



Lohkon ominaispiirteet huomioiva ravinnekuormitusmallinnus
ja sen kehittäminen (LOHKO-hanke)
Dnro YM103/481/2014
Loppuraportti 1.1.2015 - 31.12.2016

Sisällys

Sisällys 2

 Tiivistelmä 3

 1. Hankkeen tausta ja tavoitteet 4

 1.1. Tausta..... 4

 1.2. Tavoitteet 4

 2. Hankkeen osapuolet..... 5

 3. Hankkeen päätoimenpiteet ja niiden tulokset 5

 3.1. Vedenlaadunseuranta ja viljelytietojen keruu Lounais-Suomessa 5

 3.1.1. Vedenlaatu 5

 3.1.2. Viljelytietojen keruu 8

 3.2. Vedenlaadun ja maan lämpötilan seuranta sekä viljelytietojen keruu Uudellamaalla 9

 3.2.1. Vedenlaatu 9

 3.2.2. Viljelytietojen keruu 14

 3.2.3. Maan lämpötilan seuranta 14

 3.3. Maanäytteen ja rakennekalkkikokeilu..... 14

 3.4. Mallinnus..... 17

 3.4.1. Mallin kehittäminen 17

 3.4.2. Lohkokohtaiset kuormitusarviot 18

 4. Lohkokohtaisen tiedon puutteesta johtuva epävarmuus mallinnuksessa 22

 5. Automaattisen vedenlaadun seurannan merkitys..... 24

 6. Hankkeen tavoitteiden toteutuminen..... 26

5. Hankkeen vaikuttavuus 26

6. Viestintä 26

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen..... 29

8. Talousraportti..... 30

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten 30

10. Johtopäätökset..... 31

Liitteet 33

Tiivistelmä

Peltoviljelystä aiheutuu aina kuormitusta vesistöön. Se kuinka suurta kuormitus on, riippuu paljon säätekijöistä, mutta riskiä voidaan vähentää erilaisin viljelytoimenpitein. Jotta toimenpiteiden valinta ja kohdentaminen sekä vesiensuojelun hallinnollinen ohjaus osataan tehdä oikein maatalouden aiheuttaman vesienkuormituspotentiaalin minimoimiseksi, tulee niin viljelijän, neuvonnan kuin hallinnon tietää tarkasti, mikä vaikutus eri viljelymenetelmillä on ravinnekuormitukseen (N, P) ja eroosioon.

Toimenpiteiden vaikutusta ei voida mitata pelto-olosuhteissa kaikissa mahdollisissa tilanteissa, jolloin avuksi tarvitaan kuormitusmalleja. Malleihin liittyy kuitenkin paljon epävarmuustekijöitä. Esimerkiksi mitattua aineistoa mallin lähtötiedoksi on vain rajoitetusti saatavilla, joka vaikeuttaa mallin kalibrointia ja testausta. LOHKO-hankkeessa pyrittiin parantamaan tilannetta. Hankkeessa tarkennettiin VEMALA/ICECREAM-ravinnekuormitusmallia siten, että se kuvaa entistä paremmin erityyppisten peltojen kuormitusta nykytilassa ja muutamien viljelyvaihtoehtojen vaikutusta kuormitukseen. Mallin tarkentamista jatketaan edelleen LOHKO II-hankkeessa.

LOHKO-hankkeessa mitattua aineistoa kerättiin viidellä valuma-alueella Uudellamaalla ja Lounais-Suomessa. Alueilla seurattiin muun muassa veden laatua, valuntaa ja kerättiin viljelijöiltä lohko-kohtaisia viljelytietoja. Lisäksi kehitettiin rakennekalkin vaikutusta pellolta tulevaan ravinnekuormitusriskiin. Vaikutus ei tullut nopeasti esiin, mutta aivan hankkeen lopussa saatiin viitteitä kuormitusta vähentävästä vaikutuksesta. Tilannetta seurataan jatkohankkeessa asian varmistamiseksi.

Lohko-kohtaisen tiedon saatavuus on yksi maatalouden ympäristökuormitusmallinnuksen pullonkauloista. Lohko-kohtaiset tiedot, kuten viljavuustiedot, ovat suurelta osin viljelijöiden omistamaa ja heidän hallinnassaan. LOHKO-hankkeen selvityksessä kartoitettiin lohko-kohtaisen tiedon, erityisesti viljavuustiedon, käytön edellytyksiä nykyistä laajemmin ja helpommin tutkimuksessa ja hallinnossa. Selvityksessä otettiin huomioon eri osapuolten näkemykset ja siinä kuvattiin lohko-kohtaisen tiedon käytön hyötyjä ja haittoja tiedon omistajien, käyttäjien ja tuottajien (mm. ympäristö- ja maataloushallinto, tutkimus, viljelijät, edunvalvonta, neuvonta, viljavuuslaboratoriot) näkökulmasta.

Viljelijät suhtautuivat varauksellisesti tietojen luovuttamiseen hallinnon ja tutkimuksen käyttöön. Viljelijät epäilivät, että tieto johtaa muun muassa uusiin rajoituksiin, lisää valvontaa ja byrokratiaa. Todellisista lohko-kohtaisista lähtötiedoista olisi kuitenkin hyötyä mallien tarkentumisen kautta. Tällöin arvio peltojen ravinnekuormituksen osuudesta nykyisestä vesistöjen kokonaiskuormituksesta tarkentuisi kuten myös arviot mahdollisuuksista vaikuttaa viljelytoimenpiteillä vesistöjen ravinnekuormitukseen. Arviot ovat lähtötietona muun muassa vesien- ja merenhoidon suunnittelussa, jossa niin maataloudelle kuin muillekin sektoreille asetetaan tavoitteita vesien tilan parantamiseksi. Laskentamalleilla pystyttäisiin arvioimaan entistä paremmin peltolohko-kohtaisesti eri kuormitusvähennystoimenpiteiden hyötyjä ja kohdentamaan toimenpiteitä kustannustehokkaasti sinne, missä toimenpiteillä on haluttu vaikutus. Tämä vähentää myös sattumanvaraista, vain kustannuksia aiheuttavaa työtä lohkoilla, joilla tietyllä toimintamallilla ei ole haluttua vaikutusta.

Hankkeeseen osallistuvat viljelijät saivat käyttöönsä omaa tilaa koskevat mittaustulokset sekä mallin tuottamat peltolohko-kohtaiset tiedot eri viljelyvaihtoehtojen vaikutuksesta ravinnehuuhtoumiin ja eroosioon. Tämä auttaa viljelijää tunnistamaan menetelmät, joilla tilan ravinnekuormituspotentiaalia voidaan parhaiten vähentää. Tarkennetulla mallia hyödynnetään myös arvioitaessa vesistöille ja merialueille asetettujen ravinnevähennystavoitteiden toteutusmahdollisuuksia ja kustannustehokkuutta. Lisäksi mallin tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää ympäristöneuvonnassa ja normiohjauksen kehittämisessä.

Lohko-hankkeen (www.mtk.fi/lohko) toteuttivat MTK, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys, Uudenmaan ELY-keskus, Pyhäjärvi-instituutti ja Suomen ympäristökeskus. Hankkeen rahoituksesta vastasi ympäristöministeriön Ravinteiden kierrätyksen (Raki) -ohjelma (<http://www.ym.fi/ravinteidenkierratys>) sekä hankkeen toimijat. Tämän lisäksi mukana oli viljelijöitä hankkeen kohdealueilta. Ilman heidän panostaan hanketta ei olisi voitu toteuttaa.

1. Hankkeen tausta ja tavoitteet

1.1. Tausta

Viljelijän on tiedettävä tarkasti, mikä vaikutus eri viljelymenetelmillä on ravinnekuormitukseen (N, P), jotta viljelijä voi vähentää mahdollisimman tehokkaasti pelloilta vesistöihin kohdistuvaa ravinnekuormituspotentiaalia. Nykyistä tarkempi tieto maatalouden ja sen vesiensuojelutoimenpiteiden ympäristövaikutuksista on tärkeää myös hallinnon ja neuvonnan näkökulmasta, jotta vesiensuojeluun liittyvä hallinnollinen ohjaus sekä toimenpiteiden valinta ja kohdentaminen osataan tehdä oikein.

Valuma-alueen ravinnekuormituslähteet on tunnettava kattavasti, jotta voidaan selittää vesistössä havaittuja ravinnepitoisuuksia ja niiden vaihtelua. Mallit antavat sitä parempia tuloksia, mitä tarkemmin niiden parametrit pystytään määrittelemään. Ravinnekuormitusmalleja on kehitetty pääasiassa koekenttien huuhtoumatietojen ja vesistöjen ravinnepitoisuushavaintojen perusteella. Koekenttätietojen puutteena on, että ne eivät edusta läheskään kaiken tyyppisiä peltoja ja näillä tehtäviä viljelytoimenpiteitä. Lisäksi yksittäisen pellon mittauksissa on satunnaista vaihtelua, joka aiheuttaa epävarmuutta yleistettäessä tuloksia laajemmille alueille.

Vesistöjen ravinnepitoisuuksia seurataan, mutta käytössä ei ole samanaikaisesti tietoja esimerkiksi valuma-alueen peltolohkojen todellisista ominaispiirteistä eikä alueella tehdyistä viljelytoimenpiteistä. Tarkkojen tietojen puuttessa käytetään yleensä laajempien alueiden tilastotietoja. Kun mallilla pyritään selittämään tietyn vesistöpuoleisen havaintoja, on oleellista saada oikeat lähtötiedot juuri kyseisen pisteen valuma-alueelta. Puutteelliset lähtötiedot tuovat epävarmuutta siihen, kuvaako malli oikein viljelytoimenpiteiden vaikutusta ravinnehuuhtoumiin. Pahimmassa tapauksessa malli ehdottaa peltolohkon ravinnehuuhtouman vähentämiseksi sellaisia viljelytoimenpiteitä, joilla ei todellisuudessa ole vaikutusta huuhtoumaan.

Peltoviljelyn ravinnekuormitukseen vaikuttavat lohkon ominaispiirteet sekä viljelytoimenpiteet. Kun käytettävissä ovat jatkuvatoimisilla vedenlaatumittareilla mitatut tiedot veden ravinnepitoisuudesta ja tarkat tiedot peltolohkojen ominaisuuksista ja viljelytoimenpiteistä, pystytään näiden perusteella ymmärtämään nykyistä paremmin maataloudesta aiheutuvan ravinnekuormituksen syitä. Kun tiedot lisätään ravinnekuormitusmalliin, saadaan malli, jolla voidaan arvioida peltolohkon ominaispiirteiden ja viljelytoimenpiteiden vaikutusta huuhtoutuviin ravinnemääriin myös muilla samankaltaisilla alueilla.

Ideaalitilanteessa kaiken tyyppisten lohkojen kuormitusarvioinnin taustalla on mitattua tietoa. Näin saadaan pienennettyä epävarmuutta, joka liittyy eri lähteistä peräisin olevan ravinnekuormituksen arviointiin sekä siihen, miten viljelytoimenpiteet vaikuttavat vesistöön tai mereen päätyvään ravinteiden kokonaismäärään. Mallin kehitystyö onnistuu vain yhteistyönä siten, että eri tahojen arviot kuormitukseen oleellisesti vaikuttavista tekijöistä sisällytetään malliin.

Mallilla tuotettua tietoa voidaan hyödyntää tilan viljelytoimenpiteiden suunnittelussa sekä myös muille viljelijöille annettavassa neuvonnassa. Nykyistä kehittyneempää ravinnekuormitusmallia voidaan hyödyntää maatalouden kokonaisravinnepäästöjen sekä vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa. VEMALA/ICECREAM-mallia käytetään vesien- ja merenhoidon suunnittelussa ravinnekuormituslähteiden ja toimenpiteiden vaikutuksen arvioinnissa. Hankkeessa saatavat tarkennukset lohkojen ominaisuuksien ja viljelytoimenpiteiden vaikutuksista huuhtoumiin tarkentavat suoraan näitä arvioita. Lisäksi mallin tulokset auttavat viljelijää viljelytoimia koskevassa päätöksenteossa ja antavat lisätietoa maatalouden vesiensuojelusta neuvonnalle ja hallinnolle.

1.2. Tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli tarkentaa VEMALA/ICECREAM-ravinnekuormitusmallia siten, että peltolohkoilta vesistöihin tuleva ravinnekuormitus pystytään kuvaamaan mahdollisimman oikein eri viljelyvaihtoehtoja käytettäessä. Lohkokokohtaisen tiedon tarkentuessa tarkentuvat myös lohkokokohtaisista kuormituksista summana laskettava koko vesistöalueen ja edelleen koko Suomen kuormitusarviot.

Lisäksi tavoitteena oli tuottaa entistä tarkempaa tietoa peltolohkon ominaispiirteiden ja viljelymenetelmien vaikutuksesta ravinnehuuhtoumaan. Hankkeessa tehdyt mittaukset ja viljelijöiltä kerätty aineisto täydensivät erityisesti

tunnettuja mallissa olleita puutteita peltolohkon ja viljelymenetelmien vaikutuksista huuhtoumaan. Painopiste mallinnuksen tarkentamisessa oli sen tyyppisissä pelloissa ja toimenpiteissä, jotka ovat erityisen merkityksellisiä koko vesistötason ravinnekuormitusta arvioitaessa.

Päämääränä oli arvioida jokaiselle tarkastelussa mukana olevalle lohkolle ravinnehuuhtouma lohkon ominaispiirteiden ja viljelytoimenpidetietojen perusteella sekä tuottaa viljelijöille tietoa siitä, miten eri viljelytoimenpiteet ja käytetyt ravinнемäärät vaikuttavat keskimääräiseen ravinnekuormitukseen tilan lohkoilta.

Pellolta tulevan kuormituksen osalta tavoitteena oli tarkentaa tietoa siitä, milloin lohkolta tapahtuu ravinteiden huuhtoutumista ja minkälaisessa tilassa (esim. kasvipeite) lohko kyseisellä hetkellä on ja miten lohkoa on tätä ennen viljelty. Näiden perusteella pystytään arvioimaan syy-seuraussuhteita lohkotietojen ja kuormituksen välillä sekä kuvaamaan nämä malliin. Erityisesti pyrittiin saamaan esiin tilanteet, jolloin kuormitus on suurimmillaan.

Yhtenä tehtävänä oli koota selvitys lohkokohtaisten tietojen (painopiste fosforiluokkatiedossa) hyödyntämismahdollisuuksista sekä juridisesta, hallinnollisesta sekä teknisestä näkökulmasta tarkasteltuna. Selvityksessä tuli pyrkiä kuvaamaan kattavasti lohkokohtaisen tiedon käytön hyödyt ja haitat eri tiedon käyttäjien ja tuottajien näkökulmasta.

2. Hankkeen osapuolet

LOHKO-hankkeen toteuttivat Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry (VHVSY), Uudenmaan ELY-keskus (UUD-ELY)/Luonnon- ja vesiensuojeluyksikkö (ent. luonto- ja maaseutuyksikkö), Pyhäjärvi-instituutti (PJI) ja Suomen ympäristökeskus (Syke)/Vesikeskus.

VHVSY vastasi vedenlaadun seurannasta ja tulosten analysoinnista Uudellamaalla sekä hoiti maanäytteiden oton ja tulosten analysoinnin yhdessä Uudenmaan ELY-keskuksen kanssa. UUD-ELY hoiti yhteyden pidon uusmaalaisten viljelijöiden kanssa sekä keräsi ja muokkasi viljelijöiltä saadun lohkokohtaisen tiedon mallinnuksessa käytettäväksi.

PJI vastasi vedenlaadun seurannasta ja tulosten analysoinnista Lounais-Suomessa. Lisäksi PJI hoiti yhteydenotot viljelijöihin ja lohkokohtaisen tiedon keräämisen ja muokkauksen toiminta-alueellaan. Syke vastasi mallintamisesta sekä lohkokohtaisen ravinne- ja eroosiokuormitusaineiston tuottamisesta.

MTK vastasi hankkeen koordinoinnista, hallinnoinnista ja raportoinnista. Lisäksi MTK huolehti lohkokohtaisen tiedon käyttöön liittyvän selvityksen tekemisestä sekä ylläpiti hankkeen internetsivuja (www.mtk.fi/lohko). Kaikki hankkumpanit osallistuivat tulosten raportointiin, tiedotukseen ja tilaisuuksien järjestämiseen.

Viljelijöiden myönteinen suhtautuminen hankkeeseen mahdollisti hankkeen etenemisen. Viljelijät antoivat asentaa vedenlaadun seurantapisteitä ja lämpötilanatureita alueilleen. Viljelijöiltä saadut lohkokohtaiset viljelytiedot olivat ratkaisevia vesistömallin kehittämiseksi. Lisäksi viljelijät osallistuivat laajasti lohkokohtaisen tiedon käyttöä koskevaan kyselyyn.

Hanke teki yhteistyötä myös hallinnon, tutkimuksen, neuvonnan ja muiden hankkeiden kanssa. Yhteistyö toi uusia näkökulmia ja lisäsi tiedonkulkua eri tahojen kesken.

3. Hankkeen päätoimenpiteet ja niiden tulokset

3.1. Vedenlaadunseuranta ja viljelytietojen keruu Lounais-Suomessa

3.1.1. Vedenlaatu

Pyhäjärvi-instituutti seurasi veden laatua kahdella eri valuma-alueella Lounais-Suomessa. Satakunnan Kaukanaranojan valuma-alue on kooltaan 578 ha, josta 26 % on peltoa. Alueella viljellään runsaasti erikoiskasveja (mm. vihannekset, sokerijuurikas, peruna ja marjat). Varsinais-Suomen puolella Peräsuonojalla veden laatua seurattiin kahdella asemalla. Toinen asema sijaitsi koko Peräsuonojan valuma-alueen purkupisteessä ja toinen valuma-alueen latvassa. Koko alueen pinta-ala on 19,4 km², ja pellon osuus on 27 %. Latvaosan pienen valuma-alueen (Peräsuonoja YP) pinta-ala on 2,81 km² ja pellon osuus 49 %.

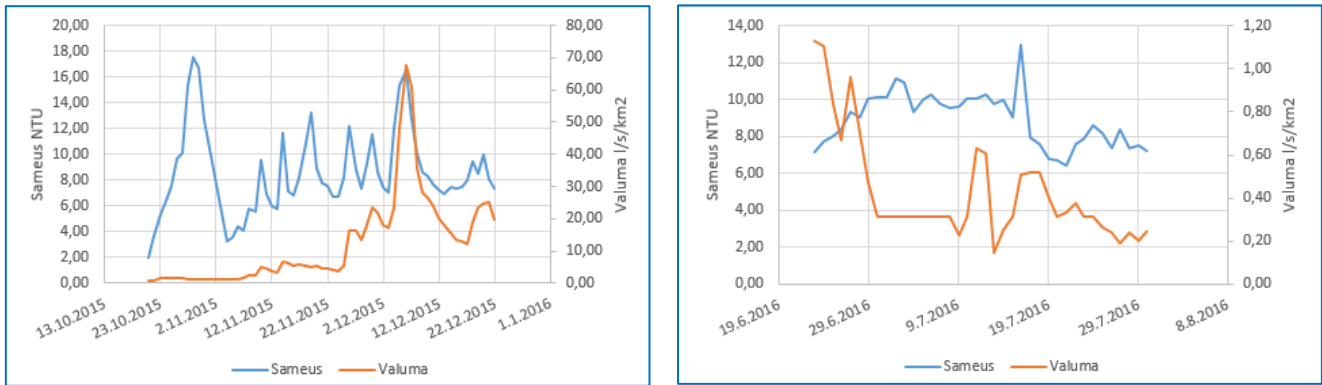
Köyliönjärven valuma-alueeseen kuuluvalla Kaukanaronojalla mitattiin jatkuvatoimisesti sameutta, sähkönjohtavuutta ja lämpötilaa YSI 6920-mittarilla. Uomaan rakennettiin v-aukkoinen mittapato (kuva 1), jossa pinnankorkeutta mitattiin erillisellä paineanturilla. Vesinäytteitä kohteesta otettiin keskimäärin kahden viikon välein. Näytteenottoa painotettiin virtaamatilanteiden mukaan. Keväällä ja syksyn sateiden tultua ja virtaaman kasvaessa näytteitä otettiin jopa kerran viikossa, kun taas esimerkiksi kesällä erittäin matalien virtaamien aikaan näytteenottoväliä pidennettiin.

Vuonna 2015 Kaukanaronojan mittaukset aloitettiin toukokuun alussa ja niitä jatkettiin ojan jäätymiseen asti eli aivan vuoden 2015 loppuun. Keväällä 2016 mittausten aloitus lykkääntyi mittapadon rikkoutumisen takia. Uusi pato asennettiin uomaan kesäkuun alussa ja mittaukset aloitettiin sen jälkeen. Mittausta jatkettiin marraskuun alkuun asti, jolloin uoma meni alhaisesta virtaamasta johtuen nopeasti jäähän. Vesinäytteenottoa jatkettiin vuonna 2016 samalla periaatteella kuin vuonna 2015.



Kuva 1. Kaukanaronojan mitta-asema korkean virtaaman aikaan 11.12.2015. Kuva: S. Jaakkola

Kaukanaronojan valuma-alueen ominaisuuksista johtuen uoman veden sameus oli läpi mittausten suhteellisen alhainen. Sameuden lisääntyminen ei seurannut kohonnutta virtaamaa samaan tyyliin kuin savimaavaltaisilla alueilla tapahtuu (kuva 2). Tämä aiheutti kuormituslaskentaan epävarmuutta.



Kuva 2. Esimerkit Kaukanaronojan sameus- ja virtaamadynamiikasta syksyltä 2015 ja kesältä 2016.

Yläneenjokeen laskevan Peräsuonojan mittausasema (kuva 3) asennettiin 4.4.2015. Mittaukset ja näytteenotto aloitettiin heti. Asemalla mitattiin pinnan korkeutta, sameutta, lämpötilaa sekä kiintoaineen, kokonaistypen ja -fosforin,

nitraatti+nitriittityypen ja orgaanisen hiilen (TOC ja DOC) pitoisuutta S::can Spectrolyserillä sekä erillisellä paineanturilla. Vesinäytteenottoa painotettiin virtaamatilanteiden mukaan. Mittauksia jatkettiin vuonna 2015 joulukuun loppupuolelle asti, jolloin jäätilanne keskeytti mittaukset. Mittaukset aloitettiin uudestaan 4.4.2016 ja niitä jatkettiin vuoden 2015 tapaan marraskuun alkuun, jolloin uoma jäätyni.

Peräsuonojan kuormituslaskentaa vaikeutti ojan padottaminen. Uoman muoto ja mahdollisesti kasvillisuus mittauspaikan alajuoksulla häirtasivat veden virtausta. Kyse ei ollut yksittäisestä esteestä tai paikasta uomassa vaan oja kaipaisi perkausta pidemmältä matkalta. Padottaminen havaittiin, kun pinnankorkeusdata ja FlowTracker -virtaamamittaukset eivät korreloineet.



Kuva 3. Peräsuonojan mitta-asema 18.11.2015. Kuva: S. Jaakkola

Paikalla tehtyjen FlowTracker -mittausten avulla oli tarkoitus muodostaa purkautumiskäyrä. Sen ja paineanturin lukemien avulla laskettiin virtaama. Padottamisen takia virtaama ei kuitenkaan ollut samassa pinnankorkeudessa aina sama, mikä aiheutti kuormituslaskentaan epävarmuutta. Uomassa testattiin myös akustisia virtaamamittareita, mutta ne eivät toimineet kyseisessä kohteessa. Uomassa tullaan keväällä 2017 jäiden lähdön jälkeen mittaamaan virtausta toisilla akustisilla mittareilla. Uudet akustiset mittaukset mahdollistavat sen, että jo tehtyjä mittauksia voidaan jatkossa hyödyntää entistä paremmin mallinnuksessa.

Peräsuonoja YP:n asemalla mittaukset aloitettiin 6.5.2015. Paikalla käytettiin samanmallista anturia kuin Kaukanaranojalla. Mittauksia jatkettiin 11.6. asti, jolloin virtaama uomassa loppui. Mittaukset jatkuivat syksyllä virtaamaan noustua huomattavalle tasolle. Jäätymisen takia mittari poistettiin uomasta 28.12. Mittauksia jatkettiin asemalla 21.4.2016 jäiden lähdettyä. Uomassa virtasi vettä kesäkuun puoliväliin asti ja mittari poistettiin uomasta 14.6. Uoma pysyi kuivana marraskuun sateisiin asti.

Kaukanaranojan ja Peräsuonojan vedenlaatudatasta laskettiin kuormitusmallin kalibroinnissa tarvittavia tietoja (taulukko 1).

Taulukko 1. Esimerkki Kaukanaronojan vedenlaatumittausten perusteella lasketuista valunnan ja kokonaisfosforikuormituksen vuorokausiarvoista.

	A	B	C	D	E	F
1	Vuorokauden keskiarvot				Vuorokauden summa	
2	Päivämäärä	Sameus(NTU)	TP (µg/l)	Valuma (l/s/km2)	Valunta (mm)	TP (kg/vrk)
3	21.10.2015	1,93	15,45	0,95	0,08	0,007
4	22.10.2015	3,61	26,11	0,95	0,08	0,012
5	23.10.2015	5,38	37,24	1,81	0,16	0,032
6	24.10.2015	6,35	43,41	1,79	0,15	0,037

Kaukanaronojasta otettujen vesinäytteiden tulokset on esitetty taulukossa 2. Kaukanaronojan mittauspisteelle ominaista ovat alhaiset sameuden arvot riippumatta virtaaman vaihtelusta (kuva 2). Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli vesinäytteissä keskimäärin 55 % eli suhteellisen korkea esimerkiksi verrattuna joidenkin savimaiden valumavesiin. Kahdessa näytteessä liukoisen fosforin laskennallinen osuus oli yli 100 %. Fosforimääritysten mitatausepävarmuus on 10 % eli kummassakin tapauksessa tulokset mahtuvat tämän sisään. Käytännössä tulos tarkoittaa sitä, että kaikki fosfori on liukoisessa muodossa.

Kaukanaronojan peltojen (kartoitettu 100 ha/140 ha) fosforipitoisuus on keskimäärin noin 20 mg/l. Pellot ovat pääosin hieta- ja hiesumaita, joten fosforin osalta viljavuusluokka on tyydyttävän ja hyvän rajalla. Kaukanaronojan karkeiden maiden kyky pidättää fosforia on savimaita heikompi. Tämä voi olla yksi syy, miksi peltojen viljavuusluokat eivät ole fosforin osalta korkeampia erikoiskasvilajilystä huolimatta.

Taulukko 2. Kaukanaronojan vesinäytteiden tulokset 2015 ja 2016.

NäytePvm	Näytteen nimi	Sameus FNU	Ka 0.4N mg/l	Sähk.joht mS/m	pH	Kok.N µg/l	NO3-N µg/l	NO2-N µg/l	NH4-N µg/l	Kok.P µg/l	O4-P µg/l	Liuk.iuk. µg/l	P osuus %
23.4.2015	Kaukanaronoja AP	5,9	4,2	15	7,3	2200	1800	5	51	32	12		38
6.5.2015	Kaukanaronoja AP	4,8	5,9	16	7,3	2400	2000	7	49	32	15		47
18.5.2015	Kaukanaronoja AP	6,8	6,3	15	7,3	2400	1900	9	32	66	14		21
2.6.2015	Kaukanaronoja AP	5,8	3,7	16	7,7	2000	1500	17	<3	34	12		35
14.7.2015	Kaukanaronoja AP	7,6	5,3	17	7,2	2400	1900	24	55	59	21		36
18.8.2015	Kaukanaronoja AP	6,4	3	20	7,6	2600	2200	37	41	53	26		49
23.9.2015	Kaukanaronoja AP	5,3	3,2	20	7,2	3200	2700	17	9	43	23		53
1.12.2015	Kaukanaronoja AP	8,2	5,6	21	7	4600	3900	8	33	48	18		38
21.4.2016	Kaukanaronoja AP	11	13	13	7	2200	1700	4	59	41	10		24
12.5.2016	Kaukanaronoja AP	14	19	15	7,3	2100	1700	11	80	69	13		19
31.5.2016	Kaukanaronoja AP	13	17	17	7,5	2900	2300	34	140	29	20		69
27.6.2016	Kaukanaronoja AP	8	5,1	23	7,2	3000	1400	130	150	61			ei tulosta
14.7.2016	Kaukanaronoja AP	7,8	6,4	24	6,9	2700	2100	69	64	94	85		90
27.7.2016	Kaukanaronoja AP	5,1	2,8	27	7	2800	2100	63	86	82	85		104
9.8.2016	Kaukanaronoja AP	13	7,2	27	7,2	3400	2900	59	79	110	83		75
23.8.2016	Kaukanaronoja AP	8,3	7	19	7,2	2600	2100	21	12	59	67		114
20.9.2016	Kaukanaronoja AP	4,1	2,9	25	7,3	2500	2300	17	31	42	26		62

3.1.2. Viljelytietojen keruu

Kuormitusmallin kalibrointia varten valuma-alueiden peltojen ominaisuudet pyrittiin kartoittamaan. Lounais-Suomessa kartoitus tehtiin ottamalla viljelijöihin yhteyttä puhelimitse. Viljelijöiltä pyydettiin kasvulohkon tarkkuudella tietoa maalajiluokasta, maalajin nimestä, multavuudesta, P-luvusta, viljeltävä kasvista, fosfori- sekä typpilannoituksesta (lanta ja mineraalilannoite), muokkaustavasta ja mahdollisesta kerääjäkasvista. Kartoitus tehtiin 2015 - 2016 talven aikana. Kaukanaronojalla saatiin 100 hehtaarin tiedot 140 hehtaarista (71 %). Peräsuonojan alueelta tietoja ei saatu huolimatta osittain positiivisesta suhtautumisesta tiedonkeruuseen.

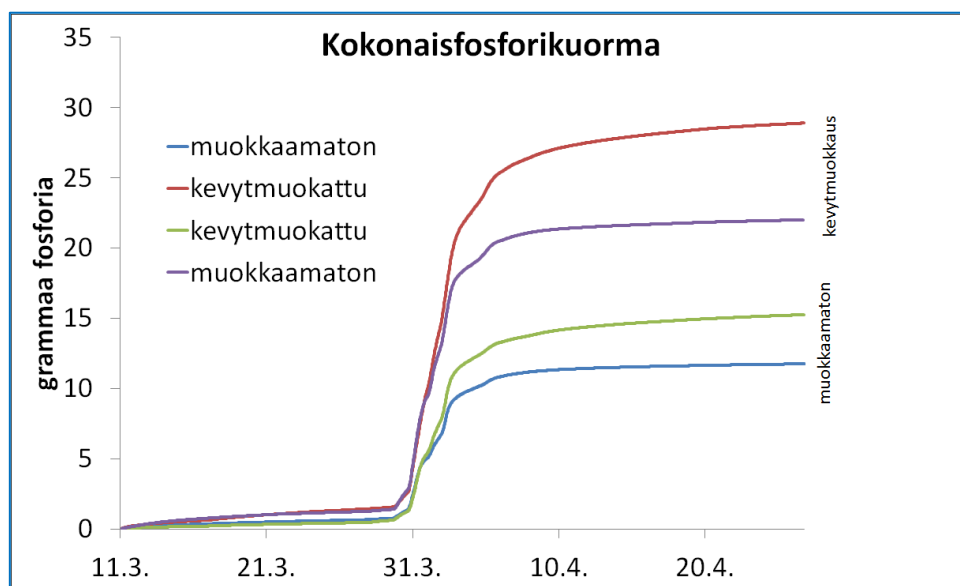
3.2. Vedenlaadun ja maan lämpötilan seuranta sekä viljelytietojen keruu Uudellamaalla

3.2.1. Vedenlaatu

Espoossa tehdyillä salaojamittauksilla saatiin uutta ja tärkeää tietoa salaojien kautta huuhtoutuvan veden laadusta. Pelloilla tehtävät toimenpiteet vaikuttavat selvästi salaojahuuhtoumiin ainakin hankkeessa mukana olleilla salaojitetuilla savisilla pelloilla. Kun verrattiin kevytmuokattujen ja muokkaamatta jätettyjen peltojen kuormia, erot olivat selvät: muokkaus lisäsi salaojien kautta huuhtoutuvaa kiintoaine-, fosfori- ja typpikuormaa (kuvat 4 - 6).



Kuva 4. Kevytmuokkaus lisäsi salaojien kautta huuhtoutuvien ravinteiden ja kiintoaineen määrää huomattavasti verrattuna kasvipeitteiseksi jätetyn lohkon huuhtoumaan. Kuvat: P. Valkama

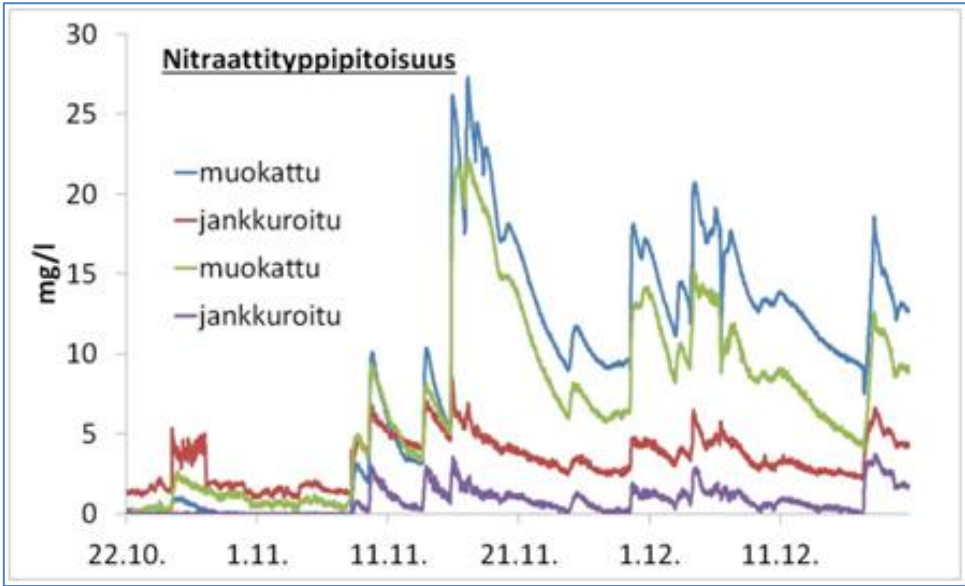


Kuva 5. Kevytmuokkaus lisäsi peltolohkoilta salaojavalunnan kautta huuhtoutuvaa kokonaisfosforikuormaa verrattuna muokkaamattomiin lohkoihin.

Erot olivat näkyvissä vielä seuraavana keväänä, vaikka eroosioaineksen, typen ja fosforin pitoisuustasot olivatkin jo lähempänä toisiaan. Toisaalta toisena hankevuonna pelloilla tehty jankkurointi lisäsi toimenpidettä seuranneena syksynä kiintoaineen ja fosforin huuhtoumaa, mutta vähensi typen huuhtoumaa verrattuna kevytmuokkaukseen.

Salaojamittausten pääasiallisena tuloksena saatiin, että pellon pintakerrokseen kohdistuvat toimenpiteet vaikuttavat myös salaojaveden laatuun. Kun kerääjäkasvia kasvavat pellot muokattiin, lisääntyi salaojien kautta huuhtoutuva typpi- fosfori- ja kiintoainekuorma.

Salaojamittausten tuoma tieto typen mineralisaation aiheuttamasta korkeasta veden nitraattityppipitoisuudesta kerääjäkasvin kynnön jälkeen on mallinnuksessa haastava tilanne. Kuvassa 7 nähdään, miten kevytmuokatuilta pelloilta huuhtoutui paljon korkeampia nitraattityppipitoisuuksia kuin jankkuroiduilta (syväkuohkeutetuilta) pelloilta. Jankkurointi jättää kerääjäkasvikasvuston vihreäksi, ja näin ravinteet pysyvät kasviaineksessa.



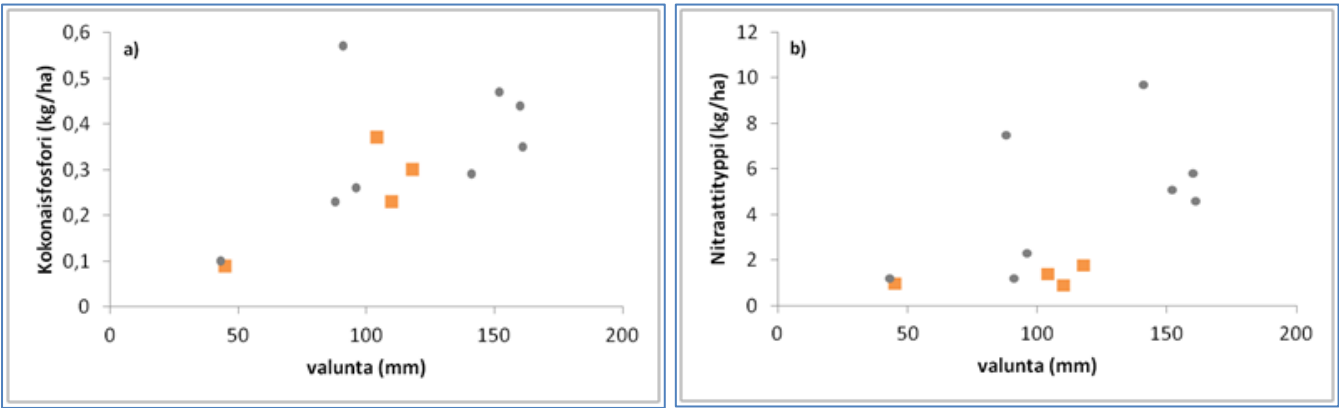
Kuva 6. Kevytmuokattujen lohkojen salaojavesien nitraattityppipitoisuudet olivat paljon korkeampia kuin jankkuroitujen lohkojen pitoisuudet.

Laurinojalla mittauksia tehtiin hankkeessa aina kevät- ja syystulvatilanteissa noin 3 kk:n yhtämittaisina jaksoina. Pääasiassa mittausjaksoille osuivat vuoden korkeimmat tulvahuiput ja siten koko vuoden aikaisesta kuormituksesta saatiin kiinni suurin osa. Mittaukset onnistuivat hyvin. Vesinäytteistä otettiin säännöllisesti datan kalibroinnin varmistamiseksi sekä tuomaan tietoa niistä muuttujista, joita antureilla ei voida mitata (taulukko 3).

Taulukko 3. Laurinojan vesinäytteistä vuosien 2015 - 2016 aikana laboratoriossa määritettyjen muuttujien tunnusluvut. Näytteitä otettiin hankkeen aikana 36 kertaa.

	Sameus KA (GF/C)	KA(npc)	pH	Johtokyky	CODMn	NH4-N	NO2+3-N	TN	PO4-P	liuk TP	TP	DOC
	FNU	mg/l	mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	mg/l
min	20	7,7	14	6,8	71	3,3	0,002	0,27	0,6	5	7	40
maks	360	140	340	7,7	295	30	0,11	3,5	5,3	62	73	470
ka	120	48	108	7,2	170	15,9	0,018	1,2	2,1	23	31	187
sd	93	35	86	0,3	65	8,2	0,021	0,8	1,3	16	19	131

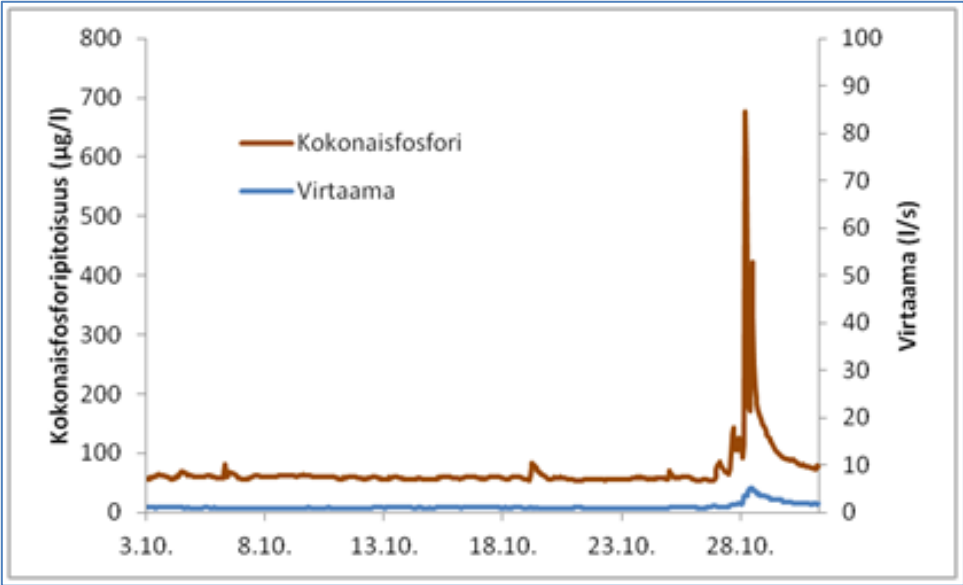
Laurinojalla on tehty mittauksia ensimmäisen kerran jo vuonna 2010, kun Ravinnehuuhtoumien hallinta- hanke (RaHa) alkoi. Kuvassa 7 on verrattu kevään ja syksyn mittausjaksojen N- ja P-kuormaa suhteessa valuntaan vuosien 2011 - 2016 aikana. LOHKO-hankkeen aikaiset mittaukset on merkitty kuvaajaan oransseilla neliöillä. Hankkeen aikaiset mittausjaksot kuuluvat valunnan ja kuormituksen suhteen keskikastiin, paitsi syksyn 2016 osalta, jolloin mittausjakso oli hyvin vähäsateinen ja kuiva.



Kuva 7. Valunnan ja fosforikuorman (kuva a) sekä valunnan ja nitraattityppikuorman (b) välinen suhde mittausjaksoittain vuosien 2011 - 2016 välisenä aikana. Oranssit neliöt ovat LOHKO-hankkeen aikana mitattuja tuloksia.

Vuoden 2013 syksy erottuu kuvaajasta suuren kuormituksen jaksona. Tuolloin voimakkaat syyssateet alkoivat heti, kun pellot oli kynnetyt ja sade huuhteli tuoreesta kyntöpinnasta paljon kiintoainetta ja fosforia mukaansa. Valunnan ja kokonaisfosforikuorman välinen yhteys Laurinojassa on sangen lineaarinen, mutta nitraattityppikuorma vaikuttaisi kasvavan valunnan suhteen eksponentiaalisesti. Typen osalta Laurinojalla on mitattu valuntaan nähden korkeimmat kuormat keväällä 2011 ja syksyllä 2011. Keväällä 2011 huuhtoumaan vaikutti aikaisin tullut paksu lumikerros, joka esti roudan muodostumisen mahdollistaen heti sulamisen alkuvaiheessa voimakkaan typen huuhtoutumisen. Lisäksi edellinen syksy 2010 oli hyvin vähäsateinen ja lämmin ja näin kasveilta käyttämättä jäänyt ja mineralisoitunut nitraattityppi huuhtoutui vasta seuraavana keväänä. Kasvukausi 2011 taas oli huono kuivuuden vuoksi ja sadot jäivät pieniksi. Kun voimakkaat syyssateet alkoivat, oli peltomaassa paljon huuhtoutumiselle altista nitraattityppeä ja kuorma muodostui suureksi. LOHKO-hankkeen aikana vastaavia tapauksia ei havaittu. Kyseiset tilanteet, joissa pitoisuudet nousevat valuntaan nähden hyvin korkeiksi, ovat mallinnuksen kannalta vaikeita tilanteita. Ilman automaattista veden laadun seuranta kyseisiä tilanteita ei voitaisi havaita.

Mallinnuksen kannalta haasteellinen tilanne Laurinojalla oli esimerkiksi pitkän sateettoman jakson jälkeen tulleen sadekuuron aiheuttama virtaaman muutos, jonka yhteydessä kiintoaine- ja fosforipitoisuus nousivat hyvin korkealle suhteessa virtaamaan. Alivirtaamakaudella uoman pohjalle laskeutunut kiintoaine aiheuttaa todennäköisesti hyvin voimakkaan ”pöllähdyksen”, kun virtaamassa tapahtuu pienikin muutos (kuva 8).



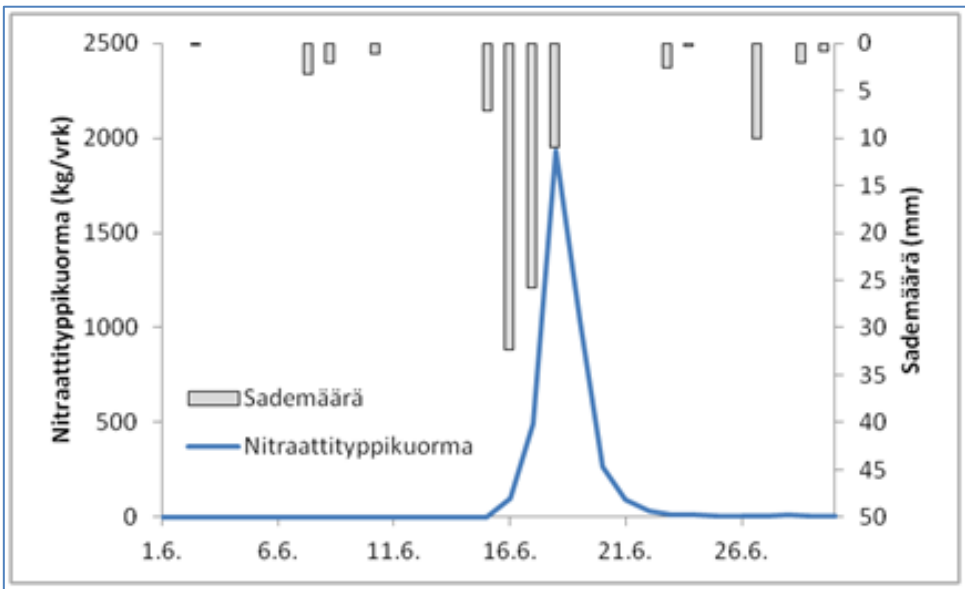
Kuva 8. Lokakuun lopussa 2016 Laurinojan kokonaisfosforipitoisuus nousi sateen jälkeen virtaamaan nähden hyvin korkealle. Kuormituspiikkiä edelsi pitkä sateeton jakso.

Lepsämänjoen mittaukset jatkuivat LOHKO-hankkeessa yhtäjaksoisesti koko hankkeen ajan 2015 - 2016. Vesinäytteiden tuloksia on esitetty taulukossa 4. Ensimmäisen vuoden sademäärä tutkimusalueella oli 696 mm ja seuraavana 608 mm. Keskimäärin alueella sataa noin 660 mm vuodessa, joten hankkeen vuodet edustivat keskimääräistä sateisempaa ja kuivempaa vuotta.

Taulukko 4. Lepsämänjoesta vuosien 2015 ja 2016 aikana otettujen vesinäytteiden minimi-, maksimi- ja keskiarvot sekä keskihajonta ja näytemäärät.

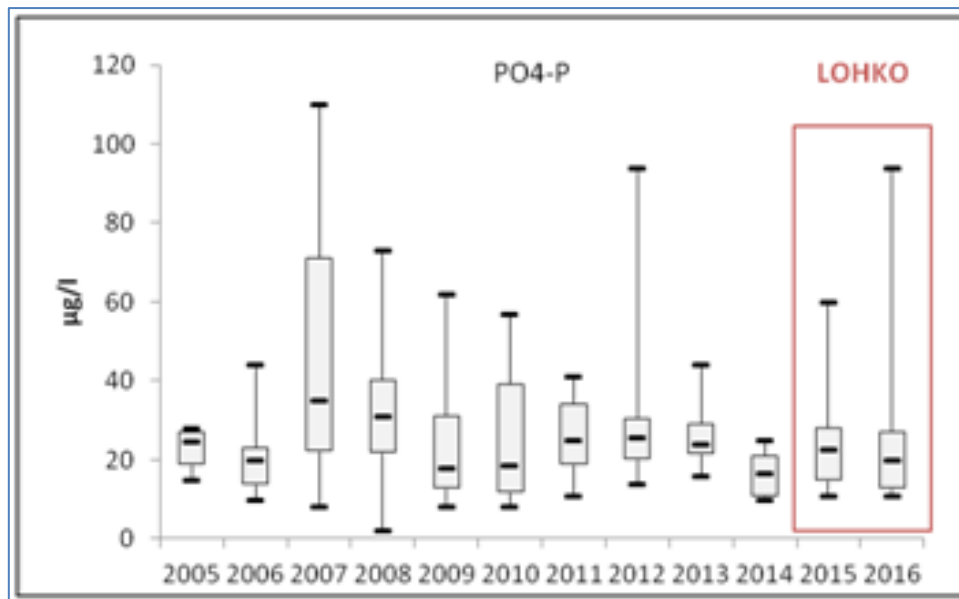
	Sameus	KA (GF/C)	KA(npc)	pH	johtokyky	CODMn	NH4-N	NO2+3-N	TN	PO4-P	liuk TP	TP	DOC
	FNU	mg/l	mg/l		uS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	mg/l
min	7,3	3,4	6,5	6,7	81	5,4	0,005	0,41	0,76	11	13	26	4,7
maks	180	140	200	7,7	203	28	0,15	5,8	6,9	94	99	260	26
ka	58	30	52	7,1	159	15	0,030	1,6	2,2	24	31	107	13
sd	50	31	48	0,3	28	6,6	0,024	1,1	1,4	16	17	69	5,8
n	43	37	37	37	37	37	42	43	43	42	43	43	42

Lepsämänjoen kohdalla mallinnukselle haastavia ovat tilanteet, joissa kasvukauden alkuvaiheessa sattuneet voimakkaat sateet huuhtovat lannoitteena peltoon lisättyä typpeä jokeen aiheuttaen hyvin korkeita nitraattityppiä (kuva 9). Esimerkiksi kesäkuun puolivälissä 2016 satoi neljän päivän aikana 76 mm aiheuttaen erittäin korkean nitraattityppiä joessa. Vastaava tilanne toistui myös kesäkuussa 2015, mutta pienemmän sademäärän (kahdessa päivässä 22 mm) johdosta virtaama ja siten nitraattityppikuorma ei noussut yhtä korkeaksi kuin 2016. Molemmissa tilanteissa saavutettiin kuitenkin vuoden korkein kuormituspiikki nitraattitypen suhteen.



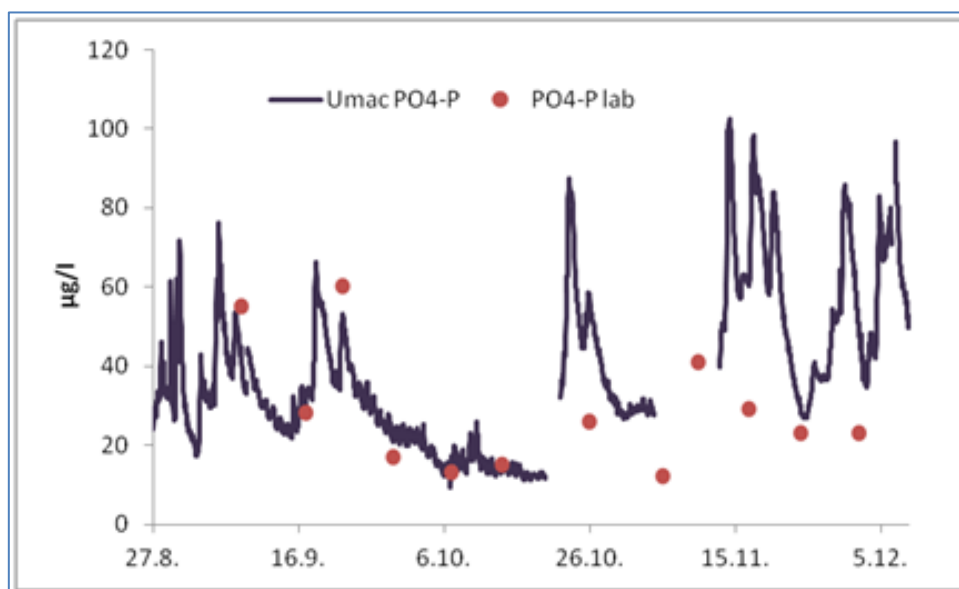
Kuva 9. Lepsämänjoen nitraattityppikuormahuippu vuonna 2016 johtui voimakkaan sadekuuron jokeen huuhtomasta lannoitetypestä.

Lepsämänjoen fosfaattifosforipitoisuuden määrittäminen perustuu vesinäytteistä laboratoriossa tehtyihin analyysiin (kuva 10). Yksittäisten näytteiden perusteella näyttää siltä, että Lepsämänjoen fosfaattifosforipitoisuudet eivät ole ainakaan nousseet talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisääntymisen myötä vuosien 2005 ja 2016 välisenä aikana. Korkeimmat fosfaattifosforipitoisuudet mitattiin vuosien 2007 - 2008 leutoina talvijaksoina. Yksittäinen korkea fosfaattifosforipitoisuus (94 µg/l) LOHKO-hankkeen aikaisissa mittauksissa mitattiin helmikuussa 2016 lauhan talvijakson aikana. Myös marraskuussa 2016 noin kahden viikon sadejakson aikana mitattiin korkeahkoja pitoisuuksia. Samaan ajankohtaan osui myös tilanteita, joissa epäiltiin joen varressa olevilta pumppaamoilta jokeen päässeen jätevettä. Jätevedessä fosfori on suurimmaksi osaksi liukoisessa muodossa.



Kuva 10. Lepsämänjoesta vuosien 2005 - 2016 aikana otetuista vesinäytteistä määritettyjen fosfaattifosforipitoisuuksien minimi- ja maksimiarvot, sekä mediaani. Harmaan laatikon sisällä on 50 % havainnoista.

Liukoisen fosforin automaattimittausta kokeiltiin Lepsämänjoella syksyn 2015 aikana. Mittausten alkuvaiheessa fosfaattianalysointilaite toimi hyvin, ja tulokset olivat hyvin yhteneviä laboratoriossa tehtyjen määritysten kanssa (kuva 11). Lokakuun lopusta eteenpäin analysointilaitteen tulokset näyttivät kuitenkin korreloivan paremmin laboratoriossa määritetyn suodattamattomasta näytteestä analysoidun fosfaattifosforin kanssa. Suodatus tehdään laboratoriossa 0,45 µm huokoskoon membraanisuodattimella, jolloin jäljelle oletetaan jäävän vain liukoisessa muodossa oleva fosfaattifosfori (DRP = suoraan leville käyttökelpoinen fosfori). Suodattamattomasta näytteestä määritettyyn fosfaattifosforipitoisuuteen vaikuttaa siis myös näytteen kiintoainepitoisuus. Lepsämänjoen kuljettama kiintoaine koostuu pääasiassa hyvin hienoista savipartikkeleista, joita analysointilaite ei suodata ennen määrittystä. Tämä vaikuttaa myös fosfaattianalysointilaitteen tuloksiin.



Kuva 11. Lepsämänjoen automaattinen fosfaattifosforimittaus sujui lokakuun loppuun 2015 asti hyvin, mutta sen jälkeen analysointilaitteen mitaamat pitoisuudet nousivat suuremmiksi kuin laboratoriossa määritetyt pitoisuudet.

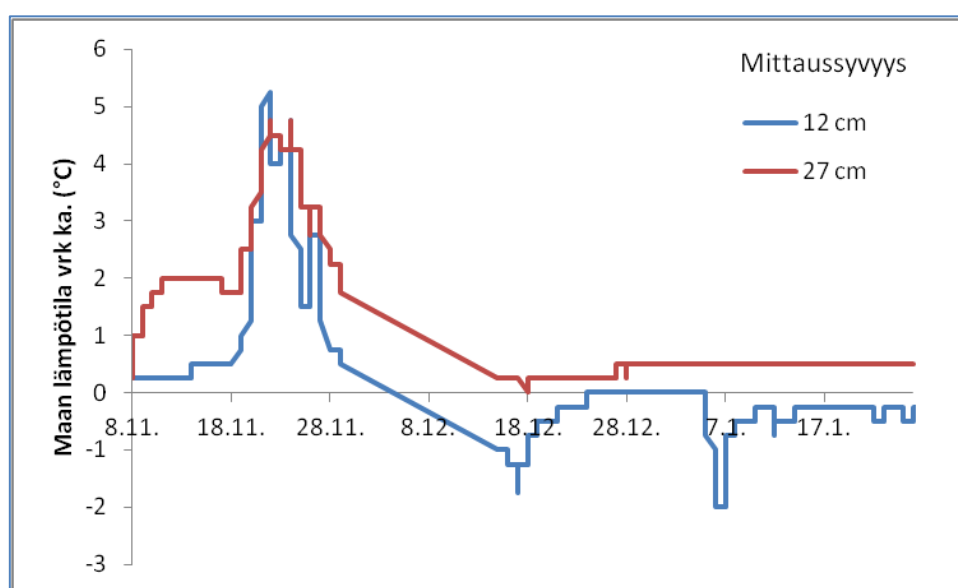
3.2.2. Viljelytietojen keruu

Lepsämänjoen yläosan viljelijät antoivat hankkeen käyttöön hyvin viljelytietoja. Tiedot kattavat 80 % valuma-alueen pelloista. Espoon salaojakohteen peltöjen kaikki viljelytiedot saatiin hankkeen käyttöön ja myös Laurinojan tietojen alueellinen kattavuus on hyvä.

3.2.3. Maan lämpötilan seuranta

Hankkeen loppuvaiheessa (8.11.2016) Laurinojan pelloille asennettiin peltomaan kosteutta ja lämpötilaa mittaavia langattomia sensoreita. Sensoreita asennettiin kolmeen eri paikkaan kahteen eri syvyyteen (12 cm ja 27 cm). Asennuspaikoiksi valittiin etelään sekä pohjoiseen viettävät rinnepellot. Kyseessä olivat peltolohkot, joille oli levitetty rakennekalkkia syksyllä 2015. Tarkoituksena oli mitata roudan muodostumista ja sulamista, mutta myös peltomaan kosteudessa tapahtuvia muutoksia. Pellot omistava viljelijä voi hyödyntää sensoreilla saatavaa tietoa muun muassa keväällä kylvöajankohtaa suunnitellessaan. Mittausväli oli noin 50 minuuttia, ja mittausdataa voitiin seurata reaaliaikaisesti palvelun tarjoajan verkkosivuilta (www.soilscouts.fi).

Anturit toimivat aluksi moitteettomasti ja lämpötila ja kosteus vaihtelivat loogisesti sään vaihteluiden mukaan (kuva 12). Eri syvyydellä ja eri lohkoilla olevien anturien lähettämä tieto oli myös yhteneväistä. Tiedonsiirto/lähetinyksiköstä kauimpana, syvimmällä sijaitseva sensori oli niin lähellä maksimaalista kantamaa, että datan siirrossa esiintyi ajoittaisia lähetyskatkoja. Valitettavan valmistusvirheen vuoksi kolme sensoreista lopetti toimintansa noin kahden kuukauden jälkeen. Anturien toimittajan kanssa on sovittu uusien sensorien lähettämisestä Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistykselle ja vialliset yksilöt vaihdetaan uusiin olosuhteiden salliessa.



Kuva 12. Peltomaan lämpötilan vuorokauden keskiarvot mitattuna kahdesta eri syvyydestä.

3.3. Maanäytteet ja rakennekalkkikokeilu

Rakennekalkkia levitettiin noin kolmannekselle Laurinojan valuma-alueen peltopinta-alasta 12.10.2015 (kuva 13). Rakennekalkki toimitettiin Tyynelän maaparannus Oy:n kautta. Kalkin levityksestä vastasi paikallinen koneurakoitsija, ja kalkin multaamisen peltoon hoiti peltolohkojen viljelijä. Osa kalkin levityksen kohteena olleista lohkoista on todettu RaHa-hankkeen aikaisemmissa mittauksissa vastaavan ajoittain merkittävästä osasta koko valuma-alueen fosforikuormituksesta.

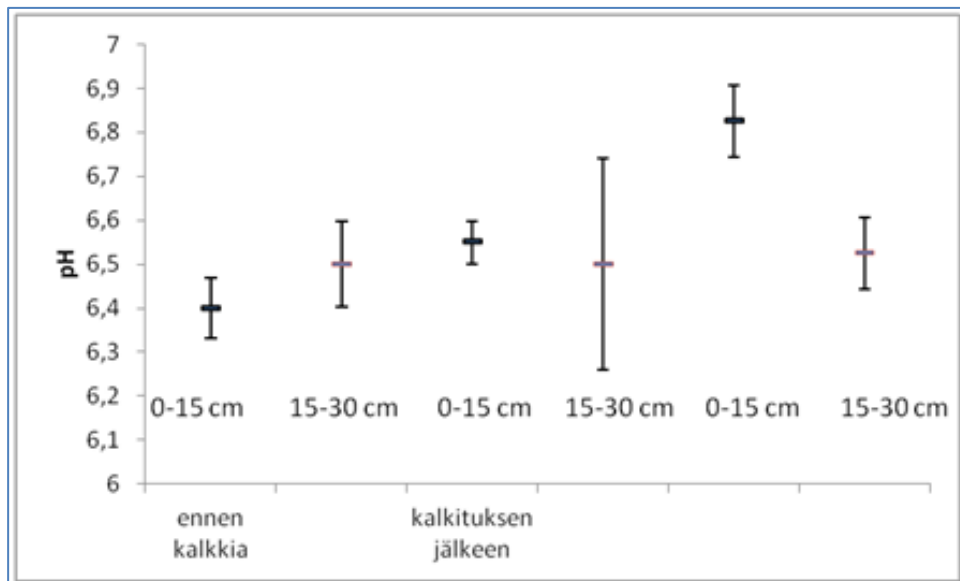


Kuva 13. Laurinojan valuma-alueen pelloille levitettiin rakennekalkkia syksyllä 2015. Kalkki muokattiin maahan heti levityksen jälkeen. Kuvat: P. Valkama

Noin 68 % peltoalasta mullattiin vuorokauden sisällä levityksestä. Loput peltoalasta mullattiin 24 - 36 h sisällä levityksestä. Jos aika levityksen ja muokkauksen välillä menee yli vuorokauteen, on riskinä, että rakennekalkki alkaa karbonatisoitumaan, jolloin se menettää rakennevaikutuksensa. Levitysmäärät vaihtelivat lohkoittain (3,5 - 8 tn/ha) riippuen niiden pH:sta ennen levitystä. Tarkoituksena ei ollut nostaa peltojen pH:ta liian korkealle.

Rakennekalkin vaikutusten selvittämiseksi Laurin pelto-ojan valuma-alueen kuudelta peltolohkolta otettiin viljavuusnäytteet ennen kalkin levittämistä syyskuussa 2015 sekä kalkin levityksen jälkeen joulukuussa 2015 ja uudelleen syksyllä 2016.

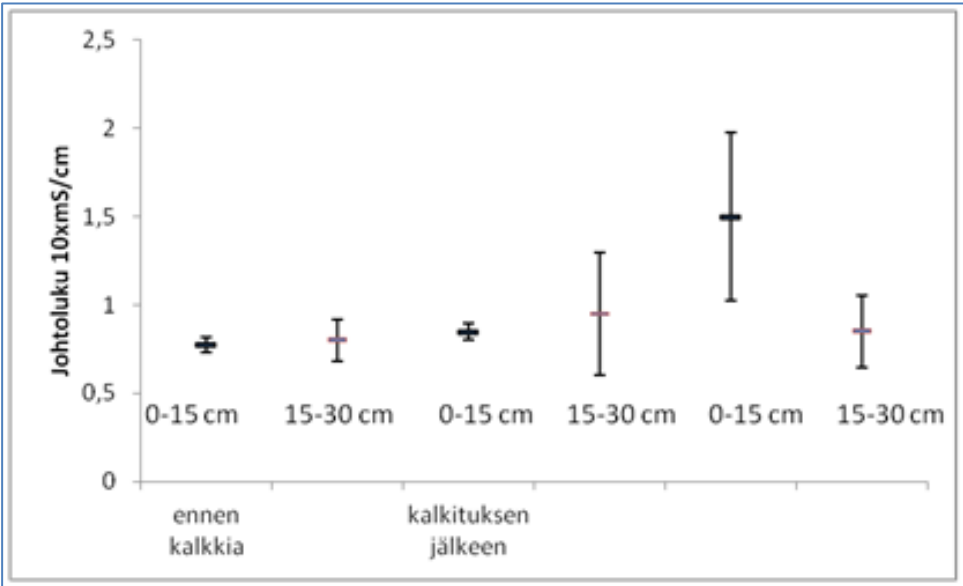
Viljavuusnäytteiden perusteella rakennekalkin havaittiin nostaneen pellon pintamaan pH:ta 0,1 - 0,2-yksikköä levityksen jälkeisenä syksynä. Levityksen jälkeen pintamaan pH oli 6,5 - 6,6. Seuraavana syksynä pH kohosi pintamaassa vielä keskimäärin tasolle 6,8 (kuva 14). Myös pintamaan kalsiumpitoisuus nousi vastaavasti ja oli korkeimmillaan vasta vuosi levityksen jälkeen. Syvemmillä vastaavia säännönmukaisia muutoksia ei havaittu.



Kuva 14. Rakennekalkki nosti erityisesti pintamaan pH:ta vielä vuosi levityksen jälkeen.

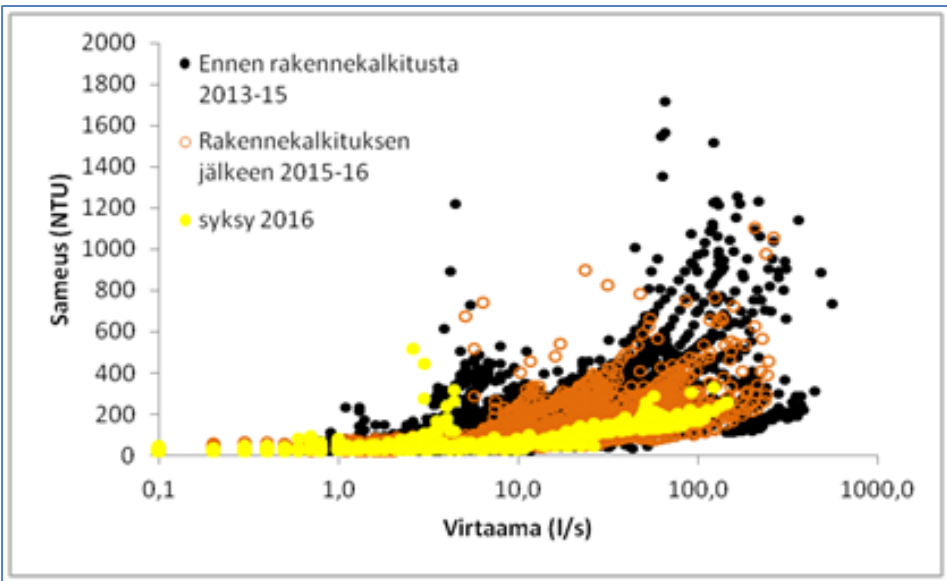
Rakennekalkituksen vaikutuksesta rikin pitoisuus nousi noin 1 - 2,5 mg/l koko maapatsaassa (0 - 30 cm), vastaavasti vesiliukoisien fosforin pitoisuus nousi noin 2 - 4 mg/l. Pintamaassa rikin ja liukoisien fosforin pitoisuudet kasvoivat keskimäärin hieman enemmän kuin syvemmillä.

Pintamaan johtoluvussa havaittiin selvä nousu vuosi rakennekalkin levityksen jälkeen (kuva 15). Syytä tälle viivästyneelle nousulle ei tiedetä. Johtoluvun kasvulla on kuitenkin keskeinen rooli eroosion ja fosforihuuhtouman vähentämisessä. Esimerkiksi Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan rakennekalkin vaikutukset saattavat tulla näkyviin myös pidemmän ajan kuluessa, kun maan mururakenne edelleen paranee rakennekalkituksen ja biologisen aktiivisuuden myötä.



Kuva 15. Rakennekalkittujen peltöjen johtoluku nousi pellon pintakerroksessa (0 - 15 cm) vuosi kalkituksen jälkeen.

Laurinojan veden laadun automaattimittauksilla pyrittiin selvittämään rakennekalkin vaikutuksia vedenlaatuun. Pelloille levitetyn rakennekalkin on todettu parhaimmillaan vähentävän eroosiota ja kiintoainehuuhtoumia sekä hiukkasiin sitoutuneen fosforin huuhtoutumista. Oletuksena oli, että eroosion väheneminen näkyisi nimenomaan sameuden pienenemisenä suhteessa virtaamaan. Kalkin levitystä seuranneena syksynä 2015 ja seuraavana keväänä 2016 sameuden ja virtaaman suhteessa ei havaittu muutosta, mutta syksyllä 2016 sameusarvot olivat selvästi pienempiä kuin aikaisemmin (kuva 16). Syksy oli erittäin kuiva ja peltöjen kynnön jälkeen kynnös pääsi kuivumaan paikoin erittäin kuivaksi. Savimaan kuivuminen ennen sateiden alkamista saattaa myös osaltaan vähentää eroosiota, mutta myös rakennekalkilla saattaa olla osuutta valumaveden sameuden pienenemiseen. Tilannetta seurataan LOHKOn jatkohankkeessa.

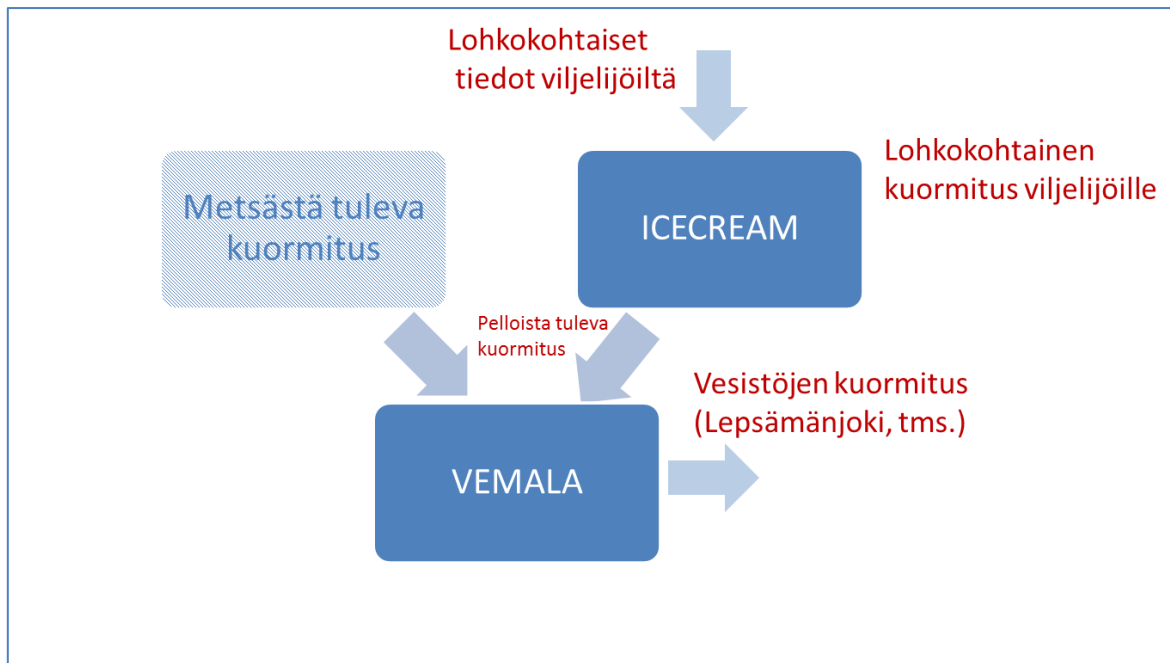


Kuva 16. Syksyllä 2016 Laurinojan sameus vähentyi selvästi suhteessa virtaamaan.

3.4. Mallinnus

3.4.1. Mallin kehittäminen

LOHKO-hankkeen tavoitteena oli parantaa VEMALA/ICECREAM-mallin laskentaa kehittämällä mallin rakennetta ja sen lähtötietoja siten, että mallia voitaisiin käyttää maatalouden ravinnekuormituksen arviointiin sekä pelto- että valuma-alueella viljelymenetelmät huomioon ottaen. LOHKO-projektin tärkeimmät saavutukset olivat 1) maanviljelijöiltä saadun tiedon lukeminen suoraan lähtötiedoiksi ICECREAM-malliin, 2) prosessikuvauksen kehitys ICECREAMissa, 3) ICECREAM-mallin kalibrointi ja validointi projektin aikana kerättyä havaintosarjaa vastaan ja 4) pelto-lohkokohtaisten ravinnekuormitustietojen toimittaminen viljelijöille hankkeen valuma-alueilla. Kuormitustiedot perustuivat lohkojen todellisiin ominaisuuksiin, jos ne olivat tiedossa. Muussa tapauksessa käytettiin keskimääräisiä arvoja. Kuva 17 havainnollistaa lähtötietojen sekä kahden mallin, VEMALAn ja ICECREAMin, välisiä suhteita.



Kuva 17. Mallinnustyökalun rakenne, lähtötiedot ja tulokset.

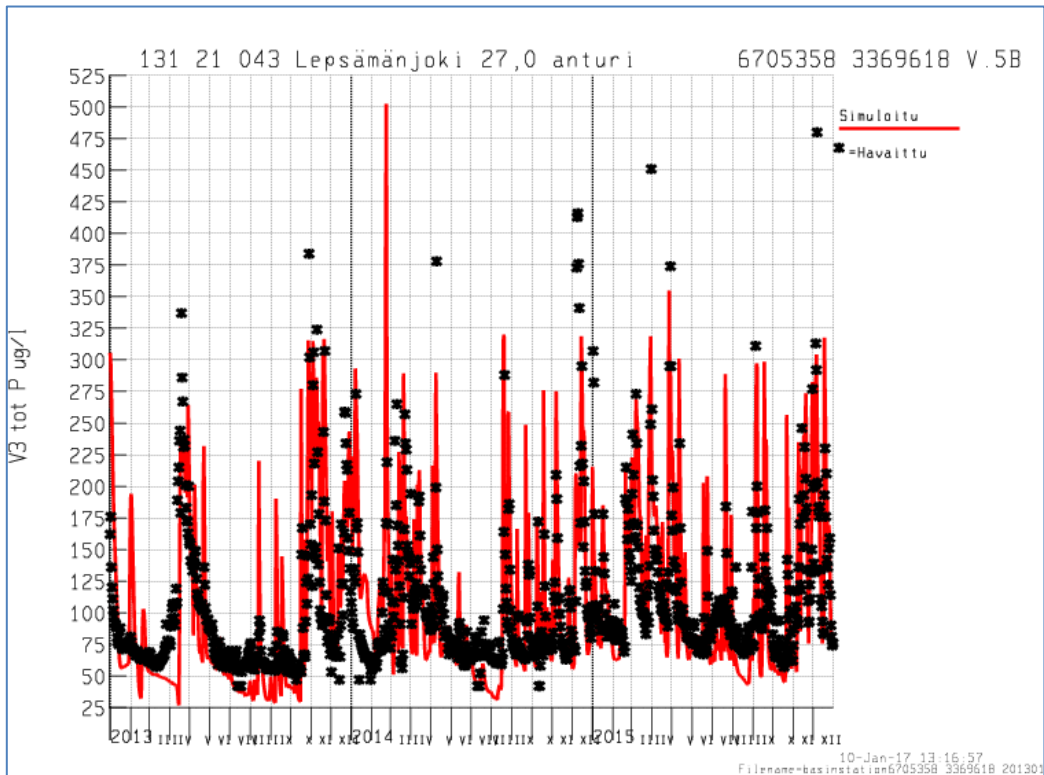
Maanviljelijöiltä saatiin tietoa viljelytoimenpiteistä Lepsämänjoen, Laurinojan, Espoon salaojakohteen ja Kaukanaranojan valuma-alueilta. Nämä prosessoitiin yhtenevään formaattiin, joka on luettavissa ICECREAM-mallin lähtötiedoiksi. Peltotiedot ovat kahdessa osassa: yhteen tiedostoon on koottu viljelytoimenpiteet (viljelykasvi, lannoitus, kylvö, sadonkorjuupäivät) ja toisesta löytyvät peltojen ominaistiedot (maalaji, kaltevuus, P-luku jne.). Aiemasta poiketen malli simuloi nyt jokaista peltoa käyttäen sille ominaisia viljelytoimenpiteitä. Lomakkeelle syötetyillä tiedoilla voi simuloida viljelytoimenpiteiden vaikutusta ravinnekuormitukseen myös tulevaisuudessa. Lähtötietojen koottu kerääminen oli ensimmäinen askel kohti peltokohtaisen ravinnekuormitussimuloinnin automatisointia.

VEMALA/ICECREAMin hydrologista kuvausta sekä ravinnekiertoa maaperässä tarkennettiin projektin aikana. Ravinnekuormitusmallia ja sen kehitystyötä on kuvattu tarkemmin liitteessä 3 (englanniksi). Malli käyttää syötteenä VEMALAn laskemaa pintakerrosvaluntaa, pohjavesivaluntaa sekä evapotranspiraatiota ja laskee niiden perusteella fyysikaalisella Richardsin yhtälöllä infiltraatiota ja maankosteutta. Richardsin yhtälö kuvaa veden liikettä vedellä kyllästämättömässä maassa. Yhtälöllä lasketaan maaveden potentiaalia eri maakerroksissa, ja veden kulkusuunta maaprofiilissa määräytyy sen mukaan, missä on pienin matriisipotentiaali. Maalajin yhtälö huomio maan hydraulisen johtavuuden kautta. Tämä osa mallia on erityisen tärkeä typen huuhtoutumisen mallintamisen kannalta.

Partikkelifosforin ja liukaisen fosforin siirtymistä mikrohuokosten ja makrohuokosten välillä mallinnettiin yksinkertaisella menetelmällä, jossa pieni osuus kummastakin fosforijakeesta kulkeutui mikrohuokostosta makrohuokostoon jokaisessa maakerroksessa. Tämä osuus on kalibroitu parametri, joka on vakio kaikille maakerroksille. Muutos paransi kokonaisfosforin simuloituja keskisuuria huippuja ja ne vastasivat paremmin Lepsämänjoella havaittuja ar-

voja. ICECREAM-malli vaatii edelleen lisäkehitystä. Jatkossa pitäisi ratkaista esimerkiksi veden ja liukoisten ravinteiden vaihtoa huokostojen välillä kuvaava kaksoishuokosmalli, jossa on kaksi Richardsin yhtälöä. Lisäksi pitäisi löytää tasapaino typen mineralisoitumisen ja immobilisoitumisen välillä. Molempien prosessien kuvausta pitäisi myös parantaa.

ICECREAM-mallin kalibroinnin päämääränä oli saada mallille parametrisointi, jolla malli kuvaa mahdollisimman hyvin peltolohkojen ominaispiirteiden, viljelytoimenpiteiden ja sääolojen vaikutusta eroosioon ja ravinnekuormitukseen LOHKO-hankkeen kohdealueilla ja aikaisemmillä mittauspaikoilla. Kalibrointiin otettiin mukaan myös käytettävissä olevat mittaustiedot muun muassa Kotkanojan ja Aurajoen testikentiltä. Parametrisoinnin oikeellisuutta testattiin lopulta käyttämällä sitä laajoilla vesistöalueilla peltojen kuormituksen arviointiin niin, että VEMALA-mallilla simuloitiin ICECREAM-syötteellä pitoisuuksia vesistössä ja lopulta kuormitusta mereen ja näitä verrattiin vesistöjen pitoisuushavaintoihin. Simuloiduista kokonaisfosforipitoisuuksista on esimerkkinä kuva 18, josta näkyy myös, miten simuloidut ja havaitut pitoisuushuiput vastaavat hyvin toisiaan.



Kuva 18. Simuloitu ja havaittu kokonaisfosforipitoisuus Lepsämänjoella vuosina 2013 - 2015.

3.4.2. Lohkokohtaiset kuormitusarviot

Kaikille valuma-alueiden tiloille laskettiin peltolohkokohtaisesti arviot lohkon eroosiosta (kg/ha) ja lohkolta huuhtoutuvasta typpi- ja fosforimäärästä (kg/ha) viljeltäessä eri kasveja ja käytettäessä eri muokkaustapoja ja typpi- ja fosforilannoitusmääriä. Lisäksi arvioitiin keskimääräinen sato (t/ha) ja sadon mukana poistuva N- ja P-määrä (kg/ha). Arviot perustuvat ICECREAM-laskentamallilla laskettuihin tuloksiin.

Sätietoina käytettiin vuosien 2000 - 2015 säätietoja, sillä eri vuosien sääolot vaihtelevat huomattavasti samoin kuin sadon ja sadon mukana poistuvien ravinteiden määrä, eroosio ja typpi- ja fosforihuuhtouma. Pitkän, erilaisia sääoloja käsittävän, ajanjakson valinnalla pyrittiin kuvaamaan eri viljelyvaihtoehtojen keskimääräisiä vaikutuksia. Arvioissa käytettiin viljelijöiltä saatuja maalaji- ja maan P-pitoisuustietoja. Jos lohko-kohtaista tietoa ei ollut käytävissä, oletettiin maassa olevan 12 mg P/ha ja maalaji arvioitiin alueen maaperätiedoista.

Mallinnuksessa käytetyt viljelykasvit olivat kevät- ja syysvehnä, ohra, nurmi-ohra-kierto (3 + 1 vuotta) ja viherkesanto. Lannoitus vaihteli kasvin mukaan: kevätvehnä 20 kg P ja 120 kg N/ha, ohra 22 kg P ja 100 kg N/ha, syysvehnä 20 kg P (kaikki syksyllä) ja 20+130 kg N/ha, nurmi 24 kg P ja 200 kg N/ha, viherkesanto lannoittamaton.

Myös laskennassa käytetyt toimenpiteet vaihtelivat kasvin mukaan seuraavasti:

- Kevätvehnän ja ohra: syyskylvä ja -kultivointi, suorakylvö, kevytluokitus keväällä joko ilman kerääjäkasvia tai kerääjäkasvi (ei typpeä sitova, esim. raiheinä) kylvettynä viljan kanssa samaan aikaan
- Syysvehnä: syyskylvä ja suorakylvö
- Nurmi-ohra-kierto: suorakylvö, syyskylvä ja -kultivointi sekä kevytluokitus (äestys) keväällä, nurmen uusia suoja- ja viljoja (ohra).
- Viherkesanto: nurmi, korjataan tai jätetään pellolle.

Jokaiselle tilalle koostettiin raportti ”LOHKO-hankkeen lohko-kohtaiset tulokset tilalle XXXX”. Raportin tulkitsemiseksi koottiin yhden tilan aineistosta ”mallitulkit”, joka on liitteenä 2. Tilalta saatiin lupa aineiston esittämiseen ko. muodossa.

Mallin laskentatuloksista koottiin taulukkomuotoon (taulukko 5) eri viljelyvaihtoehtojen tuottama keskimääräinen sato, eroosio sekä kokonaistypen ja -fosforin huuhtouma sekä eroosion vaihteluväli. Tuloksista tehtiin myös karttoja, esimerkiksi eroosio suhteessa pellon kaltevuuteen. Karttojen avulla viljelijän on helppo päätellä, millä pelloilla kannattaa esimerkiksi keventää luokitusta. Tuloksista voidaan myös päätellä, että typen huuhtoutumista kevätiljoja viljeltäessä voidaan helposti vähentää keväällä tehtävällä kylvä kevyemmällä maanluokituksella ja kerääjäkasveja käyttämällä. Taulukot ja kartat toimitettiin viljelijöille muistitikulle tallennettuina postitse (liite 2). Mallin tulokset antavat viljelijöille hyvän yleisen tietopohjan ja arvokkaan lisän päätöksenteon avuksi.

Paranneltu ICEACREAM-malli hyödyttää myös vesipuiderektiivin toimeenpanotyötä kaikissa Suomen vesistöissä ja myös ns. meripuiderektiivin toimeenpanoa rannikkoalueilla. Mallia käytetään kaikissa vesistöissä vesimuodostumien nykyisen ravinnekuormituksen, ilmastomuutoksen vaikutuksen sekä erityisesti maatalouden ravinnekuormituksen vähennystoimenpiteiden arviointiin valuma-alueella. LOHKO-projektissa tehtyä mallikehitystä voivat nyt hyödyntää esimerkiksi ELY-keskukset tekemässään vesienhoidon suunnittelutyössä koko maassa.

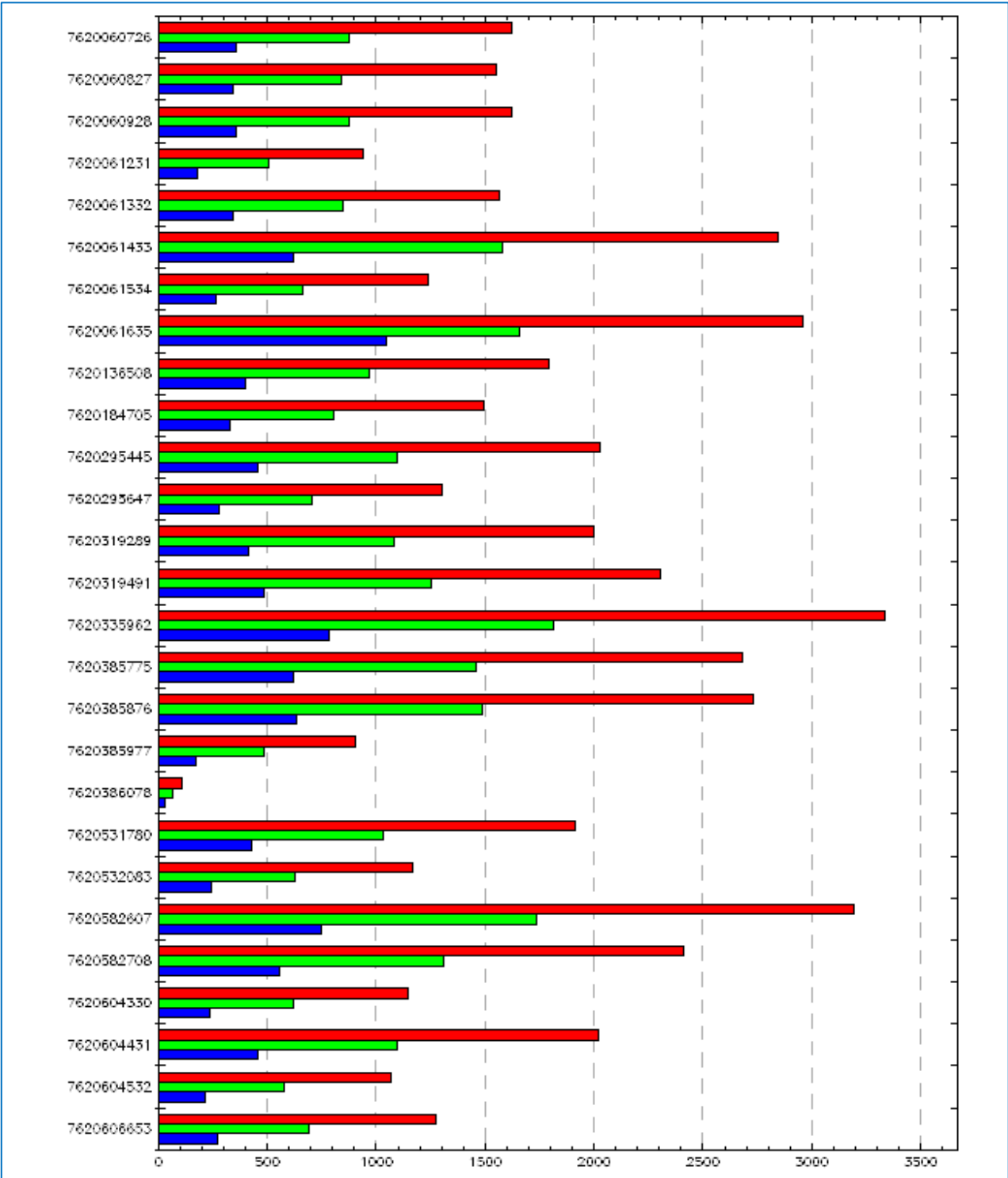
Huomioita tilakohtaisesta raportista

Tilan lohkot eroavat usein huomattavasti toisistaan. Viljelijälle toimitettuun raporttiin liitettiin kuva, josta selviää lohkojen välillä olevat erot eroosioherkkyydessä yhdellä silmäyksellä (kuva 19). Taulukossa 5 on esitetty kahdelle erityyppiselle lohkolle mallilla laskettuja arvioita sadosta ja vesistökuormitusriskistä. Lohkot eroavat toisistaan keskimääräiseltä kaltevuudeltaan ja maalajiltaan, mutta molemmissa on korkea maan P-pitoisuus. Erot heijastuvat kuormitusriskiin.

Maalajiltaan karkealla ja vähemmän kaltevalla loholla vuosittainen hehtaari-kohtainen eroosio-kuormitus jää haasteellisissakin sääoloissa aina selvästi alle 1000 kilon, jota voidaan pitää kestävä kuormituksen rajana (taulukko 5). Toisella loholla syyskylvä käytettäessä eroosio-kuormituksen riski nousee yli 1000 kilon. Keskimäärin kummankin lohkon eroosio-kuormitusriski on kuitenkin hyvin kohtuullinen ja jää alle Suomen peltojen keskimääräisen eroosio-kuormituksen (noin 500 kg/ha/v). Malli arvioi N-huuhtouman korkeaksi syysvehnää viljeltäessä. Yksi syy tähän on syysvehnän korkeampi N-lannoitus esimerkiksi kevätevehnään verrattuna, mutta satotasossa ei ole eroa. Tasotaso- laskennan pohjalla ovat alueen keskimääräiset satotasot (Luken tilastot). Lannoitustasot ovat ympäristökorvauksen ehtojen mukaiset. Syysviljelmältä tulevasta kuormituksesta on kuitenkin vähän tutkittua tietoa ja saatavilla olevakin on osittain ristiriitaista. Mallien kehittämisen kannalta mitattu tieto tulisi tarpeeseen, jotta laskentatulokset voitaisiin varmentaa. Karkealla maalla vuotuinen P-huuhtouman riski pysyy kaikilla toimenpidevaihtoehdoilla alle kilossa hehtaari-kohtaisesti. Savimaalla P-kuormitus nousee, kun maata käsitellään syksyllä.

Lohkojen välinen vaihtelu on hyvä pitää mielessä, jos vesien suojeleminen haluaa käyttää vain osalla lohkoista. Toimenpiteet, jotka on valittu sen mukaan, mitä kuormitusta halutaan vähentää, kannattaa kohdistaa kuormitta-

vimmille lohkoille. Tämä on myös kustannustehokasta vesiensuojelun näkökulmasta. Jos maatalouden vesiensuojeluun käytettävä tukirahoitus supistuu tai toimenpiteitä vaihdetaan viljelijöille pakollisiksi, voidaan toimenpiteitä kohdentaa tilakohtaisesti kuormittavimmille lohkoille. Toinen mahdollisuus on alueellinen kohdentaminen.



Kuva 19. Tilan eri lohkojen eroosio (kg/ha/v) keskimäärin (vihreä), vähimmäns (sininen) ja enimmäns (punainen) sääoloiltaan erilaisina vuosina, jos lohko kynnetään syksyllä.

Taulukko 5. Mallilla lasketut kahden maalajiltaan ja kaltevuudeltaan poikkeavan lohkon sato- ja kuormitusarviot.

Maalajiryhmä (jaolla savet/hiesut/karkeat/eloperäiset): Savet

Keskikaltevuus 2.0 %

Laskennassa käytetty viljavuusanalyysistä arvioitua lohkon fosforiluokkaa: Korkea

Viljelykasvi	Toimenpide	Lannoitus		Sato			keskim. kg/ha	Eroosio		Huuhtouma	
		P kg/ha	N kg/ha	t/ha	P kg/ha	N kg/ha		minimi kg/ha	maksimi kg/ha	P kg/ha	N kg/ha
Kevätvehnä	syyskyntö	0	120	3.78	14.7	70	540	<200	1150	1.58	20.4
Kevätvehnä	kultivointi syksyllä	0	120	3.75	14.6	69	400	<200	850	1.30	16.5
Kevätvehnä	kevytmuokkaus keväällä	0	120	3.75	14.6	69	210	<200	455	1.02	16.4
Kevätvehnä	kevytm.kevät+kerääjäkasvi	0	120	3.72	14.6	69	<200	<200	340	0.88	5.4
Kevätvehnä	suorakylvö	0	120	3.76	14.6	69	<200	<200	325	0.94	15.2
Ohra	syyskyntö	0	100	3.71	13.2	65	540	<200	1150	1.59	15.0
Ohra	kultivointi syksyllä	0	100	3.69	13.1	64	400	<200	860	1.31	11.8
Ohra	kevytmuokkaus keväällä	0	100	3.68	13.1	64	210	<200	460	1.03	11.8
Ohra	kevytm.kevät+kerääjäkasvi	0	100	3.62	13.0	63	<200	<200	330	0.88	4.1
Ohra	suorakylvö	0	100	3.69	13.1	64	<200	<200	320	0.94	10.7
Syysvehnä	kyntö	0	150	3.66	16.2	62	450	<200	1000	1.47	33.3
Syysvehnä	suorakylvö	0	150	3.66	16.2	62	<200	<200	400	1.07	32.2
Nurmi 3v+ohra 1v	syyskyntö	0	200	5.70	16.8	147	240	<200	720	0.84	9.4
Nurmi 3v+ohra 1v	kultivointi syksyllä	0	200	5.70	16.8	147	<200	<200	365	0.80	7.5
Nurmi 3v+ohra 1v	kevytmuokkaus keväällä	0	200	5.70	16.8	147	<200	<200	365	0.83	8.4
Nurmi 3v+ohra 1v	suorakylvö	0	200	5.70	16.8	147	<200	<200	365	0.87	8.5
Viherkesanto	kasvusto korjataan	0	0	1.44	4.2	33	<200	<200	370	0.90	5.5
Viherkesanto	kasvustoa ei korjata	0	0	0.00	0.0	0	<200	<200	365	0.92	17.3

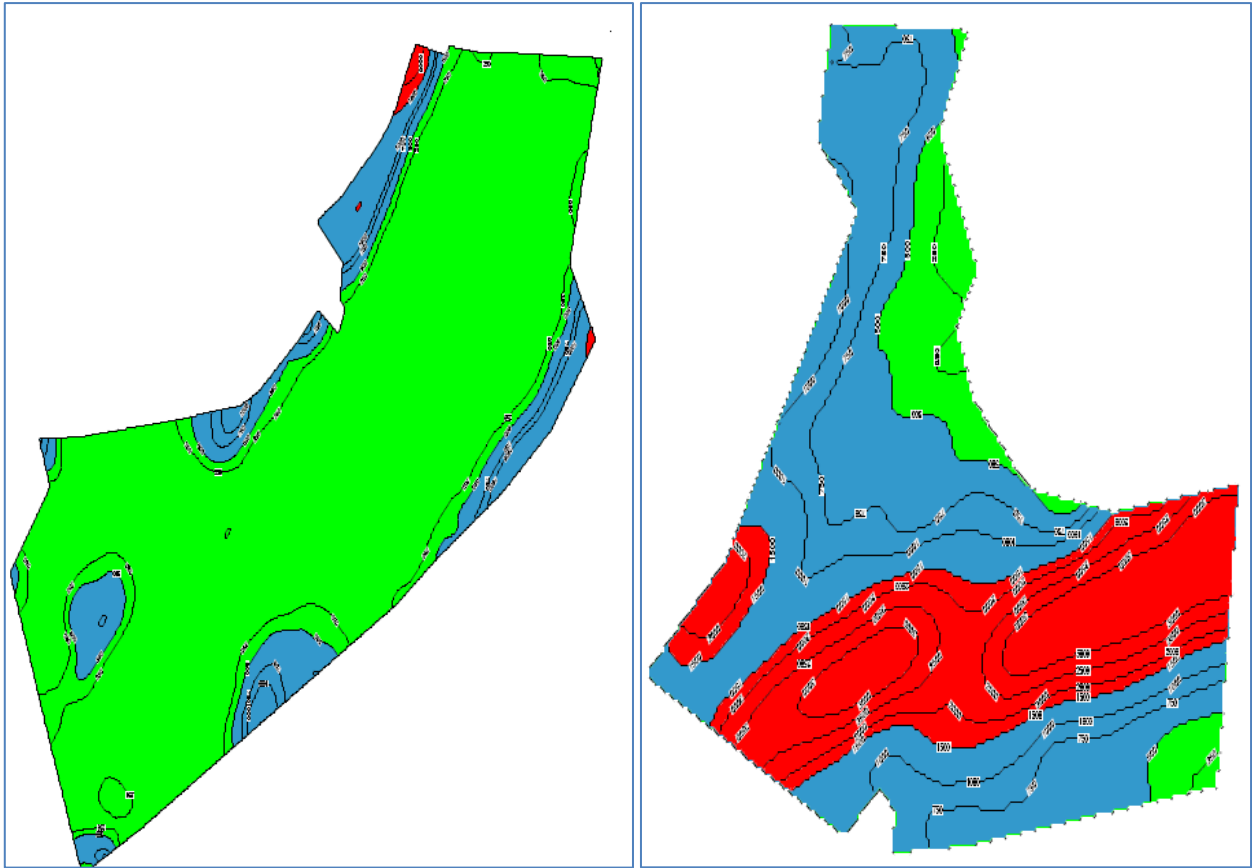
Maalajiryhmä (jaolla savet/hiesut/karkeat/eloperäiset): Karkeat

Keskikaltevuus 1.2 %

Laskennassa käytetty viljavuusanalyysistä arvioitua lohkon fosforiluokkaa: Korkea

Viljelykasvi	Toimenpide	Lannoitus		Sato			keskim. kg/ha	Eroosio		Huuhtouma	
		P kg/ha	N kg/ha	t/ha	P kg/ha	N kg/ha		minimi kg/ha	maksimi kg/ha	P kg/ha	N kg/ha
Kevätvehnä	syyskyntö	0	110	4.15	16.5	78	430	<200	820	0.98	23.6
Kevätvehnä	kultivointi syksyllä	0	110	4.12	16.3	77	320	<200	610	0.90	14.7
Kevätvehnä	kevytmuokkaus keväällä	0	110	4.09	16.2	77	<200	<200	255	0.81	14.4
Kevätvehnä	kevytm.kevät+kerääjäkasvi	0	110	3.97	15.7	74	<200	<200	255	0.78	5.6
Kevätvehnä	suorakylvö	0	110	4.11	16.3	77	<200	<200	255	0.83	13.6
Ohra	syyskyntö	0	90	4.10	15.0	73	430	<200	820	0.98	15.1
Ohra	kultivointi syksyllä	0	90	4.01	14.6	71	320	<200	610	0.90	8.3
Ohra	kevytmuokkaus keväällä	0	90	3.97	14.5	70	<200	<200	255	0.81	8.4
Ohra	kevytm.kevät+kerääjäkasvi	0	90	3.75	13.7	66	<200	<200	255	0.79	3.9
Ohra	suorakylvö	0	90	3.99	14.6	71	<200	<200	255	0.84	7.9
Syysvehnä	kyntö	0	140	4.00	18.1	70	300	<200	510	0.93	48.4
Syysvehnä	suorakylvö	0	140	4.00	18.1	70	<200	<200	290	0.88	44.0
Nurmi 3v+ohra 1v	syyskyntö	0	200	5.71	16.9	148	<200	<200	485	0.79	17.5
Nurmi 3v+ohra 1v	kultivointi syksyllä	0	200	5.71	16.9	148	<200	<200	260	0.78	15.5
Nurmi 3v+ohra 1v	kevytmuokkaus keväällä	0	200	5.71	16.9	148	<200	<200	260	0.80	14.4
Nurmi 3v+ohra 1v	suorakylvö	0	200	5.71	16.9	148	<200	<200	260	0.84	14.8
Viherkesanto	kasvusto korjataan	0	0	1.48	4.4	34	<200	<200	260	0.88	4.2
Viherkesanto	kasvustoa ei korjata	0	0	0.00	0.0	0	<200	<200	260	0.91	20.2

Lohkojen välisen vaihtelun lisäksi yksittäisillä lohkoilla esiintyy yleensä alueita, jotka ovat muita lohkon osia kuormittavampia (kuva 20). Tällöin vesiensuojelumenetelmät tulisi kohdistaa erityisesti näihin lohkon osiin, mikäli se on työteknisesti mahdollista eikä menetelmää haluta käyttää koko loholla.



Kuva 20. Eroosion pieneminen (kg/ha/v), kun verrataan syyskyntöä ja keväistä kevytmuokkausta ohraa viljeltäessä. Vihreällä kuvatuilla alueilla eroosioriski on vähäinen. Vasemman puoleisella loholla kynnöstä luopuminen vaikuttaa eroosioon selvästi vähemmän kuin oikeanpuoleisella loholla.

Vaikka kaltevuusaineistona käytettiin laserkeilaukseen perustuvaa 2x2 m-kaltevuusmallia, näkyy lohkoilla toisinaan hyvinkin kaltevia alueita kohdissa, jotka oikeasti ovat melko tasaisia. Tähän on syynä se, että maasto saattaa nousta tai laskea jyrkästi heti pellon ulkopuolella ja korkeusmallin hilaraja osuu ”sopivaan” kohtaan. Korkeusvaihtelu voi johtua luontaisesta maaston muodon vaihtelusta tai siitä, että pelto rajautuu esim. tiehen, jonka pinta on hyvin eri korkeudella kuin pellon pinta. Viljelijä osaa tulkita nämä virhelähteinä, mutta lohkoa käytännössä tuntematta virhekohtien tulkinta on vaikeaa. Tämä virhelähde on pidettävä kuitenkin mielessä tuloksia hyödynnettäessä.

4. Lohkokohtaisen tiedon puutteesta johtuva epävarmuus mallinnuksessa

LOHKO-hankkeessa peltojen eroosio-, typpi- ja fosforikuormituksen mallinnukseen käytettiin ICECREAM-mallia. Alun perin yhdysvaltalaisista mallia on kehitetty Suomessa paikallisiin oloihin soveltuvaksi 1990-luvun alusta lähtien. Mallin kehitystyössä tarvitaan paljon mitattua tietoa, jota saadaan erilaisista tutkimuksista ja seurannoista. Hankkeet, kuten LOHKO, toimivat myös tärkeänä tiedon keruun välineinä.

Kun arvioidaan pelloilta tulevaa kuormitusta veteen, tulisi tietää myös mahdollisimman tarkkaan lohkon ominaisuuksia ja siellä tehdyt viljelytoimenpiteet. Osa tiedosta voidaan saada julkisista tietokannoista, kuten maannostietokannasta tai kaltevuusmalleista tai tilaamalla maataloushallinnon rekistereistä (mm. viljelykasvi). Osa tiedoista, kuten lohkon P-luku, maalaji, multavuus ja viljelytoimet, ovat vain viljelijöillä tiedossa. Viljelijä voi halutessaan antaa tietoa mallinnuksen käyttöön esimerkiksi osallistuessaan hankkeisiin. Kattavampi tietoaaineisto olisi mallinnuksessa hyödyksi.

LOHKOssa tehtiin kysely lohkokohtaisen tiedon käytön nykyistä helpommasta käytöstä tutkimuksessa ja hallinnossa (liite 1). Viljelijät suhtautuvat tiedon luovuttamiseen ristiriitaisesti. Toiset eivät näe siinä ongelmaa, kun taas toiset eivät halua missään tapauksessa luovuttaa tietoja tutkimuksen ja hallinnon käyttöön. Lakisäateistä pakkoa tietojen luovuttamiseen ei ole kuin tietyissä tapauksissa, kuten tilalla tehtävissä valvonnoissa.

Seuraava esimerkki kuvaa nykyistä tarkemman tiedon merkitystä pelloilta tulevan fosforikuormituksen mallinnuksessa. Kun arvioidaan peltojen fosforikuormitusta laskentamalleilla, on tärkeää pystyä yhdistämään tiedot lohkon kaltevuudesta, maalajista ja P-luvusta. Jos lohkon P-luku on korkea, sen vaikutus fosforikuormitukseen riippuu merkittävästi pellon kaltevuudesta ja maalajista. Jotta peltojen fosforikuormituksen laskentatuloksia pystyttäisiin vertaamaan pitoisuusmittauksiin jokivesissä ja sitä kautta tarkentamaan ja validoimaan laskentamallia, tarvitaan lisäksi viljavuusanalyysin paikkatieto. Mikäli halutaan tarkentaa huomattavasti nykyisiä maataloudesta vesistöön tulevia kuormitusarvioita, tulisi tietää jokaisen jokihavaintopisteen valuma-alueen pellon ominaisuudet.

Vesistöjen ravinnekuormitusarvioita tehdään muun muassa Syken WSFS-VEMALA-laskentajärjestelmällä, jonka yhtenä osana on peltojen ravinnekuormitusta laskeva ICECREAM-malli. Tämä järjestelmä kattaa koko Suomen ja sillä tuotetaan tietoa esimerkiksi vesien- ja merenhoidon suunnitteluun. Järjestelmässä lähtötietoina käytetään muun muassa eri viljavuusanalyysilaboratorioista tutkimuskäyttöön saatua viljavuusanalyysitulosaineistoa. Aineistoa käytetään siten, että analyysitiedot pidetään salassa. Analyysitietojen perusteella järjestelmä tuottaa arvioita peltojen ravinnekuormituksesta nykytilassa ja eri viljelytoimenpidevaihtoehdoilla, mutta lähtötiedot eivät ole näkyvissä tai tulkittavissa tuloksista.

Aineistossa on viljavuusanalyysituloksia vuodesta 2000 alkaen ja se kattaa koko maan pelloista noin 41 %. Aineisto sisältää peltolohkokohdaisen tiedon lisäksi myös tuloksia, joista tiedetään pellon sijaintikunta, mutta ei peltolohkoa, jota se edustaa. Kuntakohtaisten tietojen perusteella arvioidaan kuormituslaskennan lähtötietoja niille pelloille, joille lohkokohdaista tietoa ei ole.

Käytettäessä viljavuuslaboratorioista saatua aineistoa jää peltojen lähtötietoihin vielä paljon puutteita, jotka heikentävät arvion tarkkuutta todelliseen tilanteeseen nähden. Tiedot kattavat 41 % pelloista ja osa tiedoista on jo yli 15 vuotta vanhoja. Kuntakohtaisten tiedon perusteella arvioidaan lohkokohdaiset ominaisuudet 59 %:lle lohkoista. Tästä aiheutuu merkittävä, jäljempänä kuvattava, epävarmuus kuormitusarvioon. Kuntakohtaisten tiedon joukossa on viljavuusanalyysituloksia myös muun muassa kotipuutarhoista ja viheralueilta. Nämä vääristävät arviota entisestään. Aineistossa erikoiskasvien, muun muassa sokerijuurikkaan viljelyssä olevien peltojen, tiedoissa kattavuus on muita huonompi. Lisäksi viljavuusanalyysitietojen kattavuus vaihtelee huomattavasti eri puolilla maata. Osalla Etelä-Suomen ja Pohjanmaan vesistöjä sekä rannikko- ja merialueilla kattavuus on selvästi muita alueita huonompi. Eniten tietoja puuttuu Kyrönjoen valuma-alueella (noin 73 000 ha peltoa). Fosforikuormitusarviot erityisesti rannikko- ja merialueilla ovat epävarmoja, koska viljavuusanalyysituloksia on vähän eikä kuormitusarvioita voida korjata vesistöjen pitoisuusmittausten perusteella. Rannikko- ja merialueilla kuormitus menee suoraan tai pieniä uomia mereen, jolloin pitoisuustietoja vesistöstä ei voida mitata kattavasti.

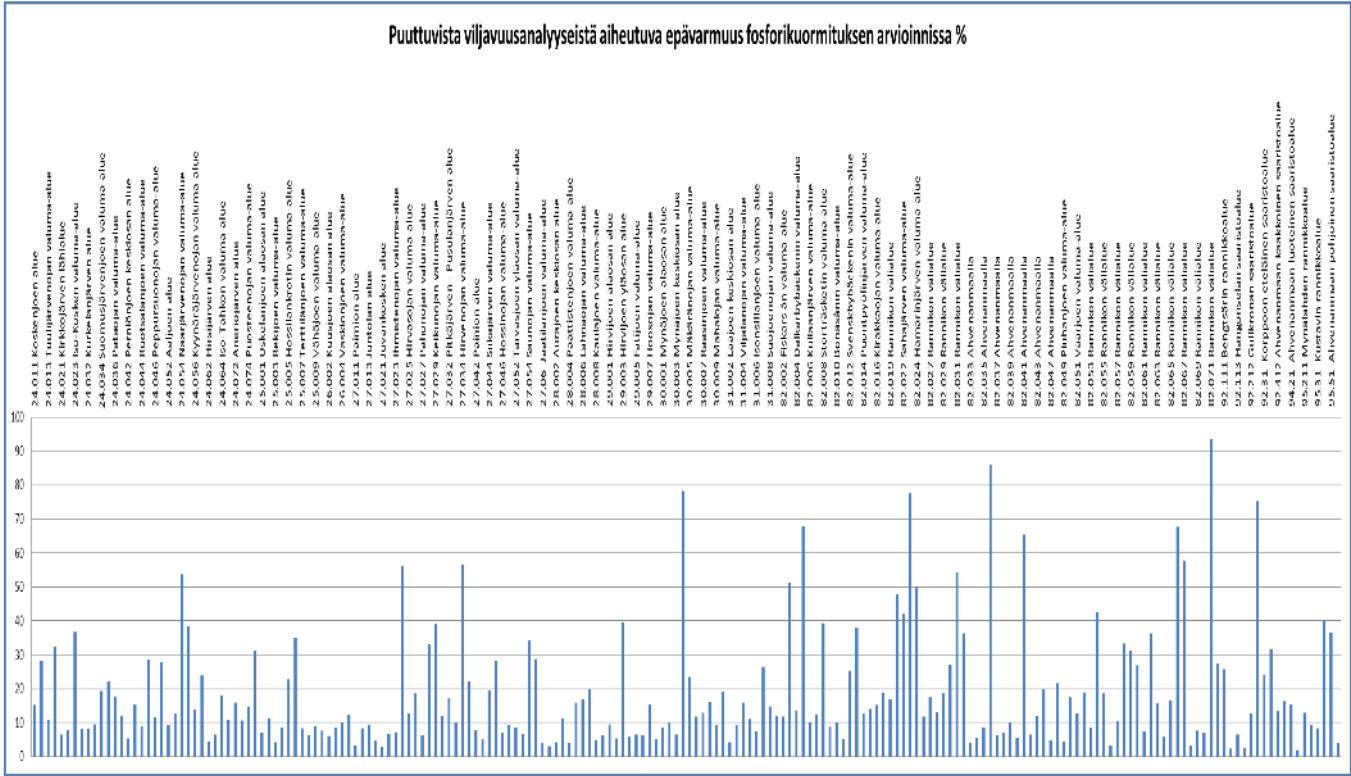
ICECREAM-mallilla arvioitiin Saaristomeren valuma-alueelle, kuinka suuri epävarmuus kuormitusarvioissa on puuttuvista viljavuusanalyyseistä johtuen. Laskennan lähtötiedoksi arvioitiin maalaji ja P-luku niille peltolohkoille, joilta ei ole viljavuusanalyysitulosta. P-lukuna käytettiin satunnaista P-lukua kuntatiedoista ja maalaji arvioitiin maannostietokannan perusteella. Maannostietokannan tiedot ovat kuitenkin epävarmoja todellisiin viljavuusanalyysiin verrattuna (taulukko 6).

Taulukko 6. Maannostietokannan maalajitiedot poikkeavat merkittävästi viljavuusanalyysitulosten tiedoista. Jos tietokannassa lohkon maalaji on esimerkiksi aitosavi, niin viljavuusanalyysin mukaan se on aitosavi vain 70 %:ssa tapauksista ja jopa saraturve 5 %:ssa tapauksista.

Maannostietokannan maalaji	Viljavuusanalyysin maalajin todennäköisyys (%)			
	Aitosavi	Karkea hiesu	Hieno hieta	Saraturve
Aitosavi	70	10	14	5
Karkea hiesu	38	31	24	5
Hieno hieta	11	22	55	10
Saraturve	3	5	29	61

Epävarmojen tietojen vaikutusta fosforikuormitukseen arvioitiin muodostamalla 10 erilaista lähtötietoyhdistelmää P-luvuista ja maalajitiedoista ja laskemalla vesistöalueittain peltojen fosforikuormitus näillä lähtötiedoilla. Kuormitustuloksiin vaikuttaa erityisesti, minkälaisia P-luku/maalaji/kaltevuus-yhdistelmiä pelloille muodostuu. Kuormitustuloksen epävarmuuteen vaikuttaa, paljonko lohko kohtaisia tietoja alueelta puuttuu ja miten paljon peltojen ominaisuudet vaihtelevat alueella.

Kuvassa 21 on esitetty, kuinka paljon puuttuvat viljavuusanalyysitiedot vaikuttavat fosforikuormitusarvion tarkkuuteen Saaristomeren valuma-alueen 3. jakovaiheen vesistöalueilla. Tyypillisesti epätarkkuus on alle 20 %, mutta yksittäisillä alueilla se voi olla huomattavasti suurempi, jopa yli 50 %.



Kuva 21. Puuttuvista viljavuusanalyysitiedoista aiheutuva epävarmuus fosforikuormitusarvioissa Saaristomeren valuma-alueen 3. jakovaiheen vesistöalueilla.

Todellisista lohko kohtaisista lähtötiedoista on monia hyötyjä mallien tarkentumisen kautta. Jos peltolohkojen P-luku- ja maalajitiedot olisivat kattavia ja ajantasaisia, arvio peltojen ravinnekuormituksen osuudesta nykyisestä vesistöjen kokonaiskuormituksesta tarkentuisi. Lisäksi arviot mahdollisuuksista vaikuttaa viljelytoimenpiteillä vesistöjen ravinnekuormitukseen tarkentuisivat. Nämä arviot ovat lähtötietona muun muassa vesien- ja merenhoidon suunnittelussa, jossa niin maataloudelle kuin muillekin sektoreille asetetaan tavoitteita vesien tilan parantamiseksi. Laskentamalleilla pystyttäisiin myös arvioimaan peltolohko kohtaisesti eri kuormitusvähennystoimenpiteiden hyötyjä. Jos esimerkiksi tiedettäisiin, kuinka paljon suojaista tai talviaikainen kasvipeitteisyys vaikuttaa lohkon ravinnekuormitukseen, voitaisiin toimenpiteitä kohdentaa kustannustehokkaasti sinne, missä toimenpiteillä on haluttu vaikutus. Tämä vähentää myös sattumanvaraista, vain kustannuksia aiheuttavaa työtä lohkoilla, joilla tietyllä toimintamallilla ei ole haluttua vaikutusta.

5. Automaattisen vedenlaadun seurannan merkitys

Automaattista vedenlaadunseuranta hyödyntävät tutkimushankkeet ja tarkkailut ovat lisääntyneet Suomessa ja kansainvälisesti paljon viimeisten vuosien aikana. Syyt automaattisten mittausten yleistymiselle ovat lisääntynyt valikoima automaattimittaukseen soveltuvista mitattavista muuttujista, tiedonsiirron ja tallennuksen varmuuden lisääntyminen ja halpeneminen. Myös tiheällä mittausväkillä saatu etu perinteiseen seurantaan nähden on johtanut menetelmän yleistymiseen.

Automaattiantureilla tehty jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta on osoittautunut erittäin hyödylliseksi menetelmäksi kuormitusarvioiden tarkentamisessa verrattuna yksittäisten näytteiden avulla tehtäviin arvioihin. Hajakuormitusarvioiden tarkentamisen lisäksi automaattimittauksilla on mahdollista todentaa poikkeustilanteita (mm. jätevesipäästöt, rakentamisen tai uomien ruoppauksen aiheuttama samennus), päästöjen etenemistä ja laimenemista joessa sekä vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia. Nykyisten vesistöseurantojen heikkous ravinnekuormituksen arvioinnin kannalta on resurssien rajoittamana harva näytteenottotiheys. Jokien kuljettamia ainevirtaamia lasketaan yleensä yksittäisten näytteiden perusteella tai jopa pitoisuuksien ja virtaamien vuosikeskiarvojen avulla. Parhaimmillaan näytteitä saatetaan ottaa 20 kertaa vuodessa, mutta esimerkiksi tunnin välein mittaavalla anturilla saadaan samassa ajassa lähes 9000 havaintoa. Vuotuisten kuormien arviot ovatkin usein epätarkkoja eikä kuormituksen suhteellisista muutoksista voida tehdä luotettavia tulkintoja. Yksittäisten näytteiden perusteella tehtyjen ravinnekuormien epävarmuus saattaa olla niin suuri, että mahdolliset vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset häviävät sen alle.

Pohdittaessa keinoja, joilla vesistöjen tila saataisiin hyvään kuntoon, tulisi ensin olla todellinen tieto siitä, mikä on vesistöjen nykyinen tila ja eri kuormituslähteiden todellinen suuruus ja ajallinen vaihtelu. Jatkuvatoimisilla mittauksilla tämä on mahdollista. Tällöin pystytään kohdentamaan kuormituksen vähentämistoimenpiteet oikein ja tehokkaimmin niin, että niistä saatava hyöty olisi mahdollisimman suuri. Jatkuvatoimisen mittauksen arvo on siinä, että se tarkentaa perinteistä seurantaa ja tuo mahdollisuuden arvioida vesistön tilaa luotettavammin. Tilan arvioinnissa ja sen mahdollisissa muutoksissa automaattiantureiden tuoma tieto onkin ensiarvoisen tärkeää.

Automaattimittauksilla saadaan siis tarkempaa tietoa ravinnekuormituksesta ja kuormituksen muodostumisesta, kuormituslähteistä ja sen dynamiikasta. Niiden avulla voidaan myös tarkentaa ravinnekuormitusmalleja. Tarkempien mallien avulla voidaan tuottaa muun muassa luotettavampia skenaarioita tulevien ilmasto-olosuhteiden vaikutuksista ravinnekuormitukseen ja arvioida erilaisten vesiensuojelumenetelmien vaikutuksia.

Koska kaikkia tärkeitä muuttujia ei voida mitata automaattisesti suoraan vesistöstä, tarvitaan laboratorioanalyysien tuomaa täydentävää tietoa. Antureita tulee myös huoltaa säännöllisesti luotettavan mittaustiedon saamiseksi. Laitteiden asennus, huolto, kalibrointi ja mittaustulosten luotettavuuden seuranta kuuluvat laadunvarmennustoimenpiteisiin ja vaativat henkilötyöpanosta. Jos mittausten alkuvaiheessa anturin asennuksessa tai kalibroinnissa tehdään virhe, jota ei havaita ajoissa, saattaa koko mittausaineisto olla käyttökelvotonta. Edustavien mittauspaikkojen löytäminen, jossa voidaan antureilla mitata veden laatua ja virtaamaa luotettavasti, ei myöskään ole helppoa. Antureiden toiminnan ja mittaustarkkuuden seurannassa laboratorioanalyysit ovat välttämättömiä. Automaattiantureiden käyttöönotto saattaa jopa lisätä laboratoriossa tehtävien analyysien määrää erityisesti mittausten alkuvaiheessa. Toisaalta antureiden toimintaa varmentavat näytteet voivat olla osa tarkkailuohjelmaan tai tutkimussuunnitelmaan normaalistikin kuuluvia vesinäytteitä. On siis syytä muistaa, että automaattianturit eivät korvaa perinteistä vesinäytteenotto-laboratorioanalyysi-ketjua kokonaan. Päinvastoin lisähenkilöstö ja lisäkouluttaminen ovat välttämättömiä.

Veden laadun seuranta tulee muuttumaan lähitulevaisuudessa kohti automaattiseurantaa. Automaattisilla antureilla mitattavien suureiden määrä tulee todennäköisesti kasvamaan, mutta perinteisen seurannan väheneminen ei tule kysymykseen niin kauan kuin antureilla ei voida mitata kaikkia parametreja ja niin kauan kuin anturidataa kalibroidaan ja niiden toimintaa tarkkaillaan vertailemalla laboratoriossa analysoituihin tuloksiin. Antureiden hinta tulee todennäköisesti laskemaan nykyisestä, ja siten alueellisesti kattavampien mittausasemaverkostojen perustaminen tulee mahdolliseksi. Seurannan alueellinen kattavuus on tärkeää kuormituslähteiden ja kuormituksen suhteellisen osuuden alueellisen ja maankäytöllisen osuuden tunnistamiseksi.

Fosforin mittaaminen savisilla alueilla, jossa suurin osa fosforista kulkeutuu kiintoaineeseen sitoutuneena, onnistuu sameuden avulla. Sameus kertoo myös veden kiintoainepitoisuudesta. Karkeampien maalajien alueella suurin osa fosforikuormituksesta voi kuitenkin tulla liukoisessa muodossa. Liukaisen fosforin mittaamiseen ei ole vielä olemassa yksinkertaista ja edullista anturia. Lähitulevaisuudessa liukaisen fosforin mittaaminen kenttämittareilla on suuren mielenkiinnon kohteena. Liukoinen fosfaattifosfori on leville suoraan käyttökelpoisessa muodossa ja siten sen osuus kokonaisfosforipäästöistä on tärkeä tietää. LOHKO-hankkeessa kokeiltiin liukaisen fosfaattifosforin kenttäanalyysointia vaihtelevalla menestyksellä. Savisameus ja mittausolosuhteet saattavat aiheuttaa mittauksille haasteita. Toistaiseksi mittaustekniikka on paljon monimutkaisempaa ja vaatii enemmän huoltoa kuin nyt käytössä olevat vesistöön asennettavat *in situ* -anturit.

Koska automaattiantureita ja virtaaman mittausasemia ei voida perustaa kaikkialle, tulee pitkään jatkuneiden seurantojen jatkuminen taata perinteisen näytteenoton avulla. Erityisen tärkeitä ovat olemassa olevat pitkät aikasarjat, jotka harvasta näytteenottovälistä huolimatta alkavat paljastaa veden laadussa ja kuormituksessa tapahtuvia muutoksia, kun mittauksia jatketaan riittävän pitkään.

6. Hankkeen tavoitteiden toteutuminen

Hankkeelle asetettiin kolme päätavoitetta: ravinnekuormitusmallin tarkentuminen, viljelijöille lisää lohkokohtaista tietoa vesistökuormituksesta sekä hallinnolle ja neuvonnalle lisätietoa normiohjauksessa ja neuvonnassa hyödynnettäväksi. Hanke saavutti kaikki tavoitteet. ICECREAM/VEMALA-mallia onnistuttiin tarkentamaan viljelijöiden antaman lohkokohtaisen tiedon sekä vesistä tehtyjen mittauksen avulla. Tarkennetulla mallilla tuotettiin viljelijöille tietoa lohkokohtaisesta vesistökuormitusriskistä sekä riskin vähentämismahdollisuuksista. Hallinnossa mallia käytetään muun muassa vesienhoidonsuunnittelun työkaluna, joten mahdollisimman tarkka malli on tärkeä oikeiden vesienhoitotoimenpiteiden asettamiseksi kullekin alueelle.

Malli ei kuitenkaan ole koskaan täydellinen. ICECREAM-mallin kehittämistä jatketaan muun muassa LOHKO II -hankkeessa (2017- 2018). Tällöin voidaan tarkastella muun muassa muiden kuin nyt tarkasteltujen viljelytoimenpiteiden vaikutusta kuormitusriskiin.

5. Hankkeen vaikuttavuus

Tuloksista hyötyvät monet sidosryhmät:

- maanviljelijät, joille toimitettiin lohkokohtaiset tulokset eroosio- ja ravinnekuormitusriskistä sekä eri toimenpiteiden vaikutuksesta kuormitukseen. Viljelijät voivat hyödyntää tuloksia yhtenä päätöksenteon välineenä viljelytoimenpiteistä päättäessään. Ympäristönäkökulman vapaaehtoinen huomioon ottaminen auttaa vähentämään maatalouden vesistökuormitusta ilman lakisääteisiä vaatimuksia.
- neuvojat voivat hyödyntää hankkeen internetsivuille koottua tietoa neuvontatyössään. Neuvojat voivat myös käydä läpi yhdessä viljelijän kanssa tiloille toimitettua materiaalia ja pohtia toimenpiteiden toteutusta.
- ELY-keskusten asiantuntijat, jotka työskentelevät vesipuitedirektiivin implementoinnin parissa. He tarvitsevat yhä tarkempaa ja tarkempaa tietoa ravinnekuormitusmääristä muun muassa maataloussektorin kuormituksen vähentämiseksi. VEMALA/ICECREAM-malli tarjoaa tähän hyvän työkalun.
- tutkijat voivat käyttää mallien tuloksia tutkimuksissaan. Mallien antamia tuloksia käytetään usein esimerkiksi toisten mallien lähtötietoina. Tällöin yhden mallin tarkentuminen heijastuu myös muiden mallien tarkentumiseen.
- hallinto voi hyödyntää tuloksia muun muassa erilaisten vesien tilalle asetettujen tavoitteiden saavuttamisen ohjaukseen ja tulosten arviointiin.

6. Viestintä

Internetsivut

Hankkeen internetsivut (www.mtk.fi/lohko) luotiin heti hankkeen alussa. Sivulla kerrotaan itse hankkeesta, hankkeen kohdealueista ja hankkeessa käytetystä mallinnuksesta (kuva 22). Sivuille päivitetään tietoa ajankohtaisista asioista ja sivujen kautta on mahdollisuus seurata lähes reaaliaikaisesti veden laatua neljällä mittauspisteellä mittauksen ollessa käynnissä. Myös hankkeen kolme väliraporttia, loppuraportti ja selvitys lohkokohtaisen tiedon käytöstä löytyvät sivuilta. Hankkeen sivut ovat käytössä ainakin vuoden 2019 loppuun asti. Omien sivujen lisäksi hankkeesta on kerrottu myös VHVS:n nettisivuilla (www.vantaanjoki.fi).

Ympäristö

Ilmasto

Luonnon- ja maaperänsuojelu

Vedot ja vesistö

Maatalouden vesiensuojelu

Räjähti

Nitratiasetus

Pohjavesi

Vesihuolto

LOHKO-hanke

Ajankohtaista

LOHKO-hanke 2015-2016

Kohdealueet

Mallinnus

Vedenlaadun seuranta

Yhteistyötiedot

Babic Deal

EFPE

Maatien ympäristötesti

Ravinteiden kierrätys

Ilmankatu

Maankäyttö

Ympäristöluvut

Omistusoikeus

Jätteenkäsittely

Ympäristö > Vedet ja vesistö > LOHKO-hanke > Mallinnus

Mallinnus LOHKO-hankkeessa

Mitä mallinnus on?

Mallinnus on menetelmä, jossa matemaattisilla yhtälöillä pyritään kuvaamaan luonnossa tapahtuvia ilmiöitä. Mallinnuksen pohjaksi tarvitaan kokeellista tutkimusta sekä teorioita, jotka selittävät luonnossa tapahtuvia ilmiöitä. Kasvien kasvuvaiheen arvioinnin käytettävä tehoista lämpösomme on esimerkiksi yksinkertaisesta mallista. Teoria tämän "mallin" takana on, että lämpötila määrää kasvin kehityksen. Viljan kasvu seuraamalla ja lämpötilaa mittaamalla voidaan määrittää, kuinka suuri lehdosa lämpösomme tarvitaan, ennen kuin vilja on valmis korjattavaksi. Tämän yksinkertaisen "mallin" avulla voidaan ennustaa, koska sato on valmis korjattavaksi esimerkiksi tavallista viljelmäpöytä kasvatusta.

Monimutkaisissa mallissa luonnossa tapahtuvia prosesseja kuvaavia yhtälöitä on lukuisia, ja niitä lasketaan tietokoneohjelman avulla. Mallissa kerrataan yhteen se tieto, mitä kokeellisella tutkimuksella on saatu selville. Mallinnuksen avulla pyritään soveltamaan kokeellisesti saatua tietoa tilanteisiin, joista ei ole olemassa kokeellista tutkimusta. Mallitulkinta tarkasteltaessa on otettava huomioon, että tarkinkin malli aina yksinkertaistaa ja keskiarvoistaa luonnon monimutkaisia prosesseja.

ICERAM-malli

LOHKO-hankkeessa käytämme peltojen typpi- ja fosforikuormituksen mallinnukseen ICERAM-mallia. Se on alun perin kehitetty Yhdysvalloissa, mutta sitä on kehitetty Suomessa paikallisiin oloihin soveltuvaksi 1990-luvun alusta lähtien.

Peltoilla tapahtuvia prosesseja kuvaavassa mallissa tulee ottaa huomioon mm. vedenkulutus ja sadot. Alla olevassa kuvassa näkyy pääpiirteittäin, mitä kaikkea ICERAM-mallissa huomioidaan.

Katso myös

Lisätietoa mallinnuksesta

Vesienhoidon mallinnus

Kuva 22. Esimerkki hankkeen internetsivusta.

Lohkokohtaisen tiedon käyttö - Selvitys peltolohkokohtaisen tiedon käytön edellytyksistä tutkimuksessa ja hallinnossa

Lohkokohtaisen tiedon vaikeaa saatavuutta pidetään yhtenä pullonkaulana muun muassa tarkempien ravinnekuormitusarvioiden laskennassa, mutta lohkokohtaista tietoa voitaisiin hyödyntää lisäksi muissa ympäristöön, tuotantoon sekä talouteen liittyvissä tutkimushankkeissa. Tutkimuksen lisäksi myös eri hallinnonaloilla on kiinnostusta lohkokohtaisen tiedon parempaan saatavuuteen esimerkiksi erilaisten yleissuunnitelmien (mm. ravinteiden kierrätys) pohjaksi tai valvontojen helpottamiseksi. Tarkka peltolohkokohtainen tieto on kuitenkin viljelijän hallinnassa ja hänen immateriaalista omaisuuttaan.

Lohkokohtaisen tiedon saatavuudesta on puhuttu vuosia, mutta siitä ei ole yhteisymmärrystä. Hankkeessa selvitetiin edellytyksiä peltolohkokohtaisen tiedon nykyistä laajempaan käyttöön. Selvityksessä otettiin huomioon eri osapuolten näkemykset ja siinä kuvataan lohkokohtaisen tiedon käytön hyötyjä ja haittoja tiedon omistajien, käyttäjien ja tuottajien (mm. ympäristö- ja maataloushallinto, tutkimus, viljelijät, edunvalvonta, neuvonta, viljavuuslaboratoriot) näkökulmasta.

Raportti on osa loppuraporttia ja sen on saatavilla hankkeen internetsivuilta. Raportti tai linkki raporttiin toimitettiin myös suoraan muun muassa kyselyihin vastanneille.

Viljelijätapaamiset

Huhtikuussa 2016 järjestettiin viljelijätapaaminen Lepsämänjoen mittauspisteellä. Pasi Valkama/VHVSY kertoi Lepsämänjoen veden laadusta viime vuosina. Inese ja Markus Huttunen/Syke kertoivat havaintoja mallien tuloksista. Mallinnuksissa käytettiin mitattua vedenlaatutietoa sekä viljelijöiden antamia viljelytietoja useamman vuoden ajalta. Alueen viljelijöille toimitettiin myös alustavia mallinnustuloksia siitä, miten eri toimenpiteet voivat vesien

vähentää kuormitusta Lepsämänjoella. Tarkemmat tulokset toimitettiin hankkeen lopussa kaikille hankkeen kohde-alueiden viljelijöille.

Uudellamaalla järjestettiin vielä toinen viljelijätapaaminen joulukuussa 2016. Tilaisuudessa Pasi Valkama/VHSVY kertoi jankkuroinnin, rakennekalkituksen ja talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaikutuksista ravinnehuuhtoumiin. Mallien hyödyntämisestä viljelysuunnittelun apuna kertoi Markus Huttunen/Syke. Tilaisuuden esitelmät ovat saatavissa hankkeen internetsivuilta.

Muu viestintä

Hankkeen alussa valmisteltiin hankkeesta kertovat esitelehtiset suomeksi ja ruotsiksi sekä PowerPoint-esitys eri yhteyksissä käytettäväksi. Esitteet ovat saatavissa hankkeen internetsivuilta.

Kirsti Lahti/VHVSY kertoi LOHKOsta ympäristöministeriön RAKI-hankkeiden tapaamisessa maaliskuussa 2015 sekä Vantaanjoen neuvottelukunnan kokouksessa syyskuussa 2015. Vanamo Piirainen/Syke piti esitelmän hankkeesta Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen hallituksen kokouksessa joulukuussa 2015.

Kesäkuun alussa 2015 järjestettiin kaksi tiedotustilaisuutta (Köyliö, Vihti), jonne kutsuttiin mediaa ja muun muassa hankkeessa mukana olleita viljelijöitä.

Pasi Valkama/VHVSY piti tammikuussa 2016 Maataloustieteen päivillä esitelmän ”Maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusten todentaminen jatkuvatoimisilla mittauksilla”. Esitelmässä hyödynnettiin myös LOHKOssa kerättyä aineistoa. Esityksen tiivistelmä löytyy Suomen maataloustieteellisen seuran internetsivuilta <http://www.smts.fi/MTP2016/abstracts>).

Hankkeesta kerrottiin BFFEn (Baltic Farmers’ Forum on Environment) uutiskirjeessä kesäkuussa 2016 (<http://www.mtk.fi/bffe>). Uutiskirjeellä on vastaanottajia kaikissa Itämeren maissa. Hanke teetti kaksi roll-upia (kuva 23), joita voidaan hyödyntää myös uudessa LOHKO II -hankkeessa. Lisäksi hankekumppanit toivat hanketta esille omissa tilaisuuksissaan.



Kuva 23. Lohko-hankkeen tuloksia esiteltiin ympäristötiedon vaihtopäivillä Naantalissa 17. - 18.1.2017.

Hankkeen ohjausryhmän kokoukset ja muut sisäiset tapahtumat

Hankkeen ohjausryhmä kokoontui neljä kertaa. Kokouksissa käytiin läpi hankkeen toimintaa kokousta edeltävällä jaksolla sekä jatkosuunnitelmia. Elokuussa 2016 pidetyn ohjausryhmän kokouksen jälkeen ryhmä vieraili Espoon salaojakohteella, jossa tilan viljelijä kertoi lohkolta tehdyistä toimenpiteistä. Lisäksi vesimittauksista käytännössä huolehtivan Luode Consultingin edustaja kertoi, miten salaojavesien laatua voidaan seurata jatkuvatoimisesti.

Ohjausryhmässä oli edustettuna hallinto (MMM, YM, Varsinais-Suomen ELY), tutkimus (Luke) ja viljelijät (NSP, MTK-Uusimaa, viljelijöitä kohdealueelta). Laaja kattavuus oli eduksi tiedon jakamisessa eri alueille ja käyttäjäryhmille. Hankkeen toimijat pitivät myös muutaman sisäisen palaveriin vaihtelevilla kokoonpanoilla.

Joukko LOHKO-hankkeen toimijoita kävi kesäkuussa 2015 vierailulla Luken tutkimusyksikössä Maaningalla, jossa tutkitaan esimerkiksi nurmiviljelyn aiheuttamaa ravinnekuormitusta. Maaningalla veden laatuun liittyviä mittauksia tehdään laboratorioissa pintavaluntasimulaattorilla, lysimetri- ja pintavaluntakentällä sekä erään järven osavalmu-alueella. Vierailun aikana vaihdettiin vilkkaasti kokemuksia mittauksiin liittyvistä teknisistä ja teoreettisista asioista. Hankkeiden välinen yhteistyö ja keskustelu ovat tärkeitä, jotta tieto kulkee ja voidaan oppia toisilta, jolloin kaikki eivät tee samoja virheitä.

Arvio viestinnästä

Internet-sivut ovat hyvä tapa viedä välittää tietoa laajalle. Ongelmana on kuitenkin, miten internetin käyttäjät löytävät ja ottavat sivuston omakseen. Tiedotustilaisuudet eivät vetäneet mediaa. Vesien laadun parissa toimii paljon hankkeita ja muita toimijoita, jotka kaikki järjestävät tiedotustilaisuuksia. Medialla saattaa olla jonkinasteista väsymystä aiheeseen, jos ei ole tarjota selvästi aiemmasta poikkeavia tuloksia tai esitellä uusia menetelmiä.

Myöskään viljelijättilaisuudet eivät vetäneet runsaasti osallistujia. Viljelijöille on tarjolla paljon tapahtumia eri aiheisiin liittyen, joten aika ei riitä kaikkiin osallistumiseen. Lisäksi ainakin osalla alueista oli havaittavissa myös jonkinasteista hankeväsymystä.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

LOHKO-hankkeessa tarkennettiin VEMALA/ICECREAM-mallia. Tavoitteena oli malli, joka kuvaa mahdollisimman tarkasti erityyppisiltä peltolohkoilta tulevaa kuormitusta nykytilassa ja eri viljelyvaihtoehtojen vaikutusta kuormitukseen. Kohdealueiden viljelijöille toimitettiin mallin tuottamat peltolohkokokohtaiset tiedot eri viljelyvaihtoehtojen vaikutuksesta typen ja fosforin huuhtoutumiseen ja eroosioon sekä numeerisessa että karttamuodossa. Näin viljelijä pystyy hahmottamaan, millä lohkoilla tai jopa lohkonosilla hänen kannattaa ensimmäisenä toteuttaa vesien suoje-lutoimenpiteitä, jotta niillä saavutettava hyöty olisi mahdollisimman suuri. Tilalla on usein myös lohkoja, joilla ei ole erityistä tarvetta vesiensuojelutoimille.

Jatkossa on syytä miettiä, voisiko tuloksia esittää havainnollisemmin. Yhtenä mahdollisuutena on internetpohjainen palvelu. Käytössä voisi olla karttapohja, josta lohkoa klikkaamalla saisi yksityiskohtaista mallinnustietoa. Tämän tiedon tulisi olla salattua siten, että vain ko. lohkon haltija saa tarkat tiedot näkyviin. Toisaalta samalla karttapohjalla esimerkiksi kaltevuustiedot tai eroosioherkkyyssarviot tietyllä tavalla viljeltäessä voisivat olla kaikkien nähtävillä, koska ne perustuvat avoimeen dataan. Ihanteellista olisi, että internetissä toimisi laskuri, jonne viljelijä voisi itse syöttää tilakohtaista tietoa, valita haluamansa toimenpiteet ja laskuri kertoisi sitten vaikutuksen ravinnekuormitukseen.

Hanke tuotti hallinnolle ja neuvonnalle lisätietoa, jota voidaan hyödyntää normiohjauksessa (esimerkiksi vesienhoidon toimeenpano, ympäristökorvausohjelma) ja neuvonnassa, jonka tavoitteena on peltoviljelystä aiheutuvan ravinnekuormituspotentiaalin vähentäminen. Hankkeen raportit ovat hankkeen nettisivuilla ainakin vuoden 2019 loppuun asti, josta ne ovat kaikkien hyödynnettävissä. Vesienhoidon toimenpideohjelmien laadinnassa käytetään apuna mallien tuottamia tuloksia eri vesienhoidon toimenpiteiden tehokkuudesta eri alueilla. Maatalouden tuettujen vesienhoidontoimenpiteiden entistä tarkempi kohdentaminen nousee yhä useammin keskusteluissa esiin. Jotta kohdentamista voidaan tehdä, tulee tietää eri alueilta tuleva kuormitusriski, johon vastauksia saadaan mallinnuksella. Näin ollen on ensiarvoisen tärkeää, että mallit kuvaavat todellista tilannetta mahdollisimman tarkasti. Tällöin voidaan kohdentaa oikeita menetelmiä oikeille alueille. Tämä on myös viljelijän näkökulmasta tärkeää, jotta viljelijä

voi luottaa siihen, että hänen tekemät toimet parantavat vesientilaa hänen toimiessaan hallinnon tai neuvonnan ohjeistuksen mukaan.

Maatalouden vesiensuojelumenetelmiä ja niiden yhdistelmiä on lukuisia määriä. Kaikkien vaihtoehtojen mallintaminen ei ole realistista. Käytännössä malliin voidaan ottaa toimenpiteitä, joista on käytännössä mitattua tietoa mallien kalibrointiin ja validointiin. Jatkossa voitaisiin esimerkiksi säätää mallissa käytettävää lannoitusmäärää satoennusteen mukaan, kuten käytännössä tehdään muun muassa jaettua typpilannoitusta käytettäessä. Lisäksi voitaisiin mallintaa esimerkiksi eri lannoitus- ja satomäärien, lannoitelajien (mineraalilannoite/orgaaninen lannoite) tai suojavyöhykkeen vaikutusta. Nyt laskelmissa käytettiin alueen keskimääräisiä satotasoja.

Käytetty malli simuloi reaaliajassa pellon vesitilanteen kehittymistä ja siinä on sääennuste mukana. Sääolojen merkitystä voitaisiin kuitenkin arvioida entistä tarkemmin. Laskentamalli ei huomioi kaikkia lohkon satomäärään vaikuttavia tekijöitä, kuten esimerkiksi ojituksen toimivuutta, maan rakennetta tai kalkituksen ja kasvinsuojelun riittävyyttä. Toimiva ojitus ja hyvä maan mururakenne auttavat ylläpitämään korkeaa satotasoa ja edelleen ravinteiden tehokasta käyttöä myös vesioloiltaan vaativina vuosina. Muuttuvassa ilmastossa tämä korostuu edelleen.

Malleilla kuvataan monimutkaisia luonnonilmiöitä. Mitä tarkemmin ilmiöön vaikuttavat prosessit ja tekijät halutaan ottaa huomioon, sitä monimutkaisempia malleista tulee. Samalla mallien muuttujien ja niitä kuvaavien arvojen tarve kasvaa. Jotta esimerkiksi pelloilta vesistöihin tulevasta kokonaisravinnekuormituksesta saadaan jokin käsitys, tarvitaan malleja, sillä kaikkialla ei voi tehdä aitoja mittauksia maastossa. Kaikkien tavoitteena ja toiveena on, että mallilla saatu tulos olisi mahdollisimman lähellä oikeaa kuormitusta. Malleilla saatuihin tuloksiin liitetään kuitenkin harvoin arviota mallin luotettavuudesta tai herkkyydestä. Kun yksittäisten lohkojen tuloksista johdetaan koko maan päästöarvioita, kertaantuu samalla virhemarginaali. Tämä lisää epäuskoa mallien antamiin tuloksiin. Kuormitusarvioita esitettäessä tulisikin pyrkiä esittämään aina myös arvio tuloksen luotettavuudesta oli kyse sitten lohko-kohtaisesta tai koko maan kattavasta kuormitusarviosta. Lisäksi eri osapuolten tulisi yhdessä käydä keskustelua, mikä tulos on riittävän hyvä kuvaamaan jotakin ilmiötä. Voisiko toisinaan hyvin yksinkertainen malli antaa riittävän hyvän kuvan ilmiöstä, jos monimutkaiseen malliin on saatavilla huonosti tarvittavaa laskentatietoa?

8. Talousraportti

Hankkeen talousraportti on toimitettu rahoittajalle joulukuussa 2016. Hankkeen kustannukset 2015 - 2016 olivat noin 673 t€, josta Ympäristöministeriön Raki-ohjelman osuus oli noin 437 t€ (94,5 % myönnetystä rahoituksesta). Hankepartnereiden omarahoitus oli yhteensä noin 236 t€. Hankkeen aikana havaittiin, että joillekin partnereille oli varattu liikaa rahoitusta, kun taas toisilla oli niukkuutta rahoituksesta. Rahoituksen jakautumista partnereiden kesken muutettiin hankkeen aikana. Lisäksi loppuvaiheessa lisättiin vielä mittauksia, koska varoja uhkasi jäädä käyttämättä. Suurin virhe arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten välillä oli henkilöstösivukuluissa.

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Heti hankkeen ensimmäisessä ohjausryhmässä nostettiin esiin, että LOHKOn kaltaisissa hankkeissa olisi syytä olla mukana myös taloustarkastelua. Maataloudessa on ollut pitkään kannattavuusongelmia ja ne heijastuvat suoraan myös siihen, miten paljon viljelijät pystyvät taloudellisesti panostamaan vesiensuojeluun. Hyvä vesiensuojelumenetelmä on sellainen, josta sekä ympäristö että viljelijän talous hyötyvät. Tästä on otettu opiksi, ja LOHKO II -hankkeessa mukana on myös talousosa. Talousvaikutuksia on syytä nostaa esiin muissakin hankkeissa, joissa tuloksena on ehdotuksia yrittäjien toimintatapojen muuttamiseen.

LOHKOn tapaisten hankkeiden onnistumiselle viljelijäyhteistyö on edellytys, sillä hankkeen mittaukset tapahtuvat usein viljelijöiden hallinnassa olevilla alueilla. Lisäksi mallinnuksessa tarvittava lohko-kohtainen tieto viljelytoimenpiteistä ja maan viljavuudesta on viljelijöiden hallinnassa. Ympäristöhankkeet, kuten muutkin hankkeet, edellyttävät luottamuksellista suhdetta hanketoimijoiden ja viljelijöiden kesken. Hankkeelle annettuja tilakohtaisia tietoja on tärkeä käyttää sovitun mukaisesti. Yhdessä sovitusta ”pelisäännöistä” poikkeaminen kuuluu kauas, jolloin muidenkin hankkeiden toimintamahdollisuudet heikkenevät.

Viljelijöiden toiminen hankkeissa ja tietojen luovuttaminen on vapaaehtoista. Kun kohdealuetta valitaan, on syytä etukäteen tehdä tunnusteluja alueen viljelijöiden kiinnostuksesta hanketta kohtaan. LOHKO-hankkeessa vaihdettiin yhtä kohdealueista, sillä eräällä kaavaillulla alueella oli havaittavissa selvää hankeväsymystä, koska alueella oli ollut

jo muuta hanketoimintaa aiemmin. Tässä menetetään alueelta mahdollisesti aiemmin tehtyjen mittausten tuloksia, mutta jos viljelijät jättäytyvät pois hankkeesta, niin hanke epäonnistuu jo ennen sen kunnollista käynnistymistä.

Hankkeet tuottavat tärkeää mitattua tietoa vesien laadusta ja virtaamista. Koska sääolot vaihtelevat huomattavasti ja tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksen ilmenemiseen kuluu helposti useita vuosia, niin mittausjaksojen tulisi olla selvästi pidempiä kuin tyypillinen hankekausi, joka on 2 - 3 vuotta. Lisäksi käytäntö on osoittanut, että hyvien auto-maattimittauspaikkojen löytäminen on vaikeaa. Mittareita ei voi asentaa mihin tahansa uomaan, jos halutaan saada tarkasti selville, miten eri viljelytavat vaikuttavat vesien kuormitukseen. Myös tämä puoltaa sitä, että hyvillä koh-teilla tutkimuksia tulisi jatkaa useita vuosia. Jos hankkeille ei voida kerralla myöntää pidempikestoista rahoitusta, niin vaihtoehtona voisi olla käytäntö, että parin kolmen vuoden hankkeille myönnettäisiin ainakin kerran jatkora-hoitusta, jos hanke on edennyt ilman ongelmia. On tärkeä miettiä, kumpi tuottaa enemmän laajasti käyttökelpoista dataa: kahden vuoden mittaus useasta paikasta vai esimerkiksi 10 vuoden mittaus yhdestä pisteestä. Parasta tietysti olisivat pitkät mittausarjat useasta paikasta.

Suomessa toimii suuri määrä erilaisia ympäristöhankkeita. Hankkeilla on usein omat internetsivut, joilla tietoa hank-keesta ja sen tuloksista jaetaan. Tietoa on kuitenkin vaikea edes etsiä, jos ei ole etukätestietoa hankkeen olemas-saolosta. Kun hanke päättyy, sivujen päivitys lopetetaan ja jossakin vaiheessa sivut, ja samalla suuri määrä tietoa, poistuvat käytöstä. Tiedon kerääminen yhteen portaaliin on noussut vuosien varrella usein esiin, mutta mitään konkreettista asian edistämiseksi ei ole tapahtunut. Viestinnän tehostamiseksi olisi kuitenkin tarvetta koota eri hankkeiden tiedot samaan portaaliin vähintään alueellisesti, mutta mielellään valtakunnallisesti. Portaalien ylläpitä-jän tulisi olla tunnettu ja ns. pysyvä toimija. Lisäksi toimijan tulee olla neutraali, jotta eri toimijoiden hankkeita ei pidetä suoraan portaalien ylläpitäjän toimintana eikä hankkeen toiminnan ja tulosten oleteta edustavan portaalien ylläpitäjää.

Tilaisuuksien järjestämisessä on myös hyvä tehdä yhteistyötä muiden hankkeiden kanssa, jolloin viljelijöillä ja muilla kiinnostuneilla tarjoutuu parempi mahdollisuus saada tietoa, mutta harvemmalla osallistumisella. Yhteiset tilaisuu-det ovat myös taloudellisesti järkevä vaihtoehto.

Maassamme on paljon hanketoimijoita. Hankkeiden rahoituksessa toimijoilta on tarpeen edellyttää paljon yhteis-työtä. Asioita on syytä arvioida monelta eri kannalta, jotta niistä saada monipuolinen kuva. Näin syntyy usein suu-rempia hankkeita, mutta tulokset ovat myös käyttökelpoisempia, koska asiaa tarkasteltu eri näkökulmista. Hankkei-den tulokset ja mittausdata olisi syytä olla myös muille toimijoille mahdollisimman avointa, jotta kaikkien ei tarvitse aloittaa aina alusta ja hanke hankkeelta päästäisiin eteenpäin esimerkiksi vesiensuojelussa. Poikkeuksen tähän te-kevät tietysti tiedot, joita on saatu luottamuksellisesti vain tiettyyn käyttöön.

10. Johtopäätökset

Kun pohditaan toimintatapoja, joilla vesistöjen tila saadaan hyvään kuntoon ja pidettyä hyvässä tilassa, tulee ensin olla todellista tietoa siitä, mikä on kunkin vesistön nykyinen tila ja siihen vaikuttavien eri kuormituslähteiden todel-linen suuruus ja ajallinen vaihtelu. Jatkuvatoimisilla mittauksilla voidaan saada tätä tietoa. Perinteisellä käsinäyt-teenotolla on vaikea saada kiinni vuosivaihtelua tai puhumattakaan esimerkiksi häiriötilanteista tai poikkeukselli-sista säätilanteista aiheutuvia yksittäisiä kuormitushuippuja. Lisää tietoa tarvittaisiin myös sisäisestä kuormituk-sesta, joka voi olla peräisin ajan saatossa sedimentoituneista aineksesta, mutta myös virtavesiin vähäisen virtaaman aikaan kertyneestä aineksesta, joka lähtee liikkeelle virtaaman lisääntyessä. Esimerkiksi hankkeessa osa Lepsämä-enjoessa mitatuista ”piikeistä” voi olla juuri uoman pohjasta irronnutta ainesta. Jos virtaama olisi pysynyt vakiona, kuormitus olisi ollut tasaisempaa.

Ympäristökuormitusta arvioivien laskentamallien tarkkuus riippuu käytettävissä olevan tausta-aineiston määrästä ja tarkkuudesta. Teknisesti paraskin malli voi vain tuottaa tarkkuudeltaan tuloksia, jotka vastaavat heikoimpien läh-tötietojen tarkkuutta. Suuri puute maatalouden aiheuttaman vesistökuormituksen, ja myös muun ympäristökuor-mituksen, laskenta-aineistossa on nykyistä tarkemman lohkohtaisten tiedon puute. Tieto on viljelijöiden omai-suutta ja heidän hallinnassaan. Toiset viljelijät ovat valmiita luovuttamaan tietoa, mutta toiset ovat jyrkästi sitä vas-taan. Tieto on joka tapauksessa hajallaan, ja käyttö vaatisi sopivan tiedonkeruujärjestelmän. Lisäksi tulisi ratkaista, miten tiedon luovutus korvataan viljelijöille ja kuka ylipäättään vastaa kustannuksista. Myös sallitut tiedon käyttö-

tarkoitukset tulisi rajata yksiselitteisesti. Asiassa on selvä ristiriita: toisaalta toivotaan tarkempia arvioita maatalouden aiheuttamasta vesistökuormituksesta, mutta toisaalta ei olla valmiita antamaan tarkempia tietoa laskentojen tueksi. Nyt laskennoissa käytetään erilaisissa hankkeissa ja tutkimuksissa kerättyä tietoa. Tämä auttaa kehittämään malleja ja tarkentamaan mukana olevien alueiden päästöjä. Kun näistä saatuja tuloksia yleistetään muualle, tuloksen tarkkuus väistämättä heikkenee, koska paikallinen tarkka tieto puuttuu.

LOHKO-hankkeessa hyödynnettiin jo aiemmissa maataloushankkeissa perustettuja veden laadun jatkuvatoimisia mittausasemia, mikä huomattavasti lisäsi tulosten kattavuutta ja luotettavuutta kuin pelkästään kahden vuoden mittausaika olisi antanut myöden. Edustavien mittauspaikkojen löytäminen on haasteellista, mikä vielä lisää pitkäaikaisen seurannan merkittävyyttä. Lepsämänjoen mittausasemalta on nyt vedenlaatu- ja viljelytietoja jo 10 vuodelta, mikä mahdollistaa myös viljelytoimenpiteiden vesistökuormitusvaikutusten todentamisen. Mittausdataa tarvitaan kuitenkin koko ajan lisää erilaisilta alueilta ja erilaisten viljelymenetelmien vaikutuksesta.

Mallit ovat erittäin monimutkaisia, ja mallien epätäydelliset prosessikuvaukset aiheuttavat mallien tuloksiin epävarmuutta. Ravinteiden kierto ja kulkeutuminen maassa eri reittejä pitkin ovat epälineaarisia prosesseja (veden reitit maassa, ravinteiden reaktiot), joihin vaikuttavat monet lohkokohdaiset tekijät (maalaji, viljelykasvit, viljelytoimenpiteet ja ilmasto-olosuhteet). Nämä tulisi pystyä kuvaamaan mallissa mahdollisimman hyvin. LOHKO-hankkeessa parannettiin mallin osaa, joka kuvaa ravinteiden kuormitusta. Samalla kuitenkin havaittiin uusia prosessin kehittämis-kohteita. Mallinnuksessa suurin haaste on simuloida eri viljelytoimenpiteiden vaikutusta. Esimerkiksi siitä, miten suorakylvö vaikuttaa fosforin huuhtoutumisen ja kulkeutumiseen, on käytettävissä liian vähän kokeellista tietoa tueksi. Ainoa mahdollisuus saada luotettavia arvioita mallilla on vahvistaa mallin tulokset kenttämittauksissa saaduilla tuloksilla. Kenttäkoetuloksia tarvittaisiin kipeästi lisää, jotta viljelymenetelmien vaikutukset typen ja fosforin eri fraktioiden liikkeisiin tiedettäisiin paremmin ja jotta malli voitaisiin validoida.

LOHKO-hankkeessa mallikehityksen päätavoite oli tuottaa viljelijöille käytännössä hyödynnettäviä tuloksia. Viljelijöille toimitetut arviot lohkotason ravinne- ja kiintoainekuormituksesta erilaisia viljelytoimenpiteitä käytettäessä laskettiin parhaalla mahdollisella tällä hetkellä saavilla olevalla mallilla. Lohkokohtaisesti laskettujen numeeristen tulosten perusteella viljelijät voivat tarkastella, mikä vaikutus viljelytoimenpiteiden valinnalla on ravinnekuormitukseen. Viljelijöiden ottaessa vapaaehtoisesti käyttöön mahdollisimman tehokkaita vesistökuormitusta vähentäviä menetelmiä vähenee tarve lainsäädännöllä ohjata vesiensuojelua. LOHKO II -hankkeessa mallia kehitetään edelleen ja tarkasteluun otetaan toisia viljelyvaihtoehtoja. Viljelijät saavat lisätietoa menetelmistä, joilla kuormitusta vesistöön voi vähentää ja uutena tärkeänä osana on se, mikä on valitun toimenpiteen taloudellinen vaikutus (mm. työ-määrä, investoinnit, vaikutus satoon).

Entistä tarkemmat mallit yhdistettynä taloustarkasteluun auttavat vesienhoidon suunnittelussa. Kuormittavimmille alueille voidaan kohdistaa sinne parhaiten soveltuvia toimenpiteitä ja hankkia riittävä rahoitus toimenpiteistä aiheutuvien kustannusten korvaamiseen.

Liitteet

1. Lohkokohtaisen tiedon käyttö - Selvitys peltolohkokohtaisen tiedon käytön edellytyksistä tutkimuksessa ja hallinnossa
2. LOHKO-hankkeen lohkokohtaiset tulokset tilalle 762094644
3. Lohkon ominaispiirteet huomioiva ravinnekuormitusmallinnus ja sen kehittäminen (in English)