



Veden laadun sekä maan lämpötilan ja kosteuden seuranta

Rakennekalkituksen vaikutukset

**Lohkon ominaispiirteet huomioiva ravinnekuormitusmallinnus ja sen kehittäminen
(LOHKO-hanke) -hankkeen jatkohanke (LOHKO II)
YM 104/481/2016 (1.1.2017 - 31.12.2018)**

***Pasi Valkama, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys
& Elisa Mikkilä, Pyhäjärvi-instituutti***

Sisällys

Tiivistelmä	4
1. Vedenlaadunmittaukset Pyhäjärvi-instituutin alueella	6
1.1. Peräsuonoja	6
1.2. Kaukanaronoja	9
2. Vedenlaadunmittaukset Uudellamaalla	13
2.1. Lepsämänjoki	14
2.2. Laurinoja	18
2.3. Espoo	21
3. Miksi automaattista vedenlaadunseurainta tarvitaan?	24
4. Maan lämpötilan ja kosteuden seuranta	25
5. Rakennekalkitus	27

Tiivistelmä

LOHKO II -hankkeessa seurattiin sekä jatkuvatoimisin mittarein että näytteenotolla veden laatua ja valuntaa kolmella kohdealueella Uudellamaalla (Lepsämänjoki, Vihti, Espoo) ja kahdella Lounais-Suomessa (Köyliö/Säkylä, Oripää). Maan lämpötilaa ja kosteutta seurattiin jatkuvatoimisesti Vihdin koalueella. Lisäksi hankkeessa seurattiin Vihdissä vuonna 2015 osana LOHKO-hanketta levitetyn rakennekalkin pitkäaikaisvaikutuksia maassa ja vedessä.

Lepsämänjoella mittaukset olivat käynnissä läpi vuoden. Muilla alueilla mittauksia tehtiin lyhyempiä jaksoja kasvukauden aikana etukäteen suunnitellusti. Näihin jaksoihin tuli kuitenkin katkoja, koska kuivina aikoina myös uomat kuivuivat.

Virtavesien kuljettamaa ravinnekuormaa on perinteisesti arvioitu yksittäisiin vesinäytteisiin perustuen. Virtavesissä tapahtuvat veden laadun ja määrän muutokset ovat niin nopeita, että harvalla näytteenottovälillä todelliset vaihtelut jäävät havaitsematta. Yksittäisiin näytteisiin perustuvat arviot esimerkiksi vuotuisista ravinnekuormista voivat ollakin hyvinkin virheellisiä. Uusien ja tarkempien automaattimittausmenetelmien tuottamalla aineistolla voidaan arvioida tarkentaa, mutta niiden hyödyntämisessä on vielä paljon kehitettävää. Ravinnekuormitusmalleilla voidaan kustannustehokkaasti arvioida vesistöjen tilaa, mutta näytteenottotiheydellä on havaittu olevan suuri merkitys kuormitusarvioiden tarkkuuteen.

Automaattimittaukset vaativat kuitenkin jatkuvaa laitteiston huoltoa sekä ammattitaitoa datan käsitteilyssä ja tulkinnessa. Hankkeessa erityisesti Pyhäjärvi-instituutilla oli olosuhteiltaan vaihtelevilla ja epä säännöllisillä seurantakohteillaan haasteita luotettavan virtaamatiedon jatkuvassa mittaamisessa, mutta myös vedenlaadun jatkuvatoimisessa mittaamisessa ojan kaivun jälkeen.

Veden määrä ja laatu vaihtelevat savisilla peltovaltaisilla valuma-alueilla hyvin nopeasti lumen sulamisen tai sateiden yhteydessä. Sademäärä ei kuitenkaan suoraan vaikuta syntyvään kuormitukseen, vaan sateen ajoittumisella on suurempi merkitys. Keväällä, loppusyksyllä ja leudoissa talvioloissa sateesta suurempi osa muuttuu valunnaksi ja vesi päätyy uomiin. Vesi huuhtoo maasta mukaansa kiintoainetta ja liukoisia ravinteita. Keväiset korkeat kuormitukset johtuvat lumen sulamisen aikaansaamasta valunnasta, jota pienikin sade voi edelleen voimistaa. Esimerkiksi Lepsämänjoella mitatut kuormitukset poikkesivat toisistaan valuntaolosuhteiltaan erilaisina vuosina 2017 ja 2018. Lepsämänjoen kuljettama kokonaisfosfori- ja nitraattityppikuormat vuonna 2017 olivat 0,52 ja 6,5 kg/ha, ja kuormituksesta 70 % syntyi loka-joulukuun välisenä aikana. Vuonna 2018 syyskuun puoliväliin mennessä Lepsämänjoen valuma-alueen kokonaisfosfori- ja nitraattityppikuorma olivat vastaavasti 0,27 ja 2,2 kg/ha. Koska syksy jatkui vähäsateisena, jäi myös syysaikainen kuormitus hyvin pieneksi.

Hankkeessa testattiin myös jatkuvatoimista liukoisen fosforin mittausta. Aiempiin kokeiluihin verrattuna laitteisto oli kehittynyt ja mittaukset sujuivat hyvin. Tulosten perusteella vaihtelu itse liuenneen fosforin pitoisuudessa on vähäistä, mutta sen osuus kokonaisfosforista vaihtelee hyvin voimakkaasti. Täten yksittäisen vesistön liuenneen fosforin osuutta tai osuudessa tapahtuvaa muutosta ajan suhteessa ei voida luotettavasti määrittää yksittäisten näytteiden perusteella.

Kaukanaronojalla toteutettiin luonnonmukainen peruskuivatus heinäkuun 2017 alussa kaivamalla 2-tasouoma, mikä muutti uomaolosuhteita merkittävästi aiempaan verrattuna. Kasvillisuuden vakiinnuttua kesällä 2018 uomaan, 2-tasouoma vaikuttaisi odotetusti vähentävän veden ravinnepitoisuutta.

Espoon salaojakohteella vertailtiin keväällä 2017 edellisenä syksynä syvämuokattujen+kevytmuokattujen peltojen kuormitusta kevytmuokattujen peltojen kuormaan. Syksyllä 2017 ja keväällä 2018 tutkittiin kerääjäkasvin (italian raiheinä) vaikutusta ravinnehuuhtoumiin. Erilaiset muokkaukset eivät vaikuttaneet kevään 2017 fosforikuormitukseen, mutta nitraattityppipitoisuudet olivat korkeammat lohkoilla, jotka olivat sekä kevytmuokattu että jankkuroitu.

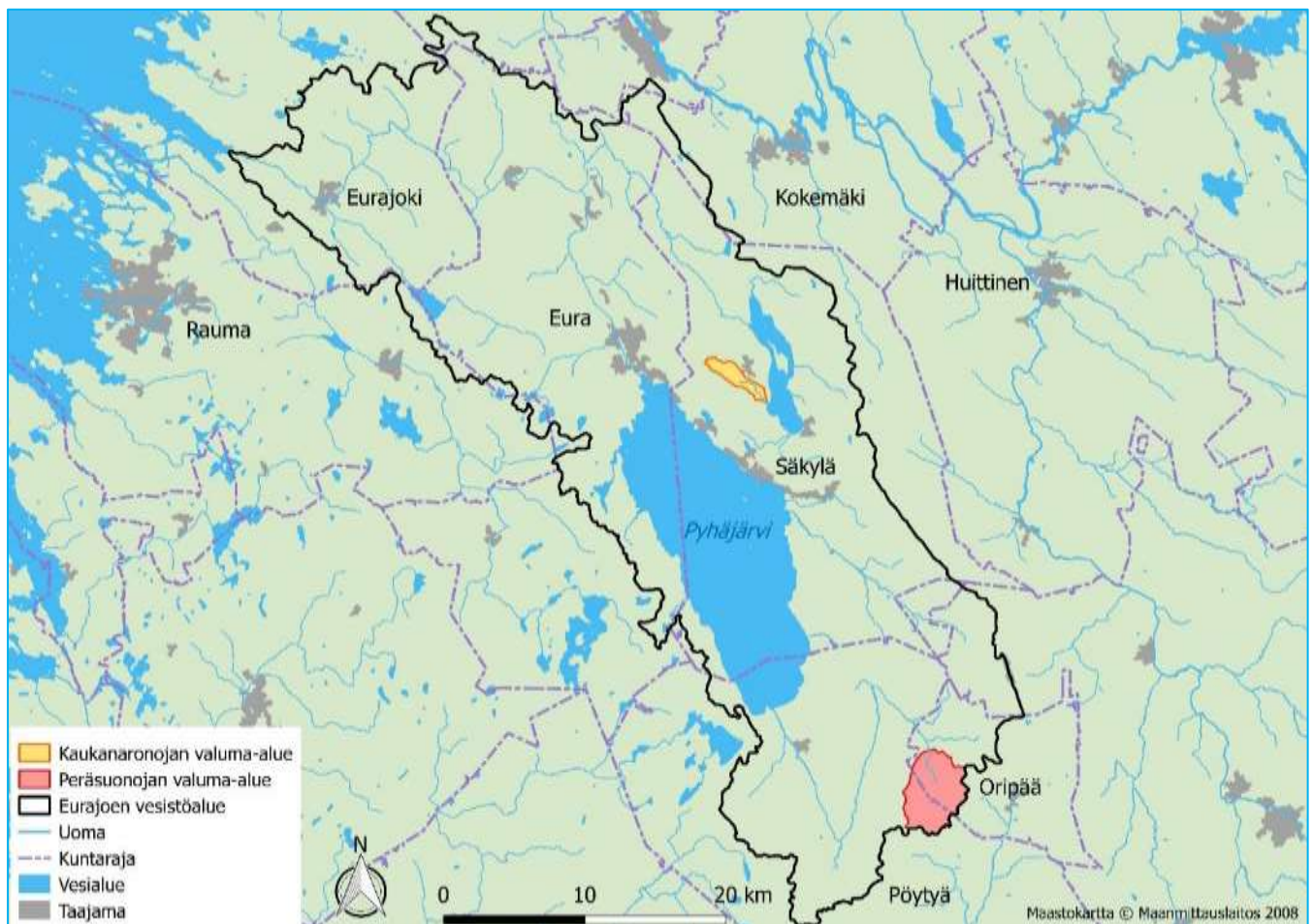
Syksyllä 2017 havaittiin, että italianraiheinä rypsin kerääjäkasvina vähensi typen huuhtoumaa noin kolmanneksella, mutta sillä ei ollut vaikutusta kokonaisfosforikuormitukseen. Keväällä 2018 kokonais- ja nitraattitypen pitoisuuksissa eroa ei näyttänyt enää olevan, mutta kokonaisfosforipitoisuudet olivat keskimäärin noin viidenneksen pienempiä kerääjäkasvilohkoilla. Lohkoilta valuvan veden määrät olivat kovin erilaisia. Kerääjäkasvittomien lohkojen valunta oli keskimäärin jopa kolmanneksen suurempi kuin kerääjäkasvillisten lohkojen. Aineistosta ei voida kuitenkaan päätellä, mikä vaikutus edellisvuoden kerääjäkasveilla on seuraavan kevään valuntoihin. Syksyllä 2017 valunnoissa ei ollut eroja.

Laurinojalla tehdyt pellon lämpötilan mittaukset osoittivat, että pintamaassa yleensä ja erityisesti etelän suuntaan kaltevalla rinteellä vuorokauden lämpötilavaihtelu oli kaikkein voimakkainta. Pintamaa jäätyni tammikuun puolivälissä ja sulii huhtikuun vaihteessa. Maa oli jäässä syvemmissä kerroksessa maaliskuun alkupuolelta alkaen, mutta se sulii vasta huhtikuun puolivälissä. Kosteus oli keskimäärin korkein tasaisessa notkokohdassa, jonne valui rinteestä vettä ja haihdunta oli vähäisempää. Syvemmällä kosteuserot tasoittuivat, ja lämpötilan vaihtelu oli vähäisempää ja se tapahtui hitaammin verrattuna pintamaahan.

Lokakuussa 2015 Laurinojalla levitettiin useille pelloille rakennekalkkia. Pidemmän ajan seurantojen perusteella kalkki vähensi Laurinojan sameutta 34 %. Tätä voidaan pitää hyvänä tuloksena, koska kalkin levitystä ja multausta ei tehty parhaaseen mahdolliseen aikaan ja tavalla.

1. Vedenlaadunmittaukset Pyhäjärvi-instituutin alueella

Pyhäjärvi-instituutin alueella vedenlaadun seurantapisteen olivat Oripään Peräsuonojalla ja Köyliön Kaukanaranojalla (kuva 1). Peräsuonojan vedenlaatua on seurattu 1990-luvun alkupuolelta lähtien vesinäytteiden avulla. Lisäksi jatkuvatoimisilla mittareilla mitattua dataa on käytössä usealta eri vuodelta. Peräsuonojan valuma-alueella (20,55 km²) peltojen osuus on 27 %. Metsää on 54 % ja suota 18 %. Alueen pelloilla viljellään pääosin syys- ja kevätviljoja. Kaukanaranojan vedenlaatua on seurattu vesinäytteenotolla ja jatkuvatoimisesti useina eri vuosina. Kaukanaranojan valuma-alueella (5,75 km²) viljellään runsaasti erikoiskasveja kuten sokerijuurikasta, perunaa ja avomaan vihanneksia. Alueen peltojen osuus on 24 % ja metsämaan 65 %. LOHKO II -hankkeessa seuranta jatkui vesinäyttein ja jatkuvatoimisilla mittareilla molemmissa kohteissa.



Kuva 1. LOHKO II -hankkeen vedenlaadun seurantakohteet Pyhäjärvi-instituutin alueella. Ulkoasu: E. Mikkilä.

1.1. Peräsuonoja

Peräsuonojalle asennettiin kaksi jatkuvatoimista vedenlaatumittaria 5.4.2017 (kuva 2). Mittarit asennettiin samoihin kohtiin, joissa mittauksia on tehty aiempina vuosina, jolloin voitiin hyödyntää olemassa olevia kiinnitysrakennelmia. Alemman seurantapisteen (AP) mittauskausi käynnistyi vasta 18.4. teknisten häiriöiden vuoksi. Ylemmällä seurantapistellä (YP) seurannassa oli kesällä noin kahden kuukauden tauko veden vähyyden vuoksi. Molemmilla seurantapistillä mittauskausi jatkui joulukuuhun 2017 asti. Mittaukset käynnistettiin uudelleen ylemmällä seurantapistellä 18.4.2018 ja alemmalla seurantapistellä 25.4.2018. Ylemmällä seurantapistellä jatkuvatoimiset mittaukset jouduttiin keskeyttämään jo

30.5.2018 veden vähyyden vuoksi eikä mittaria enää viety takaisin maastoon. Aiemmistä vuosista poiketen myös alemmalla seurantapisteeellä seurannassa oli elo-syyskuussa noin kuukauden tauko veden vähyyden vuoksi. Mittauskautta jatkettiin alemmalla seurantapisteeellä marraskuun puoleen väliin asti, jolloin mittarissa ilmeni vika, joka vaati sen lähettämistä tehtaalte korjattavaksi.



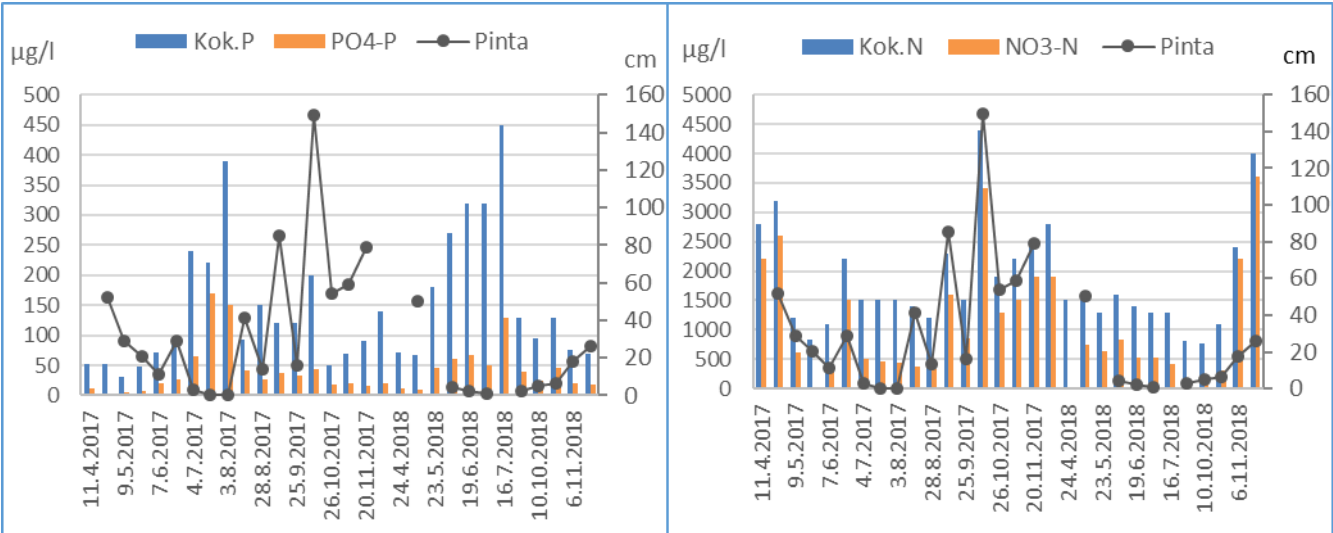
Kuva 2. Peräsuonojan alempi seurantapiste heinäkuussa (vas.) ja marraskuussa (oik.) 2017. Kuvat: Pyhäjärvi-insituutti.

Peräsuonojan alemman seurantapisteen Scan Spectrolyser -mittarin sekä erillisen paineanturin mittaus-ten perusteella saatiin tiedot vedenpinnan korkeudesta, sameudesta (FNU), kiintoainepitoisuudesta, lämpötilasta sekä kokonaistypen, nitraattitypen, nitriittitypen ja orgaanisen hiilen (TOC ja DOC) pitoi-suuksista. Mittarin mittaama data välitetään ja noudetaan Luode-datapalvelun kautta (Luode Consulting Oy). Ylemmän mittauspisteen YSI-mittari kerää tiedot lämpötilasta, sähkönjohtokyvystä ja sameudesta (NTU). Datan purku mittarista tapahtui noin kahden viikon välein huoltokäyntien yhteydessä. Molem-mille mittareille tehtiin ylläpitohuolto maastossa viikoittain tai vähintään kahden viikon välein.

Vedenlaadun seuranta vesinäyttein aloitettiin Peräsuonojan molemmilla seurantapisteeillä 11.4.2017 ja sitä jatkettiin noin kahden viikon välein aina joulukuuhun asti. Vuonna 2018 ensimmäiset vesinäytteet otettiin 24.4.2018, ja noin kahden viikon välein tapahtuva näytteenotto jatkui marraskuuhun asti. Kesällä ja alkusyksystä vähäisen veden aikana vesinäytteitä ei seurantapisteeistä otettu. Alemmalta seuran-tapisteeeltä otettiin hankkeen aikana yhteensä 29 vesinäytettä (18 kpl vuonna 2017 ja 12 kpl vuonna 2018) ja ylemmältä seurantapisteeeltä yhteensä 21 näytettä (15 kpl vuonna 2017 ja 6 kpl vuonna 2018). Vesinäytteistä analysoitiin kokonaisfosfori, liukoinen fosfori, kokonaistyyppi, nitraattityppi, nitriittityppi, ammoniumtyppi, kiintoaine, pH, sameus ja sähkönjohtokyky sekä alemmalta mittauspisteeeltä otetuista näytteistä myös TOC ja DOC. Analyysit tehtiin Lounais-Suomen vesi ja ympäristötutkimus Oy:n labora-toriossa.

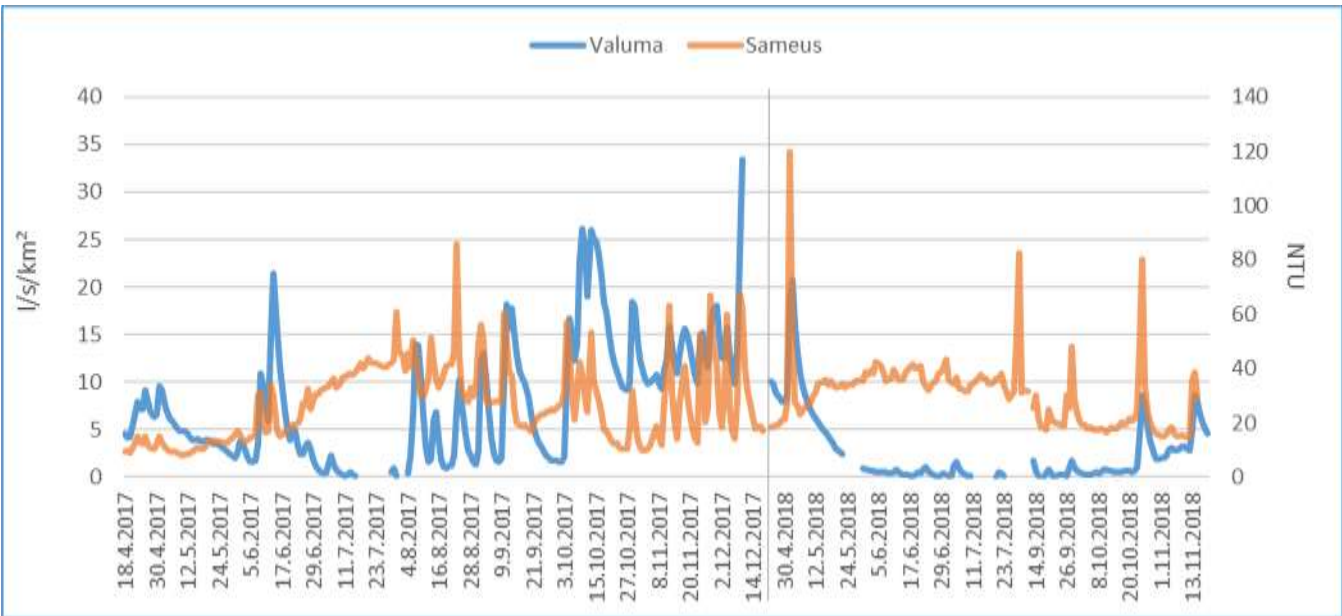
Virtaaman selvittämistä varten Peräsuonojan alemmalle seurantapisteeelle asennettiin maaliskuussa 2017 jatkuvatoiminen RQ30-virtaamamittari, jonka keräämän datan käyttökelpoisuudessa ilmeni haas-teita vasta mittauskauden loppupuolella. Mittari olisi uoman epäsäännöllisyydestä ja vaihtelevista olo-suhteista johtuen vaatinut kalibrointia usealle eri vedenpinnan korkeudelle, mitä laitetoimittajan puo-lesta ei otettu huomioon. Virtaama käytiin mittaamassa FlowTracker-laitteella 16.11.2017. Vuonna 2018 virtaaman mittaaminen ja mallintaminen tilattiin Turun yliopiston virtavesien tutkimusryhmältä, joka teki virtaamamittauksen neljä kertaa kesä-lokakuussa 2018 ja toimitti valmiin hydrografin Pyhäjärvi-ins-tituutille marraskuussa 2018. Hydrografia täydennettiin vielä aiempien vuosien FlowTracker-mittausten tuloksilla. Kuormituslaskelmat perustuvat kyseiseen hydrografiin.

Vesinäytteiden analyysituloksien perusteella Peräsuonojan fosforipitoisuus on korkeimmillaan kesäaikaan ja kun uomassa on vähän vettä (kuva 3). Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforipitoisuudesta oli keskimäärin neljänneksen. Vuonna 2017 se oli hieman korkeampi kuin vuonna 2018. Kokonaistyyppipitoisuus on fosforipitoisuudesta poiketen suurimmillaan silloin, kun uomassa on paljon vettä. Myös marraskuussa 2018 mitattiin huomattavan korkeita tyyppipitoisuuksia. Nitraattityypin osuus kokonaistypestä on keskimäärin hieman alle puolet vaihdellen kuitenkin muutamasta prosentista 80 prosenttiin.



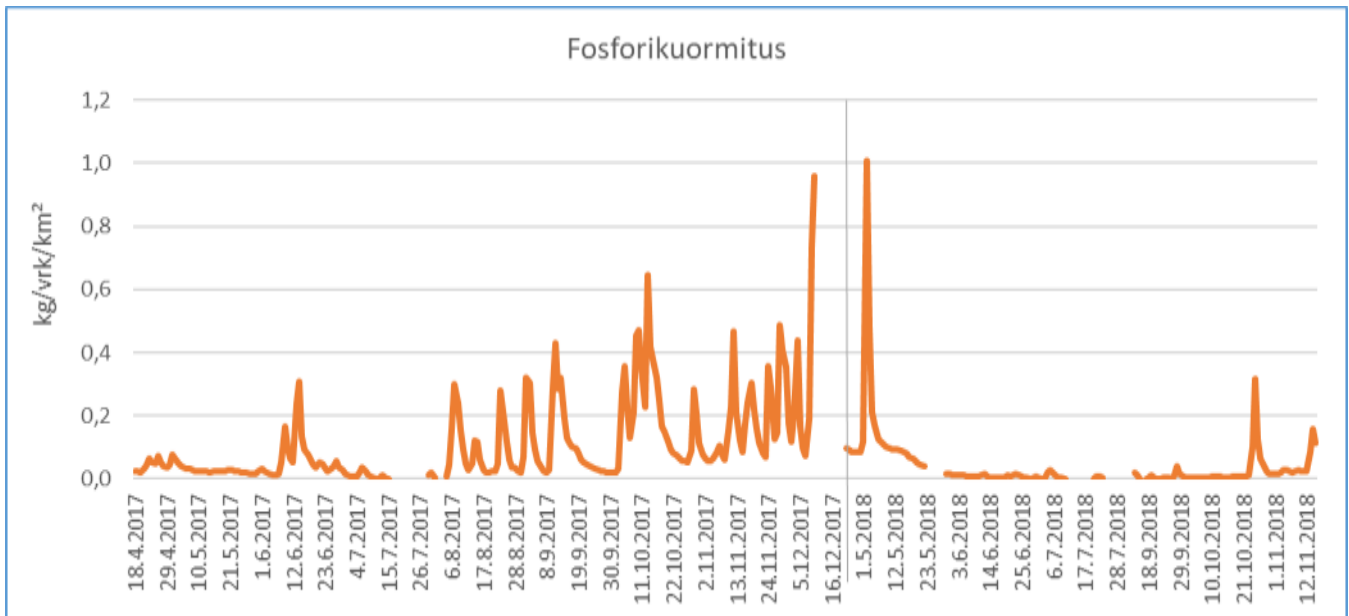
Kuva 3. Peräsuonojan alemmalta seurantapisteeltä otetuista vesinäytteistä analysoidun kokonaisfosforin, liukoisen fosforin, kokonaistypen ja nitraattityypin pitoisuudet (µg/l) seurantakausina 2017 - 2018.

Vuonna 2017 Peräsuonojan seurantapisteen sameuden ja valuman vuorokausikeskiarvot vaihtelivat enemmän kuin vuonna 2018 (kuva 4). Sameus noudattelee pitkälti virtaaman vaihteluita, mutta etenkin kesällä ja alkusyksyllä on tilanteita, jolloin sameus on noususuunnassa, vaikka virtaama on alhainen tai laskusuunnassa. Seurantakaudella 2018 mitattiin korkeita sameuslukemia riippumatta alhaisesta virtaamasta.



Kuva 4. Peräsuonojan S::can-mittarin mittaama sameus (NTU) sekä pinnankorkeuden ja virtaamamittausten perusteella laskettu valuma (l/s/km²) vuorokausikeskiarvoina seurantakausina 2017 - 2018.

Jatkuvatoimisen mittarin mittaama sameus muutettiin fosforipitoisuudeksi määrittämällä vesinäytteistä analysoitujen sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden väliselle suhteelle korrelaatiokerroin. Seurantatulosten perusteella laskettu Peräsuonojan fosforikuormitus noudattelee pitkälti valuman vaihtelua (kuva 5). Seurantakaudella 2017 fosforikuormitus vaihtelee enemmän kuin kaudella 2018.



Kuva 5. Peräsuonojan mallinnettu kokonaisfosforikuormitus (kg/vrk/km²) seurantakausina 2017 - 2018.

Peräsuonojan kuormituslaskentaa vaikeutti ojan padottaminen. Uoman muoto ja mahdollisesti myös kasvillisuus seurantapisteen alavirran puolella häirtasivat veden virtausta. Kyse ei ole yksittäisestä esteestä tai paikasta uomassa, vaan oja kaipaisi perkausta pidemmältä matkalta. Padottamisen takia virtaama ei kuitenkaan ole samalla pinnankorkeudella aina sama, mikä aiheuttaa kuormituslaskentaan epävarmuutta. Vuoden 2018 kuivat olosuhteet aiheuttivat myös sen, että Turun yliopiston tekemissä virtaamamittauksissa on mittaustuloksia hyvin samankaltaisista olosuhteista alhaisilla vedenpinnan korkeuksilla, mikä aiheuttaa virtaamatuloksiin ja kuormituslaskelmaan epävarmuutta etenkin korkeilla vedenpinnan korkeuksilla.

Peräsuonojan fosforipitoisuuden laskeminen sameustuloksista on epävarmaa, koska näiden kahden muuttujan välinen korrelaatiokerroin Peräsuonojalla oli vain 0,3338. Esimerkiksi veden runsas humuspitoisuus voi nostaa sameusarvoa, mutta fosforipitoisuus ei nouse samassa suhteessa. Jatkuvatoimisten mittareiden antaman tiedon hyödyllisyys rajoittuu merkittävästi, kun kaikkia tarpeellisia vedenlaatuarvoja ei nykyisillä mittaritekniikoilla pystytty mittaamaan tai johtamaan.

1.2. Kaukanaronoja

Kaukanaronojalla toteutettiin luonnonmukainen peruskuivatus heinäkuun 2017 alussa kaivamalla 2-tasouoma (kuva 6). YSI-vedenlaatumittari asennettiin alemmalle seurantapisteelle (AP) 11.7.2017 samaan kohtaan, jossa mittausta on tehty aiempinakin vuosina. Mittauskausi jatkui 20.12.2017 asti ja se käynnistettiin uudelleen 30.4.2018. Toisella mittauskaudella mittarin havaittiin likaantuvan aiempaa nopeammin, minkä estämiseksi mittarin paikkaa vaihdettiin ensin 24.5.2018 mittalaiturilla lähemmäs rantaa ja lopulta 21.6.2018 mittarin paikka vaihdettiin uomassa noin 20 m ylävirtaan päin. Veden vähyyden

vuoksi seurannassa oli tauko 23.8. - 17.9.2018. YSI-mittari kerää tiedot sameudesta (NTU), sähköjohtokyvystä ja lämpötilasta. Mittarille tehtiin ylläpitohuolto maastossa viikoittain tai vähintään kahden viikon välein.

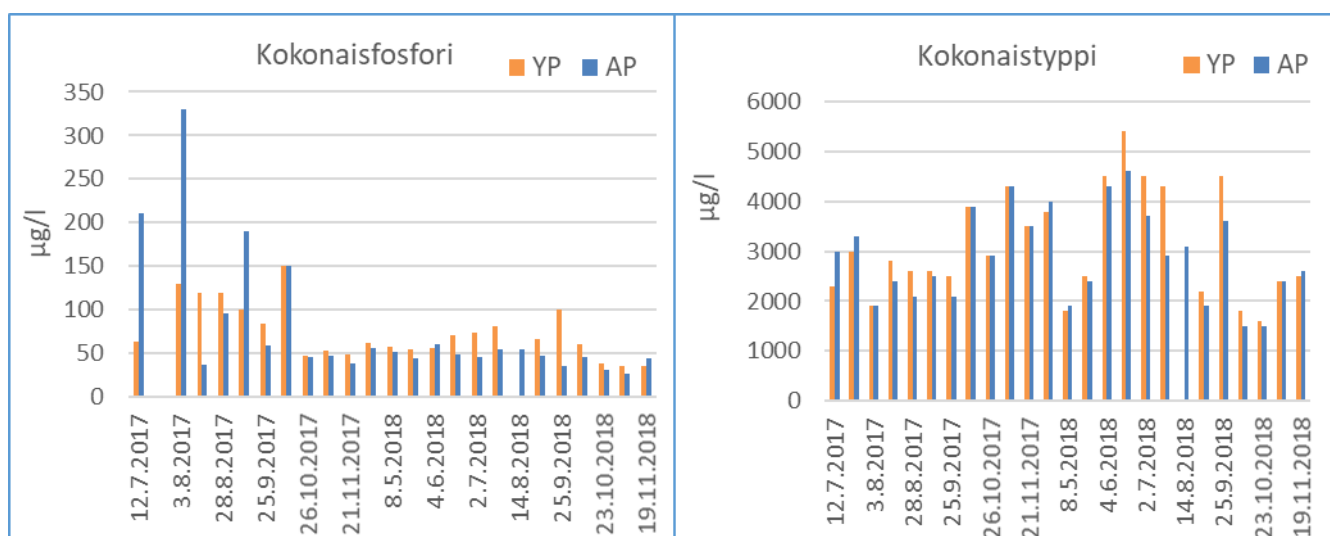


Kuva 6. Kaukanaronojan 2-tasouoma syyskuussa 2017 (vas.) ja elokuussa 2018 (oik.). Kuvat: E. Mikkilä, Pyhäjärvi-instituutti.

Vedenlaadun seuranta vesinäyttein aloitettiin Kaukanaronojalla 26.4.2017 ja sitä jatkettiin noin kahden viikon välein aina joulukuuhun asti. Luonnonmukaisen peruskuivatuksen toteuttamisen jälkeen vesinäytteitä otettiin alemman seurantapisteen lisäksi myös ylemmältä seurantapisteltä (YP) ennen 2-tasouoman alkamista. Kaivuun aikana vesinäytteitä otettiin tehostetusti etenkin alemmalta seurantapisteltä. Vuonna 2018 ensimmäiset vesinäytteet kummaltakin seurantapisteltä otettiin 8.5.2018, ja noin kahden viikon välein tapahtuva näytteenotto jatkui marraskuuhun asti. Kesällä ja alkusyksystä vähäisen veden aikana vesinäytteitä ei seurantapististä otettu. Alemmalta seurantapisteltä otettiin hankkeen aikana yhteensä 33 vesinäytettä (20 kpl vuonna 2017 ja 13 kpl vuonna 2018) ja ylemmältä seurantapisteltä yhteensä 25 näytettä (13 kpl vuonna 2017 ja 12 kpl vuonna 2018).

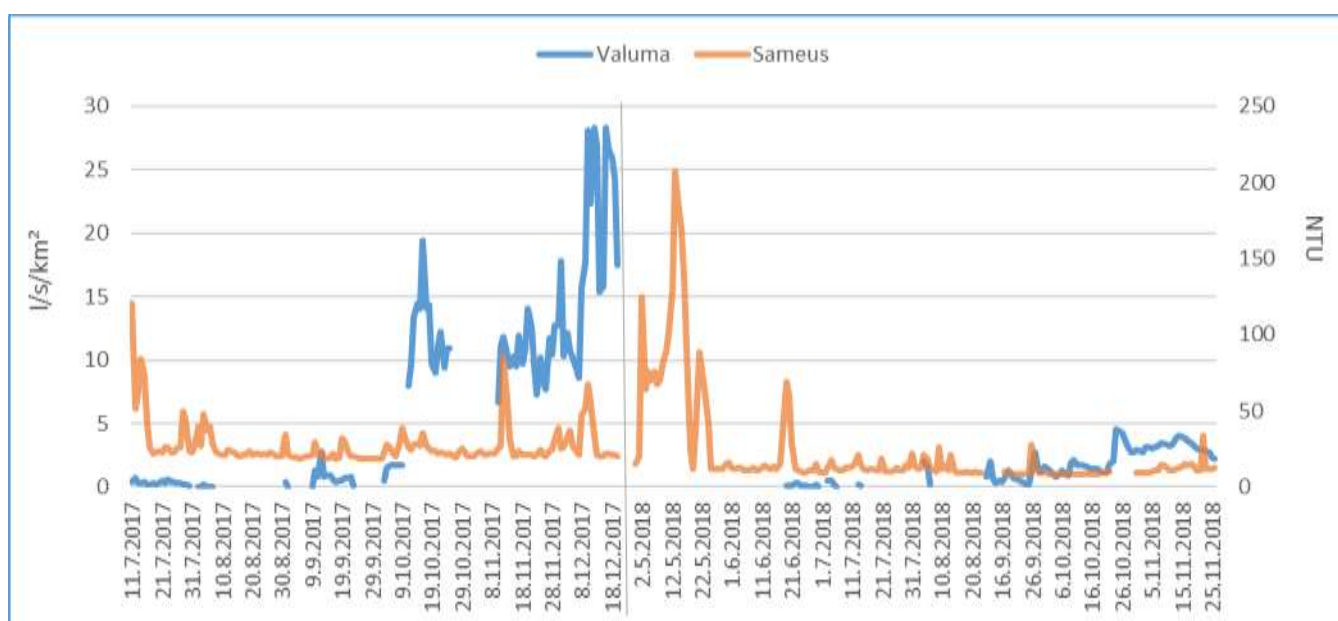
Kaukanaronojan virtaaman selvittämistä varten seurantakohteelle asennettiin 28.6.2017 jatkuvatoiminen RQ30-virtaamamittari, jonka keräämän datan käyttökelpoisuudessa ilmeni haasteita vasta mittauskauden loppupuolella. Mittari olisi vaihtelevista olosuhteista ja uoman ominaisuuksista johtuen vaatinut kalibrointia usealle eri vedenpinnan korkeudelle, mitä laitetoimittajan puolesta ei otettu huomioon. Kaukanaronojalla käytiin mittaamassa virtaama FlowTracker-laitteella 16.11.2017. Vuonna 2018 virtaaman mittaaminen ja mallintaminen tilattiin Turun yliopiston virtavesien tutkimusryhmältä, mitä varten myös Kaukanaronojalle hankittiin kesäkuussa 2018 erillinen paineanturi, joka mittaa tietoa vedenpinnan korkeudesta uomassa. Turun yliopiston virtavesien tutkimusryhmä teki mittaukset kesä-lokakuussa 2018 ja toimitti valmiin hydrografin Pyhäjärvi-instituutille marraskuussa 2018. Vuoden 2018 kuormituslaskelmat perustuvat kyseiseen hydrografiin. Vuoden 2017 osalta käytettiin FlowTracker-mittauksen perusteella korjattua akustisen virtaamamittarin mittaamaa tietoa virtaaman määrittämisessä.

Kaukanaronojan ylemmältä ja alemmalta seurantapisteltä otettujen vesinäytteiden analyysituloksista näkyy heinäkuussa 2017 toteutetun 2-tasouoman vaikutus vedenlaatuun (kuva 7). Kasvillisuuden vakiintumisen jälkeen 2-tasouoma vaikuttaisi vähentävän veden ravinnepitoisuutta. Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforipitoisuudesta oli keskimäärin 30 %. Alhaisimmillaan se on 2-tasouoman kaivamisen aikana ja sen jälkeen heinä-elokuussa 2017, jolloin kokonaisfosforipitoisuudet taas ovat suurimmillaan. Nitraattityypen osuus kokonaistypestä oli keskimäärin lähes 80 % ja sekin oli alhaisimmillaan heinä-elokuussa 2017. Suurimmat typpipitoisuudet olivat kuitenkin kesällä 2018.



Kuva 7. Kaukanaronojan ylemmältä (YP) ja alemmalla (AP) seurantapisteiltä otetuista vesinäytteistä analysoidut kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuudet (µg/l) seurantakausina 2017 - 2018.

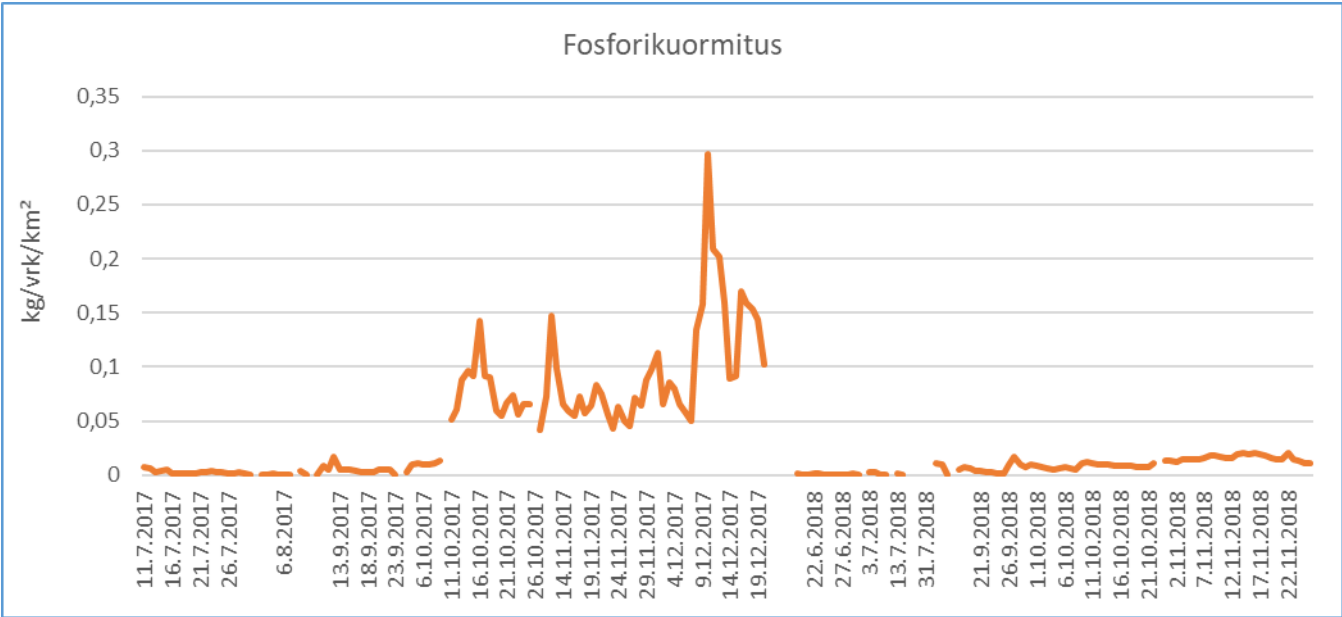
Kaukanaronojan mittarin mittaama sameus on pääsääntöisesti molemmilla mittauskausilla samalla tasolla (kuva 8). Mittauskauden 2017 alun korkeat sameusarvot johtuvat 2-tasouoman kaivamisesta ja sen aiheuttamasta veden samentumisesta. Marras-joulukuussa 2017 sameuden normaalia korkeammat arvot selittyvät ainakin osittain lisääntyneestä virtaamasta, vaikka ylipäätään Kaukanaronojan sameus ei aina noudattele virtaaman vaihteluita. Mittauskauden 2018 alussa olleet mittarin likaantumis- ja roskaantumisongelmat näkyvät korkeina sameusarvoina, joiden todenmukaisuuteen tulee suhtautua kriittisesti. Kaukanaronojan katkonainen valumatieto johtuu osittain uoman kuivuudesta ja osittain jatkuva-toimisen, luotettavan virtaaman mittaamisessa olleista haasteista.



Kuva 8. Kaukanaronojan alemman seurantapisteen mittarin mittaama sameus (NTU) sekä pinnankorkeuden ja virtaamamittauksien perusteella laskettu valuma (l/s/km²) vuorokausikeskiarvoina seurantakausina 2017 - 2018.

Vesinäytteistä analysoitujen sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden väliselle suhteelle määritettiin korrelaatiokerroin, jonka perusteella jatkuvatoimisen mittarin mittaama sameus muutettiin fosforipitoisuudeksi. Seurantatulosten perusteella laskettu Kaukanaronojan fosforikuormitus on korkeimmillaan

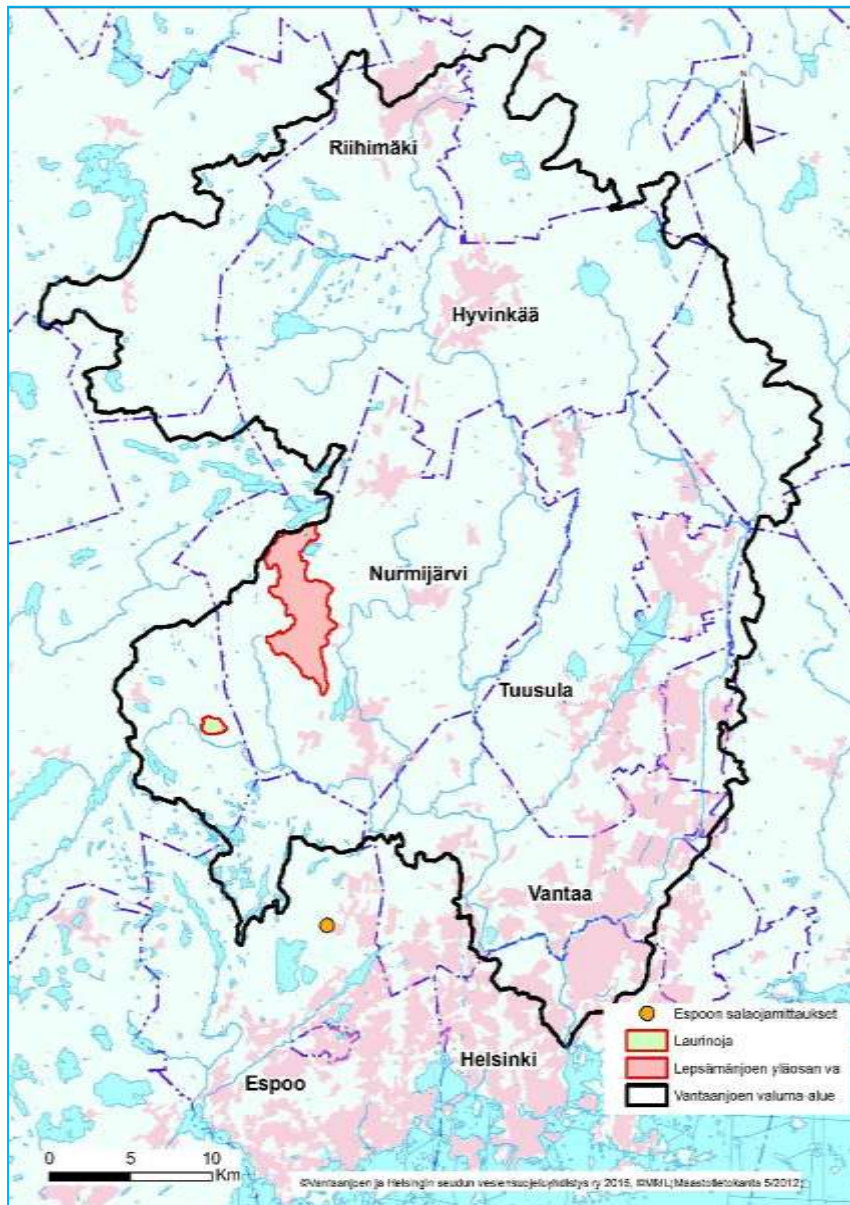
syksyllä 2017 (kuva 9). Virtaaman mittauksien vähäinen lukumäärä ja luotettavan vedenpinnan korkeustiedon puuttuminen aiheuttavat kuormituslaskelmaan epävarmuutta ja katkonaisuutta. Myös fosforipitoisuuden laskemiseen sameuden perusteella liittyy epävarmuuksia, sillä näiden kahden muuttujan välinen korrelaatiokerroin on 0,661.



Kuva 9. Kaukanaronojan mallinnettu kokonaisfosforikuormitus seurantakausina 2017 - 2018.

2. Vedenlaadunmittaukset Uudellamaalla

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys (VHVSY) vastasi LOHKO II -hankkeessa Uudenmaan alueella tehdyistä mittauksista, jotka toteutettiin salaojitetuilla peltolohkoilla Espoossa, pienen Laurinojan valuma-alueella Vihdissä ja suuremman peltovaltaisen Lepsämänjoen valuma-alueella Nurmijärvellä. Kuvassa 10 on esitetty mittauspaiikkojen sijainnit. Mittauspaikkojen pinta-alat vaihtelevat alle puolen hehtaarin salaojalohkosta aina Lepsämänjoen 23 km² kokoiseen valuma-alueeseen asti. Maaperä kaikilla seuranta-alueilla on savivaltaista. Laurinojan valuma-alueella peltojen osuus on 48 % ja Lepsämänjoen alueella 36,5 %. Laurinojan pelloista osa on luomuviljelyssä nurmella ja osa tavanomaisen viljelyn piirissä pääosin kevätvehnän tuotannossa. Lepsämänjoella viljellään pääasiassa kevätviljoja, joista merkittävä osa kylvetään suorakylvötekniikkaa hyödyntäen.



Kuva 10. Uudenmaan mittausalueista Lepsämänjoen ja Laurinojan valuma-alueet sijaitsevat Vantaanjoen valuma-alueen sisällä ja Espoon salaojalohkot Espoossa Bodominjärven valuma-alueella. Ulkoasu: P. Valkama

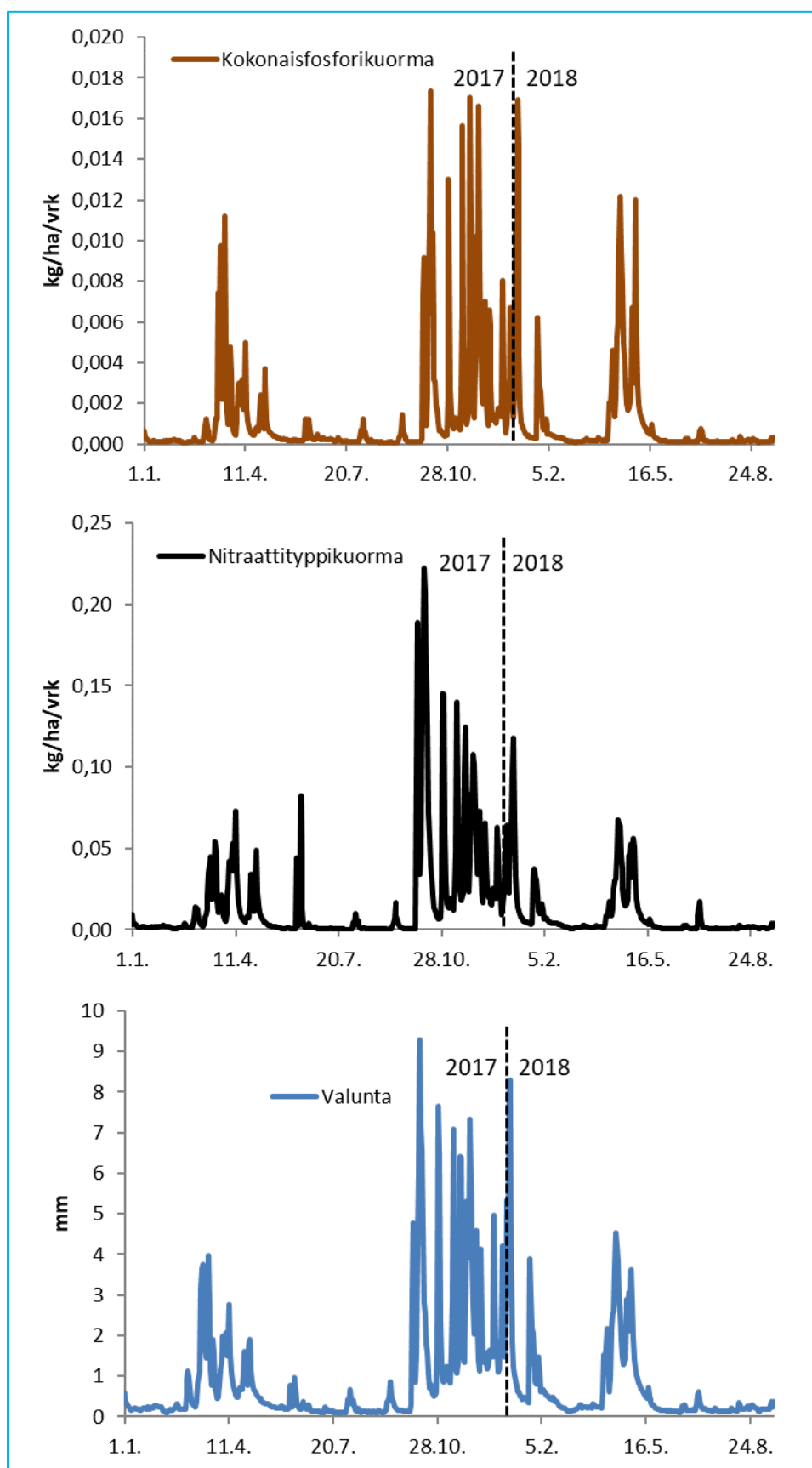
2.1. Lepsämänjoki

Lepsämänjoen automaattiasemalla jatkettiin mittauksia LOHKO-hankkeen ykkösvaiheen tapaan. Hanke kustansi Lepsämänjoen mittaukset vuonna 2017. Uudenmaan Ely-keskus maksoi puolen vuoden mittaukset tammikuusta 2018 alkaen, ja osan 2018 mittauksista maksoi VHVSY. Hankkeen mallintajien käyttöön on toimitettu mittausaineisto syyskuun 2018 puoliväliin asti. Asemalla on tehty mittauksia vuoden 2006 huhtikuusta alkaen. Myös tämä aineisto kokonaisuudessaan toimitettiin hankkeen mallintajien käyttöön. Mittausaikasarjan arvo mallinnuksen kehitystyössä kasvaa sitä mukaa mitä pidempi yhtenäinen sarja on.

Lepsämänjoessa mitattiin Scanin ja YSI:n antureilla suoraan ja edelleen kalibrointiyhtälöiden kautta veden lämpötilaa ja sameutta, nitraattitypen ja kokonaistypen pitoisuutta, kemiallista hapenkulutusta, happipitoisuutta, sähköjohtavuutta, pinnankorkeutta, kiintoainepitoisuutta ja kokonaisfosforipitoisuutta tunnin välein. Virtaaman mittaamiseen käytettiin akustista virtaamamittaria (Sontek IQ). Mittausdata oli koko hankkeen ajan avoimesti nähtävillä Luode Consulting Oy:n datapalvelussa. Fosfaattifosforipitoisuutta mitattiin automaattisesti 23.3. - 26.5.2017 välisenä aikana Systean Micromac-kenttä-analysaattorilla. Vesinäytteitä otettiin Lepsämänjoesta säännöllisesti painottaen ylivirtaamakausia. Joen kuljettamat ravinne- ja kiintoainekuormat laskettiin virtaaman ja pitoisuustiedon perusteella. Mallintajien käyttöön pitoisuus- ja kuormatiedot muunnettiin edelleen vuorokausiarvoiksi.

Vuodet 2017 ja 2018 olivat valuntaolosuhteiltaan kovin erilaisia keskenään. Sademäärä vuonna 2017 oli Nurmijärven Röykän havaintoasemalla 780 mm ja sateet painottuivat erityisesti syyskaudelle. Vuoden 2018 sademäärä marraskuun puoliväliin mennessä oli vain 508 mm. Valuntaerot näkyvät vastaavasti veden laadussa ja kuormituksessa niin vuosien välillä kuin vuodenaikojen erilaisuuden osalta (kuva 11). Lepsämänjoen kuljettama kokonaisfosfori- ja nitraattityppikuormat vuonna 2017 olivat 0,52 ja 6,5 kg/ha, ja kuormituksesta 70 % syntyi loka-joulukuun välisenä aikana. Vuonna 2018 syyskuun puoliväliin mennessä Lepsämänjoen valuma-alueen kokonaisfosfori- ja nitraattityppikuorma olivat vastaavasti 0,27 ja 2,2 kg/ha. Koska sademäärä tämän jälkeenkin on ollut hyvin pieni, on myös syysaikainen kuormitus Lepsämänjoella jäänyt hyvin pieneksi.

Lepsämänjoesta otettiin hankkeen aikana myös vesinäytteitä antureiden toiminnan seuraamiseksi, aineiston kalibrointia varten sekä anturimittausten ulkopuolisten muuttujien seuraamiseksi. Tulokset vuodelta 2017 hankkeen puitteissa otetuista näytteistä on esitetty taulukossa 1.

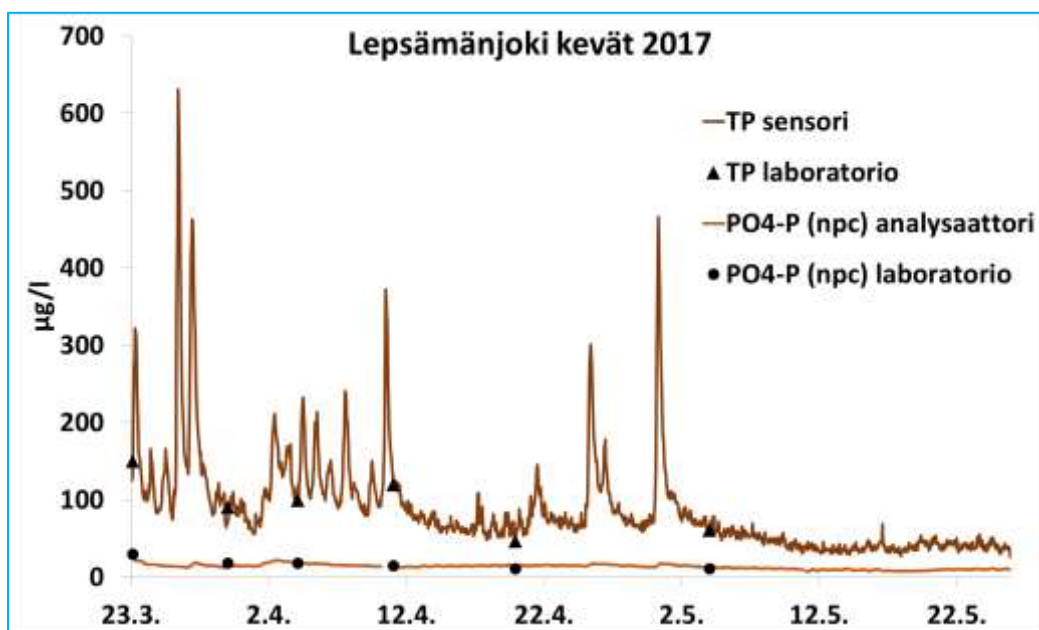


Kuva 11. Lepsämänjoen kokonaisfosforikuorma, nitraattityppikuorma ja valunta vuoden 2017 alusta syyskuun 2018 puoliväliin asti.

Taulukko 1. Lepsämänjoen laboratorioanalyysitulokset 2017.

Pvm ja klo	Sameus FNU	KA (GF/C) mg/l	KA(npc) mg/l	pH	johtokyky µS/cm	Happi mg/l	CODMn mg/l	NH4-N mg/l	NO2+3-N mg/l	TN mg/l	DRP ug/l	TDP ug/l	TP ug/l	PP ug/l	DOC mg/l
16.3.2017 11:30	50	-	-	-	119	-	-	0,18	2,1	3,2	180	200	300	100	17
23.3.2017 10:30	61	-	-	-	121	11,3	-	0,045	1,8	2,9	30	48	150	102	16
29.3.2017 12:30	41	27	35	7,6	139	12,3	20	0,027	1,3	2	18	25	91	66	17
4.4.2017 13:30	45	31	48	6,9	146	12,7	17	0,38	2,2	2,8	18	31	100	69	13
11.4.2017 13:30	57	40	60	6,9	155	11,6	20	0,33	2,7	3,7	15	22	120	98	15
20.4.2017 9:30	25	15	36	7,2	171	-	14	0,023	1	1,5	11	13	47	34	-
4.5.2017 0:00	33	18	31	7,2	172	13,4	18	< 0,004	1,3	2	26	16	61	45	15
27.9.2017 12:00	14	6,3	11	7,5	178	10,4	7,7	0,008	0,39	0,71	17	20	45	25	6,9
4.10.2017 12:30	120	49	120	6,9	187	7,9	27	0,007	2,5	4,1	70	91	270	179	23
11.10.2017 10:30	140	57	110	6,8	119	-	33	< 0,004	1,1	2,4	34	49	230	181	26
18.10.2017 12:30	52	11	52	6,8	159	-	24	0,012	0,98	2,1	30	41	120	79	23
2.11.2017 13:30	44	11	48	6,8	151	10,8	26	0,009	1	1,9	20	26	100	74	21
7.11.2017 13:30	50	11	56	6,7	141	-	25	0,013	0,8	1,7	29	36	110	74	20
28.11.2017 11:50	190	90	140	6,9	94	-	22	< 0,004	0,85	1,9	35	42	240	198	19
min	14	6,3	11	6,7	94	7,9	7,7	< 0,004	0,39	0,71	11	13	45	25	6,9
maks	190	90	140	7,6	187	13,4	33	0,38	2,70	4,10	180	200	300	198	26
keskiarvo	66	31	62	7,0	147	11,3	21,1	0,094	1,4	2,35	38	47	142	95	17,8

Lepsämänjoen mittausasemalla kokeiltiin liuenneen fosforin mittaamista kenttäanalysaattorilla. Ensimmäisen kerran mittauskokeiluja tehtiin jo vuonna 2012 sekä LOHKO I -hankkeessa vuonna 2015. Tuolloin mittauksiin liittyi vielä paljon epävarmuustekijöitä ja haasteita. Fosfaattimittaukset sujuivat kevään 2017 aikana kuitenkin hyvin, ja hankkeen ykkösvaiheessa mittalaitteita vaivanneet reagenssiongelmien oli saatu ratkaistua. Suoraan laitteesta saatu mittausdata vastasi lähinnä laboratoriossa määritettyä suodattamattomista näytteistä analysoitua fosfaattifosforipitoisuutta. Mittausdata pystyttiin kuitenkin kalibroimaan vastaamaan suodatetusta näytteestä määritettyjä fosfaattifosforipitoisuuksia, jota pidetään leville suoraan käyttökelpoisena fosforin fraktionä.

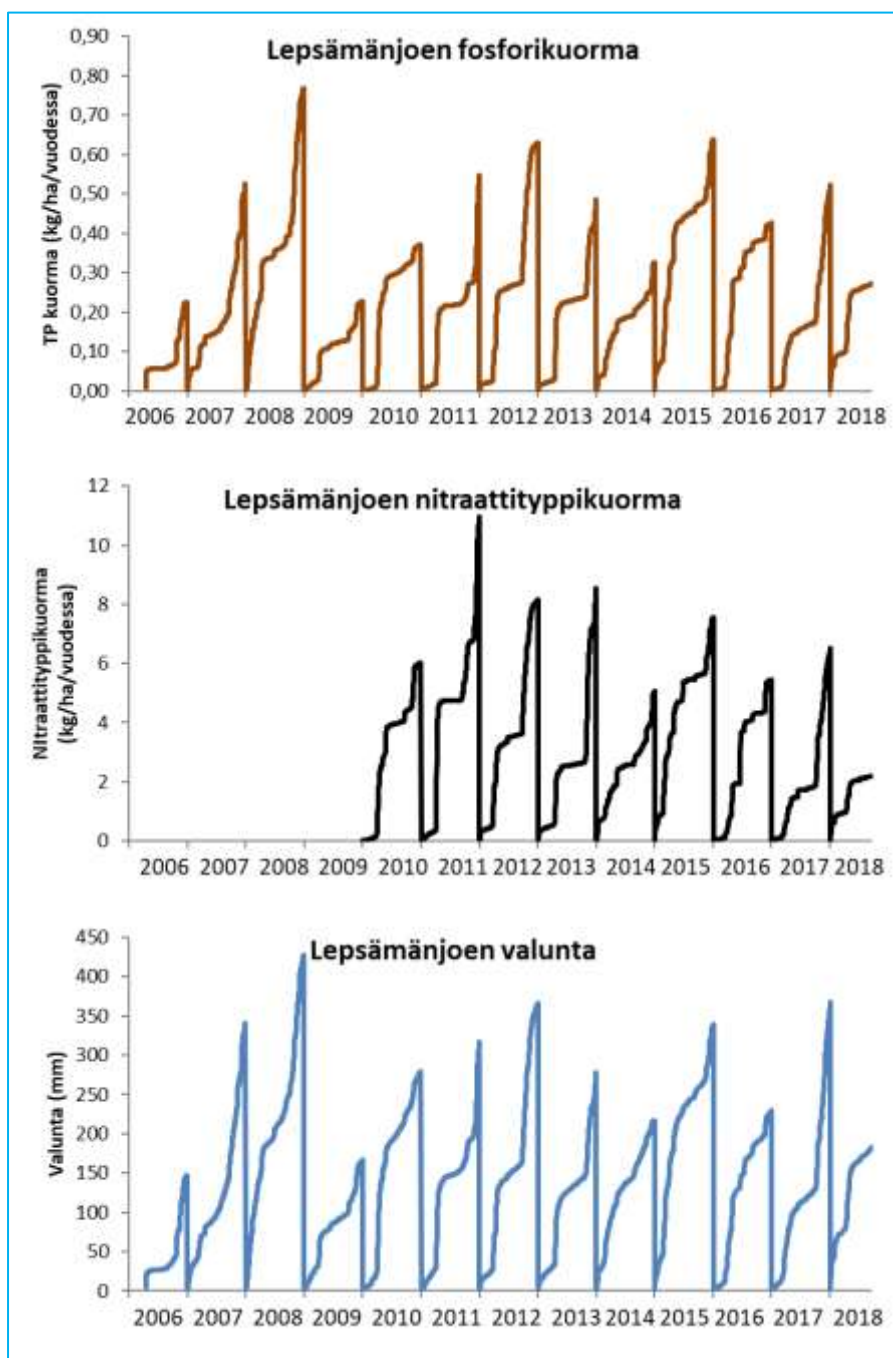


Kuva 12. Fosfaattianalysaattorilla mitattu liuenneen fosforin pitoisuus, laboratoriossa määritetyt arvot sekä sensorin sameudesta laskettu tunnittainen kokonaisfosforipitoisuus ja laboratoriossa määritetyt pitoisuudet Lepsämänjoella keuhällä 2017.

Mittausten perusteella havaittiin liuenneen fosforin pitoisuuksien olevan huomattavasti vähemmän riippuvaisia virtaamasta ja siten pitoisuusvaihtelu oli paljon vähäisempää kuin kiintoainepitoisuudesta riippuvaisen kokonaisfosforipitoisuuden. Vaikka vaihtelu itse liuenneen fosforin pitoisuudessa on vähäistä, vaihtelee sen osuus kokonaisfosforista hyvin voimakkaasti. Täten yksittäisen vesistön liuenneen

fosforin osuutta tai osuudessa tapahtuvaa muutosta ajan suhteessa ei voida luotettavasti määrittää yksittäisten näytteiden perusteella.

Kuvassa 13 on esitetty koko Lepsämänjoen aikasarjasta koostetut kumulatiiviset vuosikuormat ja valunta. Fosforikuorma on Lepsämänoessa ollut alimmillaan kuivana ja vähäsateisena vuonna 2009 ja korkeimmillaan vuoden 2008 sateisissa ja leudoissa olosuhteissa. Fosforikuorma onkin voimakkaasti riippuvainen valunnasta, joka Lepsämänjoen mittauksissa on vaihdellut alle 200 mm ja yli 400 mm välillä. Nitraattityppimittaukset alkoivat vuonna 2007, mutta yhtenäiset vuoden läpi jatkuneet mittaukset otettiin osaksi aseman mittauksia vuonna 2010. Suurimmillaan nitraattityppikuorma oli vuonna 2011 (11 kg/ha) ja pienimmillään vuonna 2014 (5 kg/ha).

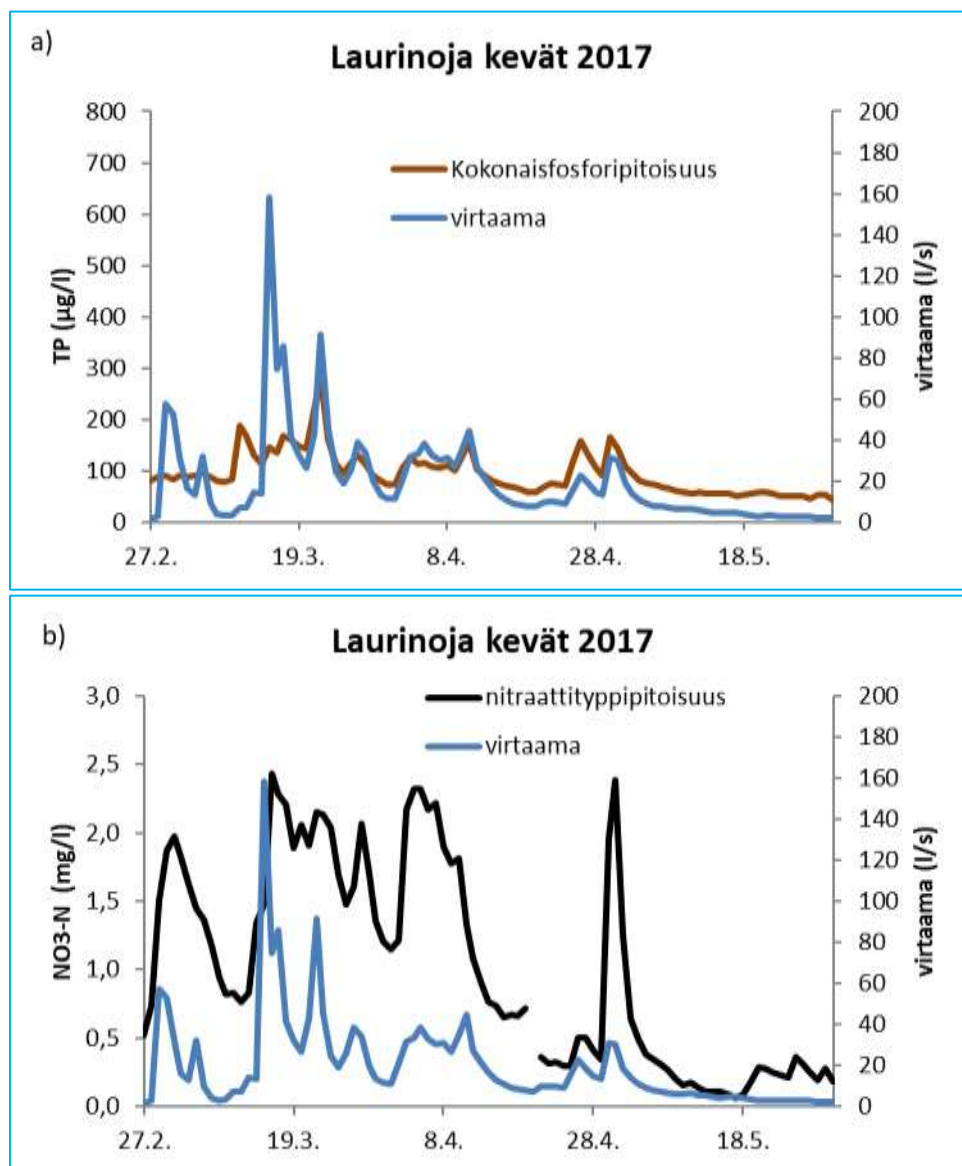


Kuva 13. Lepsämänjoen kumulatiivinen fosforikuorma, nitraattityppikuorma sekä valunta vuosina 2006 - 2018. Sarja alkaa huhtikuusta 2006 ja päättyy syyskuuhun 2018.

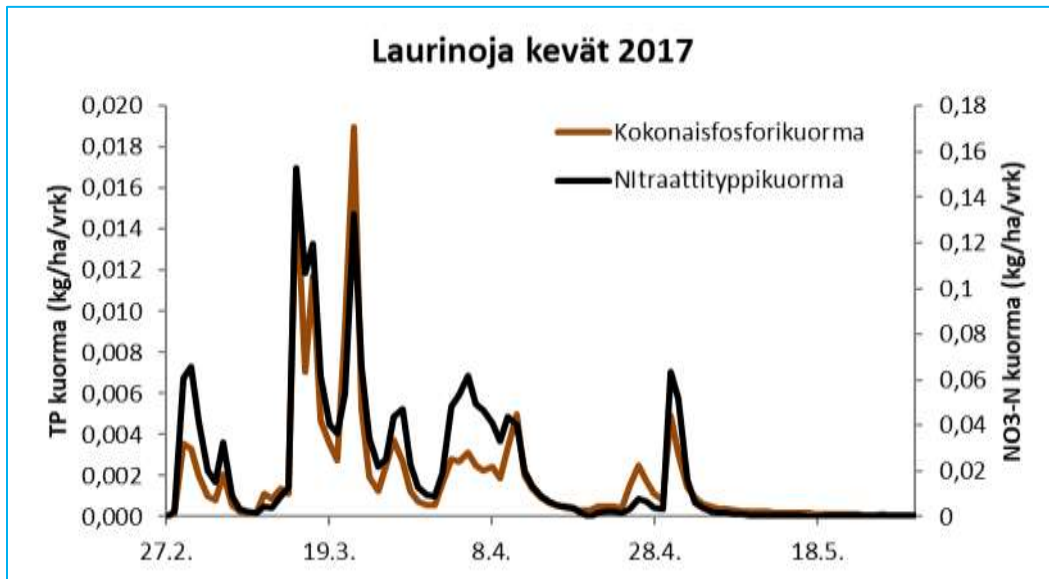
2.2. Laurinoja

Laurinojan valuma-alueen pinta-ala on 1,24 km² ja sen pinta-alasta 48 % on peltoviljelyksessä. Uomaan on asennettu mittapato vuonna 2010 Raha-hankkeen alkuvaiheessa. LOHKO II -hankkeessa automaattimittauksia tehtiin kevään ja syksyn ylivirtaamatilanteissa vuoden 2017 aikana.

Keväällä 2017 Laurinojassa kokonaisfosforipitoisuudet ja kuorma vaihtelivat selvästi virtaaman vaihtelun mukaisesti, ja fosforikuorma olikin korkeimmillaan kevättulvan aikana. Nitraattityypipitoisuuteen vaikutti kevättulvien lisäksi myös huhti-toukokuun sateet, jotka eivät vaikuttaneet kovin voimakkaasti virtaamaan, mutta nostivat nitraattitypen pitoisuuksia ja siten myös kuormaa (kuvat 14, 15).



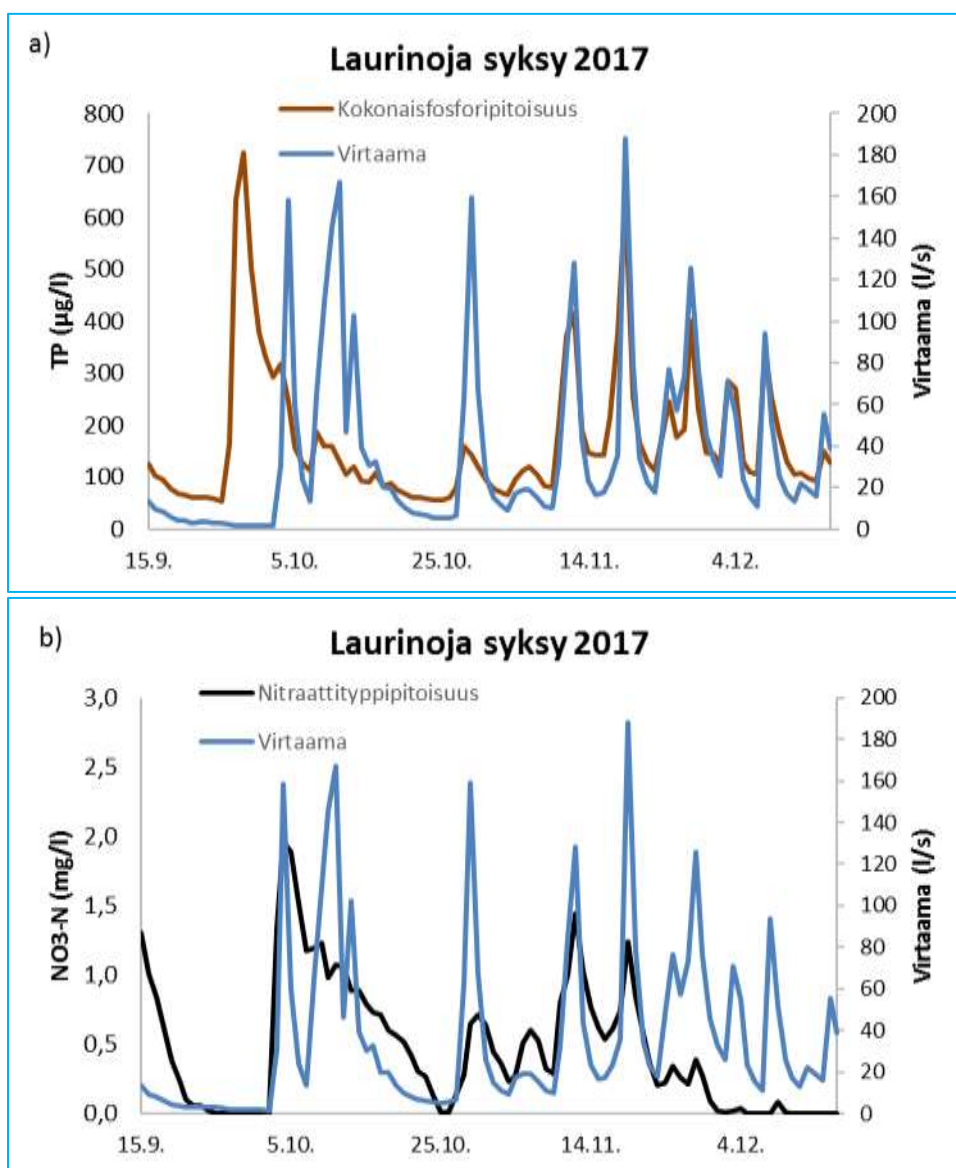
Kuva 14. Laurinojan kokonaisfosforipitoisuus ja virtaama (a) sekä nitraattityypipitoisuus ja virtaama (b) keväällä 2017.



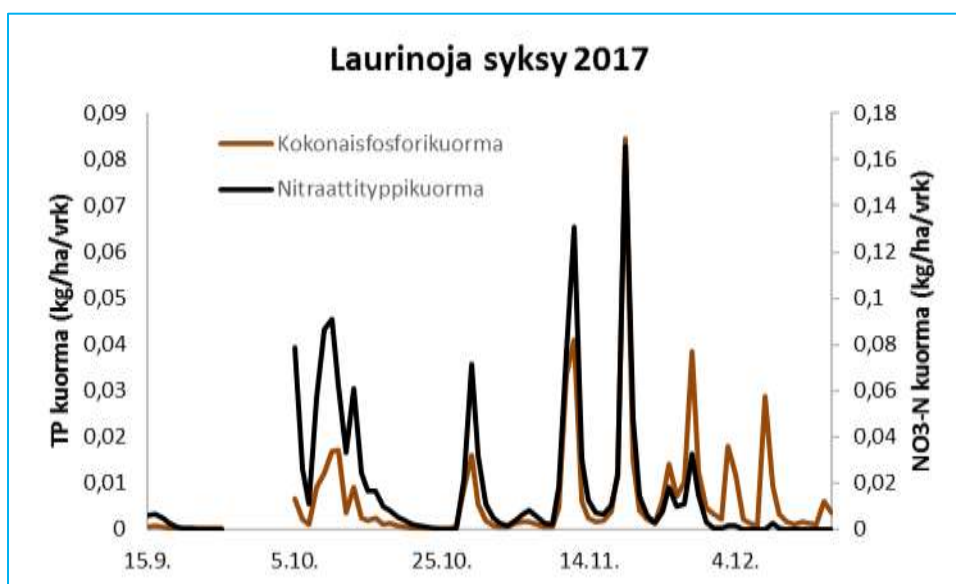
Kuva 15. Laurinojan fosfori- ja nitraattityppikuormat keväällä 2017.

Myös syksyllä 2017 Laurinojan ravinnepitoisuudet ja -kuormat vaihtelivat valunnan vaihtelun mukaisesti (kuvat 16, 17). Mittapadon taakse oli kertynyt vuosien aikana paksuhko kerros sedimenttiä vähentäen mittaustaikaa syvyyttä. Tämä allas, jonne anturit oli asennettu, oli tyhjennettävä, koska pakkasten alkaessa riski laitteiden jäätymiseen kasvaa. Patoallas tyhjennettiin 27.9., kun mittaukset olivat jo alkaneet. Anturit poistettiin ojasta kaivuun ajaksi. Kaivuutöiden aiheuttama veden samennus aiheutti mittausdataan katkon, jonka aikaisia tietoja ei voida käyttää kuormitusarvioihin. Pitoisuustarkastelussa kaivuun aiheuttama samennus on mukana, mutta kuormitusarvioista poistettiin jakso 28.9. - 4.10.2017.

Laurinojasta otettiin mittausjaksojen aikana myös vesinäytteitä, joita hyödynnettiin datan kalibroinnissa sekä tuottamaan tietoa muuttujista, joita antureilla ei voida mitata. Näytteitä otettiin yhteensä 11 kappaletta. Kemiallinen hapenkulutus kaikkien näytteiden osalta oli keskimäärin 18,6 mg/l ja liuenneen fosfaattifosforin pitoisuus 29 µg/l ja sen osuus kokonaisfosforista 22 % (taulukko 2).



Kuva 16. Laurinojan kokonaisfosforipitoisuus ja virtaama (a) sekä nitraattityppipitoisuus ja virtaama (b) syksyllä 2017.



Kuva 17. Laurinojan fosfori- ja nitraattityppikuormat syksyllä 2017.

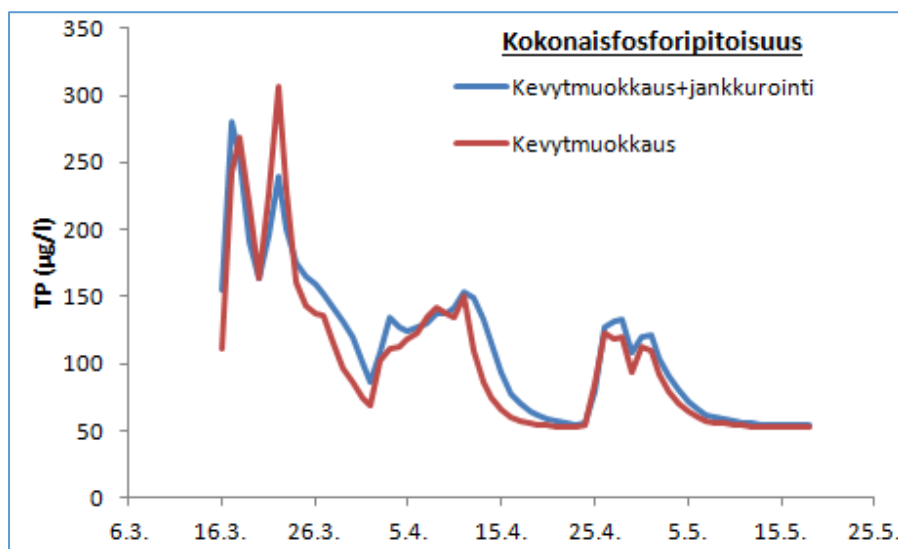
Taulukko 2. Laurinojan vesinäytteiden tulokset kevään ja syksyn 2017 mittausjaksoilta.

Pvm ja klo	Sameus FNU	KA (GF/C) mg/l	KA(npc) mg/l	pH	johtokyky µS/cm	CODMn mg/l	NH4-N mg/l	NO2+3-N mg/l	TN mg/l	DRP ug/l	TDP ug/l	TP ug/l	DOC mg/l
16.3.2017 10:20	76	-	-	-	-	-	0,042	2,8	3,6	65	83	210	15
23.3.2017 9:50	75	-	-	-	-	-	0,005	2,4	3,1	15	26	140	15
29.3.2017 12:00	35	23	38	7,0	128	11	0,005	1,6	2,2	10	16	78	11
4.4.2017 12:30	52	22	51	7,0	140	11	0,013	2,4	3	10	18	100	10
11.4.2017 11:10	75	38	72	7,0	118	16	0,023	1,5	2,6	15	26	140	12
4.10.2017 10:30	210	100	150	6,7	108	27	0,016	2,0	4,1	84	110	380	23
11.10.2017 10:00	77	25	64	6,7	78	30	<0,004	0,6	1,6	30	47	140	23
18.10.2017 12:00	51	16	52	7	121	20	<0,004	0,42	1,3	19	30	110	16
2.11.2017 13:00	33	8,4	32	7,1	120	15	<0,004	0,54	1,2	18	27	68	15
7.11.2017 13:00	54	8,4	44	6,9	117	18	<0,004	0,52	1,3	26	35	35	16
28.11.2017 11:00	270	97	180	6,9	71	19	<0,004	0,44	1,5	26	34	300	15

2.3. Espoo

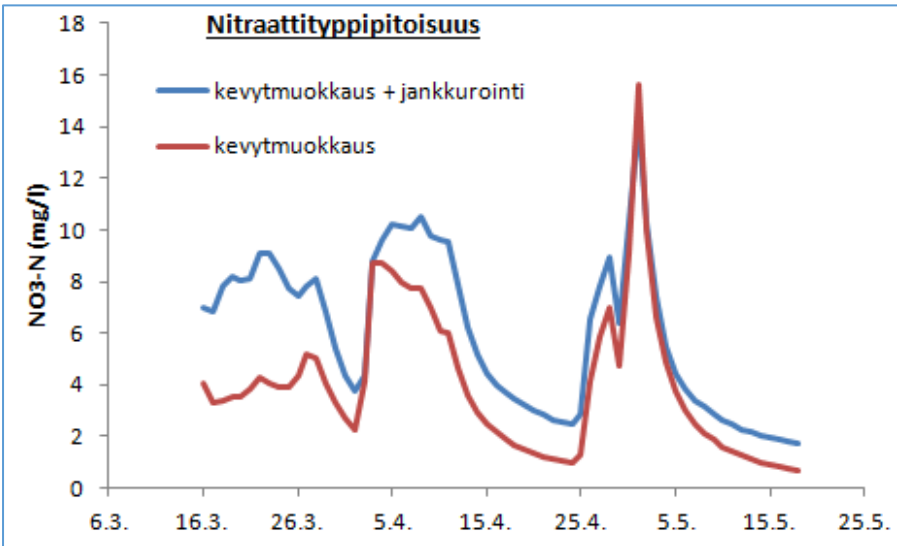
Espoon Röylässä tehtiin salaojamittauksia koko hankkeen ajan kevät- ja syysvaluntatilanteissa. Pelloilla toimenpiteet vaihtelivat siten, että keväällä 2017 vertailtiin syvämuokattujen+kevytmuokattujen peltojen kuormitusta kevytmuokattujen peltojen kuormaan. Syksyllä 2017 ja keväällä 2018 tutkittiin kerääjäkasvien vaikutusta ravinnehuuhtoumiin. Tuolloin kuudesta lohokosta kolmella kasvoi pääkasvin lisäksi italianraiheinää kerääjäkasvina. Syksyllä 2018 kahdelle lohkolle levitettiin kalkkistabiloitua ravinnekuitua. Ravinnekuidun vaikutuksia ei kuitenkaan päästy selvittämään tämän hankkeen aikana, koska kuivuudesta johtuen salaojavaluntaa ei syksyn 2018 aikana syntynyt kuin yhtenä päivänä. Tutkimusasetelmat ovat vaihdelleet sen mukaan, mitä viljelijä on elinkeinonharjoittamiseen pelloillaan tehnyt. Viljelijän suosiollisella avustuksella ja hänen henkilökohtaisen kiinnostuksensa ansiosta asetelmat ovat olleet aina erittäin relevantteja täyttämään ravinnehuuhtoumiin liittyvä tietoaaukkoja.

Syksyllä 2016 viljelijä muokkasi salaojitettut lohkot siten, että kuudesta lohokosta kolme oli kevytmuokattu ja kolme kevytmuokkauksen lisäksi syväkuohkeutettu eli jankkuroitu. Huolimatta muokkauksen monipuolistamisesta ei keväällä 2017 käsittelyjen välillä ollut havaittavissa eroja fosforikuormituksessa (kuva 18). Viljelykasvina kasvukaudella 2016 oli härkäpapu, jonka aluskasvina oli italian raiheinä. Automaattimittausten perusteella erilaiset syyskäsittelyt eivät vaikuttaneet fosfori- ja kiintoainehuuhtoumaan.



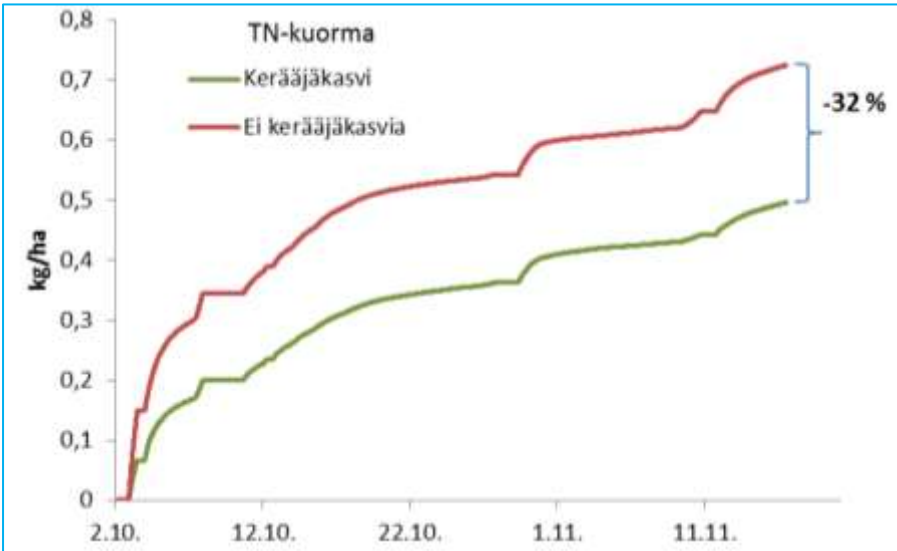
Kuva 18. Salaojien kautta huuhtoutuvat keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat peltojen käsittelyta-voista huolimatta samankaltaiset keväällä 2017.

Nitraattityyppipitoisuudet sen sijaan olivat korkeammat lohkoilla, jotka olivat sekä kevytluokattu että jankkuroitu (kuva 19). Ilmeisesti muokkauksen lisääminen voimistaa typen mineralisaatiota lisäten samalla nitraattitypen huuhtoumaa. Edellissyksyn tuloksissa tilanne oli vastaava.

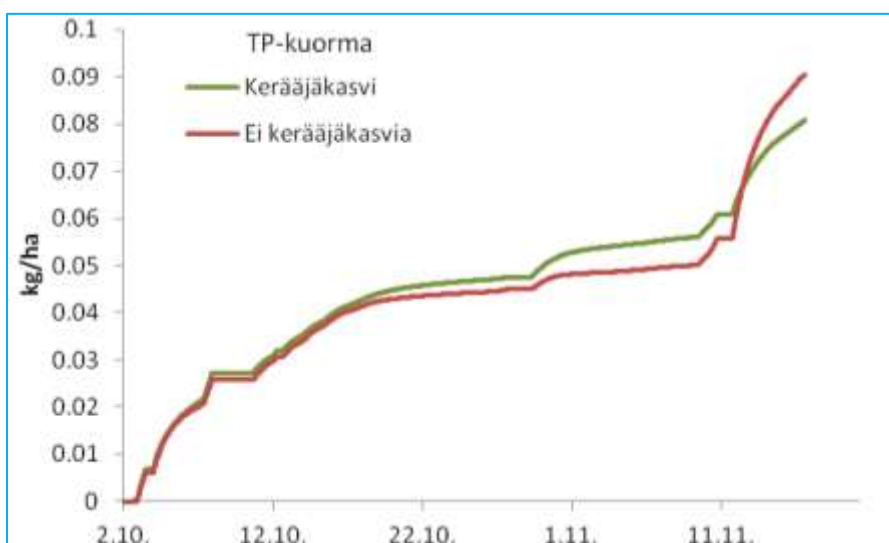


Kuva 19. Nitraattityyppipitoisuudet olivat keväällä 2017 keskimäärin korkeampia lohkoilla, jotka olivat kevytluokauksen lisäksi myös jankkuroitu.

Syksyn 2017 tulosten perusteella havaittiin, että italianraiheinä rypsin kerääjäkasvina vähensi typen huuhtoumaa noin kolmanneksella (kuva 20). Ero oli havaittavissa kaikilla lohkoilla pitoisuuksien ja kuorman osalta tarkasteltuna. Pitoisuustasolla tarkasteltuna kerääjäkasvi ei näyttänyt vaikuttavan fosforihuuhtoumaan, mutta kokonaisfosforikuorma näytti hiukan vähentyneen. Tosin vaihtelu kerääjäkasvilisten/kerääjäkasvittomien lohkojen välillä oli suurta. Tästä syystä lopputuloksena voitaneen todeta, että kerääjäkasvi ei vaikuttanut fosforihuuhtoumaan (kuva 21).

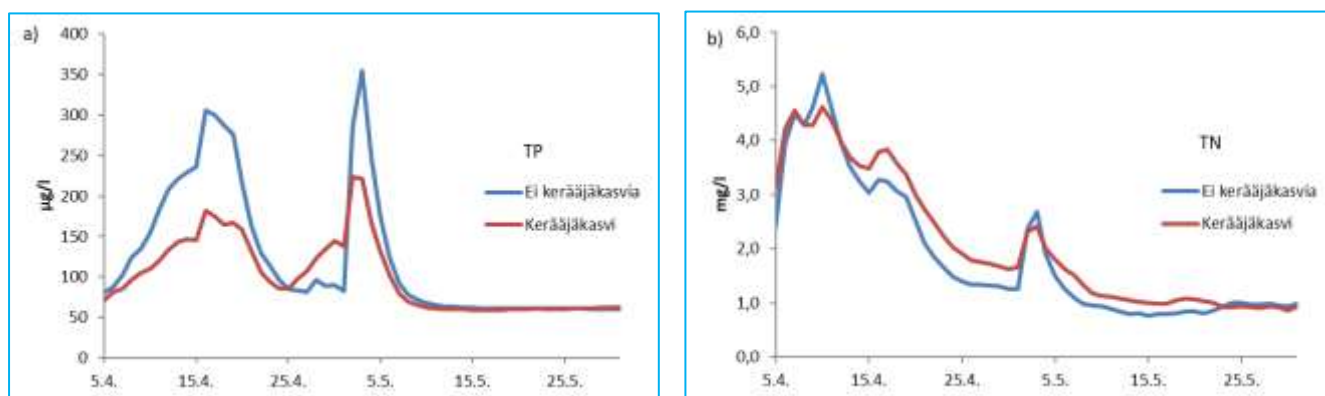


Kuva 20. Italianraiheinä kerääjäkasvina vähensi salaojen kautta huuhtoutuvaa kokonaistyyppikuormaa syksyllä 2017 noin kolmanneksella.

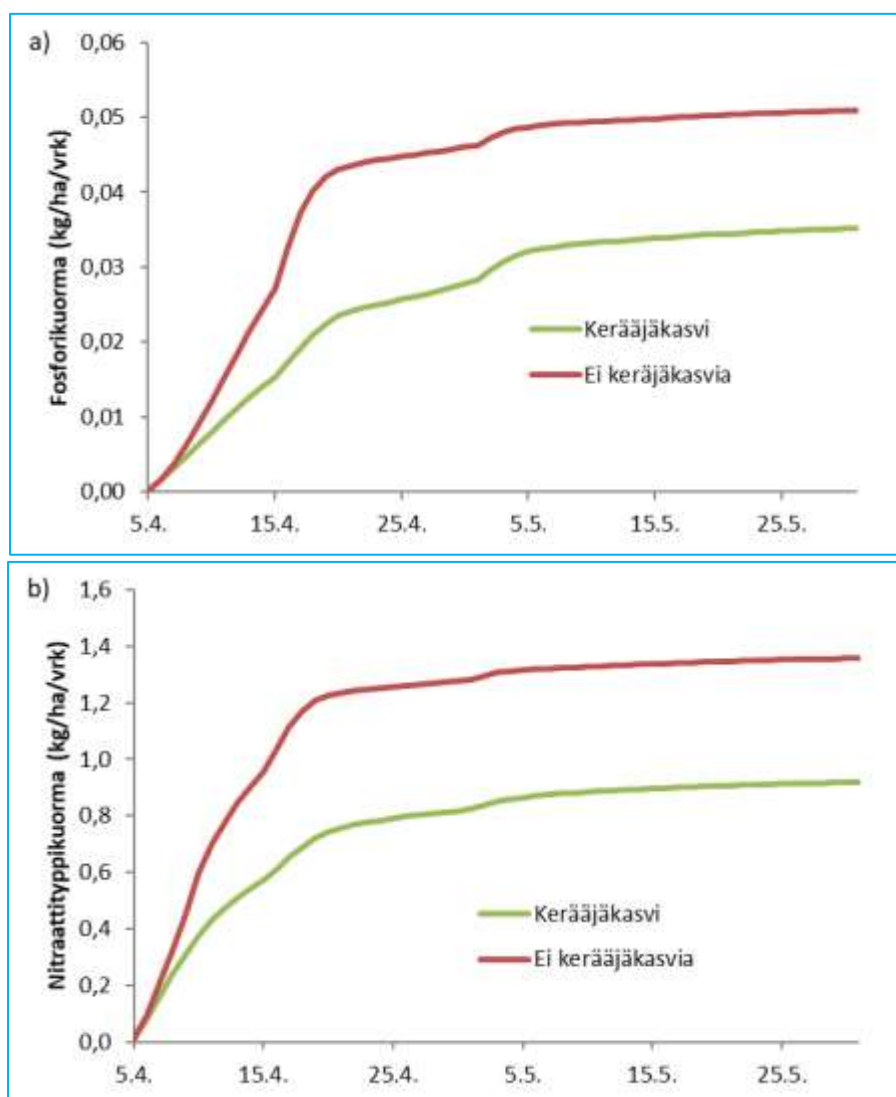


Kuva 21. Kerääjäkasvilla ei ollut vaikutusta kokonaisfosforihuuhtoumaan syksyllä 2017.

Kevään 2018 tulokset eivät olleet niin yksiselitteisiä kuin syksyllä 2017 (kuvat 22, 23). Pitoisuustasolla kokonaistypen ja nitraattitypen osalta eroa ei näyttäisi enää olevan, mutta kokonaisfosforipitoisuudet olivat keskimäärin noin viidenneksen pienempiä kerääjäkasvilohkoilla (124 ja 101 $\mu\text{g/l}$). Haasteena kevään tulosten vertailussa on se, että lohkoilta valuvan veden määrät olivat kovin erilaisia. Vaihteluväli lohkojen valunnoissa oli 24:stä 49 millimetriin mittausaikana. Vaikka rinnakkaisia kerääjäkasvittomia ja -kasvillisia lohkoja on koeasetelmassa kolme kappaletta, painottuivat kaikki suuremman valunnan omaavat lohkot kerääjäkasvittomiin ja näiden lohkojen valunta olikin keskimäärin jopa kolmanneksen suurempi kuin kerääjäkasvittomien lohkojen. Sitä, mikä osuus edellisvuoden kerääjäkasveilla on seuraavan kevään valuntoihin, ei ole tiedossa. Syksyllä eroja valunnoissa ei ollut, ja erot kuormituksessa selittyivät pitoisuuseroilla.



Kuva 22. Keväällä 2018 kokonaisfosforipitoisuudet olivat korkeampia kerääjäkasvittomilla lohkoilla (a), mutta kokonaistypen osalta pitoisuudet olivat keskimäärin saman suuruisia (b).



Kuva 23. Salaojen kautta huuhtoutuva fosfori- (a) ja nitraattityppikuorma (b) keväällä 2018.

3. Miksi automaattista vedenlaadunseuranta tarviita?

Jokien ja pienenpien virtavesien kuljettamaa ravinnekuormaa on perinteisesti tutkittu ottamalla uomasta muutaman viikon tai kuukauden välein vesinäyte, josta laboratoriossa tehtävien analyysien perusteella saadaan tieto näytteenottohetken ravinnepitoisuuksista. Virtavesissä tapahtuvat veden laadun ja määrän muutokset ovat kuitenkin niin nopeita, että näin harvalla näytteenottovälillä todelliset vaihtelut jäävät havaitsematta. Kun näiden yksittäisten näytteiden perusteella lähdetään arvioimaan esimerkiksi vuotuista ravinnekuormaa, voi tulos olla hyvinkin virheellinen. Tästä syystä on kehitetty uusia ja tarkempia automaattimittausmenetelmiä, joiden avulla veden laatua ja virtaamaa voidaan seurata esimerkiksi 15 minuutin tai tunnin välein.

Automaattimittaukset vesistötutkimuksissa ja seurannoissa ovat yleistyneet Suomessa viime vuosina, mutta niiden hyödyntämisessä on vielä paljon kehitettävää. Yksinkertaiset kuormituksen tarkentamiseen tähtäävät mittaukset ovat sinänsä hyviä, mutta menetelmän hyödyntäminen kohti pidemmälle vieviä sovelluksia on paikallaan. Ravinnekuormitusmalleilla voidaan kustannustehokkaasti arvioida vesistöjen tilaa Euroopan unionin vesipuitedirektiivin edellyttämällä tavalla. Mallien lähtöaineistot perustu-

vat kuitenkin usein yleistykseen ja keskiarvoihin sekä mallien validointi ja kalibrointi yksittäisten vesinäytteiden perusteella tehtäviin kuormitusarvioihin. Näytteenottotiheydellä on havaittu olevan suuri merkitys ravinnekuormitusarvioiden kannalta.

LOHKO - ja LOHKO II-hankkeissa hyödynnettiin automaattista veden laadun seurantaan eri mittakaavan valuma-alueilla tuottamaan tarkkaa tietoa VEMALA/ICECREAM-mallin kehittämistä varten. Mallit tarvitsevat tuekseen aitoja havaintoja veden laadusta ja virtaamasta. Seurantamenetelmien kehittyessä kohti automaattimittauksia antaa tämä myös erinomaisen mahdollisuuden kehittää malleja yhä tarkemmiksi.

Mallinnukselle haasteellisia tilanteita syntyy useita kertoja vuoden aikana, kun valumavedet liittävä peltöjen puolella tapahtuvia ilmiöitä osaksi vesistössä tapahtuvia muutoksia. Veden määrä ja laatu vaihtelevat savisilla peltovaltaisilla valuma-alueilla hyvin nopeasti lumen sulamisen tai sateiden yhteydessä. Esimerkiksi Lepsämänjoella kasvukauden alkupuolelle osuneet voimakkaat sadekuurot saattavat huuhtoa suuria määriä typpeä pelloilta jokeen. Jos edeltävät olosuhteet ovat vähäsateisia ja vesi imeytyy maahan ja osin haihtuu, niin virtaama ei välttämättä kasva sademäärään nähden korkeaksi, mutta pitoisuudet saattavat nousta voimakkaasti. Esimerkiksi kesäkuussa 2016 Lepsämänjoen yläosan valuma-alueella satoi neljän päivän aikana 76 mm vettä. Näin voimakas sade nosti nitraattityppipitoisuuden lisäksi myös virtaamaa, ja siten kuorma kasvoi hyvin suureksi. Korkeimmillaan joki kuljetti toistasataa kiloa nitraattityppeä tunnin aikana.

4. Maan lämpötilan ja kosteuden seuranta

Maan lämpötilaa ja kosteutta seurattiin Vihdin Laurinojan valuma-alueella Soilscout-sensorien avulla kolmessa eri mittauspisteessä ja kahdessa eri syvyydessä. Sensorit oli upotettu pellon muokkauskerrokseen 12 ja 28 senttimetrin syvyyteen eri suuntaan kalteville peltolohkoille. Sensorit lähettivät mittauksien keskusasemalle, joka lähetti tiedot edelleen Soilscoutin palvelimelle. Täällä tiedot olivat nähtävillä graafisesti esitettynä ja ladattavissa jatkokäyttöä varten.



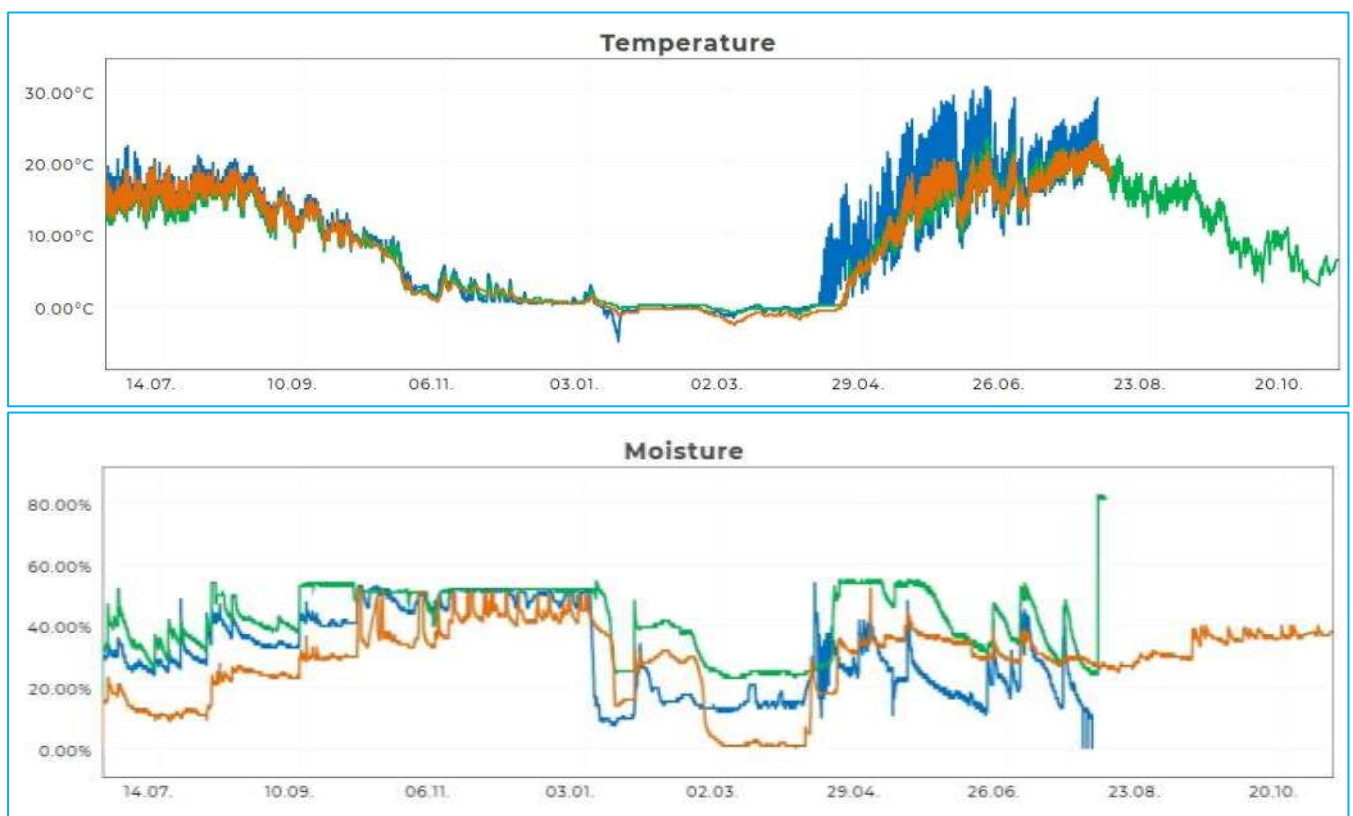
Kuva: VHVSY

Sensoreissa oli paljon teknisiä ongelmia, jotka johtuivat puutteista niiden kosteuden kestävyudessa ja viallisista komponenteista. Ongelmat johtivat siihen, että vasta 20.6.2017 alkaen sensorit alkoivat tuottaa mittauksia, kun ne kaikki vaihdettiin kolmannen kerran uusiin. Lisäksi mittauksissa koettiin haasteita, jotka liittyivät signaalin heikkoon kulkuun kostean maakerroksen läpi. Laitetoimittajan kanssa käytiin keskustelua ongelmista ja haasteista. Jos mittauksia savimaassa halutaan vielä jatkossa tehdä tällä alueella tai muissa hankkeissa, tulisi signaalin kulku varmistaa erillisellä signaalin vahvistimella.

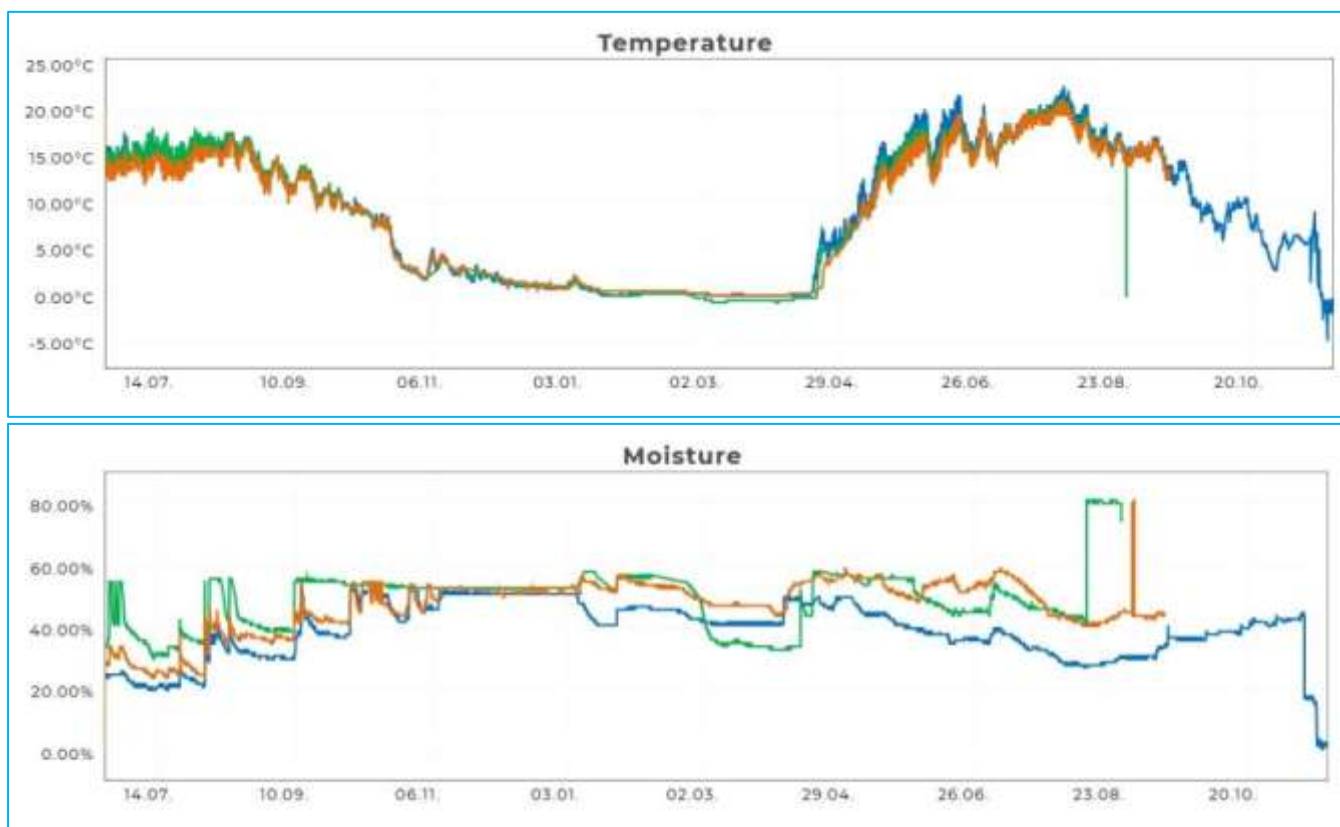
Sensorien ja tukiaseman asennus tehtiin alun perin laitetoimittajan ohjeiden mukaan siten, että signaalin kulku olisi mahdollinen kaikkein haastavimmissakin olosuhteissa. Tästä syystä signaalin vahvistimen tuomia lisäkuluja ei hankebudjetissa oltu huomioitu eikä vahvistinta hankittu. Kuten veden laadun mittauksissakin, myös maaperän sensorimittauksissa ensimmäiset kokemukset paljastavat menetelmän heikkoudet, joista voidaan ottaa opiksi ja edelleen kehittää tiettyihin olosuhteisiin sopivia ja varmatoimisia laitteita. Langattomiin sensoreihin päädyttiin alun perin siksi, että näin pellon normaaleja viljelykäytäntöjä voitaisiin jatkaa sensoreista välittämättä. Koska signaalin kulku maasta heikkenee kosteuden lisääntyessä ja maanpäällisen kasvillisuuden (satokasvi) lisääntyessä, paranee signaali merkittävästi, jos sensorista lähtee signaalin kulun mahdollistava johto maan pinnalle. Tällaiset langalliset versiot eivät

kuitenkaan välttämättä sovi normaalissa viljelykäytössä oleville pelloille, jos sensoreita ei poisteta joka kerta, kun pellolla tehdään esimerkiksi muokkaus-, kylvö-, sadonkorjuu- tai ruiskutustoimenpiteitä.

Pellon lämpötilan mittaukset osoittivat, että pintamaassa yleensä ja erityisesti etelän suuntaan kaltevalla rinteellä vuorokauden lämpötilavaihtelu oli kaikkein voimakkainta (kuvat 24, 25). Pintamaa jäätui tammikuun puolivälissä ja sulii huhtikuun vaihteessa. Maa oli jässä syvemmässä kerroksessa maaliskuun alkupuolelta alkaen, mutta se sulii vasta huhtikuun puolivälissä. Kosteus oli keskimäärin korkein tasaisessa notkokohdassa, jonne valui rinteestä vettä ja haihdunta oli vähäisempää. Syvemmällä kosteuserot tasoittuivat, ja lämpötilan vaihtelu oli vähäisempää ja se tapahtui hitaammin verrattuna pinta- maahan.



Kuva 24. Laurinojan peltomaan lämpötila ja kosteus pintakerroksessa (12 cm) kesäkuusta 2017 marraskuuhun 2018. (sininen viiva = rinne etelään, vihreä viiva = tasainen notko ja oranssi viiva = pohjoisrinne)

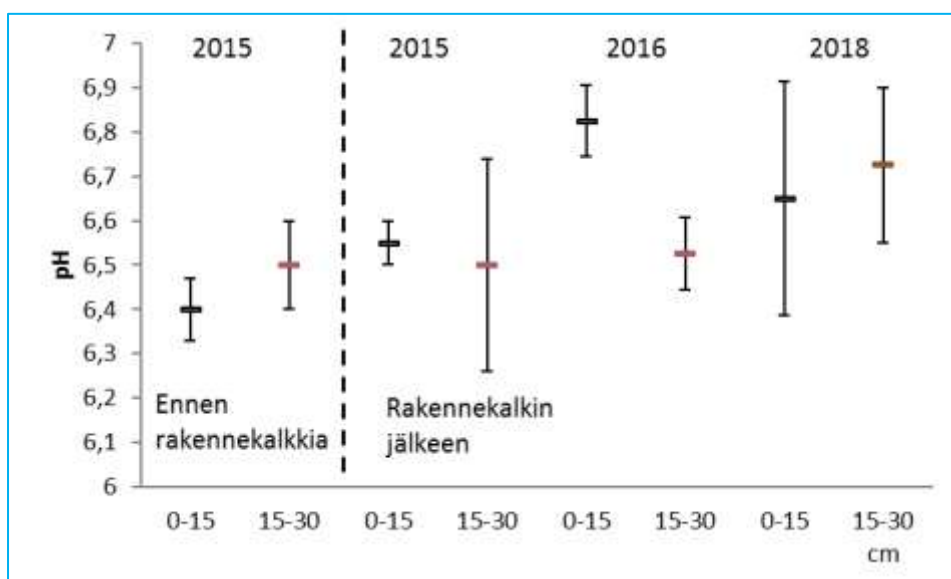


Kuva 25. Laurinojan lämpötila ja kosteus 27 sentin syvyydellä kesäkuusta 2017 marraskuuhun 2018. (sininen viiva = rinne etelään, vihreä viiva = tasainen notko ja oranssi viiva = pohjoisrinne)

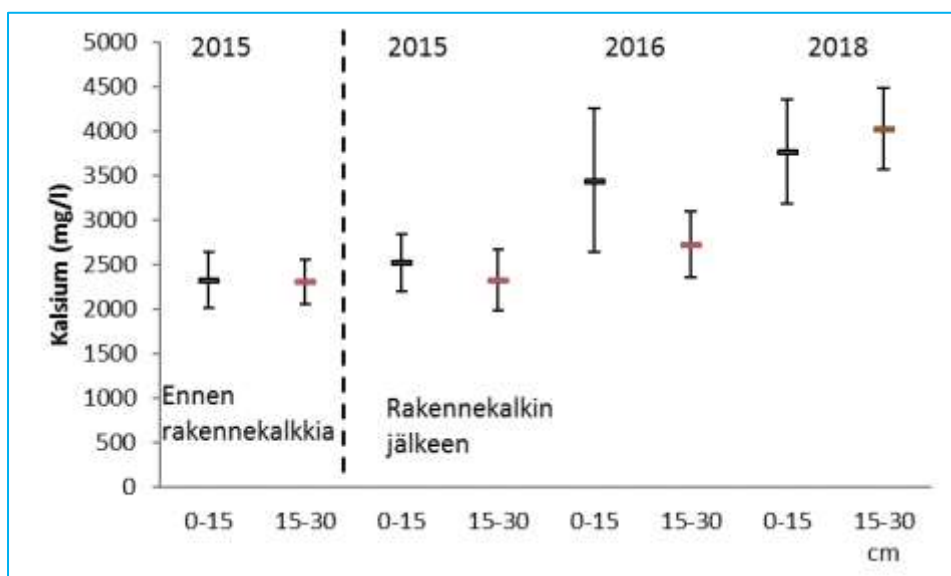
5. Rakennekalkitus

Laurinojan pellolle levitettiin rakennekalkkia lokakuussa 2015 LOHKO-hankkeen ensimmäisessä osassa. Levitysolosuhteet eivät olleet optimaaliset, koska ilman keskilämpötila oli 5 vuorokautta ennen ja jälkeen levityspäivän vain 3,3 astetta. Edellisenä yönä lämpötila oli jopa pakkasen puolella. Ruotsissa rakennekalkki suositellaan levitettäväksi ja sekoitettavaksi maahan mahdollisimman pian sadonkorjuun jälkeen, jolloin lämpötilaolot ovat rakennekalkin toivotunlaiselle ravinnehuutoumia vähentävälle reaktiolle paremmat kuin myöhemmin syksyllä. Myös kalkin sekoitus tulee tehdä mahdollisimman nopeasti levityksen jälkeen, mieluiten vuorokauden sisällä. Tämä vaatimus ei täyttynyt koko levityspinta-alan osalta, vaan osa pelloista muokattiin vasta kahden seuraavan vuorokauden aikana.

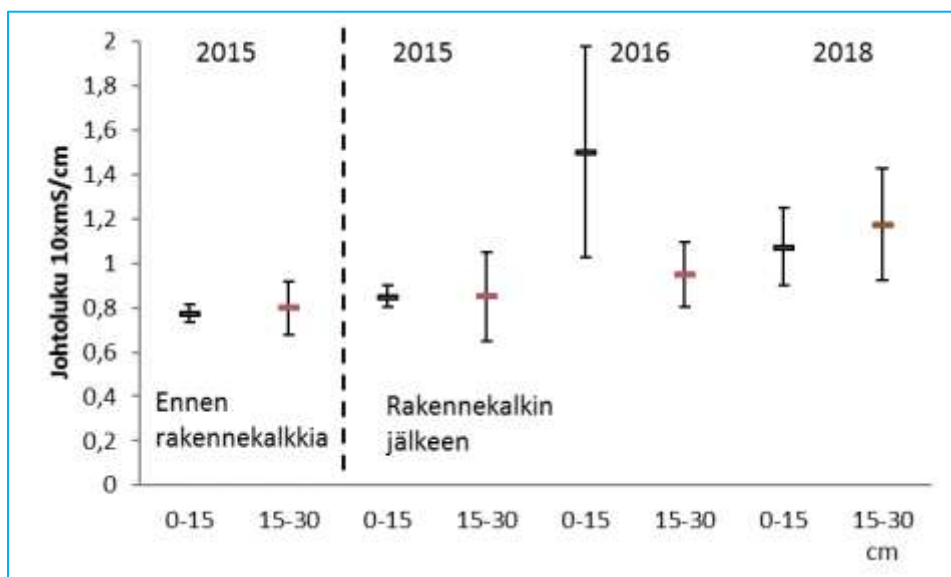
Rakennekalkki nosti heti levityksen jälkeen pellon pintamaan (0 - 15 cm) pH:ta 0,1 - 0,2 yksikköä (kuva 26). Levityksen jälkeen pH oli 6,5 - 6,6. Kolme vuotta levityksen jälkeen sekä pintamaan että pohjamaan (15 - 30 cm) pH olivat edelleen korkeampia kuin levitystä ennen. Pohjamaan pH oli jopa noussut vuoden 2016 tasosta, mutta pintamaan arvot olivat hieman laskeneet. Pintamaan kalsiumpitoisuus nousi levityksen jälkeen noin 200 mg/l (kuva 27). Kolmen vuoden kuluttua pitoisuudet olivat kuitenkin vielä paljon korkeammat, ja pintamaan Ca-pitoisuus oli jopa yli 4 000 mg/l. Johtoluvussa ei havaittu muutosta heti levityksen jälkeen, ja vaikka vuoden 2016 piikki jätetään huomioimatta, voidaan todeta johtoluvun olevan noussut kalkitusta edeltävästä tasosta (kuva 28).



Kuva 26. Laurinojan rakennekalkittujen lohkojen pH-arvot ennen ja jälkeen kalkituksen.

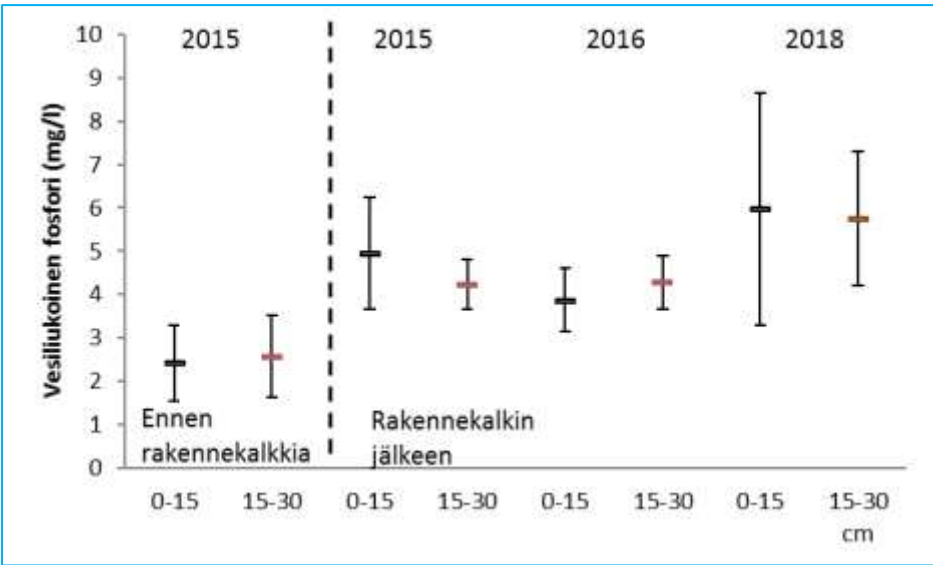


Kuva 27. Laurinojan peltojen kalsiumpitoisuuden muutokset rakennekalkin levityksen jälkeen.



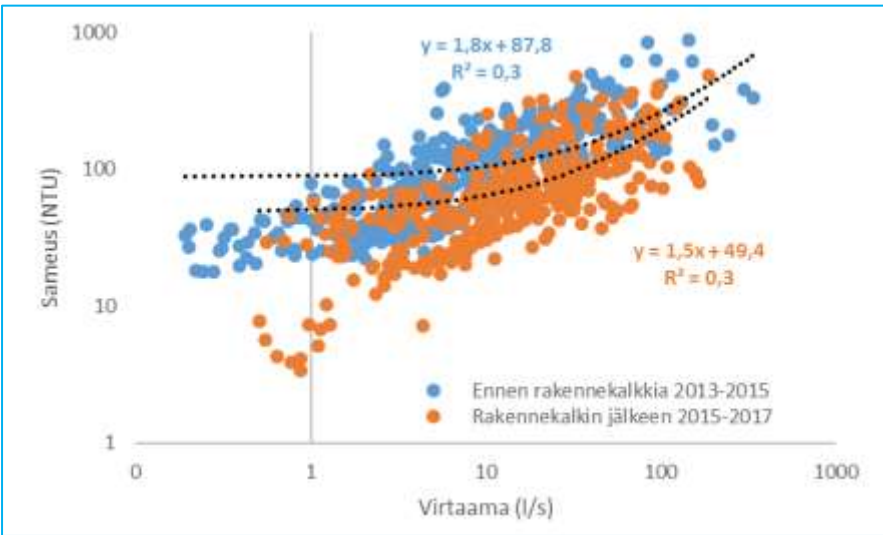
Kuva 28. Laurinojan rakennekalkittujen lohkojen johtoluku ennen ja jälkeen kalkituksen.

Vaikka P-luvut eivät juuri ole pelloilla muuttuneet, vesiliukoisen fosforin pitoisuudet nousivat heti rakennekalkikäsittelyn jälkeen ja olivat 2018 koko maapatsaassa jopa yli kaksinkertaiset rakennekalkkia edeltävään tasoon (kuva 29).



Kuva 29. Laurinojan rakennekalkittujen lohkojen vesiliukoisen fosforin pitoisuus ennen ja jälkeen kalkituksen.

Rakennekalkin vesistövaikutuksia seurattiin hankkeen ensimmäisessä osassa, mutta kuormituksessa ei havaittu selviä muutoksia. Vuonna 2016 syksyllä sameuden havaittiin alentuneen verrattuna aikaisempiin vuosiin, mutta tuolloin hyvin kuivien olosuhteiden ajateltiin vaikuttaneen peltojen eroosioon ja siten valumaveden sameuteen. Tästä syystä vaikutusten seuranta jatkettiin Laurinojalla vuonna 2017. Kun tarkasteluun otettiin mukaan myös erittäin sateinen vuosi 2017 ja erityisesti syksyn mittausjakso, havaittiin sameuden edelleen olevan alemmalla tasolla vertailujaksoon 2013 - 2015 verrattuna (kuva 30). Vertailtaessa virtaaman ja sameuden välistä suhdetta ennen rakennekalkin levitystä (2013 - 2015) ja sen jälkeen (2015 - 2017) havaittiin Laurinojan sameuden vähentyneen 34 %. Tätä voidaan pitää hyvänä tuloksena, kun muistetaan, että levitystä ja multausta ei tehty parhaaseen mahdolliseen aikaan ja tavalla. Vähemmän laskettiin käyttämällä virtaaman ja sameuden välistä suhdetta, joka vallitsi ennen rakennekalkin levittämistä. Näin saatiin arvioitua sameuden suhteellinen muutos.



Kuva 30. Virtaaman ja sameuden välinen suhde Laurinojassa ennen rakennekalkin levittämistä 2013 - 2015 ja sen levittämisen jälkeen 2015 - 2017.