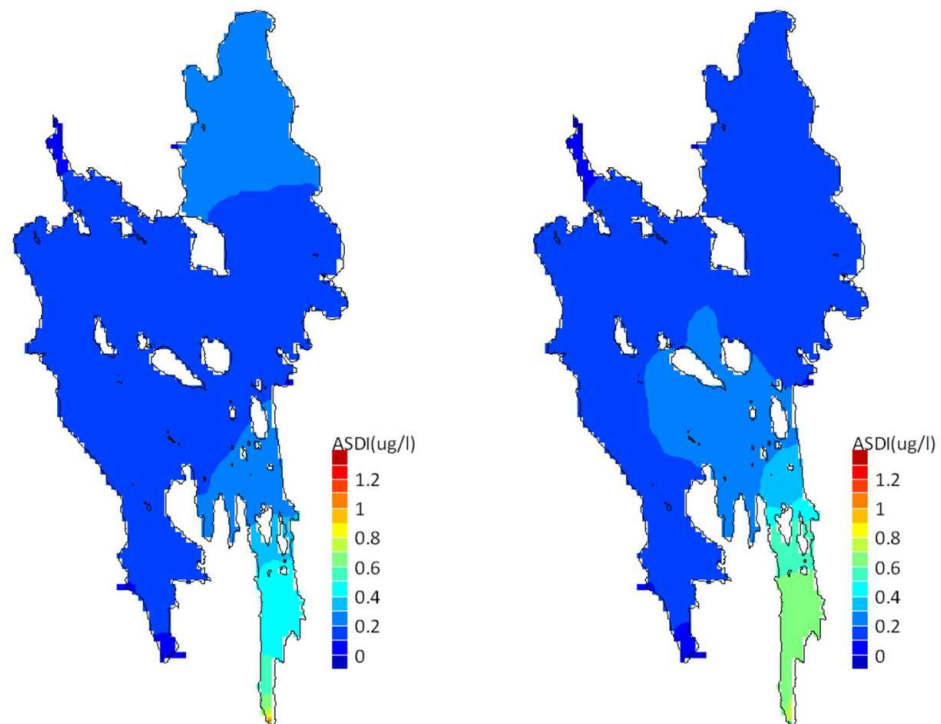
15.9.2017–15.11.2017

Kuva 3-9. VE1 Nikkeli pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla



15.11.2016–15.4.2017

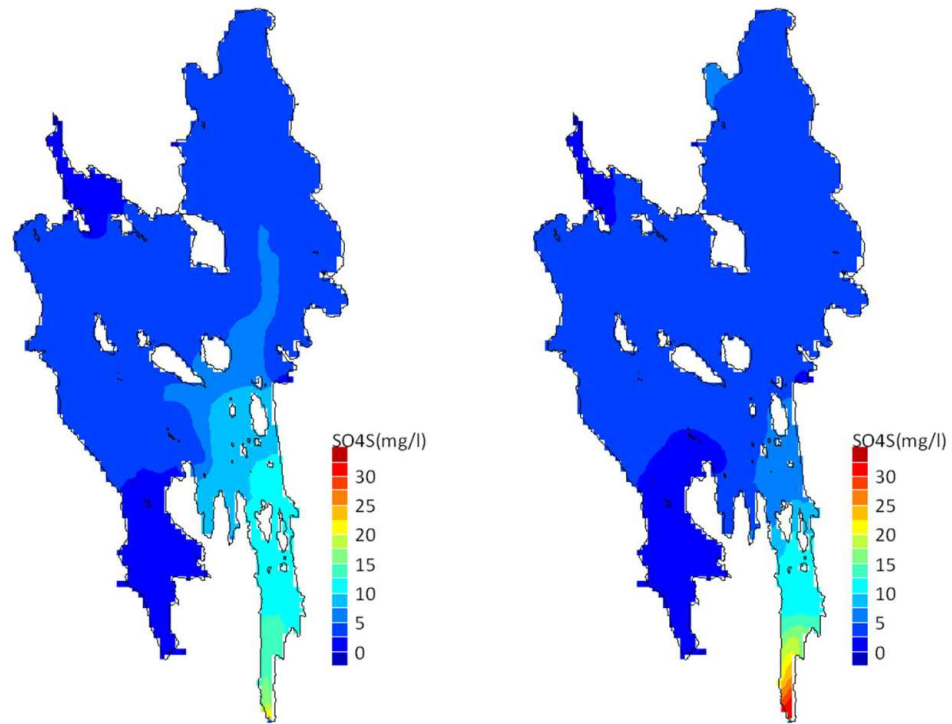
15.4.2017–15.6.2017



15.6.2017–15.9.2017

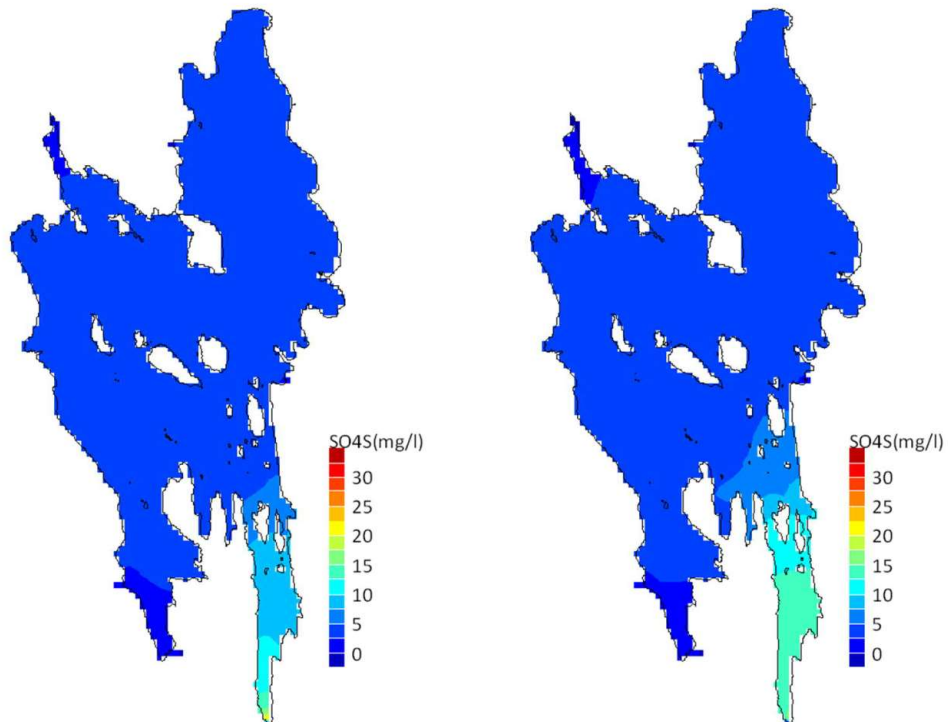
15.9.2017–15.11.2017

**Kuva 3-10. VE1 arseeni pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät-
kesä- ja syysjaksoilla**



15.11.2016–15.4.2017

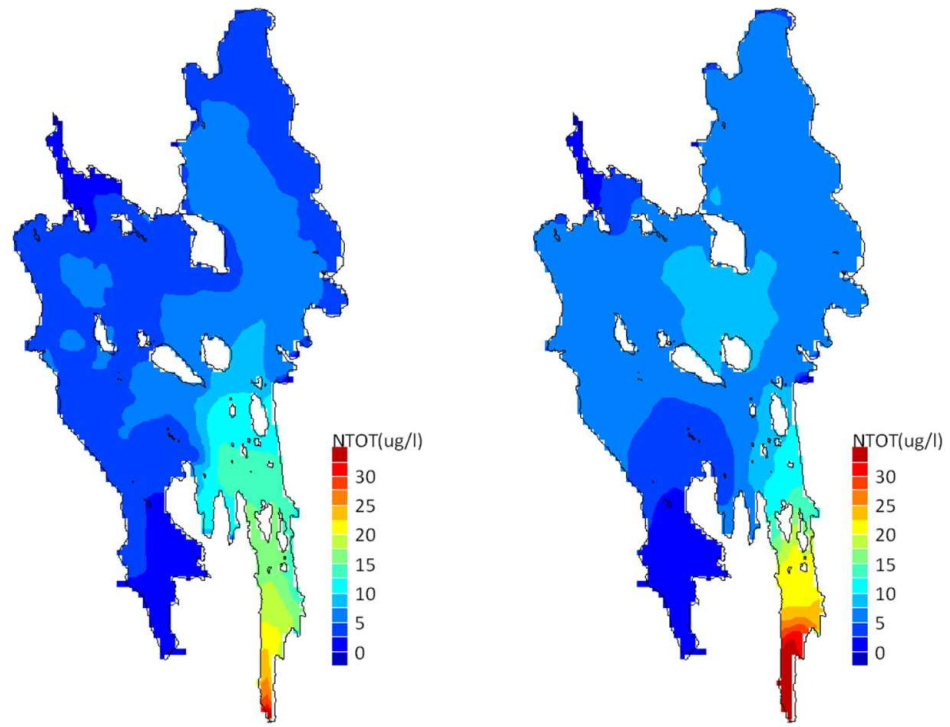
15.4.2017–15.6.2017



15.6.2017–15.9.2017

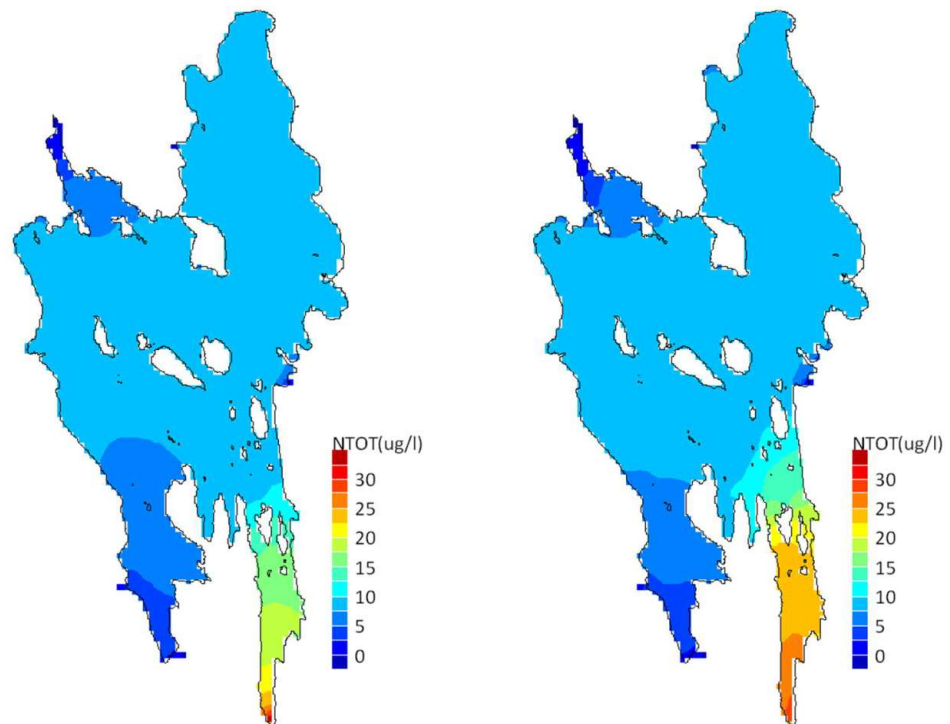
15.9.2017–15.11.2017

Kuva 3-11. VE1 SO₄ pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla



15.11.2016–15.4.2017

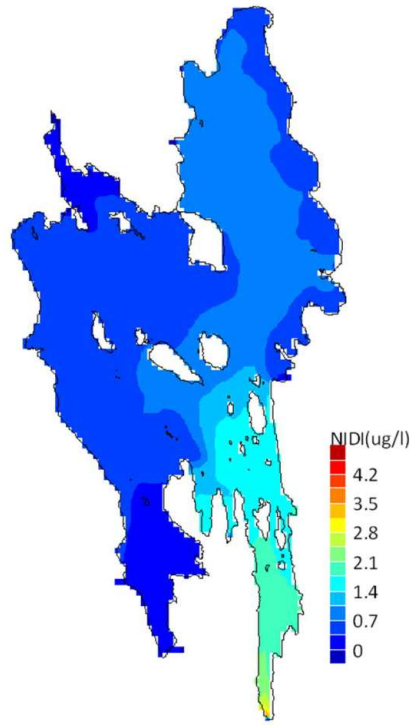
15.4.2017–15.6.2017



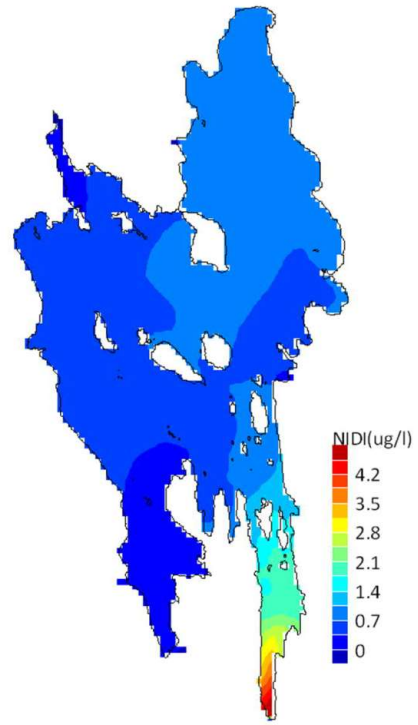
15.6.2017–15.9.2017

15.9.2017–15.11.2017

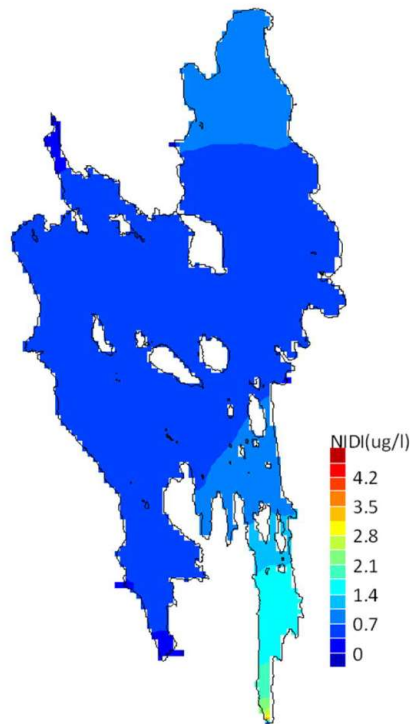
Kuva 3-12. VE2 NTOT pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla



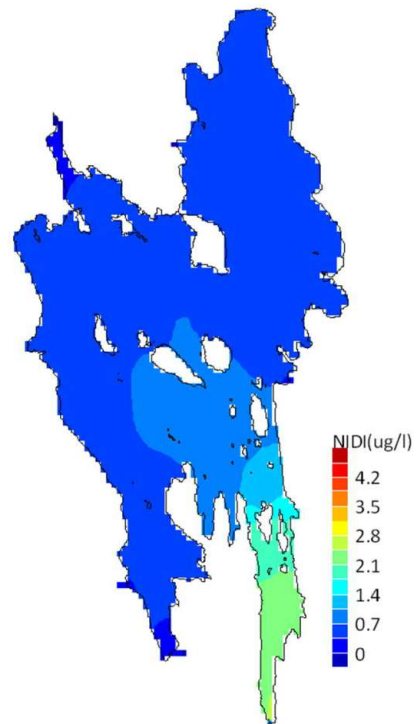
15.11.2016–15.4.2017



15.4.2017–15.6.2017

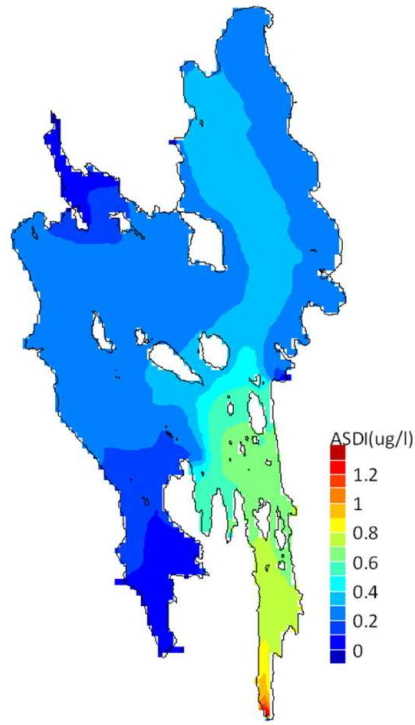


15.6.2017–15.9.2017

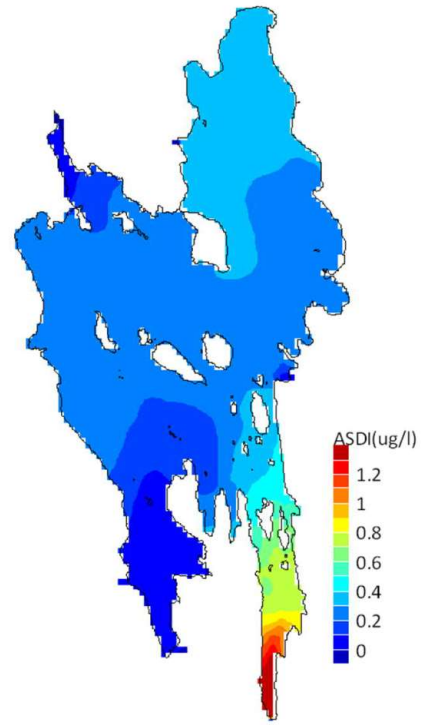


15.9.2017–15.11.2017

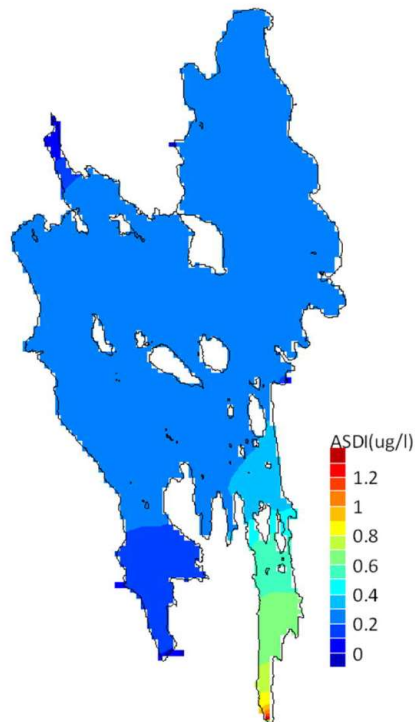
Kuva 3-13. VE2 Ni pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla



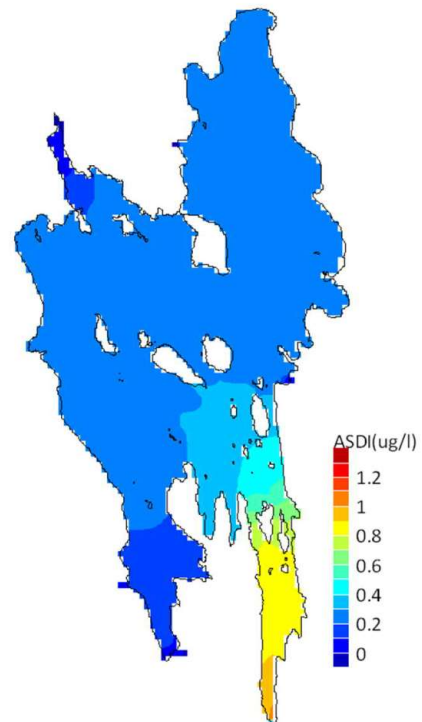
15.11.2016–15.4.2017



15.4.2017–15.6.2017

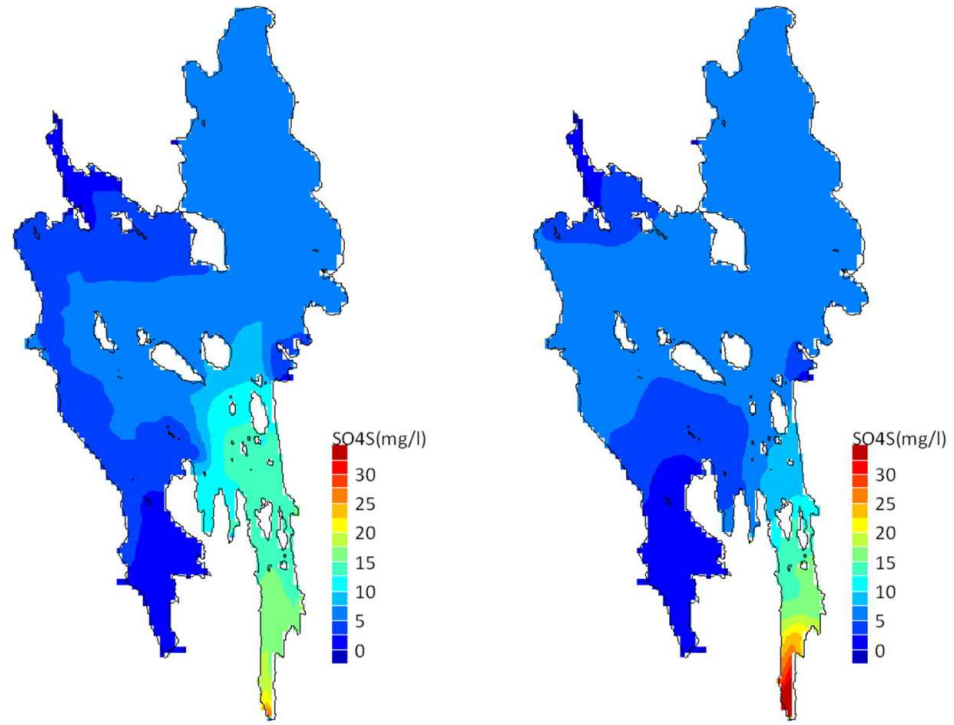


15.6.2017–15.9.2017



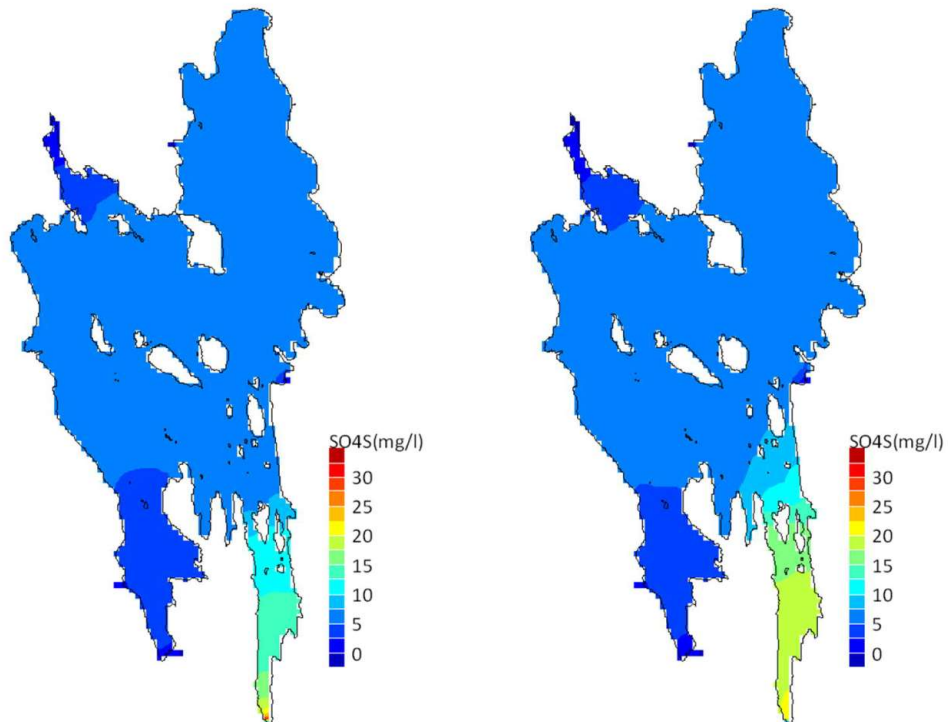
15.9.2017–15.11.2017

Kuva 3-14. VE2 As pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla



15.11.2016–15.4.2017

15.4.2017–15.6.2017



15.6.2017–15.9.2017

15.9.2017–15.11.2017

Kuva 3-15. VE2 SO₄ pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla

3.3 Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatupisteissä, VE1 pintakerros

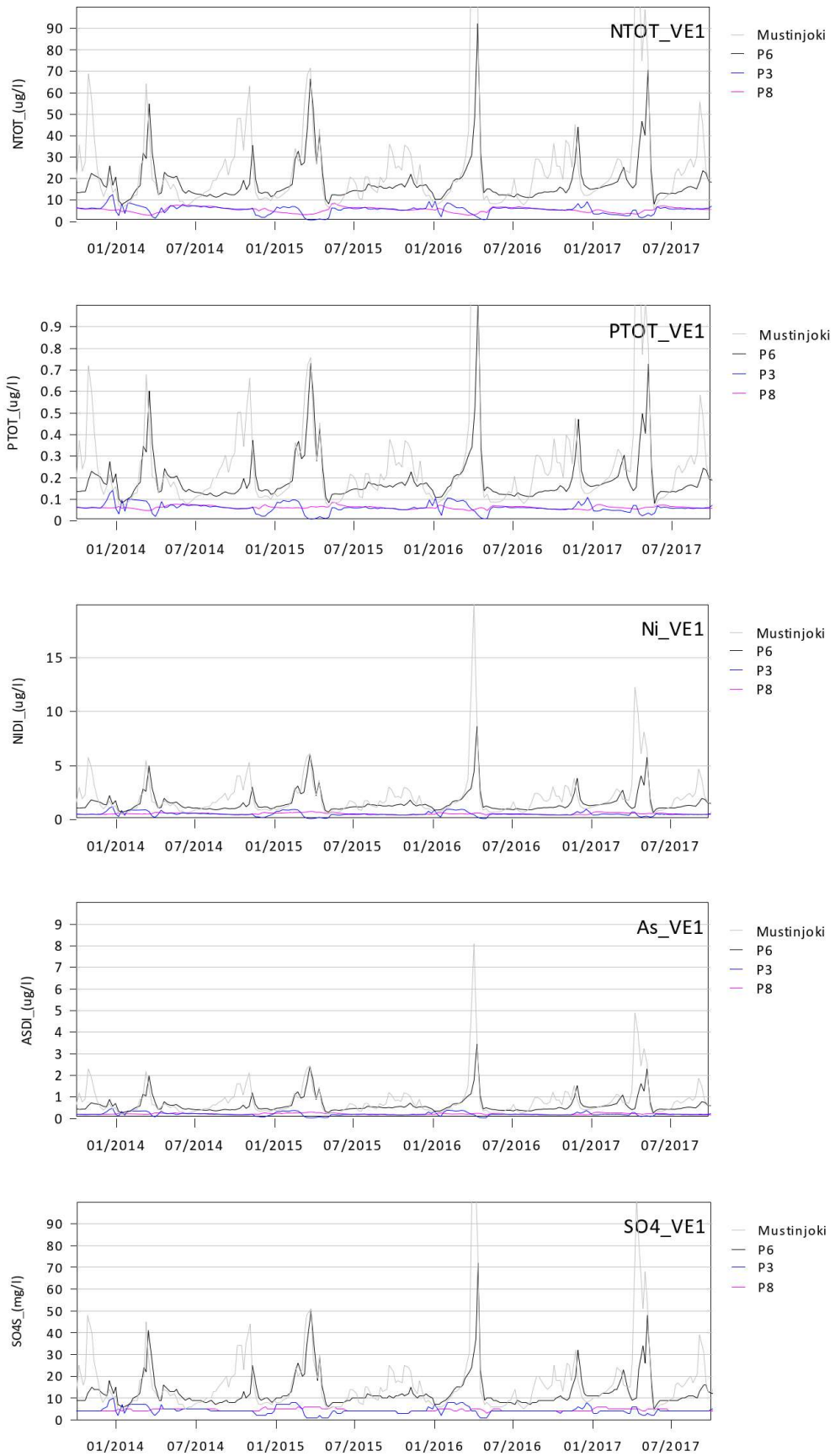
Mallinnetut pitoisuusnousut eri vedenlaatupisteissä vaihtoehdolle VE1 laskentajaksoilta 10/2013 – 10/2017 on esitetty kuvassa 3-16. Vastaavat keskiarvot on laskettu taulukkoon 3-1.

Kokonaistyyppipitoisuus nousee pisteessä P6 Mustinlahdella noin 20 µg/l ja järven keskiosissa pisteessä P3 noin 5 µg/l. Vaihtelu on odotetusti suurin Mustinjoen suulla, ja pienempi järven selkäalueella ja Jormasjoen luusuassa. Piste P8 vastaa hyvin järvestä lähtevän veden pitoisuusnousua.

Kokonaisfosforipitoisuuden nousu jää pieneksi, keskimäärin alle 0,5 µg/l. Nikkelipitoisuus nousee keskimäärin Mustinlahdella 1,5 µg/l ja kauempana järvellä 0,5 µg/l. Arseenipitoisuuden nousu jää Mustinlahdella alle 1,0 µg/l, ja selkäalueilla noin 0,2 µg/l. Sulfaattipitoisuuden nousun keskiarvo jää Mustinlahdella alle 15 mg/l ja kauempana alle 5 mg/l.

Taulukko 3-1: Pitoisuusnousu vedenlaatupisteissä, pintakerros, vaihtoehto VE1

Muuttuja	Piste	avg	std	min	max
NTOT (µg/l)	Mustinjoki	25,0	25,2	5,9	233,8
	P6	18,4	10,5	7,9	92,3
	P3	5,5	2,0	0,6	12,5
	P8	5,5	1,2	2,9	8,6
PTOT (µg/l)	Mustinjoki	0,3	0,3	0,1	2,5
	P6	0,2	0,1	0,1	1,0
	P3	0,1	0,0	0,0	0,1
	P8	0,1	0,0	0,0	0,1
Ni (µg/l)	Mustinjoki	2,1	2,2	0,5	20,3
	P6	1,5	1,0	0,6	8,6
	P3	0,5	0,2	0,1	1,2
	P8	0,5	0,1	0,4	0,8
As (µg/l)	Mustinjoki	0,8	0,9	0,2	8,1
	P6	0,6	0,4	0,3	3,5
	P3	0,2	0,1	0,0	0,5
	P8	0,2	0,0	0,2	0,3
SO4 (mg/l)	Mustinjoki	17,5	17,9	4,1	168,8
	P6	12,9	8,1	5,3	71,9
	P3	4,3	1,7	0,7	10,0
	P8	4,5	0,6	3,4	6,3



Kuva 3-16. Vaihtoehto VE1, NTOT, PTOT, Ni, As ja SO4 pitoisuusnousu eri vedenlaatupisteissä, jakso 10/2013 – 10/2017

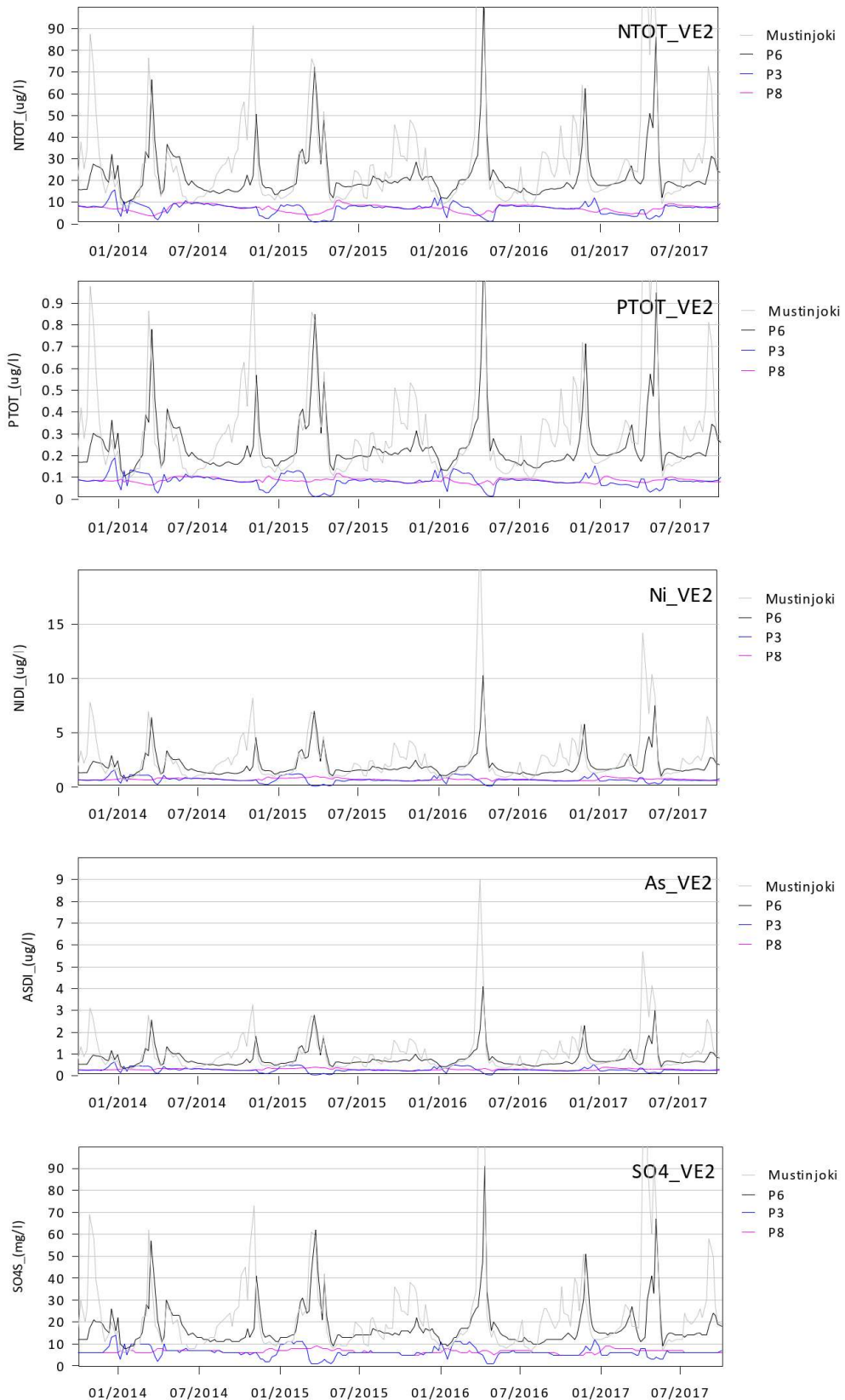
3.4 Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatupisteissä, VE2 pintakerros

Mallinnetut pitoisuusnousut eri vedenlaatupisteissä pintakerroksessa laskentajaksolta 10/2013 – 10/2017 vaihtoehdolle VE2 on esitetty aikasarjoina kuvassa 3-17. Keskiarvot on laskettu taulukkoon 3-2.

Vaihtoehdolla VE2 pitoisuusnousu vaihtoehtoon VE1 verrattuna kasvaa kokonaistypen osalta noin 2 – 5 µg/l. Kokonaisfosforin kasvu jää alle 0,1 µg/l, Nikkeli kasvaa noin 0,2 – 0,5 µg/l, arseeni 0,1 – 0,2 µg/l ja sulfaatti 2 – 5 mg/l. Prosentteina pitoisuusnousut vaihtoehdolle VE2 vaihtoehtoon VE1 verrattuna ovat typen osalta 20 – 30 % ja muiden muuttujien osalta 20 – 40 %.

Taulukko 3-2: Pitoisuusnousu vedenlaatupisteissä, pintakerros, vaihtoehto VE2

Muuttuja	Piste	avg	std	min	max
NTOT (µg/l)	Mustinjoki	29,4	28,1	7,8	243,7
	P6	22,3	12,1	9,4	103,4
	P3	7,1	2,5	0,8	15,7
	P8	7,1	1,6	3,7	11,0
PTOT (µg/l)	Mustinjoki	0,3	0,3	0,1	2,8
	P6	0,2	0,1	0,1	1,2
	P3	0,1	0,0	0,0	0,2
	P8	0,1	0,0	0,1	0,1
Ni (µg/l)	Mustinjoki	2,6	2,5	0,7	22,5
	P6	2,0	1,2	0,9	10,3
	P3	0,7	0,3	0,1	1,6
	P8	0,7	0,1	0,6	1,0
As (µg/l)	Mustinjoki	1,1	1,0	0,3	9,0
	P6	0,8	0,5	0,3	4,1
	P3	0,3	0,1	0,0	0,6
	P8	0,3	0,0	0,2	0,4
SO4 (mg/l)	Mustinjoki	22,0	21,2	5,8	187,7
	P6	16,6	9,7	7,1	85,5
	P3	5,8	2,2	0,9	13,3
	P8	6,2	0,8	4,6	8,5

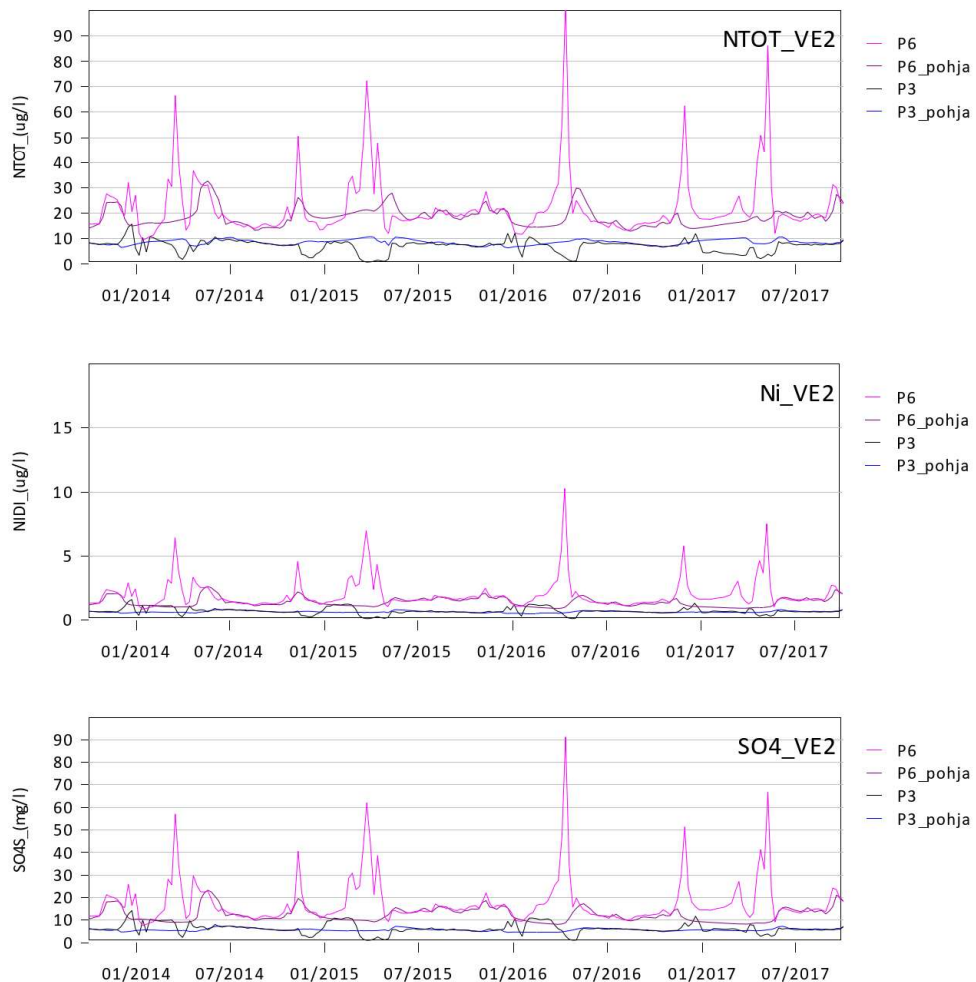


Kuva 3-17. Vaihtoehto VE2, NTOT, Ni, As ja SO4 pitoisuusnousu eri vedenlaatuasteissa, jakso 10/2013 – 10/2017

3.5 Pitoisuusnousun vedenlaatuasteissa, pinta vs. pohja

Jormasjärven pintakerroksen ja syvänteiden pohjan pitoisusero riippuu vesien kerrostumisesta ja kulkeutumisesta syvyysuunnassa. Nykytilanteessa Mustinjoen vesi on keskimäärin vähemmän suolapitoista kuin Jormasjärven vesi, jolloin jokivesi kulkeutuu jokisuun lähellä pääasiassa pintakerroksessa, ja sekoittuu avoimella järviolueella avovesiaikana koko vesikerrokseen. Jääpeitteisenä aikana jokivesi kulkeutuu nykytilanteessa pääasiassa pintakerroksessa järven luusuaan.

Vaihtoehdolle VE2 mallilla lasketut pinta- ja pohjankerroksen pitoisuusnousut kokonaistypelle ja sulfaatille on esitetty kuvassa 3-18 ja taulukossa 3-3. Lasketut pinta- ja pohjapitoisuuden nousut ovat lähellä toisiaan. Pintaveden pitoisuusnousu on pohjaa suurempi tulva-aikana keväällä ja syksyllä. Syvänteiden pohjalla pitoisuusnousu vastaa keskimäärin kesätilanteen sekoittuneen veden tilannetta. Laskennassa on oletettu, että Mustinjoen veden suolapitoisuus on Jormasjärven järven veden suolapitoisuutta pienempi.



Kuva 3-18. Vaihtoehto VE2, NTOT, Ni ja SO4 pitoisuusnousu pisteissä P3 ja P6 pinnalla ja pohjalla, jakso 10/2013 – 10/2017

Taulukko 3-3: Pitoisuusnousu vedenlaatupisteissä P3 ja P6, pinta ja pohja, VE2

Muuttuja	Piste	avg	std	min	max
NTOT VE2 (µg/l)	P6	22,3	12,1	9,4	103,4
	P6 pohja	18,5	3,9	12,9	32,6
	P3	7,1	2,5	0,8	15,7
	P3 pohja	8,6	1,0	6,4	10,8
NI VE2 (µg/l)	P6	2,0	1,2	0,9	10,3
	P6 pohja	1,4	0,4	0,9	2,6
	P3	0,7	0,3	0,1	1,6
	P3 pohja	0,6	0,1	0,5	0,8
SO4 VE2 (mg/l)	P6	16,6	9,7	7,1	85,5
	P6 pohja	11,6	3,0	7,6	21,8
	P3	5,8	2,2	0,9	13,3
	P3 pohja	5,3	0,6	4,3	6,9

3.6 Pitoisuusnousu suuremmalla typpikuormituksella

Typipitoisuuden arviointi perustui edellä regressioon, joka voi antaa typpikuormitukselle liian pieniä arvoja. Tästä johtuen typpipitoisuuden nousu arvioitiin lisäksi myös pitoisuudella, joka on saatu vastaavalla tavalla kuin muiden aineiden pitoisuu-
det. Puhdistuksen jälkeinen typpipitoisuus olisi kaivokselta lähtevässä vedessä 3000 µg/l. Jormasjärven pitoisuusmuutos arvioitiin vastaavasti kuin aikaisemmin, mutta typpikuormitukselle käytettiin vaihtoehdolle VE1 2,10 -kertaista pitoisuutta (=3000/1430), ja vaihtoehdolle VE2 2,24 -kertaista pitoisuutta (=3000/1340) aikai-
semmin esitettyyn laskentaan verrattuna.

3.6.1 Vaihtoehto 1

Jormasjärvelle aiheutuvat pitoisuusnousut korkeammalla typpikuormituksella on esi-
tetty kuvassa 3-21. Kuvissa on pitoisuusnousut viimeisen vuoden 2016 talvijaksolle
ja vuoden 2017 talvi, kevät ja kesäajaksolle. Typpipitoisuuden nousu on noin 60 –
80 µg/l tasolla kesällä ja syksyllä. Talvella ja keväällä typpipitoisuuden nousu jää ke-
säjaksoa pienemmäksi.

3.6.2 Vaihtoehto 2

Jormasjärvelle aiheutuva pitoisuusnousu korkeammalla typpikuormituksella on esi-
tetty kuvassa 3-22 vuoden 2016 talvijaksolle ja vuoden 2017 talvi, kevät ja kesäjak-
solle. Typpipitoisuuden nousu on noin 90 – 110 µg/l tasolla kesällä ja syksyllä. Tal-
vella ja keväällä typpipitoisuus jää kesäjaksoa pienemmäksi.

3.6.3 Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatupisteissä, VE1 pintakerros

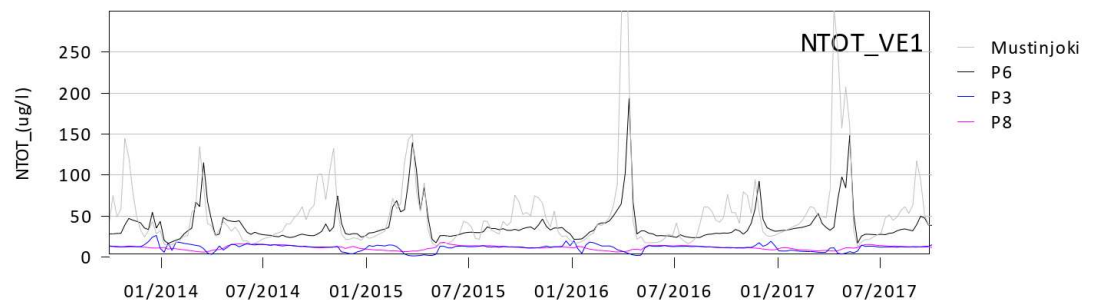
Mallinnetut pitoisuusnousut eri vedenlaatupisteissä vaihtoehdolle VE1 laskentajak-
solta 10/2013 – 10/2017 on esitetty kuvassa 3-19. Vastaavat keskiarvot on laskettu
taulukoon 3-4.

Kokonaistypipitoisuus nousee pisteessä P6 Mustinlahdella noin 40 µg/l ja järven
keskiosissa pisteessä P3 noin 12 µg/l. Vaihtelu on odotetusti suurin Mustinjoen suul-

la, ja pienempi järven selkääalueella ja Jormasjoen luusuassa. Piste P8 vastaa hyvin järvestä lähtevän veden pitoisuusnousua.

Taulukko 3-4. Pitoisuusnousu vedenlaatuasteissa, pintakerros, vaihtoehto VE1

Muuttuja	Piste	avg	std	min	max
NTOT (µg/l)	Mustinjoki	52,5	53,0	12,4	491,0
	P6	38,6	22,1	16,6	193,8
	P3	11,5	4,1	1,3	26,3
	P8	11,5	2,6	6,1	18,0



Kuva 3-19. Vaihtoehto VE1, NTOT pitoisuusnousu eri vedenlaatuasteissa, jakso 10/2013 - 10/2017

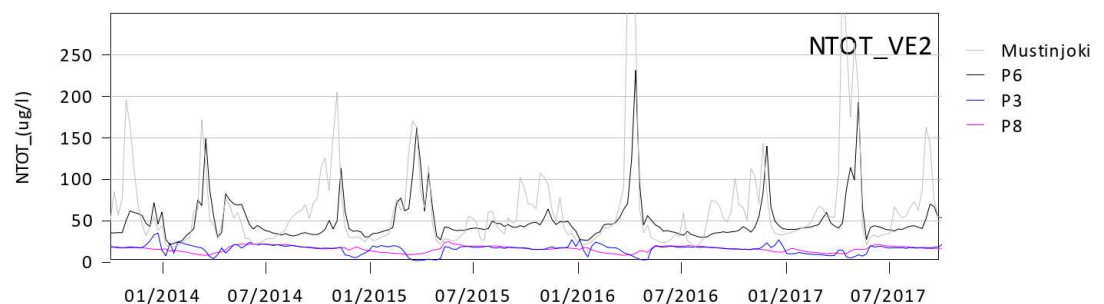
3.6.4 Pitoisuusnousun aikasarjat vedenlaatuasteissa, VE2 pintakerros

Mallinnetut pitoisuusnousut eri vedenlaatuasteissa pintakerroksessa laskentajaksolta 10/2013 – 10/2017 vaihtoehdolle VE2 on esitetty aikasarjoina kuvassa 3-20. Keskiarvot on laskettu taulukkoon 3-5.

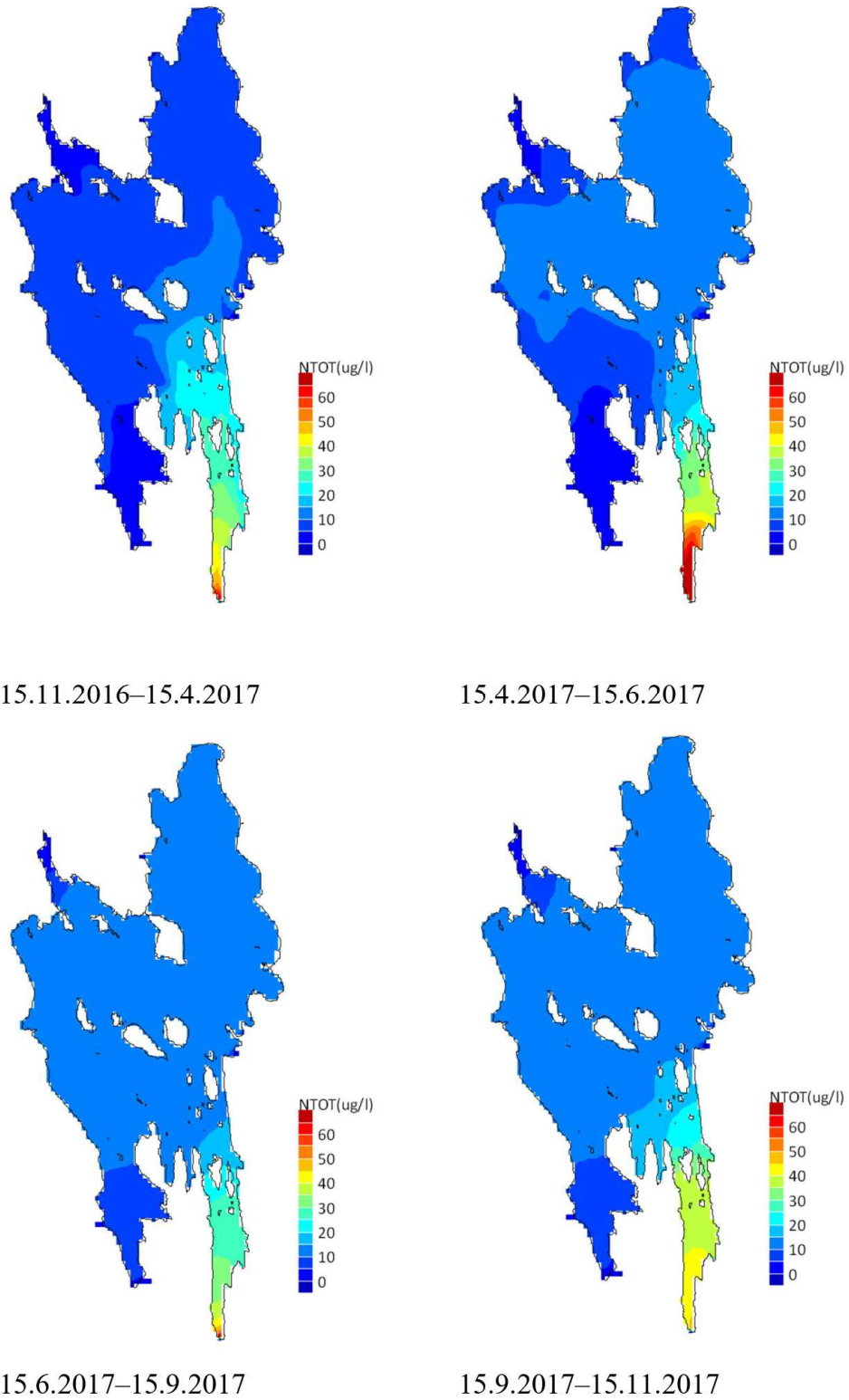
Vaihtoehdolla VE2 pitoisuusnousu vaihtoehtoon VE1 verrattuna kasvaa kokonaistypen osalta noin 5 – 15 µg/l.

Taulukko 3-5. Pitoisuusnousu vedenlaatuasteissa, pintakerros, vaihtoehto VE2

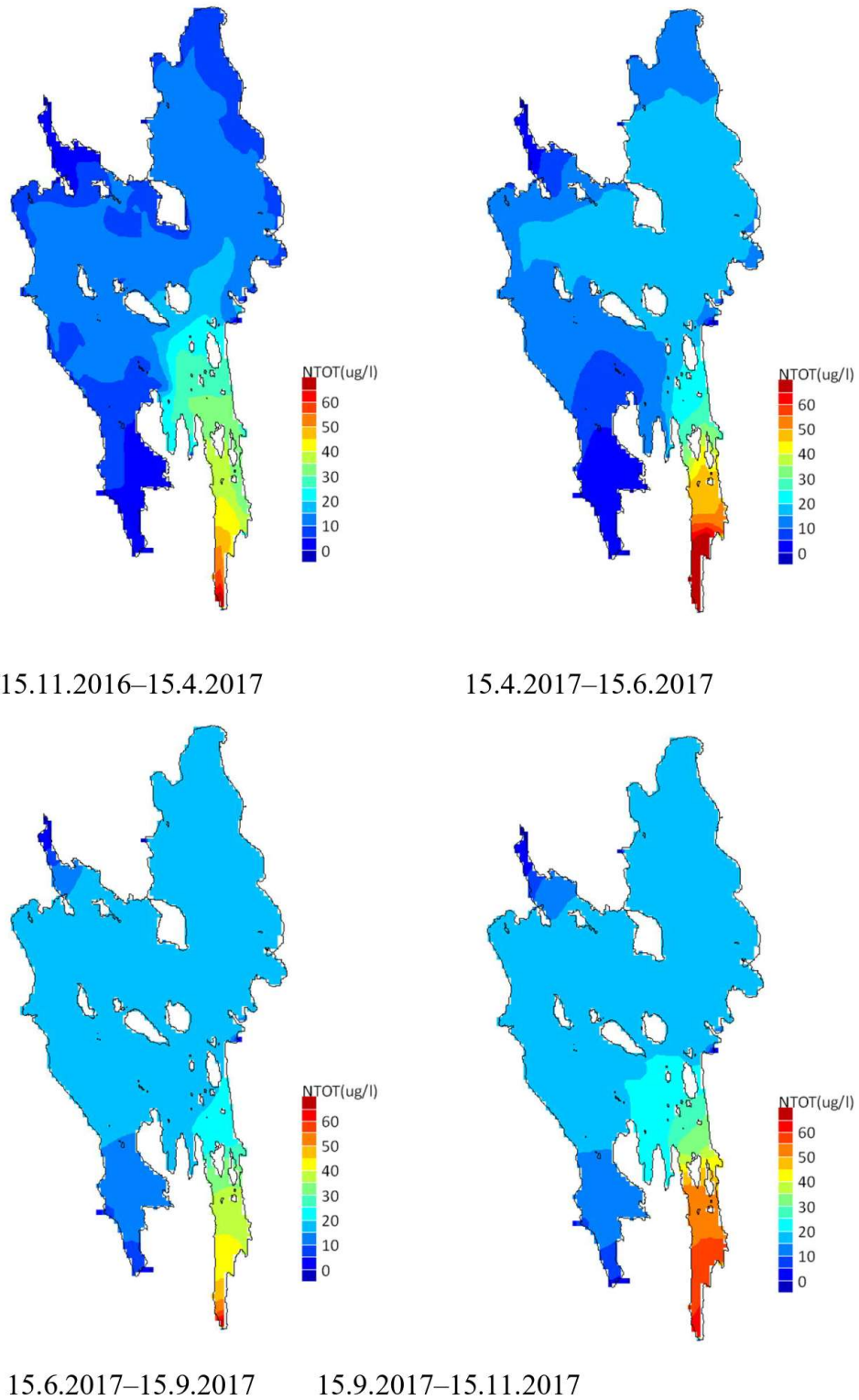
Muuttuja	Piste	avg	std	min	max
NTOT (µg/l)	Mustinjoki	65,9	62,9	17,4	546,0
	P6	50,0	27,0	21,1	231,7
	P3	15,8	5,7	1,8	35,2
	P8	15,9	3,6	8,2	24,7



Kuva 3-20. Vaihtoehto VE2, NTOT pitoisuusnousu eri vedenlaatuasteissa, jakso 10/2013 - 10/2017



Kuva 3-21. VE1 NTOT, pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla



Kuva 3-22. VE2 NTOT pintakerros, keskimääräinen pitoisuuden nousu talvi-, kevät- kesä- ja syysjaksoilla

3.7 Pitoisuusnousu Mg, Ca, Na

Mangaani, kalsium ja natrium ovat liukoisia aineita, ja kulkeutuvat siten vastaavasti kuin sulfaatti. Pitoisuusnousut näille aineille arvioitiin skaalaamalla laskettuja sulfaattipitoisuuksia kuormittavan aineen ja sulfaatin kuormitusten suhteella. Saadut keskimääräiset pitoisuusnousut on esitetty taulukossa 3-6 kuormitusvaihtoehdoille VE1 ja VE2. Kuormitusarvioin (Liite ”Lähtevän veden pitoisuudet”) perusteella $Mg = 0,01 * SO_4$ (mg/l), $Ca = 0,6 * SO_4$ (mg/l), ja $Na = 0,03 * SO_4$ (mg/l).

Taulukko 3-6: Keskimääräiste pitoisuusnousut mangaanille, kalsiumille ja natriumille vedenlaatupisteissä P6,P3 ja P8.

Muuttuja	Piste	VE1	VE2
Mg (mg/l)	P6	0,13	0,17
	P3	0,04	0,06
	P8	0,05	0,06
Ca (mg/l)	P6	7,74	9,96
	P3	2,58	3,48
	P8	2,70	3,72
Na (mg/l)	P6	0,39	0,50
	P3	0,13	0,17
	P8	0,14	0,19

3.8 Terrafamen ja Uutelan kuormitusten yhteisvaikutukset Jormasjärvellä

Terrafamen ja Uutelan kaivosten yhteisvaikutuksia Jormasjärveen arvioitiin laske-
malla kaivosten kuormitusten vaikutus järven nikkeli- ja sulfaattipitoisuuksiin. Terra-
famen kuormitus tulee järveen Tuhkajoen kautta, kuormitus mallinnettiin sijoittamal-
la Tuhkajokeen sulfaatin osalta Terrafamen lupamääräyksen mukainen kuormitus
2500 tn/a, ja käyttämällä nikkeliä Tuhkajoesta mitattuja pitoisuusarvoja. Uutelan
kuormitus tulee järveen Mustinjoen kautta, se huomioitiin sijoittamalla Uutelan laa-
jennusvaihtoehdon VE2 mukainen kuormitus Mustinjoen suulle. Muiden tulovesien
pitoisuudet oletettiin nollassa. Mallilaskenta tehtiin jaksolle 10/2010 – 10/2017, tu-
loksia on esitetty jaksolle 10/2014 – 10/2017. Koska laskennan alkupitoisuutena käy-
tettiin nollassa tilannetta, kuuluu laskentajakson alku (3 a) pitoisuuksien tasoittumiseen.

3.8.1 Sulfaatti

Terrafamen kuormitus kulkee Kolmisoppi-järven kautta, joka vaikuttaa pitoisuuksiin siten, että sulfaattipitoisuus jää talvella noin puoleen kesäpitoisuudesta. Vaikutus näkyy selvästi Tuhkajoen mittauksista. Prosessi toimii siten, että jääpeitteisenä aikana sulfaattipitoinen vesi pyrkii kerrostumaan pohjalle, ja vähäsuolaisempi vesi pinnalle. Avovesiaikana tuuli sekoittaa veden, jolloin pitoisuudet pinnan ja pohja välillä tasoittuvat. Koska lähtevä jokivesi on järven pintavettä, näkyy tämä kerrostumisesta johtuva vaihtelu joen pitoisuusarvoissa. Viimeisimmät mittaukset Tuhkajoesta näyttävät sulfaattipitoisuudeksi kesällä noin 60 mg/l ja talvella noin 30 mg/l. Tuhkajoen virtaama on noin 1,8 m³/s, joten 2 500 tn/a kuormitus saavutetaan keskipitoisuudella 44 mg/l. Em. vuodenaikaisvaihtelulla ja pitoisuuksilla kokonaiskuormitus vastaa luparajan mukaista kuormitusta, joten sitä käytettiin tässä Tuhkajoen pitoisuuksina.

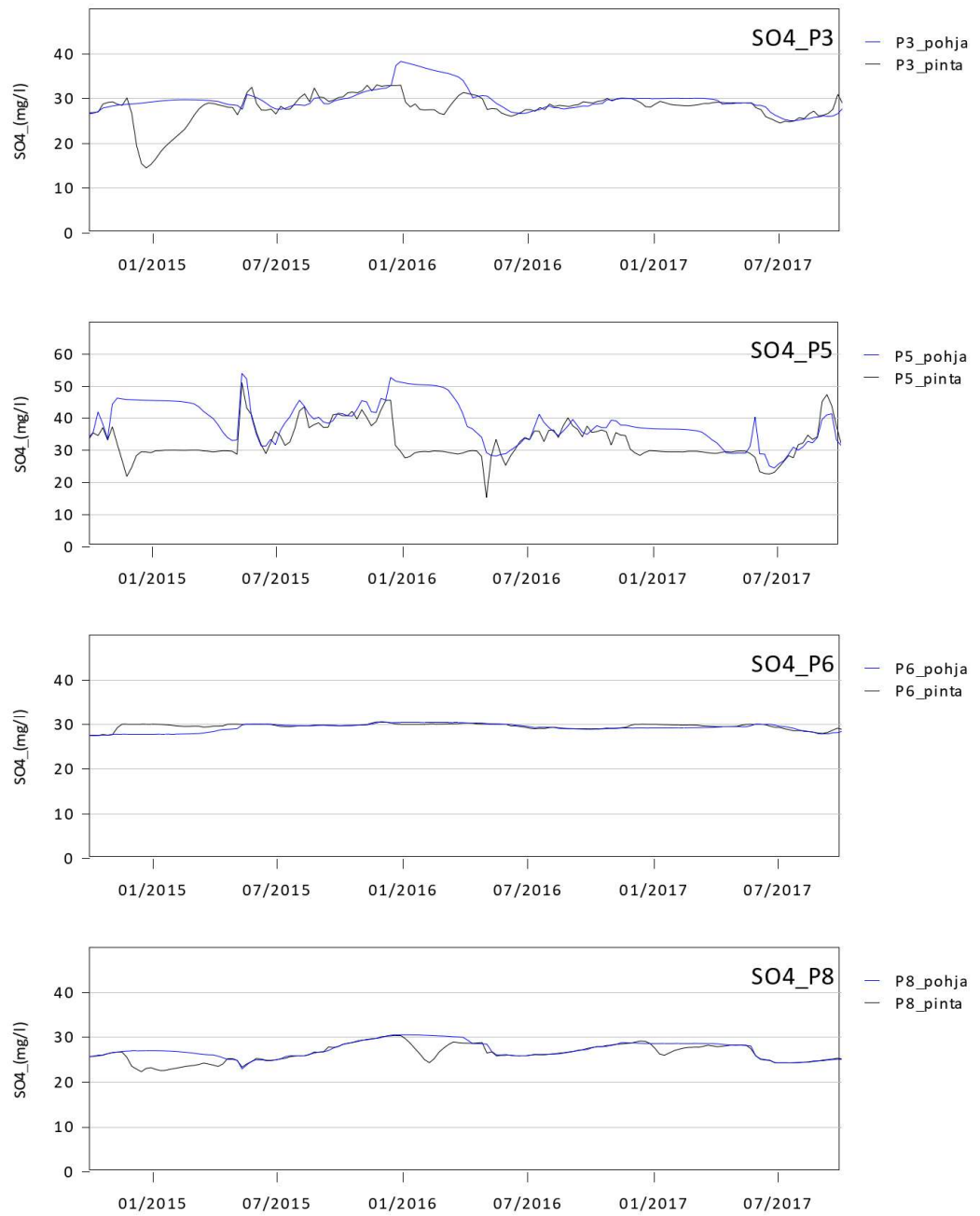
Mustinjoen kuormituksen oletettiin jakautuvan vuoden ajalle tasapitoisuutena. Sulfaattipitoisuus asetettiin arvoon 30 mg/l, joka vastaa vaihtoehdon VE2 kuormitusta Mustinjoen suulla lisättynä luonnontilaisella sulfaattipitoisuudella (10 mg/l). Kaivoksen ulosvirtaama on noin 17 l/s ja sen sulfaattipitoisuus noin 1000 mg/l. Pitoisuus laimenee keskimäärin 0,9 m³/s virtaamaan, jolloin laimentuneen pitoisuuden taso on noin 19 mg/l. Luonnontilainen sulfaattipitoisuus on arvioitu seurantapisteen Mustinjoki 1 johtavuuksien perusteella. Lisäksi on oletettu, että kaivosalueen ulosvirtaama vaihtelee luonnonvalumaa vastaavalla tavalla, jolloin laimenemissuhde ei vaihtelee.

Mallilaskennan tulokset sulfaatille on esitetty aikasarjoina nykyisistä vedenlaadun mittauspisteistä P3, P5, P6 ja P8 kuvassa 3-23, ja vastaavat tilastolliset tunnusluvut taulukossa 3-7.

Sulfaattipitoisuudet jäävät nykytilannetta pienemmiksi. Jääpeitteisenä aikana kerrostumista on havaittavissa lähinnä pisteessä P5, mutta kevät- tai syyskierron estyminen suolakerrostumisen seurauksena ei ole todennäköistä, sillä sitä ei ole tapahtunut suuremmillakaan sulfaattipitoisuuksilla. Mustinlahden alueella sulfaattipitoisuudet ja kerrostuminen vähenevät nykytilanteeseen verrattuna järven keskiosan pitoisuuksien alennuttua aikaisemmasta pitoisuustasosta.

Taulukko 3-7: Yhteisvaikutukset, SO4 pitoisuus vedenlaatupisteissä, jakso 10/2014 – 10/2017.

Muuttuja	Piste	avg	std	min	max
SO4 mg/l	P3	30,0	2,6	20,5	34,8
	P3 pohja	31,7	2,9	27,1	40,7
	P5	34,3	5,9	21,0	51,3
	P5 pohja	41,3	6,8	28,6	56,7
	P6	26,0	1,0	25,0	29,1
	P6 pohja	27,0	1,2	25,0	29,1
	P8	28,9	1,6	26,3	32,3
	P8 pohja	29,5	1,7	26,3	32,2



Kuva 3-23. Yhteisvaikutukset; SO4 pitoisuusnousu eri vedenlaatuasteissa, jakso 10/2014 – 10/2017

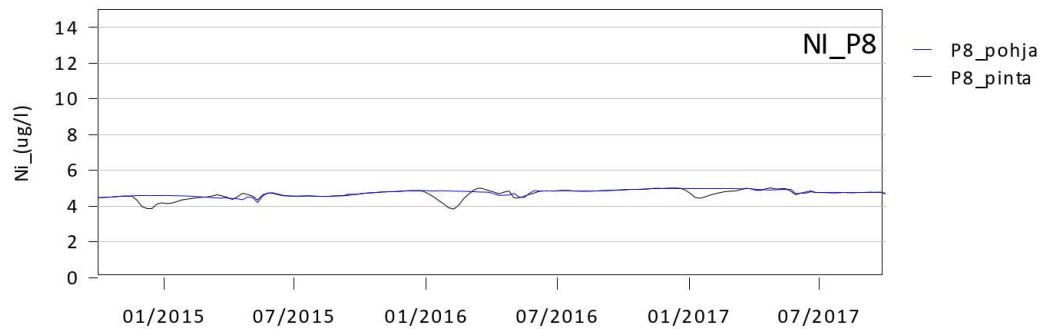
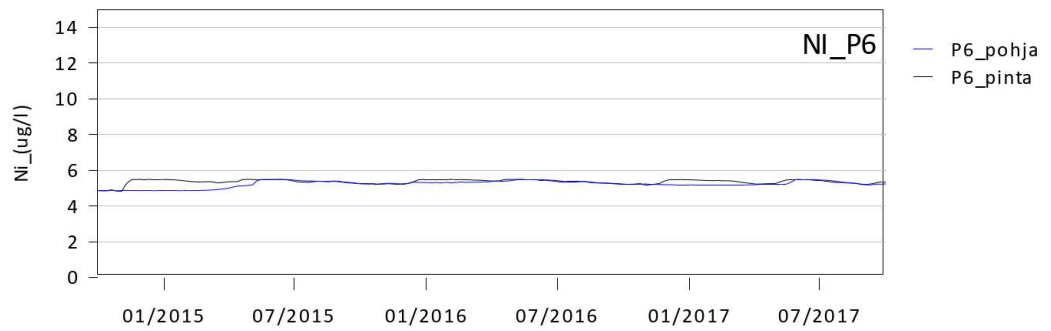
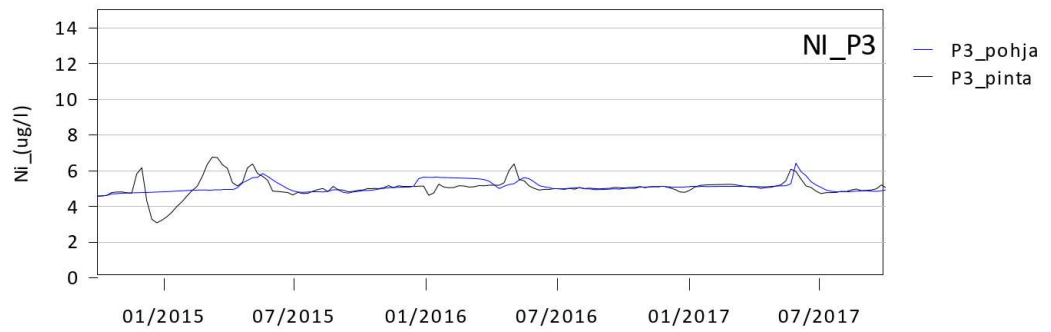
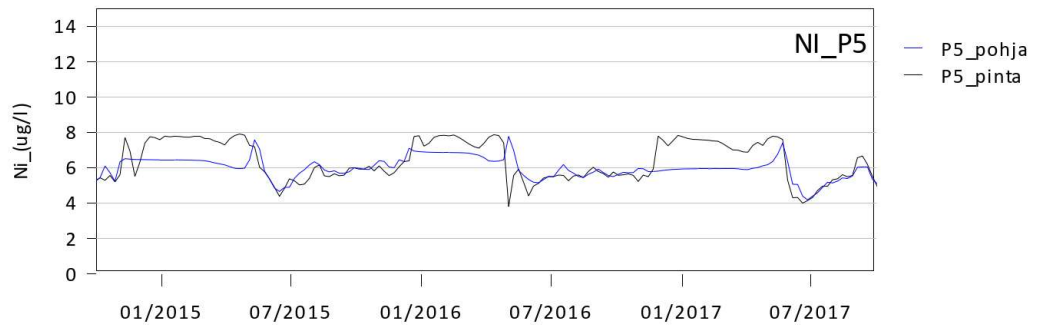
3.8.2 Nikkeli

Nikkelipitoisuus asetettiin Tuhkajoella arvoon 8 µg/l, ja Mustinjoella arvoon 5,5 µg/l. Tuhkajoen keskipitoisuus 2016 – 2018 oli 7,7 µg/l, tässä on käytetty hieman suurempaa arvoa. Mustinjoen valuma-alueen luonnontilainen nikkelipitoisuus (2,7 – 3,4 µg/l) arvioitiin mittausten keskiarvona seurantapisteen Mustinjoki 1 tiedoista. Mitatun nikkelipitoisuuden keskiarvo jaksolla 2013 – 2017 oli 2,7 µg/l, mutta pidemmällä jaksolla keskipitoisuus on suurempi (3,4 µg/l) johtuen muutamista korkeista mittausarvoista. Yleensä nikkelin luonnontilaiset pitoisuudet ovat alle 1 µg/l, mutta Mustinjoen valuma-alueella on mustaliusketta, joka aiheuttanee nousua nikkelipitoisuuksiin: SYKEN tutkimuksen mukaan luonnontilaiset nikkelipitoisuudet voivat olla koholla alueilla, joissa nikkeliä on kallioperässä luonnosta (SYKE, 2010). Käytetty pitoisuus saatiin em. luonnontila-arviosta, johon lisättiin vaihtoehdon VE2 pitoisuuslisäys 2,6 µg/l, lisäksi lopputulosta pyöristettiin hieman ylöspäin. Muiden tulovesien nikkelipitoisuus mallissa oli 0 µg/l.

Mallilaskennan tulokset on esitetty aikasarjoina nykyisistä vedenlaadun mittauspisteistä P3, P5, P6 ja P8 kuvassa 3-24 ja taulukossa 3-8. Laskettu nikkelipitoisuus on Jormasjärven pisteissä P6, P3 ja P6 pääosin 4 – 6 µg/l välillä. Pisteen P5 pitoisuus on hieman korkeampi johtuen Tuhkajoen tuomasta kuormituksesta.

Taulukko 3-8: Yhteisvaikutukset, Ni pitoisuus vedenlaatupisteissä, jakso 10/2014 – 10/2017.

Muuttuja	Piste	avg	std	min	max
Nikkeli µg/l	P3	5,1	0,5	3,1	6,8
	P3 pohja	5,1	0,3	4,6	6,4
	P5	6,4	1,1	3,8	7,9
	P5 pohja	6,0	0,6	4,2	7,8
	P6	5,2	0,2	4,9	5,5
	P6 pohja	6,4	1,1	3,8	7,9
	P8	5,4	0,1	4,8	5,5
	P8 pohja	5,4	0,1	4,8	5,5



Kuva 3-24. Yhteisvaikutukset, Ni pitoisuusnousu eri vedenlaatu pisteissä, jakso 10/2014 – 10/2017

YHTEENVETO

Uutelan kaivoksen nykytilanteen ja suunnitellun kaivoksen laajennoksen vesistökuormitusta ja kuormituksen vaikutuksia Mustinjoen valuma-alueella ja Jormasjärveen arvioitiin vesistömallien avulla. Laskennassa käytettiin hajautettua valumamallia, jonka avulla arvioitiin kaivosalueen ulosvirtaama suunnitellun laajennoksen jälkeen, sekä 3d-järvimallia, jolla arvioitiin kuormituksen vaikutusta Jormasjärveen.

Malleilla laskettiin aluksi nykytilanne jaksolle 2010 – 2017, minkä tuloksia verrattiin mitattuihin pitoisuuksiin Mustinjoessa. Nykytilanteessa kaivoksen kuormitus näkyi mittauksissa pääasiassa Mustinjoki_2 mittauspisteessä nousuna typpi- ja nikkelpitoisuuksissa (~ 1 – 2 µg/l) sekä johtavuusarvoissa (1 – 2 mS/m). Myös arseenipitoisuus oli koholla yhdessä mittauksessa.

Vaihtoehdolla VE1 keskimääräiset Uutelan kuormituksen aiheuttamat pitoisuusnousut olivat typelle järven keskiosassa kokonaistypelle 6 µg/l, nikkelille 0,5 µg/l ja sulfaatile noin 4 mg/l. Mustinlahdella keskimääräiset pitoisuusnousut olivat suurempia, kokonaistypelle 18 µg/l, nikkelille 1,5 µg/l ja sulfaatile 13 mg/l. Arseenin ja kokonaisfosforin pitoisuusnousut olivat alle 1 µg/l.

Vaihtoehdolla VE2 pitoisuusnousut olivat jonkin verran vaihtoehtoa VE1 suuremmat, typelle järven keskiosassa kokonaistypelle 7 µg/l, nikkelille 0,7 µg/l ja sulfaatile noin 6 mg/l. Mustinlahdella keskimääräiset pitoisuusnousut olivat suurempia, kokonaistypelle 22 µg/l, nikkelille 2,0 µg/l ja sulfaatile 17 mg/l. Arseenin ja kokonaisfosforin pitoisuusnousut olivat tälläkin vaihtoehdolla järvellä alle 1 µg/l.

Laskennan epävarmuudet

Uutelan nykytilanteen kuormitusarvio on varsin luotettava, johtuen siitä, että se perustuu jatkuvatoimiseen virtausmittaukseen ja kaksi kertaa kuukaudessa tehtäviin pitoisuusmittauksiin. Mittaukset on tehty pintavalutus kentän jälkeen, mikä tasaa pitoisuuksia ja virtaamia jonkin verran ja siten lisää tulosten luotettavuutta.

Valumamallilla käytettiin kaivosalueen ja Mustinjoen valuma-alueen ulosvirtaaman ja vedenlaadun arviointiin. Virtaamamittauksia Mustinjoen valuma-alueella oli saatavilla ainoastaan kaivoksen ulosvirtaamasta, joten mallin laskemaan virtaamaa koko valuma-alueelle ei voitu tarkistaa muuten kuin vertaamalla tuloksia SYKE:n WSFS – mallin laskemaan virtaamaan. Epävarmuuksien vähentämiseksi kuormituslaskennassa käytettiin suoraan mitattuja kuormituksia, jotka sijoitettiin Mustinjoen suulle. Kuormitus on tällä tavalla laskettuna todennäköisesti yläarvio, sillä osa kuormituksesta voi pidäytyä valuma-alueelle.

Järvimalli kalibroitiin sulfaatin osalta mittauksiin. Malli toisti sulfaattipitoisuudet ja sulfaatin kerrostumiskäyttäytymisen järvellä oikean suuntaisesti. Enimmäispitoisuudet syvänteissä jäivät kuitenkin keskimäärin mittauksia pienemmiksi. Mustinlahden käyttäytyminen ei toistunut mallissa aivan mittauksia vastaavasti, sillä alkukesällä mitattu sulfaattipitoisuus oli selvästi mallia arvioimaa pitoisuutta suurempi. Syynä tähän on todennäköisesti se, että mallissa jokivesi sekoittaa keväällä Mustinlahden syvänteen tehokkaammin kuin todellisuudessa. Muuten mallin arvioima Mustinlahden pitoisuuden vaihtelun käyttäytyminen vastasi mittauksia kohtalaisen hyvin.

Uutelan laajennosvaihtoehtojen VE1 ja VE2 vaikutus Jormasjärveen laskettiin sijoittamalla kaivoksen arvioitu kuormitus suoraan Mustinjoen suulle. Vaikutus järvellä riippuu ennen kaikkea kuormitusarvion tarkkuudesta. Uutelan kaivokselle arvioiduilla sulfaattikuormilla jäteveden suolapitoisuus ei vaikuta merkittävästi kerrostumiseen, jolloin laskentatulokset riippuu pääasiassa jokivirtaamista ja sekoittumisesta jär-

vellä. Järvimalli toistaa nämä ilmiöt varsin hyvällä tarkkuudella, joten pääasialliseksi epävarmuuden lähteeksi laskennassa jää kuormitusarvion tarkkuus. Jormasjärven tila tulevaisuudessa riippuu myös paljon, ellei jopa pääasiassa Tuhkajoesta tulevasta kuormituksesta, eli myös Tuhkajoen kuormituksen määrä ja kuormitusarvion paik-kansapitävyys vaikuttaa tulokseen olennaisesti.

5 LÄHDELUETTELO

Berrisford P, Dee D, Poli P, Brugge R, Fielding K, Fuentes M, Kallberg P, Kobayashi S, Uppala S and Simmons A, 2011, The ERA-Interim archive Version 2.0, ERA report series no 1, November 2011, ECMWF

Maanmittauslaitos, 2018, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, tiedot haettu 12/2018, lisenssi ja tietojen haku sivulta <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Suomen Ympäristökeskus, 2018, Corine 2012 - data Lapio-paikkatietojärjestelmästä, <http://www.syke.fi/AVOINTIETO>, haettu 12/2018.

SYKE, 2010, Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä, Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2010.