

Maiju Narikka, Inese Huttunen

Meri- ja Vesiratkaisut, Mallinnus

15.11.2023

SYKE/2023/659

Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö
Yhteyshenkilö: Mirva Ketola
Askonkatu 9 C
15100 Lahti

Viite: Raportti, Vesijärven kuormituksen tarkentaminen

Asia: SYKE/2023/659 Vesijärven ulkoisen kuormituksen tarkentaminen VEMALA-malliin

Raportti: Vesijärven ulkoisen kuormituksen tarkentaminen Vemala-malliin

Johdanto

Työssä tarkennettiin Vesijärven ulkoisen kuormituksen mallintamista Vemala-mallissa. Hanke oli osa Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö toteuttamaa Hämeen ELY-keskuksen Vesiensuojelun tehostamisohjelmasta rahoittamaa hanketta, *Vesienhoidon tavoitteiden tukeminen Vesijärvellä ja Lahden seudun pienemmillä järvillä 2022–2023*.

Työssä WSFS-Vemala-malliin (Huttunen ym. 2016) lisättiin havaintoaineistoa kokonaisfosforin ja kokonaistypen ravinnepitoisuuksista 36 oja-asemalta ja 20 kosteikkopisteestä, tarkasteltiin kolmen jatkuvatoimisen mittausaseman sameuden ja vedenkorkeustiedon hyödynnettävyyttä mallin tarkentamisessa, tarkennettiin Vemalan mallinnuksen valuma-aluejakoa ja mallin hulevesikuormituksen laskentaa. Ravinnelaskenta kalibroitiin laajennettua havaintoaineistoa vastaan 3. jakovaiheen tasolla, jonka jälkeen kuormitustulokset tuotettiin kaikille Vemalan vesimuodostumille Vesijärven valuma-alueella sekä vertailtiin laskentaa havaintoihin havaintopisteissä.

Hankkeen aikana Vemala-mallin fosforin ja typen simulaatio Vesijärven valuma-alueella parani ja malliin viety aineisto mahdollistaa entistä tarkemmalla aluejaolla kuormitustulosten tarkastelun sekä vertailun havaintoihin. Lisäksi työssä suositeltiin jatkotoimenpiteitä mm. automaattiasemilta jatkuvasti kertyvän havaintoaineiston hyödyntämiseksi.

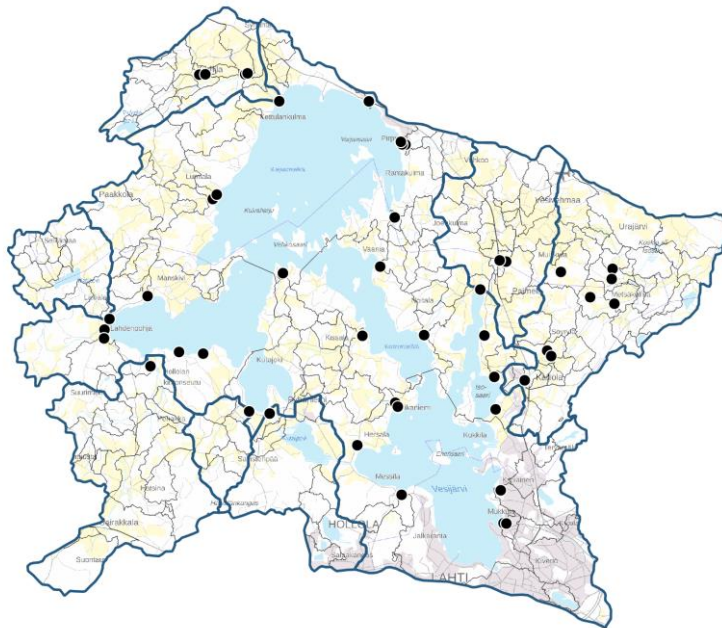


Menetelmät

Osiossa kuvataan hankkeen vaiheet, malliin viety havaintoaineisto sekä malliin tehdyt muutokset.

Havainto-aineisto

Ravinteiden osalta havaintoaineistona mallin hyödynnettäväksi vietiin 36 oja-aseman havainnot, 20 kosteikkopisteen havainnot (erikseen kosteikon yläpuolinen ja alapuolinen piste) sekä kolmen automaattiaseman havainnot (sameuden hyödyntäminen kokonaisfosforin mallinnuksessa). Nämä havaintopisteet on listattu liitteissä ja niiden sijainnit on esitetty kartalla alla (Kuva 1). Havaintopisteille vietiin malliin yhteensä yli 1800 kokonaisfosforin ja yli 1800 kokonaistypen havaintoa sekä kolmen automaattiaseman sameuden havainnot (1500–2000 havaintoa/asema).



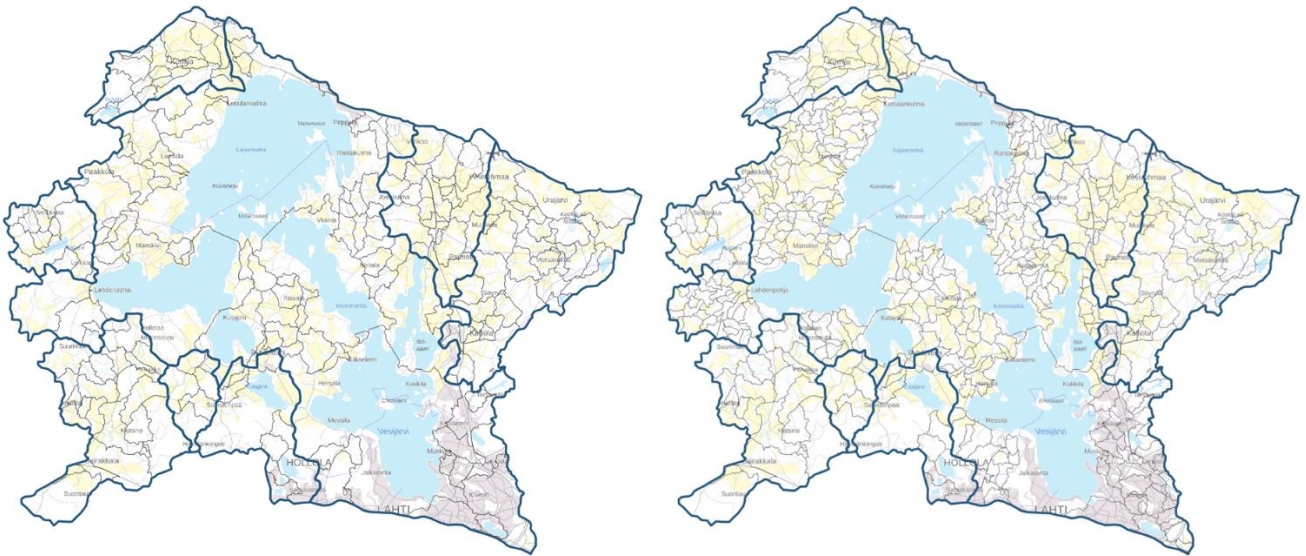
Kuva 1. Hankkeessa Vemalaan lisätyt kokonaisfosforin ja kokonaistypen havaintopisteet Vesijärven valuma-alueella (14.24). Taustalla harmaalla Vemalan valuma-aluejako ennen siihen toteutettua tarkennusta. (Taustakartta: MML)

Automaattiasemien fosforipitoisuutta arvioitiin sameuden mittausten perusteella. Automaattiasemien sameusmittausten päiväkeskiarvot vietiin malliin sameuden ja havaitun fosforipitoisuuden korrelaatioilla kokonaisfosforiksi muunnettuna. Korrelaatio ja siten muuntaminen oli erilainen kevätkuukausille (maaliskuu-toukokuu) muihin kuukausiin verrattuna (kesäkuu-helmikuu). Lisätietoja: Liite 2. Sameuden ja kokonaisfosforin välinen korrelaatio automaattiasemilla.

Valuma-aluejako

Vemalan valuma-aluejako tarkennettiin Vesijärven lähivaluma-alueella (14.241). Mallissa käytössä olevat osavaluma-alueet pilkottiin siis pienempiin osiin, joka mahdollistaa mm. aiempaa pienempien lasku-uomien kuormituksen tarkastelun Vemalan mallinnustuloksista. Ennen valuma-aluejaon tarkennusta Vesijärven lähivaluma-alue (14.241) oli mallissa pilkottu 62 uoma-alueeseen ja 16 järvalueeseen. Tarkennuksen jälkeen uoma-alueita on 272 ja järvalueita 17 (ks. Kuva 2).





Kuva 2. Kartoilla esitetty Vemalan valuma-aluejako Vesijärven valuma-alueella (14.24) ennen ja jälkeen alueelle 14.241 toteutetun aluejaon tarkennuksen (taustakartta: MML)

Ravinnelaskennan kalibrointi

Kokonaistypen ja kokonaisfosforin havaintoaineiston lisäämisen ja valuma-aluejaon tarkentamisen jälkeen ravinnelaskennan malli kalibroitiin havaintoja vastaan. Kalibroinnissa hyödynnettiin oja-asemien havaintoja, kosteikkohavaintoja kosteikkojen yläpuolisista pisteistä sekä automaattiasemien sameustietoa. Automaattisia sameushavaintoja painotettiin kokonaisfosforin kalibroinnissa vähemmän kuin varsinaisia fosforihavaintoja johtuen sameuden ja kokonaisfosforin korrelaatioon liittyvästä epävarmuudesta. Edellä mainittujen lisäksi kalibroinnissa hyödynnettiin ennestään mallissa oleva havaintotieto esimerkiksi Vesijärven järvihavaintopisteissä mitatuista ravinnepitoisuuksista.

Hulevesi

Vemala-mallin hulevesikuormituksen mallinnus perustuu Tattari ym. (2015) arvioon hulevesikuormituksesta kansallisella tasolla. Tässä hankkeessa huleveden mallinnusta verrattiin Vesijärven lähialueella (14.241) Lahden alueella tehtyihin hulevesitarkasteluihin (Järveläinen ym. 2016, Lahden kaupungin ympäristöpalvelut, 2018) ja tarkennettiin alueellisesti näiden tietojen perusteella.

Lisäksi mallissa huomioitiin huleveden pumppausalue, jolta hulevedet johdetaan nykyisellään Hennalan käsittelyalueen kautta Porvoonjokeen. Pumppausalueen vaikutuksesta hulevesikuormitus Vesijärven Enonselkään vähenee. Mallissa huomioidiin tämän noin 1,2 km² suuruisen alueen hulevesien pumppaus pois Vemalan valuma-alueelta 14.241A000.003. Tarkennetussa mallissa Enonselkään ei kohdistu ravinnekuormitusta pumppausalueen hulevesistä.





Kuva 3. Huleveden pumppausalue Lahden keskustassa Vesijärven Enonselän valuma-alueella.

Hulevesikuormitus rakennetuilta alueilta keskimäärin pumppausalueella toteutettujen mittausten perusteella on fosforille 160 kg/km²/v ja typelle 867 kg/km²/v (Lahden kaupungin ympäristöpalvelut, 2018). Pumppausalue edustaa tiiveimmin rakennettua osaa Vesijärven valuma-alueesta ja kuten Järveläinen ym. (2016) todetaan, eivät kaikki rakennetut alueet Enonselän valuma-alueella ole yhtä tiiviisti rakennettuja kuin tämä keskusta-alue. Keskimääräisen hulevesikuormituksen voidaan siis arvioida olevan pumppausalueelle määritettyä matalampi.

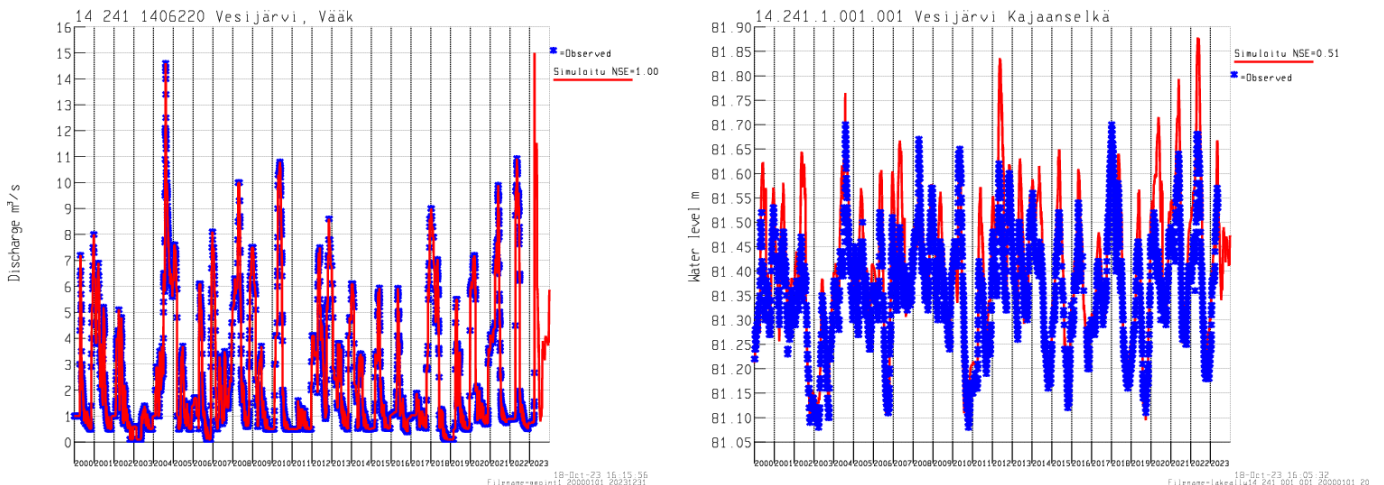
Järveläinen ym. (2016) arvioi Vesijärven Lahden kaupunkialueilta kohdistuvan huleveden kokonaiskuormituksen olevan fosforille 1 525 kg/v ja typelle 11 868 kg/v. Huleveden simulaatiota Vemalassa tarkennettiin pumppausalueen tarkastelujen sekä Järveläinen ym. (2016) arvion pohjalta. Tarkennusten jälkeen Vemalassa Vesijärven valuma-alueen rakennetuilta alueilta simuloidaan syntyvän hulevesistä fosforikuormitusta 88 kg/km²/v ja typpikuormitusta 633 kg/km²/v. Vesijärven Enonselkään kohdistuu tällöin huleveden fosforikuormitusta keskimäärin 1 490 kg/v ja typpikuormitusta 11 530 kg/v. Koko Vesijärven valuma-alueella syntyvä huleveden fosforikuormitus puolestaan on 2 660 kg/v ja typpikuormitus 21 030 kg/v.

Hydrologinen laskenta

Hydrologisen laskennan puolella mallin laskentaa verrattiin havaintoihin, tarkasteltiin automattiasemien vedenkorkeusmittausten hyödynnettävyyttä sekä arvioitiin hydrologisen mallin kalibrointia automattiasemien tietoa hyödyntäen.

Hankkeen lähtötilanteessa mallin hydrologian kalibrointi perustui alueelta purkavaan vesimäärään (Vääksyn kanavan juoksetus, Kuva 4a) sekä Vesijärven pinnankorkeuden havaintotietoon, jota simulaatio noudattelee varsin hyvin (esimerkkinä Kajaanselkä, Kuva 4b). Mallissa ei ollut virtaamatietoa tulouomista ja kuormituspiikkien mallintaminen voitaisiin saada huomattavasti tarkemmaksi tulouomien virtaamatiedon hyödyntämisellä. Automaattiasemien havaintotietoa lähdettiin tarkastelemaan tästä lähtökohdasta.

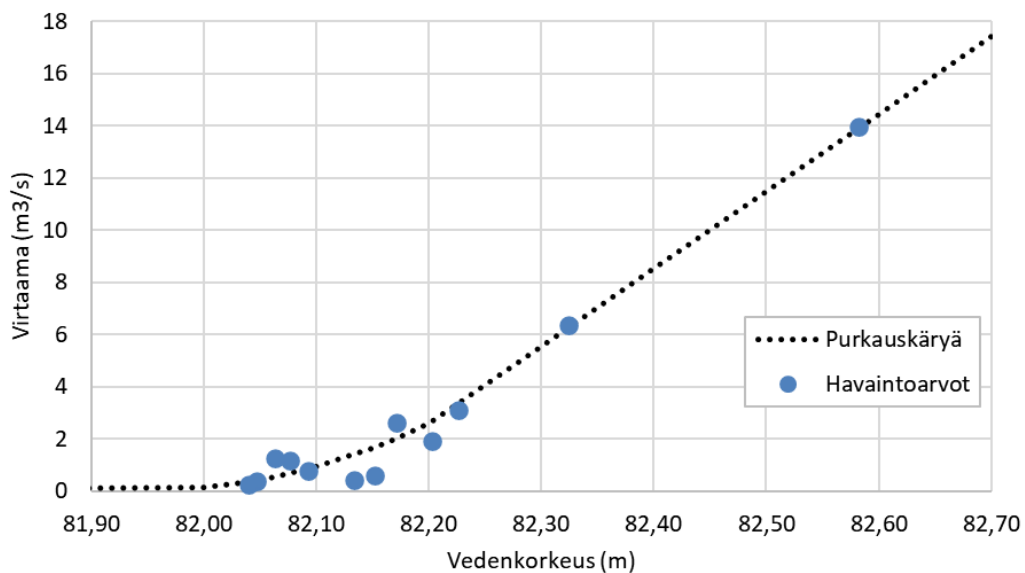




Kuva 4. a) Virtaama Vesijärvi, Vääksyn kanava, b) Kajaanselän simuloitu ja havaittu vedenkorkeus

Automaattiasemille (Haritunjoki, Purailanviepä ja Myllyoja) saatiin tuntikohtaiset vedenkorkeuden automaattimittaukset sekä yksittäisiä virtaamamittaushavaintoja. Näitä hyödyntämällä automaattiasemille tarkasteltiin purkauskäyrän määrittävyyttä vedenkorkeuden ja virtaaman välille. Asemista Haritunjoelle tällainen määritettiin (ks. Kuva 5). Purailanviepän ja Myllyojan virtaamahavaintojen ja vedenkorkeustietojen välinen korrelaatio ei ollut riittävä purkauskäyrän määrittämiseen, koska saman vedenkorkeuden päivistä oli hyvin erisuuruisia virtaamahavaintoja.

Haritunjoen automaattiaseman purkauskäyrä



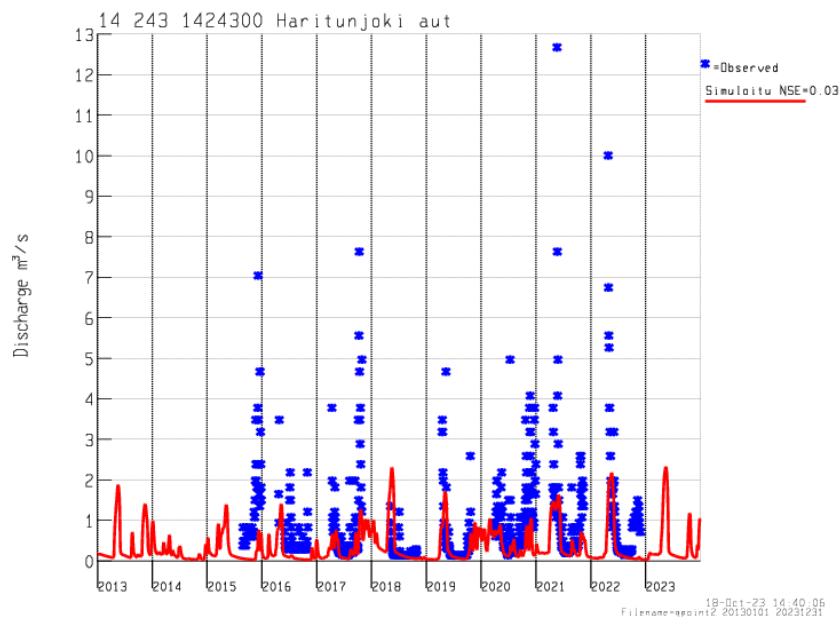
Kuva 5. Haritunjoen automaattiasemalle sovitettu purkauskäyrä. Kuvassa esitettyjen havaintoarvojen virtaamamittaus on läheiseltä näytteenotuspisteeltä ja vedenkorkeus tätä vastaavan päivän keskiarvo automaattiaseman tuntihavainnoista.



Vemalan simuloimaa Haritunjoen virtaamaa verrattiin Haritunjoen yksittäisiin virtaamamittauksiin, Haritunjoen vedenkorkeushavainnoista purkaukikäyrällä muutettuun virtaamatietoon sekä Määtän (2015) tarkasteluun jatkuvatoimisista mittareista Vesijärvellä. Määttä määritti Haritunjoen päivittäiset virtaamat regressioyhtälöllä, joka saatiin vertaamalla manuaalisesti mitattuja virtaamia lähimmän virtaamamittausaseman (Mustajoki, Hämeenkoski) lukemiin.

Vemalan simuloimat vuotuiset virtaamahuiput Haritunjoella jaksolla 2013–2022 ovat 1-2m³/s. Määtän (2015) tarkastelussa arvioidut virtaamahuiput Haritunjoella jaksolla 2013–2015 ovat suuruudeltaan samaa luokkaa eli 1-2 m³/s. Tässä selvityksessä saadussa havaintoaineistossa on useita virtaamahavainnoita yli 2 m³/s virtaamista ja kaksi korkeinta havaintoa ovat yli 6 m³/s. Näitä havainnoita hyödyntäen muodostetulla purkaukikäyrällä tarkastellut vedenkorkeuden havainnot tuottavat yli 4 m³/s virtaamahuippuja lähes vuosittain (ks. Kuva 6). Automaattiasemien vedenkorkeuksista muunnetut virtaamahavainnot näyttävät siis huomattavasti korkeampaa virtaamaa kuin Vemalan simulaatio sekä Määtän (2015) tarkastelun arvio. Lisäksi vedenkorkeuksista muunnettu keskimääräinen virtaama vastaa yli 500 mm vuotuista valuntaa, joka on huomattavasti Etelä-Suomelle tyypillisiä lukemia (200–300 mm/v) korkeampi.

Edellä mainituista syistä automaattiasemien vedenkorkeustietoa ei pidetty luotettavana mallin hydrologian kalibrointiin tässä työssä. Automaattiasemien vedenkorkeustiedon hyödyntäminen vaatisi tämän hankkeen ulkopuolelle ulottuvaa alueen hydrologian tarkastelua. Lisäksi luotettavuutta purkaukikäyrän määrittämiseen toisi suurempi määrä virtaamamittauksia erityisesti virtaamahuippujen aikaan. Jatkotoimenpiteet-osiossa on avattu tarkemmin automaattiasemien jatkohyödyntämistä.

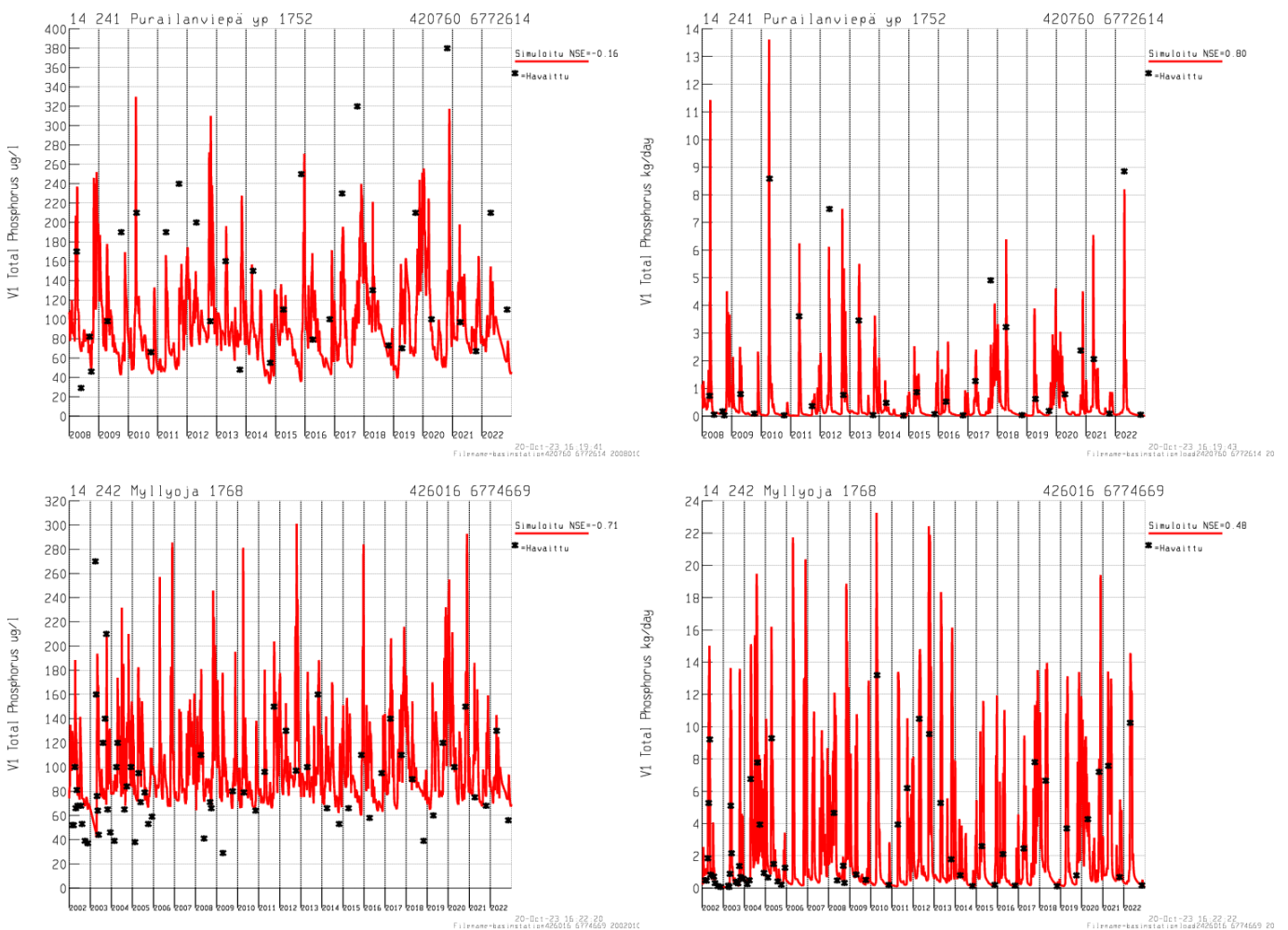


Kuva 6. Haritunjoelle Vemalalla simuloitu virtaama (punainen) sekä vedenkorkeushavainnoista purkaukikäyrällä määritetty virtaama (sininen). Huom. tässä tapauksessa mallinnettu virtaama arvioitiin luotettavammaksi kuin purkaukikäyrää hyödyntäen vedenkorkeushavainnoista lasketut virtaamat (kuvattu tarkemmin raporttitekstissä).

Tulokset - simulaation vertaaminen havaintoihin

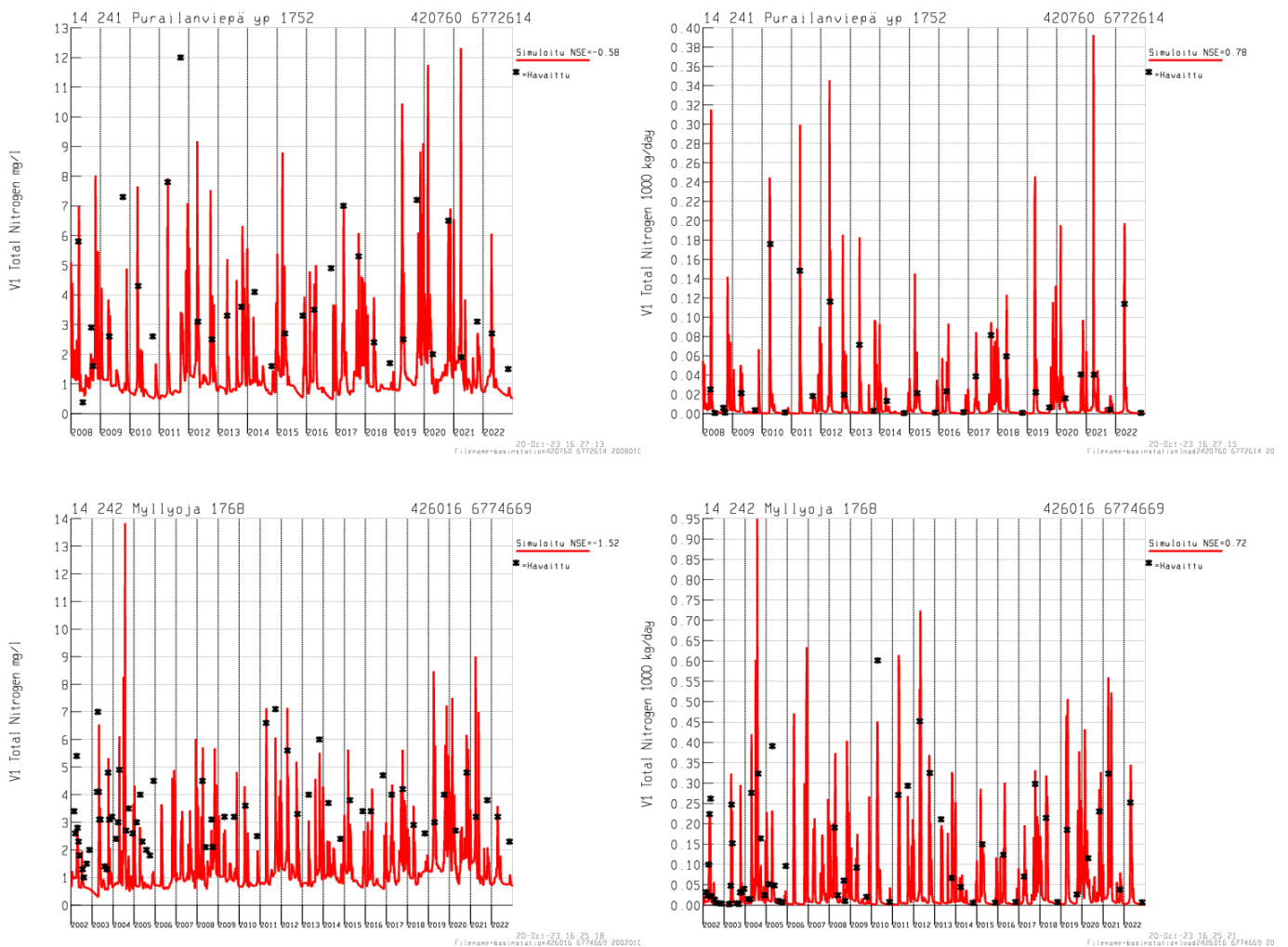
Vertailu jokien havaintopisteillä

Aiemman kuuden jokihavaintopisteen sijaan mallissa on nyt hankkeen jälkeen noin 60 fosforin ja typen havaintoaineistoa sisältävää pistettä. Kunkin yksittäisen havaintopisteen osalta simulaatiota ja havaintoja pääsee vertailemaan Vemalan käyttöliittymän kautta. Raporttiin poimittiin esimerkkinä havaintopisteet Purailanviepä yp 1752 ja Myllyoja 1768, joiden simuloitua ravinnekuormitusta verrattiin havaintoaineistoon erikseen fosforin ja typen osalta. Näiden pisteiden vertailukuvaajat simulaation ja havaintojen väliltä fosforipitoisuudelle, fosforikuormalle, typpipitoisuudelle ja typpikuormalle löytyvät alta. Simulaation ja havaintojen vertailusta nähdään, että päivittäisen kuorman (kg/d) osalta molemmissa ravinteissa päästään hyvänä pidettävään mallinshyvytyteen (NSE välillä 0,5–0,8).



Kuva 7. Havaittu ja simuloitu fosforin pitoisuus ja kuorma havaintopisteillä Purailanviepä yp 1752 ja Myllyoja 1768.

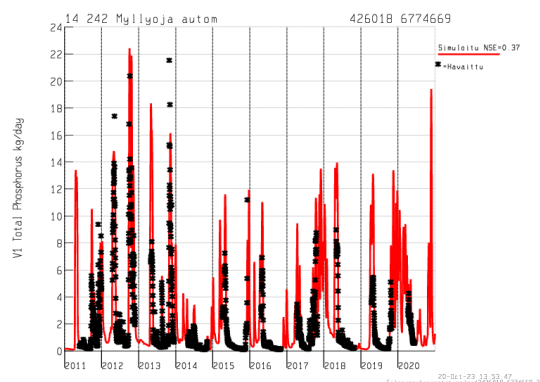




Kuva 8. Havaittu ja simuloitu typen pitoisuus ja kuorma havaintopisteillä Purailanviepä yp 1752 ja Myllyoja 1768.

Vertailu automaattiasemilla

Simuloitua ravinnekuormitusta verrattiin automaattiasemilla sameuden havaintoaineistosta (sameusfosforipitoisuus korrelaation avulla) tuotettuun fosforipitoisuuden arvioon (esimerkkinä Myllyojan automaattiasema, Kuva 9). Kaikkien automaattiasemien korrelaatiokuvat sekä simulaation ja havaintojen vertailukuvat löytyvät liitteistä (Liite 2. Sameuden ja kokonaisfosforin välinen korrelaatio automaattiasemilla & Liite 3. Automaattiasemien kokonaisfosforin simulaation vertaaminen havaintoihin).



Kuva 9. Havaittu ja simuloitu fosforikuorma (kg/d) Myllyojan automaattiasemalla. Havainnot perustuvat sameusmittauksiin.



Vertailu järvien pitoisuuksiin

Vemalan simulaatiota vertailtiin Vesijärven havaintuihin pitoisuuksiin järven osa-alueittain (ks. Taulukko 1). Erityisesti Kajaanselän ja Enonselän keskimääräisen fosforipitoisuuden simulointi parani hankkeen aikana huomattavasti lähemmäs havaittua pitoisuutta. Huomioitavaa taulukon tulkinnassa on, että taulukon havaituissa pitoisuuksissa on huomioitu eri havaintopisteet kyseisellä alueella.

Taulukko 1. Simulaation ja havaintojen vertailu Vesijärven osa-alueilla: Kajaanselkä, Komonselkä, Vähäselkä-Paimelanlahti, Enonselkä ja Laitilanselkä. Havaituissa pitoisuuksissa on huomioitu eri havaintopisteet kyseisellä alueella. Taulukossa on lisäksi keskimääräinen simuloitu pitoisuus Kirkonselältä ja Hauruanpohjasta, joista ei ole mallissa havaintoja.

FOSFORI	Keskimääräinen simuloitu pitoisuus µg/l	Keskimääräinen havaittu pitoisuus µg/l	Simuloidun ja havaitun pitoisuuden ero µg/l (havaintopäivinä)	
			ennen tarkentamista	tarkentamisen jälkeen
Vesijärvi Kajaanselkä	12,83	13,73	-1,68	-0,42
Vesijärvi Komonselkä	18,59	18,78	-0,64	0,56
Vähäselkä-Paimelanlahti*	39,83	31,72	6,74	9,69
Vesijärvi Enonselkä	23,34	24,06	-1,82	-0,13
Vesijärvi Laitilanselkä	18,66	15,41	4,09	4,44
Vesijärvi Kirkonselkä	31,67	-	-	-
Vesijärvi Hauruanpohja	30,98	-	-	-
TYPPI	Keskimääräinen simuloitu pitoisuus mg/l	Keskimääräinen havaittu pitoisuus mg/l	Simuloidun ja havaitun pitoisuuden ero mg/l (havaintopäivinä)	
			ennen tarkentamista	tarkentamisen jälkeen
Vesijärvi Kajaanselkä	0,34	0,36	-0,01	-0,01
Vesijärvi Komonselkä	0,40	0,43	-0,02	-0,01
Vähäselkä-Paimelanlahti*	1,15	0,93	0,14	0,35
Vesijärvi Enonselkä	0,45	0,47	-0,03	-0,01
Vesijärvi Laitilanselkä	0,52	0,46	-0,05	0,10
Vesijärvi Kirkonselkä	0,61	-	-	-
Vesijärvi Hauruanpohja	0,28	-	-	-

*Vemalassa alueen Vähäselkä-Paimelanlahti nimenä Vähäselkä-Kelkonpohja

Taulukon havaituissa pitoisuuksissa on huomioitu eri havaintopisteet kyseisellä alueella, esimerkiksi Enonselän alueella on yli 20 havaintopistettä. Yksittäisten havaintopisteiden osalta mallinnushyvyyttä voi tarkastella käyttöliittymän kautta. Esimerkiksi havaintopisteessä *Vesijärvi, Kajaanselkä 1 - 2 m* keskimääräinen havaittu fosforipitoisuus on 13,28 µg/l, simuloitu pitoisuus ennen tarkentamista 12,33 µg/l ja pitoisuus tarkentamisen jälkeen 13,29 µg/l. Kyseisen yksittäisen havaintopisteen perustella simuloinnilla päästään nyt hankkeen jälkeen lähes keskimääräiseen havaittuun pitoisuuteen.

Johtopäätökset simulaation ja havaintojen vertailusta

Hankeessa Vemala-malli tarkentui Vesijärven alueella hankkeessa malliin viedyn havaintotiedon myötä. Uusien havaintopisteiden lisääminen malliin mahdollistaa nyt Vesijärveen laskevien jokien simulaation vertaamisen havaintoihin noin 60 jokihavaintopisteessä. Järvihavaintopisteille tarkasteltuna Vesijärven osien keskimääräisten pitoisuuksien simulointi parani myös hankkeen myötä. Yleisellä tasolla voidaan todeta kuorman simulaation olevan hyvällä tasolla. Ravinnepitoisuuksien ja kuormituksen piikkien simulaatioissa on vielä kehitystarvetta johtuen hydrologisen tiedon vähyydestä.



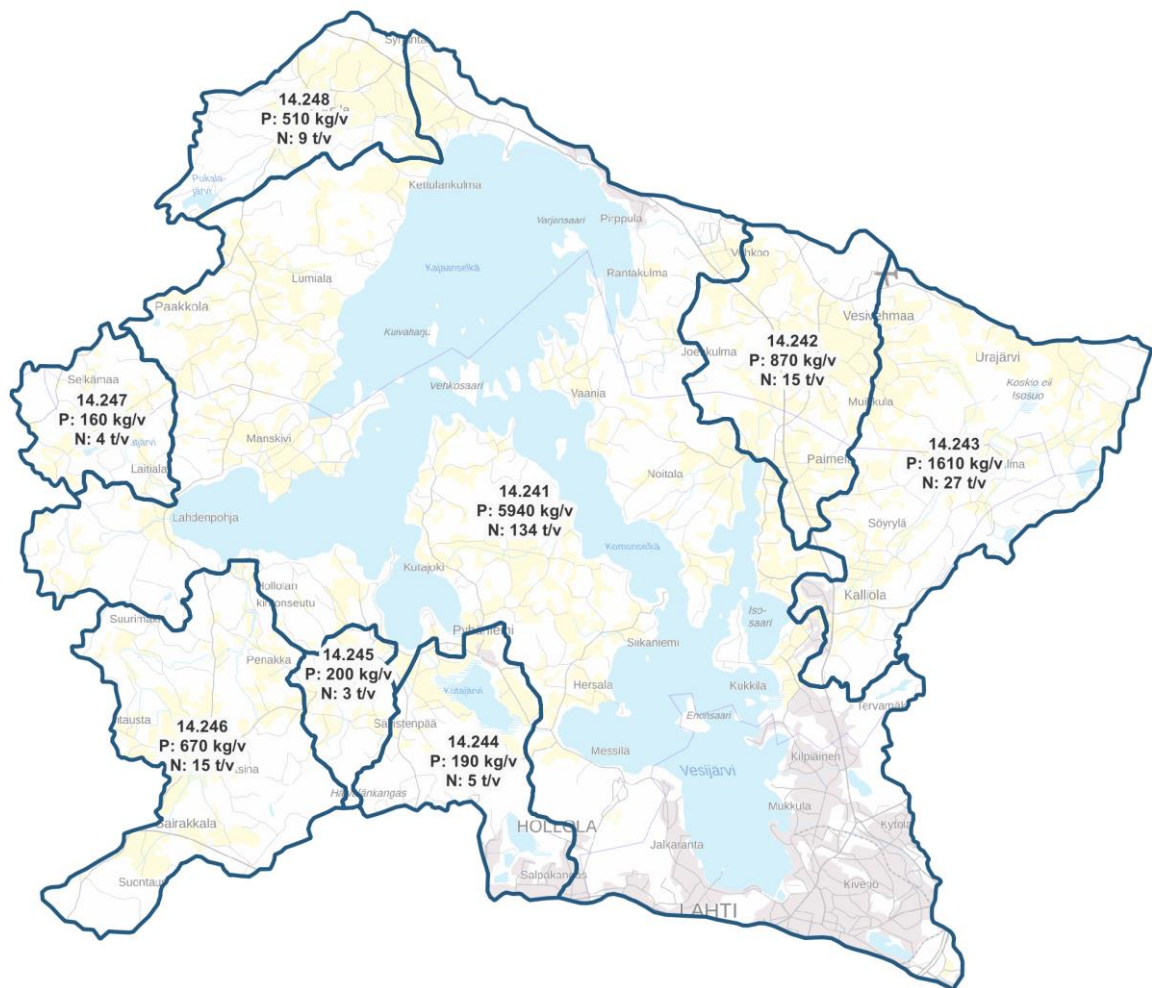
Tulokset – syntyvä ravinnekuormitus

Ravinteiden kokonaiskuormitus Vesijärveen

Mallin tarkennusten jälkeen Vesijärveen kohdistuva fosforin kokonaiskuormitus on 10 160 kg/v ja typen kokonaiskuormitus 213 000 kg/v. Mallinnustulos on molempien ravinteiden osalta suurempi kuin ennen malliin tehtyjä tarkennuksia (ks. Taulukko 2). Kartalla on kuvattu Vesijärveen kohdistuvan ravinnekuormituksen syntyminen eri valuma-alueilta.

Taulukko 2. Taulukossa on kuvattu ravinteiden kokonaiskuormitus Vesijärveen ennen ja jälkeen mallin tarkennuksen. Lukema on simulaation keskiarvo jaksolta 2013-2022. Kuormituksessa on huomioitu alueilla 14.242-14.248 tapahtuva pidättyminen ennen Vesijärveä.

Kokonaiskuormitus Vesijärveen	ennen tarkennusta	tarkennuksen jälkeen
Fosfori	8 380 kg/v	10 160 kg/v
Typpi	197 500 kg/v	213 000 kg/v

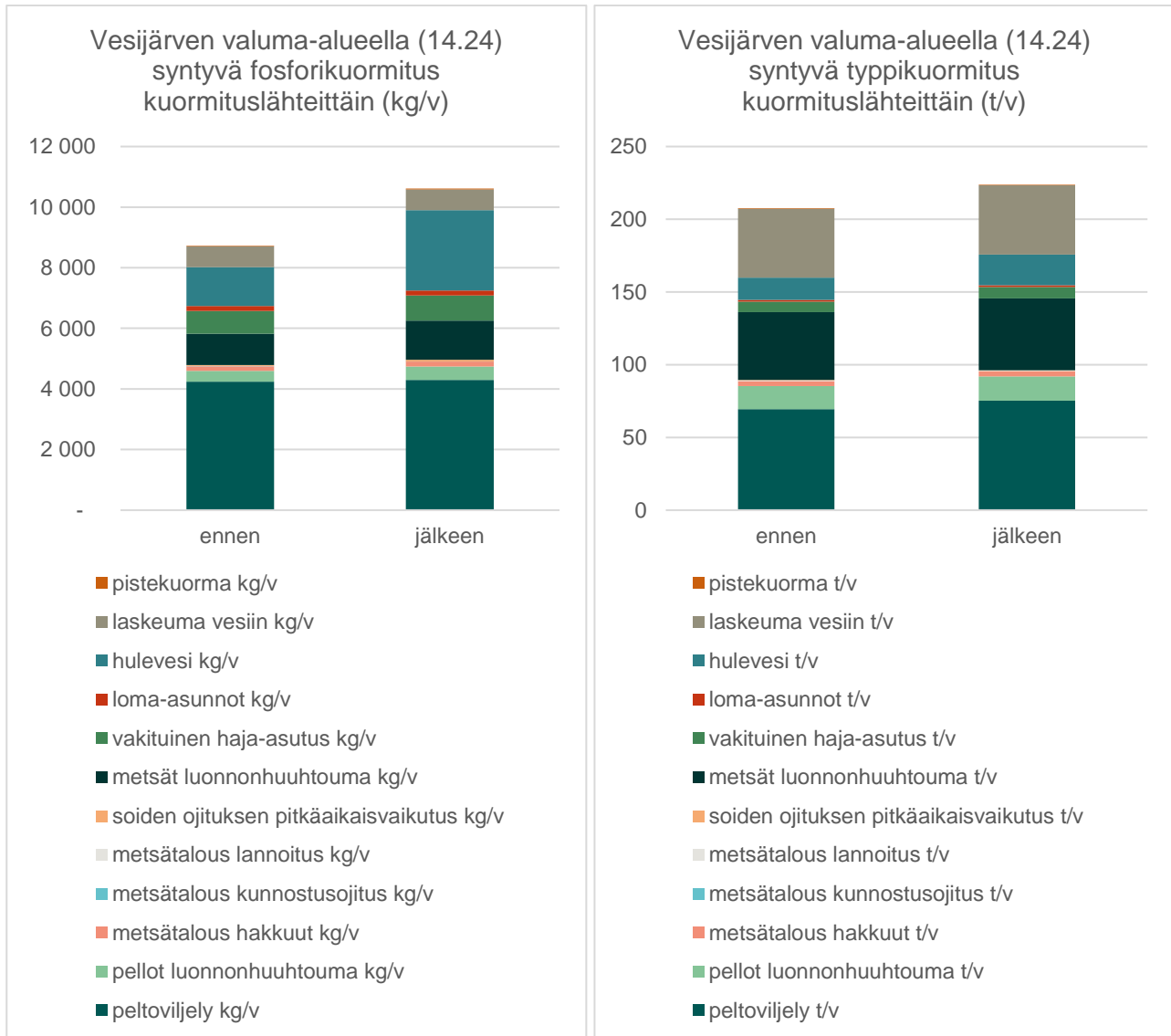


Kuva 10. Vesijärveen kohdistuva vuotuinen fosforin (P) ja typen (N) ravinnekuormitus 3. vaiheen valuma-alueittain. Kuormitus on WSFS-Vemalan mallisimulaation keskiarvo jaksolta 2013-2022.



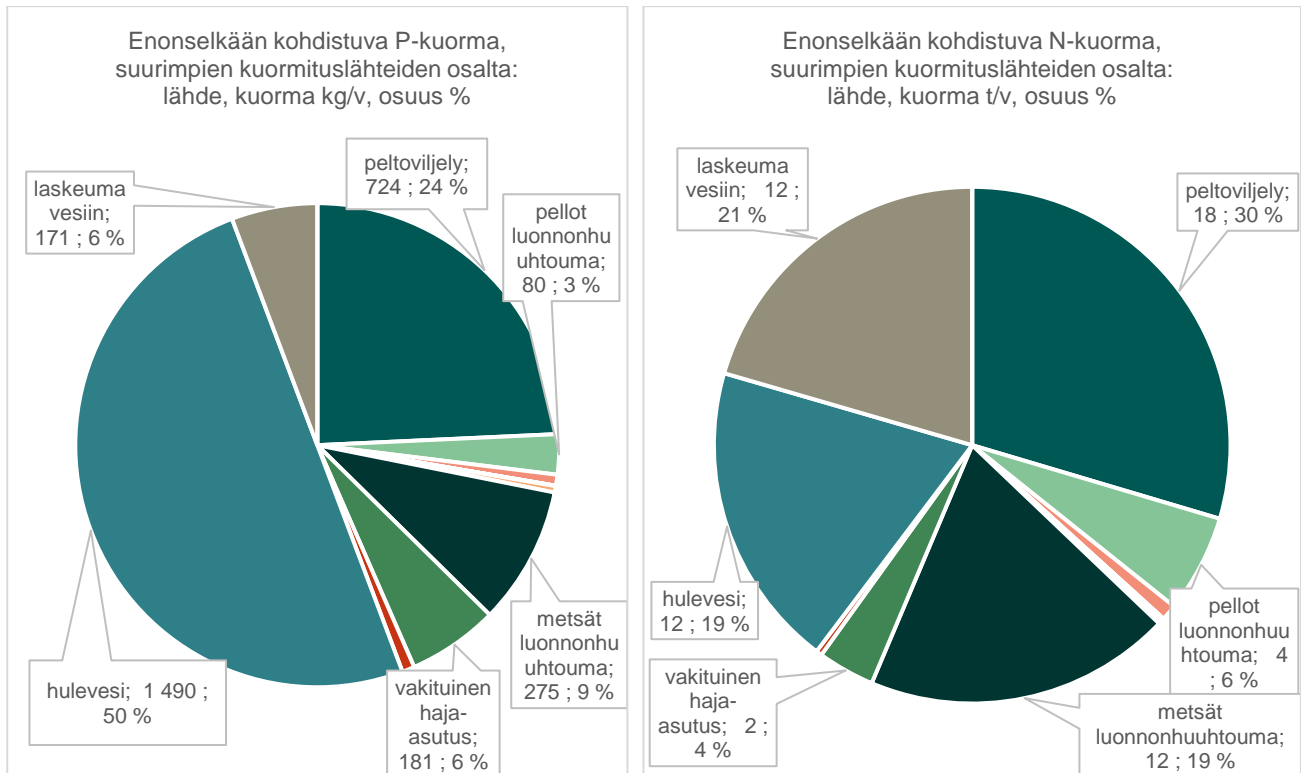
Kuormitus kuormituslähteittäin

Kuvissa alla on eritelty Vesijärven valuma-alueella syntyvä kuormitus kuormituslähteittäin. Kuormitus muuttui erityisesti huleveden osalta, mutta myös muissa kuormituslähteissä.



Esimerkkikohde: Enonselän ravinnekuormitus

Vesijärven osa-alueista Enonselän kuormitus muuttui mallin tarkennuksessa eniten ja seuraavassa on eritelty sen simulaatiotulokset. Mallin tarkennusten jälkeen Enonselkään kohdistuva keskimääräinen fosforikuormitus on 2 980 kg/v ja typpikuormitus 60 000 kg/v. Puolet fosforikuormituksesta syntyy hulevedestä ja neljäsosa peltoviljelystä. Typen osalta neljä suurinta kuormittajaa ovat peltoviljely, laskeuma vesiin, hulevesi ja luonnonhuuhtouma metsistä.



Kuva 11. Enonselkään kohdistuva ravinnekuorma, suurimpien kuormituslähteiden osalta

Taulukko 3. Fosfori- ja typpikuormitus Vesijärven Enonselkään ennen ja jälkeen mallin tarkennuksen. Kuormitus on eritelty kuormituslähteittäin.

	P (kg/v) ennen	P (kg/v) jälkeen	N (t/v) ennen	N (t/v) jälkeen
pelloviljely	690	724	16,3	17,8
pellot luonnonhuuhtouma	59	80	3,4	3,7
metsätalous hakkuut	22	22	0,6	0,6
metsätalous kunnostusojitus	0	0	0,0	0,0
metsätalous lannoitus	0	1	0,1	0,1
soiden ojituksen pitkäaikaisvaikutus	5	13	0,1	0,2
metsät luonnonhuuhtouma	212	275	10,9	11,6
vakituinen haja-asutus	163	181	2,1	2,1
loma-asunnot	24	25	0,2	0,2
hulevesi	635	1490	8,0	11,5
laskeuma vesiin	170	171	12,2	12,3
pistekuorma	0	0	0,0	0,0
yhteensä	1982	2982	53,9	60,0



Jatkotoimenpiteet

Jatkotoimenpiteinä työssä tunnistettiin seuraavat toimenpiteet, jotka on listattu prioriteettijärjestyksessä työmäärän/kustannuksen sekä toimenpiteen hyödyn arvion perusteella.

1. Automaattiasemilta kertyvän havaintoaineiston automaattinen vienti Vemalan hyödyntämään tietokantaan (esim. Hydrotempoon)
2. Vesijärven hydrologian jatkotarkastelu ja tarkentaminen Vemalaan
3. Hulevesikuormituksen mallintamisen tarkentaminen Vemalassa
4. Vesijärven alueen kosteikkojen sisällyttäminen malliin

Toimenpide 1: Vesijärven alueen havaintoaineisto automaattiasemilta kerätään nykyisellään Vesijärven EMMI-ympäristötiedon hallintajärjestelmään. Pisteiden kertynyt fosforin ja typen havaintotieto vietiin tässä hankkeessa kertaluontoisesti Vemalaan. Tiedon automaattinen päivittyminen Vemalaan jatkossa on mahdollista toteuttaa, mikäli EMMI-järjestelmän havaintotieto saadaan poimittua HERTTA- tai Hydrotempo-järjestelmistä, joita Vemalassa hyödynnetään havaintotiedon lukemisessa.

Jatkotoimenpiteenä suositellaan automaattiasemilta kertyvän havaintoaineiston (sekä hydrologisen että vedenlaatutiedon) automaattista vientiä Vemalan hyödyntämään tietokantaan. Tämä jatkotoimenpide vaatisi Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiön puolella tietojen siirron toiseen näistä järjestelmistä. Tämän jälkeen voitaisiin Suomen ympäristökeskuksen puolella toteuttaa havaintopisteiden tietojen poiminnan käyttöönoton vaatimat muutokset Vemalaan. Hankkeessa tilaajalle toimitettiin ohjeet aineiston toimittamisesta Hydrotempoon.

Toimenpide 2: Ennestään Vemala-mallissa on Vesijärven alueelta havaintotietoa Vääksyn kanavan virtaamista sekä Vesijärven vedenkorkeuksista. Vesijärven laskuojien havaintopisteet huomioivalla hydrologian kalibroinnilla voi olla mahdollisuus parantaa ravinnepitoisuuksien simulaatiota huomattavasti. Lisäksi tarkennettu hydrologinen malli voi tavoittaa vuoden sisällä tapahtuvan kuormituksen vaihtelun nykyistä paremmin. Hydrologian kalibrointi automaattiasemien vedenkorkeushavaintoja hyödyntäen edellyttää luotettavien purkauskäyrien määrittystä automaattiasemille. Purkauskäyrän määrittämiseen tarvitaan virtaamahavaintojen ohella samasta pisteestä mitattu absoluuttinen vedenkorkeus (tai näytteenottopisteen syvyyden hyödyntämiseksi pisteen nollataso). Lisäksi jatkotoimenpiteenä suositellaan virtaamahavaintojen keruuta automaattiasemien luota erityisesti korkeiden virtaamien ajankohdilta, koska se tukisi luotettavan purkauskäyrän määrittystä. Mikäli saadaan määritettyä luotettava purkauskäyrä, automaattiasemien havaintotietoa voidaan hyödyntää purkauskäyrän avulla Vemalan hydrologian kalibroinnissa. Mikäli hydrologia kalibroidaan, edellyttää se myös ICECREAM-mallin ja ravinnelaskennan uudelleenkalibroinnin muuttunutta hydrologiaa hyödyntäen.

Toimenpide 3: Hulevesikuormituksen mallinnusta Vemala-mallissa voitaisiin entisestään tarkentaa niin Vesijärven alueella kuin koko Suomessa. Tämä voitaisiin toteuttaa hyödyntämällä maankäyttöluokkakohdaisia ominaiskertoimia, joiden arvioimiseen on aiempaa laajemmin käytettävissä hulevesien havaintoaineistoa mm. Vesijärven alueelta. Maankäyttöluokkakohdaisien ominaiskertoimien avulla saataisiin huomioitua paremmin erityyppisten rakennettujen alueiden vaikutus hulevesikuormitukseen.

Toimenpide 4: Vesijärven alueella sijaitsee useita laskeutusaltaita / kosteikkoja, joista on kerätty vedenlaadun havaintotietoa rakenteen ylä- ja alapuolelta. Tätä aineistoa hyödyntämällä voisi tarkastella mm. kosteikkojen puhdistusvaikutusta. Lisäksi rakenteet voisi mahdollisesti sisällyttää Vemala-malliin, mikäli erillisen arvioinnin perusteella sen todettaisiin tarkentavan mallia. Tämän arviointi vaatii kosteikkokohtaista aineiston tarkastelua ja myös Vemalan-mallin tarkennus tapahtuisi kosteikko-kohtaisesti. Kosteikkojen puhdistusvaikutuksesta riippuu niiden vaikutus mallin tarkentumisen kannalta. Koska lisäämisen hyöty on epävarmaa ja kosteikkojen lisääminen on verrattain työlästä, on kosteikkotarkastelu tässä jatkotoimenpideistauksessa matalimmalla prioriteetilla.



Kirjallisuus

Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B. 2016. A national scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. Environmental Modeling & Assessment, 21(1), 83-109. DOI: 10.1007/s10666-015-9470-6.

Järveläinen, J., Malin, I. & Kotakorpi, M. 2016. Vesijärven hulevesikuormitus Lahden kaupunkialueelta. Lahden kaupunki, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

Lahden kaupungin ympäristöpalvelut 2018. Hulevesien hallintaa kustannustehokkailla hybridiratkaisuilla, loppuraportti. Lahden kaupunki, Kaupunkiympäristön palvelualue.

Määttä, I. 2016. Jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden käyttö kuormituksen arvioinnissa Vesijärvellä. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto.

Tattari S., Puustinen M., Koskiahho J., Röman E. & Riihimäki J. 2015. Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet. Suomen ympäristökeskus.

- Liitteet**
- Liite 1. Hankkeessa Vemalaan viedyt havaintopisteet
 - Liite 2. Sameuden ja kokonaisfosforin välinen korrelaatio automaattiasemilla
 - Liite 3. Automaattiasemien kokonaisfosforin simulaation vertaaminen havaintoihin

Jakelu Toteuttaja ja tilaaja



Liite 1. Hankkeessa Vemalaan viedyt havaintopisteet

Alla on listattu hankkeessa mallin hyödynnettäväksi viedyt 36 oja-aseman havaintopistettä, 20 kosteikkohavaintopistettä sekä kolme jatkuvatoimista havaintoasemaa. Havaintoasemat ovat listalla niiden Vemala-malliin viedyllä nimillä, jotka noudattelevat enimmäkseen saatua lähtöaineistoa. Pistekohtainen havaintomäärä ja havaintojen ajallinen ulottuminen (aikavälillä 1987–2022) vaihtelee pisteiden välillä.

Havaintopisteet (kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi)

- Hammonjoki 1760
- Haritunjoki 1769
- Haritunjoki, Metsänkulma 3885
- Hepukanoja 1758
- Häränsilmänoja 3491
- Joutjoki
- Joutjoki 1747
- Jurvanoja 1750
- Kalasillanoja 1756
- Kamppilanoja 4018
- Kiikunoja 1757
- Koivusillanoja 3493
- Korpilahdenoja 4376
- Maijanoja 1766
- Merrasojat 1746
- Messilänoja 1749
- Mustoja 1761
- Myllyoja 1768
- Mällinoja ap 1916
- Purailanviepä
- Purailanviepä yp 1752
- Purailanviepä ap 1753
- Raikonoja 2152
- Rauhamäenoja yp 1754
- Rauhamäenoja ap 3305
- Suvelanoja 1763
- Tupavalkaman oja 1917
- Turjalanoja 1767
- Upilanoja ap 1751
- Upilanoja yp 3039
- Virojoki 1762
- Vähäselän oja 1770
- Vääksynjoki 3554
- Äkeenoja ap 3492
- Äkeenoja yp 3541
- Uitonpohjan oja 2153



Kosteikkohavaintopisteet (kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi)

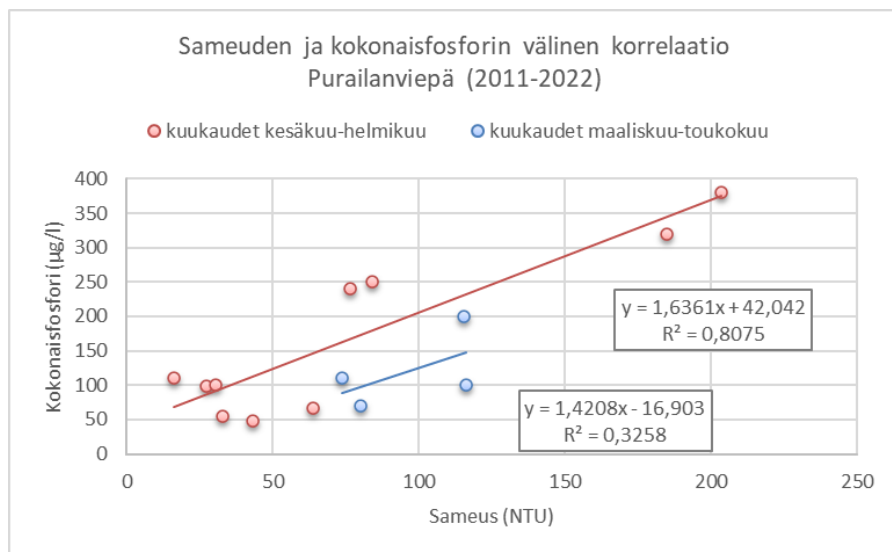
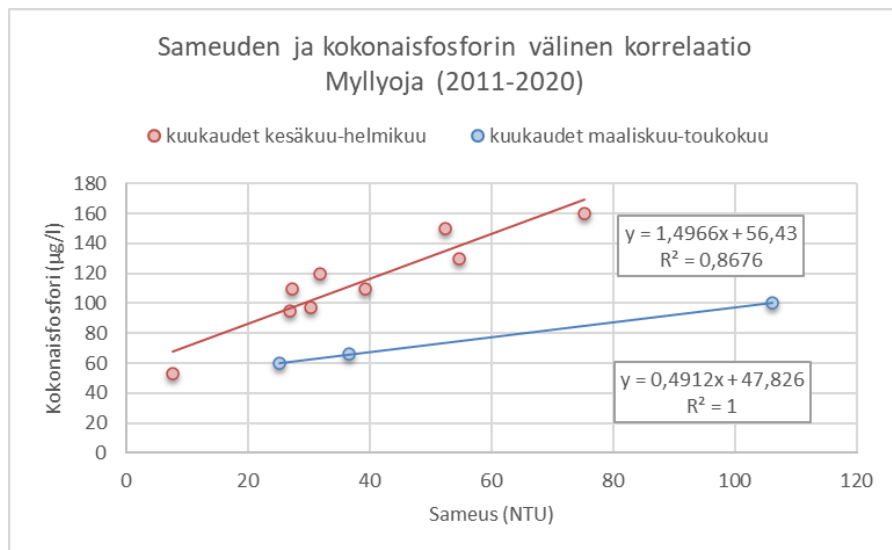
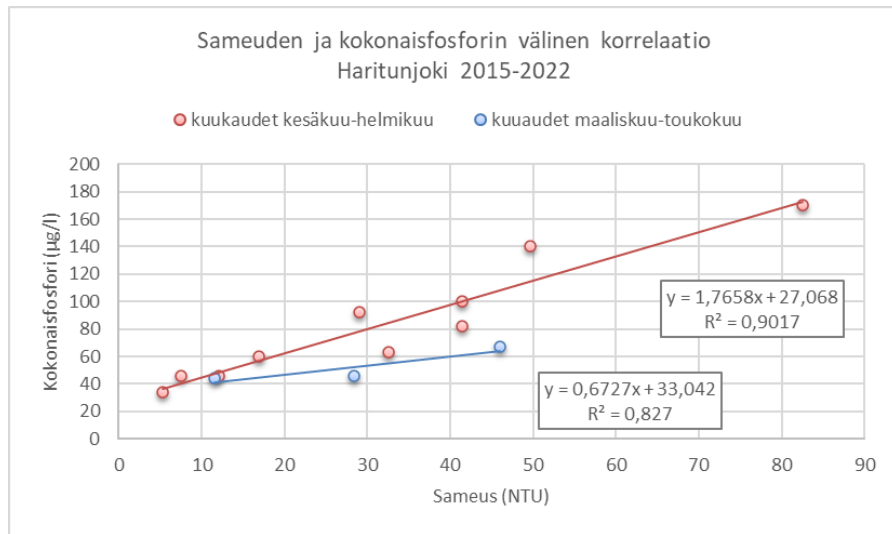
- Kurhila yp kosteikko
- Kurhila ap kosteikko
- Kytänäoja yp kosteikko
- Kytänäoja ap kosteikko
- Purailanviepä yp kosteikko
- Purailanviepä ap kosteikko
- Pyyrylä yp kosteikko
- Pyyrylä ap kosteikko
- Upila yp kosteikko
- Upila ap kosteikko
- Äkeenoja yp kosteikko
- Äkeenoja ap kosteikko
- Ojanpohjasuodatin yp kosteikko
- Ojanpohjasuodatin ap kosteikko
- Räpäkistönoja kosteikko
- Räpäkistönoja kosteikko
- Piilonoja yp kosteikko
- Piilonoja ap kosteikko
- Pellavaloukku yp kosteikko
- Pellavaloukku ap kosteikko

Jatkuvatoimiset havaintoasemat (sameus ja vedenkorkeus)

- Haritunjoki autom (1559 sameuden havaintoa jaksolla 2015–2022)
- Myllyoja autom (1500 sameuden havaintoa jaksolla 2011–2020)
- Purailanviepä autom (2046 sameuden havaintoa jaksolla 2011–2022)



Liite 2. Sameuden ja kokonaisfosforin välinen korrelaatio automaattiasemilla



Liite 3. Automaattiasemien kokonaisfosforin simulaation vertaaminen havaintoihin

Kuvissa on esitetty päivittäinen kokonaisfosforikuorma (kg/d) kullekin automaattiasemalle jaksolta, jolta on sameuden havaintoja. Huom. havainnot eivät ole suoria fosforimittauksia vaan sameusmittauksista arvioituja fosforikuormia ja tässä hyödynnettyyn sameuden ja fosforin väliseen korrelaatioon sisältyy epävarmuuksia.

