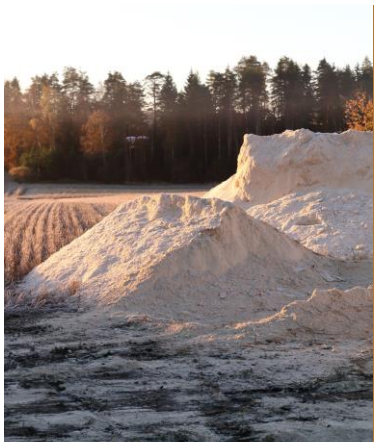
Raportti 21/2020



Rakennekalkki ja ravinnekuitu – vaikutukset maatalouden vesiensuojelutoimina

RAKUVE-hankkeen loppuraportti

Pasi Valkama
Paula Luodeslampi

VESIENSUOJELUA vuodesta 1963
Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry

Raportti 21/2020

Rakennekalkki ja ravinnekuitu – vaikutukset maatalouden vesiensuojelutoimina. RAKUVE-hankkeen loppuraportti.

10.12.2020

Laatijat: Pasi Valkama ja Paula Luodeslampi

Tarkastaja: Anu Oksanen

Hyväksyjä: Anu Oksanen

Kannen valokuvat: Pasi Valkama

Tiivistelmä

RAKUVE-hankkeessa (Rakennekalkki ja ravinnekuitu – vaikutukset maatalouden vesiensuojelutoimina) selvitettiin miten rakennekalkki vaikuttaa pellolta tuleviin kiintoaine- ja fosforihuuhtoumiin 4–5 vuotta kalkin levittämisen jälkeen ja muuttuuko teho ajan saatossa. Lisäksi tutkittiin mitkä ovat metsäteollisuuden sivuvirtana syntyvän kalkkistabiloidun ravinnekuidun vaikutukset salaojahuuhtoumiin 1–2 vuotta sen levittämisen jälkeen.

Mittausten perusteella pellolle vuonna 2018 levitetty kalkkistabiloitu ravinnekuitu vähensi salaojaveden kiintoaines- ja kokonaisfosforipitoisuutta sekä kuormitusta. Saatiin viitteitä myös siitä, että kuitu vähensi salaojaveden liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuutta korkeiden virtaamien aikana. Oletuksena on, että peltomaahan muokattu kuitu paransi maamurujen kestävyyttä, jolloin savihiukkasia ja niihin sitoutunutta fosforia irtosi vähemmän salaojaveden mukaan. Kuidun sisältämällä kalkilla ei ollut vaikutusta salaojaveden pH:hon tai liukoisen fosforin pitoisuuteen.

Kuitu vähensi ensimmäisenä keväänä levityksen jälkeen nitraattitypen ja kokonaistypen huuhtoutumista, mutta myöhemmin kuitulohkoilta huuhtoutui enemmän typpeä kuiduttomiin lohkoihin verrattuna. Kokonaisuudessaan määrät olivat pieniä. Vaikka typpi onkin vain harvoin Suomen sisävesissä levien kasvua rajoittavana minimiravinteena, jatkossa on tärkeää tutkia, kuinka kuitulevitys voitaisiin toteuttaa ilman typpikuormituksen kasvua. Erityistä huomiota täytyy kiinnittää typpilannoituksen määrään ja esimerkiksi tehokkaan kerääjäkasvin käyttöön.

Viisi vuotta sitten (2015) rakennekalkilla käsitellyiltä (levitysmäärä 3,5–8 tn/ha) peltolohkoilta huuhtoutui vähemmän kiintoainetta ja kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia, kuin vertailujaksolla 2013–2015. Kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin reduktio vaihteli neljän vuoden aikana 13–78 % välillä. Voimakkaimmillaan vaikutukset olivat vuosi levityksestä, jonka jälkeen teho hiipui vähitellen ja saavutti lähtötason keväällä 2020 noin 4,5 vuotta levityksen jälkeen.

Hankkeessa saatujen tulosten perusteella rakennekalkin vaikutukset näkyvät maaperässä noin kolmen vuoden ajan, jonka jälkeen vaikutus alkaa vähentyä. Johtoluku ja pH olivat suurimmillaan vuosi levityksen jälkeen ja vaikutukset maahan vaihtelivat levitetyn määrän mukaan. Levitettävä määrä säädettiin maan pH:n mukaan. Vaikutukset näkyivät selvemmin muokkauskerroksessa, mutta myös syvemmällä maakerroksessa vastaavat muutokset havaittiin viiveellä.

Rakennekalkin vaikutuksia koskevat mittaukset syksyllä 2020 lopetettiin, kun peltojen viljelijä vaihtui yllättäen ja uusi viljelijä levitti rakennekalkituille pelloille lietelantaa. Lannan levitys näkyi mittauksissa korkeana ravinnepiikkinä ja sen arveltiin lisänneen mittausjakson aikaista fosforikuormaa lähes 50 %. Käytännössä lannanlevityksen seurauksena fosforihuuhtouma pelto-ojaan kasvoi kolmen viikon aikana siten, että se vastasi noin 20–30 % rakennekalkilla reilussa neljässä vuodessa saavutetusta fosforihuuhtouman vähenemästä. Lannan levitys katkaisi rakennekalkin vaikutuksia tutkineen aikasarjan.

Tämän hankkeen perusteella kalkkistabiloidun kuidun ja rakennekalkin lisäystä pelloille voidaan suositella vesiensuojelullisista näkökohdista. Ravinnekuidun kiintoaine- ja fosforikuormitusta vähentävä vaikutus kestää vähintään kaksi vuotta ja rakennekalkin vaikutus noin neljä vuotta. Rakennekalkin vaikutus voi kestää pidempäänkin, mikäli levitysolosuhteet ja muokkaus suoritetaan tarkasti ohjeistusta noudattaen.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä **3**

1. Johdanto **5**

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet **6**

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät **7**

4. Hankkeen tulokset **7**

4.1 Kalkkistabiloidun ravinnekuidun vaikutukset salaojahuuhtoumaan 7

4.1.1 Salaojavalunta 7

4.1.2 Kiintoaine- ja fosforipitoisuudet 8

4.1.3 Kiintoaine- ja fosforikuormitus 11

4.1.4 Typpipitoisuudet ja -kuormitus 12

4.1.5 Liukoinen orgaaninen hiili 16

4.2 Rakennekalkin vaikutukset valuma-alueen fosforihuuhtoumiin 16

4.2.1 Vaikutukset peltomaassa 16

4.2.2 Vaikutukset veden laatuun ja kuormitukseen 17

4.3 Tutkimuksen haasteet 20

5. Viestinnän toteutuminen ja tulokset **21**

6. Hankkeen vaikuttavuus **22**

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen **23**

8. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten **24**

9. Johtopäätökset **26**

10. Lähdeluettelo **28**

1. Johdanto

Kestävän maatalouden perustana ovat hyvä maan rakenne, toimiva vesitalous, riittävä orgaanisen aineksen määrä ja tasapainoinen lannoitus. Kun nämä asiat ovat kunnossa, on mahdollista minimoida myös pelloilta tapahtuvaa eroosiota ja ravinnekuormitusta. Viljelijöillä ja vesiensuojelijoilla on yhteiset tavoitteet: arvokas maa-aines ja ravinteet tulee säilyttää pelloilla ja niiden huuhtoutumista vesistöihin tulee ehkäistä kaikin tavoin. Muuttuvan ilmaston aiheuttamat kuivuusjaksot ja talvisateet lisäävät kuitenkin viljelyyn kohdistuvia riskejä. Maan hyvän rakenteen ja eroosionkestävyyden merkitys lisääntyy muuttuvien ilmasto-olosuhteiden vuoksi. Viime vuosina kiinnostus maanparannusaineiden käyttöön on lisääntynyt, joten voidaan pohtia, voidaanko näiden uusien innovatiivisten menetelmien ja vanhojen jo käytössä olevien maatalouden vesiensuojelumenetelmien yhdistelmällä parantaa viljelyn kestävyyttä ja kompensoida ilmastonmuutoksesta johtuvan kasvavan ravinnehuuhtouman määrää.

Suomessa ja myös maailmanlaajuisesti on havaittu peltojen orgaanisen aineen määrän olevan laskussa. Heikkisen ym. (2013) mukaan orgaanista ainesta häviää peltomaasta keskimäärin 0,4 % vuotuisella vauhdilla (noin 220 kg/ha), mikä ajan myötä johtaa peltomaan rakenteen heikentymiseen (Soinne ym. 2016) ja siten eroosioriskin kasvuun. Yleisesti viljelysmaan orgaaninen aines parantaa kasvintuotannon edellytyksiä ja vähentää viljelystä aiheutuvia negatiivisia ympäristövaikutuksia. Orgaaninen aines parantaa maan pieneliöstön elinolosuhteita ja lisääntynyt mikrobiaktiivisuus vaikuttaa edelleen suotuisasti maan rakenteeseen ja murujen kestävyyteen. Biologisten vaikutusten lisäksi orgaaninen aines parantaa maan kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia mm. lisäämällä kationinvaihtokapasiteettia ja vedenpidätyskykyä. Hyväkuntoinen ja kestävä maan rakenne vähentää erityisesti eroosiota ja kiintoaineksen mukana kulkeutuvien ravinteiden huuhtoumaa.

Suomessa on viime vuosina tutkittu peltojen kasvukunnon parantamista metsäteollisuudessa syntyvien orgaanisten sivuvirtojen avulla. Suomen sellu- ja paperiteollisuudessa syntyy vuosittain 420 000 kuiva- ainetonnia orgaanisia sivutuotteita (pääasiassa niin kutsuttuja puukuitulietteitä), joista suurin osa on perinteisesti hävitetty polttamalla. Oikein käsiteltyinä ne kuitenkin soveltuisivat käytettäväksi lannoite- ja maanparannusaineina kasvinviljelyssä, jolloin niiden sisältämät ravinteet ja hiili voitaisiin hyödyntää. Tällöin voitaisiin korvata keinolannoitteita ja tallettaa hiiltä maaperään. Parantamalla maan kasvukuntoa voitaisiin myös mahdollisesti vähentää ravinteiden huuhtoutumista. Orgaanisen aineksen määrän kasvattaminen ja sen aikaansaama maan vedenpidätyskyvyn parantuminen pienentävät ilmastonmuutoksen aiheuttamia riskejä (kuivuus, rankkasateet, peltojen liettyminen) kasvintuotannolle.

Alustavat tulokset maanparannuskuitujen vaikutuksista ovat Suomessa tehdyissä kokeissa olleet lupaavia. Niin kutsutuissa maamonoliiteissä tehdyissä sadetuskokeissa maanparannuskuidut vähensivät valumaveden kiintoainepitoisuutta 60–80 % ja kokonaisfosforipitoisuutta 40–50 % (Rasa ym. 2018 ja Rasa ym. 2020). Maanparannuskuitujen selkeänä etuna on myös laaja käyttöalue. Niitä voi käyttää kaikilla alueilla, mutta suurin hyöty kuiduista on vähän orgaanista ainesta sisältävillä kivennäismailla.

Ravinnekuitujen lisäksi kasvavaa mielenkiintoa kohdistuu rakennekalkkiin. Rakennekalkki saa peltomaassa aikaan kemiallisen reaktion, joka parantaa savimaan mururakennetta ja siten myös maan muokkautuvuutta ja kasvien ravinteiden ottoa. Rakennekalkkilisäyksen seurauksena savihiukkasia ympäröivä vesikehä ohenee, hiukkaset kiinnittyvät tiukemmin toisiinsa ja muodostavat suurempia,

kestävämpiä muruja. Maan vedenläpäisykyky kasvaa ja pellon pinnan liettyminen vähenee. Tämän seurauksena eroosio ja fosforihuuhtouma jäävät vähäisemmäksi.

Rakennekalkki koostuu poltetusta (CaO) tai sammutetusta kalkista ($Ca(OH_2)$), tai näiden yhdistelmästä (reaktiivinen osa), jonka lisäksi se sisältää yleensä tavallista maatalouskalkkia ($CaCO_3$). Rakennekalkki suositellaan levitettäväksi kuivissa, lämpimissä olosuhteissa ja pelto tulisi muokata viimeistään 48 tunnin kuluttua levityksestä. Ruotsissa rakennekalkki suositellaan levitettäväksi ja sekoitettavaksi maahan mahdollisimman pian (< 24 h) sadonkorjuun jälkeen, jolloin lämpötilaolot ovat rakennekalkin toivotunlaiselle ravinnehuuhtoumia vähentävälle reaktiolle otolliset. Rakennekalkin vaikutuksia kiintoaine- ja fosforihuuhtoumiin on tutkittu erityisesti Ruotsissa, jossa menetelmästä on saatu hyviä tuloksia. Tutkimukset ovat keskittyneet laboratoriotason mittauksiin.

Rakennekalkin vaikutuksia on Suomessa tutkittu aiemmin valuma-aluetasolla Suomen ympäristökeskuksen RAKAVA-hankkeessa (2017-2019). Hankkeessa ei havaittu rakennekalkin vaikuttavan ojavesien kiintoainepitoisuuteen, mutta saatiin viitteitä sen liuennutta fosforia vähentävästä vaikutuksista.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

RAKUVE-hankkeen (Rakennekalkki ja ravinnekuitu – vaikutukset maatalouden vesiensuojelutoimina) tavoitteena oli tuottaa tutkimukseen perustuvaa tietoa rakennekalkin vaikutuksista peltojen ravinnehuuhtoumiin valuma-aluetasolla sekä metsäteollisuuden sivuvirtana syntyvän kalkkistabiloidun ravinnekuidun vaikutuksista salaojahuuhtoumiin. Ympäristöministeriö myönsi hankkeelle harkinnanvaraista valtionavustusta enintään 80 % hankkeen toteutuneista kokonaiskustannuksista, kuitenkin enintään 81 000 euroa (ALV 0 %). Lopusta hankerahoituksesta vastasi VHVSY:n jäsenistö.

Hankkeessa selvitettiin miten rakennekalkki vaikuttaa kiintoaine- ja fosforihuuhtoumiin 4–5 vuotta kalkin levittämisen jälkeen ja muuttuuko teho ajan saatossa. Lisäksi tutkittiin mitkä ovat kalkkistabiloidun ravinnekuidun vaikutukset salaojahuuhtoumiin 1–2 vuotta sen levittämisen jälkeen.

Rakennekalkki saa peltomaassa aikaan kemiallisen reaktion, joka parantaa savimaan mururakennetta ja siten myös maan muokkautuvuutta ja kasvien ravinteiden ottoa. Maan vedenläpäisykyky kasvaa ja pellon pinnan liettyminen vähenee. Tämän seurauksena eroosio ja fosforihuuhtouma jäävät vähäisemmäksi.

Kalkkistabiloitu ravinnekuitu taas lisää maan biologista aktiivisuutta, mikä vaikuttaa suotuisasti maan rakenteeseen ja maamurujen kestävyyteen. Ravinnekuidun mukana peltoon lisätään huomattava määrä hiiltä, joka parantaa maaperäeliöstön elinoloja. Mikrobien erittämät liima-aineet sitovat maamuruja yhteen ja parantavat niiden kestävyyttä. Rakennekalkki ja ravinnekuitu vaikuttavat siis positiivisesti maan rakenteeseen, vedenläpäisykykyyn ja eroosion kestävyyteen. Siten ne ovat hyödyllisiä niin vesiensuojelun kuin viljelijänkin kannalta.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Hankkeen toteuttajana oli Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys. Jatkuvatoimiset vedenlaatuanturit vuokrattiin Luode Consulting Oy:lta. Espoon Röylässä tutkimuskäyttöön antoi peltonsa viljelijä Magnus Selenius ja Vihdin Laurinojalla Hautala/Suihkonen MTY.

Röylässä Soilfood toimitti kahdelle vierekkäiselle lohkolle kalkkistabiloitua ravinnekuitua (40 t/ha), kahden vierekkäisen lohkon jäädessä ilman kuitukäsittelyä. Kuitu muokattiin maahan 10–15 cm syvyyteen. Pellot olivat luomuviljelyssä. Jokaiselta lohkolta kerättiin salaojavaluntaa ja seurattiin kuidun vaikutusta salaojaveden laatuun.

Vihdin Laurinojan tutkimusvaluma-alueen (124 ha) pelloille levitettiin rakennekalkkia 3,5–8 tonnia hehtaarille syyskuussa 2015 osana LOHKO-hanketta (Lohkon ominaispiirteet-huomioiva ravinnekuormitusmallinnus ja sen kehittäminen). Levitysmäärät säädettiin viljelijän toiveen mukaisesti lohkojen pH:n mukaan. Käsitelty peltopinta-ala käsitti noin 40 % valuma-alueen pelloista. Kyseiset pellot oli aikaisemmin tunnistettu kaikkein kuormittavimmiksi kuormituksen alueellisen tarkentamisen menetelmällä. Kohdentamisen tavoitteena oli saavuttaa mahdollisimman hyvä rakennekalkin vesiensuojelullinen tulos.

Ravinnekuidun ja rakennekalkin vaikutuksia veden laatuun ja kuormitukseen selvitettiin automaattisen veden laadun seurannan ja vesinäytteiden avulla. Röylässä vedenlaatuanturit mittasivat veden pinnan korkeutta, sameutta, sähkönjohtavuutta sekä liukoisen orgaanisen hiilen ja nitraattitypen pitoisuutta puolen tunnin välein. Vihdissä veden määrää ja sameutta mitattiin pelto-ojaan rakennetun mittapadon luona puolen tunnin välein. Mittaukset ajoitettiin pääasiassa kevät- ja syystulvatilanteisiin, kun hajakuormitus tyypillisesti on suurimmillaan. Vihdin Mittausasema on ollut käytössä useamman aiemman hankkeen puitteissa jo vuodesta 2010 alkaen ja tätä aikaisemmin kerättyä aineistoa hyödynnettiin kuormituksen vertailutason määrittämisessä. Tältä tutkimusalueelta otettiin myös maanäytteet ennen rakennekalkitusta vuonna 2015 sekä kalkituksen jälkeen vuosina 2015, 2016, 2018 ja 2019.

Vesinäytteistä tutkittiin kokonaisfosfori, liukoinen kokonaisfosfori, liukoinen fosfaattifosfori, kokonaistyppi, nitraatti- ja nitriittityppi, ammoniumtyppi, sameus, kiintoaine (nuclepore), kiintoaine (GF/C), pH, sähkönjohtavuus, kemiallinen hapenkulutus sekä liukoinen orgaaninen hiili.

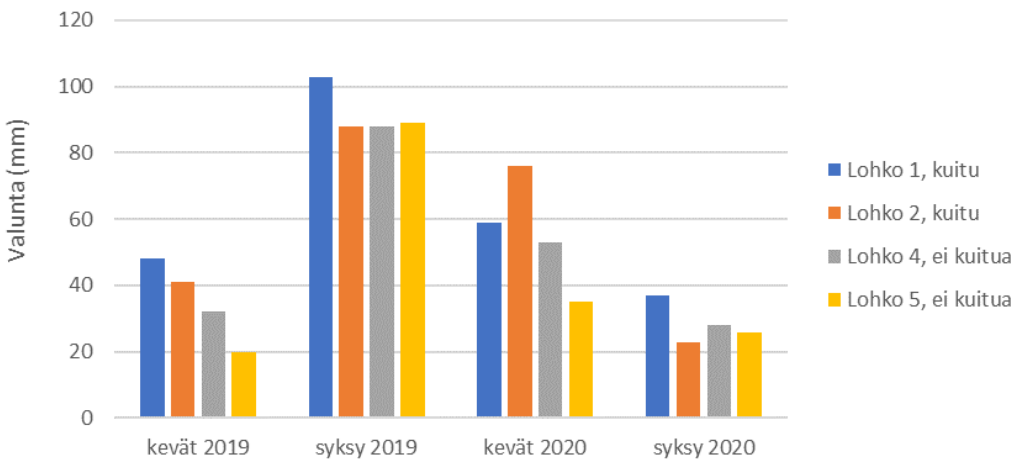
4. Hankkeen tulokset

4.1 Kalkkistabiloidun ravinnekuidun vaikutukset salaojahuuhtoumaan

4.1.1 Salaojavalunta

Kalkkistabiloitua ravinnekuitua levitettiin kahdelle peltolohkolle syyskuussa 2018 noin 40 tonnia/hehtaari kahden vierekkäisen lohkon jäädessä ilman kuitukäsittelyä. Keväällä 2019 lohkojen salaojavalunnan seurantaan saatiin rahoitusta Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta ja kevään tulokset on sisällytetty tähän raporttiin kokonaiskuvan saamiseksi. RAKUVE-hankkeessa vedenlaadun seurantaa tehtiin syksyllä 2019, keväällä 2020 ja syksyllä 2020 noin kahden kuukauden jaksoissa.

Lohkot erosivat toisistaan jonkin verran salaojavalunnan määrän suhteen. Lohkoilta 1 ja 2, joille oli levitetty kuitua, valuntaa tuli koko seuranta-ajan hieman enemmän suhteessa lohkoihin 4 ja 5, joilla kuitua ei ollut (kuva 1). Tämä ero oli havaittavissa jo ennen RAKUVE-hankkeen alkua, sillä lohkoilla oli tehty mittauksia jo vuosina 2015–2016 lukuun ottamatta lohkoa 5. On mahdollista, että lohkoilta 4 ja 5 suurempi osa valunnasta voi tulla pintavaluntana, vaikka lohkot ovatkin suhteellisen tasaisia eikä voimakasta pintavirtailua havaittu. Koska lohkot sijaitsevat vierekkäin, sademäärä niille on kuitenkin samansuuruinen ja suuret valunnat ajoittuivat selkeästi samoihin aikoihin. Lohkojen hieman erilaisten valuntasuhteiden vuoksi vedenlaatutuloksia tarkastellaan sekä pitoisuus- että kuormitustasolla.



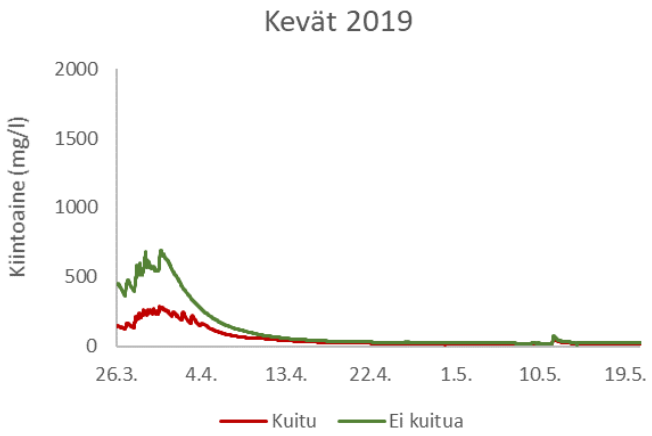
Kuva 1. Lohkojen salaojavalunta seurantajaksojen aikana.

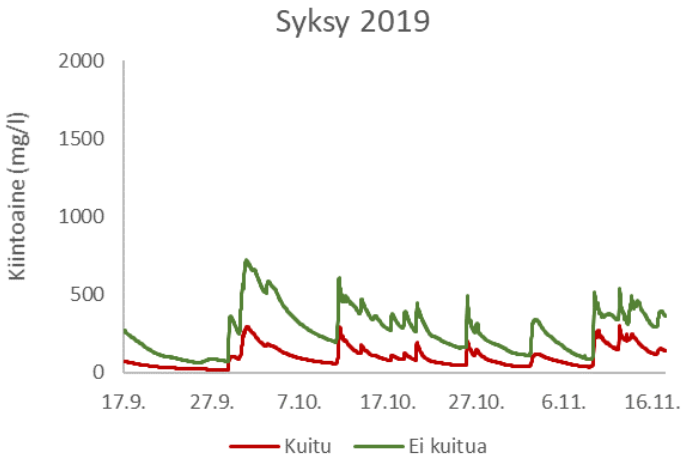
Valunnan määrät ja ajoittuminen mittausjaksoilla erosivat luonnollisesti toisistaan. Salaojaveden korkeimmat pitoisuudet ja kuormitus lohkoilta ajoittuivat lumen sulamisjaksoille ja voimakkaiden sateiden yhteyteen. Keväällä 2019 oli voimakas lumen sulamisesta johtuva kevätvaluntapiikki 28.3.–4.4. ja sen jälkeen kuivaa toukokuun lopulle saakka. Syksyllä 2019 syyskuu oli vähäsateinen, mutta lokamarraskuussa satoi tasaisin väliajoin. Valuntaa muodostui selkeästi eniten kaikista tarkastelluista seurantajaksoista. Keväällä 2020 lumipeitettä ei ollut ollenkaan ja sateet helmikuun lopulta maaliskuun puoleen väliin tulivat vetenä sulaan ja veden kyllästämään maahan. Lumisade (16.4.) näkyi voimakkaana valuntapiikkinä. Syksyllä 2020 syyskuu ja lokakuun alkupuoli olivat vähäsateisia. Syyssateet alkoivat lokakuun loppupuolella ja tämän jälkeen oli kolme sadejaksoa marraskuun alkupuolelle saakka. Seurantajaksojen yksityiskohtaisemmat valuntakuvaajat on esitetty liitteessä 1.

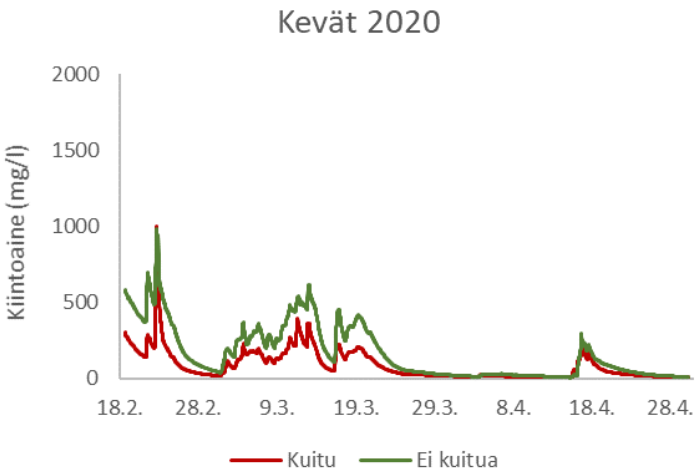
4.1.2 Kiintoaine- ja fosforipitoisuudet

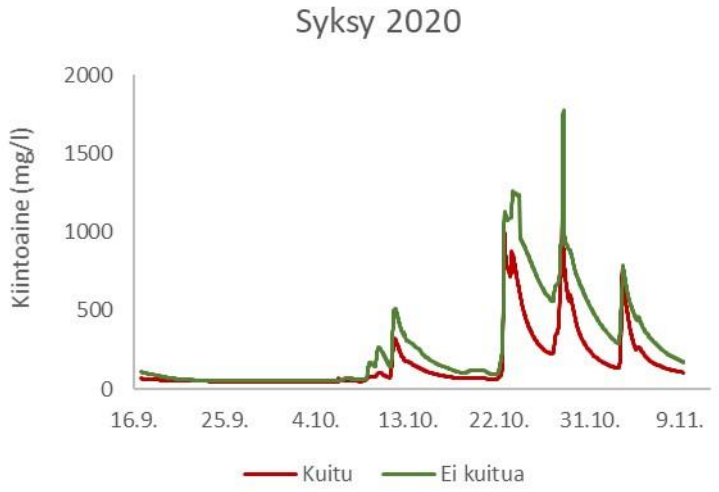
Salaojaveden kiintoaine- ja kokonaisfosforin pitoisuudet olivat pienempiä kuitukäsitellyillä lohkoilla kuiduttomiin lohkoihin verrattuna kaikilla seurantajaksoilla (kuva 2). Kuivina kausina eroja ei ollut, mutta salaojavalunnan kasvaessa erot käsittelyiden välillä kasvoivat. Kuitulohkojen kiintoainepitoisuudet olivat keskimäärin 50 % pienempiä kuiduttomien lohkojen pitoisuuksiin verrattuna (kuva 3). Kokonaisfosforipitoisuudet puolestaan olivat keskimäärin 45 % pienempiä kuitulohkoilla kuiduttomiin verrattuina (kuva 4). Tehokkaimmin kuitu alensi kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuuksia syksyllä 2019, joka oli valuntamääriltään suurin kaikista seurantajaksoista.

Erot lohkojen välillä olivat nähtävissä kaksi vuotta kuidun levityksen jälkeen. Syksyllä 2020 kuidun teho eroosion estäjänä näyttäisi kuvaajien valossa hieman laskeneen (kuva 3), mutta todennäköisesti syy pienempään eroon kuitu- ja kuiduttomien lohkojen välillä oli 20.10. tehty kevytmuokkaus, jonka jälkeen alkoivat heti voimakkaat sateet. Tämä nosti kiintoainepitoisuudet huomattavasti suuremmiksi aiempiin seurantajaksoihin verrattuna. Salaojavesien sameus ja kiintoainepitoisuudet nousivat lähelle anturien mittauskapasiteetin ylärajaa. Mitä ilmeisemmin voimakkaat sateet tuoreeseen maan leikkauspintaan yhdistettynä aiheuttavat voimakasta eroosiota, jota kuitulisäykselläkään ei pystytty täysin estämään.

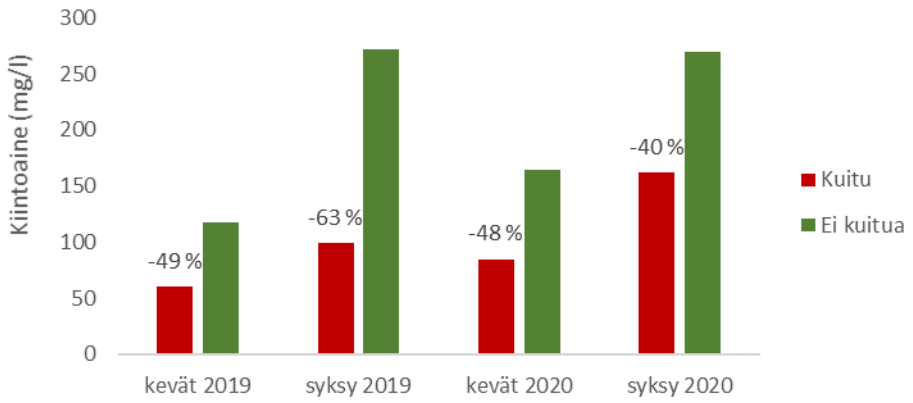




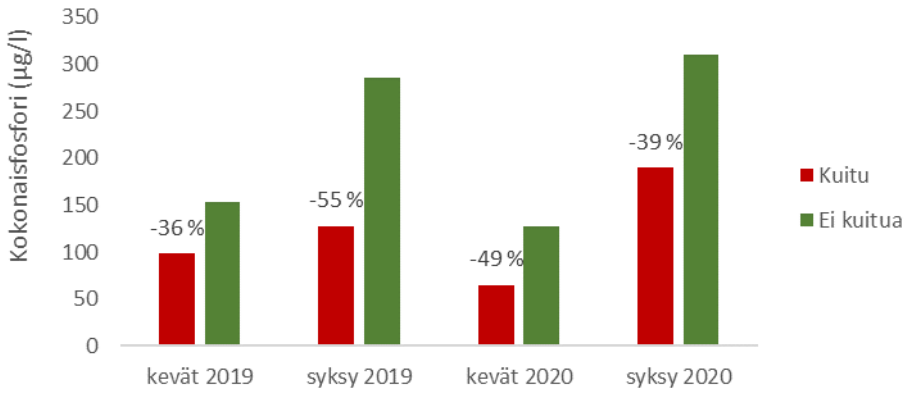




Kuva 2. Salaojaveden kiintoainepitoisuus seurantajaksoilla.



Kuva 3. Salaojaveden keskimääräiset kiintoainepitoisuudet seurantajaksoilla ja kuidun vaikutuksen prosentuaaliset erot.



Kuva 4. Salaojaveden keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet seurantajaksoilla ja kuidun vaikutuksen prosentuaaliset erot.

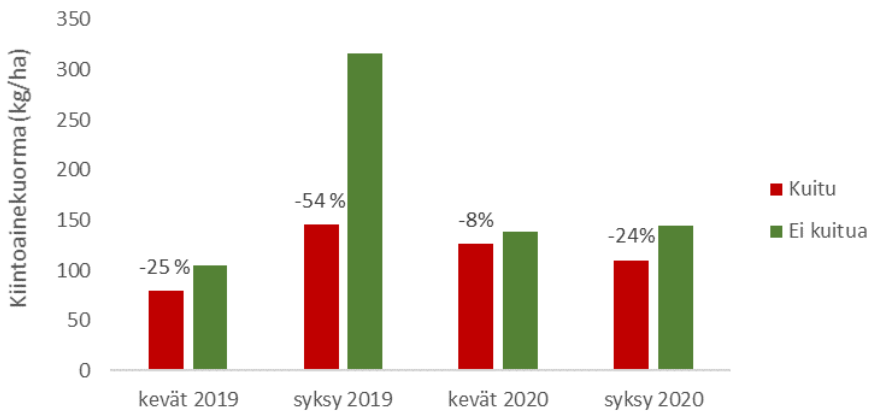
Savimailla suurin osa pelloilta huuhtoutuvasta fosforista on sitoutuneena maa-ainekseen. Laboratorioon vietyjen vesinäytteiden (92 kpl vuosina 2019-2020) perusteella kuitulohkoilla 77 % kokonaisfosforista oli maa-ainekseen sitoutunutta ns. partikkelimaista fosforia ja kuiduttomilla lohkoilla 89 %. Vastaavasti liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli kuitulohkoilla suurempi kuin kuiduttomilla lohkoilla. Tulos on looginen, sillä kalkkistabiloidun kuidun sisältämä kalkki nostaa maan pH:ta ja parantaa fosforin liukoisuutta. Tämä on positiivinen asia mailla, joilla pH on alhainen, fosforipitoisuus pieni ja fosfori huonosti kasvien käytettävissä. Toisaalta jos kalkkistabiloitua kuitua levitetään pellolle, jonka P-luku on korkea, voi riskinä olla liukoisen fosforin huuhtoutumisen kasvu. Tämä tulee huomioida käyttösuosituksissa.

Laboratoriossa tehtyjen vesianalyysien perusteella (92 kpl) liukoisen fosforin pitoisuudet salaojavesissä olivat pieniä, sillä tutkimuslohkojen P-luku oli alhainen ja peltoja ei lannoitettu voimakkaasti fosforilla. Kuitulohkoilta kerätyn salaojaveden liukoisen fosforin pitoisuus oli hieman korkeampi kuiduttomiin verrattuna, mutta erot käsittelyjen välillä eivät olleet suuria. Kuitulohkojen salaojavedessä liuenneen fosforin pitoisuus vaihteli välillä 7-31 µg/l kaikkien mittausten keskiarvon ollessa 17 µg/l. Kuiduttomilla lohkoilla pitoisuudet vaihtelivat välillä 6-29 µg/l kaikkien mittausten keskiarvon ollessa 12 µg/l. Vertailun vuoksi, Luonnonvarakeskuksen Ravinnekuitu-hankkeessa liukoisen fosforin pitoisuudet sadetetuissa näytteissä vaihtelivat välillä 50-250 µg/l (Rasa ym. 2020).

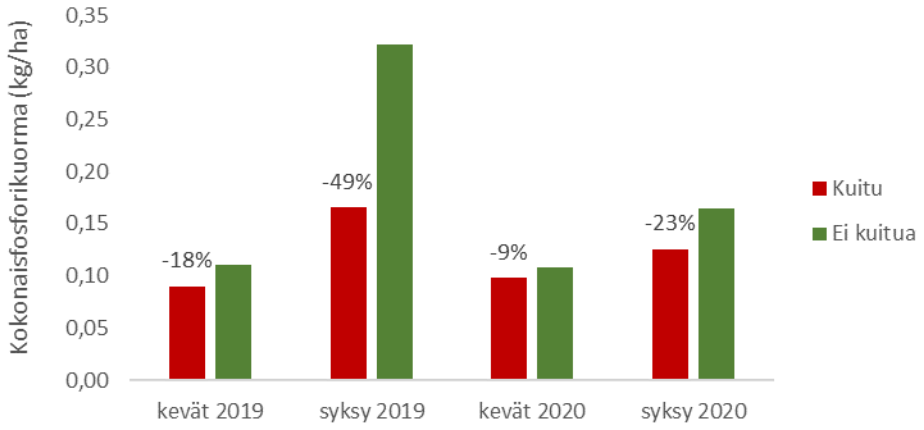
Salaojavesien liukoista fosforia on tutkittu jonkin verran. Esimerkiksi ruotsalaisessa tutkimuksessa havaittiin liukoisen fosforin pitoisuuden vaihtelevan salaojavedessä välillä 10-470 µg/l (Hoffmann ja Ellström 1993). Peltovuori (2000) mainitsee liukoisen fosforin pitoisuuden olevan salaojavedessä yleensä alle 500 µg/l, mutta pitoisuus saattaa kohota hetkellisesti korkeaksi, mikäli sadantaa ja valuntaa tapahtuu pian lannoituksen jälkeen. Näin korkeita pitoisuuksia ei havaittu tässä tutkimuksessa suurimpienkaan virtaamien aikana. Syksyllä 2018 levitetyn kuidun mukana levitetty ravinnemäärä oli sen verran pieni (6,8 kg fosforia ja 0,6 kg liukoista fosforia per lohko), että se ei näyttäisi näkyvän salaojavesien fosforipitoisuuksissa.

4.1.3. Kiintoaine- ja fosforikuormitus

Koska hankkeessa mitattiin vain salaojavaluntaa ja kuitulohkoilta salaojavaluntaa tuli keskimäärin enemmän kuin kuiduttomilta lohkoilta, pitoisuuksissa nähtävät erot kuidun hyväksi tasoittuivat hieman kuormitusta laskettaessa. Kuitulohkoilta huuhtoutui neljän seurantajakson aikana yhteensä 461 kg/ha kiintoainesta ja kuiduttomilta lohkoilta 705 kg/ha (kuva 5, liite 1). Keskimäärin kuitulohkoilta muodostui 35 % vähemmän kiintoainekuormitusta. Kokonaisfosforia huuhtoutui kuitulohkoilta 31 % vähemmän (yhteensä 0,48 kg/ha) kuiduttomiin lohkoihin (yhteensä 0,7 kg/ha) verrattuna (kuva 6, liite 1).



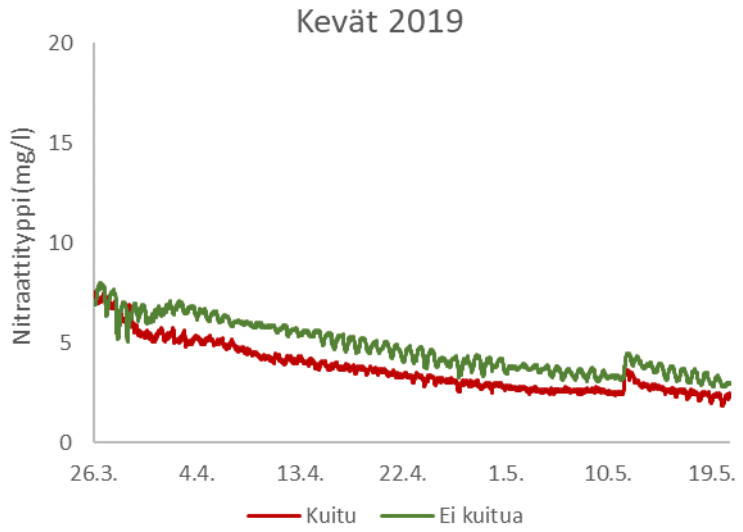
Kuva 5. Kiintoainekuormitus (kg/ha) lohkoilta ja kuidun vaikutuksen prosentuaaliset erot.

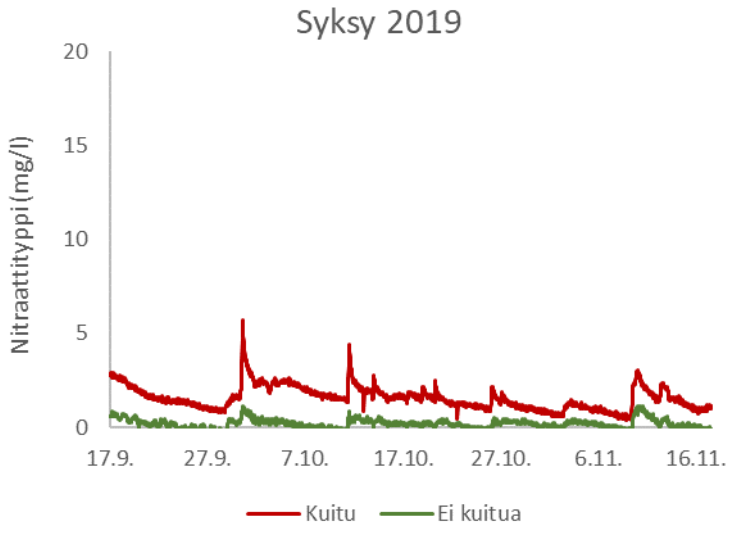


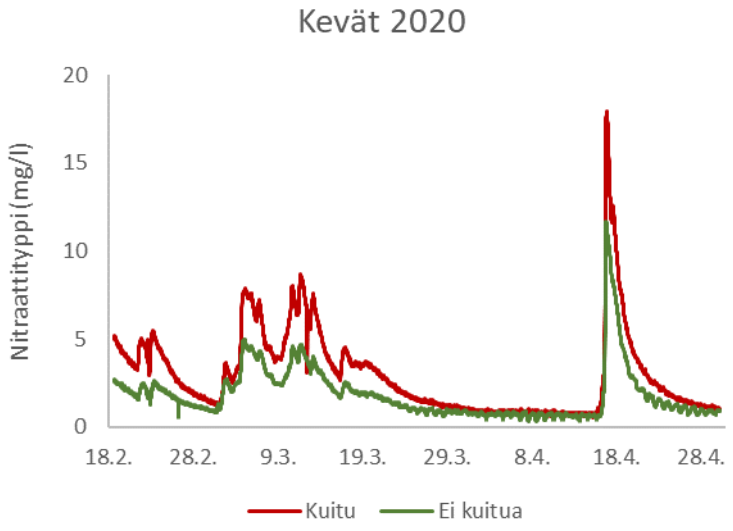
Kuva 6. Kokonaisfosforikuormitus (kg/ha) lohkoilta ja kuidun vaikutuksen prosentuaaliset erot.

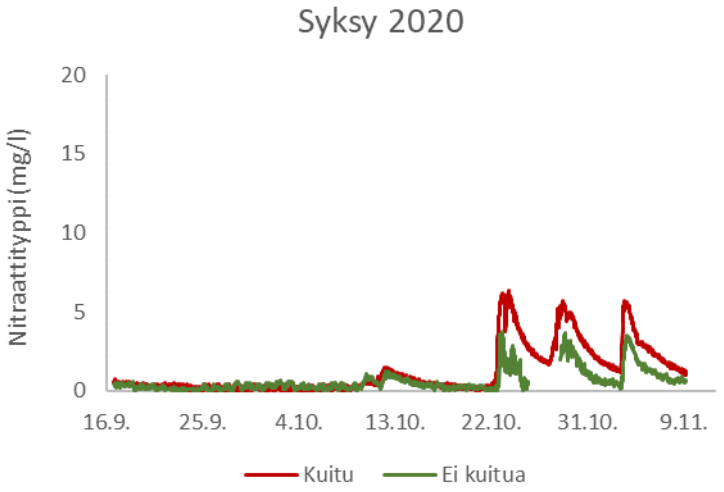
4.1.4 Typpipitoisuudet ja -kuormitus

Kuitu vähensi tehokkaasti kiintoaineen ja kokonaisfosforin pitoisuutta ja kuormitusta tutkimuslohkoilla, mutta kuidun vaikutus typpeen oli ristiriitainen. Ensimmäisenä keväänä levityksen jälkeen kuitu alensi myös nitraattitypen (kuvat 7 ja 8) ja kokonaistypen pitoisuutta (kuva 9) salaojavedessä. Myöhemmin typpipitoisuudet kuitenkin nousivat kuitulohkojen salaojavesissä, ollen noin kaksinkertaiset käsittelemättömiin lohkoihin verrattuna. Kokonaisuudessaan nitraattityppipitoisuudet lohkoilla olivat pieniä, sillä nitraattitypen pitoisuus salaojavesissä on keskimäärin 5-10 mg/l ja voi vaihdella välillä 1-70 mg/l.


Kevät 2019
Nitraattityppi (mg/l)
20
15
10
5
0
26.3.
4.4.
13.4.
22.4.
1.5.
10.5.
19.5.
Kuitu
Ei kuitua

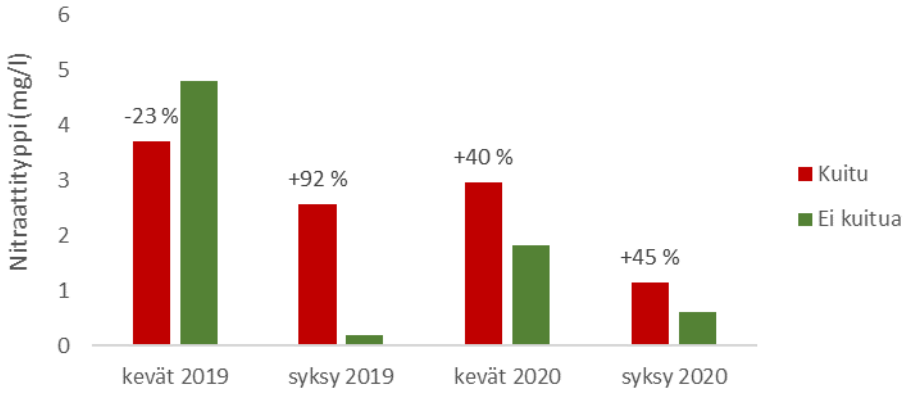

Syksy 2019
Nitraattityppi (mg/l)
20
15
10
5
0
17.9.
27.9.
7.10.
17.10.
27.10.
6.11.
16.11.
Kuitu
Ei kuitua


Kevät 2020
Nitraattityppi (mg/l)
20
15
10
5
0
18.2.
28.2.
9.3.
19.3.
29.3.
8.4.
18.4.
28.4.
Kuitu
Ei kuitua

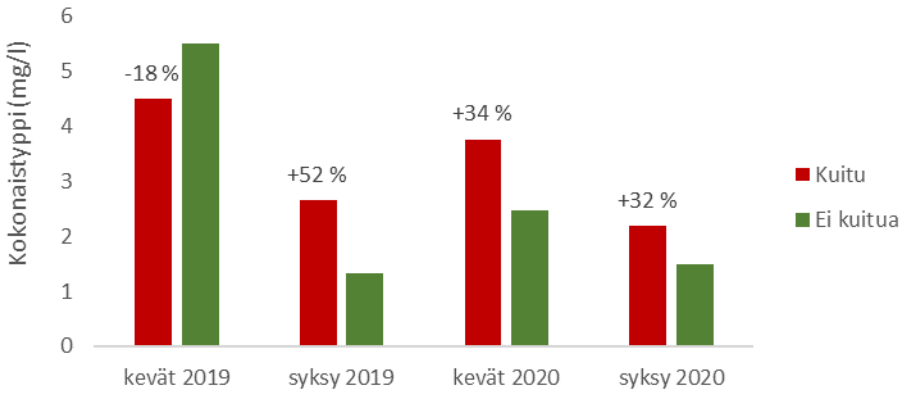


Kuva 7. Salaojaveden nitraattityppipitoisuus seurantajaksoilla. Syksyllä 2020 voimakas veden samentuminen kuiduttomilla lohkoilla esti nitraattitypen mittauksen aikavälillä 23.-28.10.2020.

Maaperän mikrobit sitovat typpeä kuitua hajottaessaan mutta myöhemmin typpeä taas vapautuu orgaanisesta aineksesta valumavesiin. Myös kuituaines sisältää typpeä. Kuidun mukana lohkoille levitettiin 32 kg kokonaistyppeä ja 9 kg liukoista typpeä/lohko. Typpilisäyksen vaikutukset näkyvät todennäköisesti ensimmäisenä vuonna levityksen jälkeen, mutta on epätodennäköistä, että tuo typpimäärä vaikuttaisi olennaisesti valumaveden laatuun vielä kaksi vuotta levityksen jälkeen.



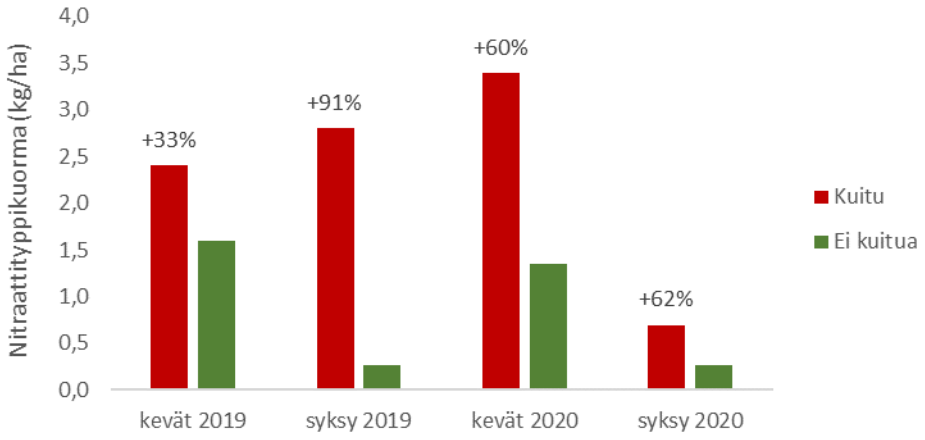
Kuva 8. Salaojaveden keskimääräiset nitraattitypen pitoisuudet seurantajaksoilla.



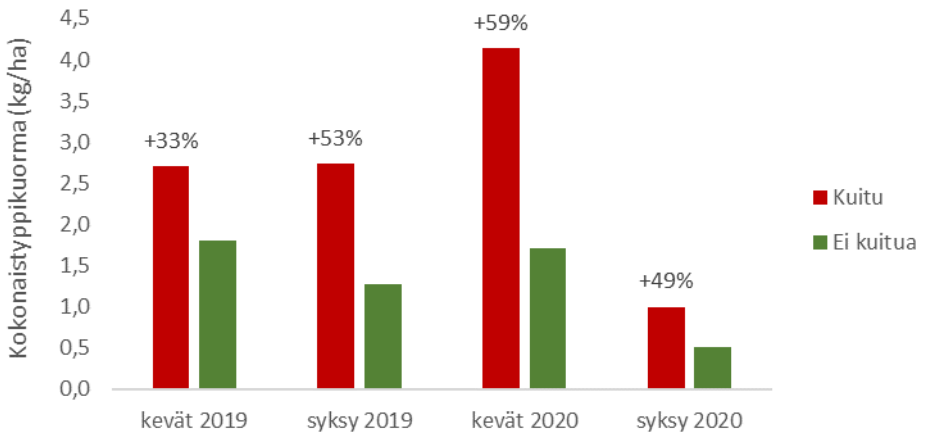
Kuva 9. Salaojaveden keskimääräiset kokonaistypen pitoisuudet seurantajaksoilla.

Salaojaveden pääsääntöisesti korkeampi nitraattityppipitoisuus ja hieman suurempi salaojavalunnan määrä kuitulohkoilta vaikuttivat myös typpikuormitukseen. Kuitulohkoilta huuhtoutui neljän seurantajakson aikana yhteensä 9 kg/ha nitraattityppeä ja kuiduttomilta lohkoilta 3 kg/ha (kuva 10). Keskimäärin kuitulohkoilta muodostui lähes kolme kertaa enemmän nitraattityppikuormitusta kuiduttomiin lohkoihin verrattuna. Kokonaistyppeä huuhtoutui kuitulohkoilta kaksi kertaa enemmän (yhteensä 10,6 kg/ha) kuiduttomiin lohkoihin (yhteensä 5,3 kg/ha) verrattuna (kuva 11).

Kuormitusta ei voi vertailla suoraan keskimääräisiin kuormituslukuihin (typellä 15 kg/ha/v), sillä seuranta keskittyi ennalta tiedettyihin valunnan ja kuormituksen kannalta kriittisimpiin ajanjaksoihin. Kuormitusmäärä edustaa siten ns. pahinta mahdollista määrää ja sitä voi verrata tilanteeseen, jossa koko vuosi olisi yhtä sateinen ja pellot osittain kasvipeitteettömiä. Käytännössä kuivina jaksoina ja kesäaikaan typpeä ei juurikaan huuhtoudu, sillä kasvillisuus sitoo typpeä tehokkaasti, eikä nitraattityppeä juuri ole maassa huuhtoutumiselle alttiina. Jatkossa typen vapautumista ja liikkumista maaperässä on hyvä tutkia lisää. Luonnonvarakeskuksella on käynnissä tutkimushankkeita, joissa mm. perehdytään maaperän mikrobistoon ja kuidun vaikutuksiin.



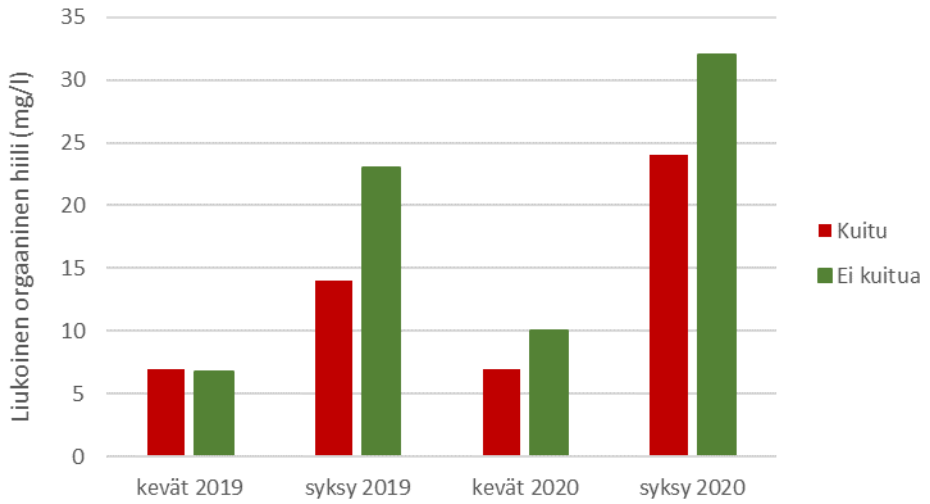
Kuva 10. Nitraattityppikuormitus (kg/ha) lohkoilta ja kuidun vaikutuksen prosentuaaliset erot.



Kuva 11. Kokonaistyppikuormitus (kg/ha) lohkoilta ja kuidun vaikutuksen prosentuaaliset erot.

4.1.5 Liukoinen orgaaninen hiili

Liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuutta salaojavesissä mitattiin sekä antureilla että laboratorioon viedyistä vesinäytteistä. Sen pitoisuudet salaojavesissä menetelmien välillä vaihtelivat samaan tapaan kiintoainespitoisuuden (kuva 2) kanssa. Liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus kuitulohkoilta purkautuvassa salaojavedessä oli keskimäärin 28 % pienempi kuiduttomiin lohkoihin verrattuna (kuva 12). Pitoisuuserot olivat suurimmillaan korkeiden valumien aikana. Tulosten perusteella saatiin viitteitä siitä, että kuitu voi parantaa maa-aineksen eroosionkestävyyttä ja vähentää kiintoaineksen ja orgaanisen hiilen huuhtoutumista pellolta.

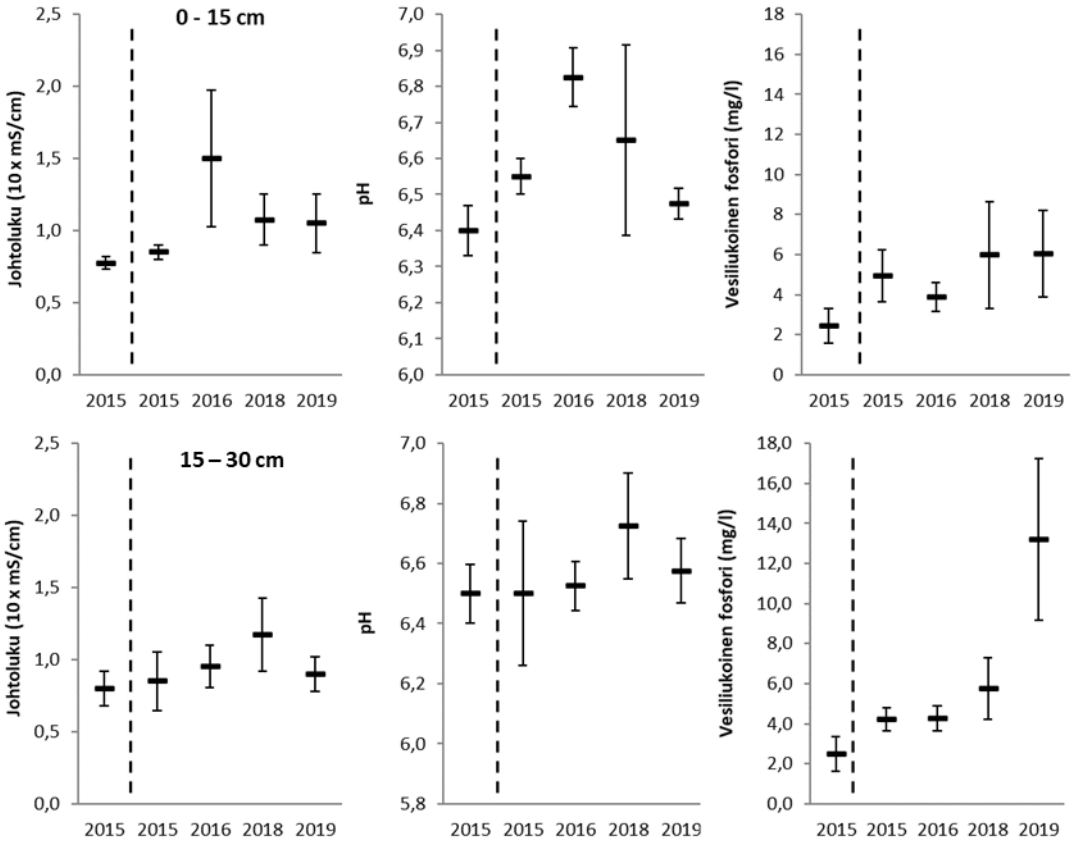


Kuva 12. Salaojaveden liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuus laboratoriossa määritetyissä näytteissä (n=92 kpl).

4.2 Rakennekalkin vaikutukset valuma-alueen fosforihuuhtoumiin

4.2.1 Vaikutukset peltomaassa

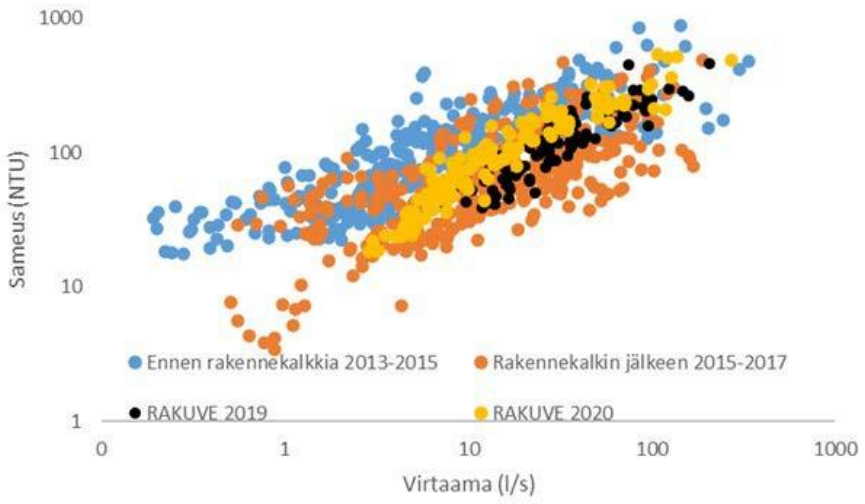
Rakennekalkin vaikutusten selvittämiseksi Vihdin tutkimusalueelta otettiin viljavuusmaanäytteet ennen rakennekalkitusta vuonna 2015 sekä kalkituksen jälkeen vuosina 2015, 2016, 2018 ja 2019. Rakennekalkitus nosti peltomaan pintakerroksen (0–15 cm) johtolukua, pH:ta sekä vesiliukoisen fosforin pitoisuutta (kuva 13). Vesiliukoisen fosforin pitoisuus nousi levityksen jälkeen 2–2,5-kertaiseksi ja vuosina 2018 ja 2019 pitoisuus oli kolminkertainen lähtötasoon nähden. Kasvu oli tilastollisesti merkitsevää ja pitoisuudet olivat korkeammalla tasolla vielä neljä vuotta levityksen jälkeen. Maan pH:n noustessa fosforin liukoisuus ja käyttökelpoisuus viljelykasville paranee. Kalkitus nosti lyhytaikaisesti myös viljavuusfosforin pitoisuutta, mutta viljavuusfosforin luokka ei muuttunut. Kalkituksella ei ollut merkittävää vaikutusta maan rikki- ja magnesiumpitoisuuksiin. Syvemmässä kerroksessa (15–30 cm) kalkin vaikutus johtolukuun, pH:n sekä kalsiumin ja vesiliukoisen fosforin pitoisuuteen noudatteli pintamaassa havaittuja muutoksia, mutta viiveellä.



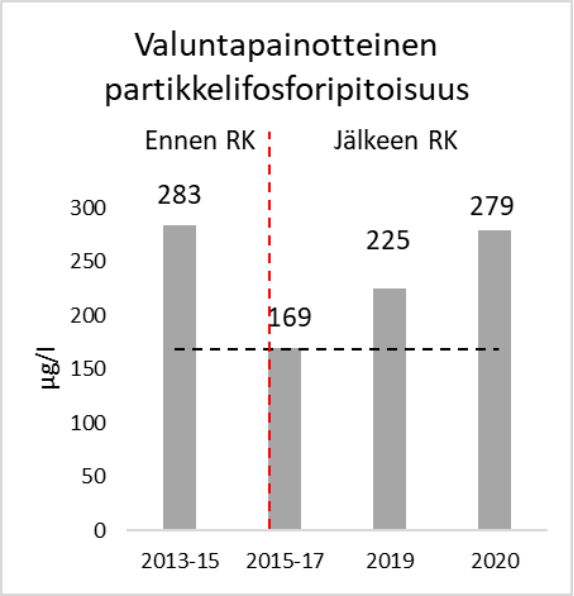
Kuva 13. Peltomaan johtoluvun, pH:n ja vesiliukoisen fosforin keskiarvot, sekä 95 % luottamusvälit ennen rakennekalkitusta (2015) ja sen jälkeen (2015–19) pintakerroksessa (0–15 cm) sekä syvemmässä kerroksessa (15–30 cm).

4.2.2 Vaikutukset veden laatuun ja kuormitukseen

Rakennekalkittujen peltojen läpi virtaavan pelto-ojan vesi kirkastui rakennekalkkikäsittelyn jälkeen. Kaksi vuotta levityksen jälkeen sameus oli noin 30 % pienempi ja neljä vuotta levityksestä vielä 16 % vertailutasoa 2013–2015 alempi (kuva 14).



Kuva 14. Rakennekalkkikäsittelyn seurauksena peltojen eroosio väheni ja pelto-ojan sameuden ja virtaaman välinen suhde muuttui.



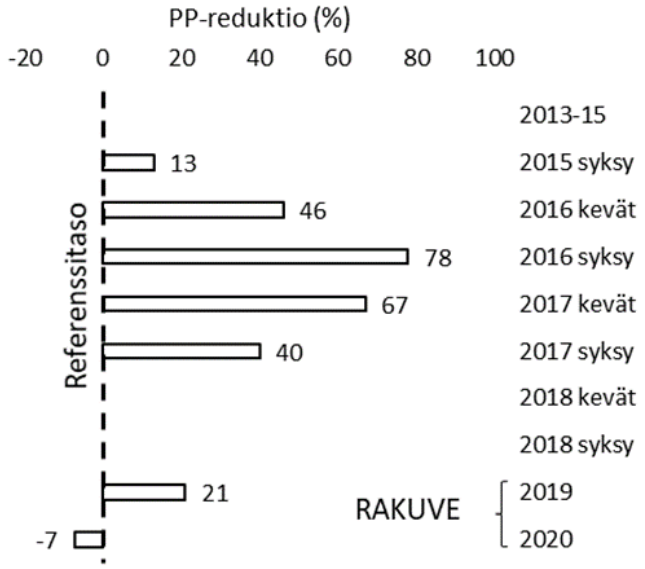
Kuva 15. Valuntapainotteinen partikkelifosforipitoisuus laski selvästi kaksi vuotta rakennekalkkikäsittelyn jälkeen, mutta nousi 4,5 vuotta levityksen jälkeen jo vertailujakson tasolle.

Rakennekalkituksen seurauksena myös ojaveden kiintoaine- ja fosforikuormitus lähtivät laskuun. Valuntapainotteinen partikkelifosforipitoisuus (PP) aleni kaksi vuotta levityksen jälkeen keskimäärin noin 40 %. Mittauksissa oli tauko vuoden 2018 aikana, mutta vähenemä oli vielä syksyllä 2019 neljä vuotta levityksen jälkeen 20 %. Kevääseen 2020 mennessä vaikutukset näyttivät kuitenkin hiipuneen.

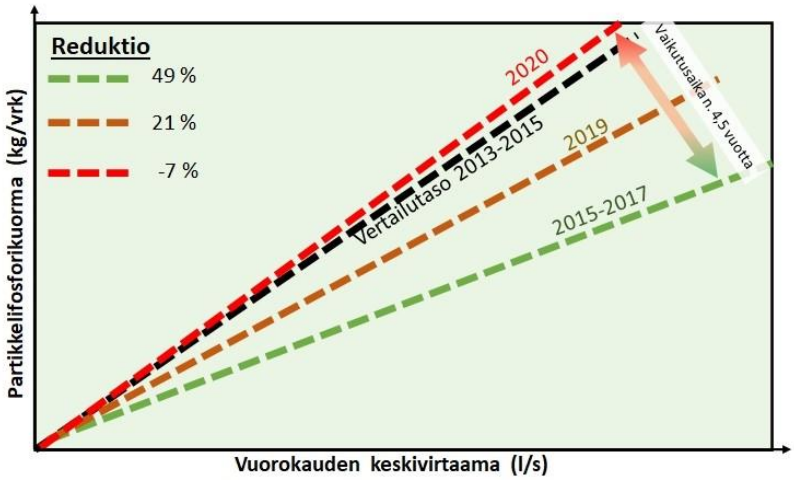
Myös ainevirtaamia tarkasteltaessa havaittiin partikkelifosforikuorman pienentyneen peltojen rakennekalkkikäsittelyn jälkeen. Reduktiot mittausjaksoittain (kuva 16) kaksi vuotta levityksen jälkeen (2015– 2017) vaihtelivat 13 % ja 78 % välillä. Vähenemä oli voimakkaimmillaan vuosi levityksestä, jonka jälkeen se hiipui, kunnes 4,5 vuotta levityksen jälkeen vaikutusta ei enää havaittu.

Vähenemä kuormassa syntyy pitoisuuden pienentymisen kautta. Vastaavassa virtaamatilanteessa 2–4 vuotta rakennekalkkikäsittelyn jälkeen saavutetaan 21–49 % vähenemä kuormituksessa (kuva 17). Reduktio näyttäisi jossain määrin noudattelevan muutoksia maan pH:ssa ja johtoluvussa. Tämä viittaisi rakennekalkkikäsittelyn vaikutusten syntyneen kipsikäsittelyn tapaan nimenomaan maan ionivahvuuden nousun kautta, eikä pidempiaikaista rakennevaikutusta olisi näillä peltoalueilla saavutettu. Leuto ja sateinen talvi 2020 saattoi lyhentää rakennekalkin vaikutusaikaa ja se saattaakin olla riippuvainen levityksen jälkeisestä valunnan kokonaismäärästä.

Rakennekalkin levitysolosuhteet eivät syyskuussa 2015 olleet optimaaliset, koska ilman keskilämpötila oli 5 vuorokautta ennen ja jälkeen levityspäivän vain 3,3 astetta. Edellisenä yönä lämpötila oli jopa pakkasen puolella. Osa pelloista muokattiin heti rakennekalkin levityksen jälkeen ja kaikki käsitellyt pellot oli muokattu kahden vuorokauden sisällä. Muokkauksen toteuttaminen mahdollisimman nopeasti levityksen jälkeen on suotavaa.

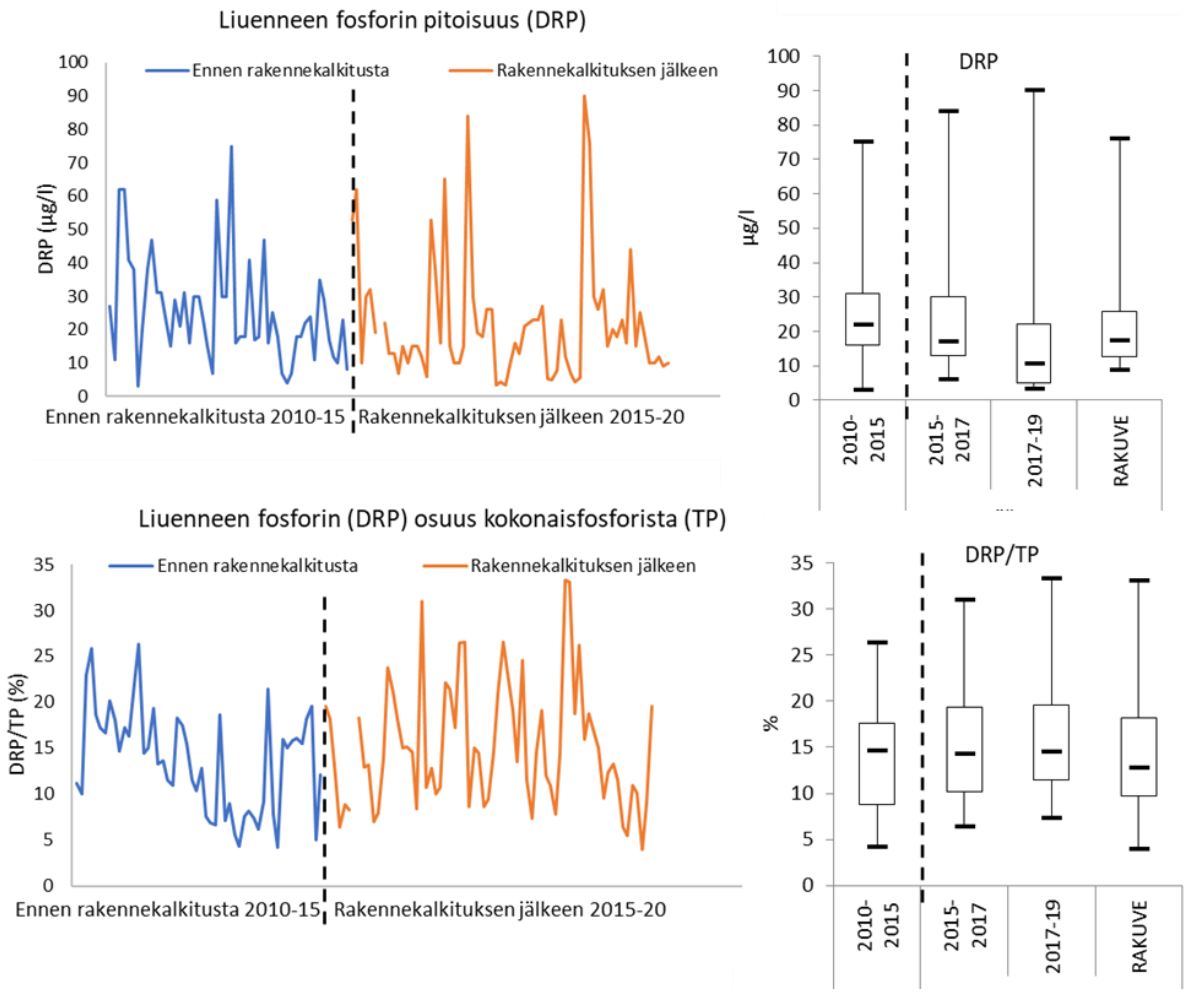


Kuva 16. Kiintoaineeseen sitoutuneen partikkelifosforikuorman (PP) reduktio mittausjaksoittain vertailutasoon (katkoviiva) 2013–2015 nähden.



Kuva 17. Partikkelifosforikuorma vastaavissa virtaamatilanteissa vähenee rakennekalkkikäsittelyn myötä noin 4,5 vuoden ajan.

Vaikka helppoliukoisen fosforin määrä rakennekalkituilla pelloilla kasvoi, se ei vaikuttanut lisäävän liuenneen fosforin pitoisuutta valumavedessä. Kun partikkelifosforipitoisuudet eroosion vähenemisen myötä laskevat, kasvaa liuenneessa muodossa olevan fosforin osuus kokonaisfosforista (DRP/TP). Vastaava muutos on havaittu muun muassa kipsiä koskevissa tutkimuksissa. Arviot liuenneen fosforin muutoksista perustuvat yksittäisiin vesinäytteisiin ja siten arvion epävarmuus on suurempi, kuin jatkuvatoimisen mittausaineiston perusteella tehdyt arviot sameuden ja kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin muutoksista.



Kuva 18. Liuenneen fosforin (DRP) pitoisuus sekä sen osuus kokonaisfosforista (TP) ennen rakennekalkkikäsittelyä ja sen jälkeen.

4.3 Tutkimuksen haasteet

Kuitulohkoilla peltojen muokkaus lokakuun lopulla 2020 ja voimakkaat useita päiviä kestäneet sateet sen jälkeen samensivat etenkin kuiduttomien lohkojen salaojavesiä niin paljon, että nitraatin mittaus kävi haasteelliseksi. Lisäksi kuiduttomien lohkojen antureista irtosivat tuntemattomasta syystä ilmanpaineletkut, ja puhdistustoiminto oli näin hetkellisesti pois käytöstä. Yhdessä nämä tekijät aiheuttivat mittauskatkon kuiduttomilla lohkoilla 23.-28.10.2020 välisellä ajalla. Vertailtaessa eri lohkojen veden laatua ja kuormitusta, jätettiin tämä jakso kaikista lohkoista pois.

Rakennekalkin tutkimusalueella havaittiin mittausten alkuvaiheessa vuoto mittapadossa. Pato korjattiin pikaisesti ja virtaaman luotettava mittaus saatiin käyntiin lähes samanaikaisesti kuin antureilla mitattava laadun mittauskin alkoi. Koska Laurinojan seuranta-asema toimii myös maatalousvaltaisena Uudenmaan ELY-keskuksen havaintopaikkana, sovittiin padon korjaamisen kustannukset ELY:n maksettavaksi. Täten padon korjaus ei vaikuttanut RAKUVE-hankkeen kustannuksiin. VHVSY organisoi ja toteutti padon korjauksen käytännön työt. Syyskuun puoliväliin asti (2019) mittauksia häiritsi mittapadon korjaukseen liittyvä samentuminen, joka huomioidaan lopullisessa aineiston käsittelyssä.

Vaikka rakennekalkin vaikutusten todettiin hiipuneen kevään 2020 mittausjaksolla, veden laadun mittaukset päätettiin toteuttaa syksyllä 2020 alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Rakennekalkituilta pelloilta oli tarkoitus ottaa viimeiset maanäytteet puintien jälkeen syksyllä 2020 ja selvittää näkyykö rakennekalkin vaikutus vielä peltomaassa. Peltojen omistaja teki syyskuussa nopean päätöksen luopua viljelytoiminnasta ja laittaa pellot vuokralle. Pellot vuokrasi läheisen karjatilan viljelijä, joka levitti pelloille lietelantaa heti lokakuun alussa. Lietelannan levityksen takia viimeiset maanäytteet päätettiin jättää ottamatta ja veden laadun mittaukset keskeyttää. Säästyneet resurssit sovittiin siirrettäväksi ravinnekuitumittausten pidentämiseen.

5. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

RAKUVE-hankkeen viestinnän keskeisin tavoite oli levittää tutkimukseen perustuvaa puolueetonta tietoa maatalouden uusista vesiensuojelumenetelmistä hankkeen sidosryhmille ja soveltuvin osin yleiseen vesiensuojelukeskusteluun. Hankkeen viestintä eteni viestintäsuunnitelman mukaisesti ja viestintää toteutettiin monipuolisesti eri alustoilla (taulukko 1). Hankkeen tuloksista kerrottiin väliraportointien lisäksi yhdistyksen uutiskirjeissä ja some-kanavissa, sekä oltiin yhteydessä myös hankkeen viljelijöihin. Hankkeen loppuraportista viestitään joulukuussa 2020 ja pyritään saamaan hankkeesta lehtijuttu myös Maaseudun Tulevaisuuteen ja paikallismedioihin.

Taulukko 1. RAKUVE-hankkeen viestintä

Toimenpide	Aika	Kohderyhmä	Keino / Kanava
Viljelijöiden kontaktointi hankkeen käynnistämisestä	elokuu 2019	Hankealueiden viljelijät	Puhelinsoitot
Hankkeen nettisivut	syyskuu 2019	VHVSY:n jäsenistö ja kaikki hankkeen sidosryhmät	nettisivut
Viestejä Vantaanjoelta-tiedote	13.9.2019	VHVSY:n jäsenistö, sidosryhmät ja alueen tiedotusvälineet	Sähköinen tiedote sähköpostijakelulla
Vihdin Uutiset	5.9.2019	Vihtiläiset, Länsi-Uusimaa	VHVSY:n tutkijan haastattelu rakennekalkista
KUITU-hankkeen viljelijätilaisuus	24.10.2019	Tuusulan alueen viljelijät	Esitys + kuiduista kertominen viljelijöille

Vesiensuojeluyhdistysten liiton jäsenlehti Aquarius	marraskuu 2019	Alueellisten vesiensuojeluyhdistysten jäsenet	Lehtiartikkeli VHVSY:n hankkeista
Pro Valkjärven syyskokous	14.11.2019	Järvien kunnostuksista kiinnostuneet	Esitys järven ulkoisen kuormituksen vähentämismenetelmät
Uutinen VHVSY:n hankkeista	22.11.2019	VHVSY:n jäsenistö ja sivuston seuraajat	Facebook
Hankkeen tuloksista tiedottaminen	joulukuu 2019	VHVSY:n sivuston seuraajat, viljelijät	Facebook, VHVSY:n verkkosivut
Viestejä Vantaanjoeltatiedote	23.12.2019	VHVSY:n jäsenistö, sidosryhmä ja alueen tiedotusvälineet	Sähköinen tiedote sähköpostijakelulla
Tiedote kevään tuloksista	1.6.2020	VHVSY:n jäsenistö, sidosryhmät ja alueen tiedotusvälineet	Sähköinen tiedote sähköpostijakelulla, facebook, nettisivut
Lehtiartikkeli hankkeen tuloksista	5.6.2020	Koko maan viljelijät	Maaseudun Tulevaisuus
Esitelmä RAKUVE-hankkeesta	9.10.2020	Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen hanketiimi	TEAMS-kokous
Maastopäivitys hankkeen töistä	13.10.2020	VHVSY:n jäsenistö ja sivuston seuraajat	Facebook
Tutkijoiden kirjoitus hankkeen tuloksista	19.10.2020	Vesitalouden ammattilaiset koko maassa	Vesitalous 5/2020
Tiedote hankkeen tuloksista	joulukuu 2020	VHVSY:n jäsenistö, sidosryhmät, viljelijät ja alueen tiedotusvälineet	Sähköinen tiedote sähköpostijakelulla, facebook, nettisivut

6. Hankkeen vaikuttavuus

Kalkkistabiloitu ravinnekuitu vähensi veden kiintoaine- ja fosforipitoisuutta sekä -kuormitusta savipelloilta. Kuitulohkoilta huuhtoutui neljän seurantajakson aikana yhteensä 461 kg/ha kiintoainesta ja kuiduttomilta lohkoilta 705 kg/ha. Keskimäärin kuitulohkoilta muodostui 35 % vähemmän kiintoainekuormitusta (liite 1). Kokonaisfosforia huuhtoutui kuitulohkoilta 31 % vähemmän (yhteensä 0,48 kg/ha) kuiduttomiin lohkoihin (yhteensä 0,7 kg/ha) verrattuna (liite 1). Tulokset ovat yhteneväisiä esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen Ravinnekuitu-hankkeen kanssa (Rasa ym. 2018 ja Rasa ym. 2020). Lisäksi saatiin viitteitä siitä, että kuitu vähensi myös orgaanisen hiilen pitoisuutta salaojavedessä suurimpien valumien aikana. Kalkkistabiloidulla kuidulla ei ollut vaikutusta salaojaveden pH:hon tai liukoisen fosforin pitoisuuteen.

Kuitulisäyksen seurauksena salaojaveden typpipitoisuus laski ensimmäisenä keväänä levityksen jälkeen, mutta kasvoi sen jälkeen kaksinkertaiseksi kuiduttomien lohkojen salaojavesiin verrattuna. Kuitulohkoilta huuhtoutui neljän seurantajakson (8 kk) aikana yhteensä 9 kg/ha nitraattityppeä ja kuiduttomilta lohkoilta 3 kg/ha. Keskimäärin kuitulohkoilta muodostui lähes kolme kertaa enemmän nitraattityppikuormitusta kuiduttomiin lohkoihin verrattuna. Kokonaistyppeä huuhtoutui kuitulohkoilta kaksi kertaa enemmän (yhteensä 10,6 kg/ha) kuiduttomiin lohkoihin (yhteensä 5,3 kg/ha) verrattuna (liite1).

Typpikuormitusta tarkastellessa on muistettava, että RAKUVE-hankkeessa salaojaveden typpipitoisuudet lohkoilta olivat kokonaisuudessaan alhaisia (alle 5 mg/l), vaikka seurantajaksot ajoittuivat hajakuormituksen kannalta pahimpiin syys- ja kevätsateiden aikoihin. Esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen PELTOKUITU-hankkeessa nollakuitu- ja ravinnekuitulisäykset laskivat laboratoriossa tehdyissä, kaksi kuukautta kestäneissä sadesimulaatioissa valumavesien nitraattityppipitoisuuksia tasolta 8-16 mg/l tasolle 2-4 mg/l (Korpinen ym. 2020).

Rakennekalkki vähensi tutkimusalueen peltoalueilla tapahtuvaa eroosiota ja fosforihuuhtoumaa merkittävästi. Kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin reduktio vaihteli neljän vuoden aikana 13–78 % välillä. Voimakkaimmillaan vaikutukset olivat vuosi levityksestä, jonka jälkeen teho hiipui vähitellen ja saavutti lähtötason keväällä 2020 noin 4,5 vuotta levityksen jälkeen. Tämä valuma-aluetasolla tehty tutkimus tukee aiempia rakennekalkin vaikutuksia koskevia tutkimuksia, joissa sen on havaittu vähentävän eroosiota ja fosforihuuhtoumaa. Vaikutusajan on arvioitu kestävän jopa kymmeniä vuosia, mutta tässä tutkimuksessa vaikutuksen todettiin heikkenevän paljon nopeammin.

Rakennekalkin levitystä ja muokkausta koskevassa ohjeistuksessa kannattaa korostaa levityshetken lämpötilaoloja sekä mahdollisimman nopeaa muokkausta. Näin vaikutus maan rakenteeseen sekä kiintoaine- ja fosforihuuhtoumiin todennäköisesti saavutetaan toivotunlaisena.

Molemmat menetelmät ovat lupaava lisä pelloilta huuhtoutuvan kiintoaineksen ja fosforikuorman vähentämiseksi. Hankkeessa saatiin arvokasta tietoa kuitu- ja rakennekalkkikäsittelyn vaikutuksista valumavesien kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksiin sekä kuormitukseen valuma-aluetasolla. Hankkeen perusteella voidaan suositella näiden maanparannusaineiden käyttöä pelloilla. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakennekalkin levitysajankohtaan ja riittävän nopeaan maahan muokkaukseen, jotta rakennekalkin kaikki hyödyt saadaan täysimääräisesti käyttöön. Kuidun vaikutuksia typpikuormitukseen tulee tutkia vielä lisää. Jos todetaan, että kuitu lisäisi yleisesti typpihuuhtoumaa, siihen tulee pyrkiä puuttumaan esimerkiksi kiinnittämällä erityistä huomiota typpilannoitukseen ja käyttämällä tehokkaita kerääjäkasveja.

Hankkeen myötä on jaettu tietoa kuitujen ja rakennekalkin vesistövaikutuksista. Esimerkiksi Saimaan vesiensuojeluyhdistyksellä on kiinnostusta aloittaa vastaavan tapainen kuituhanke omalla alueellaan.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Tämän hankkeen perusteella kalkkistabiloidun kuidun ja rakennekalkin lisäystä pelloille voidaan suositella vesiensuojelullisista näkökohdista. Ravinnekuidun kiintoaine- ja fosforikuormitusta vähentävä vaikutus kestää vähintään kaksi vuotta ja rakennekalkin vaikutus neljä vuotta. Rakennekalkin vaikutus voi kestää pidempäänkin, mikäli levitysolosuhteet ja muokkaus suoritetaan tarkasti ohjeistusta noudattaen. Nämä maanparannusaineet soveltuvat laajalti käytettäviksi pelloilla.

Tällä hetkellä kuidun käyttöön on mahdollista saada tukea ympäristökorvausjärjestelmän Ravinteiden ja orgaanisen aineksen kierrättäminen-kategoriasta. Toimenpiteen tavoitteena on lisätä ravinteiden kierrätystä kotieläin- ja kasvinviljelytilojen välillä ja parantaa maaperän rakennetta, kasvukuntoa ja mikrobiaktiivisuutta. Toimenpidettä voidaan toteuttaa korvauskelpoisilla pelloilla koko maassa ja se

on lohkokohtainen. Peltolohkolle lisätään ravinnepitoista orgaanista materiaalia, jonka orgaanisen aineksen pitoisuus (kuiva-ainepitoisuus) on vähintään 20 %. Käytettävät materiaalit voivat olla vain lannoitevalmistelain mukaisia orgaanisia lannoitteita, maanparannusaineita tai kasvualustoja tai toiselta tilalta hyötykäyttöön hankittua kuivalantaa. Viljelijän omalta tilalta peräisin oleva lanta, turve, olki, niittojäte tai vastaavat aineet eivät oikeuta korvaukseen. Lisättävän määrän on oltava vähintään 15 m^3/ha vuodessa ja viljelijän on valittava toimenpide tukikauden alussa.

Pääsääntöisesti ravinteiden kierrättäminen vähentää vesistökuormitusta sen myötä, että kokonaislannoitus pienenee, kun lannan tai muun orgaanisen aineksen ravinteita hyödynnetään kierrätyksen avulla kasvinviljelytiloilla ja väkilannoitteiden käyttö näin ollen vähenee. Toimenpiteen seurauksena lannan ravinteita ja orgaanista ainesta levitetään suuremmalle alalle. MYTTEHO-hankkeessa todettiin toimenpiteen vaikuttavan positiivisesti ravinnekuormitukseen sitä vähentäen (Hyvönen ym. 2020).

CAP-tukijärjestelmän uudistuessa kaudelle 2021-2027, on pohdittu mahdollisuutta siirtää tai lisätä maanparannusaineiden käyttö-toimenpide ns. vesiensuojelukategoriaan, jolloin viljelijä voisi hakea ja saada tukea tiettyjen vesiensuojelua edistävien maanparannusaineiden käytöstä pelloillaan. Tukea voisi mahdollisesti hakea myös kesken tukikauden. Kuidun käytöstä ei voi kuitenkaan saada tukea kahteen kertaan eri kategorioista.

Orgaanisen aineksen ja ravinteiden kierrätettävyyden kannalta kuidun käytön tukeminen olisi positiivinen asia ja tämän hankkeen tutkimustulosten perusteella myös vesiensuojelun kannalta kannatettavaa. Kuidun levitys ja käyttö eivät vaadi viljelijöiltä investointia uuteen tekniikkaan, vaan kuitua voidaan levittää kuivalannan levityskalustolla ja muokata maahan normaalilla kalustolla. Viljelijöiden mielenkiinto kuitua kohtaan riippuu olennaisesti muiden kuitua kokeilleiden viljelijöiden kokemuksista. Jos kuidun käyttö ja levitys koetaan helpoksi ja sillä on positiivisia vaikutuksia maan rakenteeseen, kasvukuntoon ja satoihin, viljelijöiden motivaatio kuidun levitykseen kasvaa. Kuitumateriaalin tunnettavuutta tulisi myös lisätä, sillä on mahdollista, että suuri osa viljelijöistä ei ole kuullut kuidusta ja sen käytöstä.

Viljelijöiden halukkuus ottaa kuitua vastaan pelloilleen riippuu myös kuidun hinnasta ja kuidun levitykselle maksettavasta tuesta. Tällä hetkellä metsäteollisuuden kuituja käsittelee Suomessa kaksi toimijaa (Soilfood ja Humuspehtoori). Viljelijälle muodostuvaan kuidun lopulliseen hintaan vaikuttavat myös kuljetuskustannukset. Mitä lähempänä viljelijän pellot ovat kuidun toimittajan toimipaikkoja, sitä alhaisemmalla hinnalla kuitua on mahdollista saada.

Ruotsissa rakennekalkista on katsottu saatavan niin suuri ympäristöhyöty, että sen levittämiskustannuksiin on saatavilla valtiontukea. Suomessa vastaavaa tuen mahdollisuutta ei ole. Koska rakennekalkitus hyödyttää viljelijää sadonlisäyksen kautta myös taloudellisesti, ei menetelmälle ole mahdollista saada yleishyödyllistä tukea.

8.Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Kalkkistabiloidun ravinnekuidun vaikutusaika kiintoaine- ja fosforihuuhtoumien vähentäjänä ei vielä tämän tutkimuksen aikana päättynyt, vaan vaikutukset olivat nähtävissä vielä kaksi vuotta peltolevityksen jälkeen. Mittauksia olisikin hyvä jatkaa vaikutusajan selvittämiseksi.

Rakennekalkin vaikutusaika sen sijaan näytti hiipuvan. Täysin selvää ei kuitenkaan ole mihin rakennekalkin vaikutukset eroosion ja fosforin huuhtoutumisen vähentämisessä perustuivat. Ilmeisesti vaikutukset syntyivät maan ionivahvuuden kasvun kautta rakennekalkin liuetessa maahan. Kun kalkki huuhtoutuu pelloilta pois tai syvemmälle maakerroksiin, vähenee myös sen vesiensuojelullinen vaikutus. Pitkäaikaisvaikutusten puuttuminen saattaa myös johtua levittämisen aikaisista olosuhteista ja osittain muokkausajan pitkittymisestä. Sitä miten nämä tekijät vaikuttavat Suomen olosuhteissa rakennekalkin tehoon vaativat lisää tutkimusta. Joka tapauksessa ohjeistus rakennekalkituksen toteuttamisesta kesällä tai heti sadonkorjuun jälkeen lämpimissä oloissa sekä muokkaaminen mahdollisimman nopeasti levityksen jälkeen ovat tekijöitä, joita ohjeistuksessa viljelijöille kannattaa voimakkaammin painottaa.

Myös rakennekalkin vaikutuksia erilaisilla savimailla tulisi tutkia lisää. Sen vaikutuksista esimerkiksi typen huuhtoumaan ei ole tietoa. Teoriassa voi olla mahdollista, että veden nopeampi poistuminen pellolta huuhtoo mukaansa enemmän nitraattityppeä. Nitraattitypen pääasiallinen reitti pelloilta vesistöön kulkee salaojien kautta.

Markkinoilla on tarjolla erilaisia rakennekalkkeja, joiden koostumus vaihtelee. Esimerkiksi reaktiivisen (poltettu ja sammutettu kalkki) kalkin osuus ja suositukset sen määrästä vaihtelevat. Mikä on riittävä määrä ja hyvä koostumus toivottujen rakennevaikutusten saavuttamiseksi?

Kuitujen hyödyt:

- Lisää orgaanista ainesta pellolle. Levitysmäärä 40 t/ha vastaa 7 t hiiltä/ha, joka vastaa noin 30 vuoden hiilihävikkiä.
- Orgaaninen aines parantaa maaperän vedenpidätyskykyä, mistä on hyötyä kuivina aikoina.
- Orgaanisen aineksen lisäys parantaa maamikrobien ja lierojen elinolosuhteita. Lierot voivat kaivaa maahan käytäviä, jotka parantavat maan vedenläpäisykykyä.
- Orgaaninen aines parantaa mikrobien aktiivisuutta. Mikrobit erittävät kuitua hajottaessaan liima-aineita, jotka parantavat maamurujen kestävyyttä. Tällä on positiivinen vaikutus maan rakenteeseen.
- Ravinnekuidulla voidaan korvata keinolannoitteita.
- Tutkimustulosten perusteella kuitujen avulla voidaan vähentää eroosiota ja kokonaisfosforin ja kiintoainekseen sitoutuneen fosforin huuhtoutumista.
- Sopii kaikenlaisille pelloille, tosin hyöty turvepelloilla jää vähäiseksi.
- Voidaan käyttää luomupelloilla.
- Voidaan levittää myös järvien valuma-alueille.

Huomioitavaa kuidun käytössä:

- Puukuitu sisältää pieniä määriä (< 0,6 mg/kg ka) puuperäistä kadmiumia, jota saa kertyä peltomaahan korkeintaan 1,5 g/ha/a, yhteensä 7,5 g/ha viiden vuoden jaksolla. Kuitua suositellaan lisättäväksi pellolle korkeintaan kerran viljelykierrossa eli noin viiden vuoden välein.
- Levitys suositellaan tehtäväksi syksyllä, nurmen lopetuksen yhteydessä tai ennen syyskasvin kylvöä. Kuitua voidaan levittää 30.10. saakka. Pellon tulee olla kuiva

maan tiivistymisriskin välttämiseksi.

- Kuitu tulee muokata maahan vuorokauden sisällä levityksestä. Kevytmuokkausta suositellaan.
- Mikrobit sitovat typpeä hajottaessaan maahan muokattua kuitua. Tämän takia kylvöä suositellaan tehtäväksi vasta kaksi viikkoa kuidun levityksen jälkeen.
- Kuitujen sisältämästä fosforista otetaan lannoituksessa huomioon 60 %.
- Kalkkistabiloitu kuitu nostaa maan pH:ta ja parantaa fosforin liukoisuutta, joten sen käyttöä korkean P-tilan maille tulee harkita tarkkaan. Toisaalta fosforin parantunut käyttökelpoisuus kasveille on etu matalan P-luvun mailla.
- Nitraattiasetuksen kokonaistyppirajoitus ei koske maanparannuskuituja.
- Levitysmäärä tarkistetaan viljeltävän kasvin liukoisen typen lannoitusmäärien mukaan. Syysviljoille sallitaan enintään 30 kg/ha liukoista typpeä ja syysöljykasveille 50 kg/ha. Syyskuun alusta alkaen sängelle levitettäessä suurin sallittu liukoisen typen määrä on 35 kg/ha.
- Vaikutus typen huuhtoutumiseen pitkällä aikavälillä on epävarma.

Rakennekalkin hyödyt:

- Rakennekalkki parantaa maan mururakennetta ja pellon vedenläpäisykykyä.
- Pintavalunta ja sen aiheuttama eroosio vähenevät
- Pellot kuivuvat nopeammin
- Maan rakenteen paraneminen helpottaa muokkautuvuutta ja todennäköisesti vähentää vetovastusta muokkausvaiheessa ja näin säästää polttoainetta
- Rakennekalkki nostaa maan pH:ta ja parantaa näin kasvien fosforin saantia
- Rakennekalkki parantaa satoa, kun maa-aines ja fosfori pysyvät pellossa

Huomioitavaa rakennekalkin käytössä:

- Rakennekalkki kannattaa levittää kesällä tai heti sadonkorjuun jälkeen lämpimissä ja kuivissa olosuhteissa toivotun rakennetta parantavan reaktion toteutumiseksi
- Se tulee muokata maahan mahdollisimman nopeasti (viimeistään 24–48 tunnin sisällä)
- Pellon pH ja rakennekalkin koostumus huomioitava levitysmäärässä
- Suurin rakennetta parantava hyöty saavutetaan tiivistyneillä mailla, joilla korkea savespitoisuus
- Rakennekalkin sisältämä poltettu ja sammutettu kalkki ovat hengitysteitä, silmiä ja ihoa ärsyttäviä yhdisteitä

9. Johtopäätökset

Mittausten perusteella pellolle vuonna 2018 levitetty kalkkistabiloitu ravinnekuitu vähensi salaojaveden kiintoaines- ja kokonaisfosforipitoisuutta sekä kuormitusta. Saatiin viitteitä myös siitä, että kuitu vähensi salaojaveden liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuutta korkeiden virtaamien aikana. Oletuksena on, että peltomaahan muokattu kuitu paransi maamurujen kestävyyttä, jolloin savihiukkasia ja niihin sitoutunutta fosforia irtosi vähemmän salaojaveden mukaan. Myös kuidun sisältämällä kalsiumilla on vaikutusta maamurujen kestävyyteen. Kuidun sisältämällä kalkilla ei ollut vaikutusta salaojaveden pH:hon tai liukoisen fosforin pitoisuuteen, kun pellon P-luku oli alhainen.

Kuitu vähensi ensimmäisenä keväänä levityksen jälkeen nitraattitypen ja kokonaistypen huuhtoutumista, mutta myöhemmin kuitulohkoilta huuhtoutui enemmän typpeä kuiduttomiin lohkoihin verrattuna. Kokonaisuudessaan määrät olivat pieniä. Vaikka typpi onkin vain harvoin Suomen sisävesissä levien kasvua rajoittavana minimiravinteena, jatkossa on tärkeää tutkia, kuinka kuitulevitys voitaisiin toteuttaa ilman typpikuormituksen kasvua. Erityistä huomiota täytyy kiinnittää typpilannoituksen määrään ja esimerkiksi tehokkaan kerääjäkasvin käyttöön.

Viisi vuotta sitten (2015) rakennekalkilla käsitellyiltä (levitysmäärä 3,5–8 tn/ha) peltolohkoilta huuhtoutui vähemmän kiintoainetta ja kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia, kuin vertailujaksolla 2013–2015. Kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin reduktio vaihteli neljän vuoden aikana 13–78 % välillä. Voimakkaimmillaan vaikutukset olivat vuosi levityksestä, jonka jälkeen teho hiipui vähitellen ja saavutti lähtötason keväällä 2020.

Talven ja kevään 2020 mittausjaksolla olosuhteet olivat hyvin kuormittavat ja valunta jatkui käytännössä läpi talven. Valuma-aluetason tutkimuksissa vaikuttavia tekijöitä on paljon ja tulosten hajonta eri vuosien välillä suurta. Tutkittaessa yksittäisen vesiensuojelutoimenpiteen vaikutuksia valuma-aluetasolla ”ennen toimenpidettä-toimenpiteen jälkeen” -asetelmalla tulisi mittauksia tehdä erilaisissa olosuhteissa useiden vuosien ajan ennen toimenpidettä ja sen jälkeen. Myös rakennekalkin vaikutusten tutkimista olisi ollut syytä vielä jatkaa, mutta mittaukset syksyllä 2020 lopetettiin kesken, kun peltojen viljelijä vaihtui yllättäen ja uusi viljelijä levitti rakennekalkituille pelloille lietelantaa.

Lannan levitys näkyi mittauksissa korkeana ravinnepiikkinä ja sen arveltiin lisänneen mittausjakson aikaista fosforikuormaa lähes 50 %. Käytännössä lannanlevityksen seurauksena fosforihuuhtouma pelto-ojaan kasvoi kolmen viikon aikana siten, että se vastasi noin 20–30 % rakennekalkilla reilussa neljässä vuodessa saavutetusta fosforihuuhtouman vähenemästä. Lannan levitys katkaisi rakennekalkin vaikutuksia tutkineen aikasarjan.

Hankkeessa saatujen tulosten perusteella rakennekalkin vaikutukset näkyvät maaperässä noin kolmen vuoden ajan, jonka jälkeen vaikutus alkaa vähentyä. Johtoluku ja pH olivat suurimmillaan vuosi levityksen jälkeen ja vaikutukset maahan vaihtelivat levitetyn määrän mukaan. Levitettävä määrä säädettiin maan pH:n mukaan. Vaikutukset näkyivät selvemmin muokkauskerroksessa, mutta myös syvemmällä maakerroksessa vastaavat muutokset havaittiin viiveellä.

Rakennekalkin levitys ja muokkaus tulisi nykyisten ohjeiden mukaan tehdä kesällä tai heti sadonkorjuun jälkeen, jolloin lämpötilat ovat maassa tapahtuville reaktioille suotuisat. Muokkaus suositellaan Ruotsissa tehtävän mahdollisimman nopeasti ja viimeistään 24 tunnin sisällä. Tässä tutkimuksessa rakennekalkki levitettiin muutaman asteen lämpötilassa syyskuussa ja muokkaus tehtiin koko levitysalalla 48 tunnin sisällä. Tällä saattaa olla merkitystä siihen, että rakennekalkin vesiensuojelulliset vaikutukset näyttivät loppuvan 4,5 vuotta levityksen jälkeen. Pitkäaikaisiä maan rakennetta parantavia ja fosforihuuhtoumia vähentäviä vaikutuksia ei siis tässä tapauksessa olisi saavutettu.

Tämän hankkeen perusteella kalkkistabiloidun kuidun ja rakennekalkin lisäystä pelloille voidaan suositella vesiensuojelullisista näkökohdista. Ravinnekuidun kiintoaine- ja fosforikuormitusta vähentävä vaikutus kestää vähintään kaksi vuotta ja rakennekalkin vaikutus neljä vuotta. Rakennekalkin vaikutus voi kestää pidempäänkin, mikäli levitysolosuhteet ja muokkaus suoritetaan tarkasti ohjeistusta noudattaen. Nämä maanparannusaineet soveltuvat laajalti käytettäviksi pelloilla.

10. Lähdeluettelo

Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974-2009. Global Change Biology, 19, 1456-1469.

Hoffmann, M. & Ellström, S.W. 1993. Växtnäringsförluster från JRK:s stationsnät 1993. Naturvårdsverket, Rapport 4362. 10 s.

Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. 2020. Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO): loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 76 s.

Korpinen, R., Niemeläinen, O., Palojärvi, A. ja Kapuinen, P. Kuitulietteen ja ravinnekuidun typensidontapotentiaalin optimointi maamonoliittikokeilla. Maataloustieteen päivät 8.-9.1.2020.

https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2020/01/Kuitulietteen-ja-ravinnekuidun-typensidontapotentiaalin-optimointi-maamonoliittikokeilla-MTTP-2020.pdf

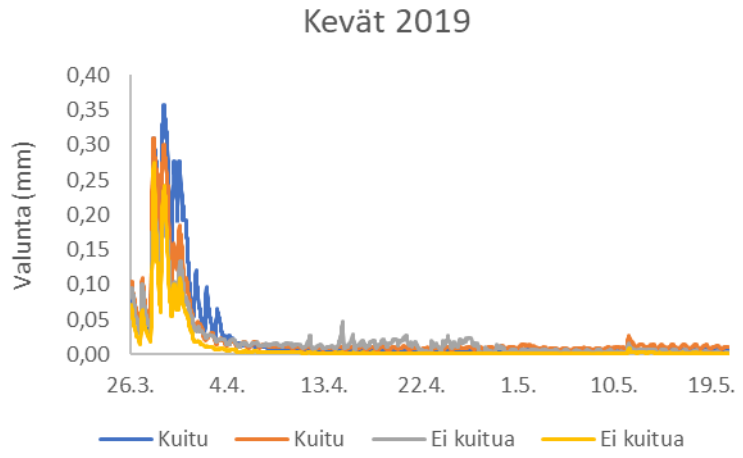
Peltovuori, T. 2000. Salaojavalunnan liukoisen fosforin pitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä. s. 41-60 Teoksessa: Vakkilainen, P. (toim.) Peltoviljelyn ravinnehuuhtoumien vöhentäminen pellon vesitaloutta säätämällä. Loppuraportti. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote nro 25. 104 s.

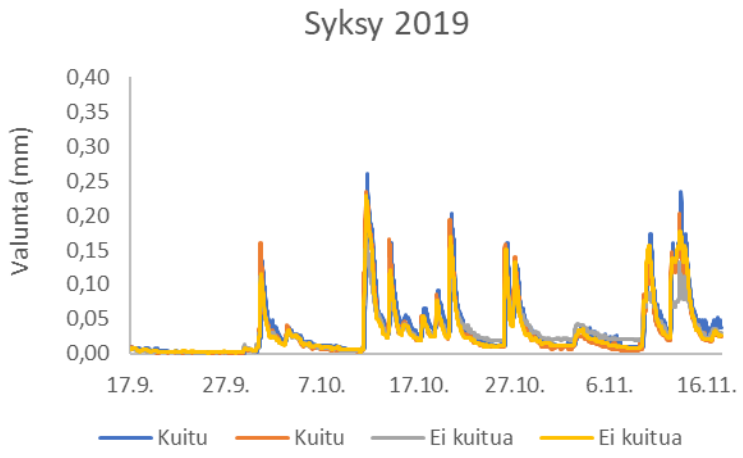
Rasa, K., Uusitalo, R. & Joona, J. 2018. New sustainable products from the solid side streams of the chemical pulp mills. Poster presentation at European Sustainable Phosphorus Conference 11.-13.6.2018 Helsinki.

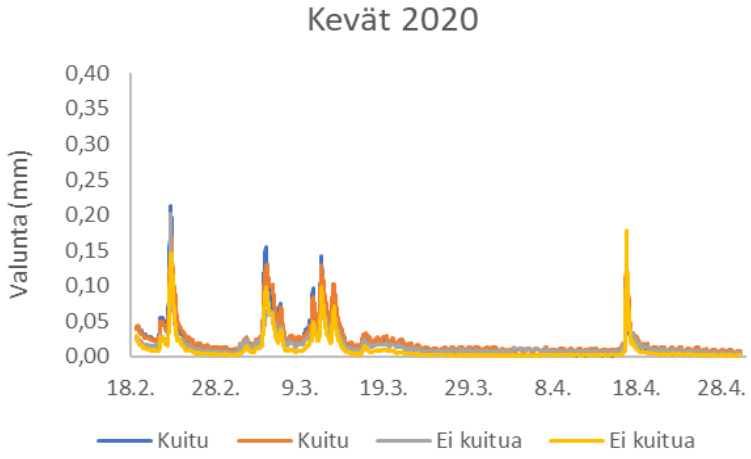
Rasa, K., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Kaseva, J., Joona, J. & Uusitalo, R. 2020. Pulp and paper mill sludges decrease soil erodibility. Journal of Environmental Quality 1-13. https://doi.org/10.1002/jeq2.20170

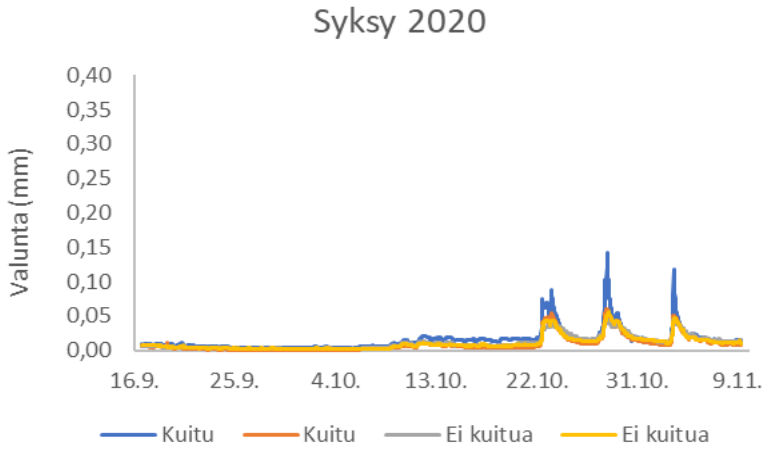
Soinne, H., Hyväluoma, J., Ketoja, E. & Turtola, E. 2016. Relative importance of organic carbon, land use and moisture conditions for the aggregate stability of post-glacial clay soils. Soil Tillage Research 158, 1-9.

Salaojavalunta Röylän pelloilta

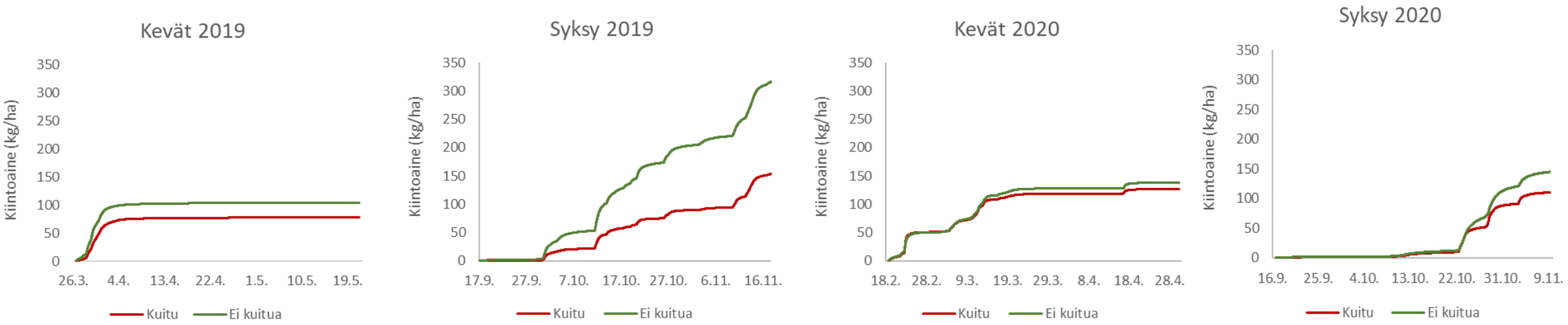








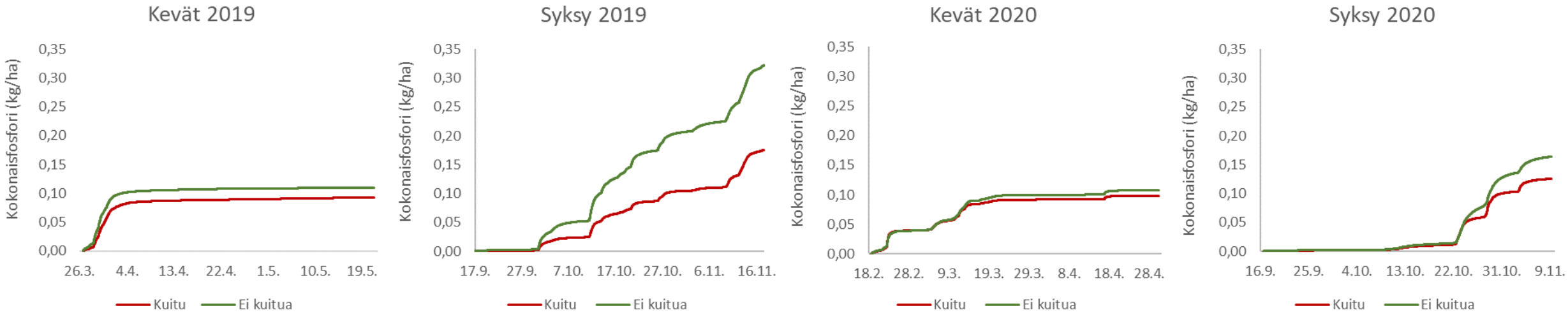
Kiintoainekuormitus Röylän pelloilta



Kuitulohkoilta huuhtoutui neljän seurantajakson aikana yhteensä 461 kg/ha kiintoainesta ja kuiduttomilta lohkoilta 705 kg/ha.

Keskimäärin kuitulohkoilta muodostui 35 % vähemmän kiintoainekuormitusta.

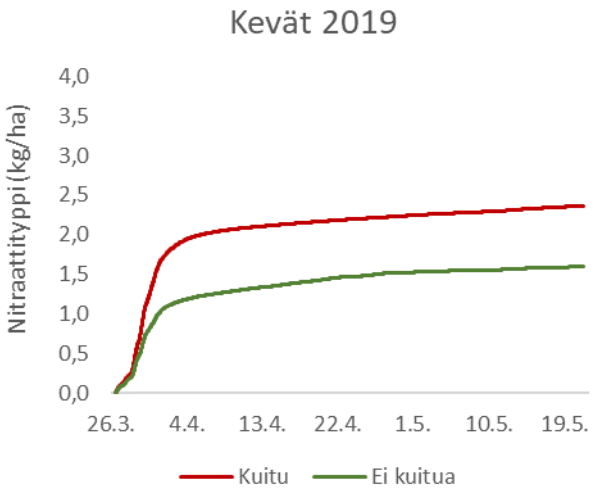
Kokonaisfosforikuormitus Röylän pelloilta

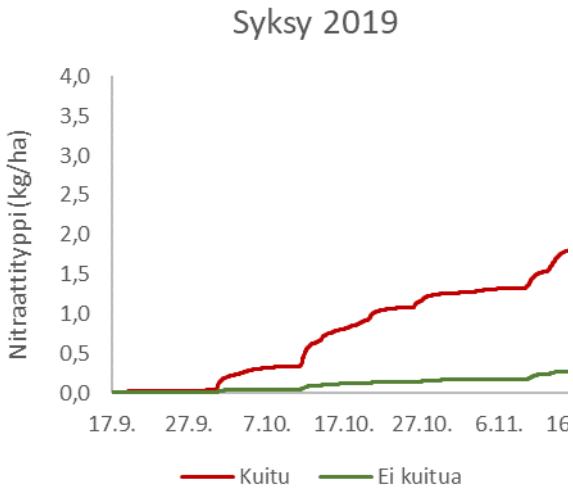


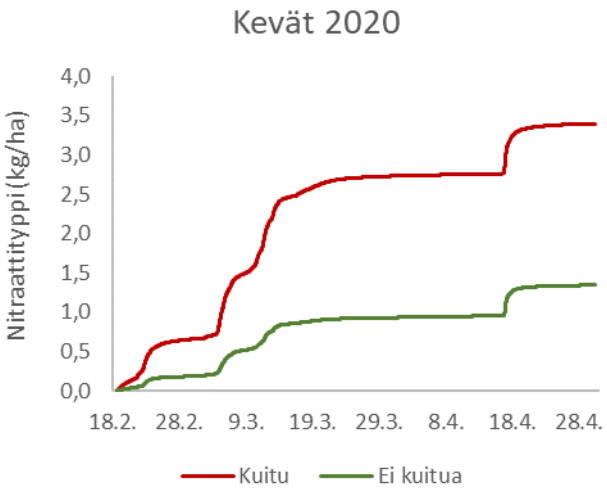
Neljän seurantajakson aikana kuitulohkoilta huuhtoutui yhteensä 0,48 kg/ha ja kuiduttomilta lohkoilta yhteensä 0,7 kg/ha kokonaisfosforia.

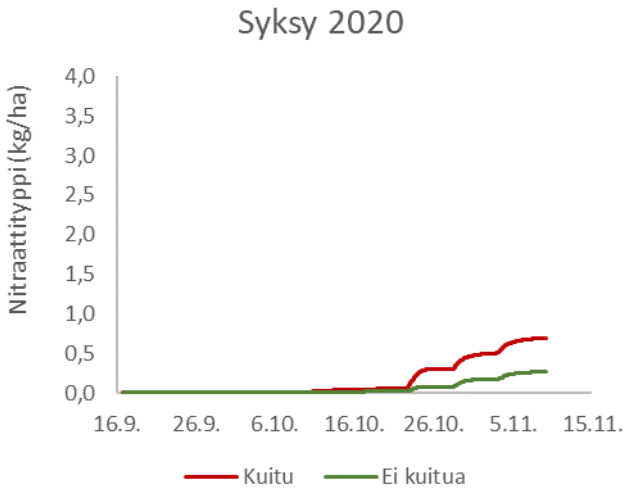
Keskimäärin kuitulohkoilta muodostui 31 % vähemmän kokonaisfosforikuormitusta.

Nitraattityppikuormitus Röylän pelloilta





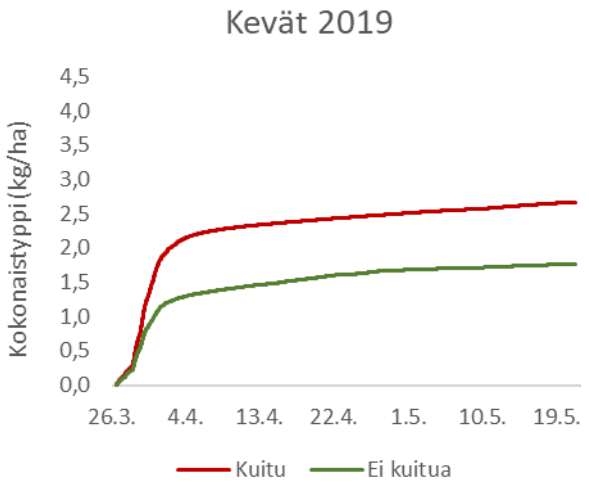


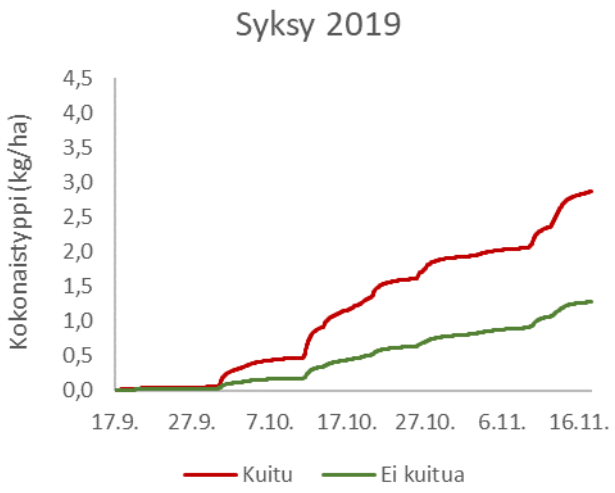


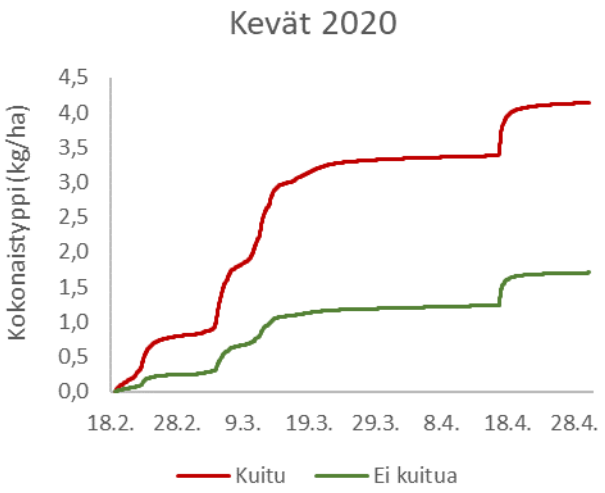
Kuitulohkoilta huuhtoutui neljän seurantajakson aikana yhteensä 9 kg/ha nitraattityppeä ja kuiduttomilta lohkoilta 3 kg/ha.

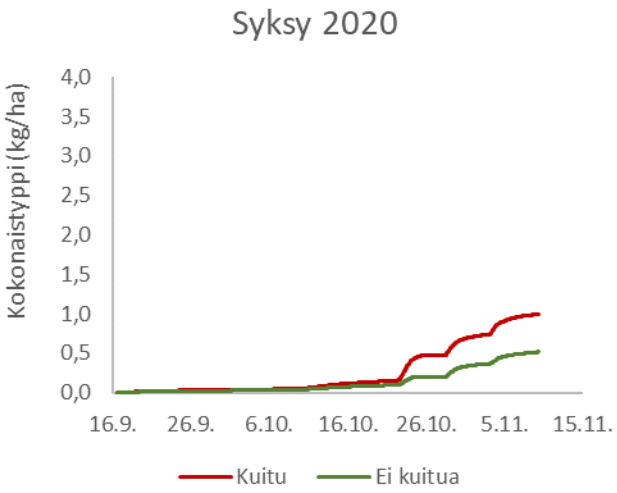
Keskimäärin kuitulohkoilta muodostui lähes kolme kertaa enemmän nitraattityppikuormitusta kuiduttomiin lohkoihin verrattuna.

Kokonaistyppikuormitus Röylän pelloilta









Kokonaistyppeä huuhtoutui kuitulohkoilta kaksi kertaa enemmän (yhteensä 10,6 kg/ha) kuiduttomiin lohkoihin (yhteensä 5,3 kg/ha) verrattuna.

Rakennekalkki ja ravinnekuitu – vaikutukset maatalouden vesiensuojelutoimina.
RAKUVE-hankkeen loppuraportti.

Ympäristöministeriön rahoittamassa RAKUVE-hankkeessa selvitettiin pellolle levitettyjen rakennekalkin ja kalkkistabiloidun ravinnekuidun vaikutuksia eroosioon ja ravinnehuuhtoumiin. 2-4 vuotta levityksen jälkeen. Tietoa erilaisten viljelijälle hyödyllisten maanparannusaineiden vesistövaikutuksista tarvitaan, jotta ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvien sateiden ja leutojen talvien aikaista kuormitusta voidaan tehokkaasti vähentää.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry
Ratamestarinkatu 7 B, 3. krs, 00520 Helsinki
vhvsy@vantaanjoki.fi
www.vantaanjoki.fi