

Outokumpu Stainless – tehtaan typpikuormituksen vaikutus
Tornion edustan vedenlaatuun Perämeren ekosysteemi-
mallilla arvioituna vuosille 2014–2016

Outokumpu Stainless Oy

Sisältö

1	JOHDANTO	2
2	PERÄMERIMALLI	2
3	OLOSUHDETIEDOT	3
4	KUORMITUKSET	5
5	TULOKSET	7
5.1	Vertailu mittauksiin	7
5.2	Skenaariolaskenta Outokumpu Stainless typpikuormituksella 700 kg/d	8
5.3	Nikkelin leviäminen	15
6	YHTEENVETO	18
7	LÄHDELUETTELO	19
	LIITE 1: 2014, 2015 JA 2016 LASKETTUJEN JA MITATTUJEN ARVOJEN VERTAILU	20

Hannu Lauri, DI
Pirkko Virta, FM
Lasse Rantala, MMM

Pöyry Finland Oy,
Ympäristötutkimus,
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.

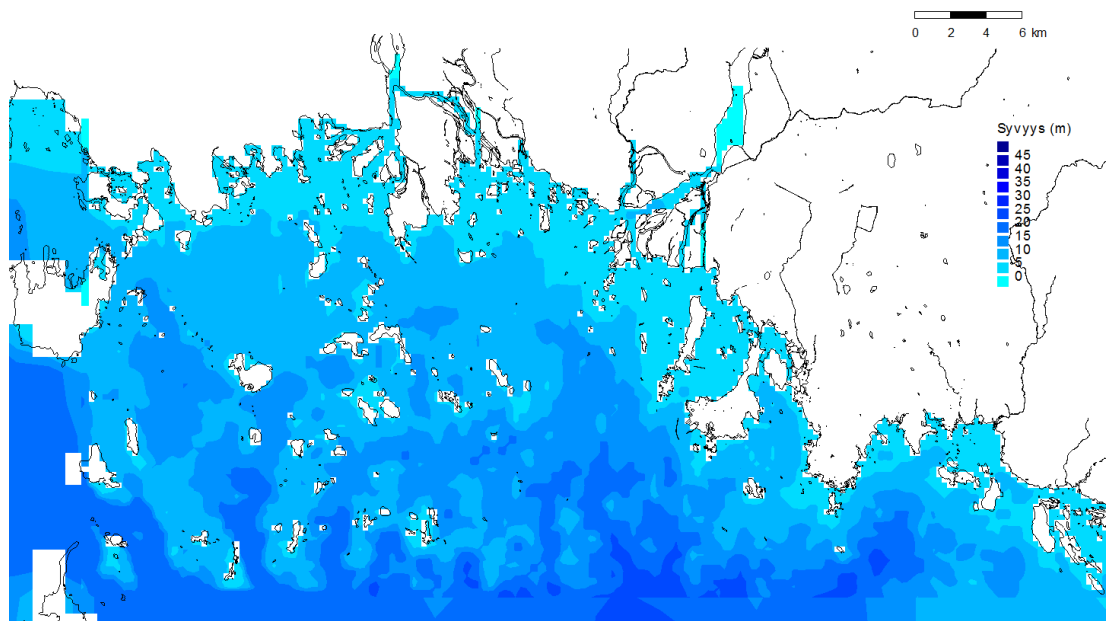
1 JOHDANTO

Tässä työssä arvioitiin Outokumpu Stainless – tehtaan typpi- ja nikkeli-päästöjen vaikutuksia Kemian ja Tornion edustan vedenlaatuun. Laskentamenetelmänä käytettiin alueelle aikaisemmin laadittua Perämeren ekosysteemimallia, joka kuvaa alueella tapahtuvaa biosaattavien ravinteiden leviämistä ja leväbiomassan kasvua. Laskennassa huomioitujen levien käyttökelpoiset ravinteet ovat liukoinen typpi (DINN) ja liukoinen fosfori (DIPP). Nikkelin kulkeutuminen laskettiin samalla mallilla.

Mallin lähtötiedot, eli kuormitus- ja olosuhdetiedot päivitettiin laskentavuosille 2014-2016. Tämä jälkeen laskettiin nykytilanne (V0) käyttäen toteutuneita kuormituksia, ja skenaariotilanne (V1), jossa Outokumpu Stainless – tehtaan typpikuormitus oli 700 kg/d (vuonna 2016 noin 400 kg/d) ja nikkeli-kuormitus 4 kg/d (vuonna 2016 noin 1,3 kg/d).

2 PERÄMERIMALLI

Perämerimalli on vuonna 2004 Perämeri Life – EU projektin yhteydessä useampaan eri kohteeseen laadittu vedenlaatumalli (Lauri et al., 2004). Tornion-Kemian edustalle laadittu vedenlaatumalli koostuu kahdesta sisäkkäisestä mallihilasta, joista ulompi kattaa koko Pohjanlahden, ja sisempi hila Perämeren pohjukan noin Kuivaniemen tasalta pohjoiseen. Tarkennuksen länsiraja sijoittuu Seskarön kohdalle. Mallihilan tarkennuksen kattama alue on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1: Mallihilan tarkennuksen kattama alue

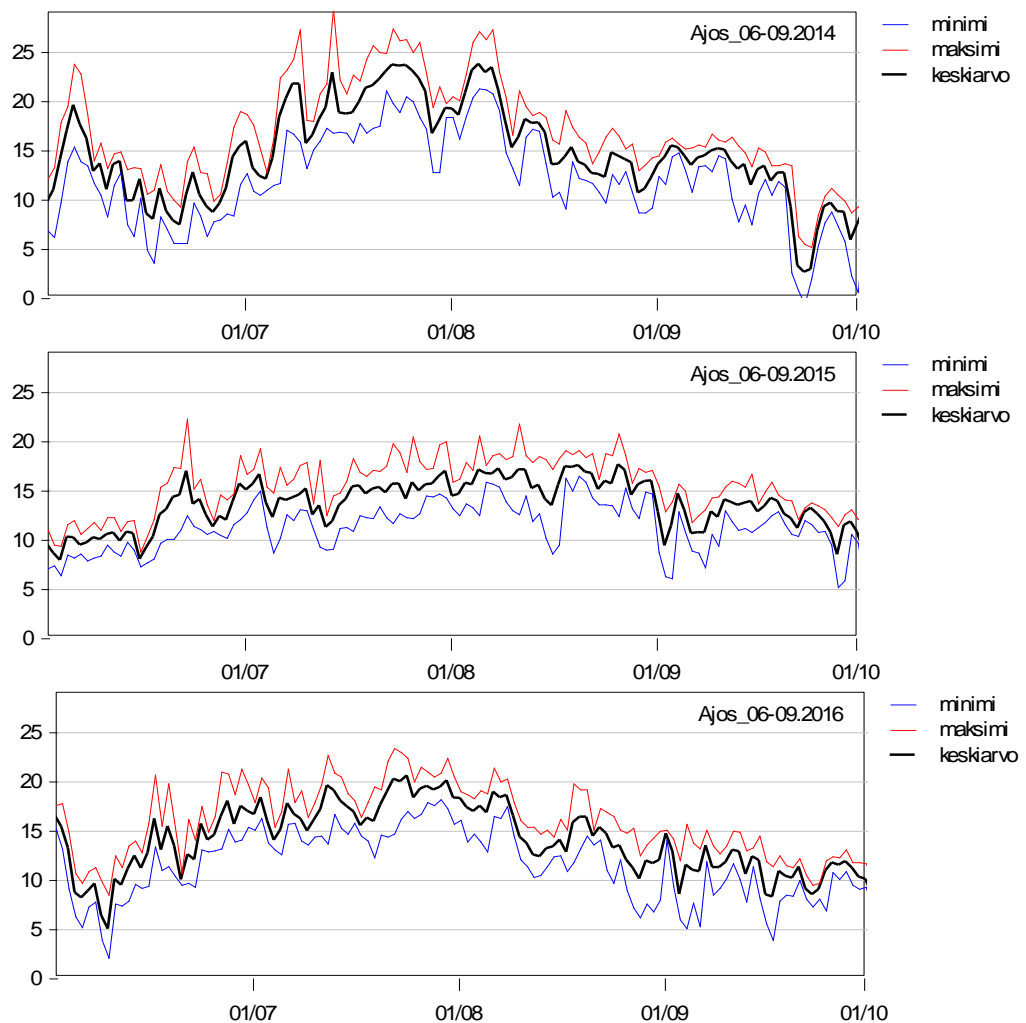
Malli huomioi laskennassa tuulen aiheuttaman sekoittumisen, jokivirtaamat ja jääpeitteen vaikutuksen siten, että jääpeitteisenä aikana tuulen vaikutusta ei huomioida. Virtaukset arvioidaan yhdistelemällä etukäteen laskettuja virtauskenttiä olosuhdetietojen perusteella. Aineiden kulkeutuminen lasketaan mallihilassa kuormituspisteistä advektio-diffuusio yhtälöä käyttämällä. Leväbiomassan kasvu arvioidaan kussakin mallihilan hilaruudussa erikseen ravinnepitoisuuksien, säteilyn ja veden lämpötilat-

tojen perusteella. Tarkempi selvitys laskennasta löytyy mallin teknisestä dokumentoinnista (Korpinen et al. 2004).

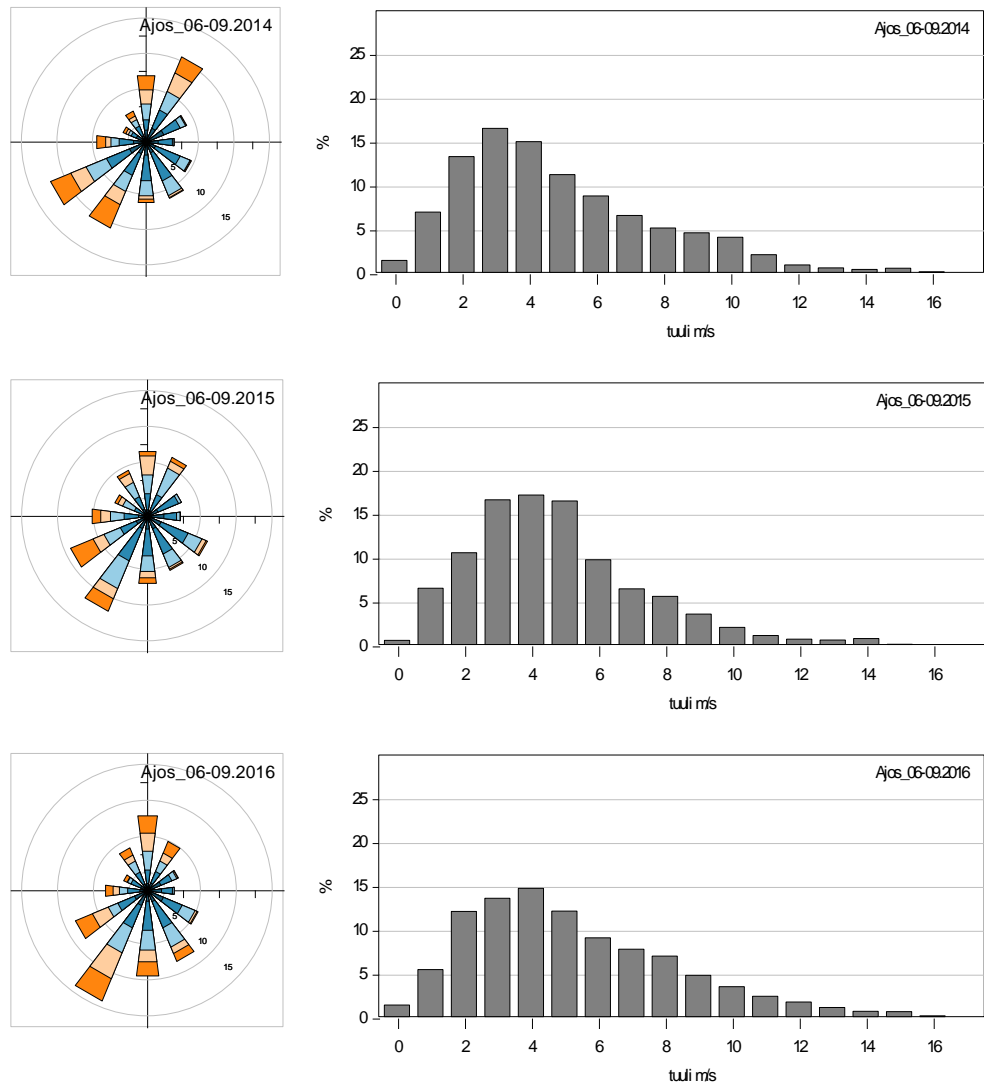
3 OLOSUHDETIEDOT

Mallin olosuhdetiedoiksi tarvittiin tuulitiedot, jokivirtaamat ja veden lämpötilatiedot. Tuulitiedoiksi haettiin Kemi-Ajos sääaseman tiedot Ilmatieteenlaitoksen Open data-palvelusta (Ilmatieteenlaitos, 2017). Jokivirtaamat ja käytetyt veden lämpötilatiedot haettiin SYKE:n Hertta-palvelusta (Hertta 2017). Lämpötilat asetettiin vedenlaatuopisteessä LAV4 mitattujen lämpötilojen perusteella. Jääpeitteen sulaminen arvioitiin Ilmatieteenlaitoksen jäätilannekartoista, jotka löytyvät Copernicus Marine Service-palvelusta (CMEMS 2017). Säteilyarvot saatiin ERA-Interim säädatasta (Berrisford et al. 2011).

Vuosien 2014–2016 avovesijakson (1.6.–1.10.) keskilämpötila ja keskituulennopeudet on esitetty taulukossa 1. Lämpötilojen päivän keski-, minimi- ja maksimilämpötilat eri laskentajaksoille on esitetty kuvassa 2, ja tuulen suunta- ja nopeusjakaumat kuvassa 3. Tuulisinta oli vuonna 2016. Lämpimin kesäjakso oli vuonna 2014 ja kylmin vuonna 2015.



Kuva 2: Vuosien 2014–2016 kesäjakson lämpötilat, Kemi Ajos



Kuva 3: Tuulen suunta- ja nopeusjakauma kesäjaksoille 2014–2016, Kemi Ajos

Taulukko 1: Säätilanteen tilastoarvoja jaksolta 1.6.–1.10., vuodet 2014–2016.

Vuosi	Keskinop. m/s	Keskihaj. m/s	Maksimi m/s	Lämpötila k.a °C
2014	5.39	3.08	19.8	14.75
2015	5.29	2.74	18.7	13.64
2016	5.80	3.23	19.5	14.02

4 KUORMITUKSET

Kuormitustiedoiksi malliin sijoitettiin mallin tarkemman hilan alueella olevat piste-kuormitukset, ja koko mallihilan alueelle suurimmat jokikuormitukset. Jokikuormitustiedot saatiin SYKE:n VEMALA-järjestelmästä. Ruotsin puolen jokien kuormitukset arvioitiin Kemijoen tai Tornionjoen kuormitusten perusteella kertomalla kuormitus virtaamien keskiarvojen suhteella. Pistekuormitukset saatiin suoraan kuormittajilta.

Kuormitustiedoista oli saatavilla vain kokonaisravinteet. Nämä muunnettiin käyttökelpoisiksi ravinteiksi kertomalla kokonaisravinnekuormitus kuormituskohtaisella käyttökelpoisuuskertoimella. Käytetyt kertoimet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 2: Kokonaisravinteiden käyttökelpoisuuskertoimet

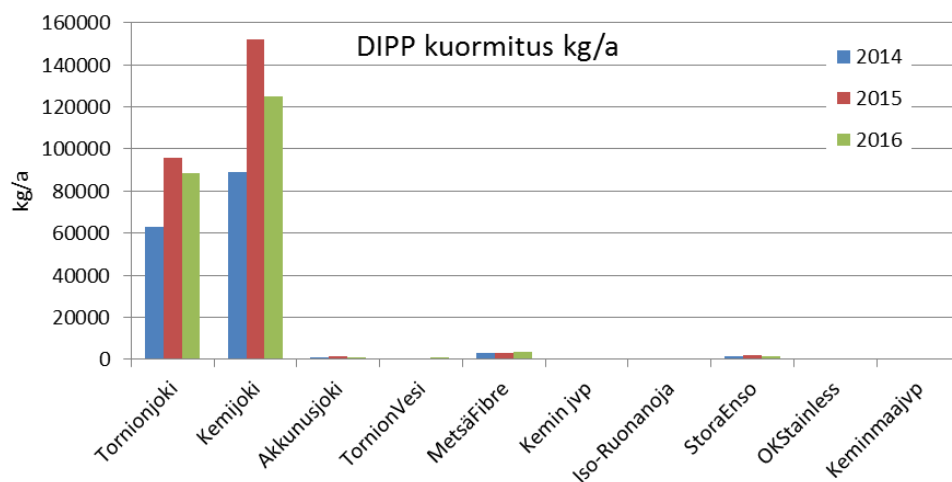
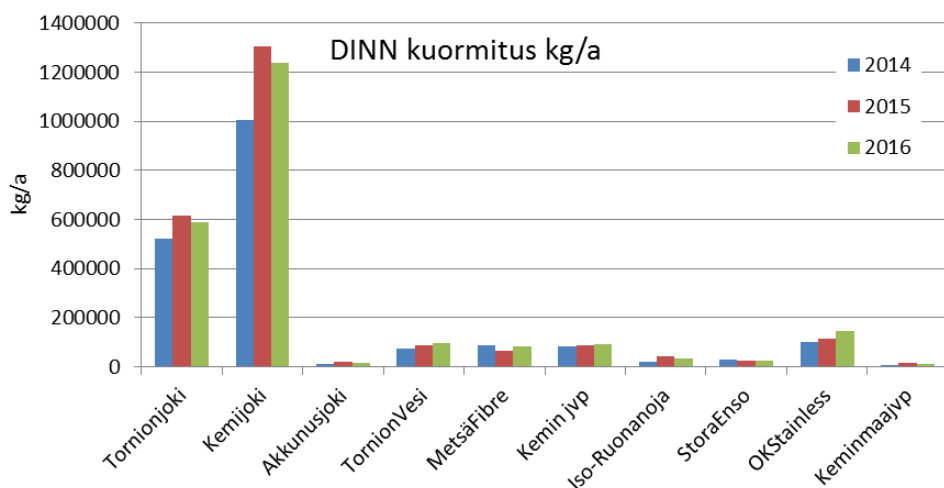
Kuormittaja	TOTN -> DINN kerroin	TOTP -> DIPP kerroin
Metsä Fibre	0.6	0.5
Stora Enso. sellu	0.1	0.2
Stora Enso. paperi	0.2	0.1
Outokumpu	1	0.4
Kemin Vesi. jätevedenpuhdistamo	0.9	0.4
Haaparannan jätevedenpuhdistamo	0.9	0.4

Jokikuormitukset saatiin kokonaisravinnekuormituksina VEMALA-järjestelmästä. Kokonaisravinteet muutettiin tämän jälkeen liukoiksi ravinteiksi käyttämällä apuna SYKE:n Hertta-järjestelmästä saatuja $PO_4\text{-P}$, $NO_{23}\text{-N}$ ja $NH_4\text{-N}$ mittaustietoja. Käytännössä kaikista mittauksista, joista oli saatavilla liukoiset ja kokonaisravinteet, laskettiin näiden mittausten suhde. VEMALA-järjestelmästä saatu kokonaisravinnekuormitus kerrottiin tällä suhteella (ajasta riippuva). Em. muunnos tehtiin Kemi- ja Tornionjoen kuormituksille, ja muille jokikuormituksille käytettiin vakioarvoja $DIPP/PTOT = 0,2$ ja $DINN/NTOT = 0,13$.

Biokäytettävien ravinteiden kuormitusmäärät vuosille 2014–2016 on esitetty taulukossa 3 ja kuvassa 4. Jokikuormitukset on laskettu yhteen koko vuodelta.

Taulukko 3: Biokäytettävien ravinteiden kuormitukset 2014–2016.

Vuosi	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Kuormitus	DINN	DINN	DINN	DIPP	DIPP	DIPP
Yksikkö	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
Tornionjoki	523742	615713	590813	62938	95583	88623
Kemijoki	1003695	1305428	1238030	89081	152170	124698
Akkunusjoki	11025	21348	16506	836	1550	1220
TornionVesi	72615	85751	97500	526	657	820
MetsäFibre	85607	66598	83885	3285	3286	3843
Kemin jvp	81147	85745	92232	424	555	542
Iso-Ruonanoja	20975	40871	33306	88	153	143
StoraEnso	31583	25951	26461	1588	1806	1318
OKStainless V0	101123	116469	144936	0	0	0
OKStainless V1	255500	255500	255500	0	0	0
Keminmaajvp	9207	16422	13834	66	174	132
yht.	1940719	2380295	2337504	158830	255934	221337


Kuva 4: Mallihilan tarkennuksen alueelle sijoittuvat DINN ja DIPP kuormitukset.

5 TULOKSET

Malli laskettiin jokaiselle laskentavuodelle erikseen, lähtien maaliskuun alun tilanteesta. Alkupitoisuudet asetettiin malliin talven mittaustietojen perusteella. Tämän jälkeen malli laskettiin lokakuun alkuun. Jäätilanne simuloitiin mallissa siten, että jääpeitteisenä aikana tuulen nopeus asetettiin nolllaksi, jolloin tuuli ei aiheuttanut sekoittumista. Jäänlähdon ajankohdat asetettiin seuraaviin päiviin: 14.5.2014, 24.4.2015 ja 20.5.2016. Jääpeitteisenä aikana tulevan säteilyn määrä kerrottiin 0,2:lla.

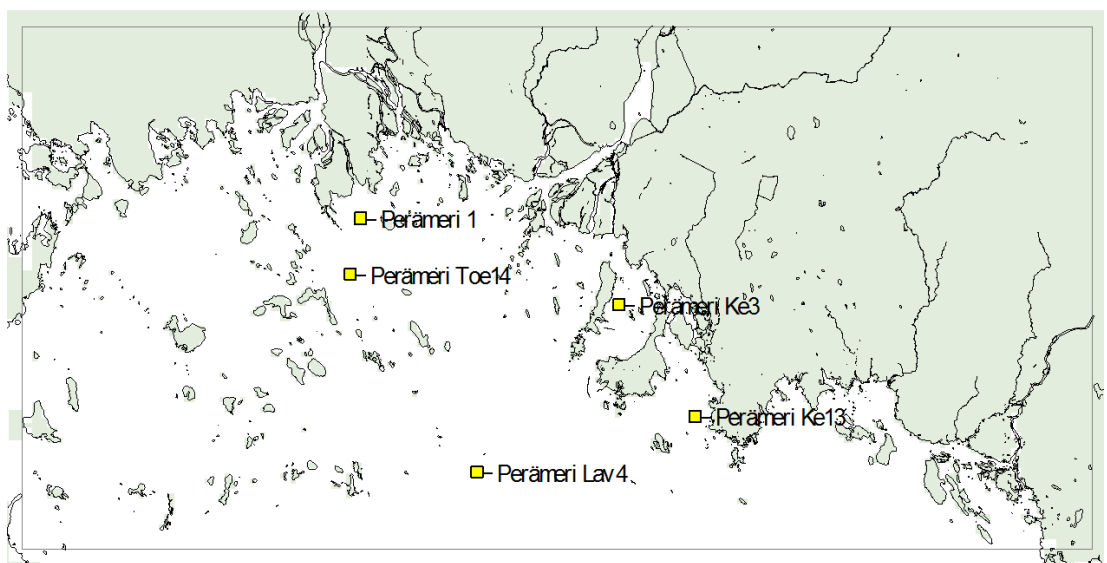
Leväbiomassan laskennassa käytettiin 10 m syvyistä sekoittuvaa kerrosta, eli samaa kuin vuosien 1999 ja 2000 laskennoissa. Mitattu klorofyllipitoisuus muutettiin biomassaksi kaavalla $B = h_0 0.15 c^{1,2}$, missä B on biomassa (g/m²), h₀ kerrospaksuus (10 m) ja c mitattu klorofylli (µg/l) (Korpinen et al. 2004).

5.1 Vertailu mittauksiin

Mallitulokset varmistettiin vertaamalla laskettuja ravinne- ja leväbiomassapitoisuuksia mitattuihin pitoisuuksiin viidessä vedenlaadun tarkkailupisteissä, joista oli tehty liukoisen fosforin, liukoisen typen ja klorofyllin mittaukset. Pisteiden sijainti on esitetty kuvassa 5. Lasketut ja mitatut pitoisuustiedot on esitetty liitteessä 1.

Vuoden 2014 osalta leväbiomassan laskenta ei toiminut erityisen hyvin, lasketut pitoisuudet olivat liian suuria pisteissä Perämeri 1 ja TOE14, ja liian pieniä pisteissä Ke3 ja Ke13. Vuoden 2015 laskennassa leväbiomassa oli pisteessä Perämeri 1 ja TOE12 liian suuri, muissa pisteissä tulos vastasi loppukesästä mitattuja arvoja hyvin. Ravinnepitoisuudet olivat mittauksia vastaavalla tasolla. Vuoden 2016 laskenta sopi leväbiomassa osalta mittauksiin vaihtelevasti, osa mittauksista varsin hyvin.

Laskennan perusteella levänkasvua Tornion edustalla rajoittaa vaihtelevasti typpi tai fosfori. Pisteissä Perämeri 1 ja Toe14 2014 sekä typpi- että fosforitasot ovat hyvin pieniä, kun taas vuosina 2015 ja 2016 fosforitaso jää hieman nolllaa suuremmaksi. Laskentatulosten mukaan levien kasvua rajoittaa tällä alueella siis useimmiten typpi.



Kuva 5: Vedenlaadun seurantapisteen sijainti.

5.2 Skenaariolaskenta Outokumpu Stainless typpikuormituksella 700 kg/d

Laskentavaihtoehdossa V1 Outokumpu Stainless – tehtaan typpikuormitus asetettiin arvoon 700 kg/d muiden kuormitusten pysyessä ennallaan. Tällöin kuormituksen osuus lähialueen liukoisen typen kuormituksista on noin 10 %, kun se on ollut viime vuosina keskimäärin noin 5 %. Outokummun typpikuormitus on kokonaan leville käyttökelpoisessa muodossa.

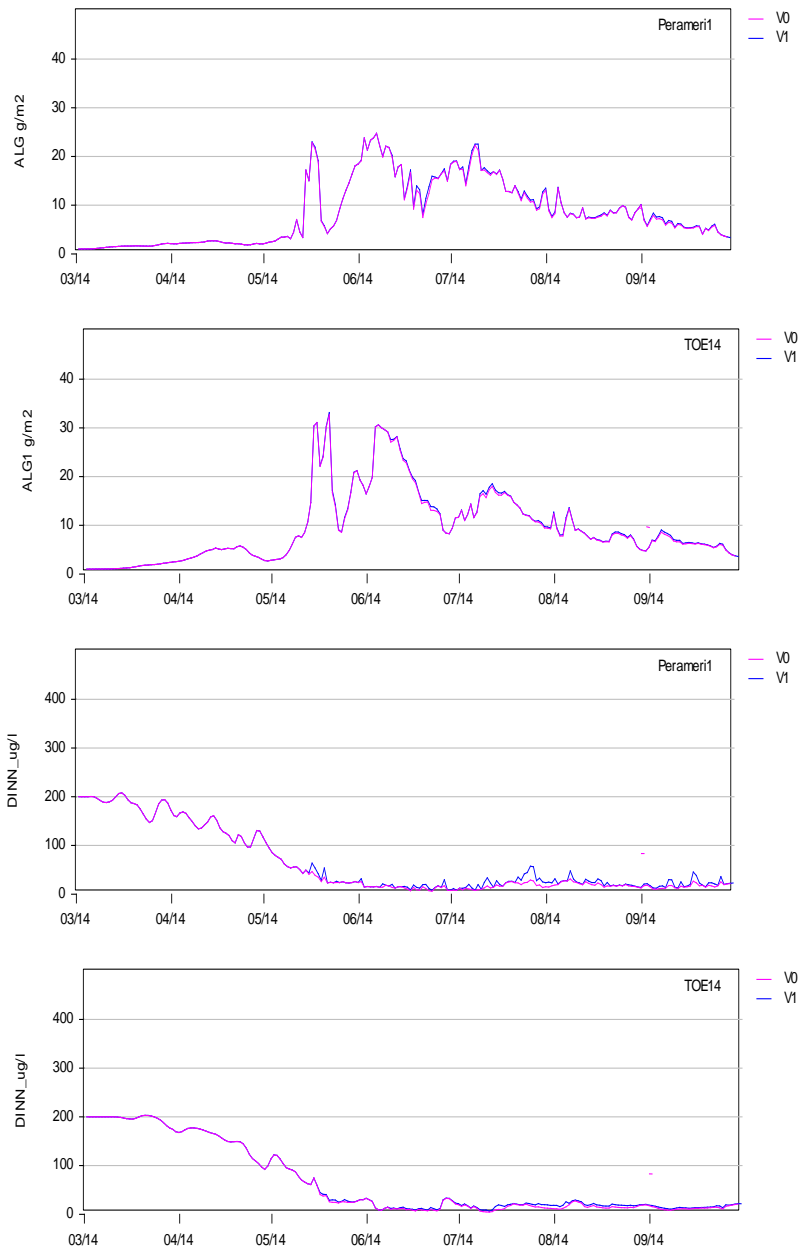
Laskettu ALG1+2 biomassa ja DINN pitoisuus nykytilanteelle ja muuttuneelle kuormitukselle vedenlaadun seurantapisteissä Perämeri 1 ja TOE14 on esitetty aikasarjana kuvissa 6, 8 ja 10. Vastaavat keskiarvot jaksolta 1.6.–1.10. on esitetty taukoissa 4, 5 ja 6.

Aikasarjojen lisäksi laskentavaihtoehtojen ero DINN-pitoisuuksien kuukausikeskiarvoissa on esitetty karttapohjalla kuvissa 7, 9 ja 11. Pitoisuuden muutos on saatu vähentämällä vaihtoehdon V0 pitoisuusKenttä vastaavasta vaihtoehdolle V1 lasketusta pitoisuuskentästä.

Vuonna 2014 typpikuormituksen nousu oli suhteessa suurin V0-tilanteeseen verrattuna. Liukoisen typen kuukauden keskipitoisuuden yli 10 µg/l nousu ulottui enimmillään noin 3 km etäisyydelle päästöpieteestä. Vedenlaadun seurantapisteessä Perämeri 1 touko-syyskuu – jakson keskipitoisuus nousi typen osalta 4,2 µg/l (18,7 %). Hieman kauempana päästöpieteestä seurantapisteessä TOE14 nousu oli 2,4 µg/l (10,6 %). Vaikutus leväbiomassaan ulottui kauemmas, lännessä 0,2 g/m² tason nousun alue ulottui mallin tarkemman laskenta-alueen reunalle. Laskettu heinäkuun leväbiomassaan nousu jäi alle 0,3 g/m².

Vuonna 2015 liukoisen typen osalta keskipitoisuuden nousualueet olivat heinä- ja elokuussa vuotta 2014 pienemmät. Yli 10 µg/l pitoisuusnousun alue ulottui keskiarvokentissä enimmillään noin 1,5 km etäisyydelle päästöpieteestä. Vedenlaadun seurantapisteessä 'Perämeri 1' touko-syyskuu – jakson keskipitoisuus nousi typen osalta 4,2 µg/l (20,9 %) ja hieman kauempana päästöpieteestä seurantapisteessä TOE14 nousu oli 1,6 µg/l (11,2 %). Vaikutus leväbiomassaan ulottui kauemmas, lännessä mallin 0,3 g/m² ylittävän nousun alue ulottui tarkemman laskenta-alueen reunalle. Laskettu heinäkuun leväbiomassan nousu jäi alle 0,5 g/m².

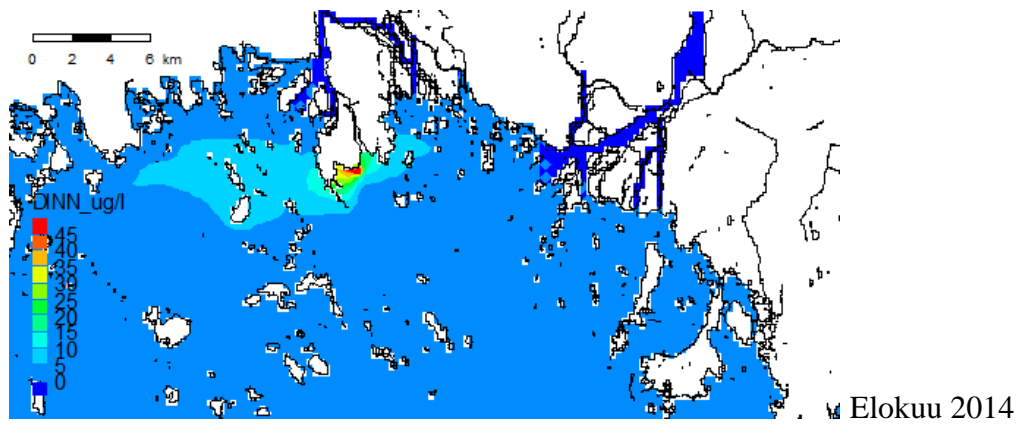
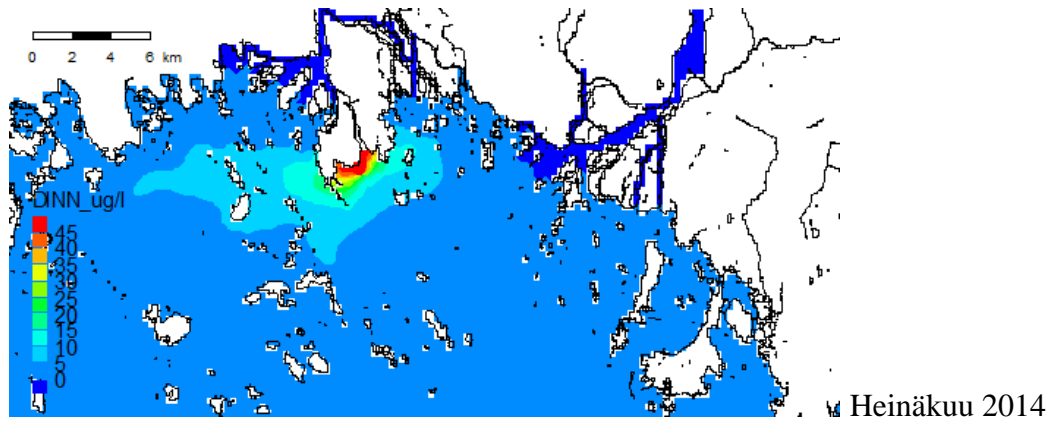
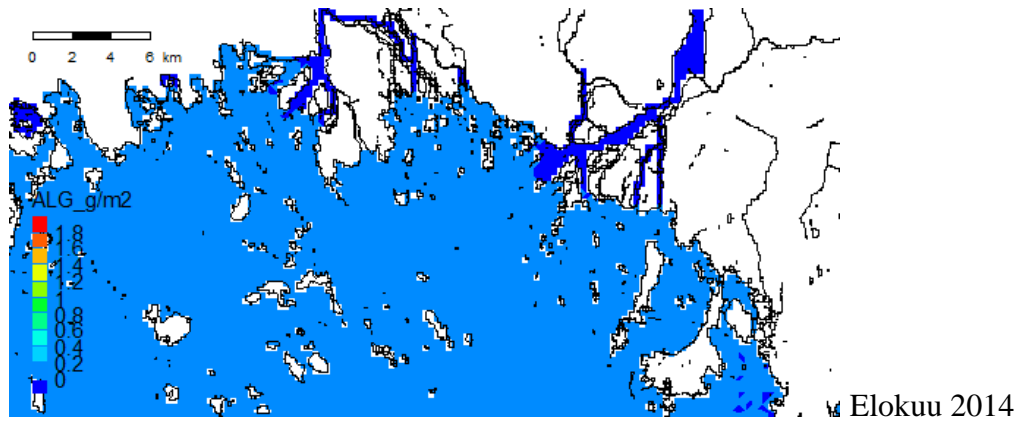
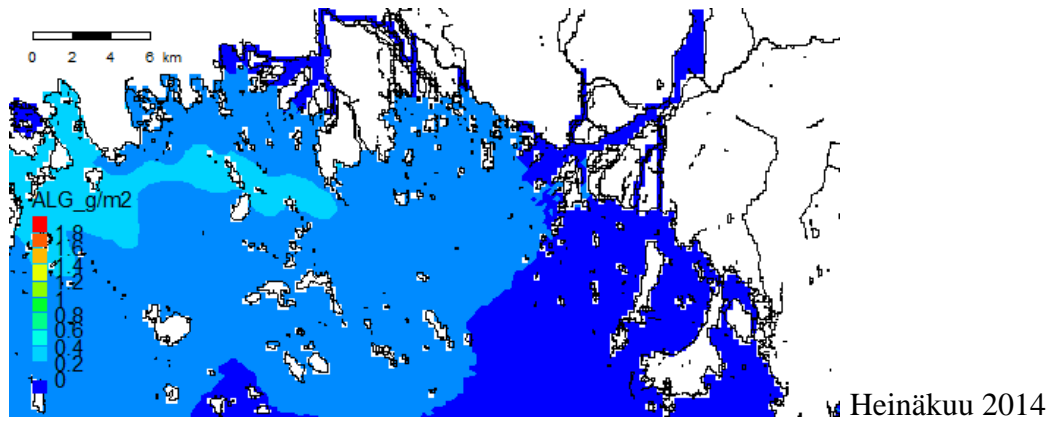
Vuonna 2016 liukoisen typen yli 10 µg/l pitoisuusnousun alue ulottui keskiarvokentissä enimmillään noin 1,0 km etäisyydelle päästöpieteestä. Vedenlaadun seurantapisteessä 'Perämeri 1' touko-syyskuu – jakson keskipitoisuus nousi typen osalta 3,9 µg/l (19,8 %) ja hieman kauempana päästöpieteestä seurantapisteessä TOE14 nousu oli 1,6 µg/l (11,1 %) Vaikutus leväbiomassaan ulottui kauemmas, yli 0,3 g/m² nousun alue enimmillään noin 9 km päähän päästöpaikasta etelään. Laskettu heinäkuun leväbiomassan nousu jäi alle 0,4 g/m² tasolle.



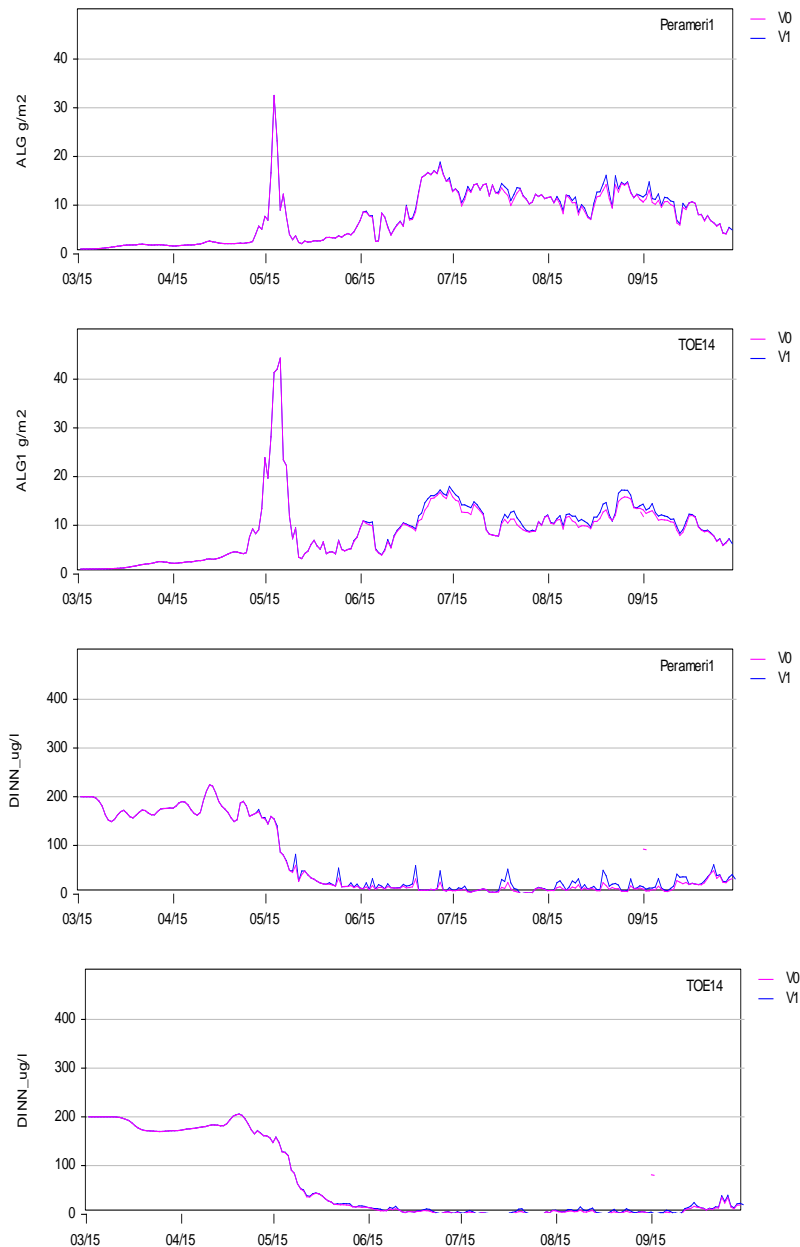
Kuva 6: ALG1+2 ja DINN – pitoisuudet pisteissä Perämeri 1 ja TOE14 laskentavaihtoehdoilla V0 ja V1, vuosi 2014.

Taulukko 4: Lasketut ALG1+2 biomassan ja DINN pitoisuuden keskiarvot vedenlaadun seurantapisteissä jaksolta 1.5.2014–1.10.2014 vaihtoehdoille V0 ja V1.

Piste	V0		V1	
	ALG1+2	DINN	ALG1+2	DINN
	g/m ²	µg/l	g/m ²	µg/l
Perämeri 1	11.0	22.6	11.2	26.8
TOE14	12.2	23.0	12.3	25.5
KE3	15.5	96.7	15.5	97.1
KE13	7.1	37.3	7.1	37.8
LAV4	6.6	41.9	6.7	42.7



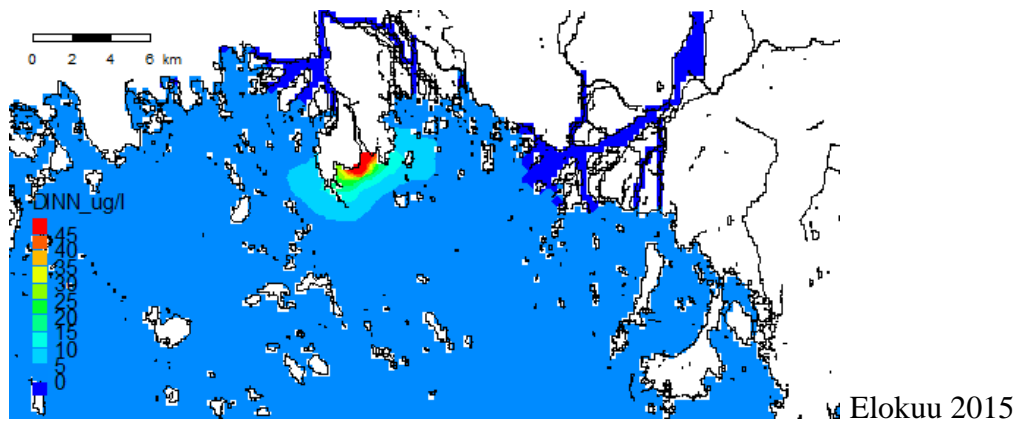
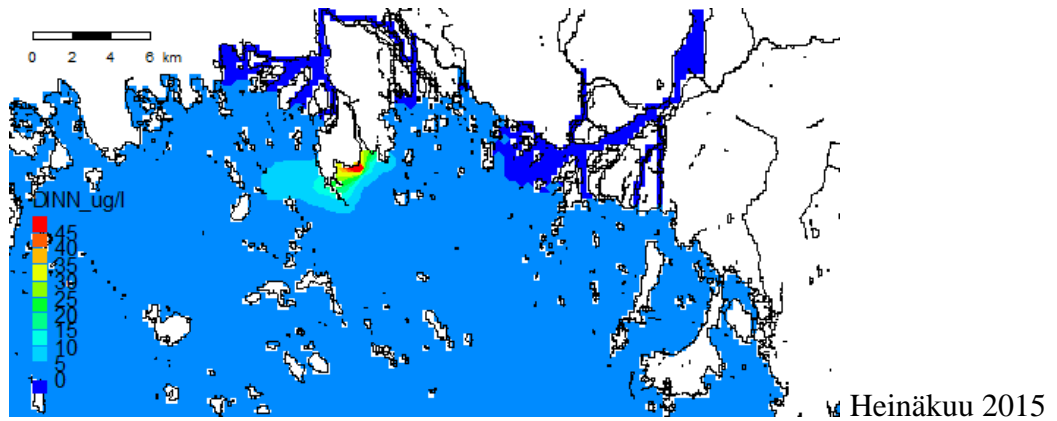
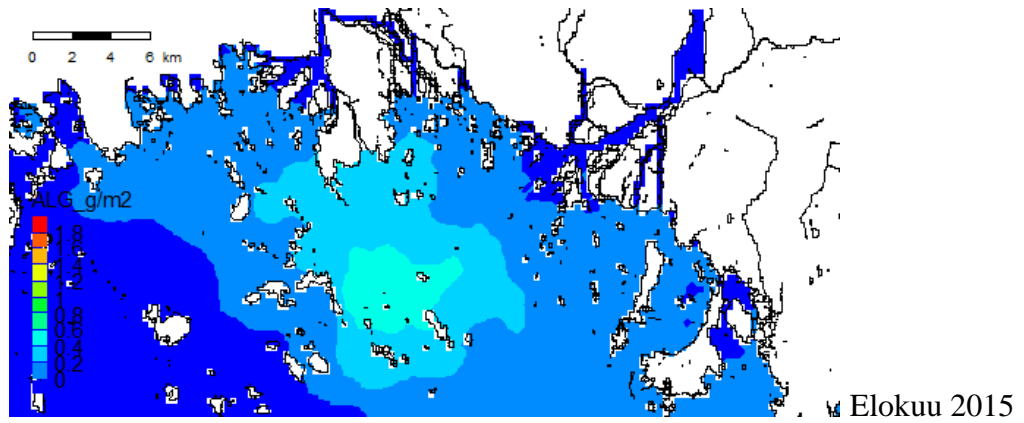
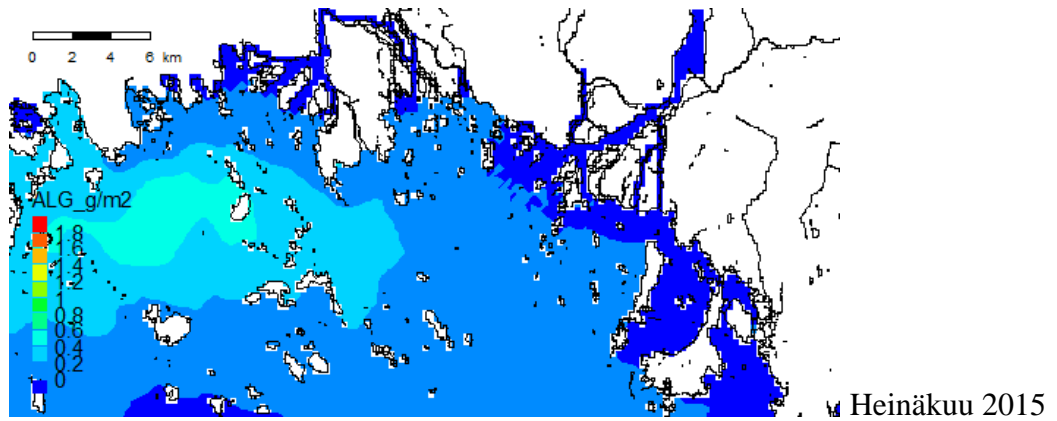
Kuva 7: ALG1+2 ja DINN – pitoisuusmuutos (V1-V0), vuosi 2014.



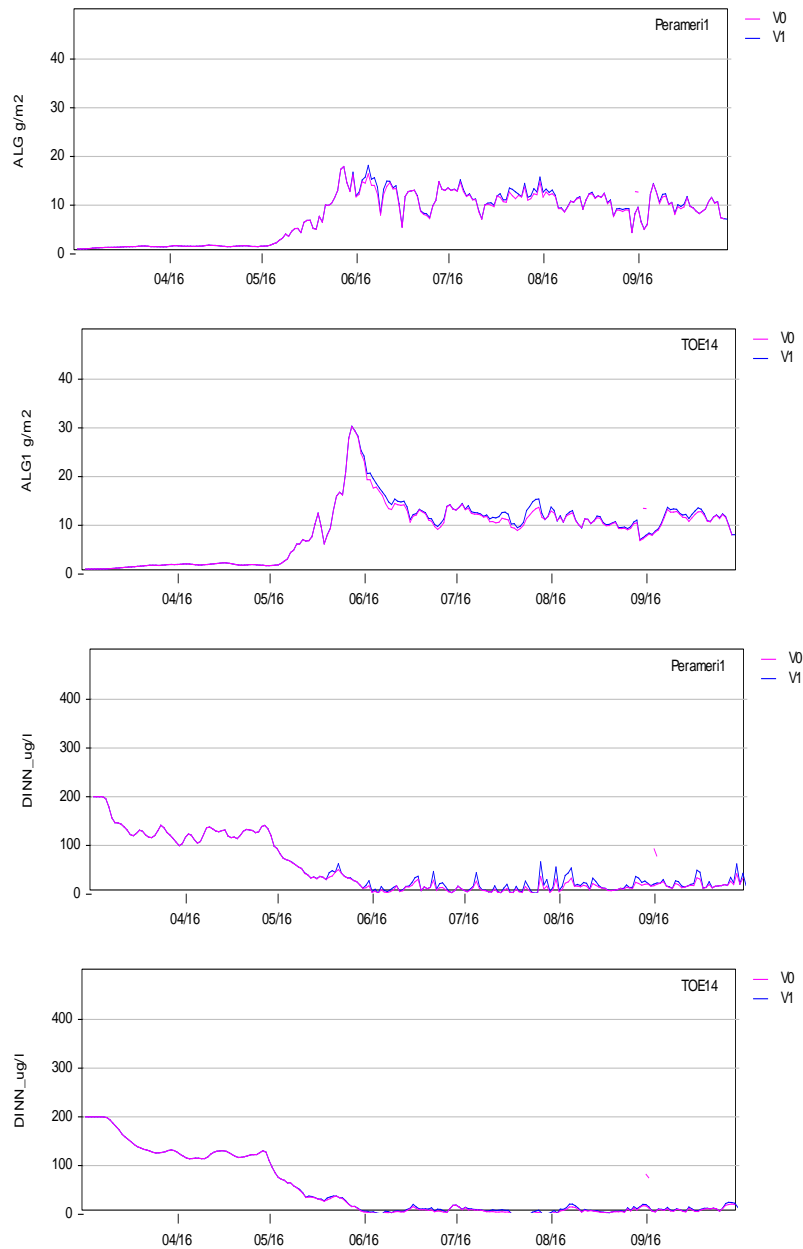
Kuva 8: ALG1+2 ja DINN – pitoisuudet pisteissä Perämeri 1 ja TOE14 laskentavaihtoehdoilla V0 ja V1, vuosi 2015.

Taulukko 5: Lasketut ALG1+2 biomassan ja DINN pitoisuuden keskiarvot vedenlaadun seurantapisteissä jaksolta 1.5.–1.10.2015 vaihtoehdoille V0 ja V1.

Piste	V0		V1	
	ALG1+2	DINN	ALG1+2	DINN
	g/m ²	µg/l	g/m ²	µg/l
Perämeri 1	9.7	20.2	10.0	24.4
TOE14	11.0	14.7	11.5	16.4
KE3	15.7	33.4	15.7	33.5
KE13	11.5	22.0	11.5	22.2
LAV4	9.2	16.2	9.2	16.5



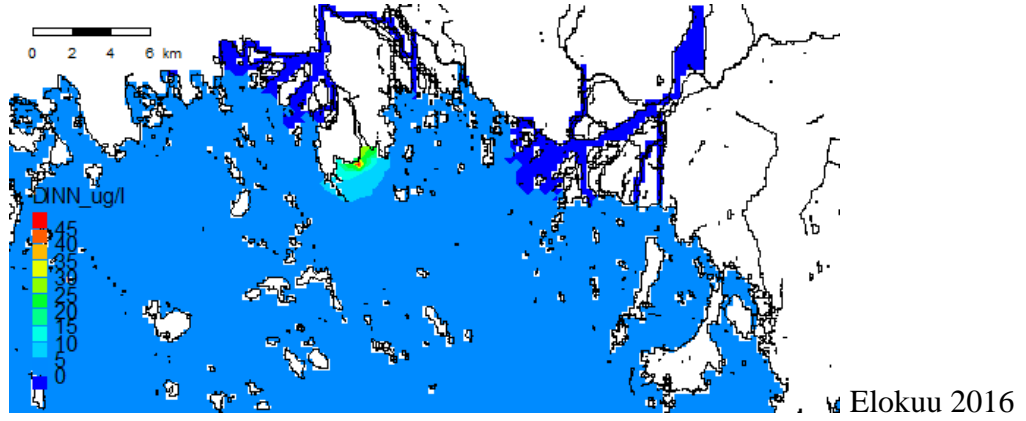
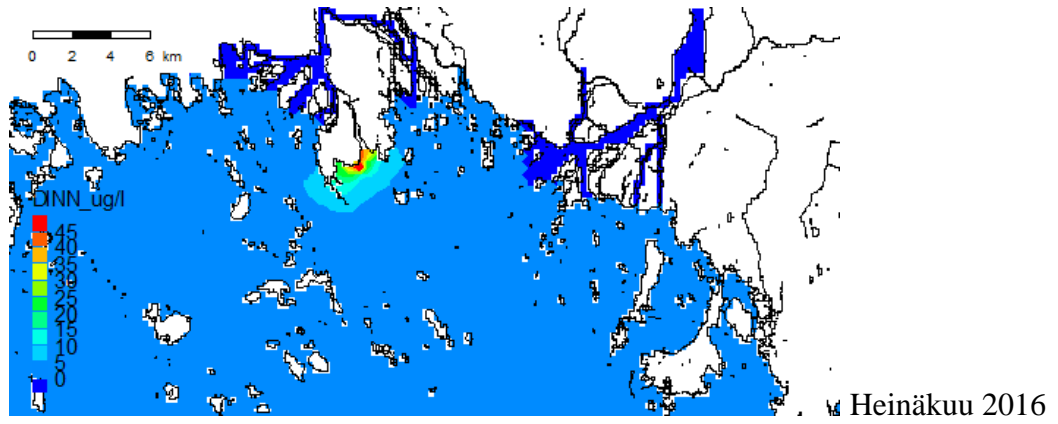
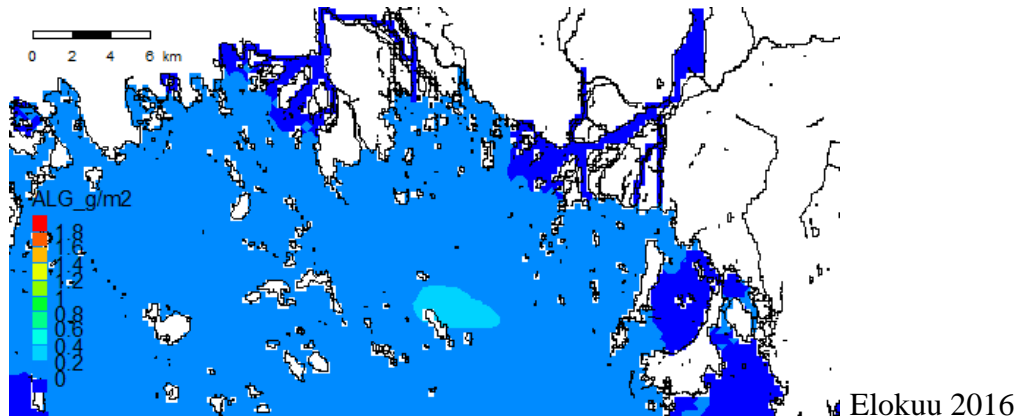
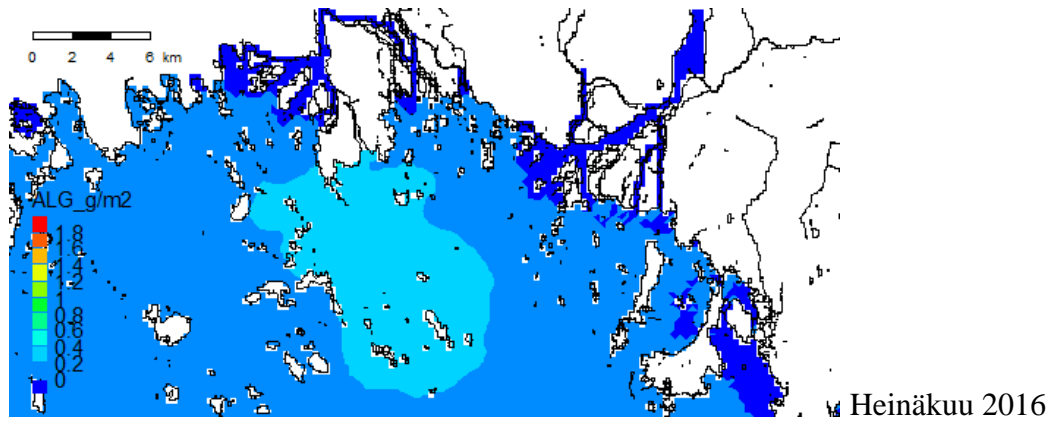
Kuva 9: ALG1+2 ja DINN – pitoisuusmuutos (V1-V0), vuosi 2015.



Kuva 10: ALG1+2 ja DINN – pitoisuudet pisteissä Perämeri 1 ja TOE14 laskentavaihtoehdoilla V0 ja V1, vuosi 2016

Taulukko 6: Lasketut ALG1+2 biomassan ja DINN pitoisuuden keskiarvot vedenlaadun seurantapisteissä jaksolta 1.5.–1.10.2016 vaihtoehdoille V0 ja V1.

Piste	V0		V1	
	ALG1+2	DINN	ALG1+2	DINN
	g/m ²	µg/l	g/m ²	µg/l
Perämeri 1	10.2	19.5	10.4	23.3
TOE14	11.7	14.3	12.1	15.9
KE3	17.6	90.7	17.6	90.8
KE13	10.0	28.7	10.0	28.8
LAV4	10.0	22.9	10.0	23.2



Kuva 11: ALG1+2 ja DINN – pitoisuusmuutos (V1-V0), vuosi 2016.

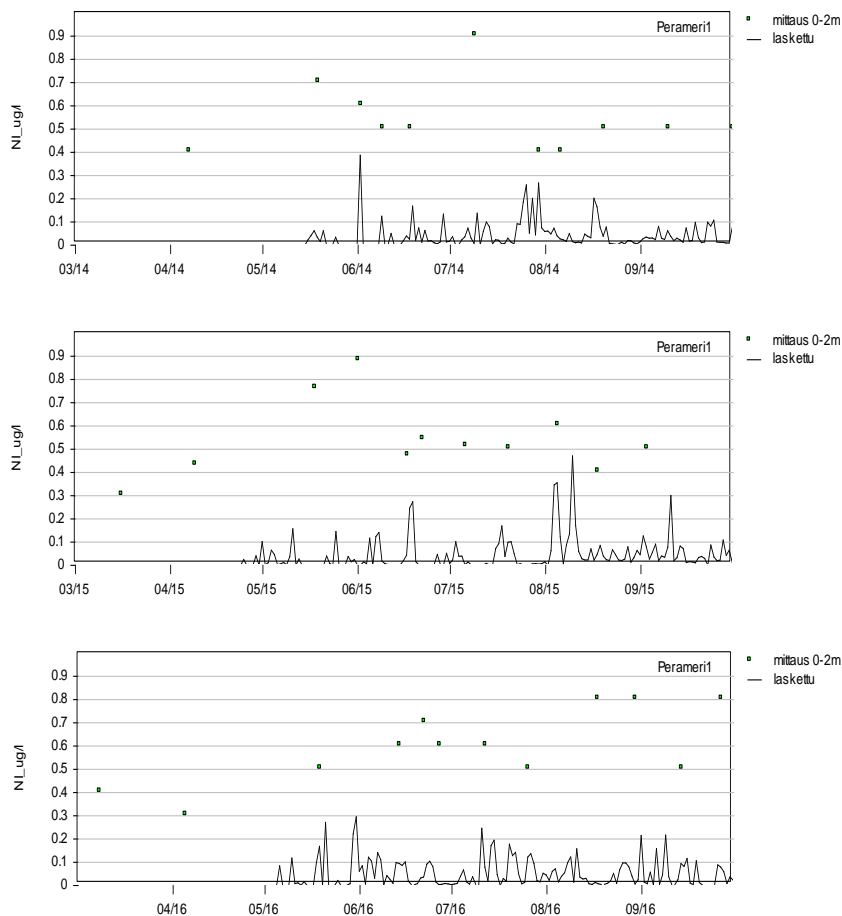
5.3 Nikkelin leviäminen

Nikkelin leviäminen laskettiin ekosysteemimallia käyttäen poistamalla mallista kaikki ravinnekuormitukset, ja sijoittamalla laskentaan alueelle tulevat nikkelikuormitukset. Nikkelikuormittajia alueella ovat Outokumpu Stainless (tässä käytetty kuormitusta 4 kg/d) ja Kemin kaivos (0,3 kg/d). Kuormituspaikat olivat samat kuin ekosysteemilaskennassa.

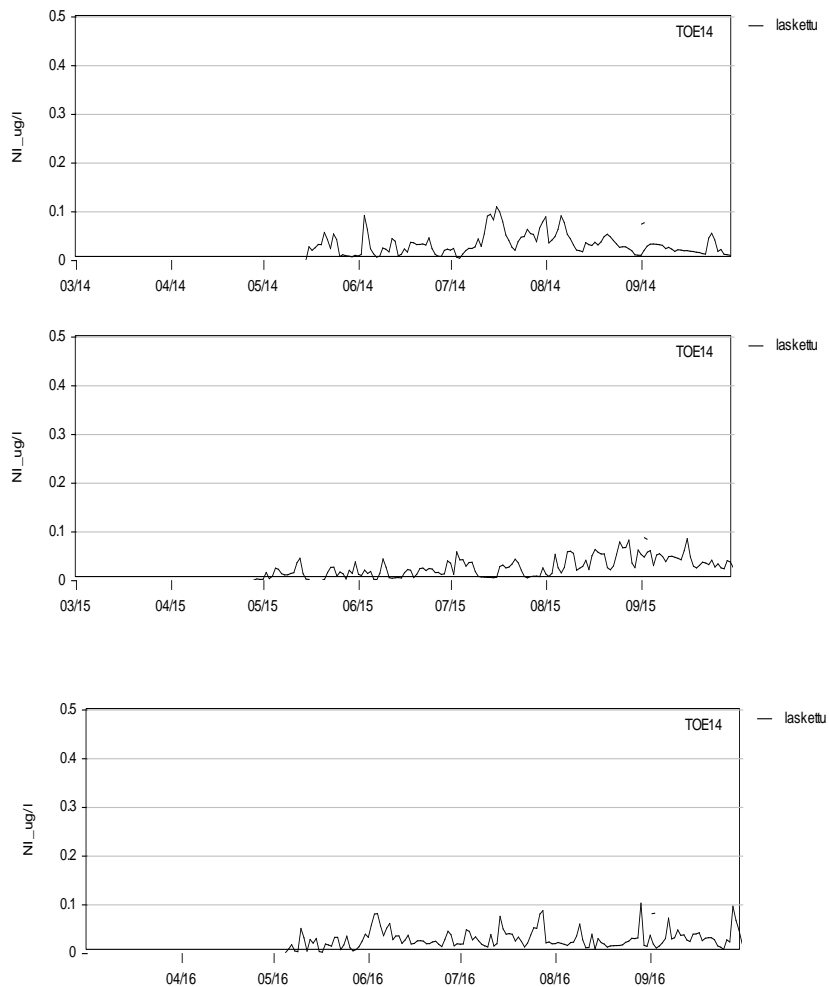
Nikkelikuormitukset sijoitettiin malliin vakiomääräisinä, mikä jälkeen mallilla laskettiin vastaavat jaksot kuin leväbiomassalaskennassakin (2014–2016). Tuloksina on alla esitetty lasketut nikkelipitoisuudet lähimmissä vedenlaadun seurantapisteissä ja heinäkuulle lasketut kuormituksen aiheuttamat nikkelin keskipitoisuuden nousu em. vuosilta

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty Outokummun kuormituksen aiheuttama nikkelipitoisuuden nousu eri vuosille vedenlaadun seurantapisteissä Perämeri 1 ja TOE14. Vastavat pitoisuuden nousun keskiarvotiedot on esitetty taulukossa 7. Pitoisuuden nousu karttapohjalla on esitetty kuvassa 14.

Mittaustietoja oli saatavilla ainoastaan pisteestä Perämeri_1. Tästä pisteestä mitattu nikkelipitoisuus jaksolla 2014–2016 oli keskimäärin 0,56 µg/l. Pitoisuus vastaa Suomen järvien keskimääräistä nikkelipitoisuutta ja Suomen jokien mediaanipitoisuutta (Kohijoki, 2013). Mallilaskennalla kaikilla laskennassa mukana olevilla kuormituksella saatiin nikkelipitoisuus, joka vedenlaadun seurantapisteessä Perämeri_1 on keskimäärin 5,4 % mitattujen nikkelipitoisuuksien keskiarvosta.



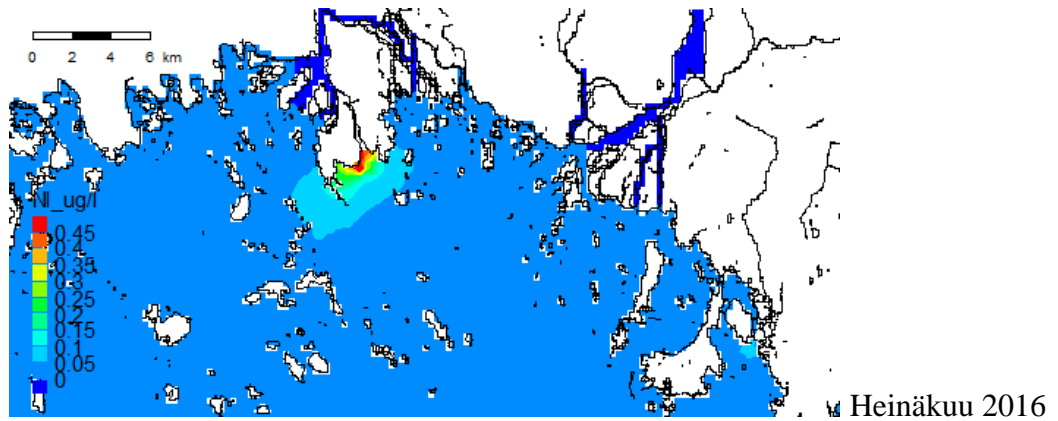
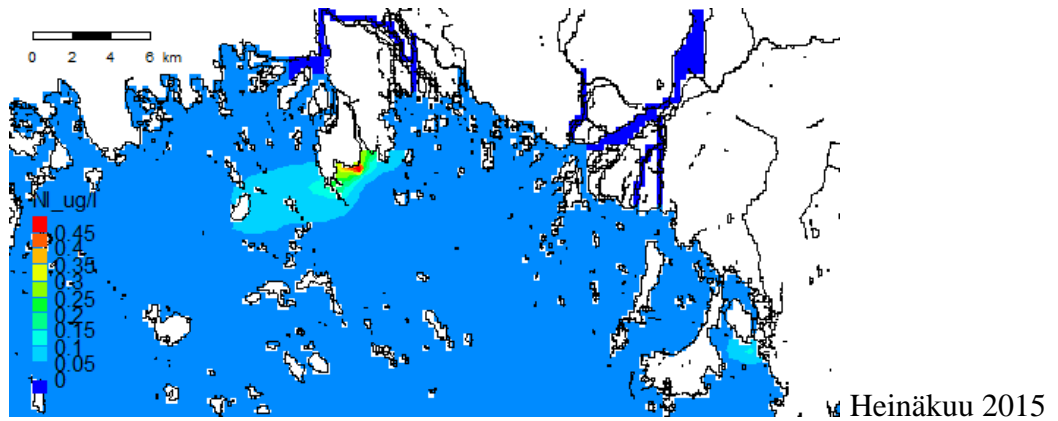
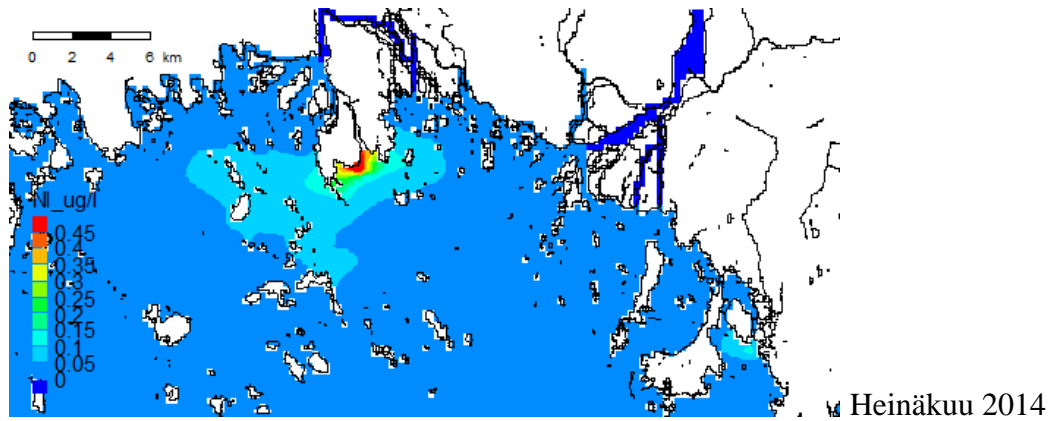
Kuva 12: Paikallisten pistekuormitusten aiheuttama nikkelipitoisuuden nousu ja mitatut nikkelipitoisuudet pisteessä Perämeri 1, vuodet 2014–2016.



Kuva 13: Paikallisten pistekuormitusten aiheuttama nikkelpitoisuuden nousu pisteessä TOE14, vuodet 2014–2016.

Taulukko 7: Paikallisten pistekuormitusten aiheuttaman nikkelpitoisuuden nousun keskiarvot eri vedenlaatupisteissä, vuodet 2014–2016, jakso 1.5.–1.10. Vertailuna havaittujen pitoisuuksien keskiarvo pisteessä Perämeri 1.

Nikkeli	2014	2015	2016	k.s.
Piste	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Perämeri 1	0.028	0.034	0.036	0.032
TOE14	0.031	0.028	0.029	0.029
KE3	0.026	0.011	0.018	0.019
KE13	0.016	0.014	0.016	0.015
LAV4	0.009	0.010	0.011	0.010
Perämeri 1, mittausten k.a.	0.556	0.573	0.640	0.590



Kuva 14: Paikallisten pistekuormitusten aiheuttaman nikkelpitoisuuden nousun kuukausikeskiarvo heinäkuussa vuosina 2014–2016.

6 YHTEENVETO

Raportissa arvioitiin aikaisemmin laadittua Perämeren ekosysteemimallia käyttämällä Outokumpu Stainless – tehtaan kuormituksen muutoksen vaikutusta leville käyttökelpoisen typen ja leväbiomassa määriin Tornion edustalla. Lisäksi mallilla arvioitiin alueelle tulevan pistemäisen nikkeli-kuormituksen vaikutusta merialueen nikkeli-pitoisuuksiin.

Perämeren ekosysteemimalli päivitettiin vuosille 2014, 2015 ja 2016 sijoittamalla malliin näiden vuosien olosuhdetiedot. Mallin toiminta varmistettiin laskemalla vuodet toteutuneilla ravinnekuormituksilla ja vertaamalla tuloksia mittauksiin. Alueella lähinnä Outokummun kuormitusta olevat vedenlaadun seurantapisteet ovat Perämeri_1, joka on noin 1,5 km etäisyydellä päästö-pisteestä, ja Tornion Edusta TOE14, noin 4,6 km etäisyydellä päästö-pisteestä.

Mallituloksissa ravinnepitoisuudet olivat kesällä mittauksia vastaavalla tasolla, ja vuonna 2016 myös laskettu leväbiomassa vastasi kohtalaisen hyvin mitattuja arvoja.

Outokumpu Stainless – tehtaan typpikuormituksen mahdollisia vaikutuksia arvioitiin sijoittamalla mallilaskentaan toteutuneen kuormituksen (noin 330 kg/d) paikalle haetavan lupaehdon mukainen 700 kg/d typpikuormitus (kokonaan leville käyttökelpoisessa muodossa), ja laskemalla malli uudestaan em. vuosille. Laskennan tuloksena saatiin kuormitusmuutoksen aiheuttama typpipitoisuuden ja leväbiomassan nousu vedenlaadun seurantapisteissä ja karttapohjalla.

Vedenlaadun seurantapisteessä Perämeri_1 liukoisen typen pitoisuus nousi keskimäärin noin 20 % (4 µg/l) ja pisteessä TOE14 noin 10 % (2 µg/l). Kauempana olevissa seurantapisteissä nousu jäi kolmen vuoden keskiarvona noin yhden prosentin tasolle tai sen alle. Leväbiomassa muutos oli pisteissä Perämeri_1 ja TO14 pisteissä kolmen vuoden keskiarvona alle 4 %, ja kauempana olevissa seurantapisteissä alle 1 %.

Heinä- ja elokuun keskipitoisuuskentissä liukoisen typen yli 10 µg/l ylittävä pitoisuusnousu ulottui vuodesta riippuen 1–3 km etäisyydelle kuormituspisteestä. Typpipitoisuus vaikuttaa levien kasvuun viiveellä, joten vaikutukset leväbiomassan näkyvät kauempana ja ulottuivat yli 10 km etäisyydelle. Biomassan kasvu oli enimmillään alle 0,5 g/m² (~5 % kokonaisbiomassasta heinäkuussa).

Paikallisten nikkeli-kuormitusten aiheuttama pitoisuusnousu keskittyi kuormituspisteiden lähialueelle. Noin 1 km etäisyydellä Outokumpu Stainless - tehtaan nikkeli-kuormituspaikasta kuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu oli luokkaa 0,03 µg/l, noin 5,4 % nikkelin keskimääräisestä taustapitoisuudesta. Mallilaskennassa käytettiin lupaehdon mukaista vakiokuormitusmäärää.

Nikkeli-kuormituksen osalta malli voi sekoittaa nikkeli-pitoisuutta kuormituspisteessä liikaa, jolloin laskettu pitoisuus jää kuormituspisteen lähellä todellista pienemmäksi. Toisaalta käytetty kuormitusmäärä oli lupaehdon mukainen yläraja.

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

CMEMS, 2017, Copernicus Marine Service, <http://marine.copernicus.eu/>, product identifier SEAICE_BAL_SEAICE_L4_NRT_OBSERVATIONS_011_011, accessed 11/2017

Hertta, 2017, Suomen Ympäristökeskuksen HERTTA-tietokanta, tiedot haettu 10/2017.

Ilmatieteenlaitos, 2017, avoin-data-palvelu. Tiedot haettu 10/2017, lisenssitiedot <http://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-lisenssi>

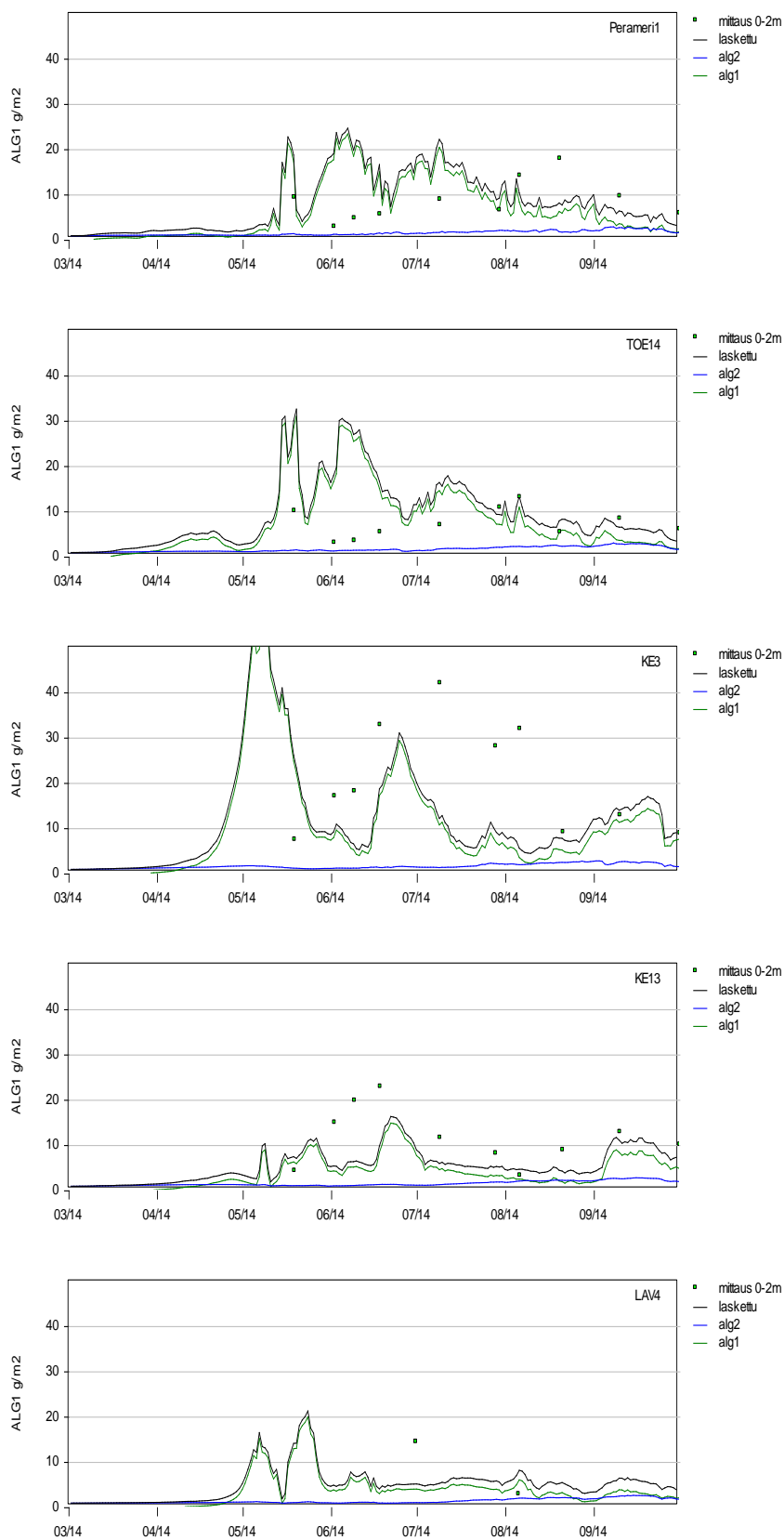
Kohijoki, V., 2013, Suomen pintavesien lyijyn ja nikkelin taustapitoisuudet ja niiden biosaatavuus, Pro-gradu tutkielma, Helsingin Yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen laitos, Geologian osasto, 08/2013.

Korpinen P., Kiirikki M., Lauri H., Inkala A., 2004, Bothnian Bay 3D-water quality and ecosystem model: Technical Report. Perämeri Life - projektin julkaisu.

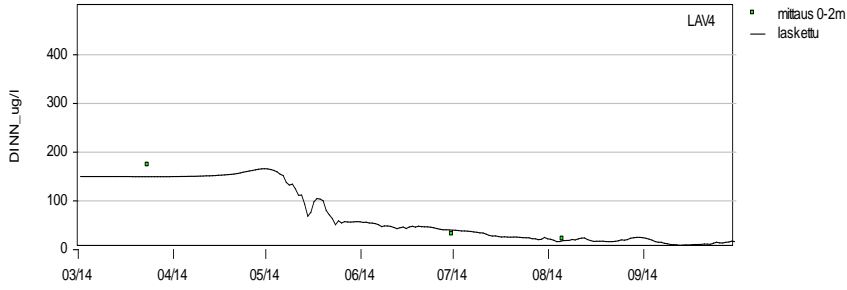
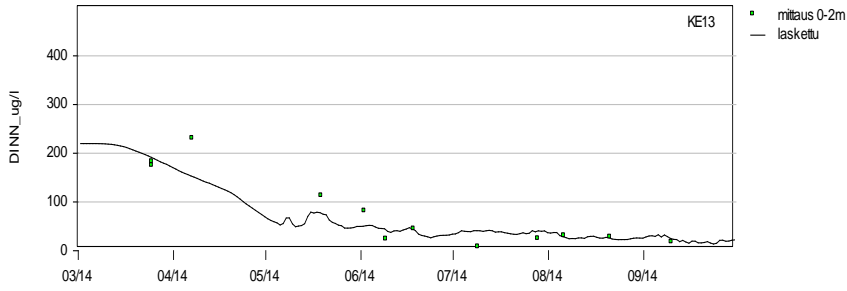
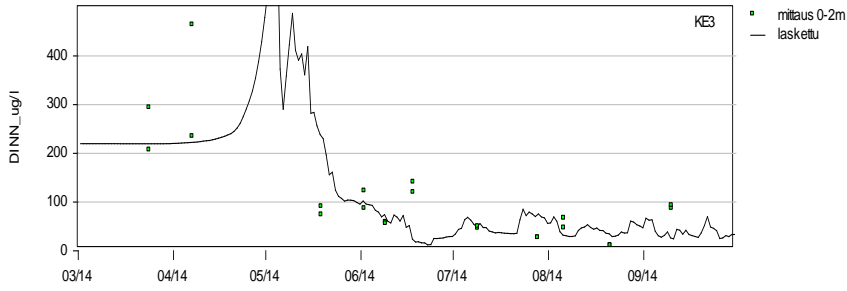
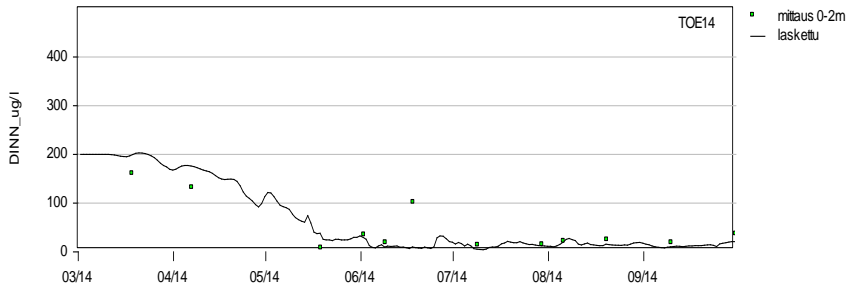
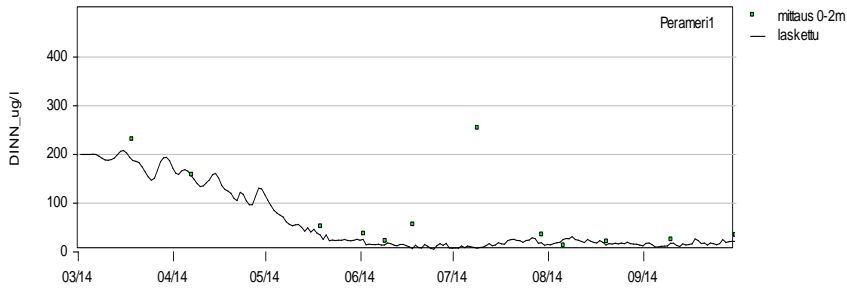
Lauri H., Inkala A., Kiirikki M., Korpinen P., 2004, Perämeren Ekosysteemi- ja vedenlaatumallin käyttöohje. Perämeri Life - projektin julkaisu.

SMHI, 2017, öppna-data palvelu, <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/> käyttöehdot <https://www.smhi.se/en/services/open-data/conditions-of-use-1.33347>

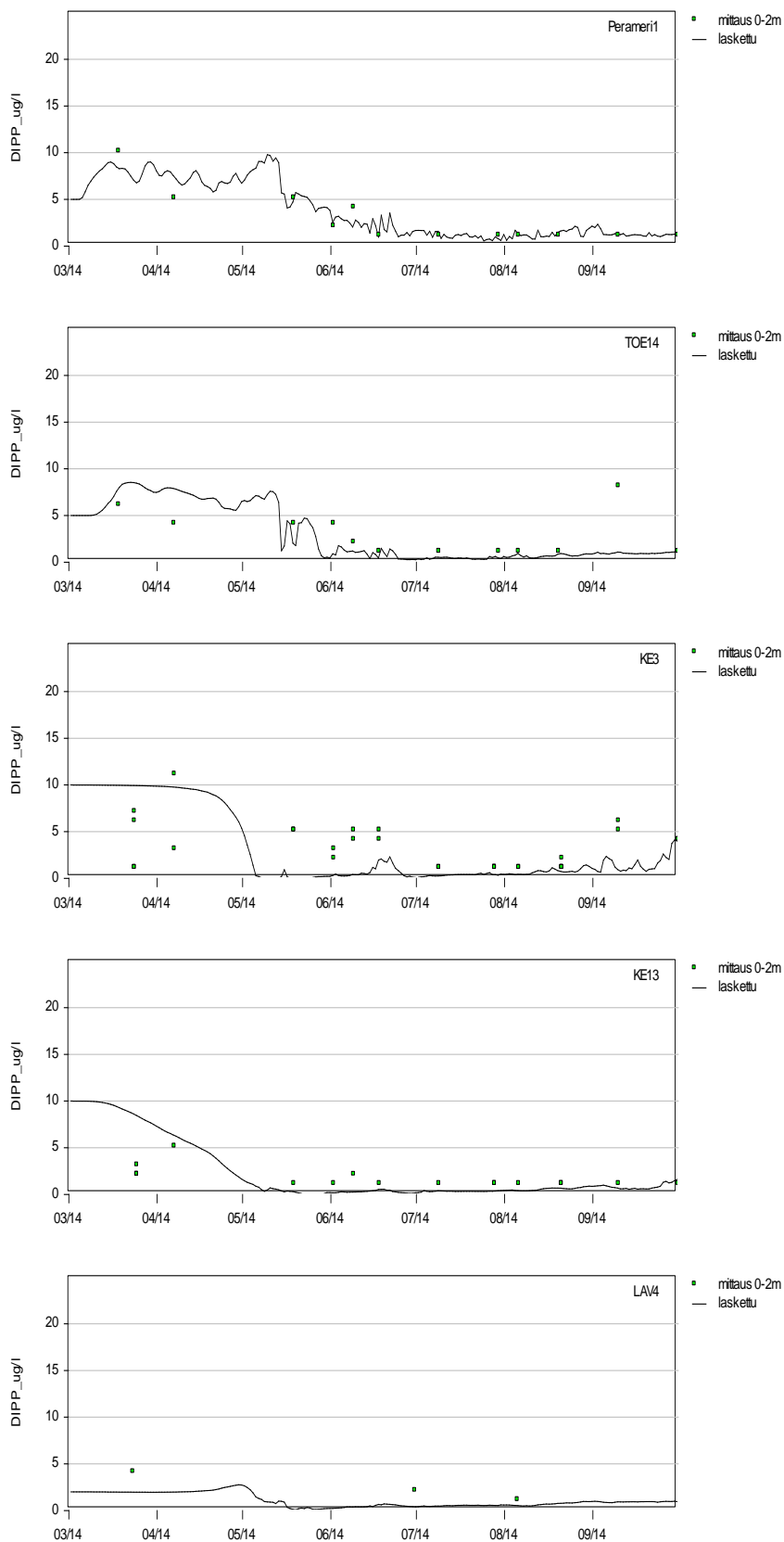
LIITE 1: 2014, 2015 JA 2016 LASKETTUIEN JA MITATTUIEN ARVOJEN VERTAILU



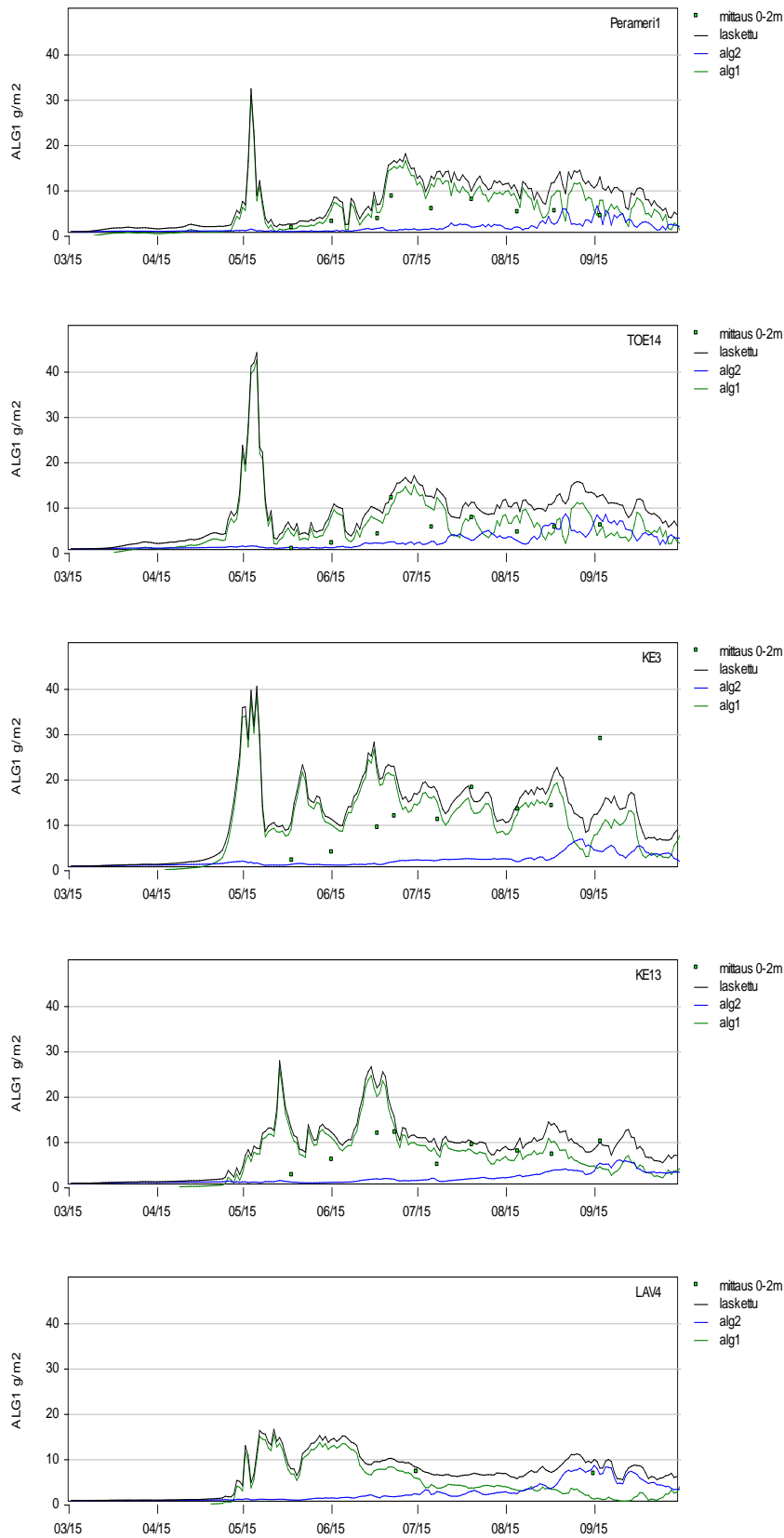
Kuva 15: 2014 Leväbiomassa (ALG1 viherlevä, ALG2 sinilevä, laskettu ALG1+ALG2)



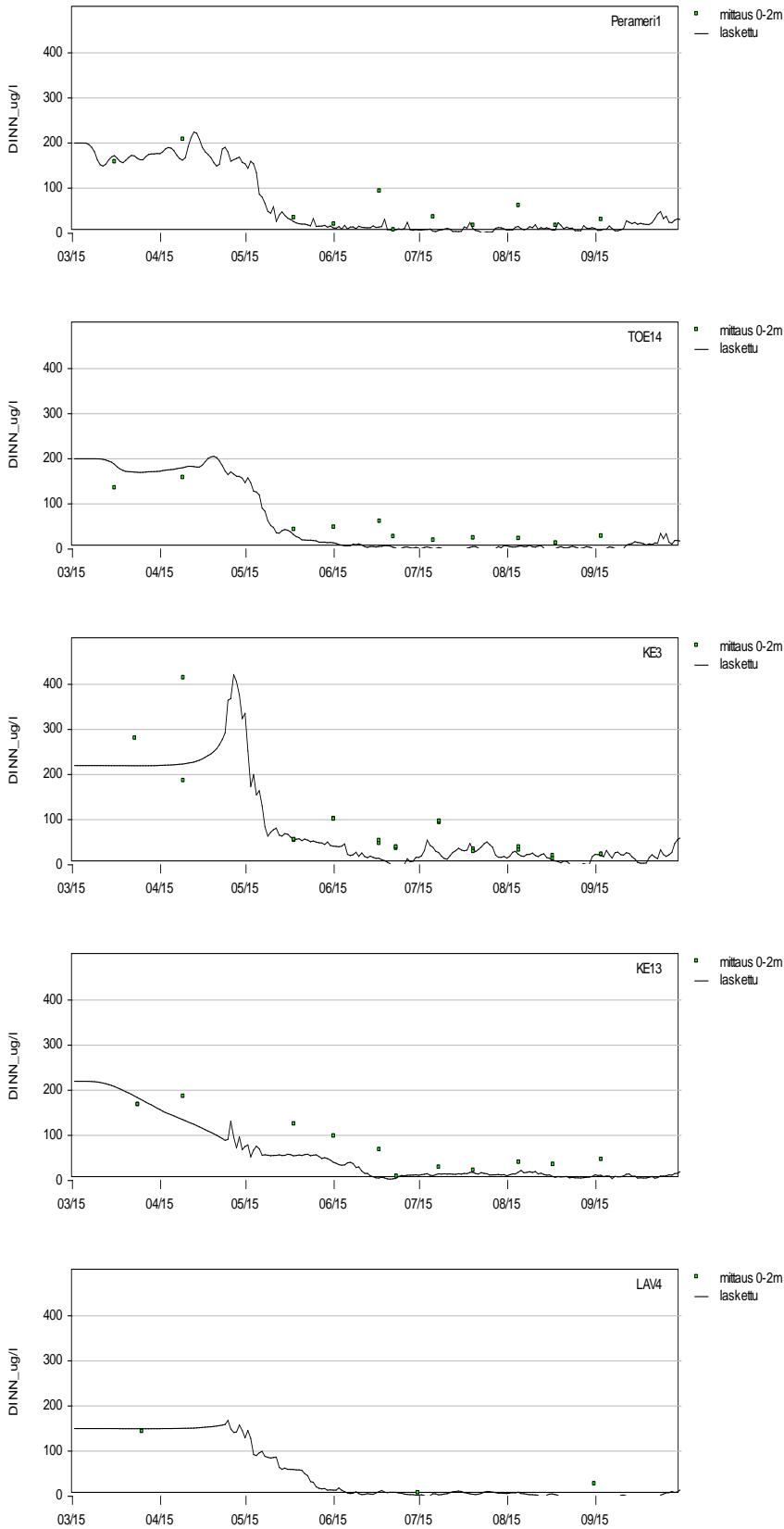
Kuva 16: 2014 DINN



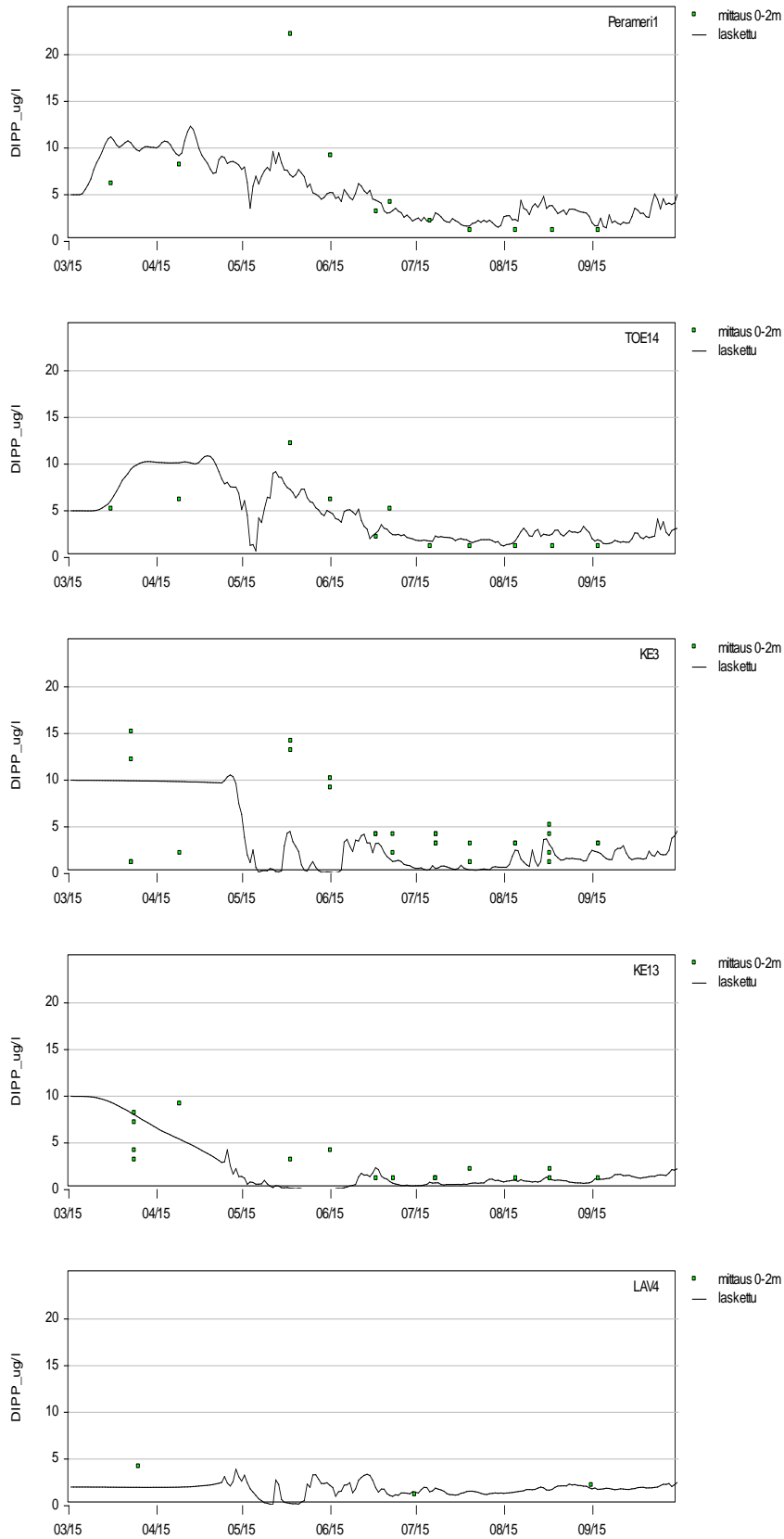
Kuva 17: 2014 DIPP



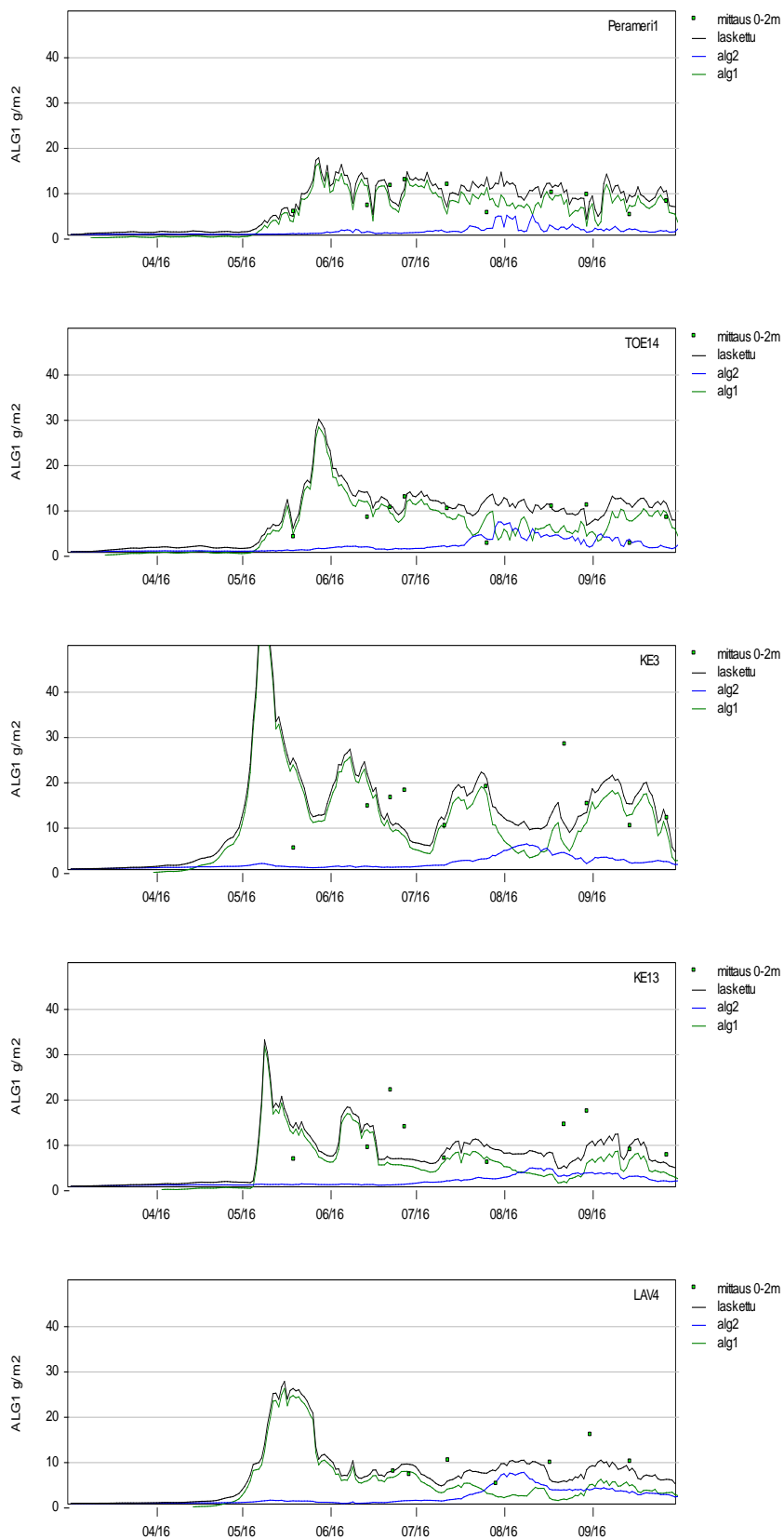
Kuva 18: 2015 Leväbiomassa (ALG1 viherlevä, ALG2 sinilevä, laskettu ALG1+ALG2)



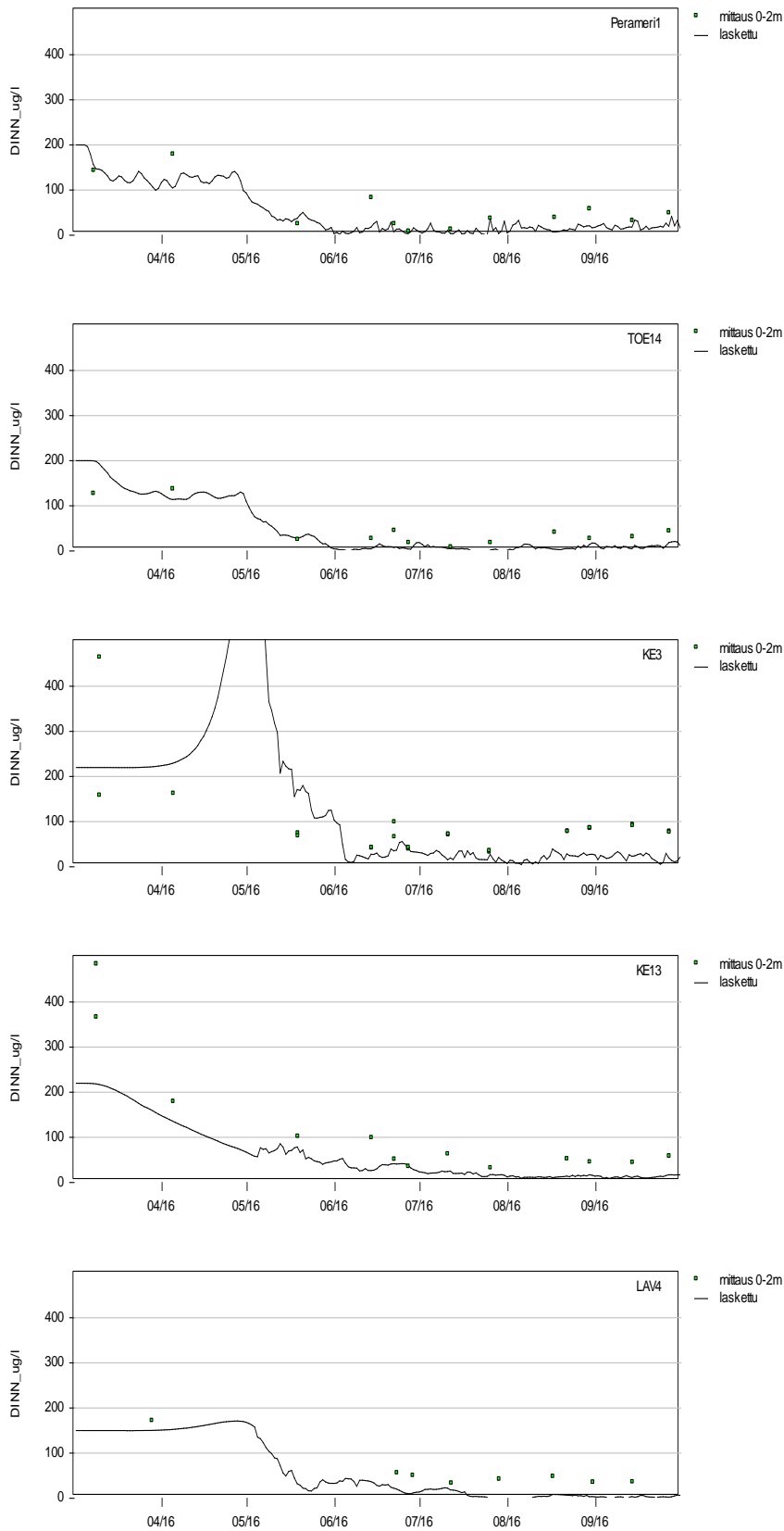
Kuva 19: 2015 DINN



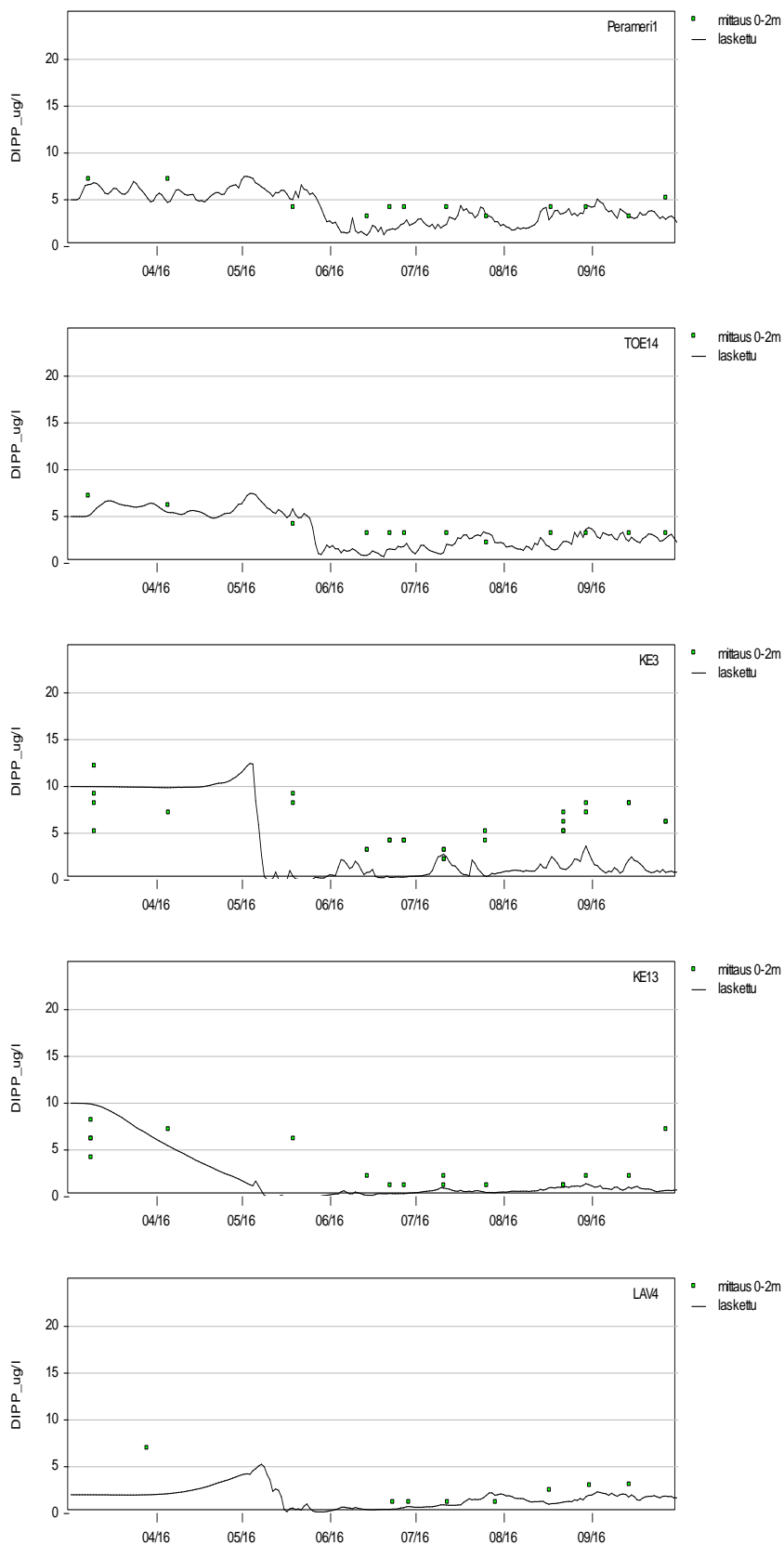
Kuva 20: 2015 DIPP



Kuva 21: 2016 Leväbiomassa (ALG1 viherlevä, ALG2 sinilevä, laskettu ALG1+ALG2)



Kuva 22: 2016 DINN



Kuva 23: 2016 DIPP