

Ympäristöministeriön Raki-ohjelman hanke

Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi syksystä seuraavalle kasvukaudelle (Peltokuitu)

Projektikoodi OH350-S43200-02

Kesto: 18.10.2018–31.12.2020

Luonnonvarakeskus (Luke)

Tampereen kaupunki

Ammattiopisto Livia

Loppuraportti

31.12.2020

Petri Kapuinen¹, Risto Korpinen¹, Ansa Palojärvi¹ ja Oiva Niemeläinen¹

¹Luke

Jakelu, 31.12.2020

Sisällys

1.	Tiivistelmä	1
2.	Hankkeen tausta ja tavoitteet	2
2.1.	Tausta	2
2.2	Tavoitteet	12
3.	Hankkeen osapuolet ja menetelmät	12
3.1.	Osapuolet	12
3.2.	Menetelmät	13
3.2.1.	Laboratoriokokeet	13
3.2.2.	Maamonoliittikokeet	14
3.2.3.	Kenttäkokeet	17
3.2.4.	Levitykseen sopivien peltoalojen määrittäminen	33
3.2.5.	Demonstraatiot ja viestintä	34
4.	Hankkeen tulokset	35
4.1.	Laboratoriokokeet	35
4.2.	Maamonoliittikokeet	42
4.3.	Kenttäkokeet	49
4.4.	Selvitys metsäteollisuuden lietteiden vastaanottoon sopivista peltoaloista	86
5.	Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	92
6.	Viestinnän toteutuminen ja tulokset	93
6.1.	Ydinviestit	93
6.2.	Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu ja kohderyhmät	93
6.3.	Demonstraatioiden toteutus	94
6.3.1.	Kuitujen käytön demonstraatio Jokioisilla Elonkierto –esittelypuistossa	94
6.3.2.	Kuitujen käytön demonstraatio Inkoon Västankvarnissa	95
6.3.3.	Kuitujen käytön demonstraatio Hämeenkyrössä Osarassa	95
6.3.4.	Tulokset demonstraatioista	96
6.4.	Viestinnän toteutus	99
6.5.	Arvio viestinnän onnistumisesta ja viestintäsuunnitelman toteutumisesta	100
7.	Tulosten käytettävyys ja hyödyntäminen	100
8.	Talousraportti	101
9.	Suosituksien tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	102
10.	Johtopäätökset /Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista	102
	Kirjallisuus	103
	Liite 1. Lielahden kuitulietteen kemiallisen typensidontapotentiaalin määrittäminen laboratorioissa	107
	Liite 2. Kenttäkokeessa käytetyn Humuspehtoorin kuitulietteen tuoteseloste	108

Liite 3. Kenttä- ja maamonoliittikokeissa käytetyn Soilfoodin ravinnekuidun tuoteseloste.....	109
Liite 4. Vehnän vastaanottovaatimukset ja laatuhinnoittelu (Raisio Oyj)	110

1. Tiivistelmä

Hankkeessa on selvitetty metsäteollisuuden sivutuotteena syntyvän kuitulietteen ja sekalietteestä valmistetun ravinnekuidun käyttöä maataloudessa maanparannusaineena syksyllä sadonkorjuun jälkeen levitettynä tarkoituksena sitoa pellossa silloin jäljellä oleva tai sinne mineralisoituva liukoinen typpi siten, että se on seuraava vuoden kasvin käytettävissä eikä kuitenkaan sido seuraavana keväänä käytettävän lannoitteen typpeä. Hankkeessa käytettiin metsäteollisuudessa syntyvää tuotetta kuitulietettä ja Tampereen Lielahden pohjaan viime vuosisadan alkupuolella kertynyttä kuitulietteenä tuotteistettavissa olevaa sedimenttiä, joka on peräisin siellä toimineesta selluteollisuudesta. Käytetty ravinnekuitu oli valmistettu kalkkistabiloimalla. Kuitujen käytön vaikutusta maaperän typen sitomiseen verrattiin alus- ja kerääjäkasvien käytön vastaavaan. Hankkeen ydintoiminta-alueena oli Lounais-Suomi, jossa näiden sivutuotteiden synty keskittyy Tampereen ja Lohjan seudulle. Hankkeessa on tehty käyttökohdekartoitusta, laboratoriokokeita, kenttäkokeita tutkimusympäristössä ja demonstraatioita tutkimus- ja opetustiloilla sekä Elonkierto Maatalouden esittelypuistossa. Hankkeen tuloksia esitellään hankkeen sivustolla: www.luke.fi/peltokuitu. COVID-19 -epidemia häiritsi merkittävästi suunniteltuja viestintätoimia mutta ei vaikuttanut kenttäkoetoimintaan eikä laboratoriotutkimuksiin.

Hankkeen tulosten mukaan kuidut vähentävät tehokkaasti nitraatin huuhtoutumista syksyn, talven ja alkukevään aikana mutta suurina annoksina alentavat seuraavan vuoden satoa. Hankkeessa pystyttiin määrittämään oikea kuitujen käyttö määrä, joka on kompromissi niiden vaikutuksesta satoon ja nitraattitypen huuhtoutumiseen. Sopiva määrä on noin 4 t org. C ha⁻¹. Erityisesti ravinnekuidun käyttö määrää rajoittaa sen sisältämät haitalliset metallit. Suositellun ravinnekuituannoksen voi käytännössä levittää vain joka neljäs vuosi, kuitulieteanneksen joka toinen. Ravinnekuidun annosta syksyllä rajoittaa myös sen sisältämä liukoinen typpi. Käytännössä senkin huomioon ottaminen johtaa samaan suositeltuun annokseen.

Kuiduilla voidaan tehokkaasti vähentää nitraatin huuhtoutumista, mutta mitään suoranaista taloudellista hyötyä niistä ei ollut viljelijälle esimerkiksi suurempina satoina normaalina kasvukautena. Poikkeuksellisissa sääolosuhteissa kesällä 2020 niillä saavutettiin kuitenkin pieni sadonlisä edellisenä syksynä lisätystä kuiduista. Samalla kuitenkin kuidut alensivat sadon valkuaispitoisuutta, joten matalallakin satotasolla suuret kuituannokset aiheuttivat typenpuutetta, joka ei näkynyt sadossa siihen nähden suuren typpilannoituksen takia. Toisena vuonna kuitujen levittämisen jälkeen ei kuiduilla enää ollut vaikutusta satoon suurinakaan määrinä, mutta niiden vaikutus näkyi edelleen valkuaispitoisuudessa. Normaalina kasvukautena kuitujen käyttö saattaisivat näkyä satoa alentavana myös toisena kasvukautena kuitujen levittämisen jälkeen määrän ollessa suuri. Kokonaisuuksena sato ei ollut laadullisesti markkinakelpoista, joten hyöty pienestä sadonlisästä oli kyseenalainen.

Satohyötyjen puuttumisen takia kuitujen käytön lisääntyminen vaatii, että siitä maksetaan nykyistä suurempaa tukea. Nykyinen tuki 40 € ha⁻¹ levitysmäärän ollessa vähintään 15 m³ ha⁻¹ eli 2,66 € m⁻³, ei kata kustannuksia. Tuen pitäisi kattaa kustannukset ja lisäksi siinä pitäisi olla jonkinlainen kannustinlisä. Tällä tavalla maanparannuskäytön osuus saataisiin kasvamaan nykyisestä alle 10 %:sta selvästi. Lisäksi on otettava huomioon se, että syksyllä levitetyn ravinnekuidun mukana suositeltuna annoksen tulee jopa 35 kg ha⁻¹ liukoista typpeä, joka pitää vähentää kevään lannoituksesta ilman, että syksyllä annetulla typellä on satovastetta seuraavana kasvukautena. Näin suuri vähennys kevätlannoituksessa tuottaa merkittävän sadonalennuksen. Jos tätä kohtaa ei muuteta ns. nitraattiasetuksessa (VNa 2014), ravinnekuitujen käyttö ei lisäännä. Potentiaalisia käyttökohteita, joissa kuitujen käytöstä olisi hyötyä nitraattitypen huuhtoutumisen vähentämisessä, on tämän hankkeen tulosten perusteella selvästi enemmän kuin kuituja syntyy, joten on oletettavaa, että maanparannuskäytön osuus kasvaisi lähelle 100 %, jos niiden käyttö olisi viljelijöille taloudellisesti mielekäästä. Tuen rakenteessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että se ei valu viljelijän kuidusta maksamiin hintoihin, jolloin sillä ei olisi kuitujen käyttöä lisäävää vaikutusta. Vaikka viljelijät eivät välttämättä tätä tunnistaakaan, nykyinen tuki-instrumentti ohjaa käyttämään kuituja 15 m³ vuodessa suositellun annoksen sijasta mutta joka vuosi. 15 m³ ha⁻¹ on noin 1 t org. C ha⁻¹. Tämä tutkimus ei anna suoraa vastatusta tällaisen käyttötavan vaikutuksiin ensimmäistä levityskertaa lukuun ottamatta, jolloin näin pieni annos ei ollut kovin tehokas nitraatin huuhtoutumisen vähentämisessä. Pienen annoksen lisääminen vuosittain on selvittämisen arvoinen asia, mutta se vaatii noin viiden vuoden hankkeen.

Hankkeessa käytetyn järvisedimentin elohopeapitoisuus oli korkea, mutta kuitenkin lannoitevalmistelainsäädännön sallimissa rajoissa rimaa hipoen. Vaikka elohopeakuormitusta ei kuitulietteen osalta seurata, tällaisen sedimentin käyttö maanparannusaineena muodostaisi huomattavan elohopeakuormituksen. Lielahden sedimentin elohopeapitoisuus liittyy nimenomaisesti siellä käytetyn valkaisukemikaalin valmistuksessa käytettyyn teknologiaan, joten kaikissa sedimenteissä, joita Suomessa on noin 10 kohteessa, elohopeapitoisuus ei

välttämättä ole korkea. Lielahden sedimentin haitallisten metallien pitoisuudet olivat muilta osin samalla tasolla kuin tuoreiden kuitulietteiden. Se sopisi ehkä paremmin johonkin muuhun maanparannuskäyttöön kuin elintarviketuotannossa oleville pelloille. Kenttäkokeiden tulosten perusteella se käyttäytyi kuitenkin varsin samalla tavalla kuin tuore kuitulietekin, joten sillä saadut tulokset laboratoriokokeissa ja ensimmäisenä kenttäkoevuotena pätevät myös tuoreeseen kuitulietteeeseen.

Peltokuitu-hanke sai rahoitusta Ympäristöministeriön Ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskevasta -ohjelmasta (Raki).

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

2.1. Tausta

Metsäteollisuus, siinä syntyneet ja syntyvät lietteet ja niiden lannoitevalmistekäyttö

Metsäteollisuus eli puunjalostusteollisuus käsittää massa- ja paperiteollisuuden ja puutuoteteollisuuden. Ensin mainittuun kuuluvat sellun ja mekaanisen massan valmistus sekä paperin ja kartongin valmistus, jonka sivutuotteita tässä hankkeessa on hyödynnetty lannoitevalmisteenä. Massa- ja paperiteollisuudessa muodostuu lietteitä jatkuvasti, mutta niitä on myös kertyneenä vesistöjen pohjissa ajalta, jolloin niitä laskettiin suoraan vesistöihin. Tällaisia paikkoja ovat mm. Lielähti Tampereella ja useat kohteet Päijänteellä. Lielähteen lietteitä laskettiin aina 50-luvulle saakka (Salo ja Huttunen 2015). Silloinen G.A. Serlachius Oy lopetti liukosellutehtaan 20.6.1985 (Krogerus 1988). Siihen saakka tehtaan päätuote oli happamalla kalsiumbisulfiittimenetelmällä valmistettu ja klooripohjaisesti valkaistu liukosellu. Tässä menetelmässä hemiselluloosa liuotetaan pois ennen keittoa (<https://fi.wikipedia.org/wiki/Liukoselluloosa>). Valkaisuun käytetty lipeä sisälsi epäpuhtautena elohopeaa, joka päätyi vesistöön (Myller 2015). Päästön suuruudeksi arvioitiin vuonna 1974 1,5 kg vuodessa ja olleen aikaisemmin suurempi (Krogerus 1988). Tämä selittää Lielähteen sedimentoituneen nollakuidun elohopeapitoisuuden, joka hipoo lannoitevalmistelainsäädännön (MMM 2011) sallimaa pitoisuutta, 1,0 mg kg⁻¹ kuiva-ainetta (ka) lannoitevalmisteissa.

Metsäteollisuuden lietteiden määrä vuonna 2012 oli 518 000 t ka (Apilagroup 2013). Lielahden pohjaan arvioidaan kertyneen 150 000 tonnia nollakuitua eli kuitulietettä kuiva-aineena. Kerroksen paksuus on enimmillään 11 metriä jopa 500 – 700 metrin etäisyydelle padosta noin 9 hehtaarin alueella (Salo ja Huttunen 2015). Vain 7,5 % (2012) mahdollisesti lannoitekäyttöön soveltuvista metsäteollisuuden sivuvirroista päätyy lannoitevalmistemarkkinoille (taulukko 1) (Apilagroup 2013). Lohiniva ym. (2001) arvioivat, että yli 70 % metsäteollisuuden puhdistamolietteestä hyödynnetään energiana.

Taulukko 1. Massa- ja paperitehtaiden sivuvirtojen määrät märkätonneina ja lannoitevalmistekäyttö vuonna 2012 (Apilagroup 2013).

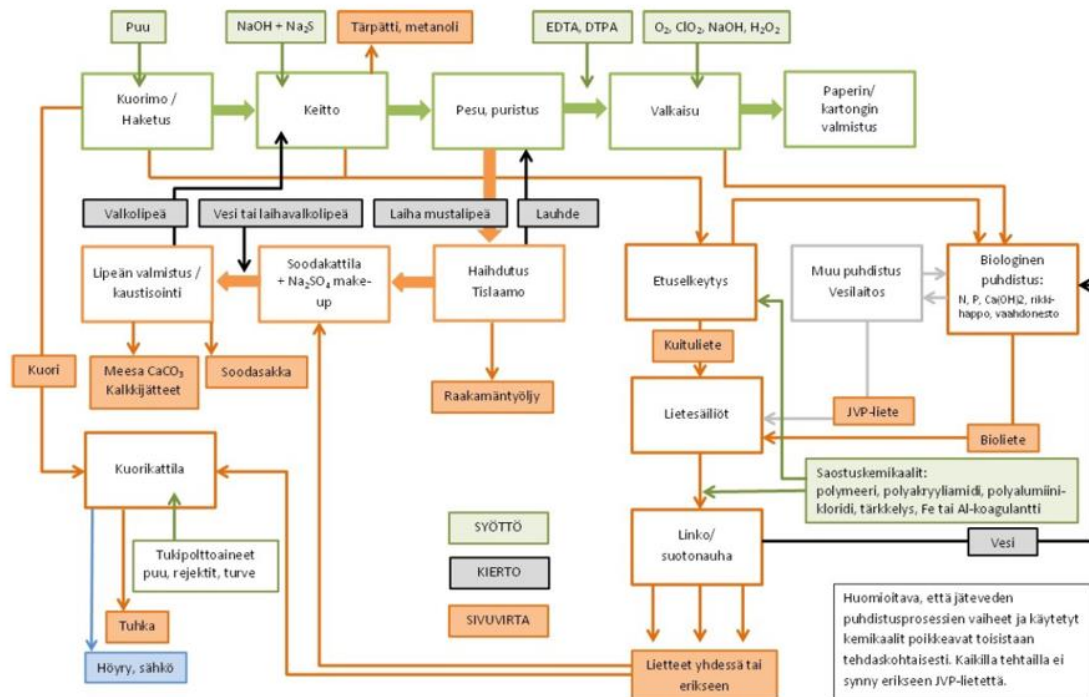
	Kosteus *	Kaikki t	Lannoituskäyttö	
	%		t	%
Kuorijäte, kuorihiekka		8 457	0	0 %
Soodasakka	57 - 68	87 696	0	0 %
Meesa, kalkkijätteet	44	32 072	3 861	12 %
Kuitu- ja pastaliete	45 - 55	127 935	6 978	5 %
Pasta		104 830	0	0 %
Bio-, jvp- ja sekaliete	60 - 75	627 308	53 934	9 %
Siistausliete, kuitusavi	45 - 55	274 882	0	0 %
Tuhka	0 - 10	225 049	46 589	21 %
Yhteensä		1 488 230	111 361	7,5 %

* Tyypillisiä kosteuspitoisuuksia; tietoa ei toimitettu kaikkien erien osalta

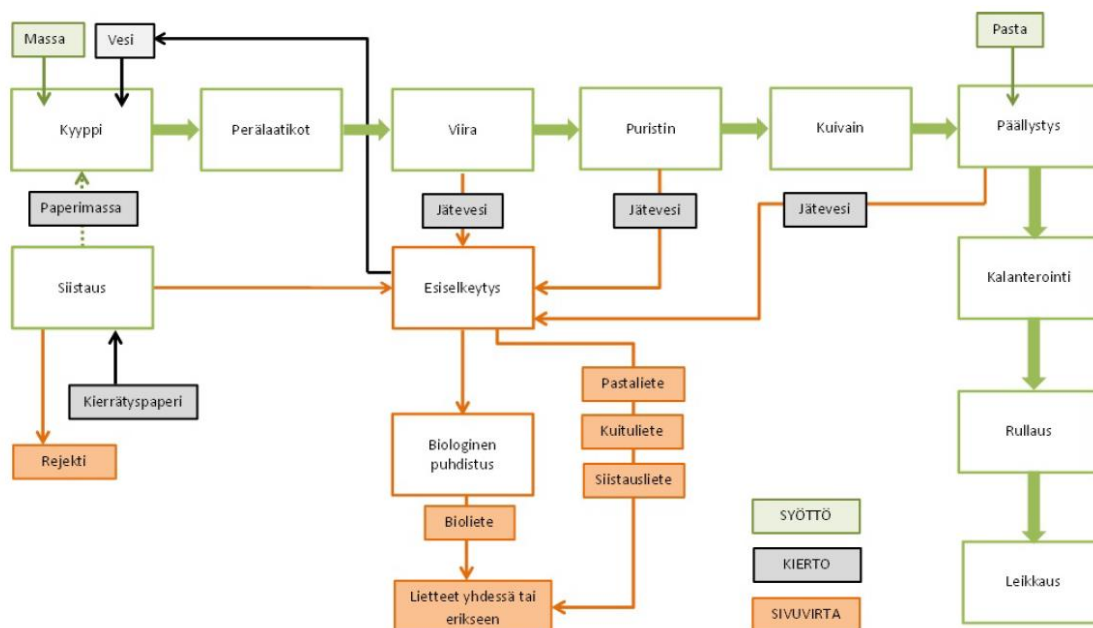
Kuitulietteen (kuituliete- ja pastaliete) määrä oli 2012 noin 128 000 tonnia ja ravinnekuitujen raaka-aineeksi sopivien sivuvirtojen (bio-, jvp ja sekalietteen) noin 627 000 tonnia. Kuiva-aineena kuitulietteen määrä oli noin 64 000 tonnia ja ravinnekuidun raaka-aineen noin 204 000 tonnia. Näistä jälkimmäinen on siten merkittävämpi. Kummankin lannoitevalmisteen käyttöosuutta voitaisiin lisätä huomattavasti. Näistä kuituliete soveltuu

nimenomaisesti ravinteiden, erityisesti typen sitomiseen. Sekaliete koostuu kuituliitteestä ja prosessivesien biologisesta puhdistuksesta erotettavasta bakteerimassasta. Sekalieteissä itsessään on merkittävä määrä ravinteita, ja ne soveltuvat maanparannusaineiden raaka-aineeksi yleisessä mielessä. Tässä hankkeessa ei selvitetty muiden taulukossa 1 esitettyjen sivuvirtojen maatalouskäyttöä.

Kuvassa 1 voidaan todeta kuitu- ja biolietteiden syntymiskohdat sulfaattisellun valmistusprosessissa, jolla suurin osa maailman sellusta valmistetaan. Perusprosessi on kaikissa tehtaissa periaatteessa samanlainen, mutta jätevesien ja sivuvirtojen käsittelyn eroavaisuudet voivat vaikuttaa niiden määrään ja laatuun. Suurin osa kuituliitteestä syntyy kuitenkin paperin tai kartongin valmistusprosessissa, joka esitetään kuvassa 2.



Kuva 1. Sulfaattisellun valmistusprosessi (Apilagroup 2013).



Kuva 2. Paperin tai kartongin valmistusprosessi (Apilagroup 2013).

Kuvasta 2 selviää kuitulietteen syntykohta paperin tai kartongin valmistuksessa. Tähän valmistusprosessiin 'Massa' tulee kuvan 1 kohdasta 'Paperin ja kartongin valmistus'.

Kuituliete syntyy pääosin paperin ja kartongin valmistuksen esiselkeytyksessä (kuva 2) mutta myös sellunvalmistuksessa (kuva 1) ja bioliete biologisessa puhdistuksessa pääosin sellun valmistuksessa (kuva 1) mutta myös paperin ja kartongin valmistuksen jätevesien biologisessa puhdistuksessa (kuva 2). Lietteisiin saatetaan lisätä jätevedenpuhdistamon lietettä (JVP-liete). Bioliete ja jätevedenpuhdistamon lietettä voi olla korkeintaan 3 % kuituliete-tyyppinimeen kuuluvassa lietteessä, koska sen verran maanparannusaineiden raaka-ainekoostumus voi poiketa sallituista raaka-aineista (MMM 2011). Lannoitevalmistelainsäädännön (MMM 2011) näkökulmasta kummatkin ovat samanarvoisia, mutta luomukelpoisuuden näkökulmasta bioliete on sallittu raaka-aine, mutta saniteettivesien käsittelystä peräisin olevat jätevesipuhdistamolietteet eivät. Ensin mainittu hyväksytään luomutuotannossa, jälkimmäisiä ei. Primäärikuidun, biolietteen ja jätevedenpuhdistamon lietteiden seokset ovat sekalietteitä, jotka jälkimmäisten osuuden ylittäessä 3 % kuuluvat lannoitevalmistelainsäädännön (MMM 2011) näkökulmasta ravinnekuiduksi jalostettuna johonkin muuhun tyyppinimeen. Sellaisia ovat mm. orgaanisten maanparannusaineiden tyyppinimiryhmän tyyppinimet: maanparannuskomposti (3A2, 1), tuorekomposti (3A2, 3), hapotettu ja stabiloitu puhdistamoliete (3A2, 6), maanparannuslahote (3A2, 7), parannettu kuituliete (3A2, 8) sekä maanparannusaineena sellaisenaan käytettävien sivutuotteiden tuotenimiryhmän tyyppinimet: kalkkistabiloitu puhdistamoliete (3A5,1), lahotettu puhdistamoliete (3A5, 3) ja kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (3A5,7) (Apilagroup 2014). Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävien sivutuotteiden tyyppinimiryhmään kuuluvia lannoitevalmisteita koskee lannoitevalmisteasetuksen (MMM 2011) 11a §:n lisävaatimukset, jos metsäteollisuuden biolietteiden tai jätevedenpuhdistamon lietteiden osuus raaka-aineista on yli 10 %. Ravinnekuidut ovat tällaisia.

Vesistöjen pohjaan kertyneet nollakuitumassa

Hiedanranta sijaitsee Lielahden rannalla Tampereen keskustan länsipuolella 5 km kaupungin keskustasta. Se on entistä M-real Oyj:n teollisuusalueutta mutta nykyisin Tampereen kaupungin omistuksessa. Lielahden pohjassa on kertyneenä nollakuitua noin 1,5 miljoonaa kuutiometriä vastaten 150 000 tonnia kuiva-ainetta. Se vastaa noin 1,5 vuoden nollakuidun tuotantoa vuoden 2012 määrillä (taulukko 1).

Ramboll Oy on tutkinut sen koostumuksen varsin perusteellisesti Tampereen kaupungin teettämässä selvityksessä (Autiola ja Holopainen 2016). Kerrostuman paksuimmalla alueella on sen päällä noin 2 metriä ja sen reunalla ulapalle päin noin 7 metriä vettä. Enimmillään kerrostuman paksuus on yli 10 metriä (kuva 3).



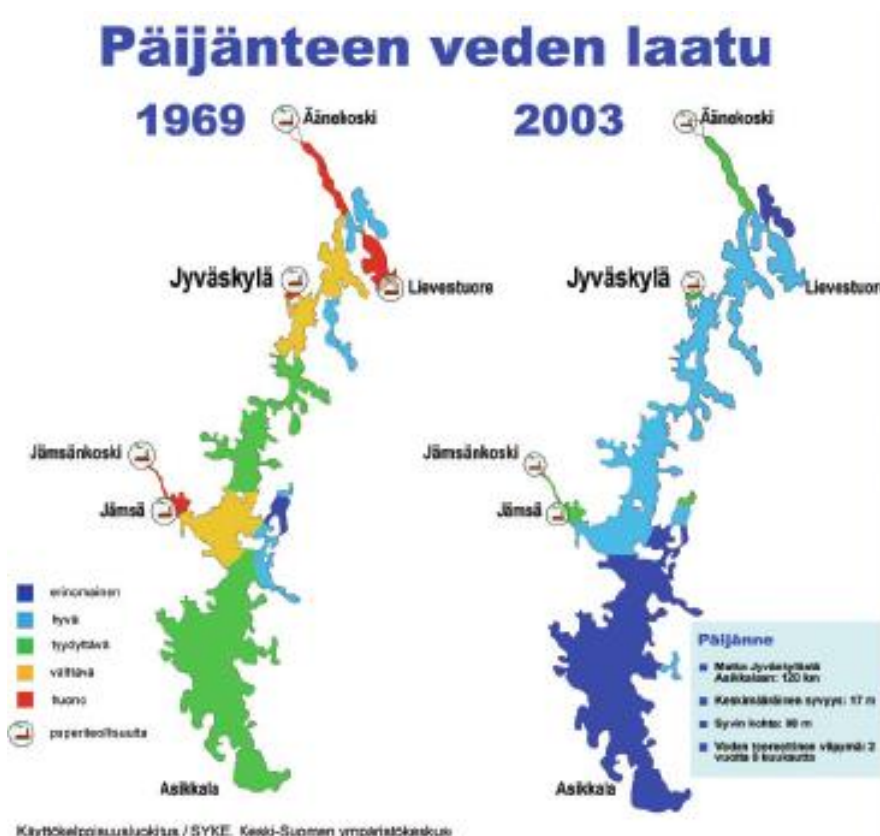
Kuva 3. Nollakuidun peittämä alue ja kerroksen paksuus Lielahdella (Autiola ja Holopainen 2016)

Autiola ja Holopainen (2016) olivat analysoineet nollakuidusta ja kiintoainejäämistä haitta-aineet:

- metallit, kromi 6+,
- PCB,
- VOC-yhdisteet,
- Pestisidit,
- Kloorifenolit ja klooribentseenit,
- Dioksiinit ja furaanit,
- Organotinat,
- PAH,
- Kokonaisrikki,
- Kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori ja
- TOC

Itse nollakuidusta oli analysoitu 11 näytettä. pH oli välillä 4 – 5 ja syvällä alempi.

Näsijärveä läheisesti muistuttava vesialue on Päijänne. Päijänteen ympäristössä on ollut runsaasti metsäteollisuutta. Kuvassa 4 näkyy Päijänteen veden laadun muuttuminen vuodesta 1969 vuoteen 2003. Lisäksi siinä on nähtävissä metsäteollisuuspaikkakunnat, kuten Kaipola (Jämsä), Jämsänkoski (Jämsä), Kangas (Äänekoski) ja Lievestuore (Laukaa).

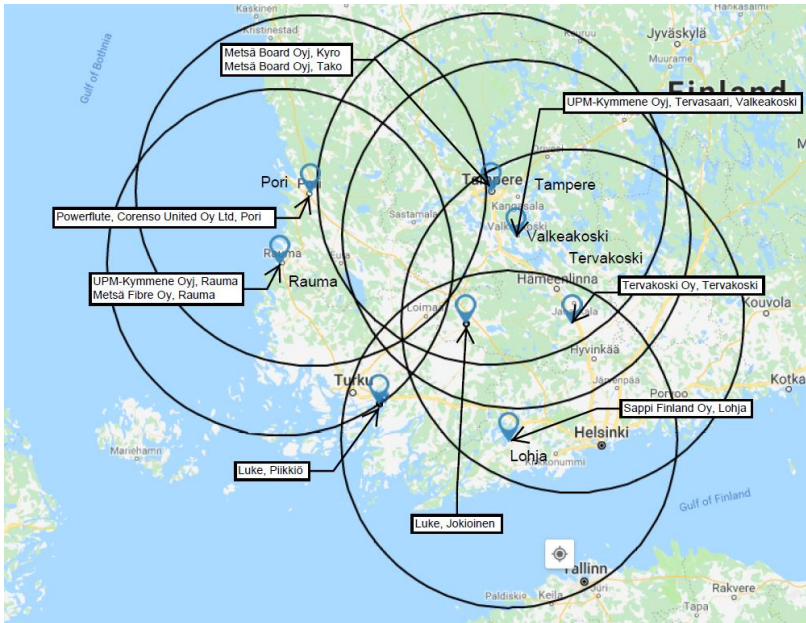


Kuva 4. Päijänteen veden laatu vuosina 1969 ja 2003 (Uusitalo, Kellomäki, Vääriskoski-Kaukanen 2008)

Päijänteen veden laatu on parantunut merkittävästi metsäteollisuuden investoitua ympäristöä säästävään teknologiaan. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että Päijänteen pohjalle on kertynyt useampaan paikkaan nollakuitua sisältävää sedimenttiä samoin kuin Tampereen Lielahden pohjaan. Näistä todennäköisimmät paikat ovat Kankaan (Jyväskylä) entisen paperitehtaan ja Jokilaakson (Jämsä) paperitehtaiden läheisyydessä olevat vesialueet.

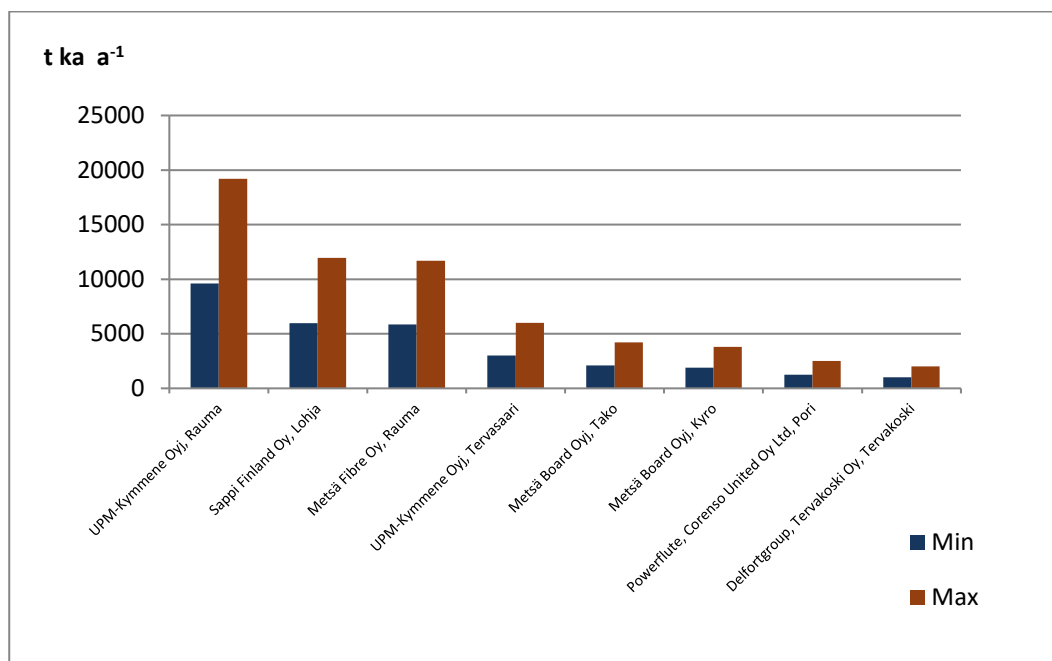
Järvenpohjaan sedimentoitunut nollakuitu on lähtökohtaisesti jätettä eikä sitä voida noin vain ottaa lannoitevalmistekäyttöön vaan sille on tehtävä end-of-waste -määrittely. Sen jälkeen sitä voidaan hyödyntää maataloudessa maanparannusaineena (Eduskunta 2011, VNa 2012). Potentiaalisin tyypinimi hyödynnettävälle sedimentoituneelle nollakuidulle on kuituliete ja sellaisena sitä tässä hankkeessa käsitellään.

Kuitulietteen tuotanto kohdealueella



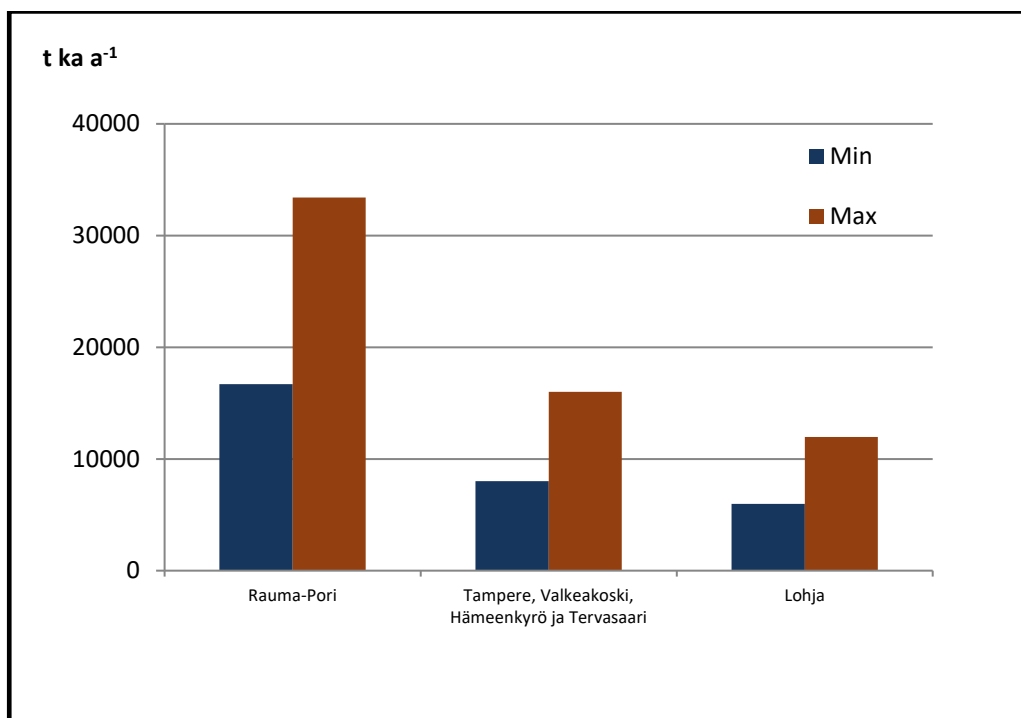
Kuva 5. Lounais-Suomen alueeseen vaikuttavat kuitulietteen toimittamisen kannalta (etäisyys 100 km) potentiaaliset massa- ja paperiteollisuuskohteet.

Kuvassa 5 on esitetty logistisilta kustannuksiltaan realistinen 100 km:n etäisyys Lounais-Suomen alueeseen vaikuttavasta massa- ja paperiteollisuudesta. Kuvaan 5 on lisäksi merkitty tutkimuksen suunnitteluvaiheen potentiaaliset kenttäkoepaikat, joista kenttäkoeket toteutettiin Luke Jokioinen -kokonaisuuteen kuuluvalla Ypäjällä. Käytännössä koko Lounais-Suomen alue on logistisesti mielekkäällä etäisyydellä toimittajista, mutta Turunseutu on sen ääri rajoilla. Kuitulietteen käyttö on taloudellisesti mielekkäämpää Kokemäenjoen vesistön varrella ja eteläisessä Lounais-Suomessa kuin Aurajoen varrella.



Kuva 6. Kuitulietteen tuotanto vuonna 2016 kohdealueen kannalta relevanteilla tuotantolaitoksilla (kts. kuva 5). Min vastaa 1 % sellun, paperin tai kartongin tuotannosta, max 2 %.

Yksittäisistä tuotantolaitoksista Raumalla sijaitsevat UPM-Kymmene Oyj:n ja Metsä Fibre Oy:n sekä Lohjalla sijaitsevan Sappi Finland Oy:n tuotantolaitokset ovat hallitsevia. Kohdealueella kuitulietettä syntyy 30 000 – 60 000 t a⁻¹ kuiva-aineena.



Kuva 7. Kuitulietteen vuotuinen tuotanto vuonna 2016 kohdealueen kannalta relevanteilla tuotantoalueilla. Min vastaa 1 % sellun, paperin tai kartongin tuotannosta, max 2 %.

Kuvasta 7 voidaan todeta, että kuitulietteen tuotanto painottuu vahvasti hakkeen toiminta-alueen pohjoisreunalle Rauman ja Porin alueelle. Muut tuotannon painopisteet ovat Tampereella ja sen ympäristössä sekä Lohjalla.

Metsäteollisuuden lietteet maanparannuskäytössä

Maanparannuskäyttö on ympäristöystävällinen ja kustannustehokas jätehierarkian mukainen vaihtoehto lietteiden polttamiselle. Siinä lietteiden orgaaninen aines ja ravinteet tulevat hyötykäyttöön. Orgaanisen aineksen lisäyksen avulla voidaan parantaa maan kemiallisia, biologisia ja fysikaalisia ominaisuuksia, vähentää ravinteiden huuhtoutumista, eroosiota, parantaa maan muokkautuvuutta ja sadontuottokykyä, tallentaa hiiltä maahan ja hidastaa ilmaston lämpenemistä (Kirchmann ja Bergström 2003, Lehtonen ym. 2003, Muukkonen ym. 2009, Phillips ym. 1997, Rantala ym. 1999). Gagnon ym. (2001 Ref Hovi 2013) mukaan paperinvalmistuksen ylijäämämässä lisää makroaggregaattien määrää maassa. Foleyn ja Cooperbandin (2002 Ref. Hovi 2013) mukaan puukuitulisäys parantaa maan vedenpidätyskykyä sekä lisää maan huokoisuutta. Sillä voidaan Foleyn ja Cooperbandin (2002 Ref. Hovi 2013) mukaan ylläpitää korkeampaa maan hiilipitoisuutta. Hovi (2013) ei kuitenkaan havainnut puukuitulisäyksellä saavutettavan yksiselitteisiä vaikutuksia maan mururakenteeseen eikä maan hiilipitoisuuteen.

Keskeinen syy siihen, että suomalaisissa tutkimuksissa ei ole saatu yksiselitteisiä tuloksia, on ollut puutteellisissa tilaolosuhteissa toteutetuissa koejärjestelyissä, joissa erityisesti lähtötilanne on jäänyt selvittämättä. Niinpä asian selvittämiseksi tässä hankkeessa on käytetty perusteellisempaa tutkimuksellista otetta, jossa kenttäkoetoimintaa on ollut oikeassa tutkimusympäristössä.

Kuitulietteiden vaikutusta typen dynamiikkaan maassa ei ole tunnettu riittävästi. Maan mikrobiologialla on siinä keskeinen rooli. Kuitulietteen lisäys syksyllä saattaa sitoa myös keväällä lannoitteen mukana tulevaa typpeä, jos annos on liian suuri. Sen tähden hankkeessa on selvitetty niiden käyttömäärää niin, että se on riittävä

liukoisen typen sitomiseksi syksyllä mutta ei ainakaan liian suuri sitoakseen lannoitetyyppiä seuraavalla kasvukaudella.

Kuitulietettä voidaan käyttää sellaisenaan maanparannusaineena, jos se täyttää lannoitevalmisteasetuksen (MMM 2011) kriteerit. Siellä se kuuluu tyyppinimiryhmän Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (3A5) tyyppinimeen Kuituliete (3A5, 4). Metsäteollisuuden jätevesien puhdistuksesta muodostuu esiselkeytyksessä nollakuitua eli primääri- eli kuitulietettä ja biologisessa käsittelyssä sekundääri- eli biolietettä (Kaivola 2013). Kuituliete on lannoitevalmistelainsäädännön (MMM 2011a) käyttämä käsite nollakuidusta. Bioliete ja sekaliete ovat ravinnekuitujen raaka-aineita ja niiden tyyppinimi määräytyy käytännössä niiden jälkikäsittelyn mukaan. Lannoitevalmistelainsäädännössä bioliete ja sekaliete katsotaan puhdistamolietteeksi, minkä takia niitä käsitellään lannoitevalmistelainsäädännössä kuten jätevedenpuhdistamon lietettä (MMM 2011a). Jos biologista käsittelyä tehostetaan kemiallisella saostuksella esimerkiksi käyttämällä alumiinisulfaattia, muodostuu lisäksi kemiallista lietettä.

Primääriliete on pääosin kuitua ja kuorta. Lisäksi siinä on täyte- ja lisäaineita sekä pigmenttejä (Lohiniva ym. 2001). Kuitu ja kuori sisältävät selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä. Lisäksi primäärilietteenä on epäorgaanista ainesta. Kuitujen osuus on 40 – 65 %. Primäärilietteen hiili-typin suhde on 32 – 930:1. Sitä syntyy noin 1,5 – 2 % (eli 15 – 20 kg kg⁻¹ ka) tuotannon määrästä kuiva-aineena laskettuna (Lohineva 2001). Biolietettä muodostuu keskimäärin 10 – 20 kg t⁻¹ ka lopputuotetta kemiallisen sellun valmistuksessa ja 8 – 15 kg t⁻¹ ka mekaanisen massan valmistuksessa (Moring 2012 Ref. Kaivola 2013). Suurimmat erot primääri- ja biolietteen välillä ovat tuhkan ja kuidun määrässä ja C:N-suhteessa. Biolietteenä C:N-suhde on 6-115:1 (Ojanen 2001 Ref. Kaivola 2013). Lietteen kyky sitoa typpeä riippuu lähinnä C:N- suhteesta, joten osa biolietteestä on tässä mielessä samanarvoista kuin kuituliete ja lietteen ominaisuuksien kuvaamiseksi on oleellista ilmoittaa myös C:N-suhde. Muita eroavia ominaisuuksia on se, että biolietteessä eli ravinnekuitujen raaka-aineessa on rikkiä, natriumia ja fosforia enemmän kuin nollakuidussa eli kuitulietteessä. Apilagroupin (2014) mukaan kuitulietetyyppinimeen kuuluu mm. sellutehtaiden oksarejetti, primääriliete ja nollakuitu, jotka syntyvät massan- ja paperin valmistuksen jätevesien puhdistuksen yhteydessä esiselkeytyksessä. Yleisesti primäärilietettä ja nollakuitua pidetään samana asiana. Primäärilietteenä on nollakuidun lisäksi jonkin verran muuta materiaalia.

Apilagroup (2014) ohjeistaa mitoittamaan kuitulietteen käyttömäärän maan happamuuden, typensidontatarpeen tai eloperäisen aineksen lisäystarpeen mukaan. Se mukaan levitys tapahtuu kuivalannan levityskalustolla ja kuituliete mullataan 5 - 20 cm:n syvyyteen. Edelleen sen mukaan sopivia käyttökohteita ovat levityksen ajankohdasta riippuen:

- typensitojakasvinurmille ennen perustamista, mieluiten syksyllä,
- viherlannoitusnurmille mieluiten 1. vuonna,
- yhdessä eloperäisten lannoitteiden kanssa syksyllä,
- palkokasveille kylvöä edeltävänä syksynä tai sadonkorjuun jälkeen ja
- satonurmien lopetuksen yhteydessä.

Ravinteikkaat maanparannuskuidut (ravinnekuitu) soveltuvat käytettäväksi edellisten lisäksi viljan, juuresten ja vihannesten sadonkorjuun jälkeen syksyllä ennen syyskasvia tai seuraavaa kevätkylvöistä kasvia. Kuitulietteen käytännön levitysmääräksi suositellaan 25 – 50 t ha⁻¹ kuiva-ainetta tai 50 – 250 t ha⁻¹ tuorepainona noin 3 – 5 vuoden välein. Kuituliete-tyyppinimeen kuuluvia tuotteita markkinoidaan myös kauppanimillä ”kuitusavi”, ”maanparannuskuitu”, ”kalkkikuitu” ja ”kuitukate”. Näillä käyttömäärillä kuitulietettä riittäisi vuosittain vain 2300 – 4600 hehtaarille koko maassa. Kohdealueen tuotanto riittää vain noin 600 – 1200 hehtaarille vuodessa. Sidottaessa esimerkiksi yksivuotisten viljakasvien jälkeen jäljelle jäävä typpi, käyttömäärä on todennäköisesti pienempi, mutta joka tapauksessa kuitulietteen potentiaalinen käyttö olisi selvästi suurempi kuin sen saataavuus. Sekalietteiden määrä on noin 1,8-kertainen kuitulietteen määrään nähden. Niiden syksyllä kerralla levitettävää määrää rajoittaa liukoisen typen sallittu käyttömäärä. Esimerkiksi Soilfoodin Kotkasta markkinoimaa ravinnekuitua voi tällä perusteella levittää yhtenä syksynä vain 35 t ha⁻¹. Toisaalta sitä voisi tällä levittää peräkkäisinä vuosina. Tätä rajoittaa kuitenkin ravinnekuitujen haitallisten metallien pitoisuus käytännössä niin, että levitys voi toistua vain joka neljäs vuosi. Joka tapauksessa sen riittävyys peltokäyttöön on periaatteessa samaa suuruusluokkaa kuin kuitulietteenkin.

Maatalouskäytön osalta oleellisia lietteiden ominaisuuksia ovat hiilen, typen ja rikin pitoisuudet. Typpi ja rikki ovat kasvinravinteita. Lisäksi haitallisten metallien pitoisuuksien pitää olla alle lannoitevalmisteasetuksessa (MMM 2011) sallittujen raja-arvojen. Vasta muodostuneissa lietteissä haitallisten metallien pitoisuuksien ei pitäisi ylittää näitä taulukossa 4 esitettyjä raja-arvoja. Kasvinravitsemuksen kannalta liukoisen typen pitoisuus on esitettyä kokonaistypen pitoisuutta oleellisempi. Suositetulla kuitulietteen annostuksella 35 – 50 t ha⁻¹

hiiliannos on 15,4 – 22,0 t ha⁻¹, typpiannos 140 – 200 kg ha⁻¹ ja rikkiannos 35 – 50 kg ha⁻¹. Järvien pohjiin kertyneen kuitulietteen haitallisten metallien pitoisuudet voivat olla korkeammat kuin taulukossa 2 on esitetty.

Taulukko 2. Metsäteollisuuden lietteiden ominaisuudet (Isännäinen, Raitio, Alin ja Salokoski Ref. Lohiniva ym. 2001). Pitoisuudet on esitetty kuiva-ainetta kohti.

Ominaisuus	Yks.	Primääri- liete	Bioliete	Paperi- tehtaan sekaliete	Sellu- tehtaan sekaliete	Siistaus- liete	Kuorimo- liete
Hiili	m-%	44	47	44–46	40–42	25–45	50
Vety	m-%	6	5,2	5,5–6,0	4,5–5,0	4–5,5	6
Rikki	m-%	0,1	1,2	0,05–0,1	0,4–1,3	0,1–0,3	0,02
Typpi	m-%	0,4	1,6	0,5–0,7	1,3–2,9	0,1–0,3	0,8
Happi	m-%	25	30		25–29	22	34
Tuhka	m-%	25–60	16	12–20	13–21	30–60	2,5
Kloori	m-%		0,04–1,5	0–0,1	0,1–0,8	0,2–0,6	
Teholl. lämpö- arvo kuiva- aineessa	MJ/kg		17,4		14–18	8–13	
Teholl. lämpö- arvo saapumis- tilassa	MJ/kg	2,3			0,9–2,4	2,9	3,0
Kosteus	m-%	70	85		75–80	60	70
Cd	mg/kg	0–2,5	0,6–0,9			0,03–0,1	
Cr	mg/kg		16–22		38,4	17–116	
Cu	mg/kg	3,4–31	25–43		22,9	38–253	
Hg	mg/kg	0–0,2	0,6		0,09	<1,0	
Pb	mg/kg	0–15,5	0,3–4,3		13,5	1,2–5,5	
Ni	mg/kg	7–26,7	6–11			10–231	

Kuitulietteen käyttöä on kokeiltu ainakin RaHa-hankkeessa, jossa levitettiin SAPPI Kirkniemen tehtaalta saatua puukuitua 20 – 50 t ha⁻¹ kuivalannan levittimellä Inkoossa, Karjalohjalla, Vihdissä ja Hyvinkäällä viljan sängelle tai viherlannoitusnurmelle ja mullattiin (Koppelmäki ja Känkänen 2014). Hankkeessa ei havaittu muutoksia mururakenteeseen eikä hiilipitoisuuteen ja siinä arvioitiin, että puukuitulisäysten tulisi olla 150 – 200 t ha⁻¹, jotta vaikutukset tulisivat esille. Syksyllä pellossa olevaa liukoista tyyppä voidaan sitoa myös alus- ja kerääjäkasveilla. Kasvukauden lopussa maassa olevaa liukoisen tyyppä määrää pystyttiin vähentämään 20 kg ha⁻¹ ja enimmillään aluskasvina ollut raiheinä keräsi tyyppä 54 kg ha⁻¹. Myös metsäteollisuuden lietteillä on siten potentiaalisesti kerätä huomattava määrä liukoista tyyppä huuhtoutumasta. Hovi (2013) oli käyttänyt Mustiossa (HtS) ja Vihdissä (HtS ja HsS) samaisessa RaHa-hankkeessa puukuitua 0, 25 tai 50 t ha⁻¹.

Kuitulietteen haitta-aineet maatalouskäytön näkökulmasta

Massa- ja paperiteollisuudesta syntynyt uusi kuituliete täyttää käytännössä aina lannoitevalmistelainsäädännön vaatimukset. Sen sijaan vesistöjen pohjaan aikanaan kertyneen kuitulietteen pitoisuudet voivat olla ainakin lähellä raja-arvoja eikä ne kaikki ole varmastikaan lannoitevalmisteenä käyttökelpoisia. Sellaisten haitallisten metallien, kuten kupari ja sinkki, tapauksessa pilaantuneeksi katsottava maa voi olla kelvollista maanparannusaineeksi, koska ne ovat myös kasvinravinteita (taulukko 3).

Useimmiten aines, jonka pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen kynnysarvon (VNa 2007), on täysin kelvollista lannoitevalmistetta (MMMa 2011) (taulukko 3). Esimerkiksi esiselvityksen (Autiola ja Holopainen 2016) mukaan Lielahdesta otetuissa näytteistä yhdessä arseenin pitoisuus ylitti kynnysarvon, mutta ei lannoitevalmistelle sallittua pitoisuutta. Yhdessä näytteessä elohopeapitoisuus ylitti alemman ohjearvon, jolloin se ei olisi kelvannut tässä mielessä lannoitevalmisteksi. Näytteitä oli otettu kaiken kaikkiaan neljatoista näytettä seitsemästä pisteestä eri syvyyksiltä. Näytteet, joissa oli ylityksiä, oli otettu läheltä toisiaan.

Taulukko 3. Haitta-ainepitoisuuksien raja-arvoja PIMA-asetuksessa (VNa 2007) ja lannoitevalmisteasetuksessa (MMMa 2011).

		Eninmäis- pitoisuus mg/kg ka *)	Kynnysarvo mg/kg ka **)	Ohjearvo	
				alempi mg/kg ka **)	ylempi mg/kg ka **)
Arseeni	As	25	5	50	100
Elohopea	Hg	1	0.5	2	5
Kadmium	Cd	1.5	1	10	20
Kromi	Cr	300	100	200	300
Kupari	Cu	600	10	150	200
Lyijy	Pb	100	60	200	750
Nikkeli	Ni	100	50	100	150
Sinkki	Zn	1500	200	250	400
Koboltti	Co		20	100	250
Antimoni	Sb		2	10	50
Vanadiini	V		100	150	250

*) MMMa 2011, **) VNa 2007

Lielahden pohjasta nostetun nollakuidun typpipitoisuus oli esiselvityksen (Autiola ja Holopainen 2016) keskimäärin 10 mg kg^{-1} ka vasten 0,001 %:n pitoisuutta, joka on 400-osa nollakuidulle ominaisesta. Fosforipitoisuus oli keskimäärin 273 mg kg^{-1} ka. Fosforiannos suositetuilla levitysmäärillä $35 - 50 \text{ t ka ha}^{-1}$ olisi $9,6 - 13,6 \text{ kg ha}^{-1}$ vastaten vuoden fosforilannoitusta viljakasveilla tyydyttävässä fosforiluokassa (VNa 2015). Esiselvityksen mukaan Lielahden pohjassa olevassa nollakuidussa on runsaasti rikkiä, noin 4000 mg kg^{-1} ka, todennäköisesti sulfidina vastaten 0,4 %, joka on noin nelinkertainen tyypilliseen verrattuna. Kun se nostetaan kuivumaan, se hapettuu sulfaattiksi ja pH putoaa. Käytännössäkin nollakuitu on nostettava kuivumaan ennen kuljetusta pellolle. Nostetun kuitulietteen kuiva-ainepitoisuus on noin 10 %, mutta se kuivuu valuttamalla esimerkiksi lantalaatalla noin 20 %:in kuiva-ainepitoisuuteen, jonka jälkeen sitä voidaan käsitellä kuten kuivalantaa. Nollakuidusta valuvan huokosveden mukana huuhtoutuu runsaasti sulfaattia. Lielahden pohjassa olevan nollakuidun elohopeapitoisuus, keskimäärin $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ka oli selvästi normaalia suurempi, mutta sallitun $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka alle. Kadmiumpitoisuus keskimäärin $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ka oli normaalien pitoisuuksien sisällä. Kromipitoisuus, $6,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, oli jopa normaalia pienempi. Kuparipitoisuus 27 mg kg^{-1} ka oli normaalin alueen ylärajalla. Lyijypitoisuus 18 mg kg^{-1} ka oli hieman normaalia suurempi. Nikkelipitoisuus 11 mg kg^{-1} ka oli normaali. Todennäköisin selitys korkealle elohopeapitoisuudelle on se, että Lielahdessa on käytetty kloorialkaali -menetelmää sellun valmistuksessa (Krogerus 1988, Myller 2015).

Kuitulietteen käyttö ravinteiden sitomisessa ja huuhtoutumisen vähentämisessä

Ravinteiden huuhtoutuminen pelloilta sadonkorjuun jälkeen kuormittaa vesistöjä merkittävässä määrin. Viljakasvit, joiden viljelypinta-ala on lähes puolet Suomen peltoalasta, lopettavat ravinteiden oton käytännössä jo heinäkuussa. Pelloilla on syksyllä liukoista typpeä syksyyn saakka jatkuvan, maaperän mikrobiston toimesta tapahtuvan, mineralisaation ja kasvustolta ottamatta jääneen lannoitetyypen takia. Liukoinen typpi on alttiina huuhtoutumiselle syksyn, talven ja alkukevään sateiden aiheuttaman valunnan mukana aiheuttaen rehevöitymistä erityisesti merialueilla. Itämeren kannalta olisi eduksi, että tätä kuormitusta saataisiin pienemmäksi.

Orgaanisen aineksen laatu vaikuttaa siihen, vapautuuko mikrobiston toiminnan vaikutuksesta mineraalimuotoista typpeä vai sidotaanko sitä. Jos C/N-suhde on korkea, materiaalin sisältämä typpi ei riitä hajottajien tarpeeseen ja ne sitovat maaperän typpeä, jolloin sitä pidättyy maahan eli immobilisoituu. Jos taas hiili/typpi -suhde on alhainen, typpeä on yli hajottajien tarpeen, ja typpeä vapautuu eli mineralisoituu. C/N -suhdetta 25 pidetään rajana, jolloin nettomineralisaatiota tai -immobilisaatiota ei tapahdu (Paul & Clark 1996). Viljelysmaan luontainen hiili/typpisuhde on yleensä 10 - 16, maan mikrobien C/N -suhde on 4 - 12 (keskimäärin 8,6; Cleveland ja Liptzin 2007) ja oljen >40. Pohjoismaisessa tutkimuksessa todettiin, että kasvimateriaalin ligniinin pitoisuus tai C/N -suhde ei lineaarisesti toiminut selittäjänä mineralisaatioaktiivisuudelle, mutta voitiin yleistää, että kasvimateriaalin C/N -suhde >45 johti yleensä typen immobilisaatioon (Jensen ym. 2005).

Huuhtoutumista voitaisiin merkittävästi vähentää, jos peltoon levitettäisiin sadonkorjuun jälkeen jotakin runsaasti hiiltä, mutta vähän liukoista typpeä sisältävää maanparannusainetta, tai jos keväällä kylvettäisiin viljan kylvön yhteydessä tai erikseen aluskasviksi tai sadonkorjuun jälkeen jokin yksivuotinen heinä tai vastaava.

Samalla voitaisiin vähentää myös liukaisen fosforin huuhtoutumista. Yksi vaihtoehto tällaiseksi maanparannusaineeksi voisi olla kuituliete (=nollakuitu). Heinosen (2011) mukaan nollakuitu eli kuituliete sitoo hyvin nitraattia kasvualustoissa. Kuitulietteenä ei ole oleellisia määriä sellaisia ravinteita, joiden käyttö pellolla olisi rajoitettua. Liukoinen tyyppi pyrittäisiin sitomaan maaperän mikrobiston tai alus-/kerääjäkasvien biomassaan, kunnes maa routaantuisi ja huuhtoutuminen loppuisi. Potentiaalisesti sitoutunut liukoinen tyyppi olisi seuraavana vuonna kasvuston käytettävissä tai se jää maan orgaanisen typen pooliin. Liukaisen typen lisäksi tulisi potentiaalisesti myös liukoista fosforia sidottua niin, että se ei huuhtoutuisi (Alakukku ja Aura 2006). 20 t ka ha⁻¹ vaikutti vielä viiden vuoden kuluttua, ja sillä oli lisäksi kalkitseva vaikutus. Kuitutuotteiden levityksellä on tuoreen kotimaisen tutkimuksen mukaan myös pintahuuhtoumaa estävä vaikutus (Rasa ym. 2020). Lisäksi on viitteitä siitä, että kuitulisäyksillä olisi kaasumaisia tyypipäästöjä pienentävä vaikutus (Guenet ym. 2020). Maanparannusaineina käytettävien kuitumateriaalien kemiallinen koostumus kuitenkin vaihtelee paljon. Tässä hankkeessa tutkittiin tarkemmin mahdollisuuksia hyödyntää kuitujen kykyä sitoa liukoista tyyppiä talvikauden aikaisen nitraattityypin huuhtoutumisen vähentämiseen ja syksyllä pellossa jäljellä olevan tai sinne mineralisoituvan liukaisen typen sitomiseen keväteen saakka niin, että se tulisi seuraavan kasvukauden kasvin käyttöön.

Varsinais-Suomessa on runsaasti jokirantapelloja, mm. Aurajoen varrella, joihin kohdennettuina näillä toimenpiteillä voisi olla huomattava Saaristomeren tilaa parantava vaikutus. Kehitettävät menetelmät voitaisiin saada käytäntöön kohdentamalla niihin ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteitä. Kuitulietettä markkinoi esimerkiksi Soilfood Oy hintaan 3 € t⁻¹ (alv 0 %) levitettynä 30 km:n päähän tehtaalta (<http://www.soilfood.fi/tuotteet/>). Käytännössä hinta kattaa vain levityskustannuksen. Soilfood suosittelee kuitulietettä lisättävän 70 t ha⁻¹. Sitä ei pidä kuitenkaan käyttää liikaa, koska tällöin se sitoisi myös keväällä annettavan lannoitteen tyyppiä aiheuttaen sadonalennuksen. Määrän pitäisi olla sellainen, että se riittää sitomaan syksyllä maassa olevan liukaisen typen niin, että se ei huuhtoudu syksyn, talven ja alkukevään kuluessa, mutta sitoutuneen typen pitäisi vapautua jo seuraavana keväänä. Ympäristökorvauksen lohkokohtaisesta toimenpiteestä "Ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen" on mahdollista saada tukea 40 € ha⁻¹, kun levitysmäärä on vähintään 15 m³ ha⁻¹ vuodessa (MMM 2016). Määrän arvioitiin voivan olla niin suuri, että se johtaa seuraavana vuonna lannoitetyypin sitoutumiseen, kun kyseessä on kuituliete. Määrän alarajalla se lähes riittäisi levityskustannuksen kattamiseen. Hankkeessa on kenttäkoe- ja maamonomiittikokein selvitetty sopivaa kuitulieteannosta.

Hankkeen kytkeytyminen hallitusohjelman, RAKI2-ohjelman ja/tai vesien- ja merenhoidon toimenpideohjelmien tavoitteisiin sekä käynnissä tai suunnitteilla oleviin hankkeisiin

Hanke on kytkeytynyt hallitusohjelman tavoitteeseen biotalouden ja puhtaiden ratkaisujen edistämisestä ja etenkin sen "Kiertotalouden läpimurto, vesistöt kuntoon" -osioon. Hanke on kytkeytynyt RAKI2-ohjelman kaikkiin päätavoitteisiin: (a) vähentää rehevöitymistä ja edesauttaa Itämeren ja vesien hyvän tilan saavuttamista vuoteen 2020 mennessä, (b) säästää ravinteita kierrättämällä mineraalifosforivaroja sekä edistää bio- ja kiertotaloutta sekä (c) tekee ravinnekierrätystä yleisesti tunnetuksi ja hyväksytyksi. Hanke on liittynyt lähinnä haun teemaan 2. Sivuvirtojen hyötykäyttö ravinnekierrätyksessä.

Hanke on täydentänyt TEKESin rahoittamaa "NSPPulp/Sivutuotteiden tuotteistus" –hanketta kasvukauden aikaisista huuhtoutumista, Yaran ja UPM:n RAKI2-hanketta "Metsästä peltoon" - mineraaliravinteilla terästettyjen lietepelletin käyttöä lannoituksessa ja MMM:n rahoittamaa Hiedanrannan järvisedimentin nollakuidun hyödyntäminen -hanketta peltokäytön osalta. Tässä hankkeessa olemme keskittyneet syyskäytön vaikutuksiin huuhtoutumiin kasvukauden ulkopuolella ja käytön satovaikutuksiin seuraavan ja sitä seuraavan kasvukauden satoon, joka on viljelijöiden kuitulietteen käytön hyväksyttävyyden kannalta olennainen tieto. Tampereen kaupunki on koordinoanut kumppaneinaan Syke ja Tampereen ammattikorkeakoulu samassa haussa rahoituksen saanutta hanketta "Hiedanranta urbaanin ravinnekierron suunnannäyttäjänä", jonka tavoitteena on ollut konkretisoida Hiedanrannan visioita laatimalla yksityiskohtainen suunnitelma alueella syntyvien jäte- ja jätevesijakeiden ravinteiden hyödyntämisestä arvioimalla alueelle parhaiten soveltuvat tekniset ratkaisut ja tekemällä valituille kokonaisratkaisuille teknis-taloudellinen arviointi. Se ei ole kuitenkaan liittynyt Lielahden kuitulietekeroksen hyödyntämiseen. Tampereen kaupunki on koordinoanut MMM:n rahoittamaa Sinisen biotalouden hanketta "Hiedanrannan järvisedimentin nollakuidun hyödyntäminen" aihepiiristä Vesistöissä olevien ravinteiden ja energian kestävä hyödyntäminen (<http://mmm.fi/biotalous/sininenbiotalous/hankkeet>) yhteistyössä Ramboll Finland Oy:n, Finnflag Oy:n, Helsingin yliopiston, Itä-Suomen yliopiston ja Mälarnin yliopiston kanssa. Siinäkin tavoitteena on ollut järvien pohjalla olevan kuitulietteen hyötykäyttö. Osana hyödyntämisprosessia on ollut uusi mikrobiologinen prosessi, jolla saadaan nollakuidusta valmistettua arvokemikaaleja, biokaasua ja orgaanista lannoitetta. Se ei ole kuitenkaan sisältänyt tässä hankkeessa tarkasteltavaa nollakuidun peltokäyttöä kuitulietteenä.

2.2 Tavoitteet

Hankkeen välitön tavoite oli selvittää metsäteollisuuden kuitujen käyttöä sitomaan pelloilla kasvukauden jälkeen olevat tai mineralisoituvat ravinteet ja välittämään ne seuraavana kasvukautena kasvien käyttöön samalla estäen ravinteiden huuhtoutumisen syksyn ja talven aikana, mikä parantaa ajan myötä Saaristomeren tilaa. Ravinteiden välitysominaisuutta tarvitaan erityisesti käytettäessä lantaa, orgaanisia kierrätyslannoitevalmisteita tai viherlannoitusnurmia, jolloin maassa on syksyllä enemmän liukoista typpeä. Samalla on parannettu maan kasvukuntoa. Innovatiivisuus on ollut ravinteiden siirtämisessä seuraavalle kasvukaudelle niitä sitovaa materiaalia sopivassa määrin käyttämällä yhdistettynä maanparannusvaikutukseen ja vesistöjen pohjassa olevan materiaalin hyödyntämisessä sekä monitieteisyydessä. Pitkällä aikavälillä ravinteiden huuhtoutuminen kohdealueilla vähenee ja maan kasvukunto paranee. Hankkeen aikana on voitu seurata käsittelyiden vaikutusta yhden levityskerran jälkeen satovaikutuksina kohdepelloilla. Lisäyksiä ei tyypillisesti tehdä joka vuosi, jolloin pitkän aikavälin tavoitteita ei ole voitu hankkeen aikana saavuttaa.

Hankkeen konkreettiset tavoitteet olivat:

- 1) kuitulietteen syyslevityksen oikean käyttömäärän määrittäminen,
- 2) ravinnekuidun syyslevityksen oikean käyttömäärän määrittäminen,
- 3) tarkoituksenmukaisten käyttökohteiden identifiointi ydintoiminta-alueella
- 4) kuitulietteen ja ravinnekuidun vaikutuksen kuvaaminen typen dynamiikkaan maassa
- 5) kuitulietteen ja ravinnekuidun käytön edistämisen vaatimien muutosten identifiointi ympäristölainsäädännössä, lannoitevalmistelainsäädännössä ja tukijärjestelmissä ja niistä suositusten antaminen sekä
- 6) edellä esitettyjen konkreettisten tavoitteiden mukaisten menetelmien ja suositusten dokumentointi ja tarvittavan viestintämateriaalin tekeminen.

Hiedanrannan alue Tampereella on nollakuidun vesistöstä perkaamisen esimerkkikohde ja monistettavissa vastaaviin kohteisiin. Vesistöstä nostetun kuitulietteiden peltokäytön mahdollisuuksia on arvioitu tarkoituksenmukaisella etäisyydellä Hiedanrannasta. Uusien muodostuvien lietteiden peltokäytön mahdollisuuksia on arvioitu tarkoituksenmukaisella etäisyydellä Lounais-Suomessa sijaitsevista syntypaikoista. Nämäkin ratkaisut ovat monistettavissa. Metsäteollisuuden lietteitä hyödynnetään jo jossain määrin käytännön maataloudessa. Niiden levittämiseen soveltuvat yleisesti käytössä olevat kuivan lannan tarkkuuslevittimet. Käytön yleistyminen vaatii viljelijöiden ja yleisen tietämyksen lisääntymistä metsäteollisuuden lietteiden oikeasta käytöstä maataloudesta ja sopivia toimenpiteitä tukijärjestelmään.

Hankkeen tavoitteena on ollut suositusten ja ohjeistusten tekeminen kuitulietteiden ja ravinnekuitujen kasvukauden jälkeisestä syyskäytöstä huuhtoutumien vähentämiseksi ja ravinteiden siirtämiseksi seuraavan kasvukauden kasvuston käyttöön.

Tavoitteena on ollut, että hankkeen lopputuloksena syntyy yhteistyömalli kuitulietteen- ja ravinnekuitujen tuottajien välille niin, että ne pystyvät tarjoamaan kokonaisvaltaisen palvelun viljelijöille sisältäen kuljetuksen, levityksen ja käytön neuvonnan.

Tavoitteena on ollut tuottaa tutkimustuloksia, joita voivat hyödyntää metsäteollisuuden kuituja markkinoivat yritykset ja niitä käyttävät viljelijät nykyistä paremman lopputuloksen saavuttamiseksi. Lisäksi tavoitteena on ollut, että, tutkimustuloksia voi jatkossa hyödyntää esimerkiksi viherrakentamisessa käytettävien kasvualustojen kehittämiseksi vähemmän ympäristönkuormitusta aiheuttaviksi.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

3.1. Osapuolet

Hanketta on koordinoanut Luonnonvarakeskus partnereinaan Tampereen kaupunki ja Peimarin koulutuskuntayhtymä. Luonnonvarakeskus on vastannut koetoiminnasta ja Tampereen kaupunki nollakuidun Lielahden pohjasta noston aiheuttamista kustannuksista. Peimarin koulutuskuntayhtymän tehtävänä oli toteuttaa demonstraatioita ja tukea Luken toimintaa Kaarinan Tuorlassa sekä osallistua viestintään. Hankkeen tavoitteena oli tehdä yhteistyötä sellu- ja paperiteollisuuden, levitysurakoitsijoiden ja maatalouden neuvontaorganisaatioiden kanssa. Hankkeen tulosten loppukäyttäjät ovat vesistöistä kuitulietettä poistavat kaupungit ja kunnat,

kuitulietettä sivuvirtana tuottava metsäteollisuus ja kuitulietettä välittävät yritykset ja käyttävät viljelijät sekä mm. vesistöjen tilasta ja maatalouden ympäristökorvauksen ehdoista vastaavat viranomaiset ja Itämeren suojelun parissa toimivat organisaatiot. Hankkeen tulosten perusteella on mahdollista jatkossa rakentaa ympäristökorvaukseen kuitujen käyttöön liittyviä toimenpiteitä, joiden avulla kuitujen käyttöä voidaan lisätä, jos ne eivät ilman tukea ole taloudellisesti mielekkäitä viljelijöille.

Luonnonvarakeskus

Luonnonvarakeskus (Luke; www.luke.fi) on tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio, joka yhdistää uusiutuvien luonnonvarojen ja vastuullisen ruoantuotannon osaajat kokonaisuudeksi, joka tarjoaa innovatiivisia ratkaisuja elinkeinojen edistämiseksi. Monitieteinen tutkimustieto ja asiantuntijapalvelut ovat pohja kestäville päätöksille niin kotimaassa kuin kansainvälisesti. Luonnonvarojen tutkimus palvelee kansalaisia tuottamalla tietoa terveydestä ja hyvinvoinnista sekä edistämällä suomalaisen luonnon puhtautta ja elinvoimaisuutta.

Strategisia vaikuttavuusalueita ovat uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvat biomassapohjaiset tuotteet ja energia, ruokajärjestelmä ja –turva, hyvinvointi ja terveys ja kestävä luonnonvaratalous ja –politiikka.

Luke on Suomen toiseksi suurin tutkimuslaitos. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Metsäntutkimuslaitos, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos sekä maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen tilas- totehtävät sulautuivat yhteen Luonnonvarakeskukseksi 1.1.2015. Luken henkilöstö on noin 1300 ja liikevaihto on 125 M€. Tutkimuslaitoksella on 23 toimipaikkaa Suomessa.

Peimarin koulutuskuntayhtymä, Ammattiopisto Livia

Peimarin koulutuskuntayhtymä (<https://www.livia.fi/livia/peimarin-koulutuskuntayhtyma>) perustettiin 1.1.2011, kun Kaarinan, Paimion ja Paraisten kaupungit päättivät yhdistää ammatilliset oppilaitoksensa. KKY:ään siirtyivät Kaarinan sosiaali- ja terveysalan oppilaitos, Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti sekä Varsinais-Suomen maaseutuoppilaitos. Oppilaitos sai uuden yhteisen nimen: Ammattiopisto Livia. Liviassa on noin 1000 opiskelijan kaksikielinen luonnonvara- ja ympäristöalan sekä sosiaali-, terveys- ja liikunta-alan oppilaitos. Livia on myös Suomen suurin luonnonvara-alan perustutkintoja antava oppilaitos. Lisäksi oppilaitos antaa ammatillista lisäkoulutusta, ammattitutkinnoissa. Henkilökuntaa oppilaitoksessa on noin 160 henkeä. Tuorlan koulutilla on peltoa yhteensä 143 ha, jossa viljellään nurmen ja viljan lisäksi maakunnan tyypillisimpiä erikoiskasveja.

Tampereen kaupunki

Tampere (<https://www.tampere.fi/>) on Suomen kolmanneksi suurin kaupunki, jossa asuu 228 274 ihmistä (vahvistettu tieto 29.3.2017). Kaupungin pinta-ala on 689,6 neliökilometriä, josta vettä on 164,6 neliökilometriä. Kaupunki sijaitsee kahden järven välisellä kannaksella. Kaupungin pohjoispuolella oleva Näsijärvi on 95 metriä ja eteläpuolella oleva Pyhäjärvi 77 metriä merenpinnan yläpuolella. Niiden pintaero on 18 metriä.

Muu yhteistyö

Hankkeen tavoitteena oli tehdä yhteistyötä ProAgrian (<https://www.proagria.fi/>) kanssa tilakokeilujen järjestämisessä. Kuitulietettä ja ravinnekuitua tuottavat yritykset ovat toimittaneet hankkeelle tuotteitaan. Kuitulietettä on saatu hankepartnerin Tampereen kaupunki kustannukselle ja Finnsukellus Oy:n (<https://finnsukellus.fi/>) nostamana hankkeelle Lielahden pohjasta. Lisäksi kuitulietettä on toimittanut Humuspehtoori Oy (<https://www.humuspehtoori.fi/>). Ravinnekuitua hankkeelle on toimittanut Soilfood Oy (<https://soilfood.fi/>).

3.2. Menetelmät

3.2.1. Laboratoriokokeet

Kokeissa käytettiin Lielahden pohjasta nostettua kuitulietettä (nollakuitua) ja Soilfoodin markkinoimaa sekalietteestä valmistettua kalkkistabiloitua ravinnekuitua. Kuiduille tehty analyysit näkyvät taulukossa 4. Myös UPM-Kymmene Rauman paperitehtaan jäteveden esikäsittelyssä syntyvälle primäärilietteelle ja SAPPI Lohjan paperitehtaan kuitusavelle tehtiin analyysit vertailua varten. Primääriliete eli kuituliete (Apila Group 2013) syntyy esiselkeytyksessä, jossa jäteveden kiintoaine laskeutetaan (kuvat 1 ja 2). Kuitusavi on siistausprosessin sivuvirta, joka sisältää paperin valmistukseen soveltumatonta kuitumateriaalia sekä täyte- ja päällysteaineita.

Tutkituista kuiduista määritettiin kemiallinen koostumus taulukon 4 mukaisilla menetelmillä. Lisäksi Lielahden kuitulietesuodoksen kemiallinen koostumus määritettiin. Vastanostettua Lielahden kuitulietettä laitettiin Büchner-suppiloon suodatinpaperin päälle ja suppilo kiinnitettiin imupulloon. Massakakussa olevaa vettä imettiin imupulloon, kunnes vettä ei tullut enää kakusta. Suodoksesta määritettiin pH arvo. Suodoksesta määritettiin myös kuiva-ainepitoisuus, liuennut hiili, liuennut tyyppi, hiilihydraatit ja uuteaineet MTBE-uuttoa käyttäen (Örså & Holmbom 1994). Sekä suodoksen muut alkuaineet määritettiin ICP-EOS:llä (induktiivisesti kytketty plasma optinen emissio spektrometria). Lisäksi Lielahden kuitulietteen kemialliset typensidontapotentiaalikokeet suoritettiin laboratoriossa. Noin 5 grammaa kuivaksi laskettua kuitua hajotettiin ultrapuhtaassa vedessä sekoittimella erillisiksi kuiduiksi. Kuitusulpun lopulliseksi tilavuudeksi säädettiin 1000 ml. Sulppuun lisättiin ammoniumtyyppiä tai nitraattityyppiä ja kuitujen annettiin reagoida tyyppiyhdisteiden kanssa eri pH-arvoissa. Tarkempi kuvaus menetelmästä löytyy liitteestä 1.

Taulukko 4. Kuitujen analyysimenetelmät.

Analyysi	Menetelmä	Viite
Alkuaineet	Märkäpoltto ja ICP-EOS	Miller 1998
Elohopea	AR-uutto	SFS-EN 13650:EN
Uuteaineet	ASE-uutto	Esim. Raitanen et al. 2020
Hemiselluloosat	Hapan metanolyysi ja GC	Sundberg et al. 1996
Selluloosa	Hapan hydrolyysi ja GC	Esim. Raitanen et al. 2020
Ligniini	Rikkihappohydrolyysi ja UV-absorbanssi	TAPPI Test Method T 222 ja TAPPI UM 250
Epäorgaaninen hiili	Karbonaattihiili	NEN EN ISO 10693 : 2014
Kokonaishiili	Kuivapolttot ja kokonaishiili ja orgaaninen hiili	ISO 10694 : 1995
Kokonaistyyppi	Kuivapolttot	ISO 13878 : 1998
Nitraattityyppi	Vesiuutto	EN 13652

3.2.2. Maamonoliittikokeet

Maamonoliitit otettiin syksyllä 2018 Ypäjän kenttäkokeen kerrannesaumassa olleista koeruuduista, joilla tutkitiin syksyllä levitettyjen kuitujen vaikutusta seuraavan kasvukauden kevätevehnäsatoon. Monoliittien halkaisija oli 29,5 cm ja korkeus n. 35 cm. Monoliittien otto on esitetty kuvassa 8.

Maamonoliittikoe perustettiin 14.-17. tammikuuta 2019. Maamonoliiteista kuorittiin 10 cm:n kerros pois, ja siihen lisättiin Lielahden pohjasta nostettua valutettua kuitulietettä (nollakuitua) tai kalkkistabiloitua ravinnekuitua. Kuitujen nimelliset levitysmäärät olivat 0, 1, 2, 4, 8 ja 16 tonnia **orgaanista hiiltä** per hehtaari. Kokeen perustamisen jälkeen orgaanisen hiilen pitoisuudet määritettiin kenttäkokeen levitysten yhteydessä otetuista näytteistä. Samaa materiaalia käytettiin monoliittikokeissa. Todellisuudessa kuitulietettä lisättiin 92 % ja ravinnekuitua 80 % tavoitearvoista. Monoliitteja oli yhteensä 11. Kuitu sekoitettiin kuorittuun pintakerrokseen ja laitettiin takaisin asianomaisen monoliitin päälle. Sekoituksella imitoitiin pellolla tehtävää kuitujen multausta kultivaattorilla. Monoliitit altistettiin syys-, kevät- ja kesäsimulaatioille. Monoliitteja kasteltiin vastaten sadantaa 2 mm vrk⁻¹ kolmesti viikosta. Monoliittien läpi valunut huuhtouma otettiin talteen ja punnittiin. Lisäksi huuhtoumasta analysoitiin ravinteet ja niistä määritettiin sameus, sähkönjohtavuus ja pH-arvo. Syys- ja kevät-simulaation välillä monoliitit pakastettiin ja säilytettiin – 5 °C:ssa kuvaten talvea. Talvisimulaatio alkoi 21. maaliskuuta 2019. Pakastettujen monoliittien päälle laitettiin 8 litraa jäätä, joka sulatettiin kevät-simulaation alussa nostamalla ympäristön lämpötila vähitellen – 5 °C:seen. Vuodenaikasimulaatioiden olosuhteet on esitetty Taulukossa 10. Kevät-simulaation jälkeen monoliitit siirrettiin kasvihuoneeseen 20. syyskuuta 2019, ja niihin kylvettiin italianraiheinää. Monoliitit lannoitettiin kaksi kertaa. Raiheinä niitettiin noin kerran viikossa, ja niistä määritettiin raiheinän sato. Purun yhteydessä 5.-7. helmikuuta 2020 monoliitit jaettiin kolmeen osaan: ylimpään pintakerrokseen, n. 10 cm, johon kuitulietteen oli sekoitettu, keskikerrokseen, 10 cm, ja loppu pohjamaakerrokseen n. 15 cm (kuva 10). Ylimmän kerroksen alapinta oli sama kuin kuituja lisätessä. Se painui kasaan kevät-simulaation alussa sulaessaan eri määrän monoliitista riippuen. Monoliittien kerrokset punnittiin, ja niiden

ravinnepitoisuudet ja kuiva-ainepitoisuus määritettiin. Lisäksi monoliittien pinnankorkeuden muutokset mitattiin ennen kevätsimulaation alkua ja kesäsimulaation jälkeen purun yhteydessä.

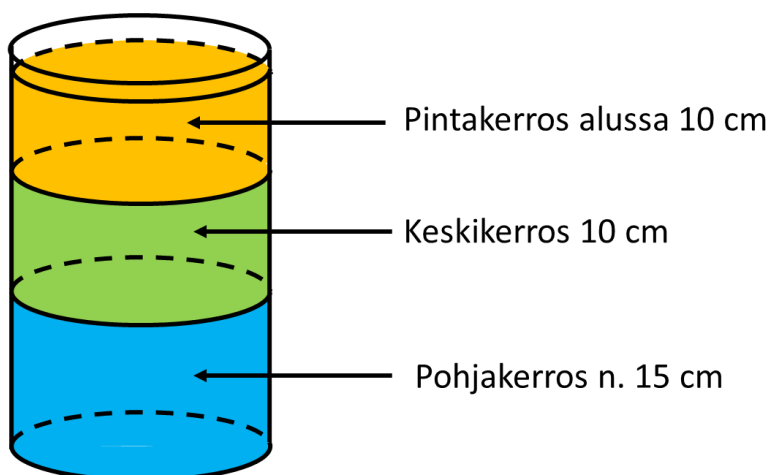


Kuva 8. Monoliitin otto Ypäjän kenttäkokeesta.

Kuvassa 9 esitetään syys-, kevät- ja kesäsimulaatioiden koejärjestely.



Kuva 9. Maamonoliittikoejärjestely syys- ja kevätsimulaatioiden aikana (vasen) ja kesäsimulaation aikana (oikea)



Kuva 10. Monoliittien kerrosrakenne.

Taulukko 5. Maamonoliittikokeiden huuhtoumanäytteiden oton ja muiden toimenpiteiden aikataulu ja ympäristön lämpötila.

Syksy																	
Päivä simuloinnin alusta	1 ^{a)}	7	11	18	25	32	39	46	53	60							
Huuhtoumanäyte		x	x	x	x	x	x	x	x	x							
Lämpötila, °C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
Kevät																	
Päivä simuloinnin alusta	1 ^{b)}	4	11	23	30	37	44	51	58	65							
Huuhtoumanäyte		x*	x*	x*	x	x	x	x	x	x							
Lämpötila, °C	1,8	2,2	2,5	4,8	4,9	4,9	4,7	5	5	5							
Kesä																	
Päivä simuloinnin alusta	1 ^{c)}	3	10	17	20	25	31	33	34	48	55	63	73	80	91	101	112
Huuhtoumanäyte		x	x	x			x										
Kylvö					x												
Lannoitus								x**				x**					
Niitto									x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lämpötila, °C	n/a	n/a	13,7	16,5	19,7	17,2	18,0	19,2	14,6	16,0	15,9	15,2	17,2	16,2	15,6	15,2	14,4

*) Näyte sulamisveden valunnasta, **) Typpilannoitus 308 kg ha⁻¹ kerta, a) aloitus 21.1.2019, b) aloitus 15.7.2019, c) aloitus 20.9.2019.

Nitraattitypen osuus liukoisesta kokonaistypestä oli niin merkittävä, että liukoisen kokonaistypen sijaan tuloksissa raportoidaan vain nitraattitypen huuhtouma ja ammoniumtyppi on vertailuna mukana liukoisen typen eri komponenttien merkittävän eron havainnollistamiseksi. Huomioitavaa on, että kesäsimulaatiosta saatiin vain sen alussa muutama huuhtoumanäyte suuren kokonaishaidunnan takia. Huuhtouman ravinnepitoisuudet olivat hyvin pienet jo toisen näytteenoton jälkeen, eikä niitä raportoida.

Valumanäytteiden ja maamonoliittinäytteiden kemialliset analyysit ovat taulukossa 6. Määritetyistä pitoisuuksista laskettiin huuhtouma valuman monoliitin pinta-ala perusteella. Maanäytteistä tehdyt mikrobiologiset analyysit ovat taulukossa 7.

Taulukko 6. Valumavesien ja maamonoliittinäytteiden analyysimenetelmät.

Matriisi	Analyysi	Menetelmä	Viite
Vesi	Ammoniumtyppi		SFS 3032 ja Skalar SAN++ Method for ammonia
Vesi	Nitraattityppi		SFS 3030 ja Skalar SAN++ Method for nitrate and nitrite
Vesi	Liukoinen kokonaistyyppi	Peroksodisulfaatti-hapetus	SFS 3031
Vesi	Sähkönjohtokyky		SFS-EN 27888
Vesi	Sameus		SFS-EN ISO 7027
Vesi	pH		
Maa	Ammoniumtyppi	Esala 1991, 1993 Uutto 2 M KCl	SFS 3032 ja Skalar SAN++ Method for ammonia
Maa	Nitraattityppi		SFS 3030 ja Skalar SAN++ Method for nitrate and nitrite
Maa	Kokonaistyyppi		SFS 3031

Mikrobisto on "maan moottori". Se on aktiivinen osa maata ja ylläpitää peltomaan mineralisaatio-immobilisaatio-prosessia sekä koko tyypin kiertoa. Maanäytteistä mitattiin mikrobibiomassan kokonaismäärä (mikrobiston sisältämä hiili (C_{mic}) ja tyyppi (N_{mic}); taulukko 7). Mikrobibiomassa (C_{mic} , N_{mic}) on yleinen maan laadun (soil quality) indikaattori, jota käytetään erilaisten käsittelyjen ja viljelytoimenpiteiden vaikutusten seurannassa (Lehman ym. 2015). Mikrobibiomassa on myös maan orgaanisen aineksen osa ja dynaaminen varasto. Metaboliansa kautta mikrobisto muuttaa helppoliukoisessa muodossa olevaa hiiltä ja tyyppiä kestonuotoon ns. maaperän mikrobiston hiilipumpun avulla (Liang ym. 2017). Siten mikrobiston biomassassa tapahtuvat muutokset voivat ennakoita maan eloperäisen aineksen kokonaismäärässä tapahtuvia muutoksia.

Taulukko 7. Maamonoliittien maanäytteiden mikrobiologiset analyysimenetelmät.

Matriisi	Analyysi	Menetelmä	Viite
Maa	Mikrobibiomassa-hiili (C_{mic})	Kaasutus-suorauutto	ISO 14240-2:1997; Palojärvi ym. 2002
Maa	Mikrobibiomassa-typpi (N_{mic})	Kaasutus-suorauutto	ISO 14240-2:1997; Palojärvi ym. 2002
Maa	Mikrobibiomassan C_{mic}/N_{mic}		

3.2.3. Kenttäkokeet

Yleiskuvaus kenttäkokeista

Vähäravinteisten materiaalien käyttöä syksyllä maanparannusaineena sadonkorjuun jälkeen mineralisoituvan tai jäljellä olevan liukoisien typen sitomiseen tutkittiin kenttäkokeissa Ypäjällä vuosina 2018 - 2020. Keväällä 2018 valittu kenttäkokeisiin käytettävä peltolohko, jonka pinta-ala on 12,36 ha, sijaitsee Ypäjällä (Karrimäentie 263, 60°47'38.0"N 23°19'37.7"E). Kenttäkokeessa seurattiin syksyllä levitetyn kuitulietteen ja ravinnekuidun sekä aluskasvin ja kerääjäkasvin vaikutusta seuraavan vuoden satoon, sen laatuun, maan liukoisien typen pitoisuuteen ja mikrobiologiaan. Kasvukaudella 2020 seurattiin myös syksyllä 2018 tehtyjen kuidunlevitysten vaikutusta satoon ja sen laatuun. Koealueen, jolle kuidut levitettiin lokakuussa 2018 maalaji oli runsasmultainen hiesusavi (hieta ja karkeammat jakeet 13 %, hiesu 39 %, saves 45 % ja hehkutushäviö 10,1 %). Koealueen, jolle kuidut levitettiin lokakuussa 2019 maalaji oli niin ikään runsasmultainen hiesusavi (hieta ja karkeammat jakeet 16 %, hiesu 47 %, saves 38 % ja hehkutushäviö 7,7 %). Hiesua oli kuitenkin selvästi enemmän ja savesta vähemmän. Tästä koealueesta määritettiin myös pohjamaan maalaji. Se oli multava hiesusavi (hieta ja karkeammat jakeet 12 %, hiesu 44 %, saves 45 % ja hehkutushäviö 5,1 %).

Esikasvit sekä aluskasvi- ja kerääjäkasvikäsittelyiden perustaminen esikasvustoihin

Aluskasvina toiminut italianraiheinä (Meroa; 10 kg ha⁻¹) kylvettiin 8.6.2018 orastumassa olevaan kaurakasvustoon siihen mitatun koekentän asianomaisiin ruutuihin ja 16.5.2019 orastumassa olevaan ohrakasvustoon Juko 250-laahavannaskylvökoneella. Kesän 2018 kuivuudessakin 5. syyskuuta 2018 puitu kaurasato oli noin 4900 kg ha⁻¹ (RH 14 %), vaikka kaurasadot olivat silloin yleensä vain runsaat 1 t ha⁻¹. Kylvön yhteydessä se oli saanut 94 kg ha⁻¹ typpeä. Esikasvina toimineen 30. huhtikuuta 2019 kylvetyn ja 29. elokuuta 2019 puidun Justus-ohran satotasoksi määritettiin 3800 kg ha⁻¹. Lannoitteena oli käytetty BeFert CAN 27-lannoitetta 350 kg ha⁻¹, jolloin sen mukana se sai 94,5 kg N ha⁻¹. Kerääjäkasvina toimi samainen italianraiheinä, joka kylvettiin suorakylvökoneella niin ikään 10 kg ha⁻¹ 6. syyskuuta 2018 ja 10. syyskuuta 2019 esikasvin korjuun jälkeen.

Esimaanäytteet ja kuitujen levitystä valmistelevat toimenpiteet

Esikasvin korjuun jälkeen koealueesta otettiin muokkauskerroksesta (10 – 20 cm) maanäytteet lohkoittain kookoamanäytteenä liukaisen typen pitoisuuden määrittämiseksi 10. syyskuuta 2018 ja 3. syyskuuta 2019. Jäljellä olevan liukaisen pitoisuus oli kumpanakin vuonna pieni, minkä tähden koealueelle levitettiin typpilannoitetta vasten 27 kg N ha⁻¹ (24.9.2018, Suomensalpietari) ja 50 kg N ha⁻¹ (17.9.2019; Suomensalpietari) annosta, jotta kuiduilla olisi jotain sidottavaa. Tämän voidaan katsoa kuvaavan syksyllä sadonkorjuun jälkeen tehtävää karjanlannan levitystä. Mineraalilannoitteella saavutetaan kuitenkin parempi levitystasaisuus. Menettelyllä korvattiin alkuperäisen suunnitelman mukainen ylisuuri esikasvin lannoitus. Uuden levitysalueen kestoriikkakasvit, kuten juolavehnä, hävitettiin 24. lokakuuta 2019 glyphosaattivalmisteella alus- ja kerääjäkasvikäsittelyitä lukuun ottamatta.

Syksyllä 2018 ja 2019 käytetyt kuidut ja niiden esikäsitteily

Syksyllä 2018 kuitulietteenä käytettiin Lielahden pohjasta nostettua kuitulietettä, joka oli kertynyt sinne 1900-luvun alkupuolella, ja syksyllä 2019 myös tavanomaista kuitulietettä (Pehtoorin Kate; Humuspehtoori Oy, Liite 2). Tavanomaisen kuituliete otettiin mukaan kenttäkokeisiin, koska hankkeen aikana heräsi epäily, että Lielahden pohjasta nostettu kuituliete ei välttämättä edustaisi tuotetta kuitulietettä. Ravinnekuituna käytettiin kalkistabiloitua sekalietettä (Soilfood Ravinnekuitu I, Soilfood Oy, liite 3).



Kuva 11. Kuitulietteen nouto Lielahdesta 18.7.2018

Syksyn 2018 levityksissä käytetty Lielahden kuituliete noudettiin Jokioisille 18. heinäkuuta 2018 (kuva 11). Sen kuiva-ainepitoisuus oli hyvin pieni noin 10 %, ja se oli olomuodoltaan lietettä. Se kipattiin lantalaatalle (kuva 12), ja sen annettiin valua viikko, kunnes se kasattiin 24. heinäkuuta lantalaatan seinämää vastaan. Valuttamalla kuiva-ainepitoisuus nousi tasolle noin 20 %, jonka jälkeen se oli käsiteltävissä kiinteänä (kuva 13). Kuituliete kuormattiin traktorin perävaunuun ja säilytettiin siinä levitykseen asti. Se painui voimakkaasti kasaan, ja siihen ilmestyi itiöemiä (kuva 14). Se kipattiin laatalle ja kuormattiin uudelleen ennen levitystä, jotta se saatiin sekoitettua tasalaatuiseksi. Alkuperäisestä massasta 15 tonnia oli valutuksen jälkeen jäljellä 6,4 tonnia, josta levitysten jälkeen jäi jäljellä noin 0,5 tonnia. Käytännön toiminnassa kuitulietteen kuiva-ainepitoisuuden pitää olla vähintään 20 %, mutta mielellään enemmän. Veden kuljetus ei ole tarkoituksenmukaista, ja se on kallista. Jos Lielahden pohjassa oleva kuituliete päätetään nostaa ja käyttää maanparannusaineena, on Hiedanrantaan tai muutoin lähistölle järjestettävä asianmukaiset valmiudet kuitulietteen valutukseen tai muuhun esikuivaukseen. Valumavesi on käytännössä johdettava jätevedenpuhdistamolle. Paperitehtaalla nollakuitu kuivataan ruuvilla, suotonauhalla tai lingolla, jolloin kuiva-ainepitoisuudeksi muodostuu 30 – 50 %. Rejekti palautetaan puhdistusprosessiin.



Kuva 12. Lielahdesta nostetun kuitulietteen kippaus lantalaatalle kuivumaan 18.7.2018

Ravinnekuitu noudettiin Qvidjasta Paraisilta 12. syyskuuta 2018. Se oli periaatteessa Soilfoodin markkinoimaa ravinnekuitua (liite 3). Sitä säilytettiin vaihtolavassa katon ja pressun alla levitykseen saakka. Varastoinnin aikana tuote lämpeni selvästi. Noudon yhteydessä otettujen näytteiden perusteella ravinnekuidun typpipitoisuudet poikkesivat selvästi tuoteselosteen pitoisuuksista. Noudon yhteydessä otettujen näytteiden liukoisien kokonaistypen pitoisuus oli vain 252 kg t^{-1} , kun tuoteselosteen mukaan sen pitoisuuden piti olla $0,87 \text{ kg t}^{-1}$. Siinä oli vain 12 mg kg^{-1} ammoniumtyyppiä. Tulos herätti heti alkuunsa hämmennystä, ja epäiltiin lähinnä autonkuljettajan näytteenottokykyä, minkä takia levitykseen kuitenkin käytettiin kyseistä erää, kun muitakaan vaihtoehtoja ei oikein ollut. Myöhemmin levityksen yhteydessä otettujen näytteiden pitoisuudet olivat kuitenkin varsin lähellä ennakkonäytteiden pitoisuuksia. Ennen levitystä kuorma kipattiin laatalle ja kuormattiin uudelleen, jotta se saatiin sekoitettua tasalaatuiseksi.

Syksyn 2019 levityksissä käytetty Lielahden kuitulietettä oli valutettu Lielahden rannassa ennen kuin se noudettiin sieltä 30. syyskuuta 2019. Se kipattiin Jokioisissa lantalaatalle kuivumaan edelleen. Se oli jo lähtötilanteessa merkittävästi kuivempaa kuin syksyllä 2018 käytetty erä. Ravinnekuitu ja tavallinen kuituliete toimitettiin tai noudettiin samaiselle lantalaatalle. Kippauksen jälkeen kuidut kasattiin laatan seinämää vasten ja peitettiin, jotta sadevesi ei niitä kastelisi. Kuituja säilytettiin laatalle levitykseen saakka. Tavallinen kuituliete levitettiin

kuitenkin jo seuraavana päivänä noudon jälkeen. Laatalta kuidut kuormattiin traktorin perävaunuun levitystä varten. Samalla massa tuli sekoitettua tasaiseksi.



Kuva 13. Valutettu ja kasattu Lielahdesta nostettu kuituliete 6.8.2018



Kuva 14. Perävaunuun varastoitu Lielahden kuituliete 23.9.2018

Kuitukäsittelyt ja niiden levitysmäärien perusteet

Kuitujen levitysmäärän perusteeksi valittiin sen mukana tulevan orgaanisen hiilen annos. Käytetyt orgaanisen hiilen nimelliset annokset olivat 16, 8, 4, 2, 1 ja 0 t ha⁻¹ käytettyjen kuitujen ennakkonäytteistä syksyllä 2018 määritetyn orgaanisen hiilen pitoisuuden perusteella. Levitysmäärän laskennassa käytettiin syksyllä 2018 kuitulietteelle orgaanisen hiilen pitoisuutta 48,3 % ja kuiva-ainepitoisuutta 19,2 %, ravinnekuidulle orgaanisen hiilen pitoisuutta 34,1 % ja kuiva-ainepitoisuutta 40,5 %. Lopulliset orgaanisen hiilen annokset määritettiin levityksen yhteydessä otettujen näytteiden analyysitulosten perusteella. Syksyllä 2018 kuidut levitettiin asianomaisiin koeruutuihin 25. ja 26. lokakuuta 2018 (kuvat 15, 16, 17 ja 18).



Kuva 15. Saaveihin punnittujen kuitujen levitys koeruutuihin



Kuva 16. Kuitujen haravointi koeruuduissa tasaiseksi kerrokseksi



Kuva 17. Vasemmalla kerääjä- ja aluskasvikäsittely ja vasemmalla kuitulietekäsittelyt erilaisina määrinä



Kuva 18. Ravinnekuitukäsittelyt erilaisina määrinä.

Syksyllä 2019 orgaanisen hiilen pitoisuutena kuiva-aineesta käytettiin jo syksyllä 2018 määritettyjä pitoisuuksia levitysmääriä laskettaessa, koska Lielahdesta nostettu kuituliete ja Solifoodin toimittava kuituliete olivat periaatteessa samaa tavaraa kuin edellisenä vuonna. Levitysmäärien laskennassa otettiin kuitenkin huomioon erilaiset kuiva-ainepitoisuudet. Kuiva-ainepitoisuuksina levitysmääriä laskettaessa käytettiin Lielahden kuitulietteen 26,3 %, ravinnekuidulle 35,0 % ja Humuspehtoorin kuitulietteen 28,9 % niistä otettujen näytteiden kuiva-ainepitoisuuden perusteella. Humuspehtoorin kuitulietettä käytettiin jättäen suurin kuituannos pois käsittelyistä, koska kenttäkokeessa ei ollut riittävästi koeruutuja käytettävissä. Sen orgaanisen hiilen pitoisuutena kuiva-aineesta käytettiin arvauksena 37,0 % kuiva-aineesta, koska sitä ei ehditty määrittämään. Arvaus osui 1 %-yksikön päähän levitysnäytteistä analysoiduista. Kuidut levitettiin asianomaisiin koeruutuihin 15.

(ravinnekuitu), 16. (Lielahden nollakuitu) ja 18. (tavallinen nollakuitu) lokakuuta 2019. Kuvasta 19 voidaan nähdä miltä erilaiset kuidut ja niiden levitysmäärät sekä alus- ja kerääjäkasviruudut näyttivät ilmasta käsin syksyllä 2019.



Kuva 19. Droonikuva 24.10.2019 syksyllä tehdyistä kuitukäsittelyistä. Aluskasvi kylvettiin suojaviljaan jo keväällä viljan kylvön yhteydessä. Lielahden kuituliete näkyy ruuduissa mustana, tavallinen kuituliete valkoisena ja ravinnekuitu ruskeana. Ruudun pituus on 15 m ja leveys 2,5 m. Kuva: Antti Laine.

Levitysten yhteydessä otetut näytteet, niiden analysointi, käytettyjen kuitujen kuvaus analyysituloksiin perustuen ja analyysituloksen käyttö tulosten käsittelyssä

Levitysten yhteydessä kustakin kuiduista otettiin kaksi näytettä, joista ensimmäinen otettiin ensimmäisen lohkon levityksen yhteydessä ja toinen neljännen lohkon levityksen yhteydessä. Näytteen toimitettiin Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n analysoitavaksi. Orgaanisen hiilen pitoisuuden (EN 14346: 2007-03 (ka) ja EN 13137: 2001-12 (org. C ka)) lisäksi analysoitiin kokonaistyyppi (EN 13654-1 (mod.); EN 13342), vesiliukoinen kokonaistyyppi (EN 13652), ammonium- ja nitraattityppi (EN 13652), vesiliukoinen fosfori (EN 13652), elohopean kokonaispitoisuus (EN 13650) (2018), kuiva-ainepitoisuus (EN 13040:2008-01), tilavuuspaino. Orgaaninen liukoinen tyyppi määritettiin vähentämällä liukoisesta kokonaistypestä ammonium- ja nitraattityppi. Lopullisen orgaanisen hiilen annoksen kuin myös ravinnemäärien määrittämiseen käytettiin levityksen yhteydessä otettujen näytteiden pitoisuuksia kahden näytteen keskiarvona.

Syksyllä 2018 käytetyssä Lielahden kuitulietteessä oli levityksen yhteydessä otettujen näytteiden mukaan orgaanista hiiltä 44,5 % ja ravinnekuidussa 27,5 % kuiva-aineesta. Kuitulietteen ja ravinnekuidun annosten laskennassa oli käytetty orgaanisen hiilen pitoisuuksia 48,3 % ja 34,1 % ennakkonäytteiden pitoisuuksien mukaisesti, vastaavasti. Ravinnekuidun orgaanisen hiilen lopullinen pitoisuus oli siten selvästi pienempi kuin ennakkonäytteessä ja erittäin paljon pienempi kuin normaalin kalkkistabiloidun ravinnekuidun. Tämän takia orgaanisen hiilen annokset jäivät sitä käytettäessä suunniteltua pienemmiksi. Lopullisen orgaanisen hiilen annoksen muodostumiseen vaikutti kuitenkin myös kuitujen kuiva-ainepitoisuus levityshetkellä, jolloin kuitulieteanneksista muodostui suunniteltuja suurempia ja ravinnekuituannoksista suunniteltuja pienempiä.

Lielahden kuitulietteen kuiva-ainepitoisuus oli levitettäessä keskimäärin 23,8 %, joka saavutettiin valuttamalla sitä lantalaatalla peitettynä edellä kuvatulla tavalla. Logistisesti saattaisi olla eduksi, jos sen saisi kuivemmaksi, koska joka kuormassa on noin $\frac{3}{4}$ vettä. Esimerkiksi seuraavana syksynä käytetyn Humuspehtoorin kuitulietteen (Pehtoorin kate) kuiva-ainepitoisuus oli 30 %. Sen kuiva-ainepitoisuus oli kuitenkin levityksen kannalta varsin sopiva. 1 t ha^{-1} orgaanista hiiltä vastasi $9,4 \text{ t ha}^{-1}$ tuoretta kuitulietettä ja $8,6 \text{ t ha}^{-1}$ tuoretta ravinnekuitua.

Syksyllä 2018 käytetty ravinnekuitu oli selvästi kuivempaa kuin kuituliete. Sen kuiva-ainepitoisuus oli keksimäärin 42,5 %, mutta sen orgaanisen hiilen pitoisuus oli pieni. Kosteuden takia kuitulietteen tilavuuspaino oli verraten suuri keksimäärin 765 kg m⁻³. Ravinnekuitu oli kuivuutensa takia kevyttä. Sen tilavuuspaino oli keskimäärin vain 480 kg m⁻³.

Lielahden kuitulietteen mukana ei tullut syksyllä 2018 oleellista määrää liukoista typpeä, mutta kylläkin kokonaistyyppiannos oli melkoinen. Suurimmalla orgaanisen hiilen tasolla 18,3 t ha⁻¹ kokonaistyyppiä tuli 250 kg ha⁻¹. Kadmiumkuormituksen perusteella suurin sallittu annos orgaanista hiiltä oli 8,1 t ha⁻¹ viidessä vuodessa tällä nimenomaisella erällä. Koska sitä ei oletusarvoisesti tulkita puhdistamolietteeksi, sen aiheuttamia muita haitallisten metallien kuormituksia ei tarvitse seurata. Lietetuotteena sen käyttömääriä rajoittaisi kuitenkin eniten sen elohopeapitoisuus rajaten levitysmääräksi 2,3 t org. C ha⁻¹ viidessä vuodessa (taulukko 8). Ravinnekuidun mukana tullut liukoisen typen määrä oli varsin pieni, kun ottaa huomioon se kadmiumpitoisuuden kautta tulevan sallitun käyttömäärän, 3,6 t org. C ha⁻¹ 5 vuodessa. Jälkikäteen tarkasteltuna kaikki kenttäkokeen annokset, kolmea pientä lukuun ottamatta, olivat kadmiumkuormituksen takia laittomia tällä nimenomaisella kuituerällä. Ravinnekuituihin puuraaka-aineesta peräsin oleva kadmium päätyy soodasakan (kts. kuva 1) kautta veteen liuotettuna kemiallisessa massanvalmistuksessa ja rikastuu puhdistusaltaissa ravinnekuidun raaka-aineena olevaan biolietteeseen (Apilagroup 2013). Tosin Lielahdessa ei ole ollut biologista puhdistusta sedimentin muodostuessa, vaan jätevedet on johdettu suoraan Lielahteen.

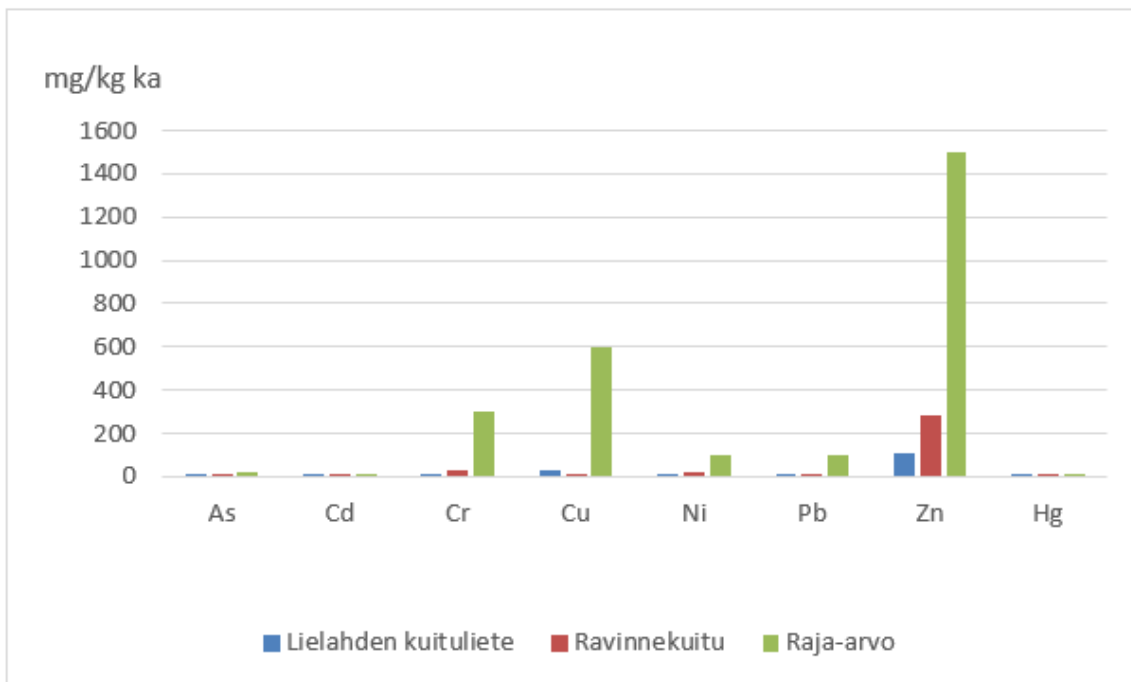
Siitä huolimatta kadmium ei ollut yhtä rajoittava kuin käytetyssä ravinnekuidussa (taulukko 8). Mekaanisen massanvalmistuksen jätevedenpuhdistuksessa syntyvä bioliete on tässä suhteessa puhtaampaa, joten riippuen raaka-aineesta ravinnekuitujen käyttömäärät voivat olla suurempia. Soodasakan kautta biolietein rikastuu kemiallisessa massanvalmistuksessa muitakin haitallisia metalleja, jotka päätyvät ravinnekuituihin. Lisäksi sen nikkeli- ja sinkkipitoisuudet olivat varsin rajoittavia vastaten orgaanisen hiilen annoksia 6,0 t ha⁻¹ ja 7,2 t ha⁻¹ viidessä vuodessa, vastaavasti (taulukko 8). Jos Lielahden sedimenttiä tarkasteltaisiin lietetuotteena eli lietetuotteiden kuormitusrajoja soveltaen, Soilfoodilta syksyllä 2018 saadussa ravinnekuidussa Lielahden kuitulietettä suuremmaksi ongelmaksi nousisivat mm. kromi, nikkeli ja sinkki, joten massa- ja paperiteollisuuden prosessien tarkastelu sivuvirtojen lannoitevalmistekäytön näkökulmasta on tarpeellista.

Taulukko 8. Haitallisten metallien pitoisuus orgaanisesta hiilestä kenttäkokeissa syksyllä 2018 käytetyissä kuiduissa ja sallittu orgaanisen hiilen annos viidessä vuodessa kunkin haitallisen metallin mukaan. Kuitulietteen osalta muut kuin kadmium on esitetty vain vertailun pohjaksi.

Haitallinen metalli	Lielahden kuituliete g/t org. C	Ravinnekuitu g/t org. C	Lielahden kuituliete t org, C/5 v	Ravinnekuitu t org, C/5 v
Cd	0,921	2,073	8,1	3,6
Cr	21,3	92,7	70,3	16,2
Cu	62,9	56,4	47,7	53,2
Ni	28,1	83,6	17,8	6,0
Pb	24,7	18,0	20,2	27,8
Zn	236,0	1036,4	31,8	7,2
Hg	2,202	0,331	2,3	15,1

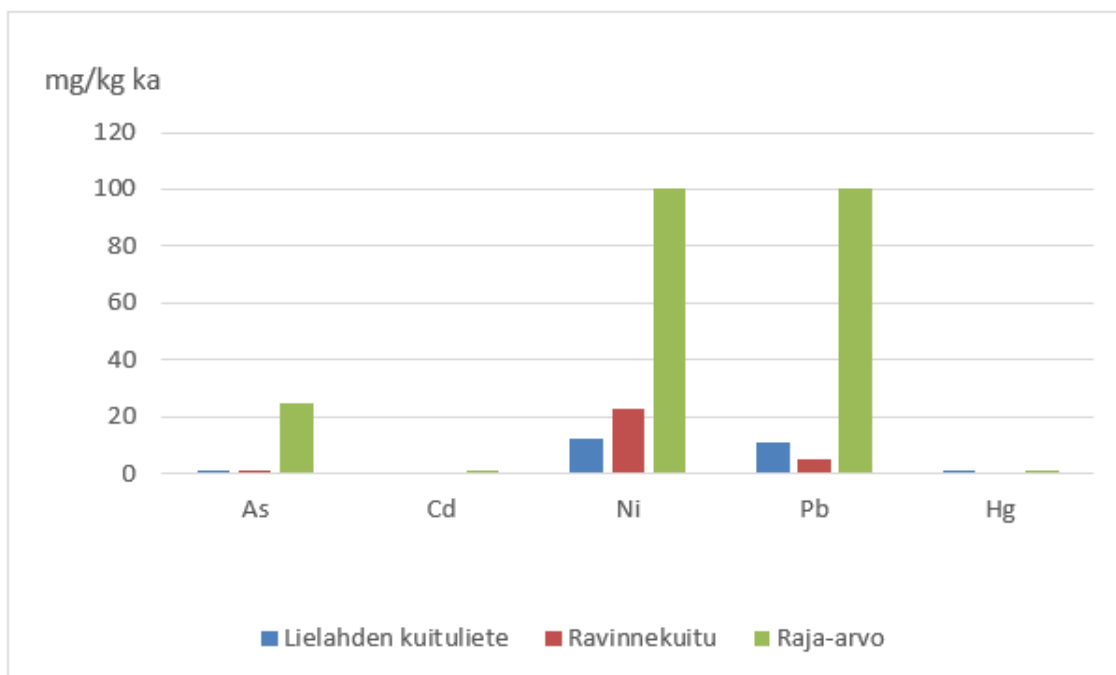
Syksyllä 2019 levitetyistä vastaavista eristä haitallisia metalleja ei määritetty, koska niiden piti olla samaa erää kuin syksyllä 2018. Myöskään Humuspehtoorin kuitulietteen haitallisten metallien pitoisuutta ei määritetty. Tuoreen kuitulietteen haitallisten metallien pitoisuus on selvästi pienempi kuin historiallisten sedimenttien, kuten Lielahden kuitulietteen, jossa nimenomaisesti elohopeapitoisuus on ongelma. Elohopeapitoisuus liittyy kuitenkin Lielahdessa käytettyyn kloorialkalivalikaisuun eikä kaikkiin historiallisiin sedimentteihin (Krogerus 1988 ja Myller 2015). Lielahden sedimentin muiden haitallisten metallien pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin tuoreessa nollakuidussa, mutta vaikka kadmiumia lukuun ottamatta muiden haitallisten metallien kuormitus jätettäisiin ottamatta huomioon lannoitevalmistusasetuksen kirjaimen mukaisesti, kadmiumkuormitus on levitysmääriä rajoittava tekijä varsinkin vuosittain tapahtuvassa käsittelyssä. Lielahden kuituliete on ainakin tässä hankkeessa erityistapaus, jonka haitallisia metalleja oli pakko tarkastella sen hyödyntämisenäkökulmassa. Ravinnekuidun ja Humuspehtoorin kuitulietteen osalta haitallisia metalleja ei kannata pohtia juuri näiden erien kannalta, koska niillä ei ollut suoranaisia satovaikutuksia kenttäkokeissa. Sen sijaan haitallisten metallien pitoisuuksia

kannattaa tarkastella saatavilla olevien ravinnekuitujen ja tuoreiden kuitulietteiden pitoisuuksien pohjalta, koska riippuen raaka-aineen lähteestä niissä voi olla merkittäviä eroja.



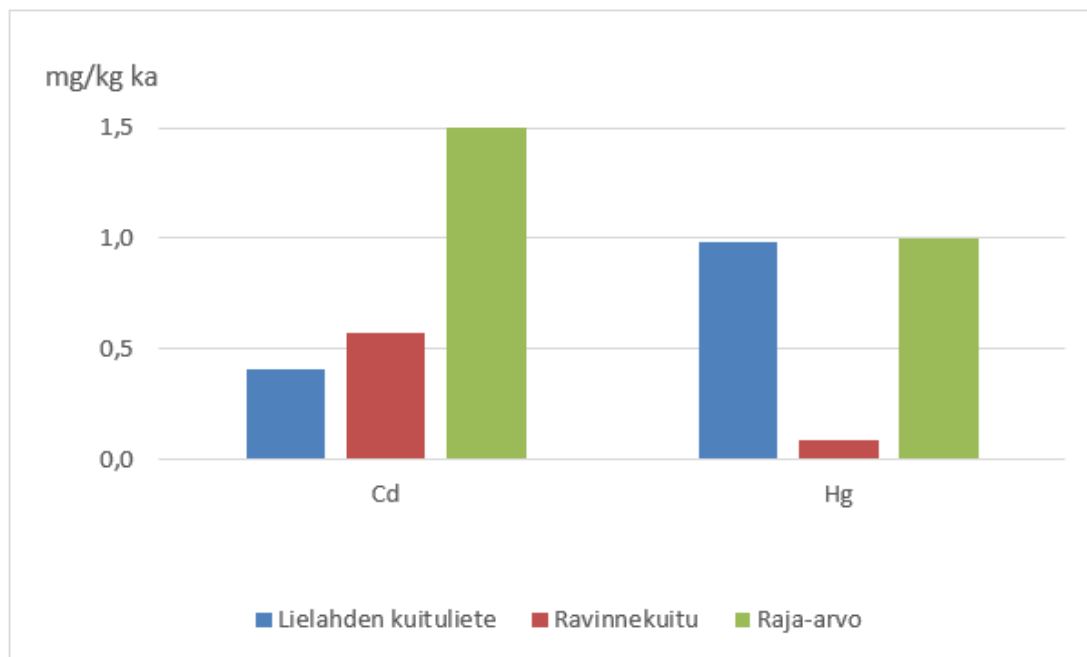
Kuva 20. Kaikkien haitallisten metallien pitoisuudet syksyllä 2018 käytetyissä kuiduissa suhteessa lannoitevalmisteasetuksen (MMMa 2011) raja-arvoon

Kenttäkokeissa syksyllä 2018 käytetyn kuitulietteen ja ravinnekuidun haitallisten metallien pitoisuudet, joiden raja-arvot ovat vähintään satoja milligrammoja kilossa kuiva-ainetta, eivät olleet lähelläkään raja-arvoja (kuva 20).



Kuva 21. Niiden haitallisten metallien pitoisuudet syksyllä 2018 käytetyissä kuiduissa suhteessa lannoitevalmisteasetuksen (MMMa 2011) raja-arvoon, joka on enintään 100 mg kg⁻¹ ka

Myöskään niiden haitallisten metallien pitoisuudet, joiden raja-arvo on 20 – 100 mg kg⁻¹ ha, eivät olleet kummallakaan kuidulla lähellä raja-arvoa (kuva 21).



Kuva 22. Niiden haitallisten metallien pitoisuudet syksyllä 2018 käytetyissä kuiduissa suhteessa lannoitevalmistasetuksen (MMMa 2011) raja-arvoon, joka on enintään 1,5 mg kg⁻¹ ka

Sen sijaan niiden haitallisten metallien, joiden raja-arvo on noin 1 mg kg⁻¹ ka, pitoisuudet muodostuivat ongelmaksi kuitujen runsaalle käytölle (kuva 22). Vaikka pitoisuudet olivatkin alle raja-arvojen vähintäänkin niukasti, kadmiumin ja elohopean suhteellisen suuret pitoisuudet johtivat varsin suureen kuormitukseen jomella pienillä levitysmäärillä.

Syksyllä 2018 käytetyn ravinnekuidun liukoisien kokonaistypen pitoisuus oli vain 1,84 kg t⁻¹ org. C. Siitä 87,3 % oli liukoista orgaanista typpeä, joten se oli hyvin hidasvaikutteista. Suurimmallakin orgaanisen hiilen levitysmäärällä 13,5 t ha⁻¹ liukoisien kokonaistypen annos oli vain 24,9 kg ha⁻¹, mikä on ravinnekuidulle erittäin epätyypillisen pieni määrä eikä se muodostunut levitysmääriä rajoittavaksi tekijäksi, kuten tavallisesti käy.

Syksyllä 2018 Lielahden kuitulietteen mukana tuli vain 427 g kokonaisfosforia tonnia orgaanista hiiltä kohti, kun ravinnekuidun mukana kokonaisfosforia tuli 2,46 kg t⁻¹ org. C. Kuitulietteen fosforista 2,9 % oli vesiliukoista ja ravinnekuidun vain 0,9 %. Ympäristökorvauksessa kasveille käyttökelpoiseksi fosforiksi ravinnekuidun kokonaisfosforista lietetuotteena lasketaan 60 % (VNa 2015). Kuitulietteen osalta laskentatapa on epäselvä. Joka tapauksessa pieni liukoisuus viittaa siihen, että kasvit eivät ainakaan kovin nopeasti saa sitä käyttöönsä. Suhteessa kasvien tarpeeseen kuitujen mukana tuli merkittävä rikkiannos, mutta on epäselvää, säilyykö se maassa huuhtoutumatta keväseen saakka, koska se periaatteessa käyttäytyy maassa kuten nitraattityppi. Syksyllä 2018 kuitulietteen mukana tuli rikkiä 13,1 kg t⁻¹ org. C ja ravinnekuidun 7,4 kg t⁻¹ org. C.

Syksyllä 2019 käytetyssä Lielahden kuitulietteessä oli orgaanista hiiltä 40,5 % kuiva-aineesta, joka on 4,0 %-yksikköä vähemmän kuin edellisenä vuonna. Syksyllä 2019 käytetyssä ravinnekuidussa oli orgaanista hiiltä 39 % kuiva-aineesta, mikä on varsin paljon enemmän kuin syksyn 2018 erän 27,5 %. Annoksen laskennassa käytettiin kuitenkin orgaanisen hiilen pitoisuutta 34,1 %, joka oli syksyn 2018 erän ennakkonäytteet pitoisuus. Humuspehtoorin kuitulietteen orgaanisen hiilen pitoisuuden arvaus 37,0 % osui kohdalleen. Lopullinen pitoisuus oli 38 %. Tässäkin lopulliset orgaanisen hiilen annosten muodostumiseen vaikutti lopullinen kuiva-ainepitoisuus, jolloin Lielahden kuitulietettä käytettäessä orgaanisen hiilen annos jäi tavoitetta pienemmäksi ja ravinnekuidun sekä Humuspehtoorin kuitulietteen annos tavoitetta suuremmaksi. Tonnia orgaanista hiiltä vastaava annos tuoreena Lielahden kuitulietettä oli 9,5 tonnia, ravinnekuitua 7,4 tonnia ja Humuspehtoorin kuitulietettä 8,7 tonnia. Lielahden kuitulietteen kuiva-ainepitoisuus oli käytännössä sama kuin vuotta aikaisemmin, mutta ravinnekuitu oli selvästi märempää kuiva-ainepitoisuudellaan 34,8 %. Kuiva-ainepitoisuuksien erojen vaikutukset tilavuuspainoon eivät olleet järkeviä.

Syksyllä 2019 erityisesti ravinnekuidun mukana tuli huomattava määrä kokonaistyppeä. Suurimmalla orgaanisen hiilen annoksella $18,2 \text{ t ha}^{-1}$ sitä tuli peräti 1051 kg ha^{-1} . Kuitulietteen mukana kokonaistyppeä tuli suurimmalla orgaanisen hiilen annoksella, $13,2 \text{ t org. C ha}^{-1}$ edellisvuotta vähemmän $164,1 \text{ kg ha}^{-1}$. Humuspehtoorin kuitulietettä ei käytetty kenttäkokeessa suurinta tasoa, mutta sillä kokonaistyppeä olisi tullut $112,1 \text{ kg ha}^{-1}$. Kuitulietteiden mukana tulleen liukoisen typen määrä oli vähäinen, mutta ravinnekuidun mukana sitä tuli runsaasti $22,7 \%$ kokonaistypen määrästä. Liukoiselle typelle syksyllä sallittu annos 35 kg ha^{-1} tuli täyteen jo orgaanisen hiilen annoksella $2,66 \text{ t ha}^{-1}$ (VNa 2014). Syksyn 2019 ravinnekuituerää voidaan liukoisen typen pitoisuuden suhteen pitää normaalina. Siinä liukoisen orgaanisen typen osuus painottui voimakkaasti sen osuuden ollessa 62% :la lopun ollessa ammoniumtyppeä.

Lielahden kuitulietteen fosforipitoisuus oli syksyn 2019 erässä kokonaisfosforia $2,6 \text{ kg t}^{-1} \text{ org. C}$, ravinnekuidussa kokonaisfosforia $2,8 \text{ kg t}^{-1} \text{ org. C}$ ja Humuspehtoorin kuitulietteen $2,6 \text{ kg t}^{-1} \text{ org. C}$. Kuitulietteiden kokonaisfosfori ja orgaanisen hiilen suhde oli varsin samanlainen kuin syksyn 2018 erän vastaavaan. Ravinnekuidussa oli fosforia selvästi vähemmän suhteessa orgaaniseen hiileen kuin syksyn 2018 erässä. Kuitujen mukana tulleiden rikkiannosten määrä oli merkittävä myös syksyn 2019 materiaaleissa. Lielahden kuituliete ja ravinnekuitu sisälsivät runsaasti rikkiä, $9,5$ ja $10,3 \text{ kg t}^{-1} \text{ org. C}$, vastaavasti. Humuspehtoorin kuituliete rikkipitoisuus ole alle alemman määritysraja, joten sen mukana tullutta rikkimäärää ei voitu määrittää. Joka tapauksessa Lielahden kuitulietteen ja ravinnekuidun mukana tulleiden rikkiannosten merkitys on oleellinen seuraavan kasvukauden kasvin kannalta, mutta sen säilyminen maassa seuraavaan kevääseen on epävarmaa.

Kuitujen multaus

Kuidut mullattiin kultivaattorilla maahan työsyvyyden ollessa noin 10 cm syksyllä 2018 välittömästi levityksen jälkeen 26. lokakuuta 2018 ja syksyllä 2019 vajaat kaksi viikkoa sen jälkeen 30. lokakuuta 2019 (kuva 23). Alus- ja kerääjäkasvuruodut muokattiin samalla tavalla kumpanakin syksynä. Vuonna 2018 jätettiin kerran- saumoissa olleet käyttämättömät koeruodut kultivoimatta, joista myöhemmin syksyllä otettiin maamonoliitit työpaketin 1 monoliittikokeisiin.



Kuva 23. Koeruutujen multaus kultivoimalla

Maanäytteet kuitujen levityksen jälkeen

Hankkeessa kuitulietteiden ja ravinnekuidun käytön vaikutusta maan liukoisen typen pitoisuuteen verrattiin tilanteisiin, joissa on käytössä alus- tai kerääjäkasvi, tai ei niitäkään. Käsittelyiden vaikutusta maan liukoisen typen pitoisuuteen tutkittiin ottamalla koeruuduista maanäytteitä 0 – 20 cm ja 20 – 50 cm:n syvyydestä syksyn kuluessa ennen kuitujen levitystä ja sen jälkeen sekä keväällä ennen kylvöä. Syksyn 2019 levitysten jälkeen maanäytteitä voitiin kuitenkin ottaa vasta helmikuussa 2020 sääolosuhteiden takia.

Varsinaiset koesuunnitelman mukaiset ensimmäiset maanäytteet otettiin ennen kuitujen levitystä 8. lokakuuta 2018. Näytteet otettiin syvyyksiltä 0 – 20 cm ja 20 – 50 cm kokoomanäytteinä kerranteittain. Osaanäytteitä oli 10 kpl. Syksyllä 2018 maanäytteitä otettiin levitysten jälkeen 22.-23. marraskuuta 2018 ja 17.-18. joulukuuta 2018. Tällöin näytteet otettiin kaikista kuitukäsittelyruuduista. Informaatiokatkon takia näytteitä ei otettu alus- ja kerääjäkasviruuduista. Seuraavat maanäytteet otettiin 24.-25. huhtikuussa 2019. Tällöin näytteet otettiin myös kerääjä- ja aluskasviruuduista.

Syksyllä 2019 ensimmäiset varsinaiset maanäytteet otettiin ennen kuitujen levitystä 4. lokakuuta 2019 erikseen alus- ja kerääjäkasviruuduista mutta muutoin lohkoittain kokoomanäytteinä, joissa oli kymmenen osanäytettä. Syksyn 2019 levitysten jälkeen oli hyvin sateista eikä maanäytteitä voitu ottaa tuhoamatta koealuetta ennen kuin 5.-7. helmikuuta 2020, jolloin maa routaantui ensimmäisen ja viimeisen kerran sen verran, että se kantoi näytteenotossa käytetyn traktorin näytteenottokairoineen. Kevään maanäytteet otettiin 22.-23. huhtikuuta 2020.

Koekasvi sekä sen kylvö ja lannoitus

Koekasvina käytettiin kevätvehnää (2019 Quarna; 236 kg ha⁻¹, 650 kpl/m², itävyys 98 %, tjp 35,6 g ja 2020 Helmi; 278 kg ha⁻¹, 650 kpl/m², itävyys 97 %, tjp 41,5 g), jotka kylvettiin 13.5.2019 ja 20.5.2020 koeruutujen poikki tehdyn kylvömuokkauksen jälkeen kylvölannoittimella (Tume HKL 2500) ruuduittain samalla ne lannoitetaan. Typpitasoissa käytettiin typpeä 0, 30, 60 tai 90 kg ha⁻¹. Niiden avulla muodostettiin typen satovastefunktio. Muissa käsittelyissä käytettiin typpeä 60 kg ha⁻¹. Käytetty lannoite oli kumpanakin vuonna (BeFert CAN 27; Yara Oyj). Keväällä 2020 kylvettiin samoilla lannoitekäsittelyillä edellisen kasvukauden koekenttä tarkoitukseksi selvittää, vaikuttivatko kuitukäsittelyt satoon vielä ensimmäisen kasvukauden jälkeen.

Kasvustoille tehtiin tarvittavat kasvinsuojelutoimenpiteet. Rikat torjuttiin 18. kesäkuuta 2019 käyttämällä kasvinsuojeluaineena Duplosan Mekoa 1,4 l ha⁻¹ ja 0,5 l ha⁻¹ Hankkijan MCPA-nestettä ja 25. kesäkuuta 2020 Duplosan Mekoa 1,75 l ha⁻¹. Koeruudut puitiin kasvuston tuleennuttua 29.8.2019, 22.9.2020 (kuitujen levitys syksyllä 2019) ja 23.9.2020 (kuitujen levitys syksyllä 2018). Vuoden 2020 kesäkuu oli poikkeuksellisen sateen ja kasvustot lähes kuivuivat pystyyn mutta lähtivät uuteen kasvuun heinäkuun alun runsaiden sateiden virkistämänä. Tämä johti kuitenkin siihen, että kasvustot tuleantuivat lähes kuukauden normaalia myöhemmin, ja sato muodostui pääasiassa heinäkuussa alkaneesta kasvusta.

Kasvukauden aikaiset havainnot 2018 perustetun koekentän kevätvehnäkasvustosta kesällä 2019

Koeruuduissa, joihin oli syksyllä 2018 levitetty kuituja (Sel ja O-k), kasvustot olivat epätasaisempia kuin typpitasoruutujen (N) ja aluskasvi- (Al) ja kerääjäkasviruutujen (Ke) (kuva 24). Koeruuduissa oli epämääräisiä vaaleita alueita, joiden reunat olivat yleensä teräviä ja joiden osuus ruudun pinta-alasta kasvoi kuituannoksen mukaan. Vaaleissa laikuissa kasvusto saattoi olla lähes yhtä vaalea lannoittamattomassa (N 0). Laikut olivat tyypillisesti teräväreunaisia.



Kuva 24. Syksyllä 2018 levitettyjen ravinnekuidun (Sel) ja kuitulietteen (0-k) eri määrien vaikutus kevätvehnän kasvustoon kesällä 2019. Kuitu- (Sel ja 0-k) ja kerjääjäkasvi- (Ke) ja aluskasviruutujen (Al) typpilannoitus oli 60 kg ha⁻¹. Typpitasoihin (N) sijoitettiin x kg N ha⁻¹.

Elokuun lopussa kasvusto oli puitavissa ja erot ilmasta näkyivät lähinnä korkeuseroina koeruutujen saumoissa (kuva 25).



Kuva 25. Lennokilla 29.8.2019 otettu kuva vehnäkokeen kasvustoista. Kuvassa näkyy II kerranne. Kuva Antti Laine.

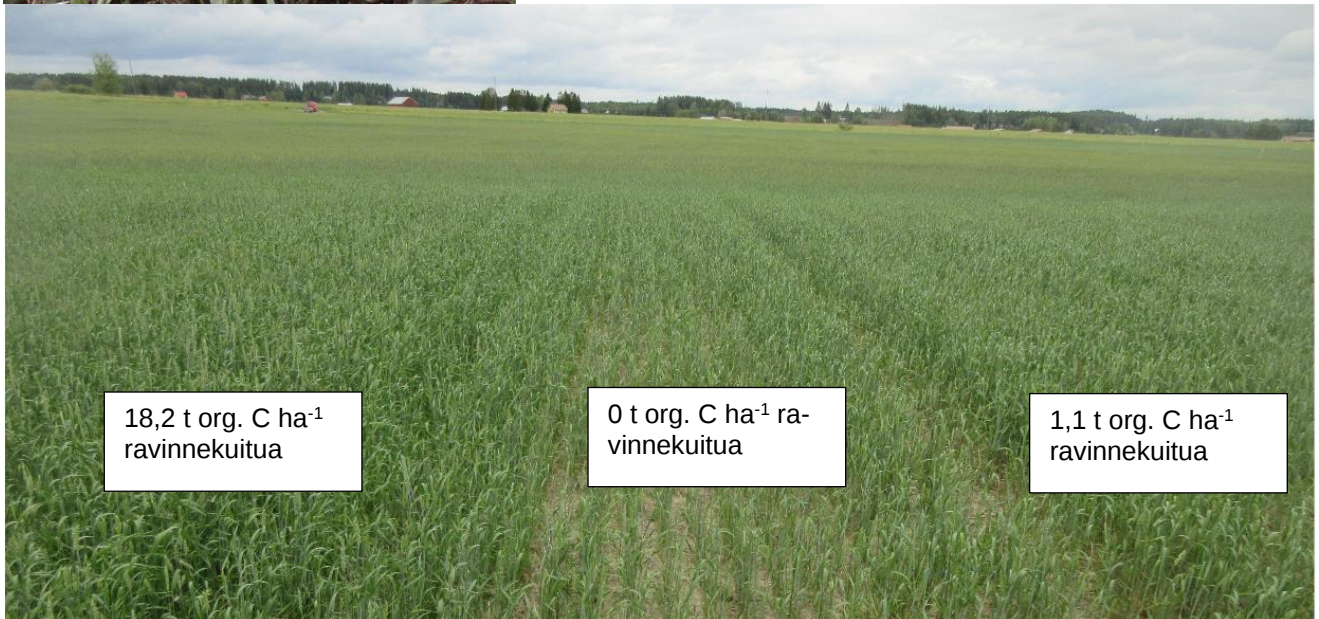
Kasvustohavainnot kesällä 2020

Kesällä 2020 vastaavaa laikukkuutta ei ollut nähtävissä koeruutujen kasvustoissa. Koeruutujen kasvustot olivat kesäkuun lopussa varsin huonossa kunnossa kuivuuden takia.



Kuva 26. Vehnäkasvusto koeruudussa 6. heinäkuuta 2020. Kuva: Kirsi Raiskio.

Heinäkuun alun lohduttoman näköiset kasvustot (kuva 26) näyttivät heinäkuun lopussa selvästi paremmilta (kuva 27). Kasvustot olivat vaaksan korkuisia ja tulossa tähkälle. Kasvustot toipuiivat heinäkuun 2020 sateissa kesäkuun kuivuudesta lähtien uuteen kasvuun. Tiivistys oli ollut valttia kasvukaudella 2020, koska koeruutujen reunoissa olevat pyöränjäljet näyttivät parhailta. Jossain määrin parempaan satoon olisi päästy, jos koealue olisi ymmärretty jyrätä kylvön jälkeen. Ottaen huomioon koealueella 2018 kasvaneen kauran satotulos hyvin kuivissa olosuhteissa, sitä ei pidetty siinä vaiheessa tarpeellisenä. Kesällä 2018 sateet kesäkuun lopussa kuitenkin tulivat aikaisemmin kuin kesällä 2020, jolloin ne tulivat vasta heinäkuun puolella. Silmiinpistävin havainto koekentässä, joka oli saanut kuituja, oli se, että kasvuston korkeus oli heinäkuun lopussa ravinnekuitukäsittelyissä sitä suurempi, mitä suurempi kuituannos oli ollut (kuva 27). Jälkiveronut kasvusto oli lopulta korkeampi kuin keväällä orastunut kasvusto. Vastaavia eroja kasvuston korkeuksissa ei syksyllä 2018 kuituja saaneessa koekentässä ollut havaittavissa.



18,2 t org. C ha⁻¹
ravinnekuitua

0 t org. C ha⁻¹ ra-
vinnekuitua

1,1 t org. C ha⁻¹
ravinnekuitua

Kuva 27, Ravinnekuituannoksen vaikutus kasvuston korkeuteen 27.7.2020

Koeruutujen puinti ja satoaineistoista tehdyt määritykset

Koeruudut puitiin 29. elokuuta 2019 ja 22. (kuitujen levitykset lokakuussa 2019) ja 23. (kuitujen levitykset 2018) syyskuuta 2020.

Satoaineistoista määritettiin sadon lisäksi puintikosteus, hehtolitrapaino, valkuaispitoisuus ja rikat. Varsinaisen koejäsenten sadon määrä verrataan tyyppiortaiden satoon kasvin käytettävissä olevan näennäisen liukoisen

typen määrän määrittämiseksi. Kenttäkokeiden tulosten perusteella arvioitiin menetelmien taloudellinen kannattavuus.

Syksyn kuitulevitysten vaikutus peltomaan mikrobistoon seuraavaan kevääseen mennessä

Peltomaan mikrobibiomassan kokonaismäärä määritettiin kenttäkokeista, joihin kuidut levitettiin syksyllä 2018 tai 2019, levityksen jälkeen ja ennen koeruutujen seuraavaa kasvukauden kylvöä otetuista näytteistä. Näytteet muodostettiin jakamalla maanäytteet, jotka otettiin maan liukoisen typen pitoisuuden määrittämiseksi, kahtia.

Kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2018, muutamista käsittelyistä määritettiin mikrobibiomassan kokonaismäärä (mikrobiston sisältämä hiili (C_{mic}) ja typpi (N_{mic})) i) noin 1 kk kuitulisäysten jälkeen (22.-23.11.2018) ja ii) huhtikuun lopussa (25.4.2019) ennen kevätkylvöä ja –lannoitusta. Näytteet otettiin muokauskerroksesta 0-20 cm syvyydeltä kolmesta eri käsittelystä:

C1 ei kuitulisäyksiä,

C5 Lielahden kuituliete 86,2 (org. C 9,1) t ha⁻¹; C/N 73 ja

D5 Soilfood ravinnekuitu 57,8 t ha⁻¹ (org. C 6,8) t ha⁻¹; C/N 40.

Kuitukäsittelyt edustivat toiseksi suurinta kenttäkokeessa käytettyä orgaanisen hiilen annosta, jonka tavoite-taso oli 8 t org. C ha⁻¹.

Kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2019, valikoiduista käsittelyistä määritettiin mikrobibiomassan kokonaismäärä (C_{mic} , N_{mic}) i) talvella kuitulisäysten jälkeen ja ii) huhtikuun lopussa 2020 ennen kevät-kylvöä ja –lannoitusta. Näytteet otettiin muokauskerroksesta 0-20 cm syvyydeltä neljästä eri käsittelystä:

C1 ei kuitulisäyksiä,

C5 Lielahden kuituliete 63,1 (org. C 6,6) t ha⁻¹; C/N 80,

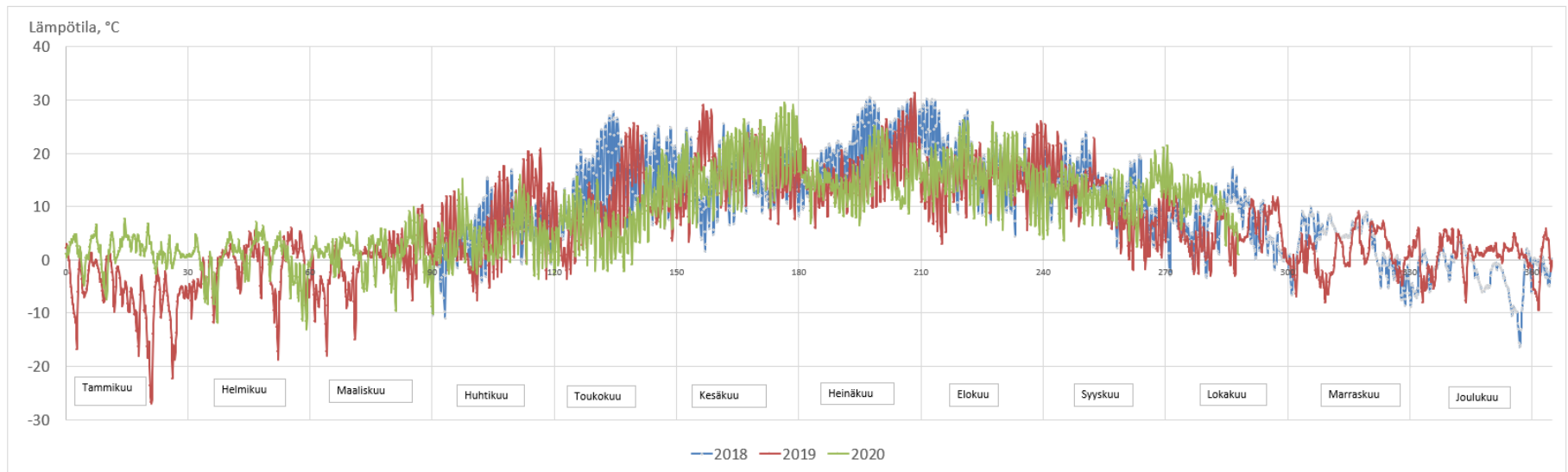
D5 Soilfood ravinnekuitu 67,0 t ha⁻¹ (org. C 9,1) t ha⁻¹; C/N 17 ja

E5 Humuspehtoori kuituliete 74,8 t ha⁻¹ (org. C 8,6) t ha⁻¹; C/N 153.

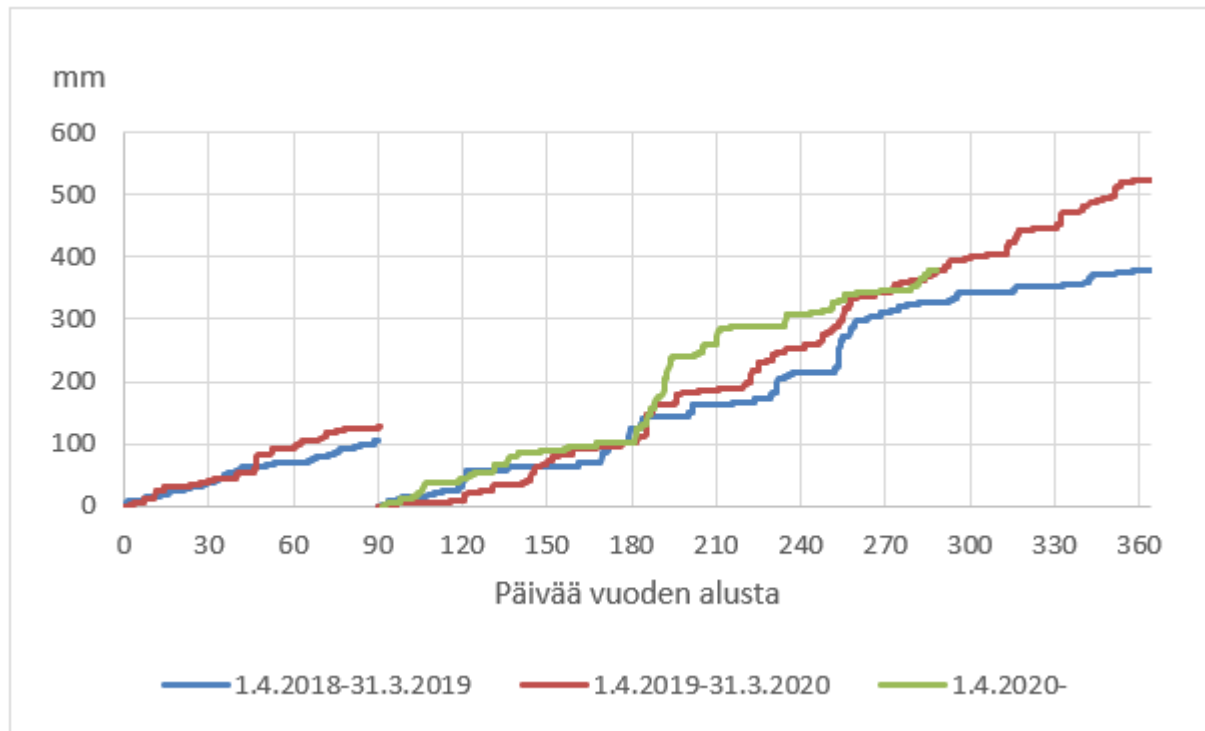
Kuitukäsittelyt edustivat toiseksi suurinta kenttäkokeessa käytettyä orgaanisen hiilen annosta, jonka tavoite-taso oli 8 t org. C ha⁻¹. Toteutuneet orgaanisen hiilen annokset ovat rajoissa – 18 - +14 % tavoitetasosta, mikä ei oleellisesti mittaustarkkuuksien rajoissa vaikuta lopputulokseen. Edelliseen vuoteen verrattuna Soilfood toi-mitti hyvin erilaatuista ravinnekuitua. Ravinnekuitu sisälsi erittäin runsaasti kokonais- ja liukoista typpeä, ja sen C/N-suhde oli ainoastaan 17, kun se syksyn 2018 ravinnekuidussa oli 40.

Tutkimustulokseen vaikuttaneiden sääolosuhteiden kuvaus

Toukokuussa ja kesäkuussa 2018 oli hyvin kuivaa ja samalla helteitä, mikä yleisesti ottaen johti alueella kato-vuoteen (kuvat 28 ja 29). Kuitenkin kenttäkoelohkon esikasvina ollut kaura tuotti hyvän sadon. Ypäjällä tilan-netta paransi jo kesäkuun lopussa alkanee sateet, kun lännempänä oli sateeton vielä kesäkuun lopussakin. Syksyn sateet painottuivat syyskuun puoliväliin, ajankohtaan ennen kuitujen levitystä. Syksyn 2018 levityksiä seurannut talvi, kevät ja kasvukausi olivat verraten normaali. Maanäytteet voitiin ottaa suunnitellun ohjelman mukaisesti. Tammikuussa oli pakkasia niin, että maa routaantui. Kovia pakkasia oli ainakin lyhytaikaisesti myös helmi-maaliskuussa. Huhtikuun loppu oli varsin lämmin, mutta sen jälkeen toukokuun alussa oli kylmää. Kenttäkokeen kylvön aikaan toukuun puolessa välissä oli verraten lämmintä, mutta sen jälkeen touko-kesäkuun vaihteessa oli vuodenaika huomioon ottaen varsin viileää. Kesäkuun alussa oli helteitä, mutta muutoin keskikesä oli viileä ja seuraavan kerran helteitä oli vasta heinäkuun lopussa. Elokuun lämpötila on varsin normaali ja sen lopussa koeruudut puitaessa oli hyvät puintisää. Lämpötila laski tasaisesti kohti syyskuun loppua. Kuitujen levityksen jälkeen satoi selvästi vähemmän kuin esimerkiksi seuravan syksyn levi-tysten jälkeen, jolloin marras-joulukuussa loppuvuoden sademäärä veti noin 100 mm:n kaulan edelliseen vuo-teen. Syksyn 2019 levitysten jälkeen ei oikeastaan tullut oikeaa talvea, vaan pikemminkin pitkittynyt syksy. Tällä on taatusti ollut vaikutuksia huuhtoutumaan. Sen sijaan alkuvuonna 2020 sademäärä ei ollut oleellisesti suurempi kuin alkuvuonna 2019, mutta käytännössä se kaikki tuli lämpötilan takia vetenä. Maanäytteet kuitujen levitysten jälkeen pystyttiin ottamaan vasta helmikuun alussa. Helmikuun lopussa oli jonkin verran pakkasta, mutta sen jälkeen lämpötila oli pääsääntöisesti nollan yläpuolella. Lämpötila nousi selvästi vasta toukokuun loppupuolella. Kesäkuu oli helteinen ja samalla sateeton, mikä koitui kasvustoille kohtalokkaaksi. Sen sijaan heinäkuun alku oli viileä. Helteitä oli taas heinäkuun lopussa. Elokuun lämpötila oli verraten normaali. Syyskuun loppu oli lämpimämpi kuin kahtena edellisenä vuonna taaten hyvät puintisää viivästyneelle sadonkorjuulle.



Kuva 28. Lämpötilat Ypäjän kenttäkoealueella Hila-aineistoon pohjautuen



Kuva 29. Kumulatiivinen sadanta Ypäjän kenttäkoealueella Hila-aineistoon pohjautuen. Kumulatiivisuutta on seurattu alkaen 90. päivä vuoden alusta eli noin huhtikuun alusta.

3.2.4. Levitykseen sopivien peltoalojen määrittäminen

Metsäteollisuuden lietteiden vastaanottoon sopivia peltoaloja tarkasteltiin Biomassa-atlas karttapalvelun avulla (www.biomassa-atlas.fi). Biomassa-atlas palvelussa on tiedot Suomen peltoviljelykasvien viljelyaloista 1 km x 1 km hilassa eli 100 hehtaarin ruuduissa (kuva 30). Viimeisimmät viljelyalatiiedot palvelussa ovat vuodelta 2018. Osa tarkasteluista tehtiin vuoden 2017 viljelyalatiiedoilla. Palvelussa pystytään laskemaan eri kasvien viljelyalatiietoja eri tavoin rajatulta alueelta (esimerkiksi kunnittain, valuma-alueittain tai itse rajatulta alueelta). Palvelussa pystytään myös laskemaan viljelyalakertymiä eri etäisyyksillä halutusta pisteestä. Kooste tietyllä etäisyydellä tehdyistä laskelmista voidaan laskea suoralla etäisyydellä tai maantie-etäisyyksin. Atlas mahdollistaa visuaalisen tarkastelun eri kasvien viljelyn sijoittumisesta. Visuaalisen tarkastelun perusteella laskennat on mahdollista kohdentaa kiinnostavimpiin kohteisiin. Biomassa-atlaksessa ei ole tietoja peltojen ravinteisuudesta, esimerkiksi viljavuusfosforin pitoisuudesta.



Kuva 30. a) Härkäpavun, herneen ja viherlannoitusnurmen viljelyalojen sijoittuminen kuvattuna Biomassa-atlaksen avulla SAPPIn Kirjaniemen tehtaan läheisyydessä. Yhden ruudun koko on km x km eli 100 ha. Ruudun väri viittaa viljelykasviin (punaruskea härkäpapuun, keltainen herneeseen ja vihreä viherlannoitusnurmeen) ja värin voimakkuus kasvin viljelyalan määrään ao. ruudussa viljelyalan kasvaessa värin voimakkuus lisääntyy. b) 50 kilometrin ajomatkan etäisyydellä Lielahtesta olevat peltoalueet. Lähde: Biomassa-atlas.

Peltokasvien pinta-alat kertovat viljelykäytössä olevien peltujen pinta-alat 1 km x 1 km-ruutuaineistona. Aineisto perustuu maataloustukien hallinnoinnissa käytettävään IACS-rekisteriin (<https://beta.paikkatietoalusta.fi/aineisto/48430c98-e372-4a4a-b707-d3feeb484dd1/peltokasvien-pinta-alat>) ja viljelijöiden sinne ilmoittamiin viljelytietoihin. Yksittäiset peltolohkot on yleistetty ruudukolle, ja tietoja on ryhmitelty yleisempiin luokkiin.

Kuitujen levitykseen soveltuviksi peltokasveiksi valittiin kasviryhmiä, joiden viljelytekniikkaan kuitujen levitys syksyllä sopisi ja joiden viljelyssä riski typpiravinteiden huuhtoutumiseen syksyn ja talven aikana on mahdollinen. Kirjallisuuden perusteella arvioitiin, että kasvukauden päättyessä suuria liukoisen typen pitoisuuksia maassa voisi olla viherlannoitusnurmella, herne- ja härkäpapukasvustojen jälkeen, laidun- ja palkokasvi-seosnurmen uudistamisvaiheessa sekä kevätiljojen korjuun jälkeen olosuhteissa, joissa väkilannoitetypen hyödyntäminen kasvukauden aikana on jäänyt vaillinaiseksi esimerkiksi kuivuuden vuoksi (Saarijärvi ym. 2007, Känkänen ym. 2013). Nurmialatarkasteluissa otettiin huomioon, että nurmia viljellään 3-4 satovuotta. Tarkastelussamme laskimme Biomassa-atlaksen säilörehunurmen ja laitumen viljelyalasta yhden kolmasosan olevan uudistamisvaiheessa. Nurmia päätettäessä on typen huuhtoutumis- ja typpioksiduulin haihtumisriski olemassa, ja kuitulietteiden käytön olevan mahdollista syksyllä ennen seuraavan kasvukauden kylvöjä. Usein nurmi perustetaan samalle lohkolle suojaviljaan jo heti lopettamisen jälkeisenä vuonna. Nurmien satovuosina kuitulietteiden käyttö ei ole tarkoituksenmukaista. Sokerijuurikkaan viljelyn sijoittumista selvitettiin yhtenä käyttökohteena kuitulietteiden ja ravinnekuidun käytölle.

Tarkastelussa kuitulietteiden levitykseen potentiaalisesti soveltuvien peltoviljelyalojen riittävydestä kuitulietemäärien sijoittamiseen käytettiin kuitulietteiden hehtaarikohtaisena käyttömääränä hankkeen kenttä- ja laboratoriotutkimuksissa sekä kaupallisten tuotteiden käyttöohjeissa suositeltavaksi käyttöannokseksi arvioituja määriä. Tarkastelussa otettiin huomioon myös, kuinka usein samalle lohkolle voitaisiin kuitulietteitä levittää.

Ravinnekuitujen käyttöannokseksi määrättiin tarkasteluun 35 tonnia hehtaarille viiden vuoden välein ja kuitulietteen käyttöannokseksi 40 tonnia hehtaarille kolmen vuoden välein. Kevätviljoille ravinnekuituja arvioitiin käytettävän joka viides vuosi. Muita käyttökohteita olivat viherlannoitusnurmi, herne ja härkäpapupellot ja lisäksi laitumien ja säilörehunurmien uusimisala.

Tarkastelun tulokset ovat suuntaa antavia. Esimerkiksi kevätiljoilla tarkastelu yliarvioi potentiaalisen levi-tysalan, sillä Biomassa-atlaksessa ei ole tietoja siitä, kuinka paljon kevätiljoilla käytetään aluskasveja ja kuinka paljon eri alueilla kevätiljoista on nurmen suojaviljana. Käytännössä suojaviljaa on jotakuinkin saman verran kuin uudistettava nurmialaa, sillä suurin osa nurmista perustetaan suojaviljaan. Suojaviljaan perustuva nurmi vastaa aluskasvien käyttöä huuhtoutumisriskin pienentäjänä. Syysviljoja ja muita syysviljelykasveja voidaan kylvää lopetettavien nurmien ja viherlannoitusnurmien jälkeen syksyllä.

3.2.5. Demonstraatiot ja viestintä

Demonstraatioissa käytettiin vuoden 2019 syksyllä kenttäkokeissa käytettyjä kuitulietteitä ja ravinnekuitua. Niiden käyttömäärät olivat myös samat kuin kenttäkokeissa. Humuspehtoorin kuitulietteestä demonstraatioissa oli yksi kenttäkokeissa käytettyä määrää suurempi määrä - 17,2 t org. C ha⁻¹ (287,6 m³ tuoretta kuitulietettä) hehtaarille. Esittelykohteissa oli vain yksi ruutu kutakin käsittelyä (kuva 31). Ruutujen sijaintia ei satunnaistettu vaan kunkin kuidun koejäsenet sijoitettiin suurenevan levitysmäärän mukaiseen järjestykseen havainnollisuuden vuoksi. Kuitukäsittelyissä käytettiin typpilannoituksena 60 kg N ha⁻¹. Lisäksi demonstraatioissa oli typpiportaajat 0, 30, 60 ja 90 kg N ha⁻¹ ilman kuitulisäystä. Demonstraatioissa ruutukoko oli 5 m x 2,5 m. Demonstraatioita oli kolme. Inkoon Västankvarnissa, Jokioisten Elonkierrossa ja Hämeenkyrön Osarassa. Kaikki demonstraatiot perustettiin kevätiljan sänkeen. Kuitulietteet ja ravinnekuitu muokattiin syksyllä maan pintakerrokseen. Keväällä 2020 demonstraatoruudut kylvettiin ja lannoitettiin Luken toimesta. Inkoossa ja Jokioisissa kylvettiin Helmi-keväthehnää ja Hämeenkyrössä Niklas-kauraa. Kokeita havainnoidtiin ja dokumentoitiin kesän aikana, ja ne puitiin koeruutupuimurilla. Sato kuivattiin, lajiteltiin ja punnittiin ruutukohtaisesti. Esittelykokeiden sato esitetään punnituskosteudessa kuivauksen ja lajittelun jälkeen. Jyvän kuiva-ainepitoisuus on silloin noin 90 prosenttia eli hieman korkeampi kuin satotuloksissa käytetty 86 prosentin kuiva-ainepitoisuus.

	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	
	60 N	60 N	60 N	60 N	60 N	60 N	5 m
	0 N	HP1 60 N	HP2	HP3	HP4	HP5	5 m
	30 N	RK1 60 N	RK2	RK3	RK4	RK5	5 m
	90 N	LL1 60 N	LL2	LL3	LL4	LL5	5 m

Kuva 31. Kenttäkoekartta yhdestä demonstraatiosta. Kuitukäsittelyt sijoitettiin rinnakkain levitysmäärän mukaiseen järjestykseen. Typpiporrasruuduille (0, 30, 60 ja 90 kg N ha⁻¹) ei levitetty kuituja. Demonstraatiossa oli yksi ruutu kutakin käsittelyä. Kuvan demonstraation ala on 350 m².

Viestintäkanavina olivat hankkeen internet-sivusto, twitter-viestit, hankkeen esittely alan tieteellisissä kokouksissa ja alan toimijoiden tilaisuuksissa sekä maataloille perustettujen demonstraatioiden yhteydessä pidetyt pellonpiennartilaisuudet.

4. Hankkeen tulokset

4.1. Laboratoriokokeet

Kuitujen haitta-aineiden todentaminen

Kuitujen tiettyjen alkuaineiden pitoisuudet sisältäen haitalliset metallit on esitetty taulukossa 8. Soilfoodin ravinnekuidusta analysoitiin vuonna 2018 käytetystä erästä otettu näyte (vuoden 2019 erä erosi tästä selvästi). Taulukossa esitetään myös UPM-Kymmene Rauman paperitehtaan primäärilietteen ja SAPPI Lohjan paperitehtaan kuitusaven sisältämien alkuaineiden pitoisuudet.

Taulukko 8. Kuitujen sisältämät alkuaineet suhteessa lannoitevalmisteasetuksen ja PIMA-asetuksen raja-arvoihin.

	Kuituliete (Lielahdi)	Ravinnekuitu (Soilfood; v. 2018 erä)	Kuitusavi (Sappi)	Primääri- liete (UPM)	MMMa 24/11	VNa 214/2007		
						Kynnys- arvo	Ohjearvo, ylempi	Ohjearvo, alempi
Kok. C (% ka)	48,38	35,60	20,5	37,5				
Epäorg. C (% ka)	0,06	1,46						
N (% ka)	0,38	0,58	0,34	0,29				
Nitraattityppi (mg kg ⁻¹ ka)	15,5; 15,1	11,7; 11,9						
As (mg kg ⁻¹ ka)	2,25	1,44	<1,03	2,23	25	5	50	100
Al	3570	4600	24400	9830				
B		6,98	6,48	24				
Ba		57,7	35,1	57,1				
Ca	8950	61500	95900	5480				
Cd	0,354 / 0,4*	0,445	0,145	0,16	1,5	1	10	20
Co	1,65	0,981	0,898	1,6		20	100	250
Cr	15 / 6,9*	26,8	10,9	36,7	300	100	200	300
Cu	25,9 / 27*	13	8,76	168	600	10	150	200
Fe	2550	1490	1340	13700				
Hg	1,0; 0,96 / 0,8*	0,11; <0,072			1	0,5	2	5
K	1070	497	252	1300				
Mg	802	2800	1130	1420				
Mn	94,2	89,9	161	156				
Mo				0,801				
Na	995	1810	643	14500				
Nb		<0,202	0,96	0,684				
Ni	13 / 11*	16	3,18	16,4	100	50	100	150
P	519	1160	419	812				
Pb	12,5 / 18*	2,97	5,19	7,19	100	60	200	750
Pd		<0,56	<0,57	<0,59				
S	6410 / 4000*	2010	646	8150				
Sn		<0,4	<0,41	0,994				
Sr	32,7	51,5	62,1	21,5				
Ta		<1,01	<1,03	<1,07				
Te		<1,31	<1,34	<1,39				
V	28,1	10,1	18,6	11,6		100	150	250
W		<1,01	<1,03	1,98				
Zn	85,2	241	24,2	133	1500	200	250	400

*) Esiselvitys Autiola ja Holopainen 2016

Elohopea ja kadmium ovat kuitulietteiden käytön kannalta rajoittavimmat haitta-aineet. Myös sinkin pitoisuus on korkea. Kadmiumia saa levittää enintään 7,5 g ha⁻¹ viiden vuoden ajanjaksona. Taulukosta 8 voidaan laskea, että ravinnekuitua voidaan levittää enintään 3,37 kuivaa tonnia per hehtaari vuodessa tai 16,85 kuivaa tonnia per hehtaari, jos levitetään viiden vuoden annos kerralla. Levitysmäärät vastaavat 1,15 tonnia orgaanista hiiltä per hehtaari per vuosi tai 5,75 tonnia orgaanista hiiltä per hehtaari (viiden vuoden annos kerralla). Vastaavat luvut kuitulietteelle (Lielahden kuituliete) ovat 2,05 tonnia orgaanista hiiltä per hehtaari per vuosi tai 10,24 tonnia orgaanista hiiltä per hehtaari per viisi vuotta. Kuitulietteen (Lielahden sedimentti) elohopeapitoisuutta lannoitevalmistekäytössä tarkasteltaessa täytyy ottaa huomioon lannoitevalmisteasetus (MMMa 2011).

Kuitulietteen elohopeapitoisuus on lähes 1 mg kg⁻¹, joka on sen raja-arvo. PIMA-asetuksen kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia oli löydetty seuraavista yhdisteistä, esiselvitys (Autiola ja Holopainen 2016): fluoranteeni, naftaleeni, heksa-klooribentseeni ja DDT-DDD-DDE-summa. Näitä tutkittiin Luken ja Åbo Akademin menetelmillä (GC-MS ja LC-MS), mutta niitä ei pystytty havaitsemaan.

Puun kadmiumpitoisuus vaihtelee 90–141 µg kg⁻¹ välillä. Kemiallisessa massanvalmistuksessa kadmium kertyy soodakattilan tuhkanpolttolipeä- ja kalkkikiertoon (Apila Group 2013). Merkittävä osa kadmiumista saadaan poistettua viherlipeä- eli soodasakan suodatuksessa. Biolietteen kadmium on peräisin siihen lisätystä veteen liuotetusta soodasakasta, joka johdetaan puhdistusaltaisiin biolietteen suodattavuuden parantamiseksi. Soilfoodin ravinnekuitu sisältää kuitulietettä ja biolietettä. Kuitujen kemiallinen koostumus on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Kuitujen kemiallinen koostumus sekä kuusen puuaineksen kemiallinen koostumus.

	Kuituliete (Lielahden)	Ravinnekuitu (Soilfood; v. 2018 erä)	Kuitusavi (SAPPI)	Primääriliete (UPM)	Kuusipuu
Uuteaineet (mg g ⁻¹ ka)					
Rasvaliukoiset	36,5	5,5	13,4	15,3	12,9
Vesiliukoiset	42,9	11,2	17,2	22,0	12,7
Hemiselluloosat (mg g ⁻¹ ka)					
Mannoosi	14,3	24,5	19,1	42,9	94,3
Glukoosi	37,8	28,4	15,0	27,5	40,1
Galaktoosi	7,8	6,1	5,7	12,8	19,6
Ksyloosi	20,7	16,2	11,5	27,1	47,1
Arabinoosi	6,2	2,8	3,1	6,5	11,6
Rhamnoosi	1,7	1,1	0,7	1,2	1,9
Glukuronihappo	0,7	0,0	0,0	0,0	7,0
Galakturonihappo	13,9	0,7	9,7	5,4	12,3
4-O-Me-glukuronihappo	1,5	1,2	2,6	4,8	9,8
Selluloosa (mg g ⁻¹ ka)	517,1	438,4	111,1	299,0	444,7
Ligniini (mg g ⁻¹ ka)	255,0	266,5	470,6	381,8	276,8
Summa (mg g ⁻¹ ka)	956,0	802,6	679,6	846,2	990,6

Taulukosta 9 voidaan havaita, että kuitujen koostumus vaihtelee merkittävästi riippuen, mistä prosessista tai lähteestä ne ovat tulleet. Lielahden kuituliete sisältää suuria määriä uuteaineita, jotka ovat muodostuneet järven pohjassa hapettomissa olosuhteissa. Kuitulietteen selluloosapitoisuus on myös melko korkea. Ravinnekuitudun selluloosapitoisuus lähellä puun normaalia pitoisuutta. Sekä nollakuitu että ravinnekuitu sisältävät lähes saman verran ligniiniä. Ravinnekuitudun analyysisaanto ei ole 100 % (1000 mg g⁻¹ ka), koska materiaalin käsittelyssä on käytetty sammutettua kalkkia (Ca(OH)₂) kalkkistabiloinnin takia, joka muuttuu kalsiumkarbonaatiksi reagoidessaan käsiteltävän massan kanssa.

Lielahden kuitulietesuodoksen kemiallinen koostumus

Suodoksen pH-arvoksi saatiin 4,6. Suodos on melko hapanta, ja se pitää neutraloida, koska jätevesilaitokselle johdettavan poikkeavan jäteveden pH-arvon pitää olla 6,0 - 11,0 (<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/jateveden-raja-arvot/>). Suodoksen kuiva-ainepitoisuus eli kiintoainepitoisuus oli 1625 mg l⁻¹. Kuiva-ainepitoisuus ylitti valtioneuvoston asetuksen (VNa 2006) enimmäispitoisuuden jäteveden kiintoainepitoisuudelle, joka on 35 mg l⁻¹. Kiintoainepitoisuus ylittää myös poikkeavan jäteveden raja-arvot (elintarviketeollisuuden kiintoaine 500 mg l⁻¹ ja työmaiden kiintoaine 300 mg l⁻¹), joten sitä pitää myös laimentaa. Liuennutta hiiltä oli 1340 mg l⁻¹

ja liuennutta typpeä oli huomattavasti vähemmän, vain 6,45 mg l⁻¹. Typpipitoisuus jää myös asetuksen vaatimuksen alle, joka on 10 mg l⁻¹ (yli 100000 asukasvastineluvun, avl). Suodoksesta määritetyt muut alkuaineet näkyvät taulukossa 10.

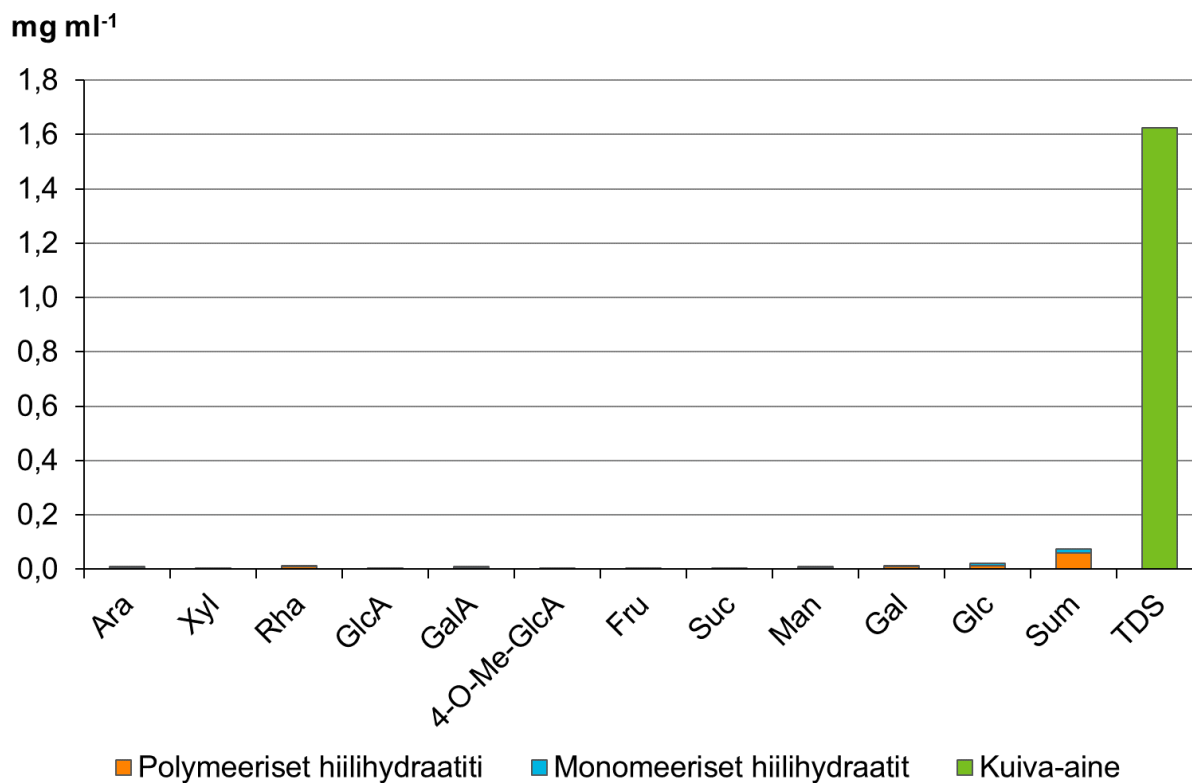
Taulukko 10. Lielahden kuitulietesuodoksen muut alkuaineet kuin hiili ja typpi suuruusjärjestyksessä

Alkuaine	Pitoisuus (mg l ⁻¹)	Enimmäispitoisuus** (mg l ⁻¹)
Ca	258	
S (sulfaatti)	34,8 (104,3)	(400)
Na	23,6	
Fe	22,4	
Si	10,9	
Mg	8,65	
K	5,73	
Mn	2,92	
Al	0,995	
P	0,635	1,0*
Ba	0,252	
Zn	0,135	3,0
B	0,061	
Ni	0,0266	0,5
Se	<0,015	1,0
As	<0,01	0,1
Cu	0,0097	2,0
Sb	<0,006	
V	0,006	
Co	0,0058	
Pb	<0,005	0,5
Ti	0,0035	
Mo	<0,002	
Cr	0,0015	1,0
Cd	<0,0007	0,01

*) VNa 2006, kokonaisfosfori (yli 100000 avl), **) poikkeavan jäteveden raja-arvo (<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/jateveden-raja-arvot/>)

Kuitulietesuodoksen haitallisten metallien pitoisuus alittaa jätevesilaitokselle johdettavan poikkeavan jäteveden raja-arvot.

Suodoksen sisältämät hiilihydraatit (sekä monomeeriset että polymeeriset) on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Suodoksen sisältämät hiilihydraatit. TDS: Total Dissolved Solids (kuiva-ainepitoisuus), Ara: arabinooosi, Xyl: ksyloosi, Rha: ramnoosi, GlcA: glukuronihappo, GalA: galakturonihappo, 4-O-Me-GlcA: 4-O-metyyilglukuronihappo, Fru: fruktoosi, Suc: sukroosi, Man: mannoosi, Gal: galaktoosi, Glc: glukoosi.

Lielahden kuitulietesuodos sisälsi vähän hiilihydraatteja, joten orgaaninen hiili koostuu pääasiassa muista puun yhdisteistä, jotka ovat luultavasti muuntuneet järvenpohjan hapettomassa tilassa.

Taulukossa 11 on nähtävillä suodoksen MTBE-uuton yhteydessä analysoidut uuteaineet.

Taulukko 11. Lielahden kuitulietesuodoksen uuteaineet.

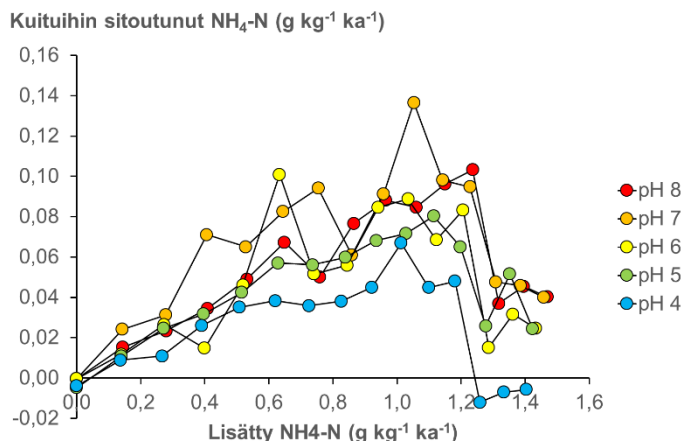
Yhdiste	Yhdistetyyppi	($\mu\text{g ml}^{-1}$)
Terpin, 2TMS derivative	Cyclic alcohol	0,88
3-(2-Hydroxyethyl)phenol, 2TMS derivative	Lignin	0,43
3-Hydroxybenzoic acid, 2TMS derivative	Lignin	0,29
Pimelic acid, 2TMS derivative	Dicarboxylic acid	0,80
(p-hydroxyphenyl)acetic acid	Lignin	3,59
8-HYDROXY-8:0 ACID	Carboxylic acid	0,69
4-Hydroxybenzoic acid, 2TMS derivative	Lignin	0,18
4-Hydroxybenzeneacetic acid, 2TMS derivative	Lignin	0,15
Fatty acid	Fatty acid	0,12
3-(4-Hydroxyphenyl)-1-propanol, 2TMS derivative	Lignin	1,62
3-(4-Hydroxyphenyl)-1-propanol, 2TMS derivative	Lignin	0,28
1,8-dioic-8:0 acid	Dicarboxylic acid	1,83
9-HYDROXY-9:0 ACID	Carboxylic acid	0,95
4-(p-HYDROXYPHENYL)-2-BUTANOL	Lignin	0,72
3-(3-Hydroxyphenyl)propanoic acid, 2TMS derivative	Lignin	7,74
3-(p-hydroxyphenyl)propanoic acid	Lignin	4,01
1,9-dioic-9:0 acid	Dicarboxylic acid	5,07
dihydroconiferyl alcohol	Lignin	0,12
3,4-dihydroxybenzoic acid	Lignin	0,25
[3,4-DIHYDROXYPHENYL]ACETIC ACID	Lignin	0,34
1,10-dioic-10:0 acid	Dicarboxylic acid	0,23
3-guaiacylpropanoic acid	Lignin	0,74
(2-Hydroxyphenyl)pentanoic acid, O,O'-bis(trimethylsilyl)-	Lignin	2,50
Unknown*		0,44
Dibutyl phthalate		0,51
3-Vanil-1,2-bis(trimethylsilyloxy)propane	Lignin	0,29
α -Ketoglutaric acid, trimethylsilyl ester	Dicarboxylic acid	1,23
acid 16:0	Fatty acid	0,33
5,4'-dihydroxy-7-methoxyflavanone, trimethylsilyl ether	Flavonoid	0,64
acid 18:0	Fatty acid	0,27
Lignin	Lignin	0,32
Lignin	Lignin	0,36
dehydroabietic acid	Resin acid	0,12
Unknown*		0,20
2,4-Bis(dimethylbenzyl)-6-t-butylphenol	Lignin	0,13
acid 21:0	STD	
sucrose	Carbohydrate	0,69
Enterodiol [2,3-bis(3-hydroxybenzyl)butane-1,4-diol tetratms]	Lignin	0,25
Lignin	Lignin	0,25
enterolactone	Lignan	0,40
2-Trimethylsilyloxysebacic acid, bis(trimethylsilyl)- ester	Dicarboxylic acid	0,71
2-Trimethylsilyloxysebacic acid, bis(trimethylsilyl)- ester	Dicarboxylic acid	0,36
1-hydroxy-1-phenyl-propanone-2	Lignin	0,22
(3,4-Dihydroxyphenyl)hexanoic acid, tris(O-trimethylsilyl)-	Lignin	0,99
betulinol	STD	
SUMMA		42,25
Kuiva-aine		1625,00

*) Yhdisteelle ei löytynyt vastaavuutta massapektrikirjastoista.

Voidaan todeta, että Lielahden kuitulietesuodosta ei voi johtaa takaisin järveen sen kiintoainepitoisuuden takia. Lisäksi kuitulietesuodoksen pH pitää säätää välille 6,0-11,0, jotta se voidaan johtaa jätevesilaitokseen poikkeavana jätevetenä.

Lielahden kuitulietteen typensidontapotentiaali

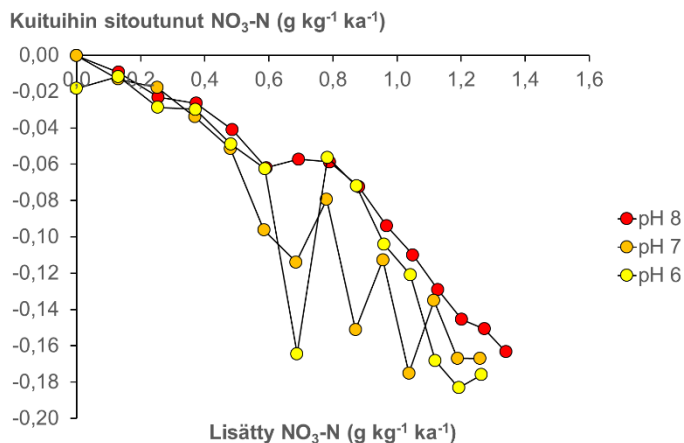
Kuvassa 32 on ammoniumtypen sitoutumispotentiaali eri pH-arvoissa.



Kuva 32. Ammoniumtypen sitoutuminen Lielahden kuitulietteeeseen eri pH-arvoissa.

Ammoniumkloridin sitoutuminen kuitulietteeeseen on pH-riippuvainen. Matalassa pH:ssa ammoniumia sitoutuu vähemmän kuin neutraalissa pH:ssa. Kuitenkaan pH ei vaikuta merkittävästi enimmäismäärän kohtaan. Kuituun voidaan lisätä 0,9-1,2 g kg^{-1} (n. 440 g t^{-1} org. C) ammoniumtyppeä, jolloin sitä sitoutuu eniten, neutraalissa pH:ssa n. 10 % lisäystä ammoniumtyppestä. Tämän jälkeen kuidut ovat kylläiset, ja niihin ei sitoudu enempää ammoniumtyppeä. Matalassa pH:ssa 1,2 g kg^{-1} ammoniumtypipilisäyksen jälkeen kuidut alkavat vapauttaa niihin sitoutunutta ammoniumtyppeä vesiliuokseen.

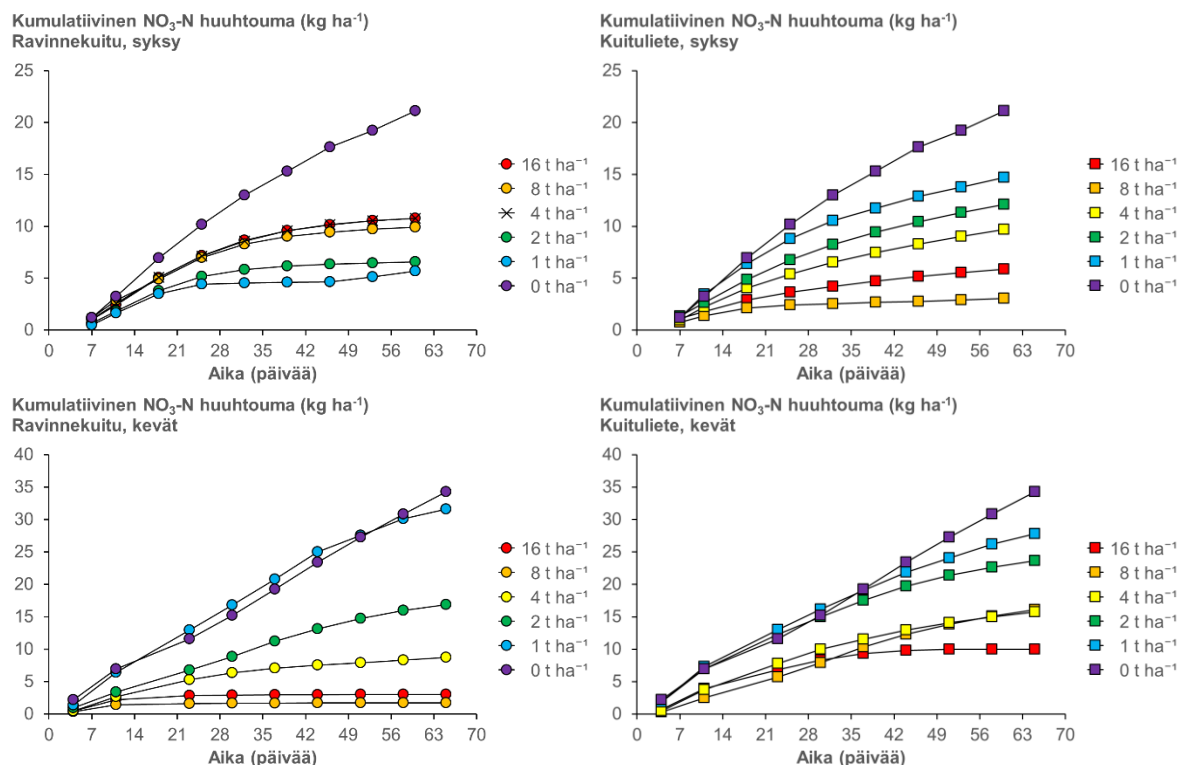
Kuvasta 33 voidaan todeta, että nitraattia ei sitoudu Lielahden kuitulietteeeseen, vaan kuiduista vapautuu nitraattityppeä vesiliuokseen. Lielahden kuituliete sisälsi keskimäärin 0,015 g kg^{-1} nitraattityppeä kuiva-aineessa. On oletettavaa, että kuidut ovat kyllästyneet nitraattitypellä Lielahden pohjassa (vesiliuoksessa). Mitä enemmän nitraattityppeä lisätään kuituihin, sen enemmän niistä vapautuu nitraattityppeä. On huomioitava, että nämä tulokset koskevat vain kuituja puhtaassa vesiliuoksessa ja niitä ei voi suoraan verrata peltomaahan, koska peltomaahan muut mineraalit, savi, mikrobit yms. vaikuttanevat typensidontadynamiikkaan merkittävästi.



Kuva 33. Nitraattitypen sitoutuminen Lielahden kuitulietteeeseen eri pH-arvoissa.

4.2. Maamonoliittikokeet

Ravinnekuitu näyttää vähentävän syksyllä huuhtoutuvan nitraatin määrää jo pieninä annoksina. Tulosten perusteella huuhtoutuma ei kuitenkaan vähentynyt aivan suoraviivaisesti kuituannoksen kasvaessa. Tähän saattoi vaikuttaa monoliittien ominaisuuksien välinen satunnaisvaihtelu. Kuitulietteellä nitraatin huuhtoutuminen väheni lähes suoraviivaisesti kuituannoksen kasvaessa, mutta ravinnekuidulla huuhtoutuminen väheni rajusti jo pienillä (1–2 t org. C ha⁻¹) annoksilla ja kasvoi uudelleen kuituannoksen kasvaessa (kuva 34).



Kuva 34. Orgaanisen hiilen (t ha⁻¹) lisäyksen vaikutus nitraattityypin kumulaatiiviseen huuhtoumaan syys- ja kevät-simulaatioiden aikana. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista t C_{org} ha⁻¹ arvoista.

Ravinnekuidulla nitraatin huuhtoutuminen painottui syyssimulaatiossa ensimmäiseen kuukauteen, minkä jälkeen se lähes loppui. Kuitulietekäsittelyissä nitraatin huuhtoutuminen ei vähentynyt yhtä jyrkästi. Kuiduttomasta käsittelystä nitraatin huuhtoutuminen jatkui lähes yhtä suurena kuin alussa vielä kahden kuukauden kuluttua simulaation alusta. Voidaan olettaa, että se jatkuisi lähes yhtä suurena vielä ainakin kuukauden. Syksyn pituudella onkin suuri merkitys kuiduttomasta käsittelystä huuhtoutuvan nitraatin määrän kannalta. Kuiduista on eniten hyötyä syksyn ollessa pitkä. Jotta kuitulietteellä saavutettaisiin merkittävä nitraatin huuhtoutumisen aleneminen, sen annosten pitää olla niin suuria, että ne johtavat potentiaalisesti merkittäviin sadonalennuksiin seuravana kasvukautena. Enimmillään kahden kuukauden simulaation aikana voitiin nitraatin huuhtoutumista vähentää määrästä 21,1 kg ha⁻¹ määrään 3,0 kg ha⁻¹ eli 14 %:iin kuitulieteannoksen ollessa 8 t ha⁻¹. Ravinnekuidulla lähes yhtä suuri nitraatin huuhtoutumisen väheneminen saavutettiin jo annoksella 1 t ha⁻¹.

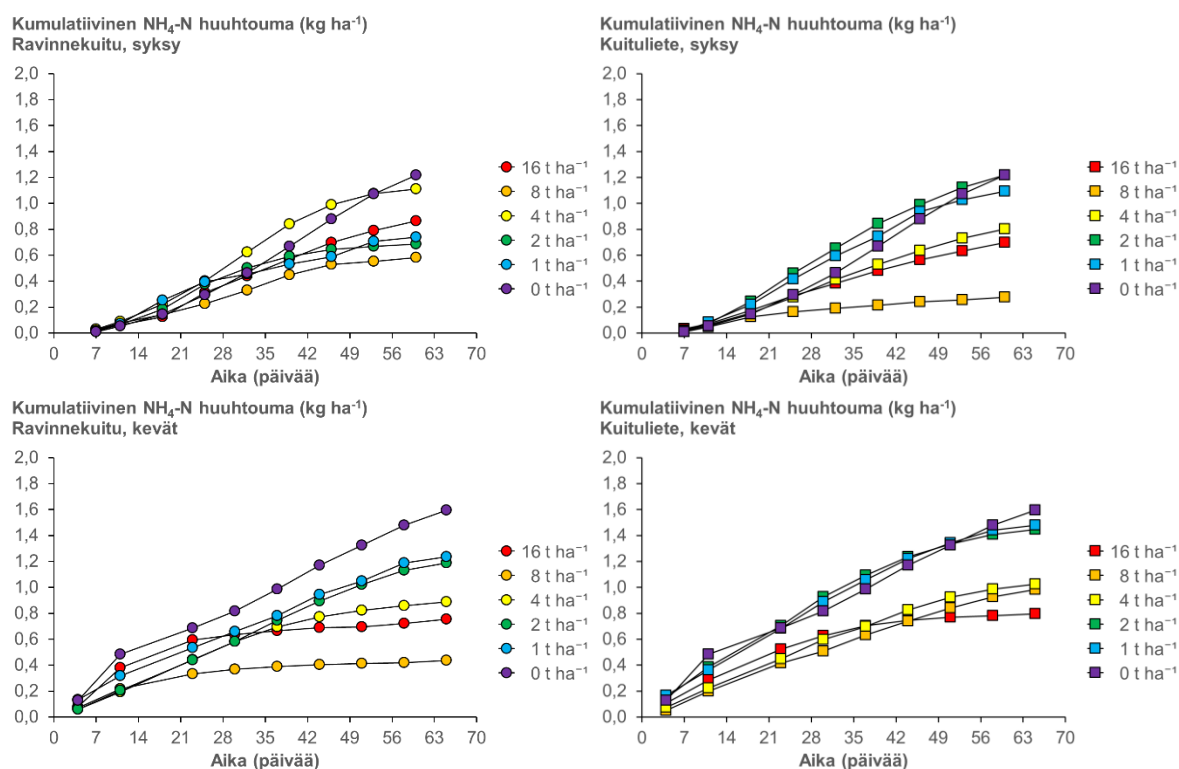
Talvella maan ollessa jäässä salaojavaluntaa ei ole, mutta simuloinnissa kevään alkamisen jälkeen eli monoliittien lämpötilan nostamisen + 5 asteeseen jälkeen valunta alkoi uudelleen ja sen mukana nitraatin huuhtoutuminen. Kun jo pienet määrät ravinnekuitua vähensivät syksyllä huuhtoutuvan nitraatin määrää rajusti, kevään huuhtoutuma väheni vasta suuremmilla annoksilla. Keväällä huuhtoutuva nitraatin määrä oli lähes 1,5-kertainen syksyllä huuhtoutuvan nitraatin määrään nähden kahden kuukauden kuluessa, joten sen merkitys oli suurempi kokonaisuuden kannalta. Pienimmän ravinnekuituannoksen (1 t ha⁻¹) vaikutus ei riittänyt kevääseen saakka, vaan siitä huuhtoutui nitraattia yhtä lailla kuin kuiduttomasta käsittelystä. Annoksen kasvattaminen 2 t ha⁻¹ vähensi nitraatin huuhtoutumista keväällä oleellisesti, mutta täysi vaikutus saatiin vasta selvästi suuremmilla annoksilla (8 t ha⁻¹). Näillä ei kuitenkaan saatu yhtä suurta nitraatin huuhtoutumisen vähenemistä syksyllä.

Niinpä kuitumäärällä on syytä hakea kompromissi syksyn ja kevään huuhtoutumisen kannalta pitäen mielessä se, että suuri kuituannos johtaa seuraavana kasvukautena sadonalennukseen.

Kesäsimuloinnissa nitraatin huuhtoutuminen syntyi aivan sen alussa kummallakin kuidulla ja sen määrä väheni suoraviivaisesti kuituannoksen kasvaessa. Huuhtoutuminen loppui, kun monoliitteihin kylvetty italianraiheinä käytti sekä typen että veden. Lisäksi valumaa vähensi haihtuminen maan pinnasta. Kevään ja syksyn raja on hieman makuasia. Tässä se asetettiin monoliittien siirtoon kasvihuoneeseen ja lämpötilan nostoon, mutta yhtä hyvin raja voisi olla hieman myöhemmin, jolloin kesän huuhtoutuminen olisi ollut käytännössä nolla.

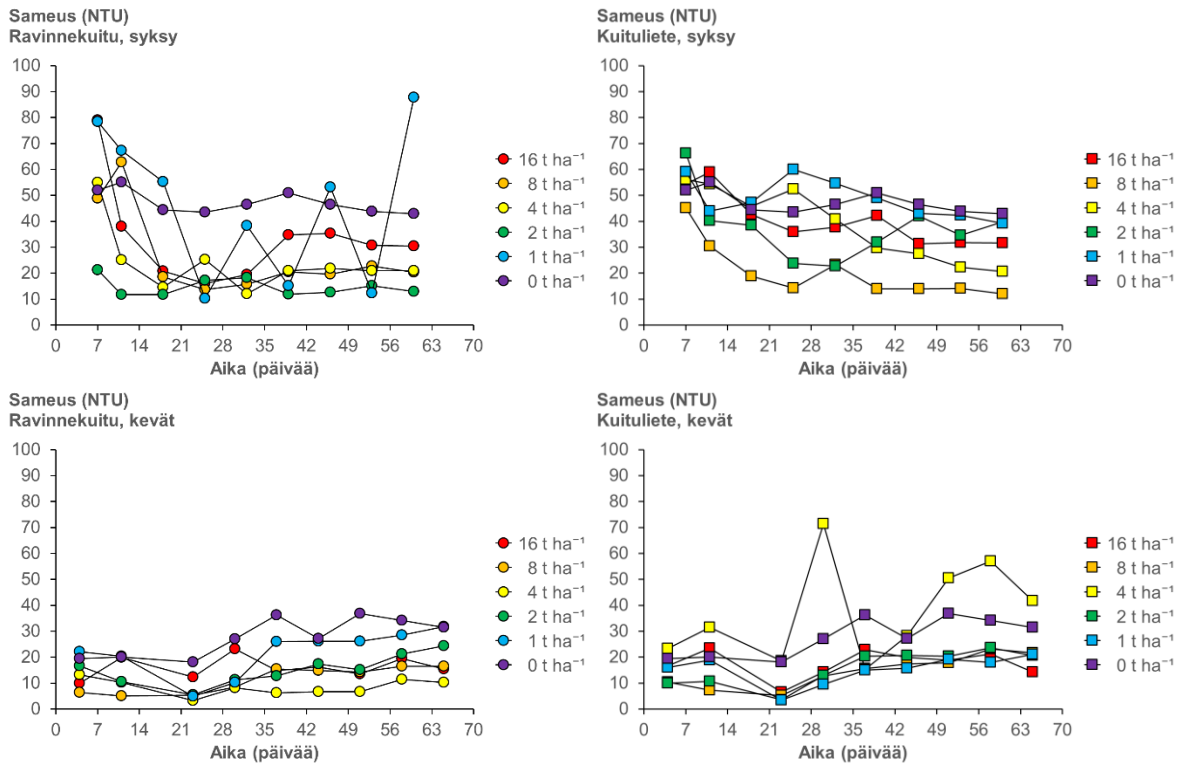
Kun tarkastellaan syksyn, kevään ja kesän aikana syntynyttä nitraatin huuhtoutumaa, voidaan todeta, että ravinnekuitu vähensi samalla orgaanisen hiilen annoksella nitraatin huuhtoutumista enemmän kuin kuituliete. Ravinnekuidulla saavutettiin sama nitraatin huuhtoutumisen väheneminen pienemmällä orgaanisen hiilen annoksella kuin kuitulietteenä. Ravinnekuitu vähentää erityisen tehokkaasti syksyllä tapahtuvaa nitraatin huuhtoutumista jo pieninä annoksina, mutta kevään huuhtoutumisen tehokkaaseen vähentämiseen tarvitaan enemmän kuitua.

Typen huuhtoutumisessa nitraatin osuus oli hallitseva. Ammoniumtypen osuus typen huuhtoutumasta on luokkaa 5 % (kuva 35). Kuitujen vaikutus oli nähtävissä, mutta sen suuruuteen vaikutti monoliittien ominaisuuksien väliset satunnaiset erot niin paljon, että annosten vaikutukset ammoniumtypen huuhtoutumiseen eivät olleet kovin suoraviivaiset.

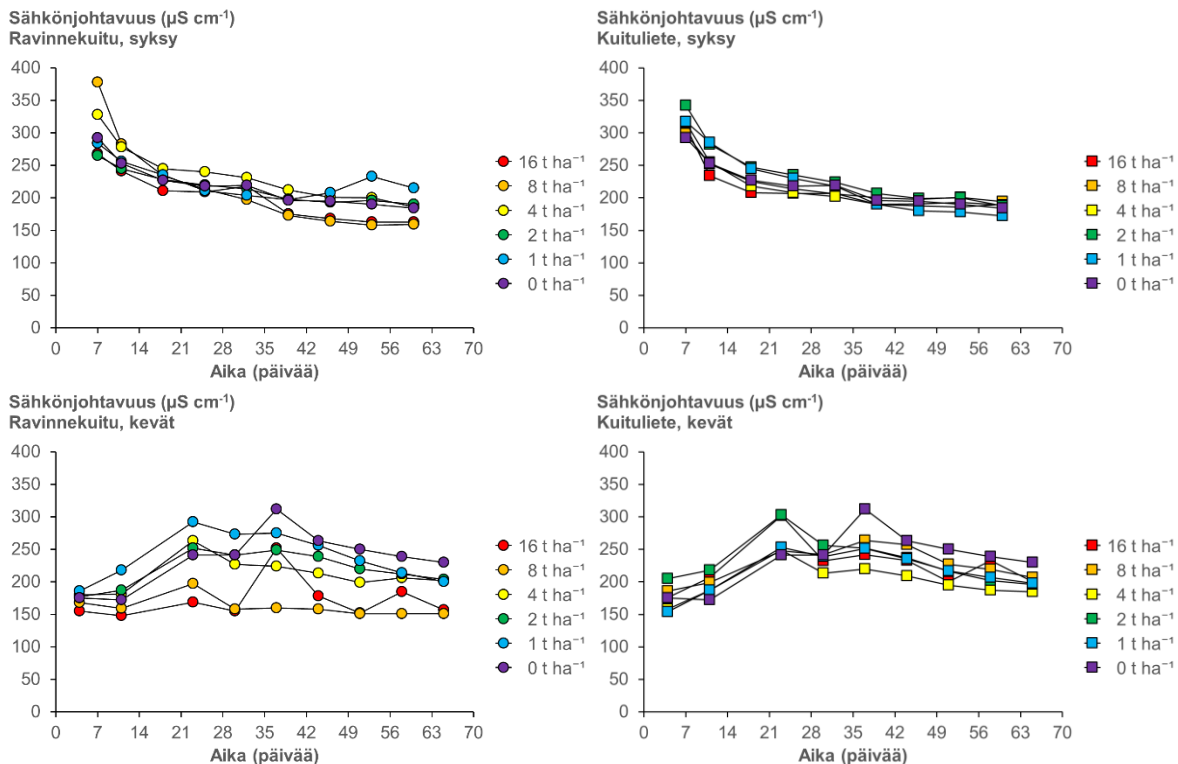


Kuva 35. Orgaanisen hiilen (t ha^{-1}) lisäyksen vaikutus ammoniumtypen kumulatiiviseen huuhtoumaan syys- ja kevätsimulaatioiden aikana. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $\text{t C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$ arvoista.

Valumavesien sameudessa oli syyssimuloinnissa lähinnä satunnaisvaihtelua (kuva 36). Kuitulietteen tapauksessa oli havaittavissa ajan kanssa laskeva tendenssi. Kuitujen käyttö näytti vähentävän sameutta, mutta vaikutukset peittyivät satunnaisvaihteluun. Kevätssimuloinnissa sameus jopa kasvoi ajan myötä. Kuitujen käytöllä näytti olevan pääsääntöisesti sameutta alentava vaikutus, joka kuitenkin peittyi satunnaisvaihteluun.



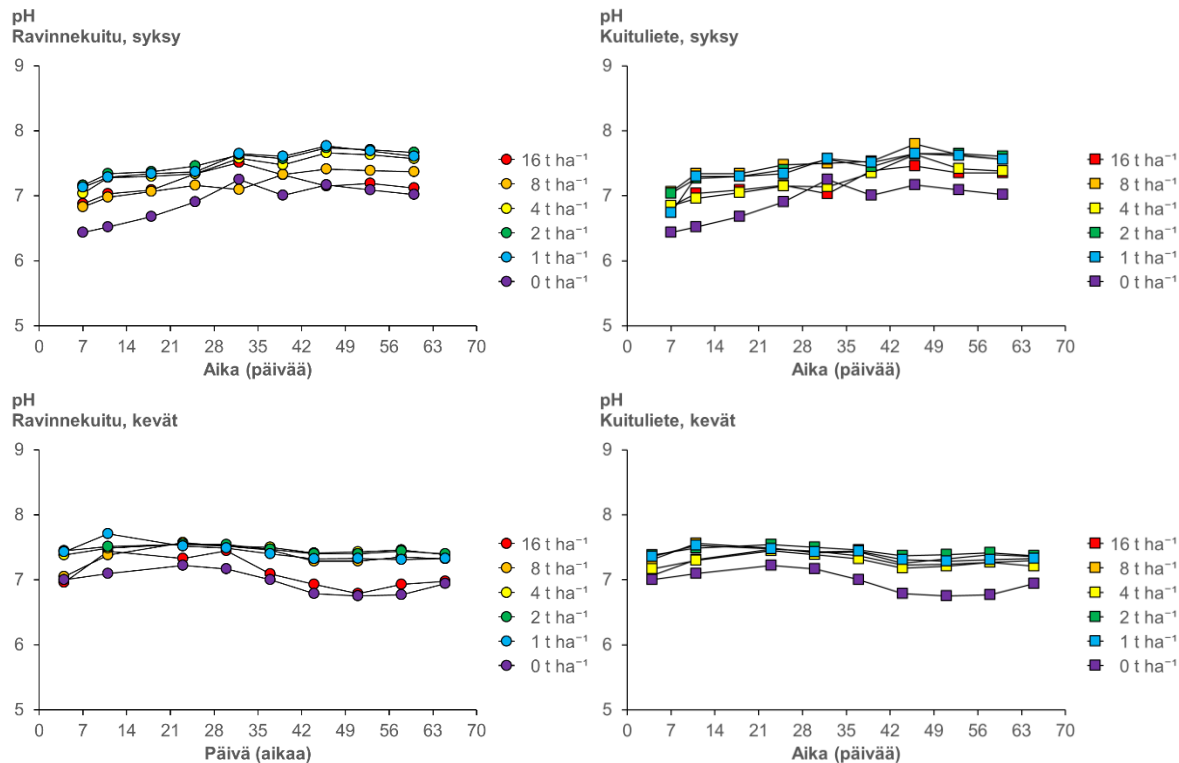
Kuva 36. Orgaanisen hiilen (t ha^{-1}) lisäyksen vaikutus huuhtouman sameuteen syys- ja kevätsimulaatioiden aikana. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $t_{\text{C}_{\text{org}}}$ ha^{-1} arvoista.



Kuva 37. Orgaanisen hiilen (t ha^{-1}) lisäyksen vaikutus huuhtouman sähkönjohtavuuteen syys- ja kevätsimulaatioiden aikana. Huuhtouman sähkönjohtavuus syys- ja kevätsimulaatioiden aikana. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $t_{\text{C}_{\text{org}}}$ ha^{-1} arvoista.

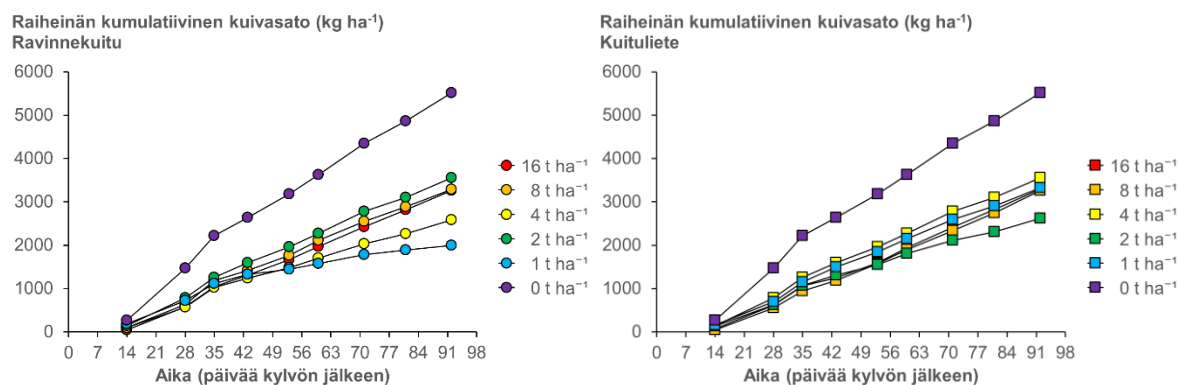
Valumavesien sähkönjohtavuus laski syyssimulaatiossa ajan kuluessa johtuen todennäköisimmin ravinteiden huuhtoutumisesta (kuva 37). Kevätsimulaatiossa sähkönjohtavuus vaikuttaisi olevan suurempi sen keskivaiheilla, mutta erot peittyvät annosten välillä satunnaisvaihteluun.

Valumavesien pH nousi ajan myötä syyssimulaatiossa ja kuitujen käyttö nosti pH:ta. Annosten suuruuden vaikutus ei kuitenkaan ole kovin selkeä monoliittien ominaisuuksien välisen satunnaisvaihtelun takia (kuva 38).



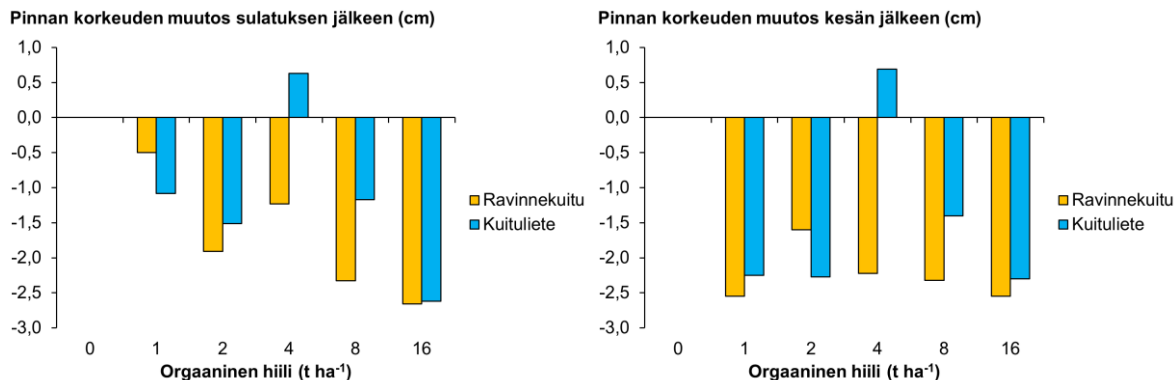
Kuva 38. Orgaanisen hiilen (t ha^{-1}) lisäyksen vaikutus huuhtoutuman pH-arvoon syys- ja kevätsimulaatioiden aikana. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $\text{t C}_{\text{org}} \text{ha}^{-1}$ arvoista.

Raiheinän kokonaissadot olivat suhteellisen pienet tiheän niittorytmin takia (kuva 39). Se kasvoi nopeasti korkeaksi suhteessa monoliittien halkaisijaan, jolloin hoitotoimenpiteet tulivat vaikeiksi. Kasvustot leikattiin viikon puolentoista välein. Kuitujen käyttö noin puolitti sadon jo pieninä annoksia. Kuitujen välillä ei ole eroa ja niiden annosten vaikutus satoon ei ole suoraviivainen. Mahdolliset erot vaikutuksissa peittyvät monoliittien ominaisuuksissa oleviin satunnaisiin eroihin. Näyttäisi siltä, että pienikin kuitumäärä alentaa oleellisesti satoa eikä se vähene annoksen kasvaessa oleellisesti. Sadonalennuksen arvo olisi käytännön viljelyssä noin 100 € ha^{-1} . Karkearehulle, kuten italianraiheinälle ei ole varsinaista markkinahintaa, mutta sen voidaan olettaa olevan samaa suuruusluokkaa kuin viljassa, joka on $130\text{--}150 \text{ € t}^{-1}$ (14 % RH).



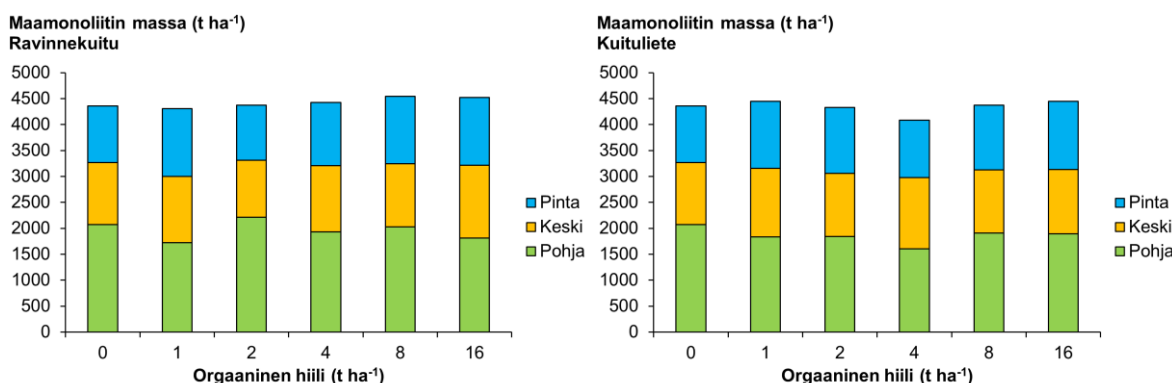
Kuva 39. Orgaanisen hiilen (t ha^{-1}) lisäyksen vaikutus italianraiheinän kumulatiiviseen satoon kesäsimulaation aikana. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea).

Monoliittien pinta painui niiden sulatuksen aikana talvisimulaatiosta kevätsimulaatioon siirtymisen aikana kummallakin kuidulla siten, että painuma lisääntyi orgaanisen hiilen annoksen kasvun myötä määrään 2 t ha^{-1} saakka, kuva 40. Sen jälkeen annoksen ollessa $4 \text{ t org, C ha}^{-1}$ painuma oli pienempi. Kuitulietettä käytettäessä pinta jopa nousi sulatuksen yhteydessä tällä kuitumäärällä. Annoksen kasvaessa edelleen pinnankorkeuden painuma lisääntyi monoliiteissa käytetystä kuitulajista riippumatta mutta nollakuitumonoliiteissa painuma oli nopeampaa. Lopulta suurimmalla annoksella painuma oli kummallakin kuidulla yhtä suuri. Erityisesti ravinnekuidulla painuma lisääntyi pieniä annoksia käytettäessä sulatuksesta sadonkorjuuseen ja monoliittien purkuun. On varsin vaikea löytää selitystä sille, miksi annoksella $4 \text{ t org, C ha}^{-1}$ painuma on poikkeavan pieni.



Kuva 40. Maamonoliittien pinnan korkeuden muutos simulaatioiden aikana. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $\text{t C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$ arvoista.

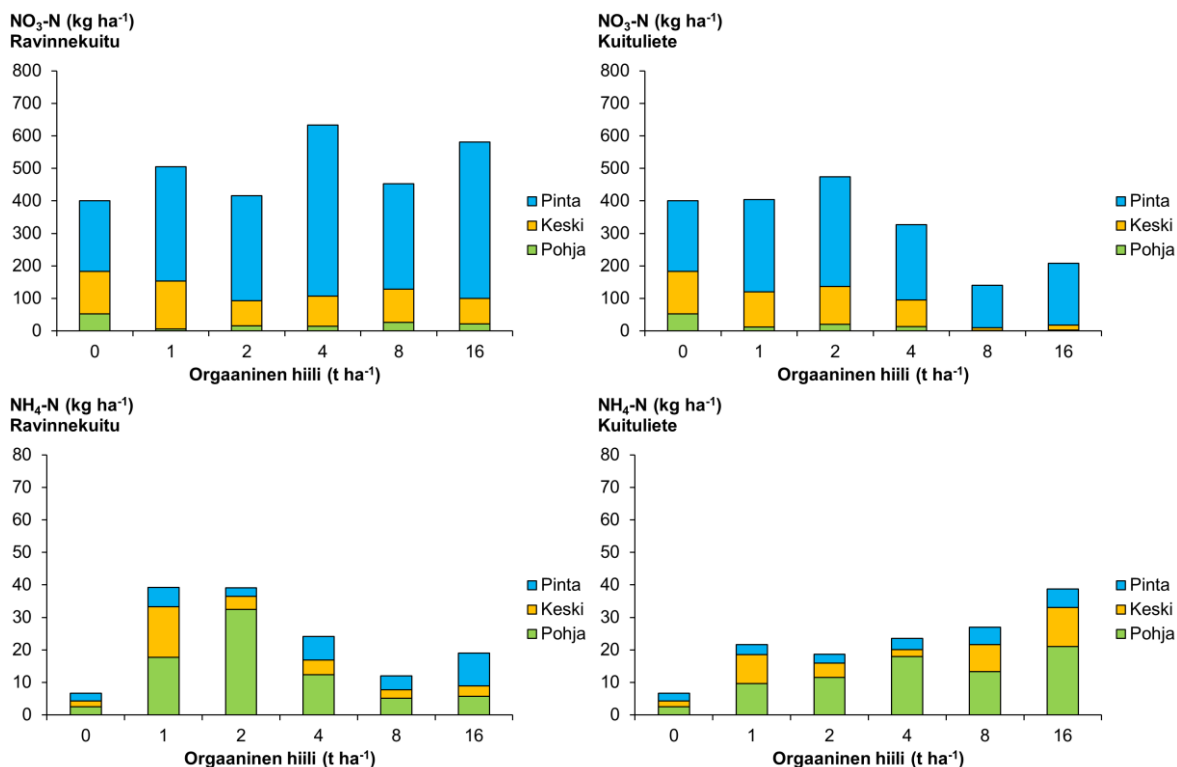
Kuvasta 41 voidaan nähdä, että kaikkien maamonoliittien massa oli vuodenaikasilmoituksen päättyessä lähes sama. Kerrosten suhteissa eri näytteiden välillä ei ollut merkittävää eroa, joten kerrosten ravinnepitoisuudet ovat keskenään verrattavissa.



Kuva 41. Maamonoliittien kerrosten massat. Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $\text{t C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$ arvoista.

Maamonoliittikerrosten liukoisesta kokonaistypistä suurin osa oli nitraattityppeä. Kun verrattiin kokonaistypen ja nitraattitypen määriä eri monoliittikerroksissa, niiden suhteet olivat lähes identtiset. Joten tässä tarkastelussa keskitytään nitraattityppipitoisuuteen.

Ravinnekuitumonoliiteissa nitraattitypen määrä vaihteli simulaatioiden lopussa jonkin verran orgaanisen hiilen annoksen mukaan. Keskimäärin nitraattityppipitoisuus kasvoi lisätyn kuitumateriaalin funktiona ja nitraattityppi painottui pintakerrokseen. Nitraattitypen määrä monoliiteissa hehtaaria kohti oli suuri johtuen raiheinän suuresta lannoituksesta. Se kuitenkin jostain syystä tarvitsi runsaan typpilannoituksen. Vaikka jo ensimmäisen lannoituksen typpiannos oli suuri, kasvusto kärsi myöhemmin typenpuutetta, ja se lannoitettiin uudelleen. Kummallakin kerralla käytetty lannoite oli Ducanit $15,5 \% \text{ N}$ ($14,4 \% \text{ NO}_3\text{-N}$, $1,1 \% \text{ NH}_4\text{-N}$, $\text{CaO } 26,3 \%$) $13,5 \text{ g}$ per monoliitti (<https://www.duslo.sk/en/granulated-nitrogenous-fertilizers>). Sen mukana tuli typpeä 308 kg ha^{-1} kerta. Tarkoitus oli laittaa 80 kg N ha^{-1} . Lisälannoitusta jouduttiin kuitenkin toistamaan kasvuston kellaustuessa, joten vahingossa annettu suurempi määrä ei ollut ainakaan haitaksi. Joka tapauksessa monoliiteissa oli purettaessa huomattavasti yli taustatason nitraattityppeä. Taustataso voisi olla noin 20 kg ha^{-1} kahdessa ylimmässä kerroksessa yhteensä. Pintakerroksen nitraattipitoisuus oli linjassa lannoituksen kanssa.

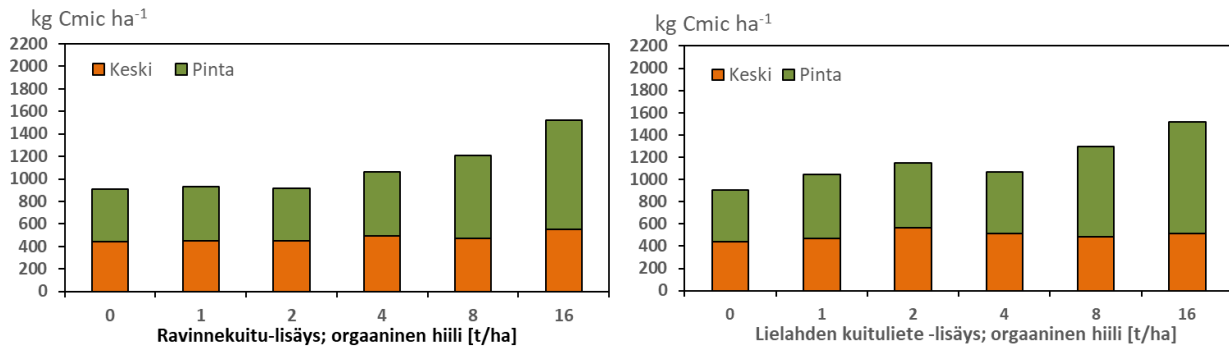


Kuva 42. Maamonoliittikerrosten nitraattityppimäärä (ylemmät kuvat) ja ammoniumtyppimäärä (alemmat kuvat). Ravinnekuitu (vasen), Lielahden kuituliete (oikea). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista t C_{org} ha⁻¹ arvoista. Huomioi, että ammoniumtyppimäärän x-akseli on 10 kertaa pienempi kuin nitraattimäärän.

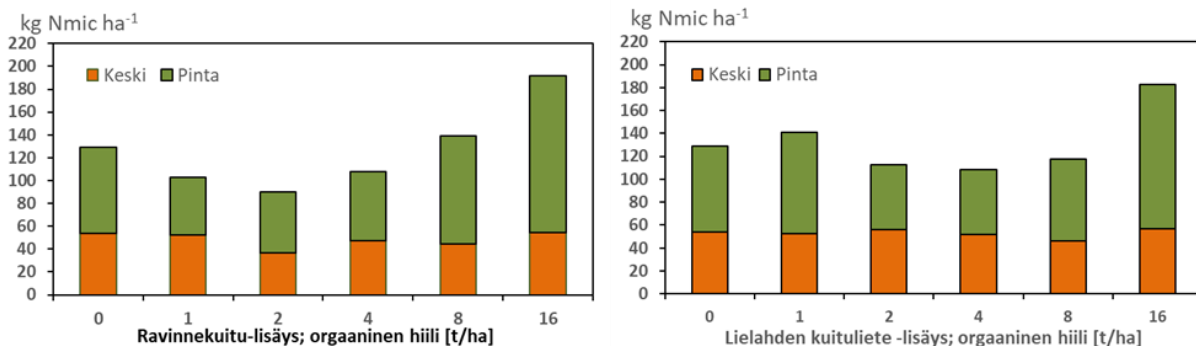
Kuitulietemonoliiteissa nitraattitypen määrä hehtaaria kohti väheni annoksen kasvaessa määrään 8 t org. C ha⁻¹ ja yli erityisesti keskikerroksessa (kuva 42). Suuri kuitumäärä pintakerroksessa oli sitonut sitä niin, että nitraattityppeä ei kulkeutunut syvemmälle. Se lienee sitoutunut pintakerroksessa maan orgaaniseksi ainekeksi.

Huomionarvoista on, että ammoniumtypen määrä kasvaa kuituannoksen kasvaessa, mutta sen jakautumisessa eri kerroksiin ei ole selvää tendenssiä (kuva 42). Ammoniumtypen määrä oli suurimmillaan ravinnekuidun orgaanisen hiilen annoksen ollessa 1–2 t ha⁻¹. Tämä liittyy analyysien epätarkkuuteen. Keskikerroksen osuus oli suurimmillaan annoksen ollessa 1 t ha⁻¹. Pohjakerroksen osuus tästä oli suurimmillaan annoksen ollessa 2 t ha⁻¹. Pintakerroksen osuus ammoniumtypestä vaihteli satunnaisesti ilmeisesti monoliittien alkupe-
räisen ammoniumtyppipitoisuuden mukaan. Nitraatin määrä eri kerroksissa näyttää vaihdelleen satunnaisesti, mutta se keskittyi pintakerrokseen. Oleelliselta osalta maan liukoinen typi oli pintakerroksessa.

Maamonoliittikokeen purkamisen yhteydessä otetuista maanäytteistä määritettiin myös mikrobibiomassan kokonaismäärä (mikrobiston sisältämä hiili (C_{mic}) ja typi (N_{mic}) (ISO 1997; Palojarvi ym. 2002).



Kuva 43. Mikrobibiomassa-hiili (C_{mic}) [$kg\ C_{mic}\ ha^{-1}$] maamonoliittikokeen maan eri kerroksissa ravinnekuidun (vas.) ja Lielahden kuitulietteen (oik.) eri lisäysmäärissä (orgaaninen hiili 0-16 $t\ ha^{-1}$) syyslevityksen, simuloidun syksyn, talven ja kasvukauden jälkeen. Pinta=0- n. 10 cm (kuitujen lisäyskerros), keski=10-20 cm. Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $t\ C_{org}\ ha^{-1}$ arvoista.



Kuva 44. Mikrobibiomassa-typä (N_{mic}) [$kg\ N_{mic}\ ha^{-1}$] maamonoliittikokeen maan eri kerroksissa ravinnekuidun (vas.) ja Lielahden kuitulietteen (oik.) eri lisäysmäärissä [orgaaninen hiili 0-16 $t\ ha^{-1}$] syyslevityksen, simuloidun syksyn, talven ja kasvukauden jälkeen. Pinta=0-n. 10 cm (kuitujen lisäyskerros), keski=10-20 cm. Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $t\ C_{org}\ ha^{-1}$ arvoista.

Ravinnekuidun ja Lielahden kuitulietteen vaikutukset ovat melko samanlaiset maan mikrobibiomassan kokonaismäärään (kuvat 43, 44). Aivan kuten nitraatin huuhtoutumisissa (ks. kuva 16), tuotteista kuitulietteen lisäys aiheuttaa lisäysmäärien mukaisesti johdonmukaisemmat tulokset kuin ravinnekuitu. Kuitujen lisäysten ansiosta pintakerroksessa mikrobibiomassan määrä kasvaa, syvemmissä kerroksissa ei muutoksia juuri nähdä. Mikrobibiomassa-typen kokonaismäärät sen sijaan jopa pienenevät pienimmillä kuitumäärillä. Manirakiza ym. (2019) havaitsivat mikrobibiomassa-typessä vastaavaa laskua laboratorioinkubaationa toteutetun kokeen ensimmäisinä kuukausina ja sen katsottiin kertovat tehostuneesta mineralisaatiosta; mikrobibiomassa-typen arvot kasvoivat vasta inkubaation loppua kohti (224 vrk koe). Monoliittikokeessa mikrobiston dynamiikkaa ei seurattu.

Suurimmalla levitysmäärällä mikrobiston kokonaismäärä on noin $600\ kg\ C_{mic}\ ha^{-1}$ ja noin $60-70\ kg\ N_{mic}\ ha^{-1}$ suurempi kuin käsittelemättömässä. Mikrobibiomassan arvot maamonoliittikokeessa vastaavat hyvin kenttäkokeessa levityksen jälkeisenä keväänä mitattuja arvoja (samat tuotteet vuoden 2018 levityksessä; kuvat 43, 44).

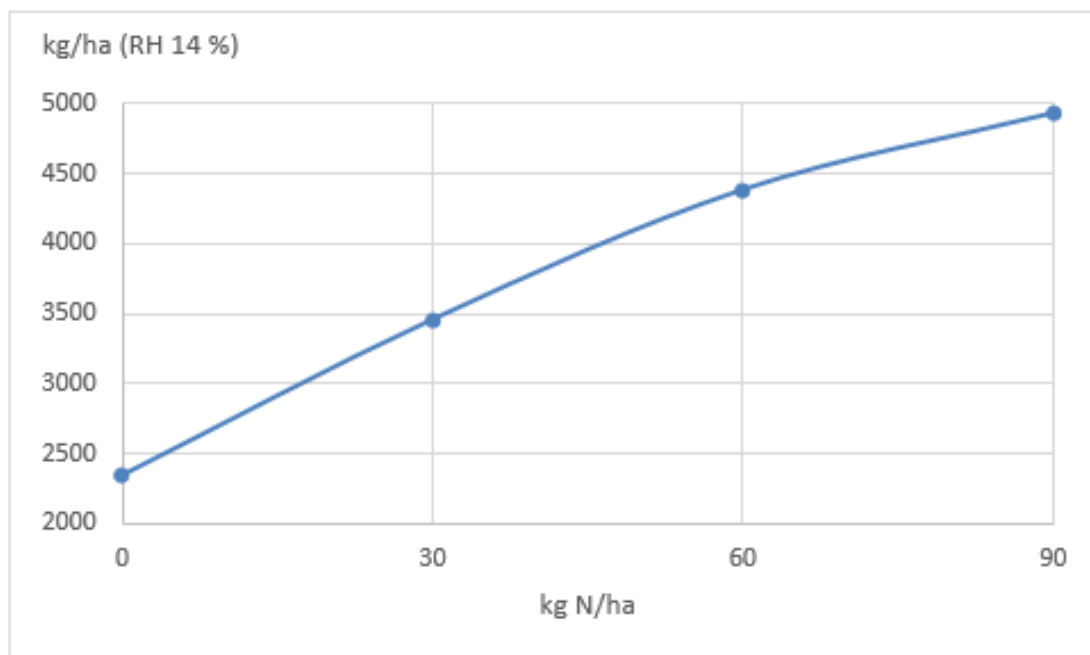
Taulukko 12. Mikrobibiomassan hiili/typpi -suhteen muutokset kuitukäsittelyjen vaikutuksesta (vas. ravinnekuitu, oik. Lielahden kuituliete). Kuitulietettä lisättiin 92% ja ravinnekuitua 80% laskennallisista $t\ C_{org}\ ha^{-1}$ arvoista.

Cmic/Nmic-suhde	Ravinnekuitu-lisäys ($t\ ha^{-1}$)							Lielahden kuituliete -lisäys ($t\ ha^{-1}$)					
	0	1	2	4	8	16		0	1	2	4	8	16
Pinta (0-10 cm)	6,2	9,6	8,7	9,3	7,8	7,1		6,2	6,5	10,3	9,9	11,3	8,0
Keski (10-20 cm)	8,2	8,6	12,3	10,5	10,6	10,1		8,2	8,9	10,1	9,9	10,5	9,0

Mikrobibiomassan C/N-suhteen arvot olivat eri maakerroksissa erilaiset ja aina matalimmat käsittelemättömässä maamonoliitissa (taulukko 12). Muutokset viittaavat siihen, että kuitulisäykset aiheuttavat muutokset maaperän mikrobiston bakteerien ja sienten biomassasuhteessa siten, että sienten määrä lisääntyy. Samanlaisen havainnon ovat tehneet Rasa ym. (2020) ja Clocchiatti ym. (2020). Sienten katsotaan kerryttävän bakteereja paremmin kestävää hiiltä maaperään.

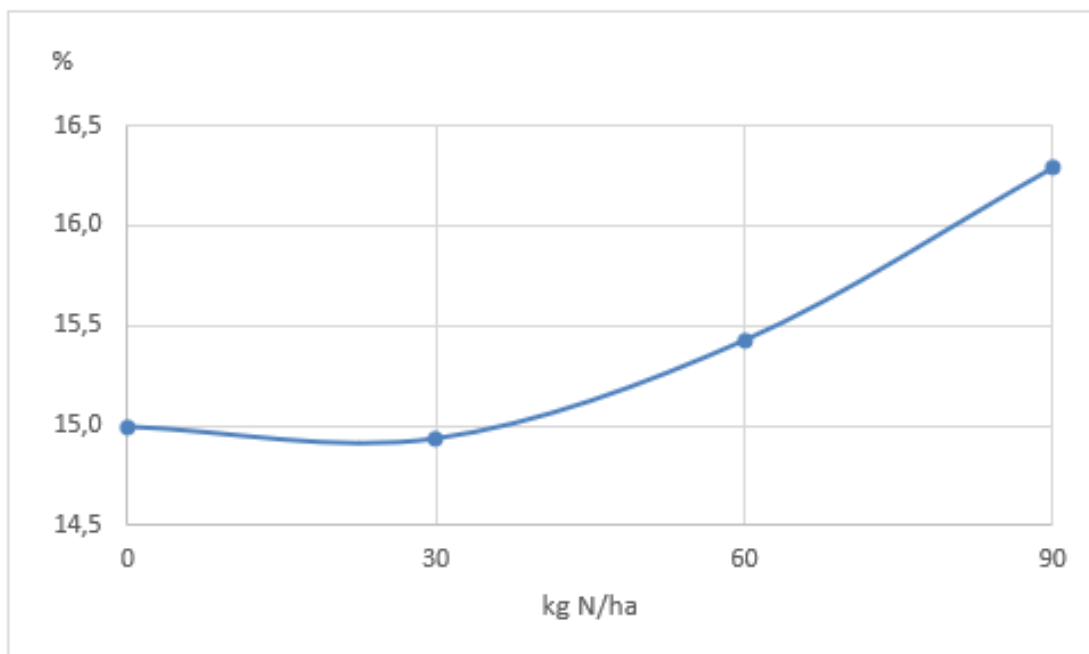
4.3. Kenttäkokeet

Kasvukausi 2019



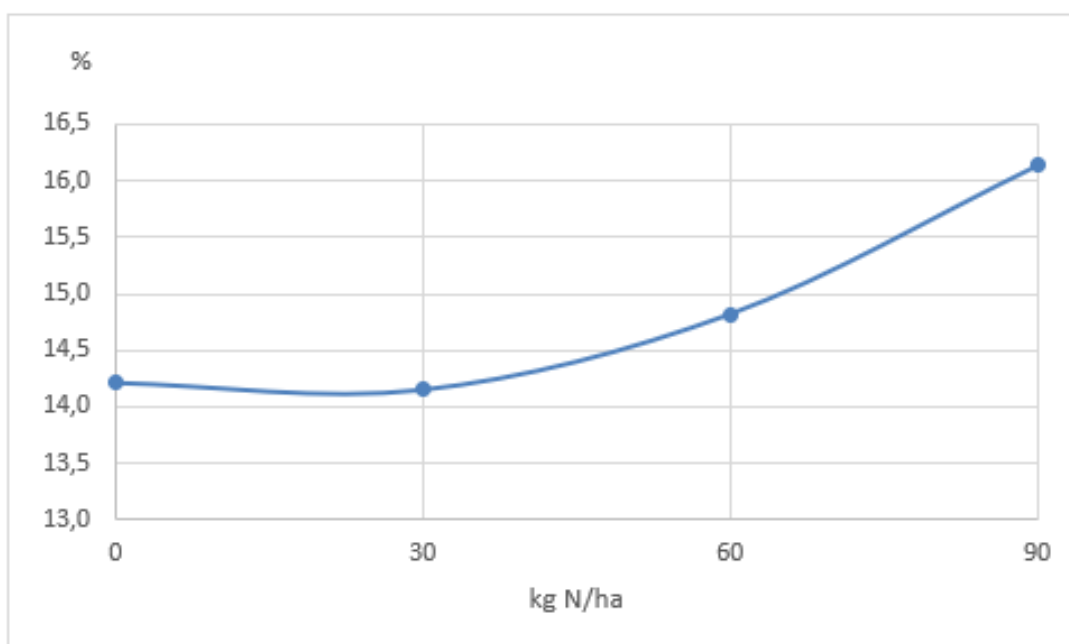
Kuva 45. Typen satovaste vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Vuonna 2019 kenttäkokeen typpiportaissa typellä oli vielä sen suurimmallakin portaalla 90 kg N ha^{-1} hyvä satovaste, joten sato olisi kasvanut selvästi vielä ympäristökorvauksen mukaiselle suurimmalle typпитasolle 120 kg N ha^{-1} asti selvästi (kuva 45).



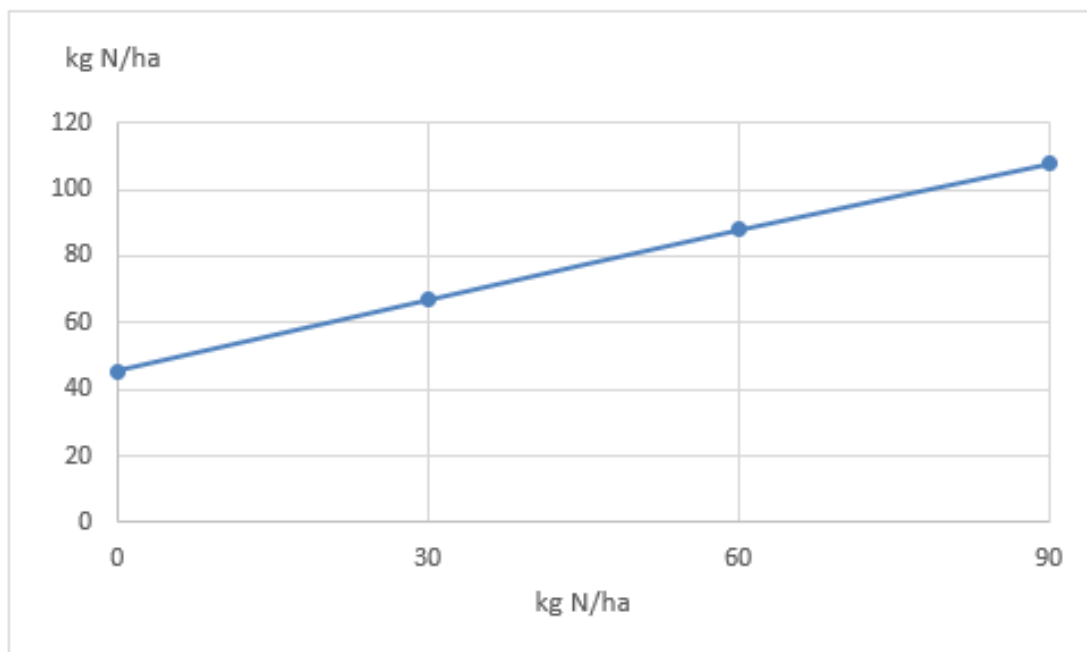
Kuva 46. Typhen vaikutus puintikosteuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Puintikosteus alkoi kasvaa typpiannoksen noustessa yli 30 kg N ha⁻¹ tuleentumisen viivästymisen takia (kuva 46).



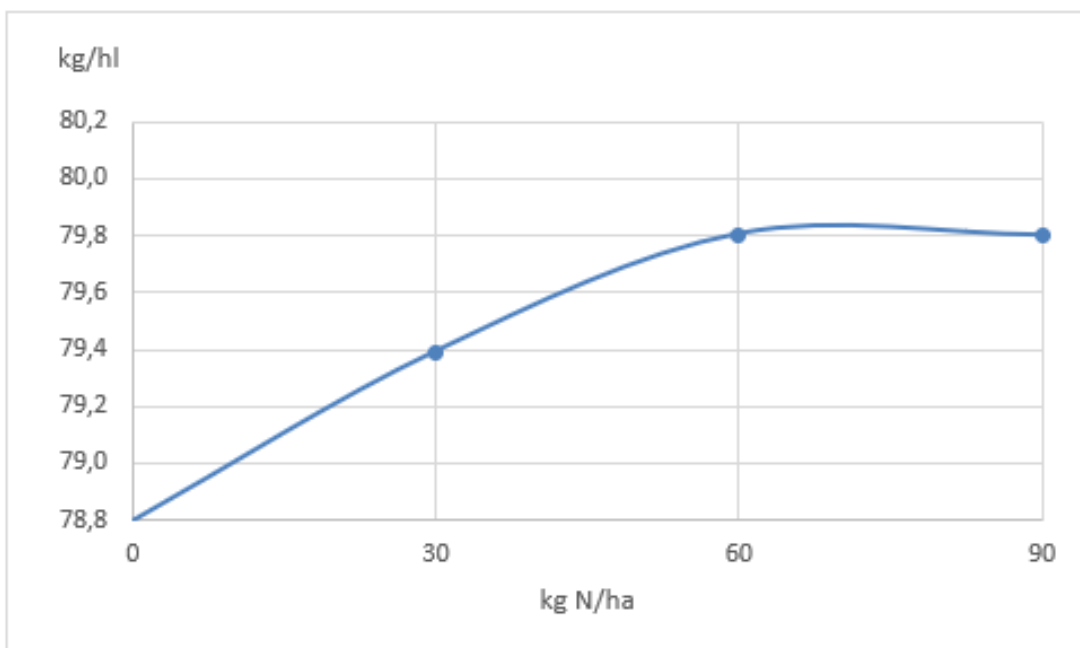
Kuva 47. Typhen vaikutus valkuaispitoisuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Myös valkuaispitoisuus alkoi kasvaa typpitason ylittäessä 30 kg ha⁻¹ saavuttaen varsin korkean tason 16,1 % suurimmalla typpitasolla 90 kg ha⁻¹ (kuva 47). Valkuaispitoisuuden nousu typpilannoituksen kasvaessa tasoon 90 kg N ha⁻¹ nosti lisähintaa 10 €:sta tonni 15 €:oon tonni (liite 4). Valkuaispitoisuus olisi noussut typpitason noustessa edelleen, mutta siitä ei olisi enää saanut lisähintaa.



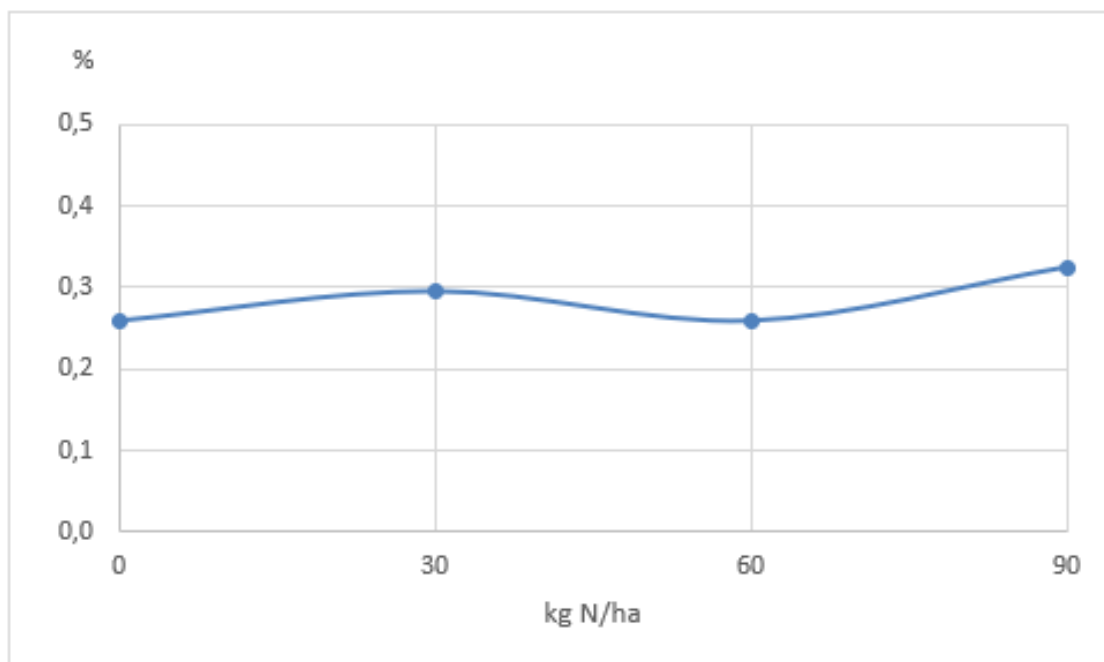
Kuva 48. Typen vaikutus typpisato vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Typpisato kasvoi lineaarisesti typpilannoituksen kasvaessa. Typpitase oli kaikilla typpilannoitustasoilla negatiivinen (kuva 48). Sadon mukana poistui enemmän typpeä kuin sitä oli lannoitteessa annettu.



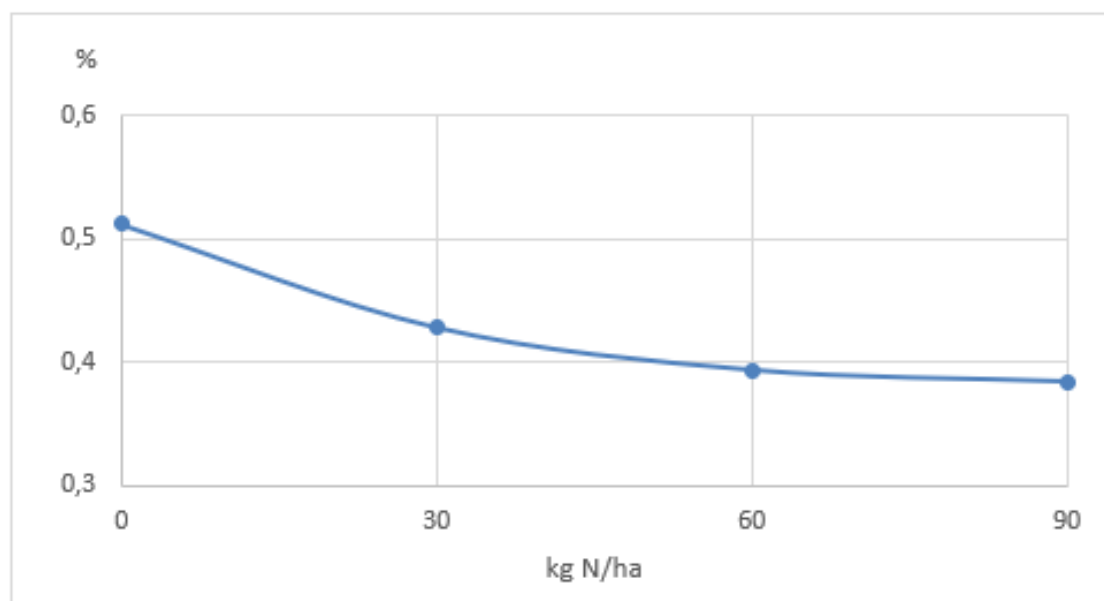
Kuva 49. Typen vaikutus hehtolitrapainoon vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Hehtolitrapaino nousi aina typpitasolle 60 kg ha⁻¹ saakka ja oli yli leipävehnän kauppakelpoisuuden rajan (78 kg/hl; liite 4) kaikilla typpimäärillä (kuva 49), joten sillä ei ollut vaikutuksia laadusta maksettavaan hintaan.



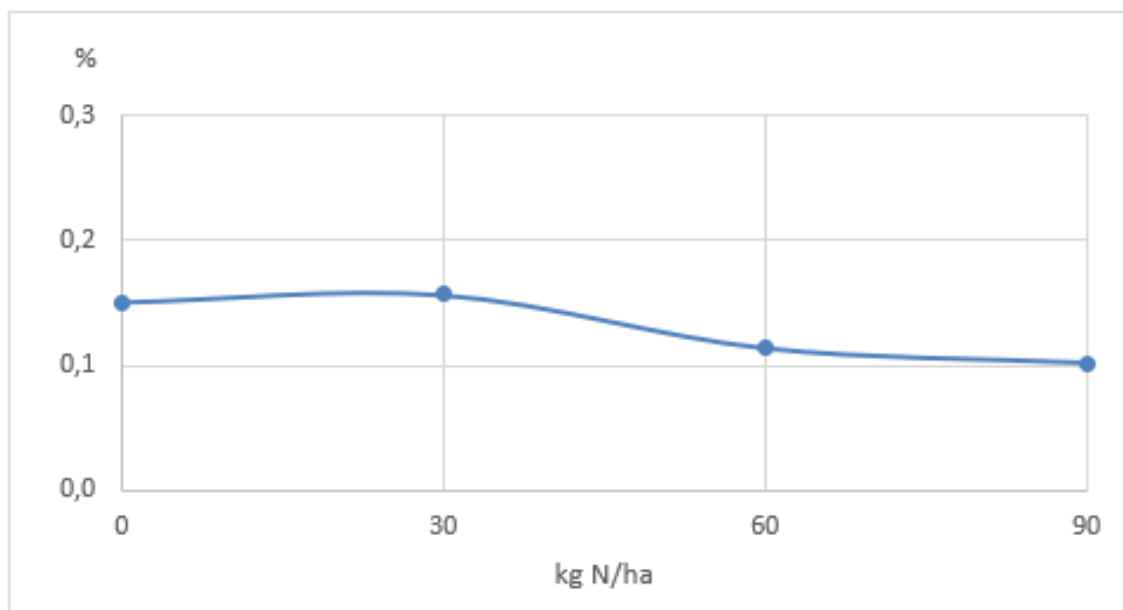
Kuva 50. Typen vaikutus surkastuneiden osuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Surkastuneiden osuus oli pieni eikä typpilannoituksella ollut siihen vaikutusta (kuva 50), Mitattu surkastuneiden osuuden vaihtelu oli täysin satunnaista.



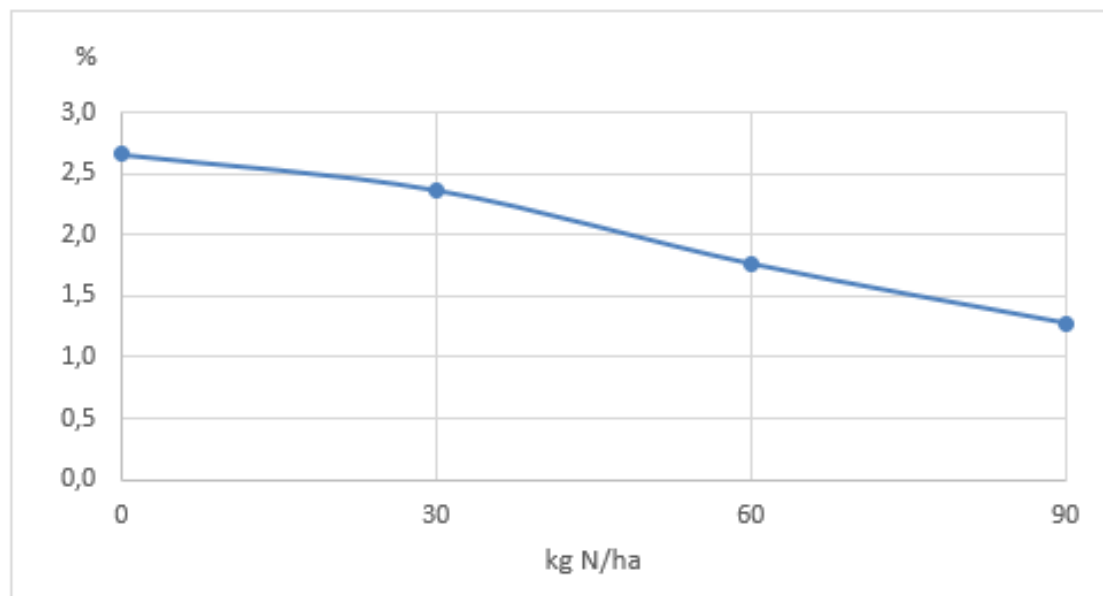
Kuva 51. Typen vaikutus roskien osuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Typpitason nousu vähensi roskaisuutta (kuva 51), mutta roskaisuus ei alentanut hintaa millään typpitasolla (liite 4).



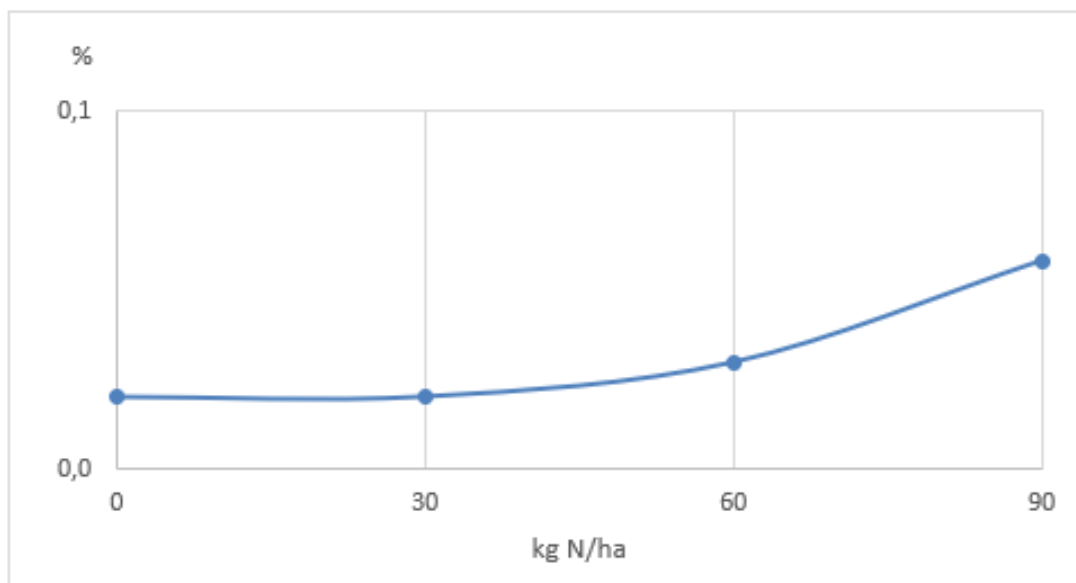
Kuva 52. Typen vaikutus vieraiden viljalajien osuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Vieraiden viljalajien osuus oli varsin pieni, 0,1 – 0,2 % sadosta suhteessa vastaanottovaatimukseen (liite 4), eikä typpitaso vaikuttanut siihen oleellisesti (kuva 52).



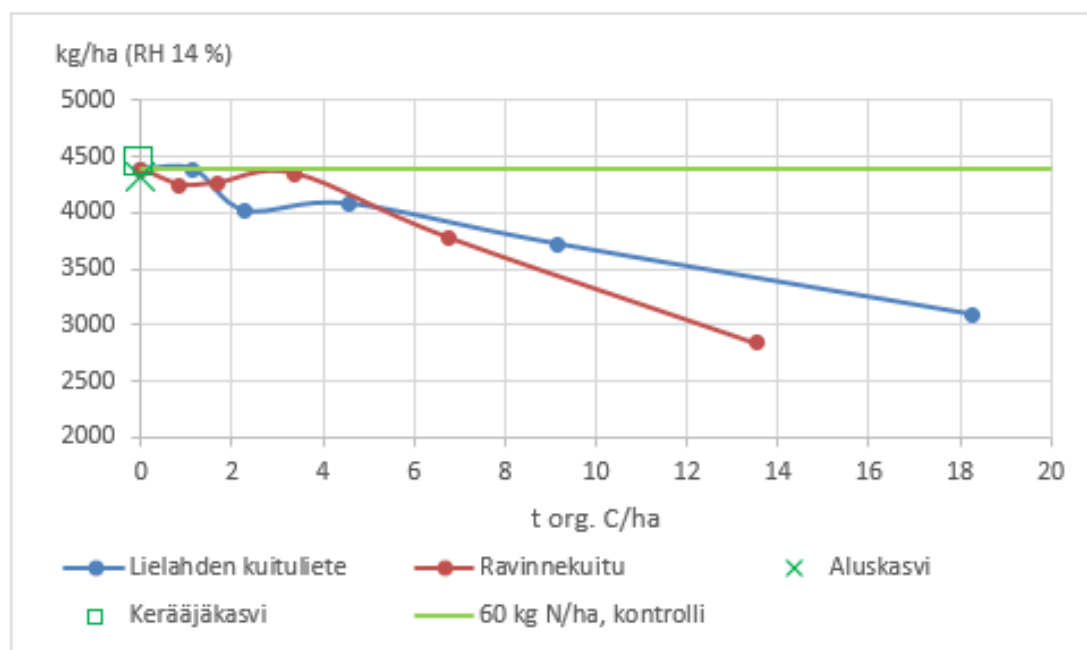
Kuva 53. Typen vaikutus rikkoontuneiden osuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Typpitason kasvu vähensi rikkoontuneiden osuutta sadossa (kuva 53). Rikkoontuneet kuuluvat muihin rikkejyviin, joiden peruslaatuvaatimus on enintään 2,0 %. Niiden osuudella on tässä suuruusluokassa potentiaalista vaikutusta laatuhinnoitteluun, mutta sen merkitys ei ole suuri näissä pitoisuuksissa.



Kuva 54. Typen vaikutus vihreiden osuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

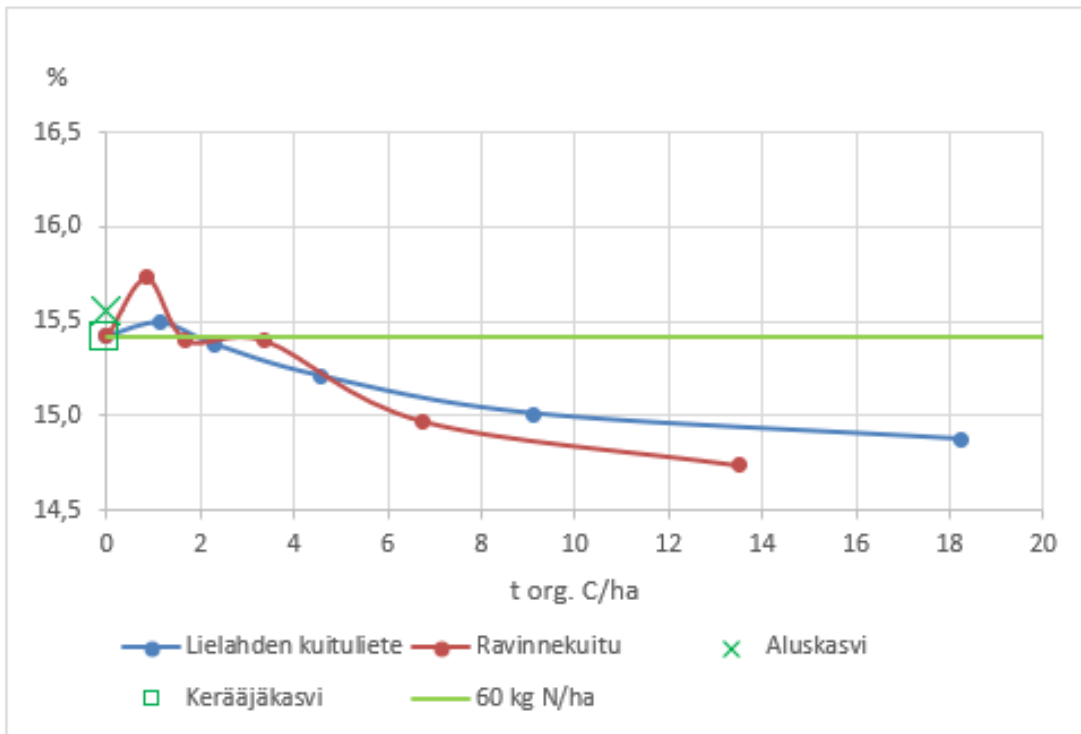
Vihreiden osuus oli hyvin pieni suhteessa peruslaatuvaatimukseen (lite 4) eikä typpitaso vaikuttanut siihen oleellisesti (kuva 54).



Kuvia 55. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus satoon vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

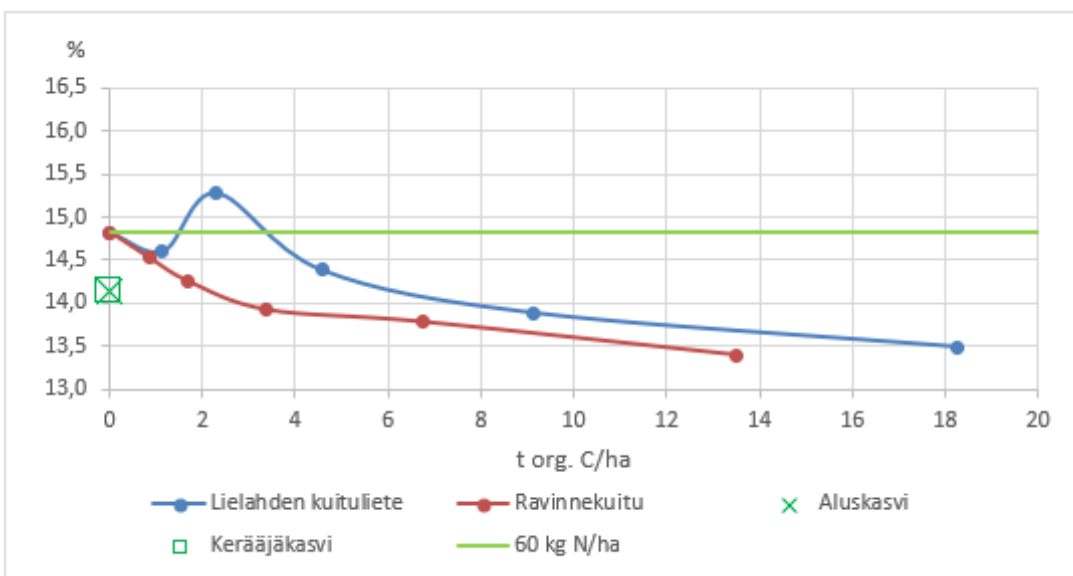
Kuitujen käyttö edellisenä syksynä alensi satoa oleellisesti kesällä 2019, kun käyttömäärä ylitti noin 4 t org, C ha⁻¹ (kuva 55). Ravinnekuituannoksen kasvu alensi satoa hieman nopeammin kuin Lielahden kuitulieteannoksen tätä suuremmilla orgaanisen hiilen annoksilla. Suurimmilla kuituannoksilla sadosta menetettiin noin kolmannes. Pienet ravinnekuituannokset, jotka kuitenkin jo selvästi vähentävät nitraatin huuhtoutumista (kts. kohta 4.2.), eivät alentaneet satoa. Kuituliete alensi mittaustuloksen perusteella satoa hieman pienempinä annoksina kuin ravinnekuitu, mutta tämä voi mennä satunnaisvaihtelun piikkiin. Kuitulietteellä oli vaikea saavuttaa oleellista nitraatin huuhtoutumisen vähenemistä (kts. kuva 34) ilman oleellista sadonalennusta. Suurimmilla kuituannoksilla sato aleni tasolle, joka vastaa noin 20 kg N ha⁻¹ lannoitusta, vaikka lannoitus oli 60 kg N

ha⁻¹, joten kuidut olivat sitoneet noin 40 kg ha⁻¹ typpeä seuraavana kasvukautena. Alus- ja kerääjäkasveilla ei ollut vaikutusta seuraavan kasvukauden satoon.



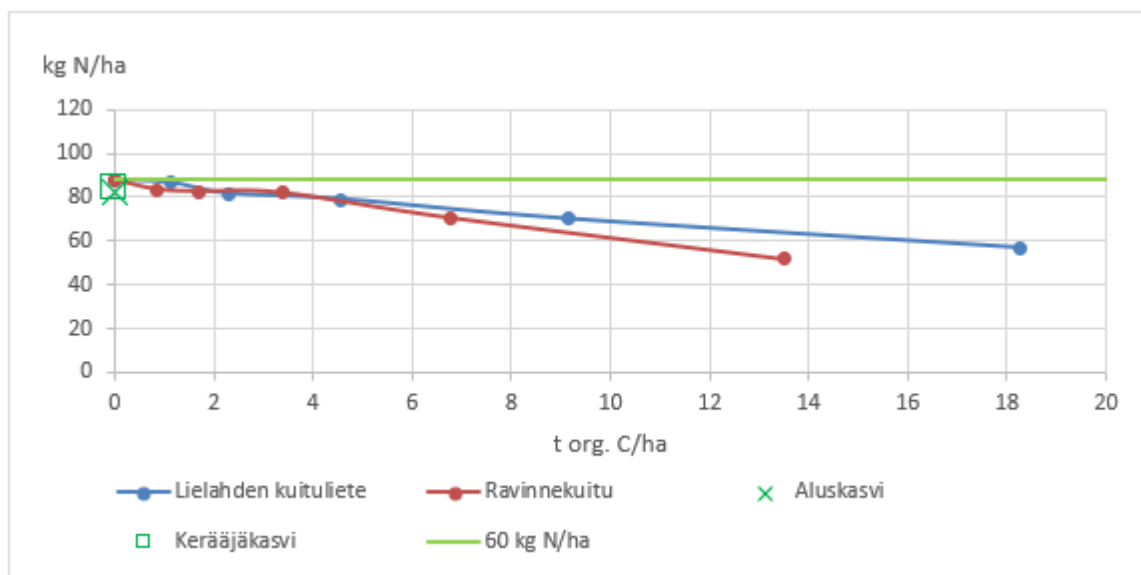
Kuva 56. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus puintikosteuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen käyttö alensi puintikosteutta jonkin verran liittyen siihen, että kasvustolla oli vähemmän typpeä käytettävissä ja se tuleentui aikaisemmin (kuva 56). Aluskasvin, varsinkaan kerääjäkasvin, käytöllä ei ollut vaikutusta puintikosteuteen.



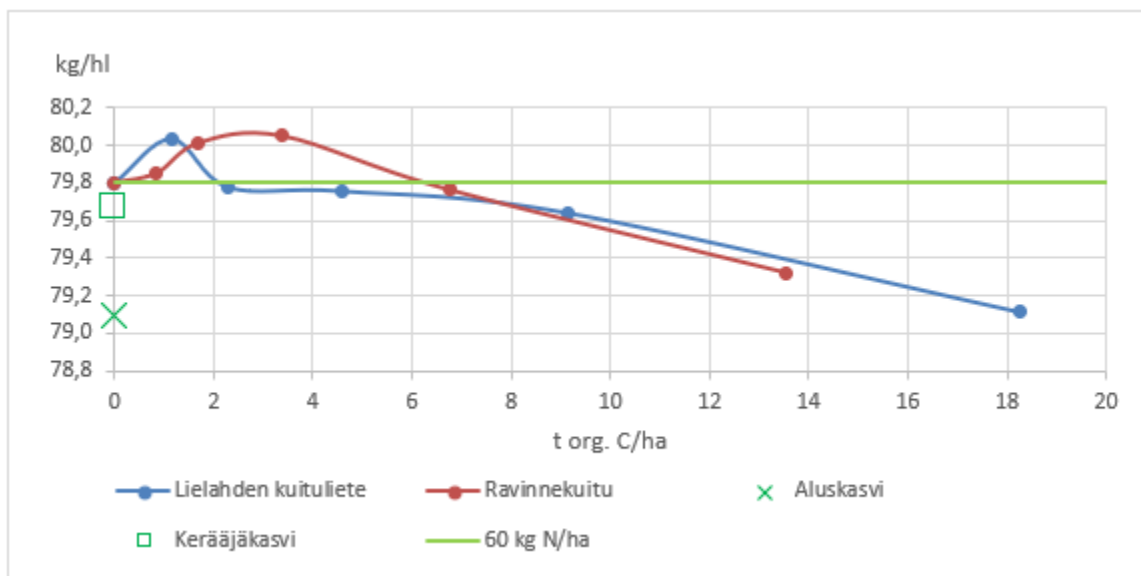
Kuva 57. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus valkuaispitoisuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen käyttö alensi sadon valkuaispitoisuutta suurimmilla annoksilla jopa 1,5 %-yksikköä liittyen siihen, että kasvustolla oli vähemmän typpeä käytettävissä (kuva 57). Alus- ja kerääjäkasvien käytöllä oli kuitujen käytön tapainen vaikutus valkuaispitoisuuteen.



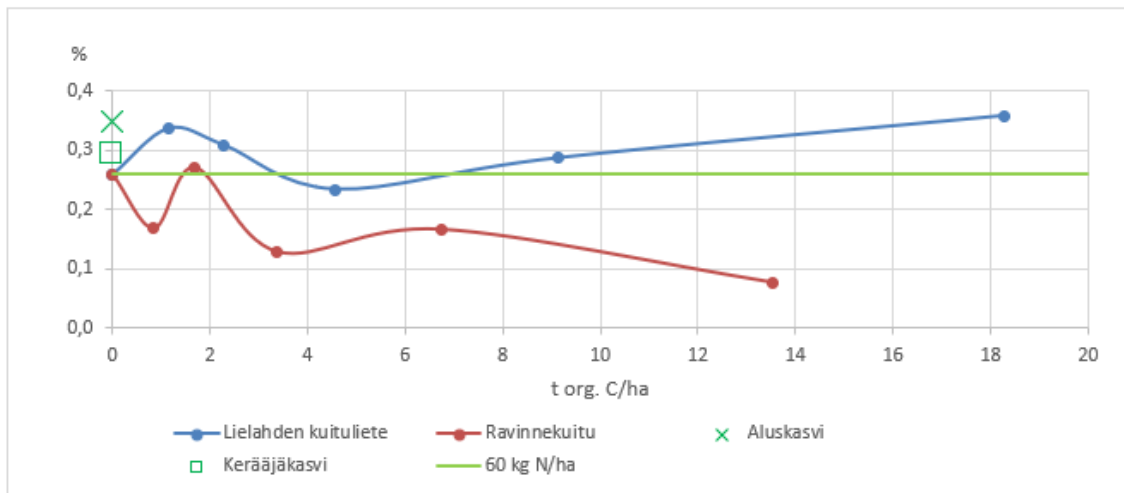
Kuva 58. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus typpisatoon vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen käyttö alensi typpisatoa suurimmilla annoksilla jopa noin 40 %, mutta pienillä noin 4 t org, C ha⁻¹ annoksilla typpisato aleni vain noin 7 % (kuva 58). Typpisato, joka on sadon ja valkuaispitoisuuden yhteisvaikutus, käyttäytyi varsin suoraviivaisesti suhteessa orgaanisen hiilen annokseen.



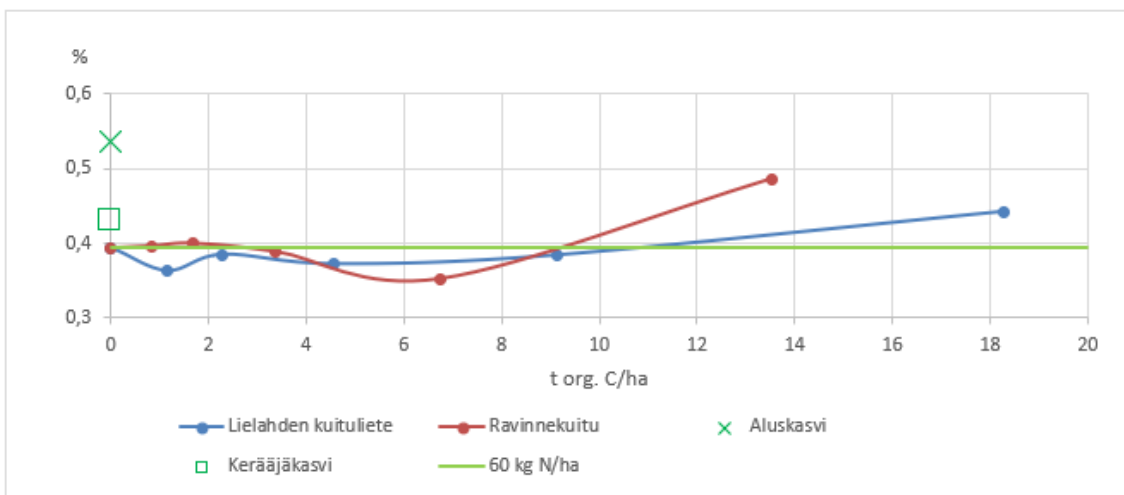
Kuva 59. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus hehtolitrapainoon vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen käyttö alensi hehtolitrapainoa, kun orgaanisen hiilen annos kasvoi yli noin 7 t org. C ha⁻¹ liittyen siihen, että kasvustolla oli vähemmän typpeä käytettävissä (kuva 59). Samanlainen vaikutus oli myös aluskasvin käytöllä. Sillä ei kuitenkaan ollut vaikutusta laadusta maksettavaan hintaan.



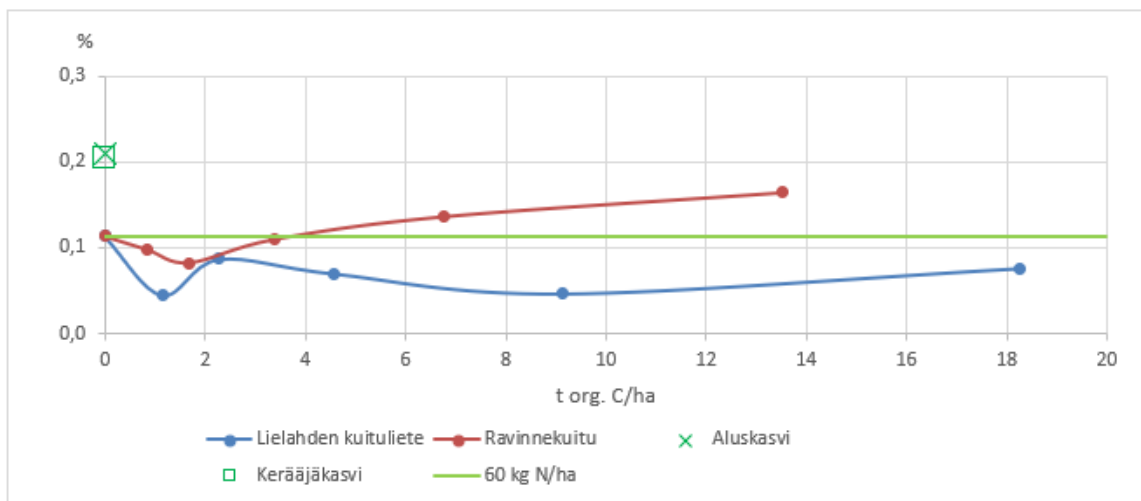
Kuva 60. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus surkastuneiden osuuteen vuonna 2019 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien käytön vaikutus surkastuneiden osuuteen oli epämääräinen ja pieni,
koska typpilannoituksellakaan ei ollut siihen selvää vaikutusta (kuva 60).



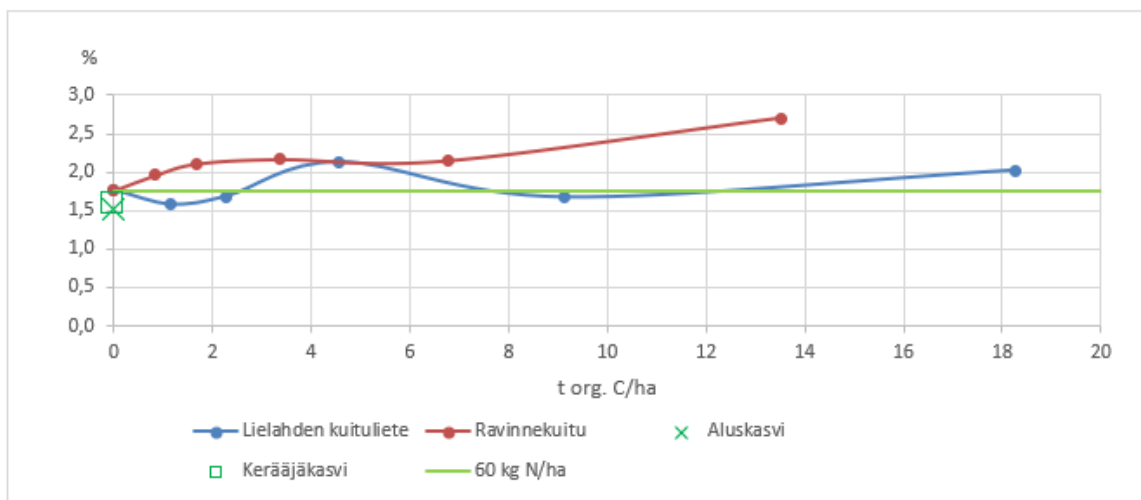
Kuva 61. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus roskien osuuteen vuonna 2019 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen käyttö vaikutti varsin vähän roskaisuuteen, mutta suurimmilla annoksilla roskaisuudella oli tendenssi
kasvaa lievästi, koska pieni typpilannoituskin lisäsi lievästi roskaisuutta (kuva 61). Roskaisuus oli kaikissa ta-
pauksissa korkeintaan peruslaadun (0,5 %) mukainen. Aluskasvin käyttö johti suurimpaan roskaisuuteen,
mutta ei riittävästi vaikutukseen laatuhinnoittelussa (liite 4).



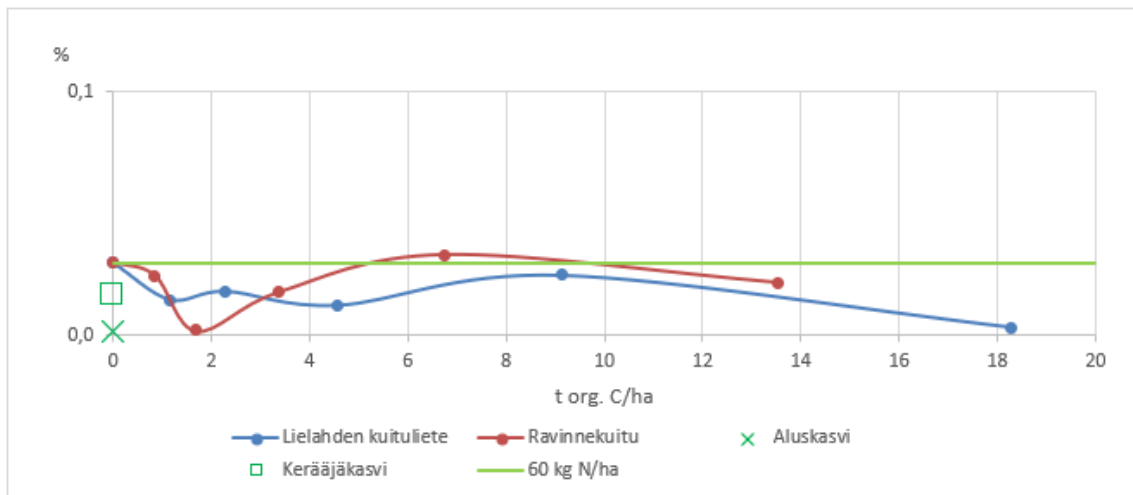
Kuva 62. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus muiden viljalajien osuuteen vuonna 2019 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Muiden viljalajien osuus ei suoranaisesti riippunut kuituannoksesta, vaan pikemmin sattumasta (kuva 62).
Seassa oli lähinnä esikasvina ollut kauraa. Alus- ja kerääjäkasvien käyttö johti jostain syystä tavallista suu-
rempaan muiden viljalajien osuuteen.



Kuva 63. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus rikkoutuneiden osuuteen vuonna 2019 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

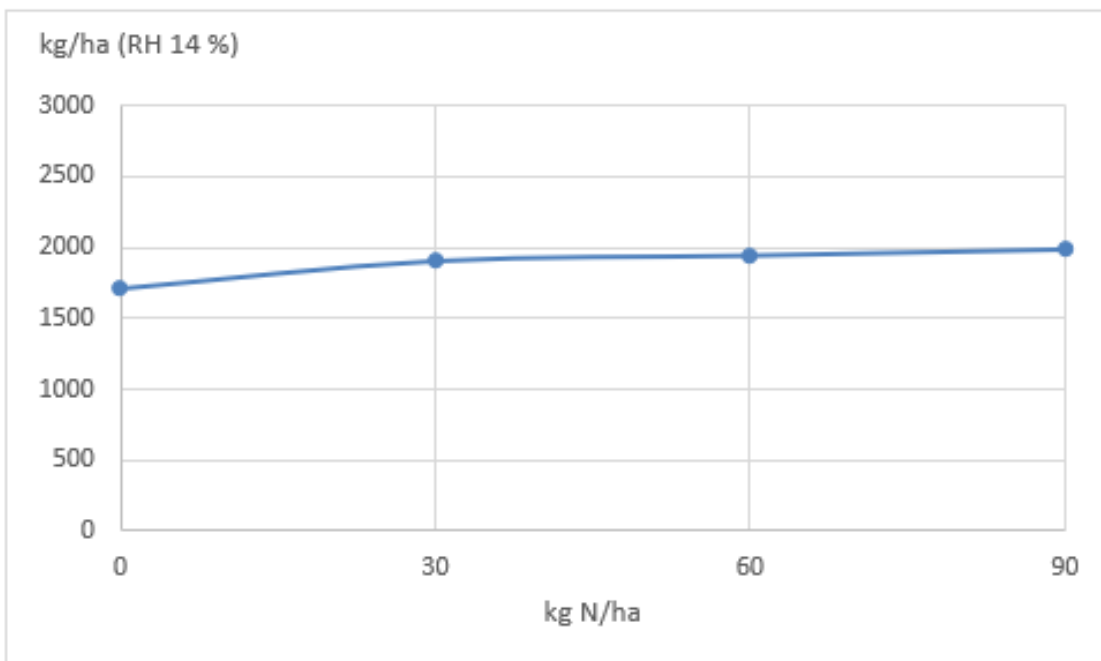
Erityisesti ravinnekuidun käyttö lisäsi rikkoontuneiden osuutta lievästi (kuva 63). Tämä liittyi typpitasoissa pie-
neen typpitasoon, joten kuitujen sitomaan typpeen tämäkin liittyy. Rikkoontuneet ovat oleellisin osa muita
rikkajyviä ja kasvattavat sen tasolle, josta tulee jonkin verran ($1 - 2 \text{ € t}^{-1}$) vähennystä laatuhinnoittelussa (liite
4), mutta sen merkitys on vähäinen. Rikkoontuneet olivat pikemminkin puintivirhe kuin käsittelyistä johtuva.



Kuva 64. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus vihreiden osuuteen vuonna 2019 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

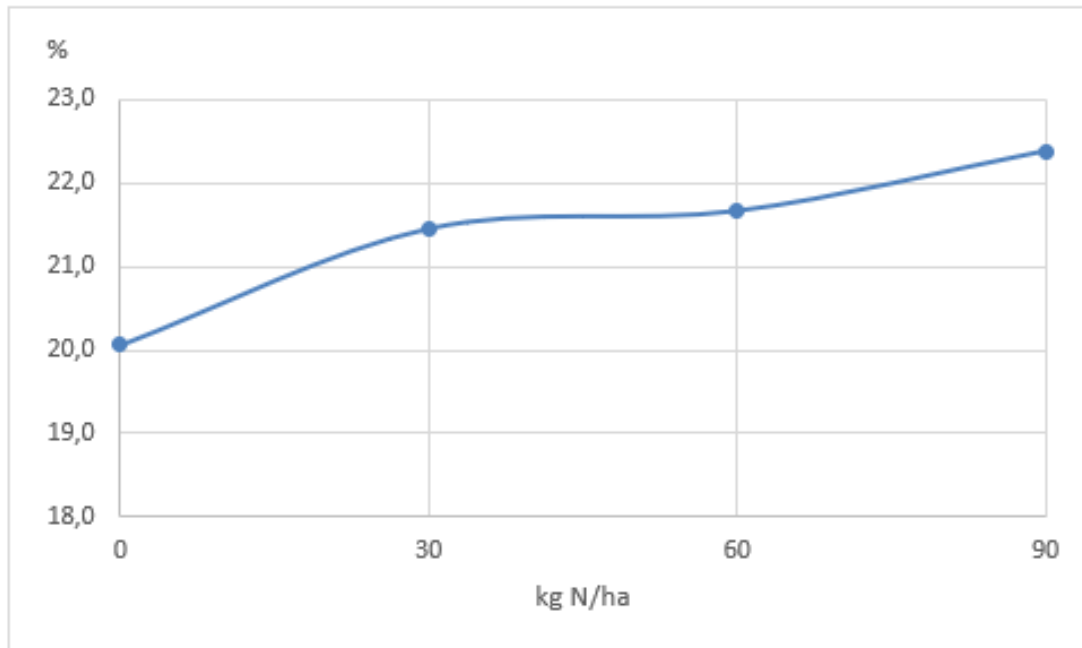
Vihreiden jyvien osuus oli hyvin pieni suhteessa peruslaatuvaatimukseen (alle 2,0 %; liite 4) ja vaihtelut kuituannoksen mukaan lähinnä satunnaista vaihtelua (kuva 64).

Kasvukausi 2020, kuidut levitetty syksyllä 2019



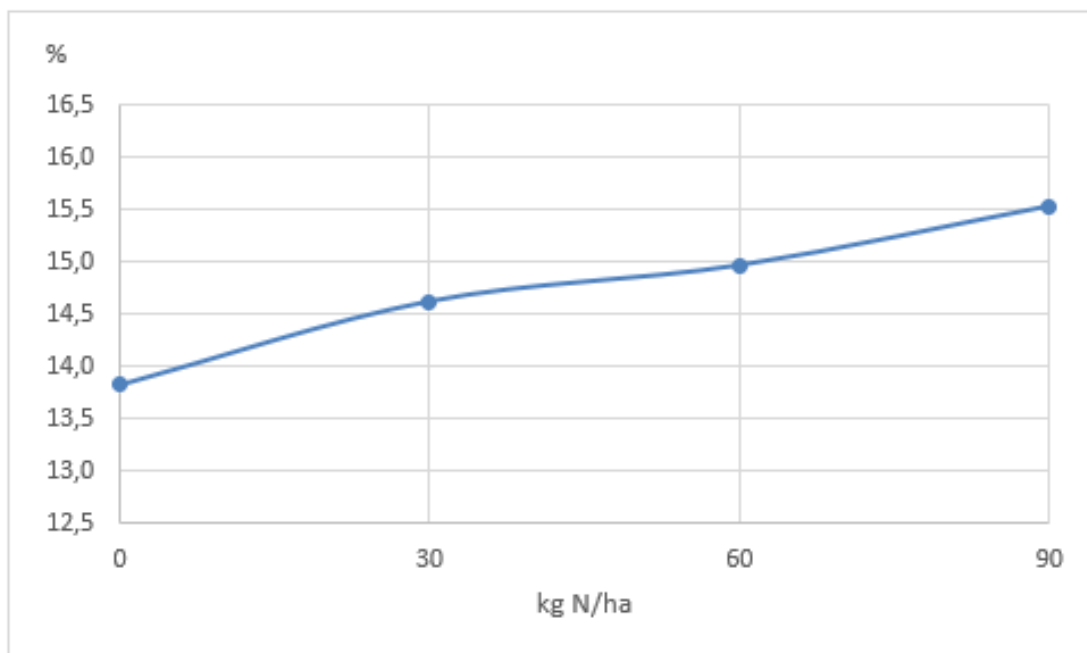
Kuva 65. Typen satovaste vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Kasvukaudella kesäkuun kuivuus verotti satoa voimakkaasti. Se ei juurikaan hyötynyt typpilannoituksesta. Oleellisin osa typen satovasteesta oli saavutettu jo tasolla 30 kg N ha⁻¹ eikä sekään ollut paljon mitään (kuva 65). Kun heinäkuussa ankaran kuivuuden jälkeen tuli runsaat sateet (kuva 29), on todennäköistä, että typpeä huuhtoutui suuria määriä salaojiin, jolloin suurimpien typpiportaiden tyypestä suuri osa ei edes ollut tosiasiallisesti vehnäkasvuston käytössä. Koska peruslannoitustason 60 kg N ha⁻¹ ympärillä sato ei juurikaan muuttunut, satovaikutukset kuitujen käytöstä ovat muita kuin typen satovasteita.



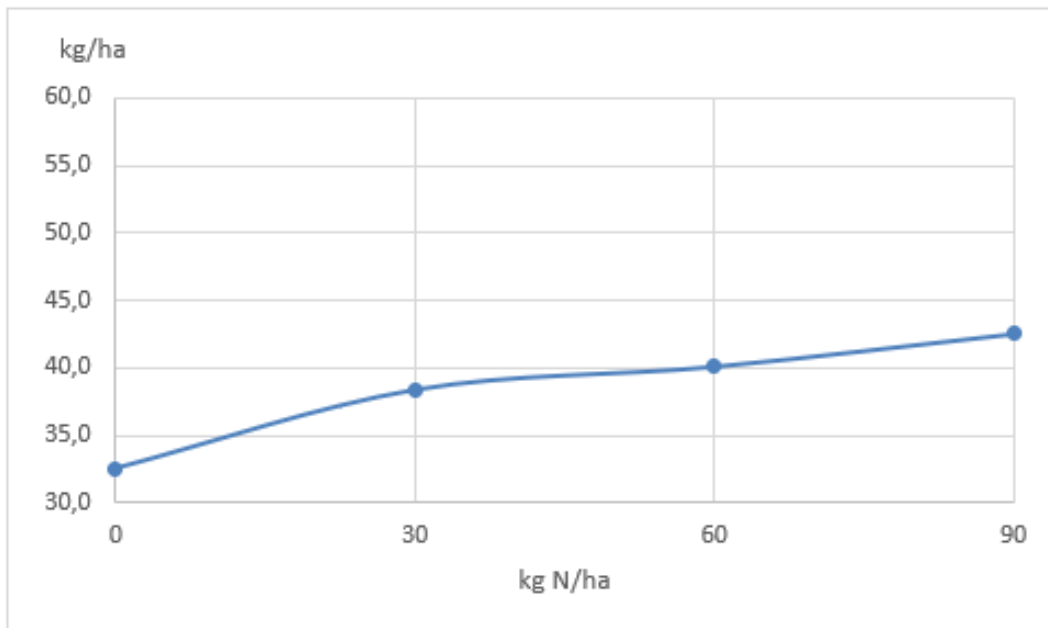
Kuva 66. Typen vaikutus puintikosteuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Typpilannoituksen kasvu nosti puintikosteutta kertoen hitaammasta tuleentumisesta (kuva 66).



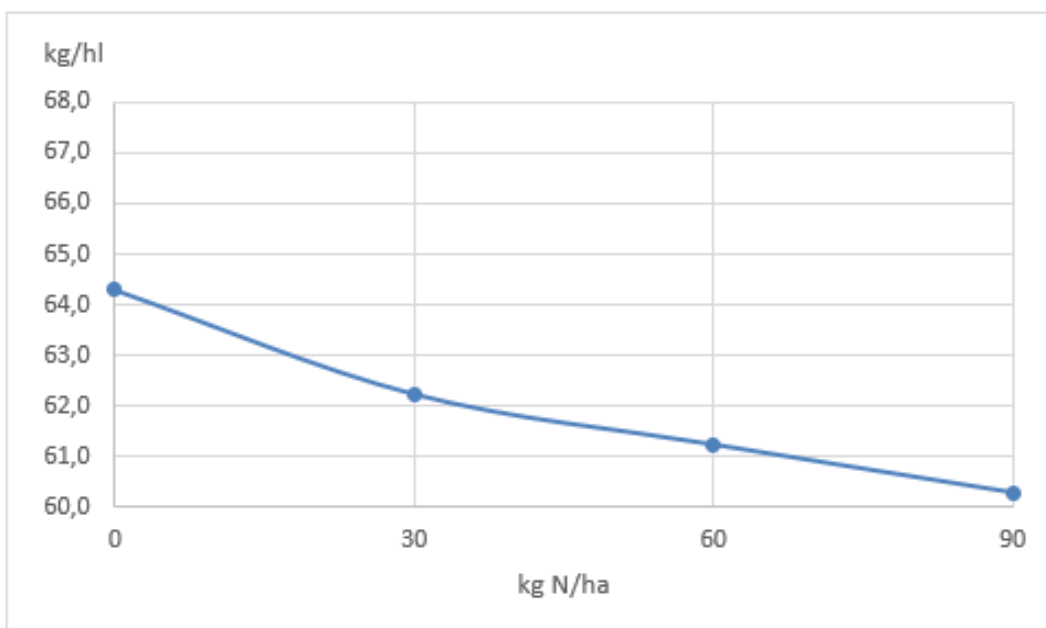
Kuva 67. Typen vaikutus valkuaispitoisuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Koska kuitenkin sadon valkuaispitoisuus kasvoi typpilannoituksen kasvaessa (kuva 67), typpeä on kuitenkin ollut käytettävissä niin, että se ei ole ollut rajoittavana tekijänä sadonmuodostuksessa matalalla satotasolla. Se on kuitenkin rajoittanut valkuaispitoisuuden nousua tai pudottanut sen normaalille tasolle.



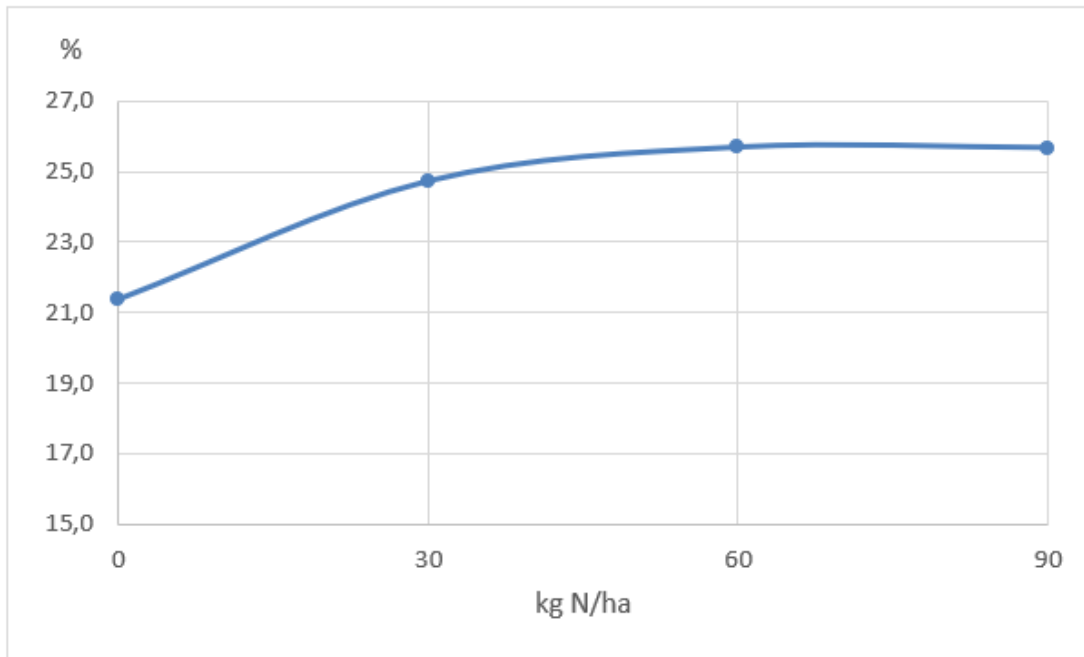
Kuva 68. Typen vaikutus typpisato vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Typпитase muuttui positiiviseksi jo noin 40 kg ha⁻¹ typpilannoituksella, joten vehnä hyödynsi typpeä varsin huonosti ja lähinnä valkuaispitoisuuden nousun kautta (kuva 68).



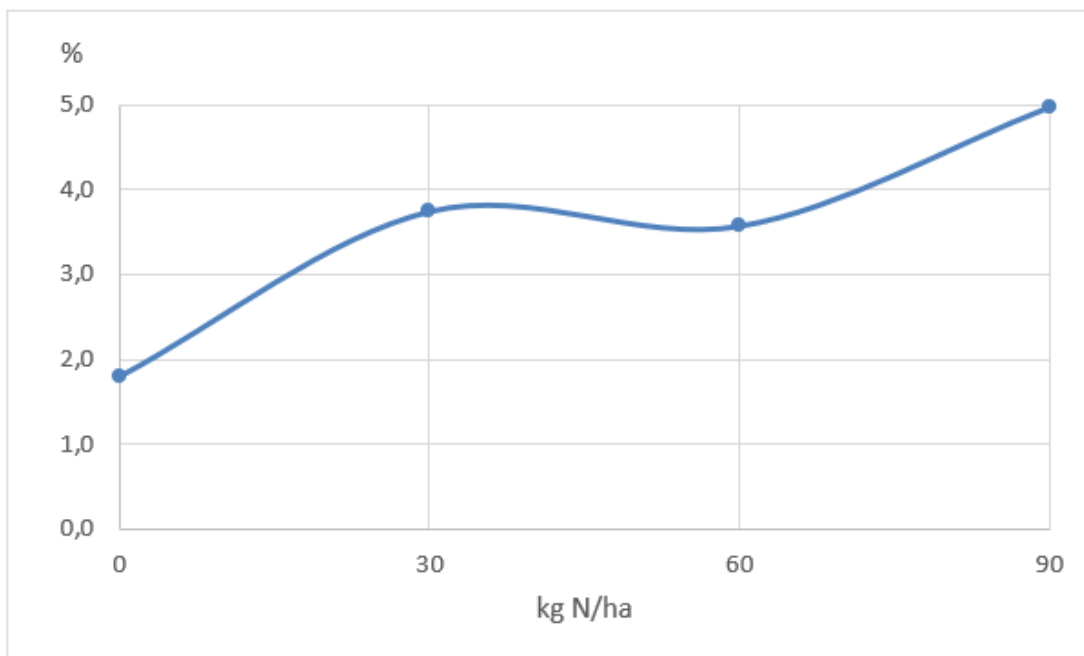
Kuva 69. Typen vaikutus hehtolitrapiinon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Kun kasvukaudella 2019 hehtolitrapiino laski typpilannoituksen kasvaessa, kasvukaudella 2020 se laski (kuva 69). Sadon hehtolitrapiino oli kaikilla typpitasoilla niin pieni, että se ei kelpaa edes rehuksi. Vastaanottovaatimus on 72 kg hl⁻¹ (liite 4). Hehtolitrapiinoa voisi mahdollisesti nostaa rajulla esipuhdistuksella, joka poistaisi pääosan surkastuneista niin, että kauppakelpoisuus saavutettaisiin. Surkastuneiden osuus oli yli 30 kg N ha⁻¹ annoksilla noin 25 %, joten käsittelyssä menetettäisiin noin neljännes muutenkin pienestä sadosta.



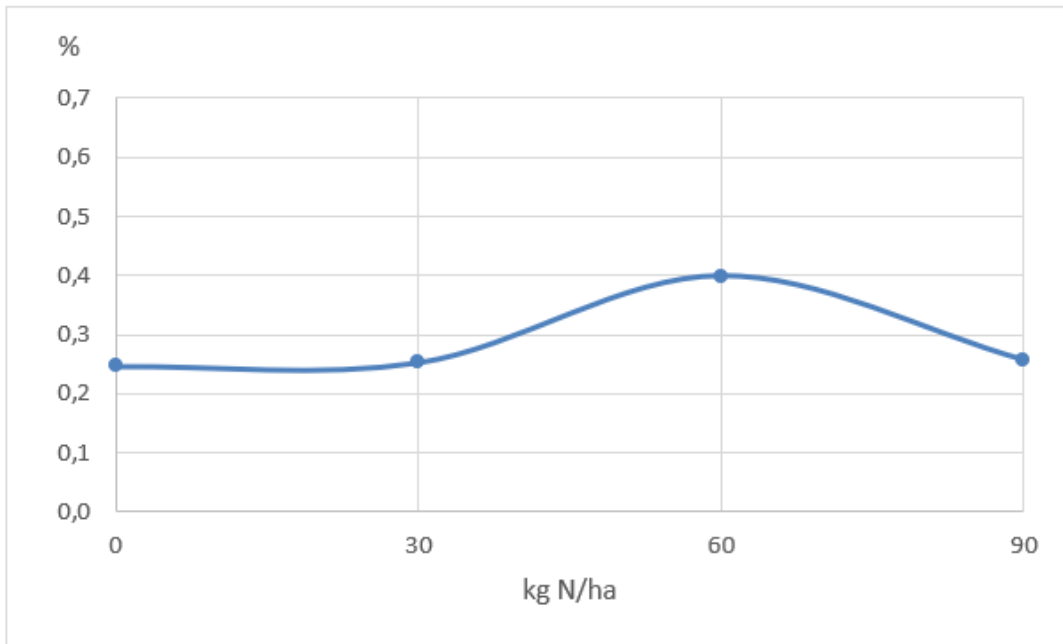
Kuva 70. Typen vaikutus surkastuneiden osuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Surkastuneiden osuus kasvoi typpitasolle 30 kg ha⁻¹ asti ja asettui tasolle noin 25 % (kuva 70) Käytännössä surkastuneet on jollakin keinoin lähes kokonaan poistettava sadosta, jotta se olisi kauppakelpoista (liite 4). Tällä on yhteys hehtolitrainoon, jota on vaikea arvioida kokeilematta.



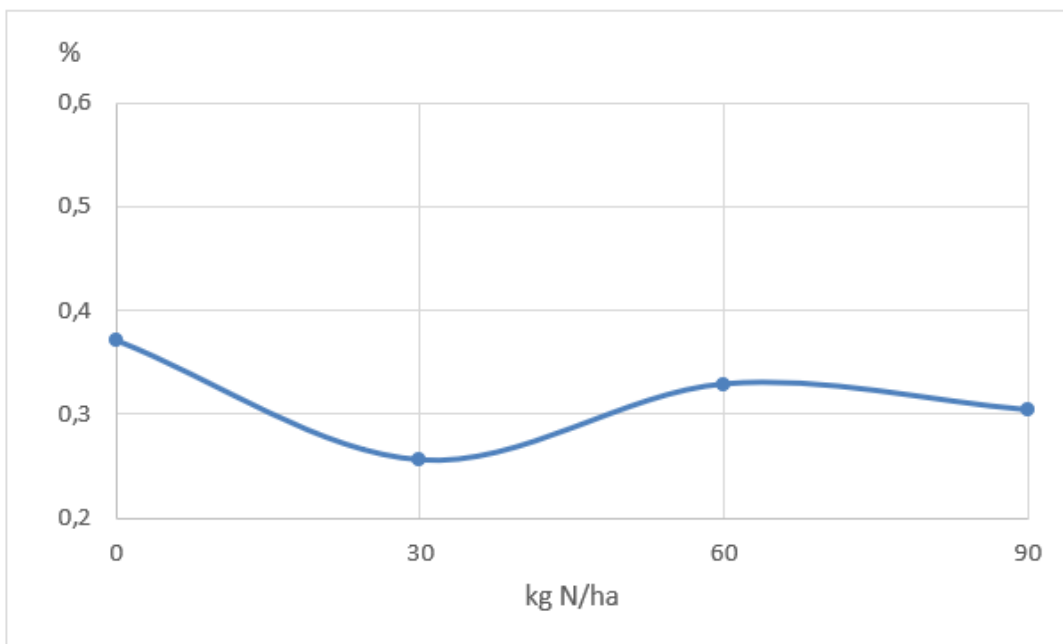
Kuva 71. Typen vaikutus roskien osuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Roskaisuus kasvoi typpitason kasvaessa (kuva 71). Roskat olivat pääasiassa helpeitä.



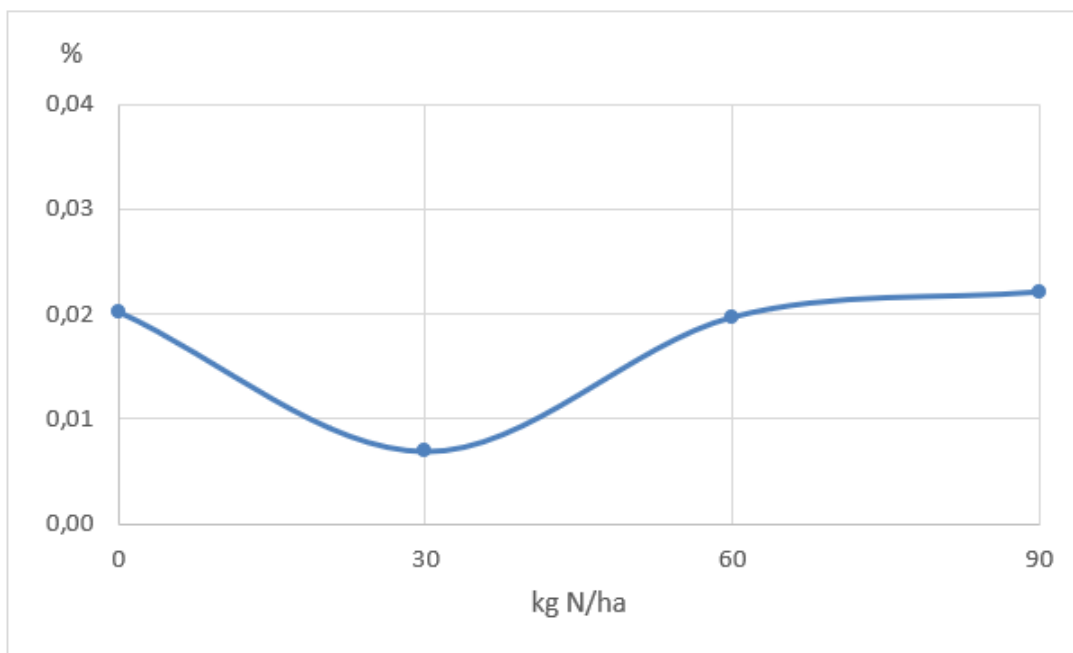
Kuva 72. Typen vaikutus vieraiden viljalajien osuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Typpilannoitustasolla ei ollut mitään selitettävissä olevaa vaikutusta vieraiden viljalajien osuuteen (kuva 72). Määrällä ei ole vaikutusta laatuhinnoitteluun.



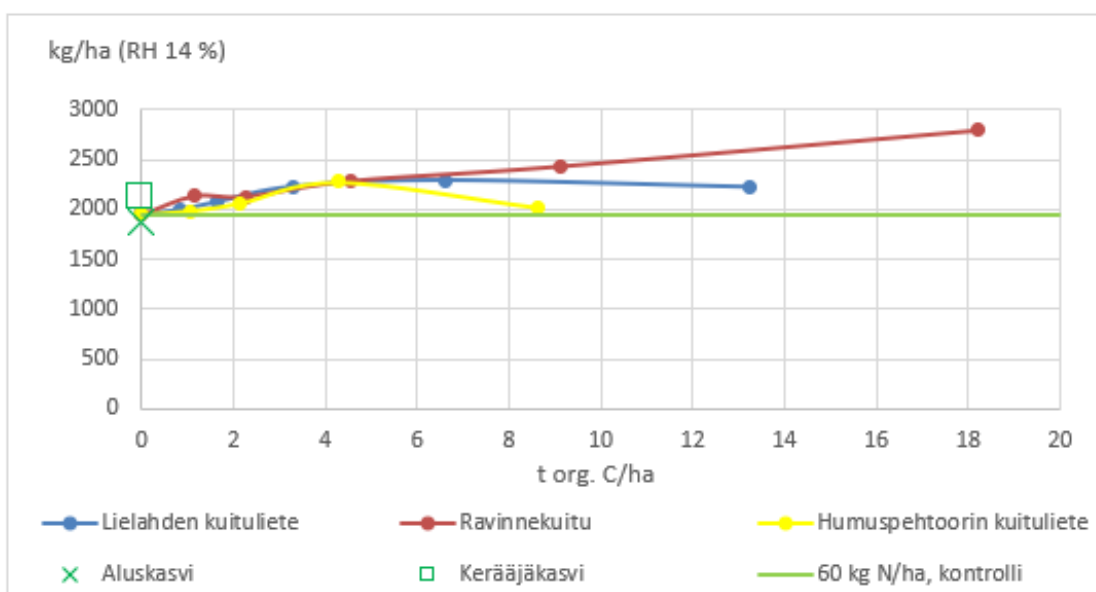
Kuva 73. Typen vaikutus rikkoutuneiden osuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Typpilannoitustasolla ei ollut mitään selitettävissä olevaa vaikutusta rikkoutuneiden osuuteen (kuva 73). Rikkoutuneiden osuus oli pienempi kuin vuonna 2019. Määrällä ei ole vaikutusta laatuhinnoitteluun.



Kuva 74. Typen vaikutus vihreiden osuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

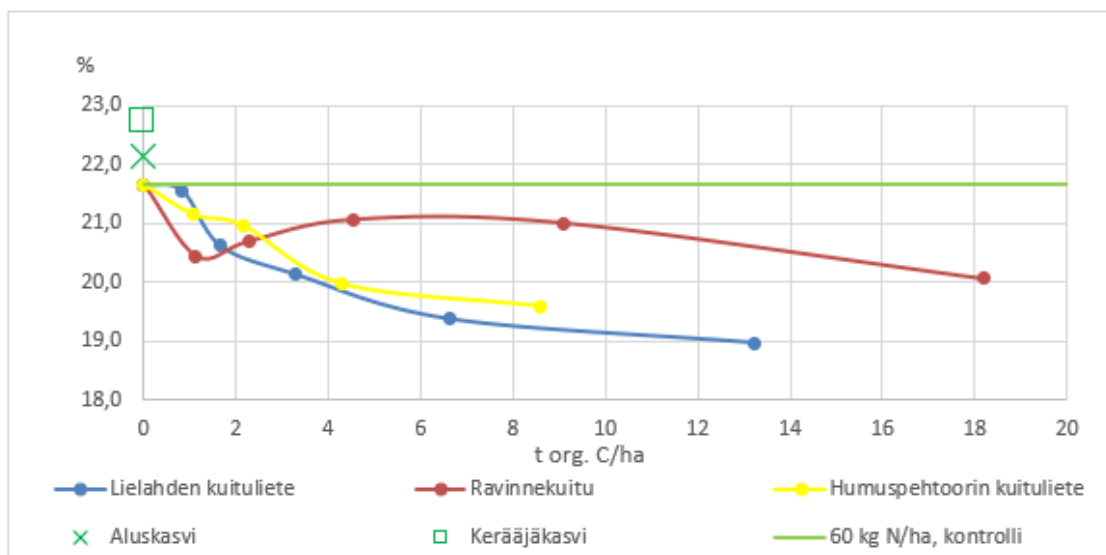
Vihreiden jyvien osuus oli yllättäen merkityksetön (kuva 74). Lähes koko saatavissa oleva sato saatiin jo varsin vaatimattomalla typpilannoituksella 30 kg/ha. Lannoittamattomissa käsittelyissä vihreiden osuus yleensä suuri. Kun satomaksimi on lähes saavutettu, vihreiden osuus yleensä kasvaa typpilannoitusta lisättäessä.



Kuva 75. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus satoon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

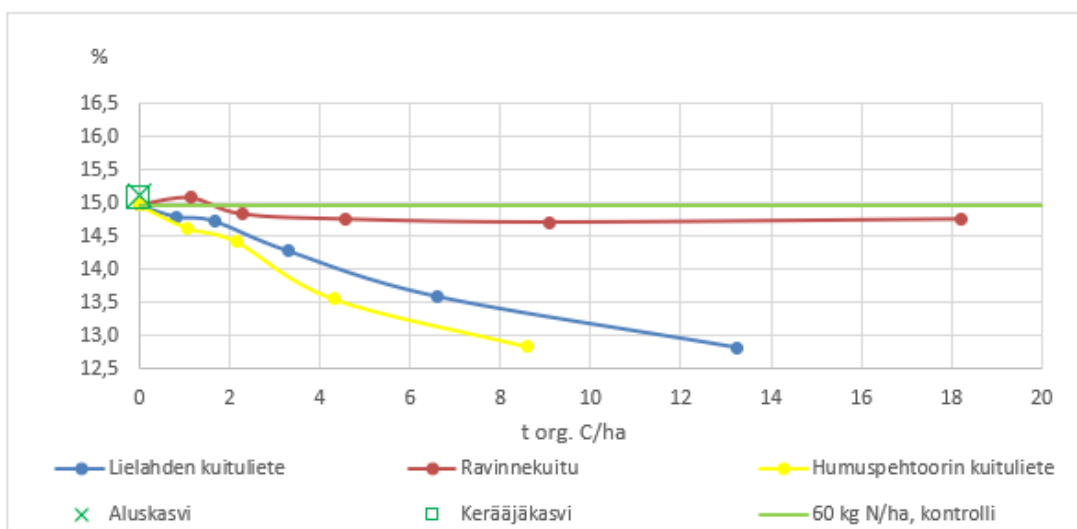
Erityisesti ravinnekuidun käyttö lisäsi normisatoa merkittävästi suurina annoksina (kuva 75). Sato olisi todennäköisesti kasvanut suurinta käytettyä suuremmilla annoksilla, koska sadon kasvu oli kyseiselle tasolle saakka lineaarista. Tämä sadon kasvu johtui todennäköisimmin vesitalouden parantumisesta, josta oli hyötyä, kun ankaran kuivuuden jälkeen seurasi runsaat sateet. Ravinnekuidun mukana tuli runsaasti liukoista typpeä, joka tavalla tai toisella säilyi olemattoman talven yli. Näin suuret ravinnekuituannokset eivät kuitenkaan ole

mahdollisia haitallisten metallien kuormitusrajojen ylittymisen takia. Kuitulietteilä vesitalouden parantumisen tuoma satohyöty taittui jo annoksen kasvaessa yli 4 t org. C ha⁻¹, koska sitä suuremmilla annoksilla typpi alkoi muodostua sadon muodostusta rajoittavaksi tekijäksi. Kasvukauden 2020 sääolosuhteet eivät ole toivottavia, ja todennäköisesti kuituja käytettäisiin normaalimman kasvukauden olosuhteita varten. Lisäksi haitallisten metallien kuormitus rajaa ravinnekuidun kerta-annoksen kerran viidessä vuodessa tasoon noin 4 t org. C ha⁻¹, mikä on myös kokonaistarkastelunkin pohjalta oikea kerta-annos. Kuitulietteet alkavat alentaa satoa jo pieninä annoksina normaaleissa sääolosuhteissa. Orgaanisen hiilen annokset yli noin 4 t org. C ha⁻¹ eivät ole joko tarkoituksenmukaisia tai laillisia. Seuraavan kasvukauden sääolosuhteista on mahdotonta ennustaa edellisenä syksynä, joten sopiva annos on valittava niin, että se on toimiva kaikissa olosuhteissa. Alus- ja kerääjäkasvien käytöllä ei ollut merkittäväksi katsottavaa vaikutusta satoon.



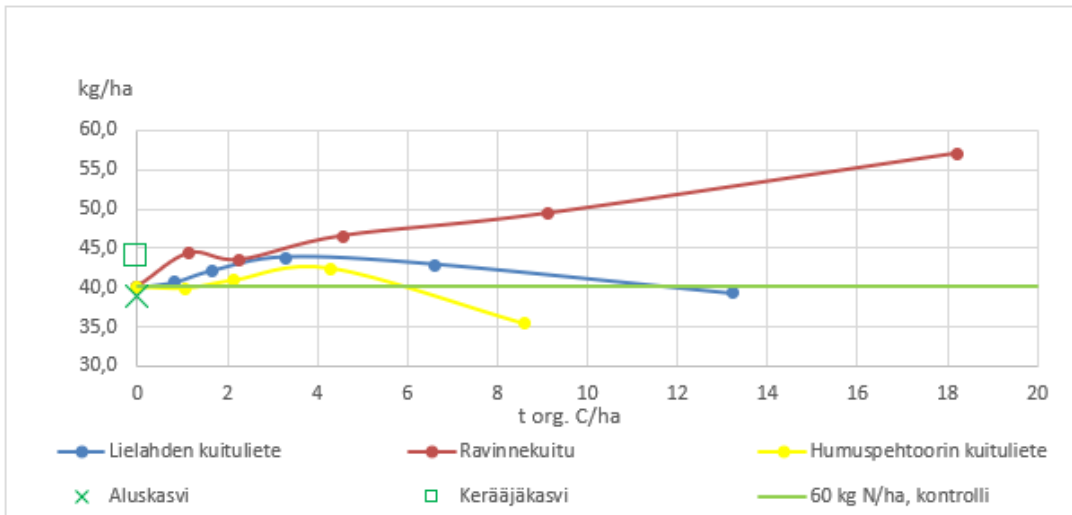
Kuva 76. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus puintikosteuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Kutujen, erityisesti kuitulietteiden, käyttö alensi puintikosteutta viitaten tuleentumisen nopeutumiseen (kuva 76). Koska ravinnekuidullakin oli samansuuntainen vaikutus, tämä ei voi perustua typen loppumiseen, vaan parempaan vesitalouteen. Kerääjäkasvin käytöllä oli puintikosteutta nostava vaikutus, johon ei ole selvää selitystä.



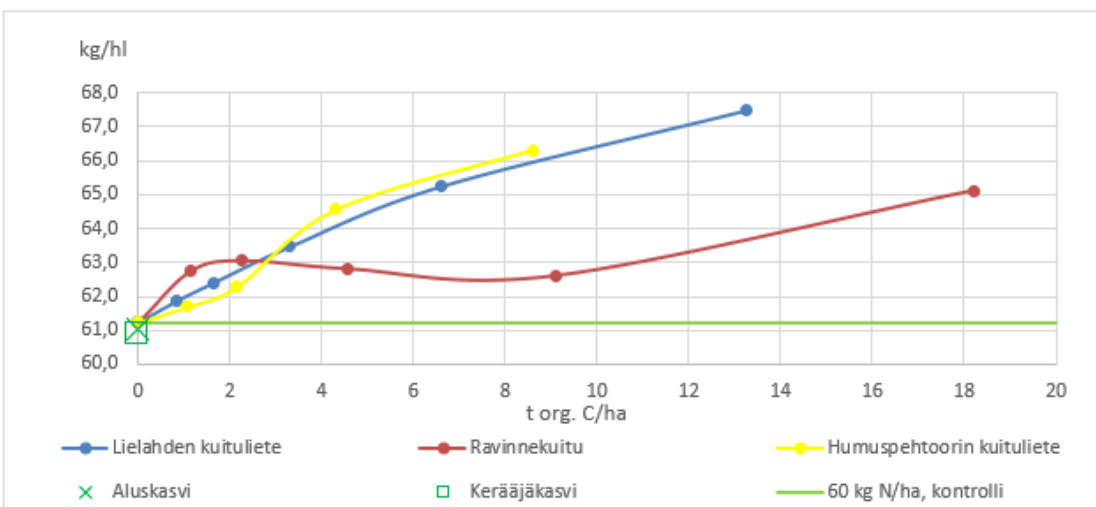
Kuva 77. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus valkuaispitoisuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Syksyllä 2019 levitty ravinnekuitu ei alentanut sadon valkuaispitoisuutta, koska siinä oli normaali typpipitoisuus (kuva 77). Sen sijaan kuitulietteet alensivat valkuaispitoisuutta selvästi annoksen kasvaessa. Valkuaispitoisuus reagoi voimakkaammin typenpuutteeseen kuin normisato ja se näkyi myös typpitasojen valkuaispitoisuudessa. Valkuaispitoisuuden perusteella typenpuutetta esiintyi jo varsin pienillä kuituannoksilla, vaikka sato vielä kasvoikin annosta lisättäessä. Lielahden pohjasta nostetun kuitulietteen ominaisuudet olivat varsin samanlaiset kumpanakin kenttäkoevuotena. Sen sijaan ravinnekuidussa oli huomattavasti enemmän liukoista tyyppiä. Kummankin kuitulietteen vaikutuksen sadon valkuaispitoisuuteen olivat varsin samanlaiset. Alus- eikä kerääjäkasvit vaikuttaneet valkuaispitoisuuteen.



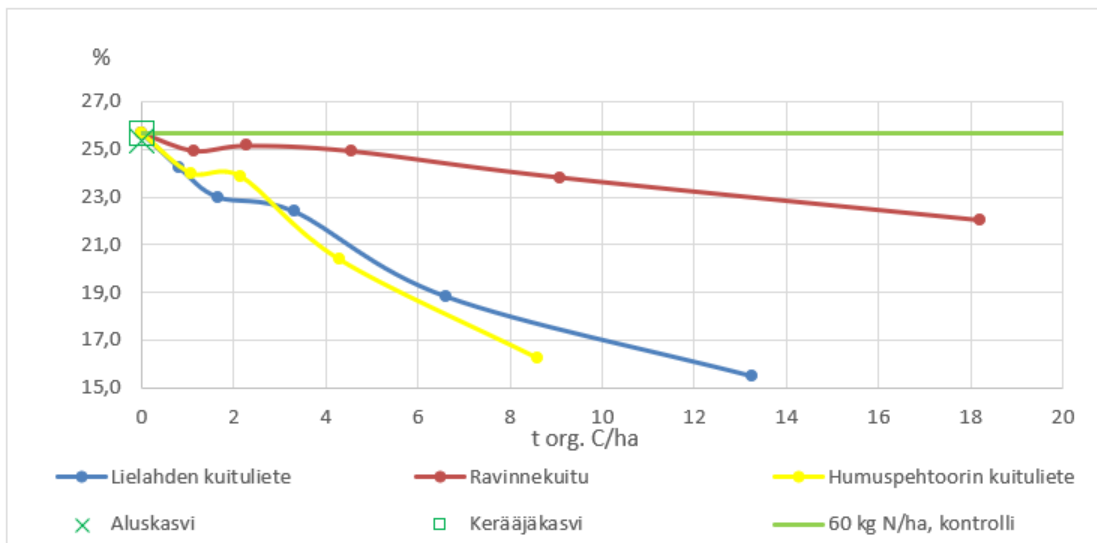
Kuva 78. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus typpisatoon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Kuitulietteet eivät alentaneet typpisatoa pieninä annoksina, koska niistä oli enemmän hyötyä vesitalouden parantamisessa kuin haittaa typen sitomisen kautta (kuva 78). Sekä sato että valkuaispitoisuus kasvoivat pienillä kuituannoksilla suhteessa kuiduttoman käsittelyyn (kuvat 75 ja 77). Kuitulieteannoksen kasvaessa se alkoi niiden typensitominen alentaa valkuaispitoisuutta ja lopulta satoa, jolloin typpisatokin aleni. Syksyllä 2019 levitetty ravinnekuitu sisälsi runsaasti liukoista tyyppiä. Suurimmalla annoksella sitä tuli peräti 239 kg ha⁻¹. Tästä satoon sitoutunut 17 kg ha⁻¹ oli varsin vaatimaton osuus tästä. Tämän typen kohtalosta on laajempaa keskustelua maanäytteiden typpipitoisuutta koskevassa kohdassa sivuilla 75-78. Kerääjäkasvit lisäsivät typpisatoa lähinnä sadon kasvun kautta.



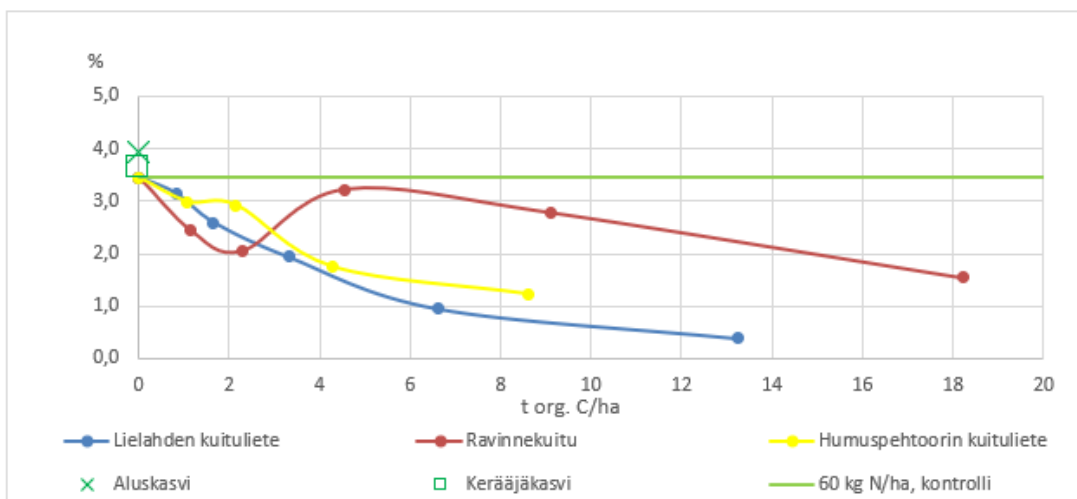
Kuva 79. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus hehtolitrapainoon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Kuituannosten kasvu nosti hehtolitrapainoa, mutta ei kuitenkaan kauppakelpoisuuteen saakka (kuva 79). Kuitulietteen kasvu nosti sitä enemmän kuin ravinnekuituannosten kasvu, koska suurempi typpitaso laski hehtolitrapainoa. Alus- ja kerääjäkasveilla ei ollut vaikutusta hehtolitrapainoon.



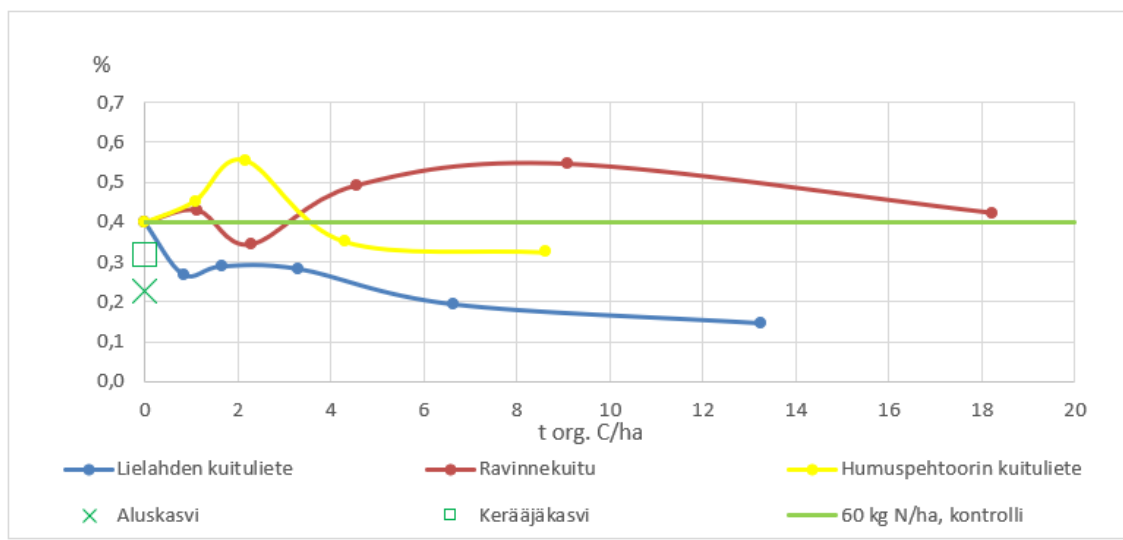
Kuva 80. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus surkastuneiden osuuteen vuonna 2020 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Myös surkastuneiden osuus väheni kuituannosten kasvaessa, koska alempi typpitaso alensi surkastuneiden osuutta, mutta ei kuitenkaan kauppakelpoisuuteen saakka (kuva 80). Kuitulietteen alensivat surkastuneiden osuutta enemmän kuin ravinnekuitu, koska ne sitoivat enemmän typpeä. Alus- ja kerääjäkasveilla ei ollut vaikutusta surkastuneiden osuuteen.



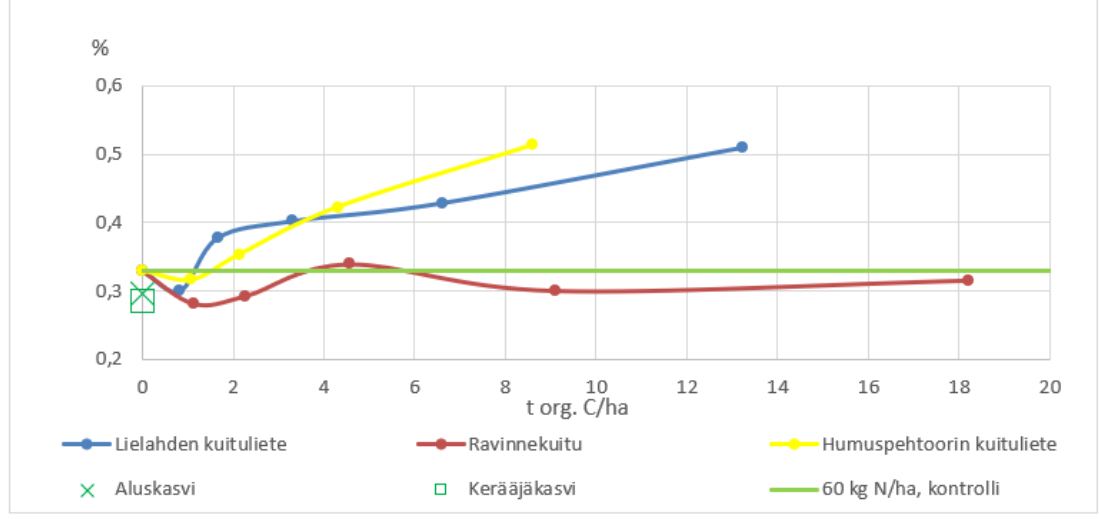
Kuva 81. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus roskien osuuteen vuonna 2020 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Kuitujen, erityisesti kuitulietteiden, käyttö lisäsi sadon roskaisuutta (kuva 81). Roskat olivat pääasiassa hel-
peitä. Alus- ja kerääjäkasveilla ei ollut vaikutusta roskaisuuteen. Alus- ja kerääjäkasveilla ei ollut vaikutusta
roskaisuuteen.



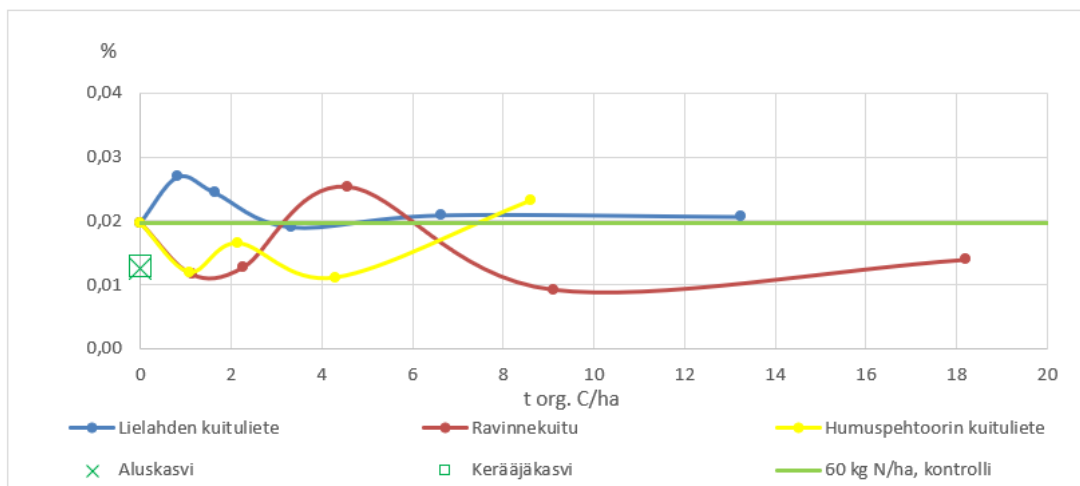
Kuva 82. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus vieraiden viljalajien osuuteen vuonna 2020 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

Ravinnekuidulla oli vieraiden viljalajien osuutta lisäävä vaikutus ja kuitulietteilä vähentävä (kuva 82). Vieraan viljalajin jyvät olivat esikasvina ollut ohraa, joten kuidut ovat jotenkin vaikuttaneet ohranjyvien säilymiseen talven yli maassa itävänä. Tosin talvi oli varsin olematon. Alus- ja kerääjäkasveilla oli tendenssi vähentää vieraiden viljalajien osuutta.



Kuva 83. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus rikkoutuneiden osuuteen vuonna 2019 kenttäko-
keessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

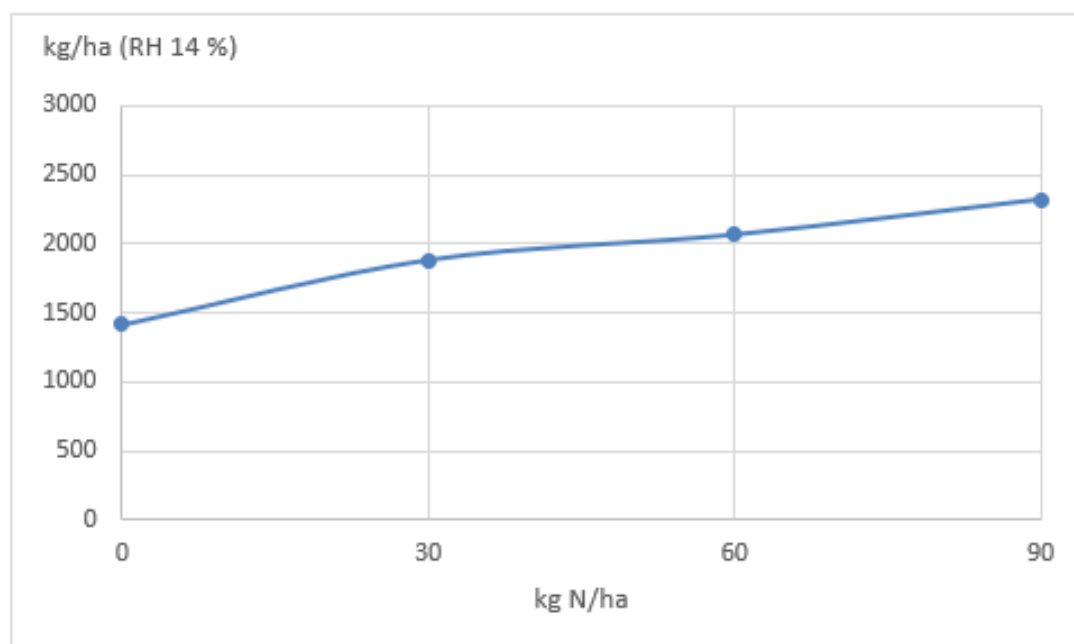
Rikkoontuneiden osuus kasvoi kuitulietteidien annoksen kasvaessa (kuva 83). Sitä on vaikea kytkeä mihinkään yksittäiseen sadon ominaisuuteen, joka vahvistui kuitulieteannoksen kasvaessa, koska typpitasolla ei ollut vai-
kutusta rikkoutuneiden osuuteen. On kuitenkin ilmeistä, että jyvien rikkoutumisalttius lisääntyi kuitulieteannok-
sen kasvaessa. Alus- ja kerääjäkasveilla oli tendenssi vähentää rikkoutuneiden osuutta.



Kuva 84. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus vihreiden osuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019

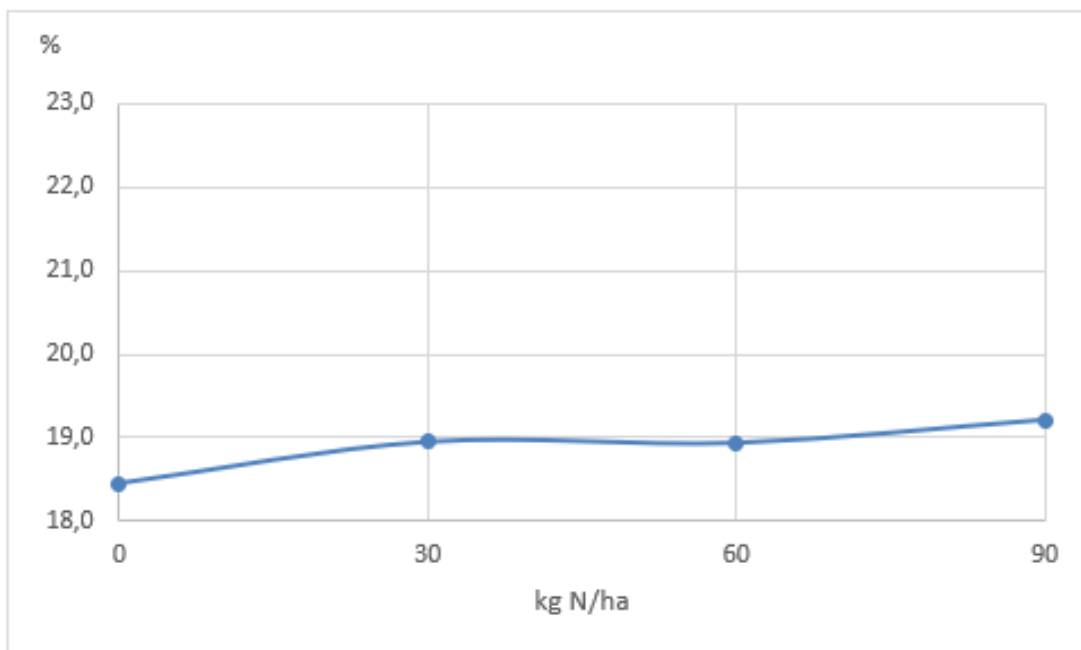
Vihreiden osuus sadossa oli yllättävän pieni kasvukauden olosuhteisiin nähden (kuva 84). Käsittelyiden vaikutus on varsin satunnaista ja siten satunnaisvaihtelua. Alus- ja kerääjäkasveilla oli taipumus vähentää vihreiden osuutta.

Toinen kasvukausi 2020 syksyn 2018 levitysten jälkeen



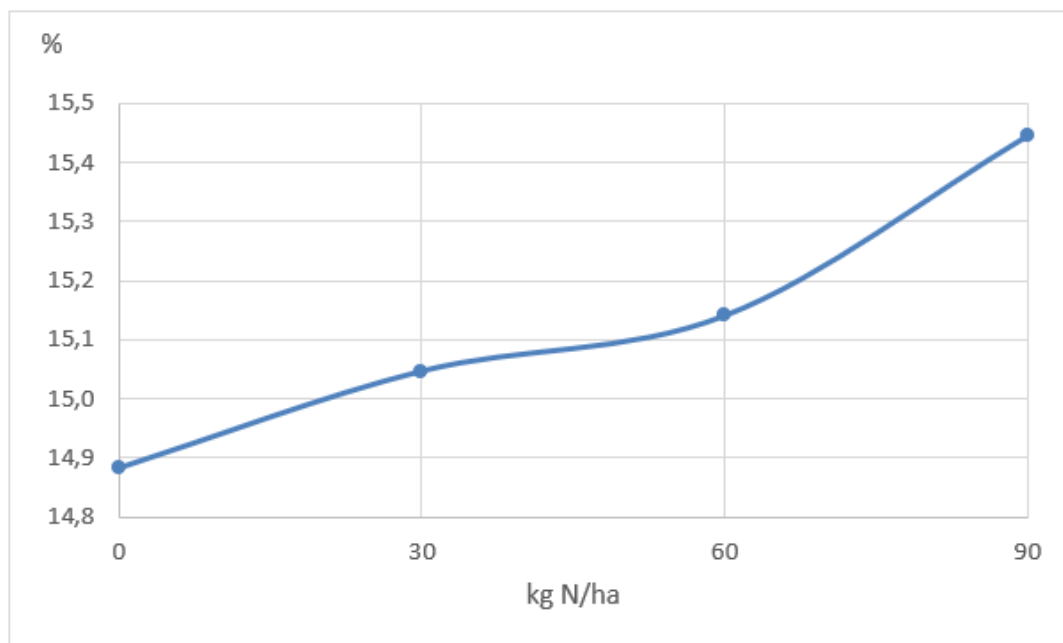
Kuva 85. Typen satovaste vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Typhen satovaste oli varsin samanlainen kuin kokeessa, joissa kuidut oli levitty vasta syksyllä 2019 (kuva 65) eli typhen satovaste oli varsin pieni mutta kuitenkin hieman suurempi ja jatkui suuremmalle tasolle saakka (kuva 85).



Kuva 86. Typpen vaikutus puintikosteuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

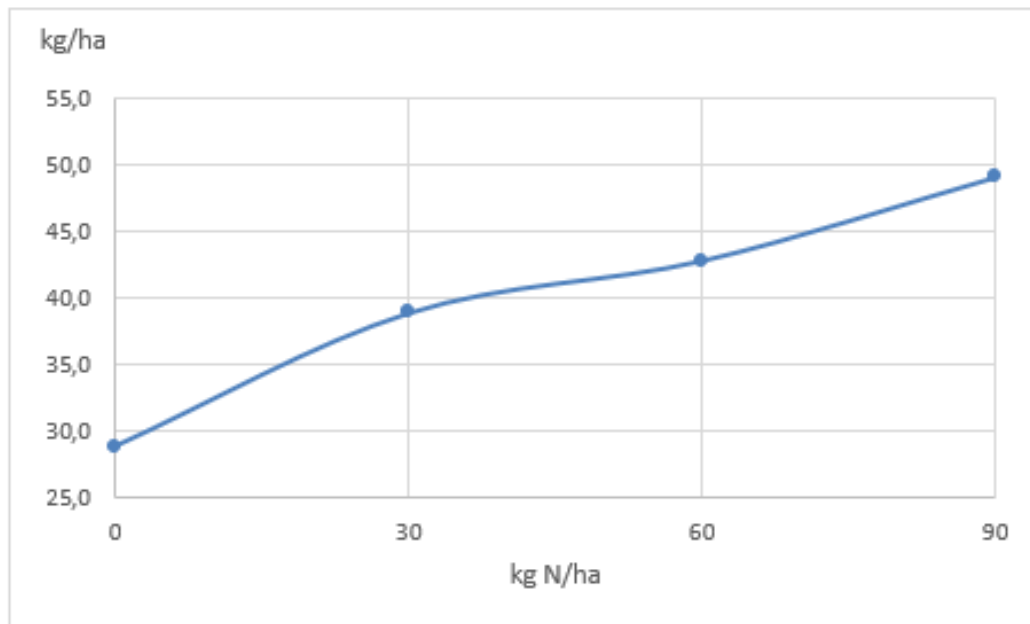
Typpilannoituksen lisääminen nosti selvästi vähemmän puintikosteutta kuin kokeessa, jossa kuidut oli levitetty edellisenä syksynä (kuva 66), kertoen sen vähemmästä vaikutuksesta tuleentumiseen (kuva 86). Puintikosteus oli myös yleisesti ottaen alempi. Tähän saattoi vaikuttaa se, että sadonkorjuu oli vuorokautta myöhemmin. Myös maalaji oli vähemmän hiesuinen.



Kuva 87. Typpen vaikutus valkuaispitoisuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

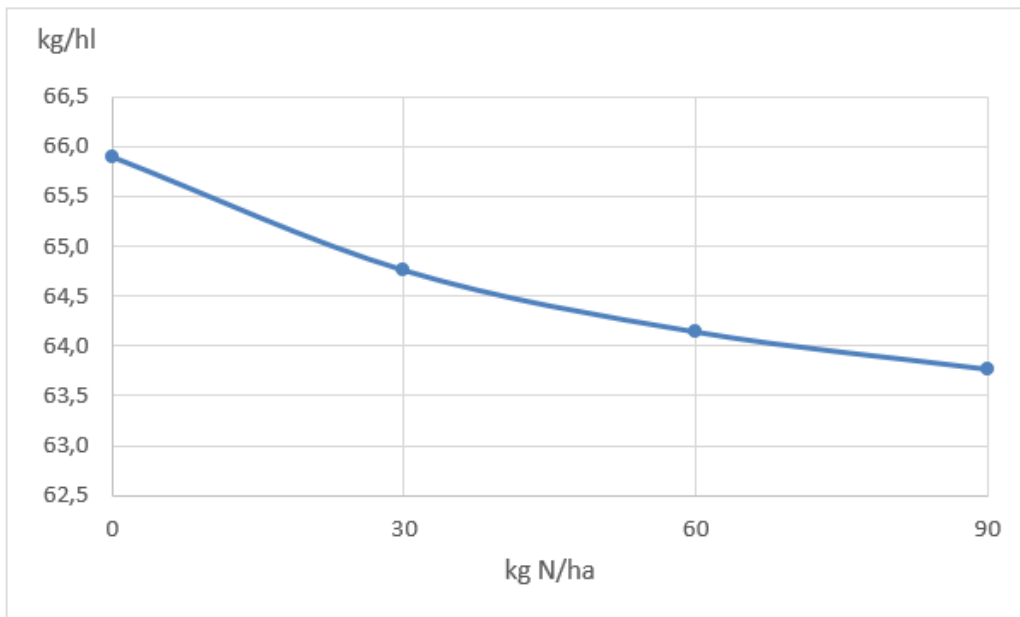
Kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2018 (kuva 87), lannoittamattoman käsittelyn valkuaispitoisuus oli selvästi korkeampi kuin koekentässä, johon kuidut levitettiin syksyllä 2019 (kuva 67), mutta se nousi typpilannoituksen lisääntyessä typpilannoituksen lisääntyessä selvästi hitaammin, jolloin suurimmalla

typpitasolla valkuaispitoisuus oli kummassakin kokeessa lähes sama. Todennäköisimmin syyt tähän löytyvät maalajieroista, koska kevätevehnälajike ja kylvöpäivä olivat samat ja kokeet olivat samalla peltolohkolla lähellä toisiaan. Kenttäkoe, johon kuidut levitettiin vuonna 2019, oli hiesuisempi.



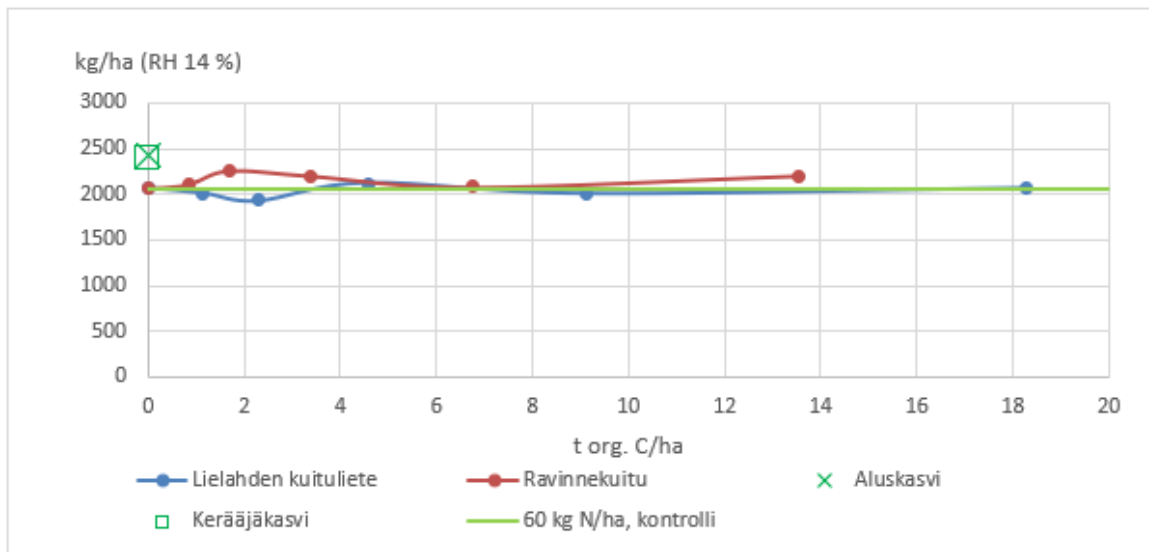
Kuva 88. Typen vaikutus typpisato vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Typпитase muuttui tässäkin kokeessa positiiviseksi jo noin 40 kg ha⁻¹ typpilannoituksella, joten vehnä hyödynsi typpeä varsin huonosti ja lähinnä valkuaispitoisuuden nousun kautta (kuva 8). Typpisato kuitenkin reagoi enemmän typpilannoitukseen kuin kokeessa, jossa kuidut oli levitetty syksyllä 2019 (kuva 68).



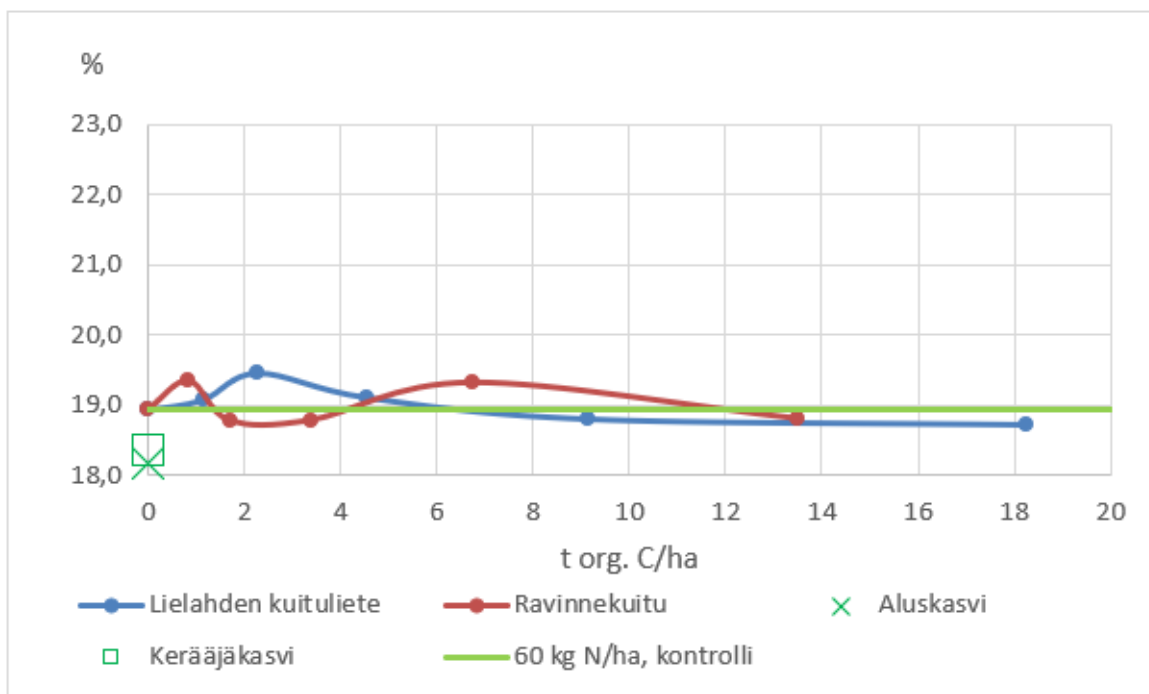
Kuva 89. Typen vaikutus hehtolitrapainoon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Hehtolitrapaino oli kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2018 (kuva 89), korkeammat kuin kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2019 (kuva 69). Lisäksi typpilannoituksen lisääminen laski hehtolitrapainoa vähemmän. Tämäkin liittyy maan hiesupitoisuuden eroihin.



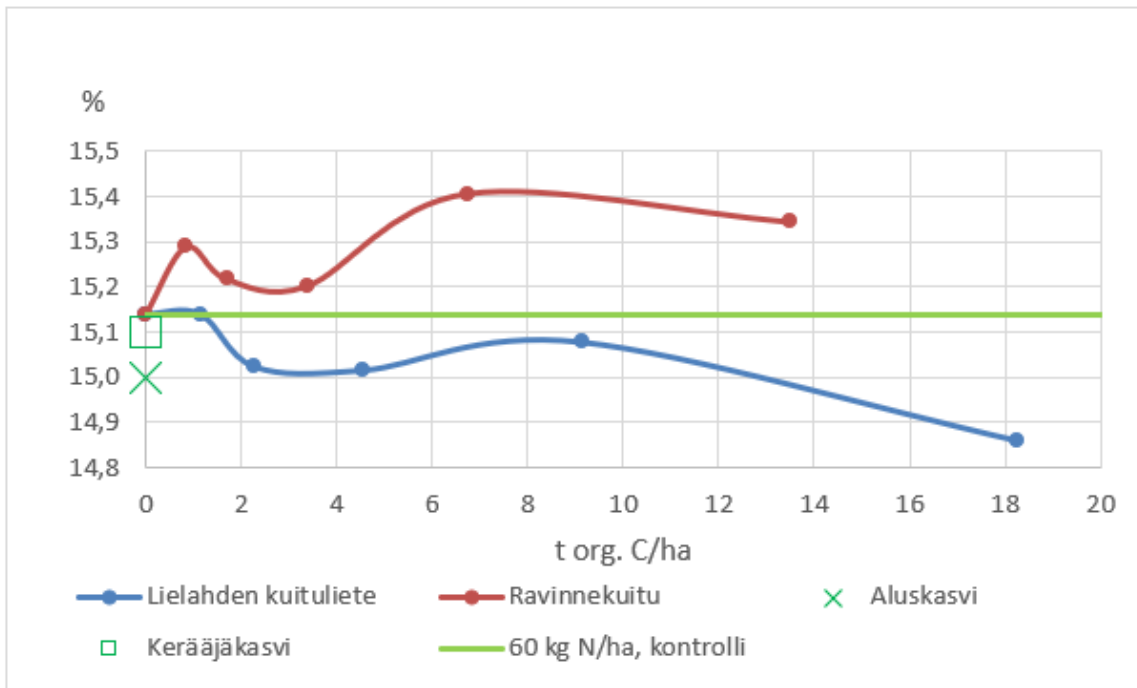
Kuva 90. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus satoon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Syksyllä 2018 levitettyt kuidut eivät enää kesällä 2020 vaikuttaneet vehnäsadon muodostumiseen edes hyvin suurina annoksina (kuva 90). Alus- ja kerääjäkasvit kasvukaudella 2018 näyttäisivät tuoneen kasvukaudella lievän sadonlisän.



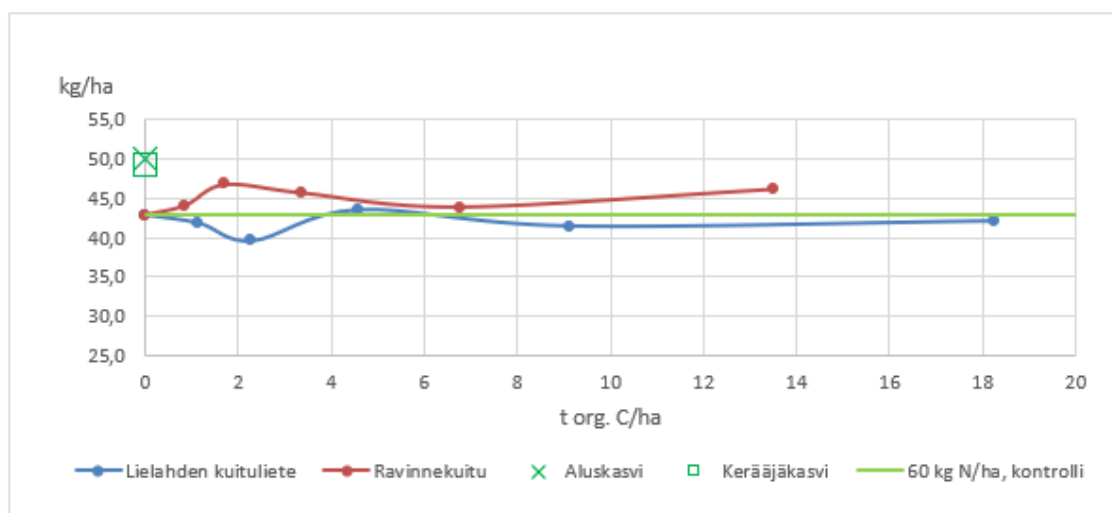
Kuva 91. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus puintikosteuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuiduilla ei ollut puintikosteuteen mitään selkää vaikutusta levitystä seuranneen toisessa sadossa (kuva 91). Alus- ja kerääjäkasvien käytöllä kasvukaudella oli jonkinlainen alentava vaikutus puintikosteuteen.



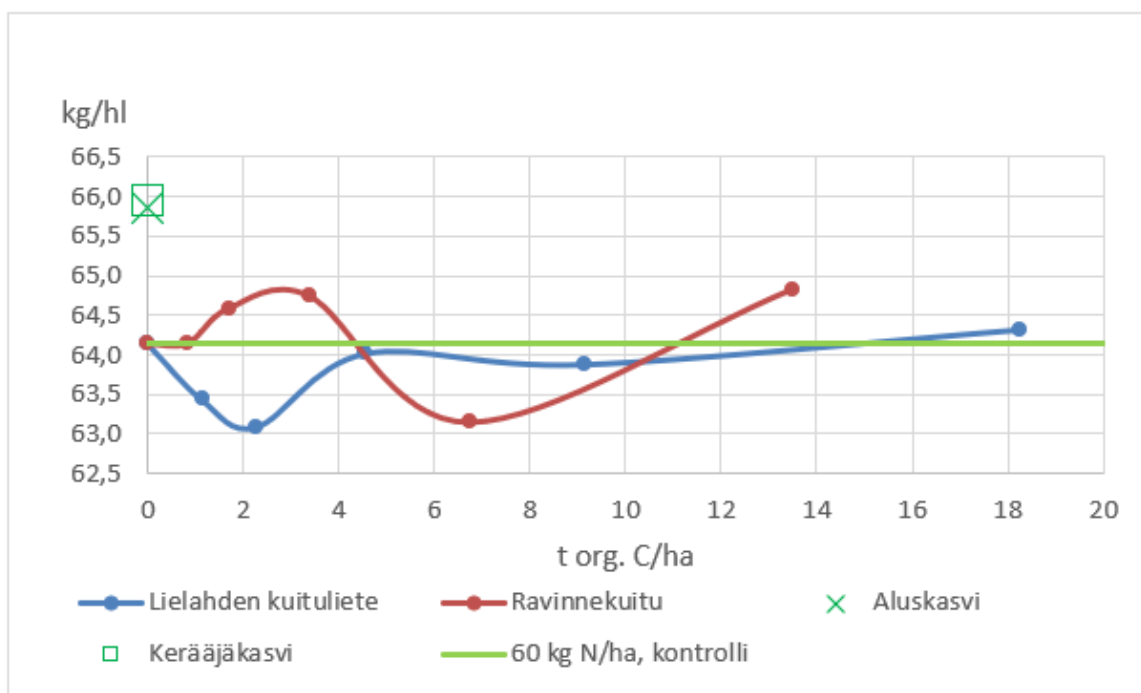
Kuva 92. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus valkuaispitoisuuteen vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Vaikka vaikutus ei ole kovin suuri, syksyllä 2018 levitettyjen kuitujen vaikutus näkyy valkuaispitoisuudessa vielä toisena kasvukautena levityksen jälkeen (kuva 92). Lannoitukseen nähden matalan satotason takia valkuaispitoisuus oli varsin korkea. Suuret ravinnekuituannokset näkyivät korkeina valkuaispitoisuuksina ja suuret kuitulieteannokset matalana valkuaispitoisuutena. Kuitujen vaikutukset sadon valkuaispitoisuuteen olivat kuitenkin selvästi pienemmät kuin ensimmäisenä kasvukautena kuitujen levityksen jälkeen. Aluskasvin käyttö kasvukaudella 2018 johti jonkin verran alempaan valkuaispitoisuuteen.



Kuva 93. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus typpisatoon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen käytöllä syksyllä 2018 ei ollut vaikutusta typpisatoon enää kasvukaudella 2020 (kuva 93), kun ottaa huomioon, kuinka paljon typpilannoitus lisäsi typpisatoa kasvukaudella 2020 (kuva 88).



Kuva 94. Kuitujen sekä alus- ja kerääjäkasvien vaikutus hehtolitrapainoon vuonna 2020 kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018

Kuitujen vaikutus hehtolitrapainoon toisen kasvukautena levityksen jälkeen oli sekava (kuva 94). Alus- ja kerääjäkasvien käyttö kasvukaudella 2018 nosti hehtolitrapainoa.

Typpilannoituksella oli vaikutusta samanlaisia vaikutuksia sadon muihinkin laatuominaisuuksiin kenttäkokeessa, johon kuidut oli levitetty syksyllä 2018, kuin kenttäkokeessa, johon kuidut oli levitetty syksyllä 2019. Koska kuitukäsittelyissä ei ollut valkuaispitoisuutta lukuun ottamatta selitettävissä olevia vaikutuksia, jotka liittyisivät kuidun tyyppiä sitovaan vaikutukseen, ei näitä ole tarkoituksenmukaista raportoida tässä. Voidaan vain todeta, että kuidut, jotka oli levitty syksyllä 2018 eivät vaikuttaneet enää satoon, mutta niillä oli vielä jonkinlainen vaikutus valkuaispitoisuuteen, joka voimakkaimmin reagoi typen yli- tai alimäärää. Alus- ja kerääjäkasvien käytöllä oli kuitenkin laajempiakin vaikutuksia sadon laatuominaisuuksiin. Ne nostivat erityisesti hehtolitrapainoa noin 4 kg hl⁻¹. Tämä viitaisi voimakkaaseen typenpuutteeseen. Tämän lisäksi surkastuneiden osuus 2,3 – 3,1 %-yksikkö pienempi. Tämä viitaisi voimakkaaseen typenpuutteeseen. Edelleen roskaa oli 1,0 - 1,2 %-yksikköä vähemmän. Tämä viitaisi voimakkaaseen typenpuutteeseen. Rikkoontuneita oli 0,1 %-yksikkö vähemmän, mikä taas viittaa suureen typpimäärään.

Yhteenveto kenttäkokeiden satotuloksista

Vuonna 2019 typpitasolla 90 kg ha⁻¹ saatua satoa, 4384 kg ha⁻¹ voidaan pitää varsin hyvänä ja se olisi suu-remmallalla typpimäärällä kasvanut (kuva 27). Sen sijaan vuonna 2020 typellä ei juuri ollut satovastetta, mikä johtui kesäkuun kuivuudesta. Samalla typpimäärällä saatiin samaisista koeruuduista vain 2320 kg ha⁻¹ tosin erilajikkeella (kuva 67). Typpilannoitus ei tuonut kovin oleellista sadonlisää, koska lannoittamattomasta käsittelystä saatiin 1416 kg ha⁻¹. Kesällä 2020 kasvustot lähtivät uuteen kasvuun heinäkuun puolessa välissä heinäkuun alun sateiden virkistämänä (kuva 29). Tässä vaiheessa kasvustojen kyky käyttää tyyppiä oli jo melko rajallinen. Heinäkuun alun sademäärät olivat hyvin suuret, ja on mahdollista, että osasyynä typen satovasteen puuttumiseen oli se, että sitä huuhtoutui näissä sateissa pohjaveteen, koska heikko kasvusto ei pystynyt sitä tehokkaasti ottamaan. Todennäköisesti lannoitteen ammoniumtyppi oli heinäkuuhun mennessä käytännössä kokonaan nitrifikoitunut, jolloin se oli altis huuhtoutumiselle. Typen satovasteet vuonna 2020 olivat varsin samanlaiset kummassakin kenttäkokeessa, sekä syksyllä 2018 (kuva 67) että syksyllä 2019 (kuva 47) kuituja saaneessa, mutta syksyllä 2018 kuituja saaneessa kokeessa satovaste oli huonompi hieman huonompi kuin syksyllä 2019 kuituja saaneessa. Vuoden 2019 sadoissa kokeessa, jossa kuidut levitettiin syksyllä 2018,

satovaikutukset ovat selkeästi typpivaikutuksia. Kuitujen tyyppiä sitova vaikutus näkyi sadon alennuksen lisäksi valkuaispitoisuudessa. Vuoden 2020 sadoissa, joissa kuidut oli levitetty joko syksyllä 2018 tai 2019, satovai-
kutukset olivat enemmän kuitulisän vesitaloutta parantavista vaikutuksista. Kuitenkin typpivaikutukset olivat
nähtävissä selvemmin sadon laadussa. Suurempi typpilannoitus näkyi valkuaispitoisuuden nousuna ja hehto-
litrapainon laskuna. Tämä johti siihen, että vaikka kuitujen lisäys syksyllä 2019 jopa hieman nosti satotasoa
sen ollessa matala, kuidut selvästi alensivat sadon valkuaispitoisuutta, hehtolitrainoa, lisäsi surkastuneiden
ja roskien osuutta sadossa.

Kasvukauden 2020 poikkeuksellisuus haittaa tulkintojen tekoa kuitujen levityksen jälkeisen toisen kasvukau-
den osalta. Koska epärealistisen suurelta kuituannokset eivät alentaneet satoa toisena kasvukautena ku-
tujen levityksen jälkeen, voidaan kuitenkin varsin suurella varmuudella todeta, että kuitujen satovaikutukset
ulottuvat vain seuraavaan kasvukauteen myös vesitalouden kautta tulevalta osalta.

Kasvukaudella 2019 kohtuullinen orgaanisen hiilen annoksen, $3,4 \text{ t ha}^{-1}$, syksyllä 2018 ravinnekuituna annet-
tuna ei johtanut satotappioon. Tuolloin käytetty ravinnekuidun määrä oli tuoremassana $28,9 \text{ t ha}^{-1}$. Orgaanisen
hiilen annoksen ja tuoremassa-annoksen yhteys riippuu, ravinnekuidun kuiva-ainepitoisuudesta ja kuiva-ai-
neen orgaanisen hiilen pitoisuudesta. Annoksen tästä kasvaessa syntyi kasvukaudella 2019 satotappio, jonka
suuruus oli enimmillään 705 kg ha^{-1} ja $16,1 \%$. Sen arvo on $105,7 \text{ € ha}^{-1}$ viljan hinnan ollessa 150 € t^{-1} . Käy-
tännön toiminnassa orgaanisen hiilen annos ei juuri voi olla yli 4 t/ha , koska tämä johtaisi kadmium- ja nikkeli-
kuorman viiden vuoden sallitun ylitykseen. Tämän suuruinen kuitukäsittely voidaan siis toteuttaa vain kerran
viidessä vuodessa. Lielahden pohjasta nostettu kuituliete tuotti satotappion selvästi pienemmällä annoksella.
Jo $2,3 \text{ t ha}^{-1}$ orgaanista hiiltä hehtaarille tuotti merkittävän $8,4 \%$:n satotappion. Satotappio kasvoi kuitulietean-
noksen kasvaessa huomattavaksi, kun ravinnekuituannoksen aiheuttama satotappio näytti asettuvan tietylle
tasolle. Suurimmalla käytetyllä orgaanisen hiilen annoksella satotappio oli 1290 kg ha^{-1} eli $29,4 \%$. Satotappion
arvo oli $193,5 \text{ € ha}^{-1}$.

Kasvukauden 2020 kuiva kesäkuu aiheutti sen, että syksyllä 2019 levitettyjen kuitujen vaikutus satoon oli poik-
keuksellinen. Sen sijaan, että ne olisivat alentaneet satoa, ne yllättäen lisäsivätkin sitä. Tämä johtui ilmeisim-
min siitä, että kuidut paransivat maan vesitaloutta. Sadon kasvu kuituannosten kasvun myötä ei voi johtua
typpilannoitusvaikutuksesta, koska sillä ei ollut kasvukaudella juurikaan satovastetta. Ravinnekuitu kasvatti
satoa lineaarisesti suhteessa kuituannokseen vielä suurimmalla hiiliannoksella ($18,2 \text{ t org. C ha}^{-1}$), jolloin
sadonlisä oli jo $43,6 \%$ kuiduttomaan käsittelyyn nähden. Tosin sato, 2794 kg ha^{-1} , oli tällöinkin vaatimaton.
Näin suuria annoksia ei kuitenkaan voi käyttää, koska haitallisten metallien kuormitus ylittäisi sallitun rajan.
Lielahden kuitulietettä käytettäessä sadonlisäys saavutti huippunsa jo annoksen ollessa $9,1 \text{ t org. C ha}^{-1}$.
Humuspehtoorin kuitulietteellä satohuippu saavutettiin orgaanisen hiilen annoksen ollessa $4,3 \text{ t ha}^{-1}$, jota suu-
remmalla sato kääntyi laskuun.

Kokonaisuutena näyttäisi siltä, että sopiva orgaanisen hiilen annos on noin 4 t org. C/ha . Pienemmillä annok-
silla nitraatin huuhtoutumista vähentävä vaikutus jää pieneksi ja suuremmat annokset eivät ole mahdollisia
haitallisten metallien kuormituksen takia ja johtaisivat normaalissa kasvukaudessa satotappioon.

Tuoteselosteissa olisi hyvä olla myös orgaanisen hiilen pitoisuus kuiva-aineesta, jotta sitä voitaisiin annostella
orgaanisen hiilenpitoisuuden perusteella. Karbonaattihiilen osuus kokonaishiilestä on kalkkistabiloidussa ra-
vinnekuidussa merkittävä mutta kuitulietteessä pieni.

Muokkauskerroksen ja pohjamaan liukoisen typen muutokset kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2018

Sadonkorjuun jälkeen 10.9.2018 pelkällä sängellä olevien koeruutujen muokkauskerroksessa oli ammonium-
tyyppiä keskimäärin $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ka ja nitraattityyppiä $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, yhteensä $4,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, vastaten noin $9,2$
 kg N ha^{-1} . Lannoituksen jälkeen 8.10.2018 muokkauskerroksen ammoniumtyypipitoisuus oli $6,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka ja
nitraattipitoisuus $10,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, yhteensä $16,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, vastaten noin $32,0 \text{ kg N ha}^{-1}$. Erotus $22,8 \text{ kg N}$
 ha^{-1} on jonkin verran pienempi kuin annettu lannoitus. Tyyppiä saattoi kulkeutua tässä välissä pohjamaahan
tai sitoutua orgaaniseen ainekseen. Liukoisen orgaanisen typen pitoisuus muokkauskerroksessa oli 8.10.2018
keskimäärin $15,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ka edustaen puolta liukoisesta kokonaistypestä $31,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Aluskasvikäsittely-
ruutujen muokkauskerroksen ammoniumtypen pitoisuus oli keskimäärin $7,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ka ja nitraattityypin $6,6 \text{ mg}$
 kg^{-1} ka. Liukoisen orgaanisen typen pitoisuus oli keskimäärin $12,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Liukoista orgaanista tyyppiä oli
 $12,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Aluskasvikäsittelyssä ammoniumtyyppiä 23% enemmän, nitraattityyppiä 35% vähemmän ja

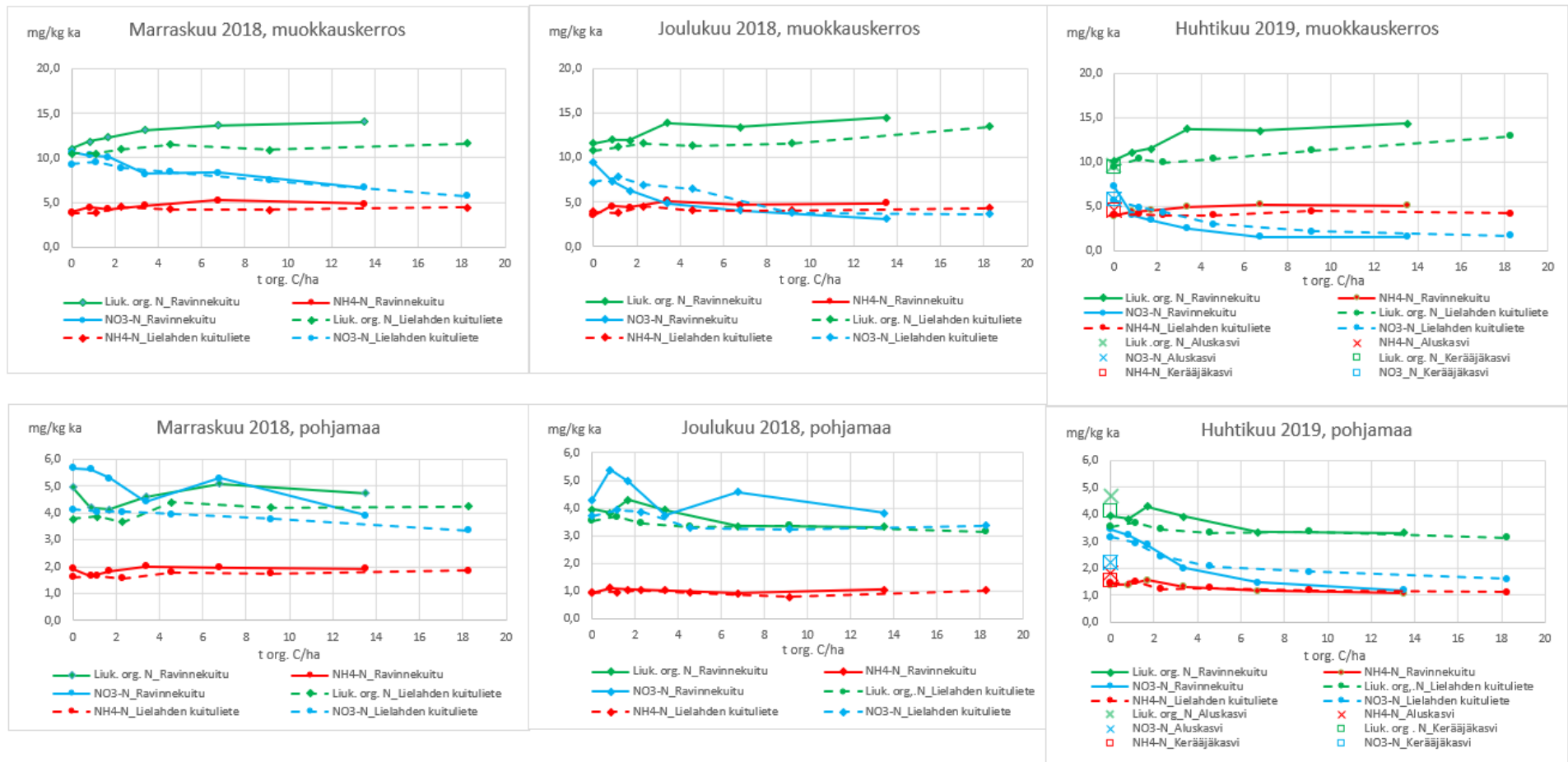
liukoisen orgaanista tyyppiä 24 % vähemmän kuin pelkällä sängellä olevassa osassa, jolloin liukoista kokonaistyyppiä oli 19 % vähemmän.

Pohjamaassa ammoniumtyypen pitoisuus oli keskimäärin $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, nitraattityypen $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ka ja liukoisen orgaanisen tyypen $5,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pelkällä sängellä olleissa koeruuduissa. Aluskasviruuduissa ammoniumtyyppiä oli $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, nitraattityyppiä $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ka ja liukoista orgaanista tyyppiä $4,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Aluskasvin käyttö näyttäisi alentavan erityisesti nitraattityypen pitoisuutta pohjamaassa. Lannoituksilla imitoitiin lannankäyttöä syksyllä. Sen mukana tullut liukoisen tyypen määrä hehtaaria kohti oli nykyisen lainsäädännön sallimaa, 35 kg ha^{-1} , suurempi silloin, kun se annetaan tuotantoeläinten lantana tai orgaanisena lannoitevalmisteena (YMa 2014).

Marraskuussa 2018 otetuissa maanäytteissä suurin osa muokkauskerroksen (0 – 20 cm) liukoisesta kokonaistyypestä oli liukoista orgaanista tyyppiä (kuva 95). Sen pitoisuus oli suurempi ravinnekuitua saaneissa käsittelyissä kuin Lielahden kuitulietettä saaneissa käsittelyissä. Sen pitoisuus kasvoi ravinnekuitua käytettäessä orgaanisen hiilen annokselle $13,7 \text{ t ha}^{-1}$ saakka ja selvästi enemmän suhteessa orgaanisen hiilen annokseen kuin Lielahden kuitulietettä käytettäessä. Muokkauskerroksen nitraattityypen pitoisuus laski ravinnekuituannoksen kasvaessa. Oleellisin osa nitraattityypen sitoutumisesta syntyi jo orgaanisen hiilen annoksella $3,4 \text{ t ha}^{-1}$. Liukoinen orgaaninen tyyppi oli todennäköisimmin peräisin ravinnekuidusta, koska Lielahden kuitulietettä käytettäessä nitraattityypen pitoisuus laski orgaanisen hiilen annoksen kasvaessa vastaavalla tavalla, mutta liukoisen orgaanisen tyypen pitoisuus ei kasvanut vastaavasti. Lielahden kuituliete ei sisältänyt oleellista määrää orgaanista liukoista tyyppiä. Muokkauskerroksen alapuolisen maakerroksen eli pohjamaan (20 – 50 cm) liukoisen kokonaistyyppien komponenttien pitoisuus oli pienempi kuin muokkauskerroksen (kuva 95). Kunkin komponentin osalta se oli noin puolet. Pohjamaassa kuituannoksella ei juuri ollut vaikutusta marras- ja joulukuun 2018 liukoisen kokonaistyyppien komponenttien pitoisuuksiin, mutta ravinnekuitulisien osalta kuituannoksen lisäys toi epämääräisyyttä nitraattityypen pitoisuuteen. Muokkauskerroksen ammoniumtyyppipitoisuudessa kenttäkokeessa, jossa kuidut lisättiin syksyllä 2018 oli lievää kasvua ravinnekuituannoksen kasvaessa, joka selittynee sen mukana tulleella ammoniumtyypellä. Ammoniumtyypen pitoisuus säilyi muokkauskerroksessa marraskuusta joulukuuhun, mutta laski pohjamaassa noin 1 mg kg^{-1} ka. todennäköisesti liittyen nitrifikaatioon.

Oleellisin muutos marraskuusta joulukuuhun vuonna 2018 oli se, että muokkauskerroksen nitraattipitoisuus oli laskenut kuitulajista riippumatta siten, että pitoisuuden lasku oli suurin keskisuurilla kuituannoksilla (kuva 95). Pienillä ja suurilla kuituannoksilla pitoisuuden lasku marraskuusta joulukuuhun oli pieni. Tämä viittaisi siihen, että suurilla kuitumäärillä nitraattityppi sitoutui jo marraskuun näytteenottoon mennessä ja keskisuurilla kuituannoksilla sitoutuminen kesti pitempään. Kuiduttomien käsittelyiden muokkauskerroksen nitraattipitoisuus säilyi korkeana vielä joulukuuhun. Kun pohjamaan nitraattipitoisuudetkaan eivät kasvaneet marraskuusta joulukuuhun, nitraatin huuhtoutuminen pohjaveteen tällä välillä lienee ollut pientä. Tämä johtui todennäköisimmin siitä, että syksyn 2018 kuitujen levityksen jälkeen sadanta oli pieni ja lämpötila pitkiä aikoja pakkasen puolella. Pohjamaan orgaanisen liukoisen tyypin pitoisuus hieman laski marraskuusta joulukuuhun kuituannoksen kasvaessa erityisesti ravinnekuitua käytettäessä. Marraskuun ja joulukuun välillä nitrifikoitunut ammoniumtyypen pitoisuuden laskua vastaava määrä nitraattityyppiä todennäköisesti huuhtoutui marras- ja joulukuun välillä, mutta määrä, noin 1 mg kg^{-1} ka, on hyvin pieni. Suurilla Lielahden kuitulieteanneksilla muokkauskerroksen liukoisen orgaanisen tyypin pitoisuus kasvoi marraskuusta joulukuuhun. Tämä liittyy nitraatin sitoutumiseen orgaanisiin yhdisteisiin mikrobiologisessa toiminnassa.

Vielä huhtikuussa 2019 liukoisen orgaanisen tyypin pitoisuudet olivat muokkauskerroksessa samalla tasolla kuin marras- ja joulukuussa, kuten myös ammoniumtyyppipitoisuudet. Pienillä Lielahden kuituannoksilla orgaanisen liukoisen tyypin pitoisuus laski joulukuusta huhtikuuhun. Nitraattipitoisuus laski erityisesti suurilla kuituannoksilla edelleen joulukuun pitoisuuksista eron kuiduttomiin käsittelyihin kasvaessa. Kuiduttomienkin käsittelyiden nitraattipitoisuudet laskivat joulukuusta huhtikuuhun hieman. Tämä liittyy nitraatin huuhtoutumiseen, mutta kuidullisissa käsittelyissä tyyppiä on sitoutunut pysyvämpään orgaaniseen muotoon. Huhtikuussa 2019 nitraattityypen pitoisuus pohjamaassa oli alentunut joulukuun pitoisuudesta huomattavasti suurilla kuituannoksilla, mutta kuiduttomissa käsittelyissä pysynyt lähes samana. Nitraattia on todennäköisesti huuhtoutunut kuiduttomissa käsittelyissä muokkauskerroksesta pohjamaahan ja vastaavasti pohjamaasta pohjaveteen tässä välissä. Määrät ovat kuitenkin varsin pieniä, koska 20 cm:n paksuisessa muokkauskerroksessa 1 mg kg^{-1} ka vastaavuus ravinmäärissä on noin 2 kg ha^{-1} ja 30 cm:n pohjamaassa noin 3 kg ha^{-1} . Runsaasti kuitua saaneiden käsittelyiden pohjamaan nitraattipitoisuuden lasku johtuu siitä, että sitä ei enää tullut lisää muokkauskerroksesta ainakaan samassa määrin mutta sitä kulkeutui veden mukana pohjaveteen. Ravinnekuitu näyttäisi olevan tehokkaampaa nitraatin sitomisessa kuin Lielahden kuituliete, koska sen käyttö johti suurina annoksina pohjamaan pienempään nitraattipitoisuuteen.



Kuva 95. Maan liukoisen typen komponenttien pitoisuudet marras- ja joulukuussa 2018 sekä huhtikuussa 2019 kuitujen levityksen lokakuussa 2018 jälkeen

Aluskasvin vaikutus näkyy erityisesti huhtikuun 2019 maanäytteissä pohjamaan pienempinä nitraattitypen pitoisuuksina, vaikka niillä ei ollut juurikaan vaikutusta muokkauskerroksen nitraattipitoisuuteen. Aluskasviruutujen pohjamaan nitraattipitoisuudet olivat pienet jo lokakuun alussa 2018. Näyttäisi siltä että alus- ja kerääjäkasvit eivät nosta muokkauskerroksen liukoisen orgaanisen typen pitoisuutta mutta kuitenkin tehokkaasti alenavat pohjamaan nitraattipitoisuutta, mikä käytännössä tarkoittaa myös pienempää huuhtoutumista.

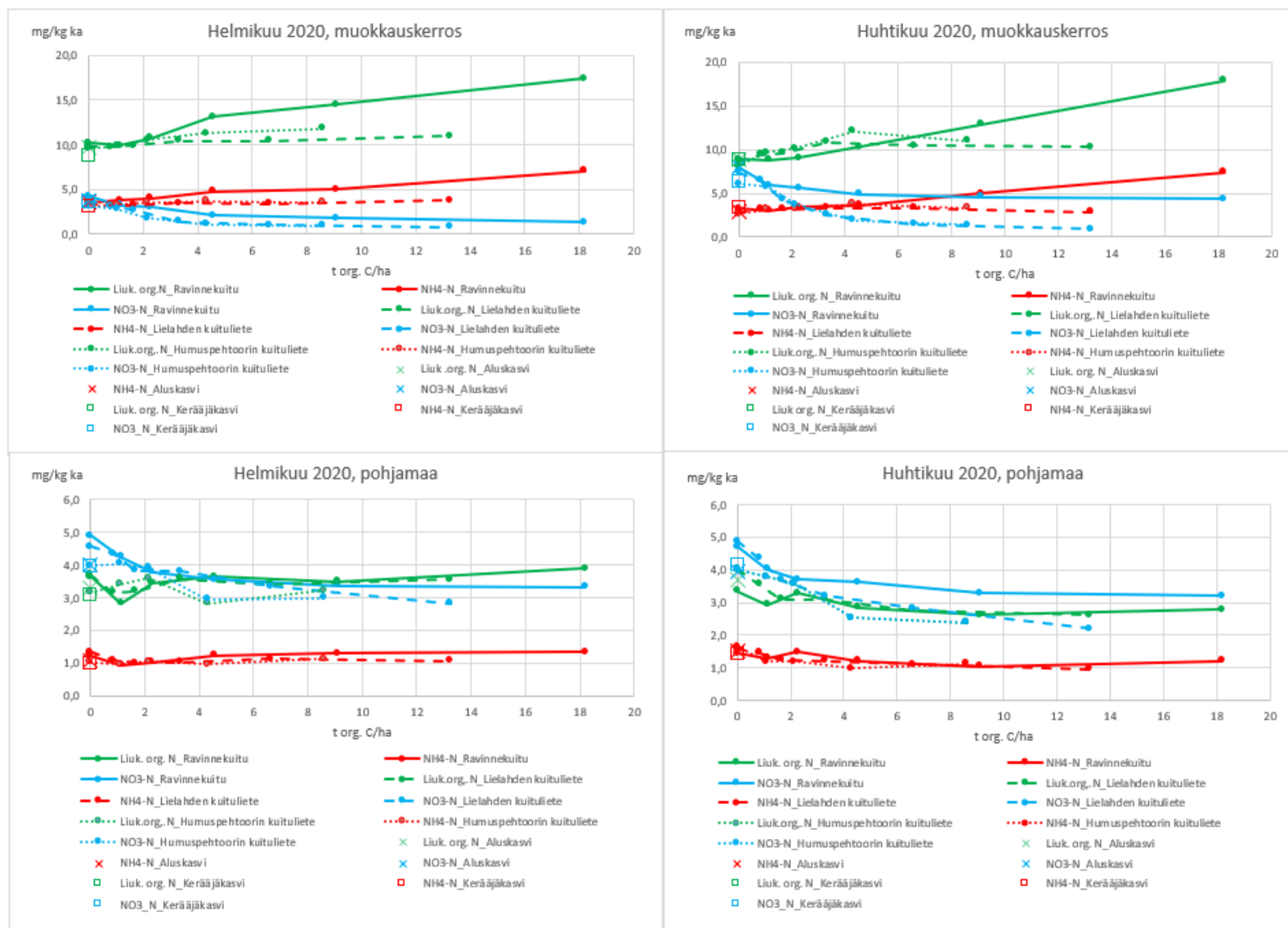
Typen sitoutuminen kuituun tapahtuu siinä muokkauskerroksen osassa, johon kuidun on muokattu. Liukoisen typen eri komponenttien pitoisuuksien muutokset pohjamaassa eivät siten ole suoraa kuitujen vaikutusta. Kuitujen vaikutus kuitenkin näkyy pohjamaassa erityisesti nitraattitypen pitoisuuden muutoksia, koska se liikkuu veden mukana muokkauskerroksesta pohjamaan ja edelleen pohjaveteen. Kun muokkauskerroksen nitraattipitoisuus laskee muokkauskerroksessa, laskee se myös pohjamaassa, koska nitraattitypen huuhtoutuminen muokkauskerrokseen vähenee mutta jatkuu pohjamaasta pohjaveteen. Nitraatin huuhtoutuminen käytännössä loppuu, kun evapo-transpiraatio kasvukauden alussa ylittää sadannan, kun todettiin edellä maamonoittikokeissa.

Muokkauskerroksen ja pohjamaan liukoisen typen muutokset kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2019

Sadonkorjuun jälkeen 4. syyskuuta otetuissa muokkauskerroksesta otetuissa maanäytteissä oli keskimäärin 3,0 mg kg⁻¹ ka ammoniumtyppeä ja 4,2 mg kg⁻¹ ka nitraattityppeä, yhteensä 7,2 mg kg⁻¹ ka, vastaten 14,4 kg N ha⁻¹. 4. lokakuuta 2019 otetuissa maanäytteissä oli muokkauskerroksessa runsaasti liukoista typpeä, koska koealueelle oli levitetty sitä 50 kg ha⁻¹ 17. syyskuuta 2019. Muokkauskerroksessa oleva liukoisen kokonaistypen määrä oli noin 80 kg/ha, joka on selvästi enemmän kuin edellisenä syksynä. Pääosa maan liukoisesta tyypestä oli nitraattityppeä, toiseksi suurin osa ammoniumtyppeä. Liukoisen orgaanisen typen osuus oli pienin. Erityisesti ammoniumtyppeä oli enemmän kuin edellisenä syksynä samassa tilanteessa. Aluskasvi-, kerääjäkasvi- ja muiden ruutujen välillä ei ollut oleellista eroa liukoisen typen pitoisuuksissa. Pelkällä sängellä olleissa koeruuduissa muokkauskerroksessa oli keskimäärin 9,1 mg kg⁻¹ ka ammoniumtyppeä, 21,8 mg kg⁻¹ ka nitraattityppeä ja 8,1 mg kg⁻¹ ka liukoista orgaanista typpeä. Aluskasvikoeruuduissa muokkauskerroksessa oli keskimäärin 12,1 mg kg⁻¹ ka ammoniumtyppeä, 21,9 mg kg⁻¹ ka nitraattityppeä ja 6,8 mg kg⁻¹ ka liukoista orgaanista typpeä. Kerääjäkasvikoeruuduissa muokkauskerroksessa oli keskimäärin 9,4 mg kg⁻¹ ka ammoniumtyppeä, 25,2 mg kg⁻¹ ka nitraattityppeä ja 9,1 mg kg⁻¹ ka liukoista orgaanista typpeä. Muokkauskerroksessa oli aluskasviruuduissa enemmän ammoniumtyppeä kuin sänti- ja kerääjäkasviruuduissa, kun taas nitraattia oli muita enemmän kerääjäkasviruuduissa. Muokkauskerroksessa oli keskimäärin 41,2 mg kg⁻¹ ka liukoista kokonaistyppeä ammoniumtyppeä 10,2 mg kg⁻¹ ka, nitraattityppeä 23,0 mg kg⁻¹ ka ja liukoista orgaanista typpeä 8 mg kg⁻¹ ka

4. lokakuuta 2019 otetuissa näytteissä pelkällä sängellä olleissa koeruuduissa pohjamaassa oli keskimäärin 1,2 mg kg⁻¹ ka ammoniumtyppeä, 4,2 mg kg⁻¹ ka nitraattityppeä ja 3,8 mg kg⁻¹ ka liukoista orgaanista typpeä. Aluskasvikoeruuduissa pohjamaassa oli keskimäärin 1,2 mg kg⁻¹ ka ammoniumtyppeä, 2,9 mg kg⁻¹ ka nitraattityppeä ja 3,8 mg kg⁻¹ ka liukoista orgaanista typpeä. Kerääjäkoeruuduissa pohjamaassa oli keskimäärin 1,1 mg kg⁻¹ ka ammoniumtyppeä, 3,6 mg kg⁻¹ ka nitraattityppeä ja 3,1 mg kg⁻¹ ka liukoista orgaanista typpeä. Pohjamaassa nitraattityppeä oli muita vähemmän aluskasviruuduissa. Pohjakerroksessa oli keskimäärin 8,3 mg kg⁻¹ ka liukoista kokonaistyppeä ammoniumtyppeä 1,2 mg kg⁻¹ ka, nitraattityppeä 3,6 mg kg⁻¹ ka ja liukoista orgaanista typpeä 3,6 mg kg⁻¹ ka. Pohjamaassa liukoisen typen pitoisuudet olivat selvästi pienemmät kuin muokkauskerroksessa. Mitään oleellisia eroja käsittelyiden välillä ei ollut lähtötilanteessa.

Orgaanisella liukoisella tyellä on muokkauskerroksessa hallitseva rooli maan liukoisessa tyessä jo helmikuussa 2020 myös kuiduttomissa käsittelyissä (kuva 96). Helmikuulta 2019 ei ole havaintoa, joten vertailua samaan ajankohtaan ei voi tehdä. Muokkauskerroksen liukoisen orgaanisen typen pitoisuus kasvoi helmikuussa 2020 ravinnekuituannoksen kasvaessa. Tähän lienee ollut syynä ravinnekuidun mukana tullut liukoisen orgaaninen tyyppi. On todennäköistä, että nitraattitypen pitoisuus oli ollut marras- ja joulukuussa 2019 samalla tasolla liukoisen orgaanisen typen pitoisuuden kanssa tai ainakin lähellä sitä kuin marras- ja joulukuussa 2018 (kuva 95), mutta loppuvuodesta 2019 runsaiden sateiden ja sulan kelin takia maanäytteitä ei voitu ottaa tuhoamatta koealuetta. Kuidut olivat varsin tehokkaasti sitoneet muokkauskerroksen nitraattityppeä. Suurilla kuituannoksilla muokkauskerroksen nitraattipitoisuus putosi helmikuuhun 2020 mennessä noin kolmasosaan kuiduttoman käsittelyn vastaavasta. Ravinnekuidun suurten annosten mukana tullut suuri ammoniumtyppimäärä näkyi helmikuussa muokkauskerroksen kuituannoksen mukaan kasvavana ammoniumtyppipitoisuutena.



Kuva 96. Maan liukoisen typen komponenttien pitoisuudet helmi- ja huhtikuussa 2020 kuitujen levityksen lokakuussa 2019 jälkeen

Muokkauskerroksen ammoniumtyppipitoisuus kuiduttomissa käsittelyissä putosi lokakuun 2019 alusta huhtikuuhun 2020 mennessä pitoisuudesta $10,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen $3,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, nitraattipitoisuus pitoisuudesta $23,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen noin $6,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ka liukoisen orgaanisen typen pitoisuuden noustessa pitoisuudesta $8,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen noin $8,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Liukoisen kokonaistypen pitoisuus laski siten pitoisuudesta $41,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen $18,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ka eli $23,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Tämä merkitsee, että noin 46 kg ha^{-1} liukoista typpeä poistui muokkauskerroksesta ilman kuitukäsittelyä. Ravinnekuidun mukana tuli huomattava määrä liukoista typpeä, joka ei näy maan liukoisen typen pitoisuuksissa kuin osittain suhteessa kuiduttoman käsittelyn maan typen pitoisuuksien muutokseen. Se on voinut sitoutua orgaanisen aineeseen tai poistua esimerkiksi denitrifikaation kautta. Koska pohjamaan nitraattipitoisuus laski myös ravinnekuituannoksen kasvaessa, se ei ole voinut huuhtoutua pohjamaan kautta pohjaveteen.

Pohjamaan nitraattipitoisuus kuiduttomissa käsittelyissä oli helmi- ja huhtikuussa 2020 (kuva 96) samalla tasolla kuin joulukuussa 2018 (kuva 95). Myös huhtikuussa 2019 pohjamaan nitraattipitoisuudet olivat kuiduttomissa käsittelyissä samalla tasolla kuin joulukuussa 2018, mutta laskivat puoleen kuituannoksen noustessa tasoon $4 \text{ t org. C ha}^{-1}$ (kuva 95). Huhtikuussa 2020 pohjamaan nitraattipitoisuudet olivat suurilla ravinnekuitumäärillä suuremmat kuin huhtikuussa 2019. Tämä liittyy siihen, että syksyllä 2019 levitetystä ravinnekuidusta on huomattavan paljon enemmän liukoista typpeä kuin syksyllä 2018 käytetyssä. Huomionarvoista on se, että pohjamaan nitraattipitoisuus oli helmikuussa 2020 noin kolminkertainen muokkauskerroksen nitraattipitoisuuteen nähden suurilla kuituannoksilla, kun se kuiduttomissa käsittelyissä oli samaa suuruusluokkaa kummassakin kerroksessa. Tämä viittaa siihen, että kuidut ovat sitoneet muokkauskerroksen nitraattia orgaaniseen muotoon mikrobiologisen toiminnan kautta. Pohjamaan nitraattipitoisuudet helmikuussa 2020 olivat samaa tasoa kuin joulukuussa 2018. Pohjamaan nitraattityypin pitoisuus laski helmikuun maanäytteissä kuituannoksen kasvaessa tasoon noin tasoon $4 \text{ t org. C ha}^{-1}$. Pohjamaan ammoniumtyppipitoisuus oli helmi- ja huhtikuussa 2020 samalla tasolla kuin joulukuussa 2018 ja huhtikuussa 2019. Orgaanisen liukoisen typen pitoisuus laski pohjamaassa helmikuusta huhtikuuhun kuituannoksen kasvaessa riippumatta kuidusta. Alus- ja kerääjäkasveilla ei ollut mitään oleellista vaikutusta liukoisen typen komponenttien pitoisuuteen helmi- ja huhtikuussa 2020.

Pohjamaan ammoniumtyppipitoisuus kuiduttomissa käsittelyissä nousi lokakuun 2019 alusta huhtikuuhun 2020 mennessä pitoisuudesta $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ka, nitraattipitoisuus pitoisuudesta $3,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen noin $4,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ka liukoisen orgaanisen typen pitoisuuden laskiessa pitoisuudesta $3,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen noin $3,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Liukoisen kokonaistypen pitoisuus nousi siten pitoisuudesta $8,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ka pitoisuuteen $9,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ka eli $1,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Tämä merkitsee noin $5,1 \text{ kg ha}^{-1}$. Todennäköisesti runsaat sateet loppuvuodesta 2019 eivät huuhtoneet oleellisesti enempää nitraattia kuin vuotta aiemmin.

Liukoista typpeä oli kuiduttomankin käsittelyn muokkauskerroksessa keväällä 2020 peräti noin $40 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}$. Orgaanisen liukoisen typen pitoisuus kasvoi selvästi ravinnekuidun annoksen kasvaessa. Ravinnekuituannoksen lisääminen lisäsi liukoisen typen pitoisuuksia nitraattityppeä lukuun ottamatta. Nitraattityypin pitoisuus laski kaikkien kolmen kuidun annoksen kasvaessa. Ammoniumtyppeä tuli runsaasti ravinnekuidun mukana mutta ei muiden kuitujen. Suurimmalla annoksella ammoniumtyppeä tuli $103,8 \text{ kg ha}^{-1}$. Syyskuun alun jälkeen saatiin ns. nitraattiasetuksen mukaan käyttää vain 35 kg N ha^{-1} , joten suurimmat ravinnekuidunkäyttömäärät eivät ole nykyinsäädännön sallimia. Nitraattityppeä ravinnekuidussa ei odotetusti ollut. Sen sijaan liukoista kokonaistyppeä tuli peräti $239,2 \text{ kg ha}^{-1}$ suurimmalla annoksella. 100 kg ha^{-1} typpeä eri muodoissa vastaa pitoisuuden nousua noin 50 mg kg^{-1} ka maassa 20 cm:n paksuisessa muokkauskerroksessa, joten liukoisen typen pitoisuuksien muutokset maassa olivat marginaaliset suhteessa ravinnekuidun mukana tulleet liukoisen typen määrään. Liukoista typpeä on täytynyt sitoutua liukenemattomaksi orgaaniseksi typeksi tai denitrifikoitua huomattavia määriä suurilla kuituannoksilla. Maan kokonaistyppeä ei analysoitu eikä sen muutokset olisikaan helpposti havaittavissa, koska kokonaistypen pitoisuus maassa on suuri suhteessa lisäykseen.

Yhteenveto kuitujen, kerääjäkasvien ja aluskasvien vaikutuksesta maan liukoisen typen pitoisuuteen

Maamonoliittikokeiden tulosten perusteella ravinnekuitu vähensi liukoisen typen huuhtoutumista. Niissä käytetyssä ravinnekuidussa liukoisen typen pitoisuus oli kuitenkin selvästi normaalia pienempi, koska liukoisen typen pitoisuus oli siinä käytetyssä syksyn 2018 erässä epätavallisen pieni. Suurimmalla orgaanisen hiilen annoksella saatiin vain $24,9 \text{ kg/ha}$ liukoista orgaanista typpeä sekä vähäinen määrä ammonium- ja nitraattityppeä. Tämä pitkälti selittää syksyllä 2018 kenttäkokeissa käytetyn kuitulietemäisen käyttäytymisen. Maamonoliittikokeiden tulokset eivät siten ravinnekuidun osalta välttämättä päde syksyllä 2019 käytettyyn ravinnekuituun ja ravinnekuituihin yleisesti.

Kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018, maanäytteet otettiin marras-, joului- ja huhtikuussa. Tämä oli tarkoitus myös kokeessa, joihin kuidut levitettiin syksyllä 2019, mutta loppuvuoden 2019 sääolosuhteet eivät mahdollistaneet maanäytteiden ottoa ja ensimmäinen näytteenotto oli vasta helmikuussa 2020. Nitraattipitoisuudet laskivat lokakuun 2018 levitysten jälkeen kevättä kohti, mutta muiden liukoisen typen komponenttien pitoisuudet pysyivät käytännössä samoina. Keväällä 2020 helmikuusta huhtikuuhun nitraattipitoisuudet sen sijaan kasvoivat lukuun ottamatta suuria kuitulieteanneksia saaneita käsittelyitä. Liukoisen orgaanisen typen pitoisuudet huhtikuun 2019 ja helmikuun 2020 näytteissä ovat oleelliselta osin samanlaiset. Suuri liukoisen orgaanisen liukoisen typen annos ravinnekuidusta syksyn 2019 levityksissä näkyy vain hyvin pieneltä osin maanäytteiden pitoisuudessa helmikuussa 2020. Helmikuussa 2020 mitatut muokkauskerroksen nitraattityypin pitoisuudet kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2019, olivat samalla tasolla kuin huhtikuussa 2019 mitatut kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin lokakuussa 2018. Ravinnekuitukäsittelyjen nitraattityypin pitoisuus kuitenkin nousi selvästi suhteessa kuitulietekäsittelyiden vastaavien käsittelyiden nitraattipitoisuuksiin huhtikuuhun 2020 mennessä annoksilla yli noin 4 t org. C ha⁻¹ orgaanisen hiilen annoksilla viitaten nitrifikaatioon tällä välissä. Tätä ilmiötä ei näkynyt huhtikuun 2019 maanäytteissä, mikä saattoi johtua ravinnekuidun mukana tulleen liukoisen typen selvästi pienemmällä määrällä syksyn 2018 levityksissä. Myös kuiduttomissa ja pienten kuitulietemäärien käsittelyissä nitraattipitoisuus nousi helmikuusta 2020 huhtikuuhun 2020 selvästi mutta ei suurempien kuitulieteanneksien käsittelyissä annoksesta noin 4 t org. C ha⁻¹ lähtien. Helmikuussa 2020 pohjamaan nitraattipitoisuudet olivat korkeammat kuin muokkauskerroksen. Kuiduttomissa ja ravinnekuitukäsittelyissä pohjamaan nitraattityypin pitoisuus säilyi huhtikuuhun saakka. Sen sijaan kuitulietekäsittelyissä pohjamaan nitraattipitoisuuden laskivat helmikuusta 2020 huhtikuuhun 2020. Nämä nitraattityypin pitoisuuden muutokset olivat oleelliset muutokset helmikuun 2020 ja huhtikuun 2020 välillä. Kun pohjamaassakaan ei ole todettavissa nitraattipitoisuuden nousua lokakuun 2019 alusta ennen levitystä helmikuuhun 2020, on käytännössä mahdotonta, että ravinnekuidun mukana tullut suuri liukoisen typen annos olisi huuhtoutunut tässä välissä. Se on joko sitoutunut pysyvämpään liukenemattomaan orgaaniseen muotoon tai denitrifikoitunut. Tällä perusteella ravinnekuitu on suurehkosta liukoisen typen pitoisuudesta huolimatta pikemminkin liukoista tyyppiä sitova.

Kuitulietekäsittelyssä muokkauskerroksen nitraattityypin pitoisuus oli helmikuussa 2020 hieman pienempi kuin ravinnekuitukäsittelyissä samalla orgaanisen hiilen annoksella. Humuspehtoorin ravinnekuituannoksen kasvaessa orgaanisen liukoisen typen pitoisuutta hieman kasvoi, mutta muiden liukoisen typen komponenttien osalta pitoisuudet olivat kumpakin kuitulietettä käytettäessä samat samalla orgaanisen hiilen annoksella. Kuitulietteen mukana liukoista orgaanista tyyppiä tuli enimmilläänkin vain 5,3 kg/ha mutta ravinnekuidun suurimmalla annoksella peräti 239,2 kg/ha. Tämä riittäisi nostamaan muokkauskerroksen liukoisen orgaanisen typen pitoisuutta noin 120 mg kg⁻¹ ka. Helmikuussa 2020 muokkauskerroksen liukoisen orgaanisen typen pitoisuus oli kuitenkin noussut vain vajaat 8 mg kg⁻¹ ka. Kun pohjamaassa edes nitraattipitoisuus ei ollut kohonnut helmikuussa 2020 otetuissa näytteissä ravinnekuituannoksen kasvaessa, pikemminkin päinvastoin, ei ole oletettavaa, että se olisi mineralisoitunut, nitrifioitunut ja huuhtoutunut. Sama pätee ammoniumtyypin pitoisuuden kasvuun ravinnekuituannoksen kasvaessa. Ravinnekuidun mukana tuli suurimmalla levitysmäärällä syksyllä 2019 ammoniumtyyppiä 90,4 kg ha⁻¹, mutta ammoniumtyypin pitoisuus ei noussut kuiduttomaan nähden kuin noin 1,5 mg/kg ka. Tämä on voinut tapahtua välivaiheiden kautta liittyen mikrobitoimintaan maassa.

Helmikuussa 2020 pohjamaan nitraattityypin pitoisuus oli kuiduttomissa käsittelyissä samalla matalalla tasolla kuin pintamaassa. Pohjamaan liukoisen typen komponenttien pitoisuuksissa ei ollut juuri muutosta helmikuusta 2020 huhtikuuhun 2020. Kuitujen vaikutus näkyy lähinnä vain maan pintakerroksessa, koska kuidut lisättiin siihen. Marras- ja joulukuussa 2018 kuitujen lisäyksen jälkeen pohjamaan nitraattipitoisuus oli samalla tasolla kuin helmi- ja huhtikuussa 2020 lokakuun 2019 kuitujen lisäyksen jälkeen.

Sääolosuhteet kasvukauden ulkopuolella vaikuttavat ratkaisevasti kuitujen vaikutukseen. Ei ole mahdollista tehdä kategorisia tulkintoja kuitujen vaikutuksesta liukoisen typen huuhtoutumiseen ilman kytkentää sääolosuhteisiin, jotka voivat olla hyvin moninaiset. Pelkät keskiarvot eivät ole ratkaisevia, vaan sääolosuhteiden ajoittumisella on suuri merkitys. Näin ollen tulosten perusteella tehtävissä olevat tulkinnot rajoittuvat vallinneisiin sääolosuhteisiin. Laaja tulkintojen yleistäminen vaatisi huomattavasti laajempia kenttäkokeita. Kenttäkokeiden tulokset edustavat tuloksia hiesusavella, joka on lähellä aitosavea.

Nitraattityppi on hallitseva huuhtouman komponentti typen huuhtoutumisessa, kuten voidaan maamonoliittikkeen tuloksista todeta. Ammoniumtyppi huuhtoutuu huonosti savimaasta, koska se tarttuu savekseen mutta se kuitenkin nitrifioituu maassa, jonka jälkeen sekin huuhtoutuu.

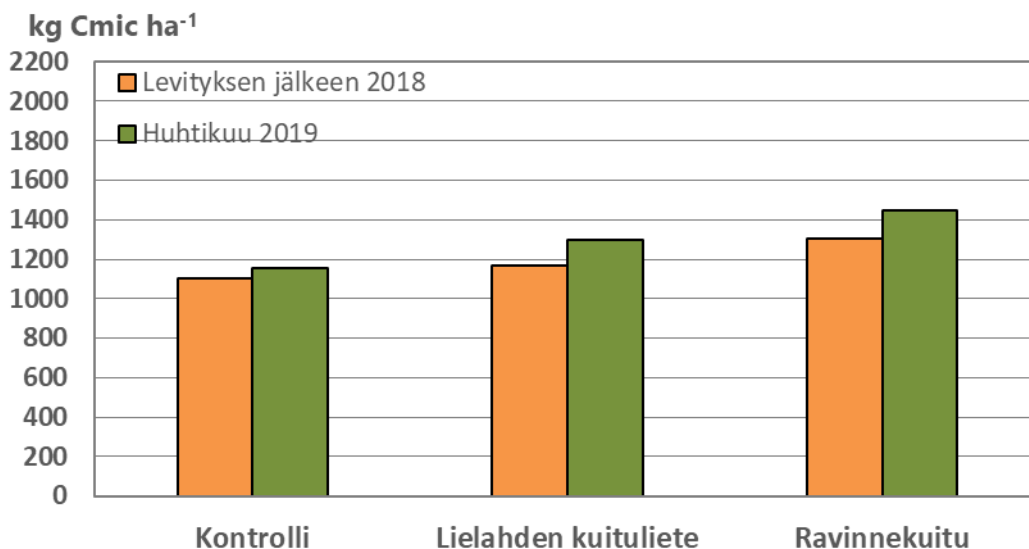
Alus- ja kerääjäkasvien käyttö ei vaikuttanut huhtikuussa 2019 muokkauskerroksessa vallinneisiin liukoisen typen komponenttien pitoisuuksiin. Sen sijaan aluskasvin käyttö näkyi suurempana pohjamaan liukoisen

orgaanisen typen ja ammoniumtypen pitoisuutena. Sekä kerääjä- että aluskasvin käyttö näkyi pienempänä nitraattitypen pitoisuutena. Vaikutus oli samansuuruinen kuin noin 4 t org. C ha⁻¹ vastaavan orgaanisen hiilen annoksen kuituja. Alus- ja kerääjäkasveilla ei ollut käytännössä vaikutusta helmikuun ja huhtikuun 2020 liukoisen typen komponenttien pitoisuuksiin sen paremmin muokkauskerroksessa kuin pohjamaassakaan. Pohjamaan osalta kerääjä- ja aluskasvien käytöllä oli eroja vaikutuksissa pitoisuuksiin huhtikuun 2019 ja 2020 välillä. Tämä liittyi jotenkin huhtikuuhun 2019 mennessä alkaneeseen nitrifikaatioon, joka ei näkynyt vielä huhtikuussa 2020 näytteenottohetkellä, vaikka näytteenotto oli kumpanakin vuonna parin päivän tarkkuudella sama. Talvea 2019-2020 ei käytännössä ollut, mikä on todennäköisin syy eroon.

Kuiduilla saavutettavissa edut saavutettiin noin 4 t org. C/ha annoksella. Suuremmilla annoksilla satotappiot ovat potentiaalisesti suuret. Lisäksi ravinnekuitua käytettäessä sen mukana suurilla levitysmäärillä tulevan liukoisen typen suuren määrän kohtalo on jossain määrin epäselvä. Siitä saattaa syntyä denitrifikaation kautta typpioksiduulipäästöjä, joita ei tässä hankkeessa kuitenkaan mitattu. Lisäksi ravinnekuituja käytettäessä haitallisten metallien kuormitus nousee tällä annoksella viidessä vuodessa sallituksi, joten levitysmäärä ei voi laillisesti olla tätä suurempi. Tämä annos on riittävä myös, kun seuraava kasvukausi on kuiva. Tällä annoksella saavutetaan oleellisin osa nitraattipitoisuuden laskusta, jolloin saavutetaan myös oleellisin osa nitraatin huuhtoutumisen vähenemisestä. Oikea annos on kutakuinkin tässä. Lielahden kuitulietteen ja Humuspehtoorin kuitulietteen vaikutukset maan liukoisen typen pitoisuuteen olivat lähes yhtenevät. Neitseellistä ja järveen pohjaan sedimentoitunutta kuitulietettä voidaan pitää lähes samanarvoisena. Maan liukoisen typen pitoisuuksia koskeva tulosten tulkinta tukevat vahvasti satotuloksien tulkintaa.

Kenttäkokeiden tuloksia syksyn kuitulevitysten vaikutuksesta peltomaan mikrobibiomassaan

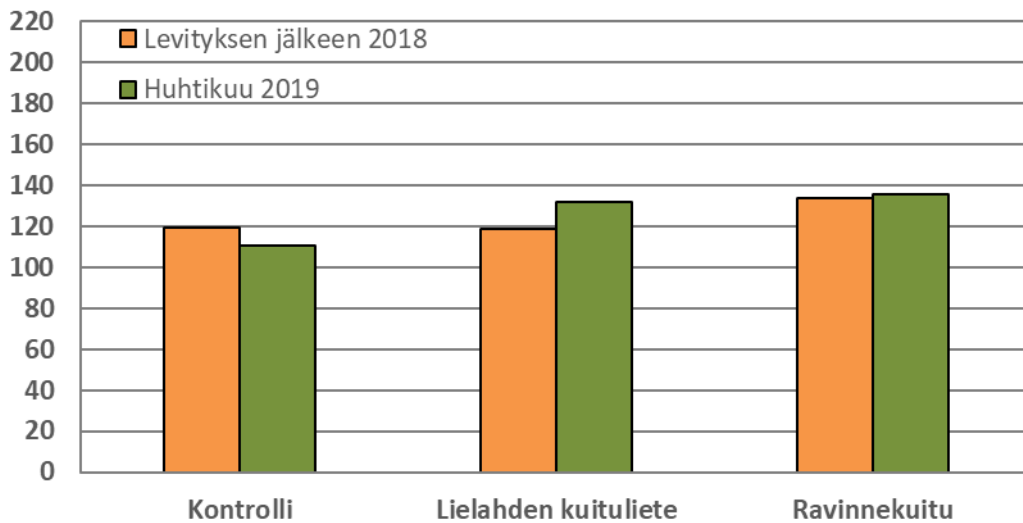
Kuidut lisäsivät mikrobiston kokonaismäärää entisestään peltomaassa. Keskiarvona tarkasteltuna mikrobisto reagoi ravinnekuitu-lisäykseen nopeammin kuin kuitulietteen ja myös mikrobibiomassan kokonaismäärän (C_{mic}, N_{mic}) kasvu oli ravinnekuitukäsittelyssä suurempaa kevääseen mennessä. Kenttäkokeen, johon kuidut levitettiin syksyllä 2018, mikrobibiomassatulokset on esitetty kuvissa 97 ja 98. Kenttäkokeen, johon kuidut levitettiin, syksyllä 2019 mikrobibiomassa tulokset on esitetty kuvissa 99 ja 100.



Kuva 97. Mikrobibiomassa-hiilen kokonaismäärä maassa (0-20 cm) [kg C_{mic} ha⁻¹] n. 1 kk kuitujen levityksen jälkeen (22.11.2018) ja seuraavana keväänä ennen kylvöä (25.4.2019). Lielahden kuituliete 86,2 (org. C 9,1) t ha⁻¹; C/N 73 ja Soilfoodin ravinnekuitu 57,8 (org. C 6,8) t ha⁻¹; C/N 40.

Keskiarvotulosten perusteella laskettuna syksyn 2018 ravinnekuitulisäys sitoi noin 15 kg N ha⁻¹ enemmän mikrobibiomassaan jo 1 kk kuitulisäyksen jälkeen seuraavan kasvukauden alkuun saakka kuin mikrobisto ruuduissa ilman kuitukäsittelyä. Samansuuruinen kasvu mikrobibiomassatypessä näkyi kuitulietekäsittelyssä vasta keuhällä. Kokonaisuudessaan kuitulisäysten mukana peltomaahan tuli yli 120 kg N ha⁻¹, mutta vain vähän tyypeä liukoisessa muodossa (Lielahden kuituliete 1,2 kg liuk. N ha⁻¹, ravinnekuitu 12,4 kg liuk. N ha⁻¹).

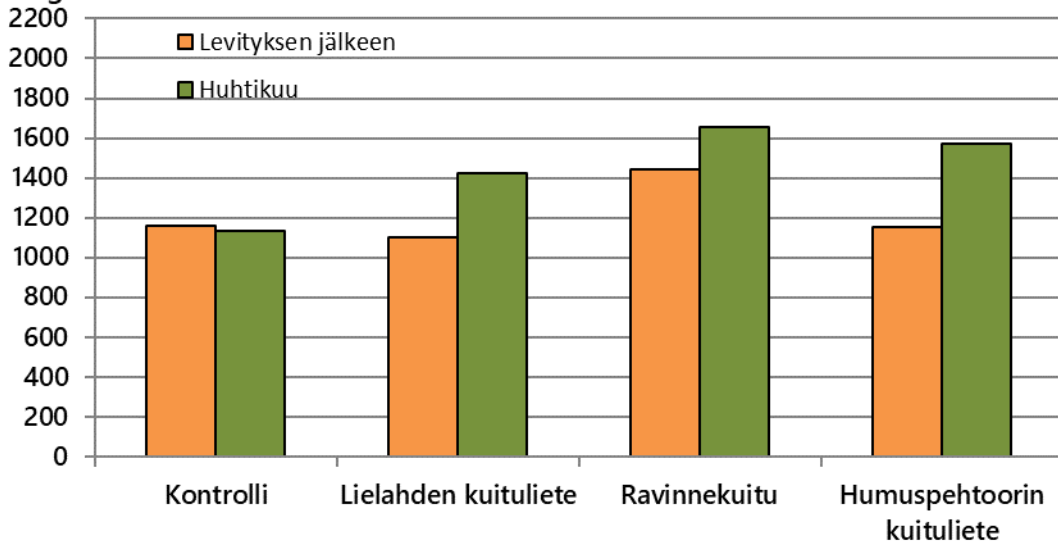
kg N_{mic} ha⁻¹



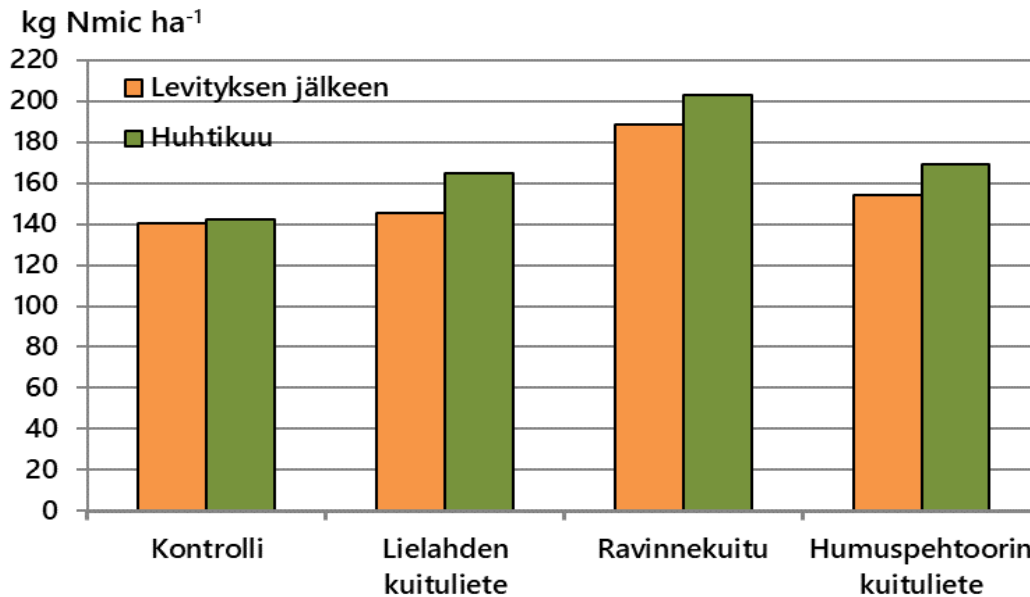
Kuva 98. Mikrobibiomassa-typen kokonaismäärä maassa (0-20 cm) [kg N_{mic} ha⁻¹] n. 1 kk kuitujen levityksen jälkeen (22.11.2018) ja seuraavana keväänä ennen kylvöä (25.4.2019). Lielahden kuituliete 86,2 (org. C 9,1) t ha⁻¹; C/N 73 ja Soilfoodin ravinnekuitu 57,8 (org. C 6,8) t ha⁻¹; C/N 40.

Kuitulisäysten vaikutukset peltomaan mikrobistoon kenttäkokeessa, johon kuidut levitettiin syksyllä 2019, olivat hyvin samansuuntaiset kuin vuotta aikaisemmin (kuvat 97, 98). Molemmat kuitulietteet (Lielähti, Humuspehtoori) toimivat hyvin samalla tavalla siten, että vielä ensimmäisen näytteenoton aikaan ei mikrobibiomassassa näkynyt eroja, mutta huhtikuun 2020 näytteenotossa mikrobibiomassat olivat kasvaneet. Mikrobisto reagoi ravinnekuitulisäykseen nopeammin kuin kuitulietteeeseen. Ravinnekuitukäsittelyssä mikrobisto sitoi typpeä jopa 60 kg N ha⁻¹ enemmän kuin kontrolli. Se on huomattavasti enemmän kuin edellisenä vuonna, mikä voi johtua ravinnekuituerien suuresta laatueroista.

kg C_{mic} ha⁻¹



Kuva 99. Mikrobibiomassa-hiilen kokonaismäärä maassa (0-20 cm) [kg C ha⁻¹] talvella kuitujen levityksen jälkeen ja seuraavana keväänä huhtikuussa ennen kylvöä (laskennassa käytetty tilavuuspainon arvona 1,1 g cm⁻³). Lisäsmäärät syksyllä 2019: Lielahden kuituliete 63,1 (org. C 6,6) t ha⁻¹; C/N 80, Soilfoodin ravinnekuitu 67,0 t ha⁻¹ (org. C 9,1) t ha⁻¹; C/N 17 ja Humuspehtoorin kuituliete 74,8 t ha⁻¹ (org. C 8,6) t ha⁻¹; C/N 153.



Kuva 100. Mikrobibiomassa-typen kokonaismäärä maassa (0-20 cm) [kg N_{mic} ha⁻¹] talvella kuitujen levityksen jälkeen ja seuraavana keväänä huhtikuussa ennen kylvä (laskennassa käytetty tilavuuspainon arvona 1,1 g cm⁻³). Lisäysmäärät syksyllä 2019: Lielahden kuituliete 63,1 (org. C 6,6) t ha⁻¹; C/N 80, Soilfoodin ravinnekuitu 67,0 t ha⁻¹ (org. C 9,1) t ha⁻¹; C/N 17 ja Humuspehtoori kuituliete 74,8 t ha⁻¹ (org. C 8,6) t ha⁻¹; C/N 153.

Mikrobibiomassan C/N-suhteen perusteella on arvioitu mikrobiston sieni/bakteeri -biomassasuhdetta. Tyypillisesti peltomaat ovat bakteerivaltaisia (C_{mic}:N_{mic} < 10; Paul & Clark 1996). Syksyn 2018 kenttäkokeessa runsaasti eloperäistä ainesta ja hiiltä sisältävät kuidut eivät selkeästi muuttaneet peltomaan mikrobistoa sienivaltaisempaan suuntaan seuraavaan kevääseen mennessä (taulukko 13). Vuoden 2019 kenttäkokeessa mikrobibiomassa-typen arvot olivat jonkin verran edellisvuotta korkeammat kontrollissa, ja siten mikrobibiomassan C_{mic}/N_{mic}-suhde oli tasoltaan hieman matalampi kuin vuoden 2018 kokeessa. Syynä voi olla eri koealue, syksyllä 2019 annettu korkeampi mineraalityypilannoitus ja/tai pidempi aikaväli levityksen ja näytteenoton välillä (n. 3 kk). Kevään 2020 tulosten perusteella vähätyyppiset kuitulietteet nostivat C_{mic}/N_{mic}-suhdetta, mikä voisi viitata peltomaan mikrobiston muutokseen sienivaltaisempaan suuntaan seuraavaan kevääseen mennessä (taulukko 14).

Taulukko 13. Mikrobibiomassan C/N-suhde ($\bar{x} \pm sd$) maassa n. 1 kk kuitulevitysten jälkeen (22.11.2018) ja seuraavana keväänä ennen kylvötoita (25.4.2019). Mikrobibiomassan C/N-suhde: sienet >10 > bakteerit.

Näytteenotto	Ei lisäystä, C _{mic} /N _{mic}	Lielahden kuituliete 86,2 t ha ⁻¹ , C _{mic} /N _{mic}	Soilfood ravinnekuitu 57,8 t ha ⁻¹ , C _{mic} /N _{mic}
22.11.2018	9,30 ± 0,85	9,85 ± 0,64	9,75 ± 0,19
25.4.2019	10,36 ± 1,15	9,88 ± 0,46	10,56 ± 0,69

Taulukko 14. Mikrobibiomassan C/N -suhde ($\bar{x} \pm sd$) maassa talvella syksyn 2019 kuitulevitysten jälkeen ja seuraavana keväänä ennen kylvötoita. Mikrobibiomassan C/N-suhde: sienet >10 > bakteerit.

Näytteenotto	Ei lisäystä, C_{mic}/N_{mic}	Lielahden kuitu- liete $63,1 \text{ t ha}^{-1}$ C_{mic}/N_{mic}	Ravinnekuitu $67,0 \text{ t ha}^{-1}$ C_{mic}/N_{mic}	Humuspehtoorin kuituliete $74,8 \text{ t ha}^{-1}$ C_{mic}/N_{mic}
Levityksen jälkeen	$8,37 \pm 1,55$	$7,62 \pm 1,09$	$7,64 \pm 0,23$	$7,53 \pm 0,49$
Huhtikuu 2020	$8,06 \pm 0,90$	$8,62 \pm 0,19$	$8,14 \pm 0,36$	$9,26 \pm 0,84$

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset peltomaan mikrobibiomassaa koskevista tuloksista

Kuitujen lisäys pidättää (immobilisoi) tyypeä peltomaan mikrobibiomassaan syyslevityksen jälkeen ennen seuraavaa kasvukautta. Kun verrataan mikrobiston hetkellistä C ja N -määrää, se on pieni verrattuna lisäysmääriin. Mikrobisto on aktiivinen osa maan orgaanista ainesta ja ravinteiden dynaaminen varasto. Ns. mikrobihiilipumpun (microbial carbon pump; Liang ym. 2017) avulla liukoisessa muodossa olevaa hiiltä ja tyypeä sidotaan mikrobiston metabolian kautta, mistä iso osa päättyy kestromuodossa osaksi maan kuollutta orgaanista aineista. On myös mahdollista, että merkittävä osa lisättyä kuitumateriaalia on laadultaan hyvin vaikeasti hajotettavaa.

Rasa ym. (2020) eivät nähneet kolme vuotta kuitulevitysten jälkeen keväällä eroja mikrobibiomassa-hiilen tai -typen määrissä käsittelyjen välillä, syksyllä kuitenkin maanparannusaineilla käsitellyissä koeruuduissa C_{mic} ja N_{mic} olivat suuremmat kuin kontrollissa. Heidän tutkimuksessaan tosin mikrobibiomassan määrät olivat minimaalisia kaikissa käsittelyissä (mikrobibiomassa-hiili $0,16\text{--}0,25$ ja -typpi $0,027\text{--}0,046 \text{ mg kg}^{-1}$; mahdollinen virhe analytiikassa tai kertaluokkavirhe tulosten kirjaamisessa?). Tyypillisesti mikrobibiomassa-hiilen osuus maan kokonaishiilestä on $1\text{--}2\%$; mikrobibiomassa-hiilen arvot suomalaisessa peltomaassa ovat noin $400 \text{ mg kg}^{-1} C_{mic}$ ja $50 \text{ mg kg}^{-1} N_{mic}$ (Palojärvi ym. 2002; Palojärvi ym. 2020).

Tässä tutkimuksessa havaittiin sekä lyhytkestoissa peltokokeissa että lähes vuoden kestäneessä maamoonliittikokeessa mikrobibiomassan hiili/typpi -suhteen nousua, mikä voisi viitata sieni/bakteeri -suhteen muutokseen sienivaltaisempaan suuntaan kuitukäsittelyissä. Rasa ym (2020) raportoivat, että kalkkistabiloitu ravinnekuitu -käsittely aiheutti selvimmät muutokset bakteeri- ja sieniyhteisössä kontrolliin verrattuna. Ravinnekuitu-käsittely myös nosti pH:ta ja mikrobibiomassan määrää. Heinonsalo ym. (2019) raportoi, että ravinnekuitu- ja nollakuitukäsittelyt vaikuttaisivat muokkaavan maan sieni- ja bakteeriyhteisöjä eri tavoin kuin kontrollikäsittelyt suosimalla enemmän lahottajasieniä ja joissain tapauksissa vähentävän kasvitaudinaiheuttajien määriä ja lisäävän sienijuurisienten määriä loppukesällä.

Clocchiatti ym. (2020) testasivat erilaisten orgaanisten maanparannusaineiden vaikutusta maaperän sienten lisäämiseen. Lehtipuulajien sahanpuru ja nollakuitu johtivat sienien biomassan korkeaan ja kestäväan kasvuun, päinvastoin kuin aluskasvien ja muiden ei-puupohjaisten kasvimateriaalien aiheuttamat ohimenevät vaikutukset. Peltomaissa on monipuolinen sienilajisto, jota voidaan stimuloida orgaanisten aineiden lisäyksillä. Käsittelyt, joiden tavoitteena on eloperäisen aineksen määrän kasvattaminen, lisäävät usein samanaikaisesti maaperän sienibiomassaa, mutta voi kestää vuosia, ennen kuin vaikutukset näkyvät. Kuitenkin nopea sienien biomassan stimulointi kasvukauden alkaessa voisi välittömästi hyödyttää kasvinviljelyä parantamalla ravinteiden saatavuutta, maaperän rakennetta ja maalevintäisten tautien torjumista. Puupohjaisten sivutuotteiden lisäysten kanssa tarvitaan ylimääräistä tyypeä, sillä korkean C/N-suhteen materiaalit sitovat tyypeä. Clocchiatti ym. (2020) osoittivat, että lisätty lannoitetyppi ei estänyt, vaan pikemminkin paransi sienien biomassan stimulaatio tuoreilla, korkean C:N-suhteen materiaaleilla.

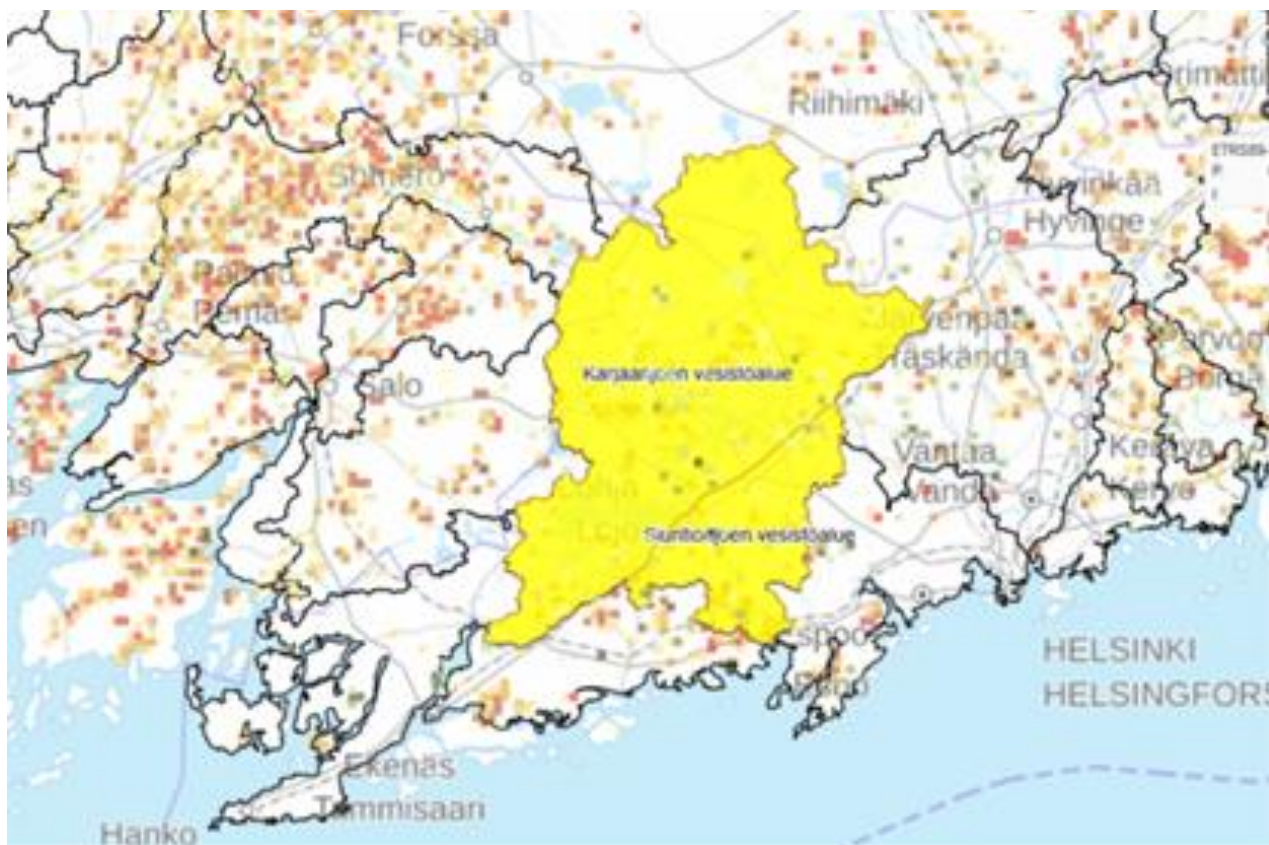
Teoriassa lisääntynyt mikrobibiomassan määrä ja mahdolliset muutokset mikrobien yhteisörakenteessa lisääntyneen orgaanisen aineksen vuoksi voisivat vaikuttaa pitkällä aikavälillä hiilivaraston kertymiseen. Rasa ym. (2020) kuitenkin raportoi, että nelivuotisen kokeen lopussa maaperässä otettiin talteen vain pieni osa kuitutuotteina lisätystä hiilestä. Kun lisäyksen määrä oli lähes 8 Mg C , osoitti tulos, että lisätyn hiilen häviöt olivat

kaksi suuruusluokkaa suurempia kuin keskimääräinen 0,4% orgaanisen aineksen lasku Suomen maaperässä. Hiilen varastoitumisesta peltomaahan kuitukäsittelyjen vaikutuksesta tarvittaisiinkin pitkäaikaista seuranta.

4.4. Selvitys metsäteollisuuden lietteiden vastaanottoon sopivista peltoaloista

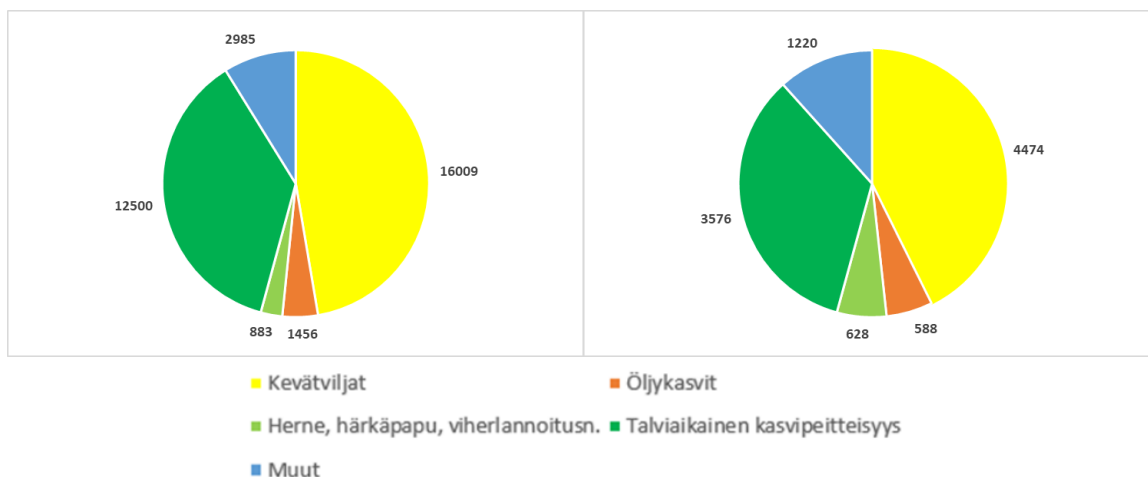
Tässä hankkeessa kuitulietteen ja ravinnekuidun käytöllä pyrittiin ensisijaisesti vähentämään typen huuhtoutumista pelloilta vesistöihin. Siksi potentiaalisten käyttökohteiden tarkastelu kohdistettiin sellaisiin peltoihin, joiden viljelykasvin viljelyssä riski typen huuhtoutumiseen on olemassa huuhtoutumiselle otollisissa olosuhteissa. Toisaalta tarkasteltiin viljelyalojen sijoittumista vesistöihin nähden.

Biomassa-atlaksen avulla viljelyä voidaan tarkastella jokien valuma-alueittain. Kuvassa 101 esitetään Siuntionjoen ja Karjaanjoen valuma-alueet. Kirkniemen tehdas sijaitsee lähellä Karjaanjoen ja Siuntionjoen valuma-alueiden rajaa, ja kuitulietteiden käytöllä olisi vaikutuksia molempien jokien valuma-alueilla.



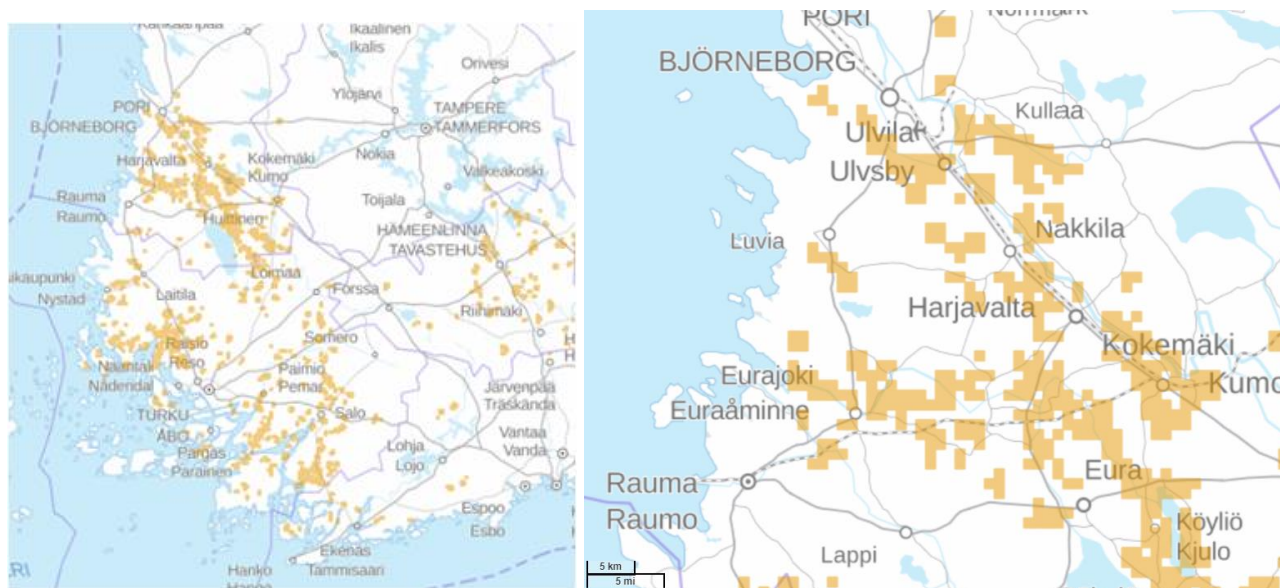
Kuva 101. Lohjanharju jakaa Kirkniemen tehtaan läheisyydessä olevat peltoalueet Karjaanjoen ja Siuntionjoen valuma-alueisiin. Täplät ovat herneen (kellertävä), härkäpavun (punaruskea) ja viherlannoitusnurmen (vihreä) viljelyalueita. Värin voimakkuus viittaa viljelyalan suuruuteen kyseisessä hilaruudussa. Mitä voimakkaampi väri sitä enemmän ao. kasvin viljelyä.

Karjaanjoen valuma-alueella viljeltiin 33 833 hehtaaria ja Siuntionjoen valuma-alueella viljeltiin 10 487 hehtaaria vuonna 2018. Molemmilla valuma-alueilla noin puolet on kevätiljoilla ja öljykasveilla (kuva 102).



Kuva 102. Peltoalan (ha) jakaantuminen eri viljelykasveille a) Karjaanjoen ja b) Siuntionjoen valuma-alueilla. Talviaikainen kasvipeitteisyys sisältää tässä tarkastelussa erilaiset nurmikasvustot, syysviljat, kuminan sekä viherkesannot ja luonnonhoitopellot. Viljelyalat vuodelta 2018 Biomassa-atlaksen tietojen avulla laskettuna.

Sokerijuurikasta viljellään pääosin Saaristomeren valuma-alueella. Mahdollisesti kuitulietteiden levittäminen voisi sopia sokerijuurikaspelloille, ja aiheesta on tutkimuksia käynnissä (henkilökohtainen tiedonanto S. Muurinen, 2020). Kuvan 103a alueella sokerijuurikasta viljellään noin 9500 hehtaarin alalla, ja Eura – Porin alueella noin 2900 hehtaarilla (kuva 103). Sokerijuurikkaan myöhäinen korjuuaika syksyllä kylläkin vaikeuttaa kuitujen levitystä ja muokkausta maahan.

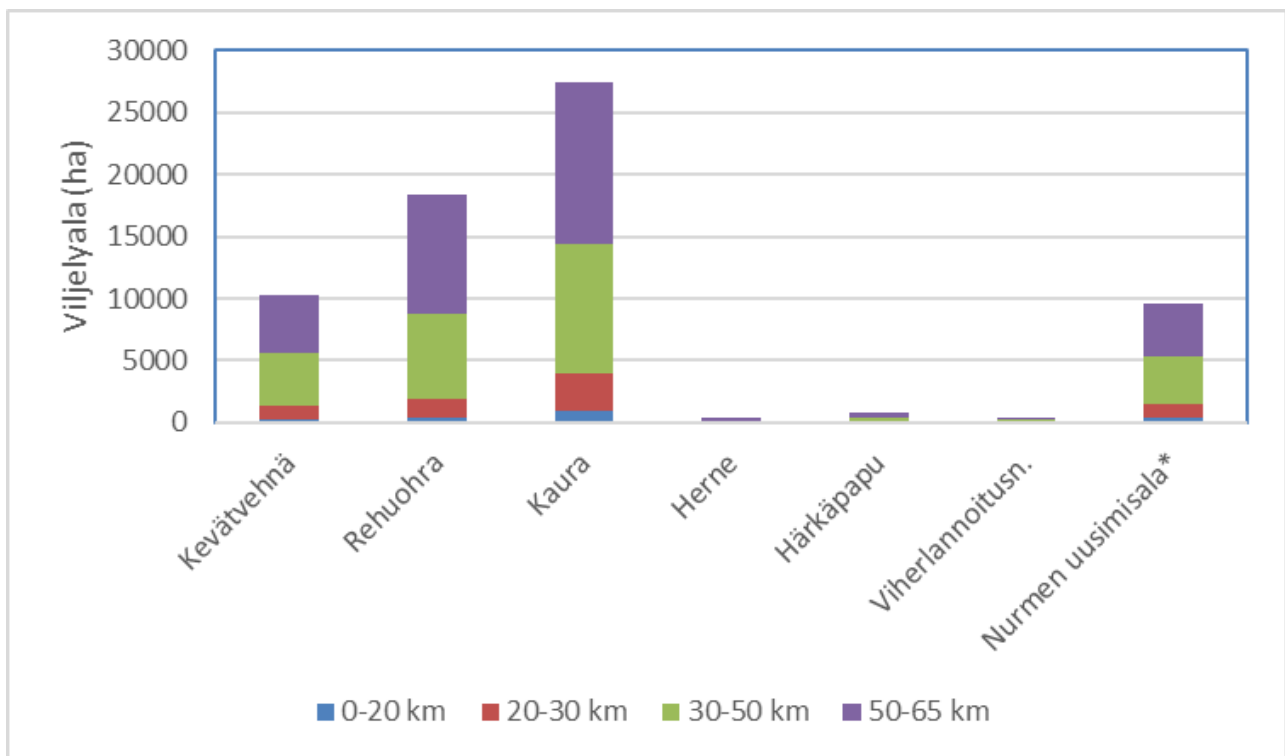


Kuva 103. Sokerijuurikaspeltojen sijainti a) Etelä-Suomessa ja b) tarkemmin Rauman seudulla. Ruskeaksi väritetyillä ruuduilla (km x km) viljellään sokerijuurikasta. Vasemman kuvan a alueella sokerijuurikasta viljellään yhteensä 9500 hehtaarilla ja kuvan b alueella noin 2900 hehtaarilla. Tässä hankkeessa tarkasteltiin, kuinka peltoalaa kuitulietteiden peltokäyttöön olisi Tampereen Lielahden esiintymän ja Lohjalla SAPPin Kirkniemen tehtaan kuitulietteiden osalta. Tampereen kaupunkialueen ja Näsijärven vuoksi maatalousmaata on vain vähän aivan Lielahden välittömässä läheisyydessä (kuva 104).



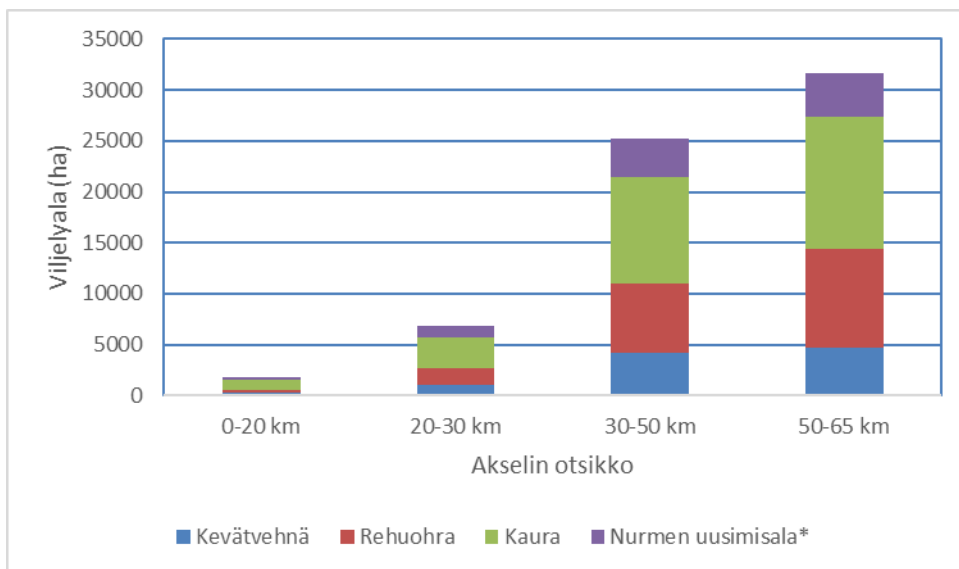
Kuva 104. Kuvakaappaus Biomassa-atlaksesta missä peltoja on Lielahteen nähden. Pellot on merkattu keltaisella karttaan. Lielahdesta lähtevä viiva osoittaa Mahnalan alueelle, missä peltoja on vesistön äärellä varsin paljon. Mahnalaan on Lielahdesta 20 km linnuntietä.

Lielahden läheisyydessä viljellään eniten kauraa, rehuohraa ja kevätvehnää (kuvat 105 ja 106). Kahdenkymmenen – kolmenkymmenen kilometrin etäisyydellä Lielahdesta näiden alkavat viljelyalat suurenemaan (kuva 105). Myös säilörehunurmia on varsin paljon. Säilörehunurmilla ja laitumilla kuitujen käyttö on ajateltu niiden uudistamisvaiheeseen eli nurmen päättämiseen, ja siksi kuvissa esitetään niiden vuosittainen uudisala, joksi on laskettu yksi kolmasosa säilörehunurmen ja laitumen viljelysalasta (kuva 105).



Kuva 105. Eri viljelykasvien viljelyalakertymiä eri etäisyyksillä Lielahdesta. Pylvään korkeus kertoo ao. viljelykasvin viljelyalan enintään 65 km:n maantie-etäisyydellä Lielahdesta. *Säilörehunurmesta ja laitumesta esitetään nurmen uusimisala, joksi on laskettu 1/3-viljelyalasta. Lähde: Biomassa-atlas vuoden 2018 viljelyalatie-doilla.

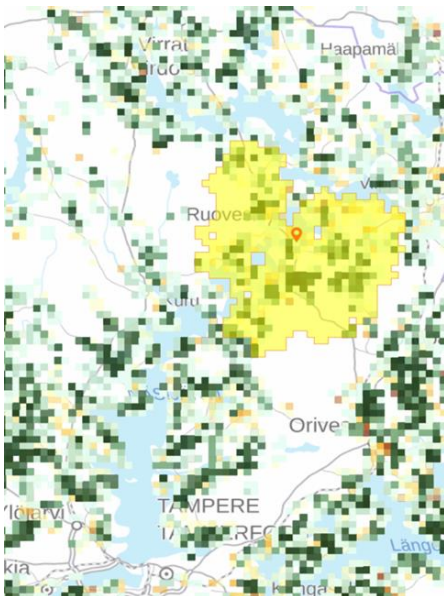
Alle kahdenkymmenen kilometrin etäisyydellä Lielahdesta kevätilja-alaa ja nurmien uudistamisalaa on vähän, mutta määrä kasvaa voimakkaasti etäisyyksillä 30 - 50 km ja 50 - 65 km (kuva 105).



Kuva 106. Kevätvehnän, rehuohran, kauran ja nurmen uusimisalan yhteismäärä (ha) eri etäisyyksillä Lielahdesta v. 2018. *Nurmen uusimisalaksi on laskettu 1/3-osa säilörehunurmen ja laitumen viljelyalasta. Lähde: Biomassa-atlas vuoden 2018 viljelyalatiedoilla.

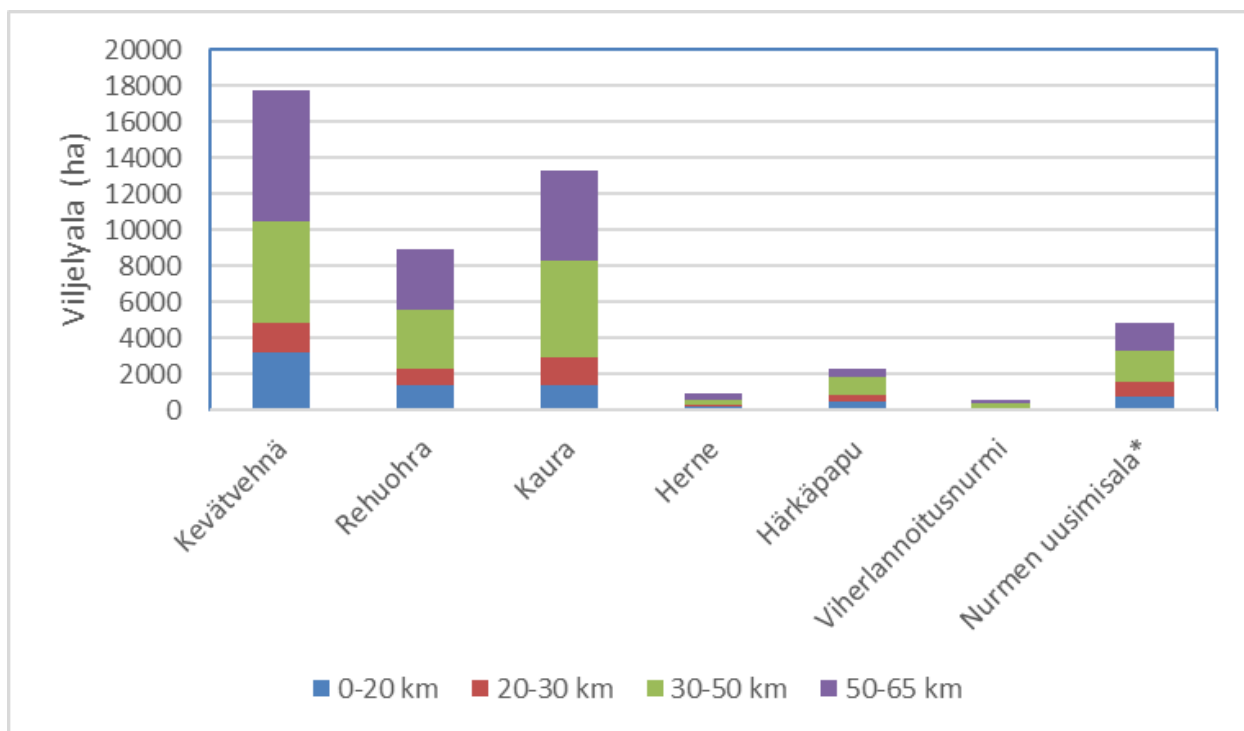
Herneen, härkäpavun ja viherlannoitusnurmen on Lielahden läheisyydessä vähän (kuva 105). Enintään viidenkymmenen kilometrin etäisyydellä Lielahdesta näiden kasvien viljelyala oli vuonna 2018 yhteensä 786 hehtaaria.

Maantiekuljetusten ohella myös proomukuljetus vesiteitse lähelle kuitulietteen käyttöpaikkaa voisi sopia Lielahden kuitulietteen kuljetustavaksi. Näsijärven läheisyydessä olevat pellot käyvät esille kuvasta 107. Kuvassa 107 on keltaisella merkitty enintään 20 km etäisyydellä kuvan punaisesta pisteestä sijaitsevat pellot. Keltaisella alalla on 1626 hehtaaria kevätiljoja, 99 hehtaaria palkoviljoja ja viherlannoitusnurmea, ja 380 hehtaaria nurmien uudisalaa.

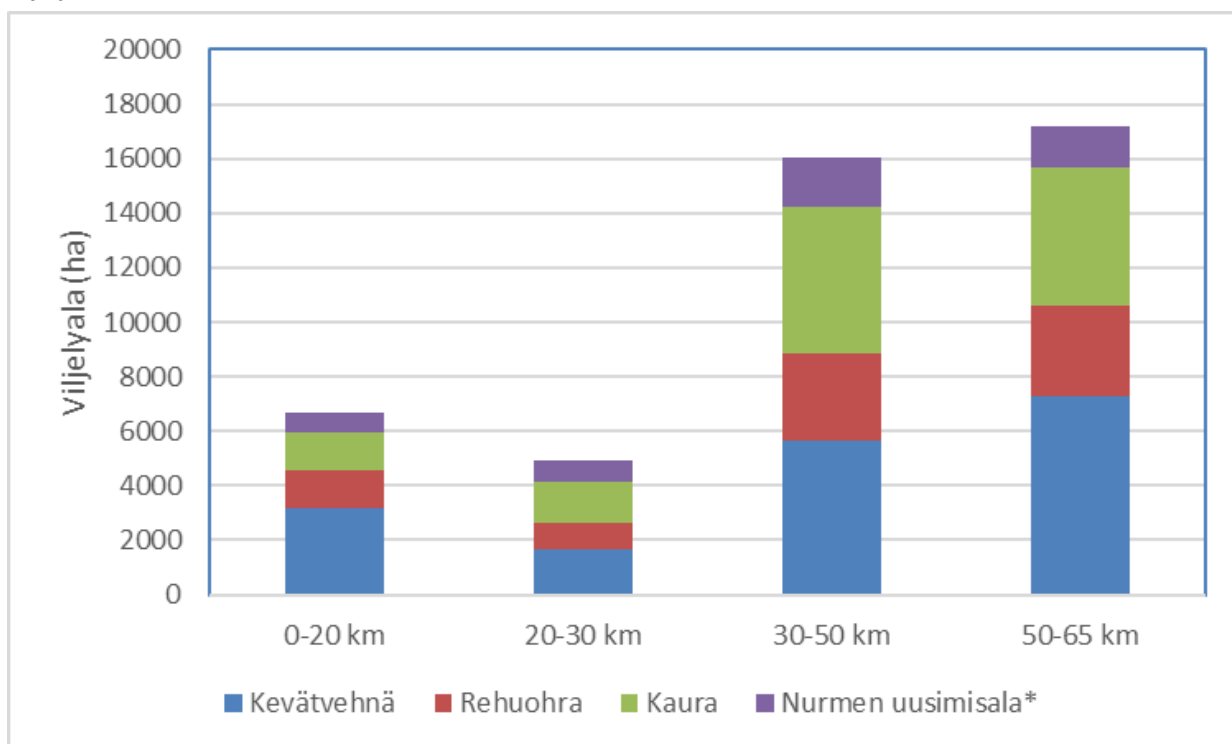


Kuva 107. Peltöjen sijainti Näsijärven läheisyydessä kuitulietteen proomukuljetusta ajatellen. Mitä tummempi ruudun väri on, sitä enemmän ruudun alalla on peltoviljelyä. Keltaisella on merkitty 20 kilometrin etäisyys punaisesta merkitystä pisteestä.

Lohjalla on jo alle kahdenkymmenen kilometrin etäisyydellä Kirkniemen tehtaasta varsin runsaasti kevätiljoja, kauraa ja rehuohraa (kuvat 108 ja 109). Myös härkäpapua ja hernettä on Kirkniemen tehtaalla läheisyydessä runsaasti (kuva 90).

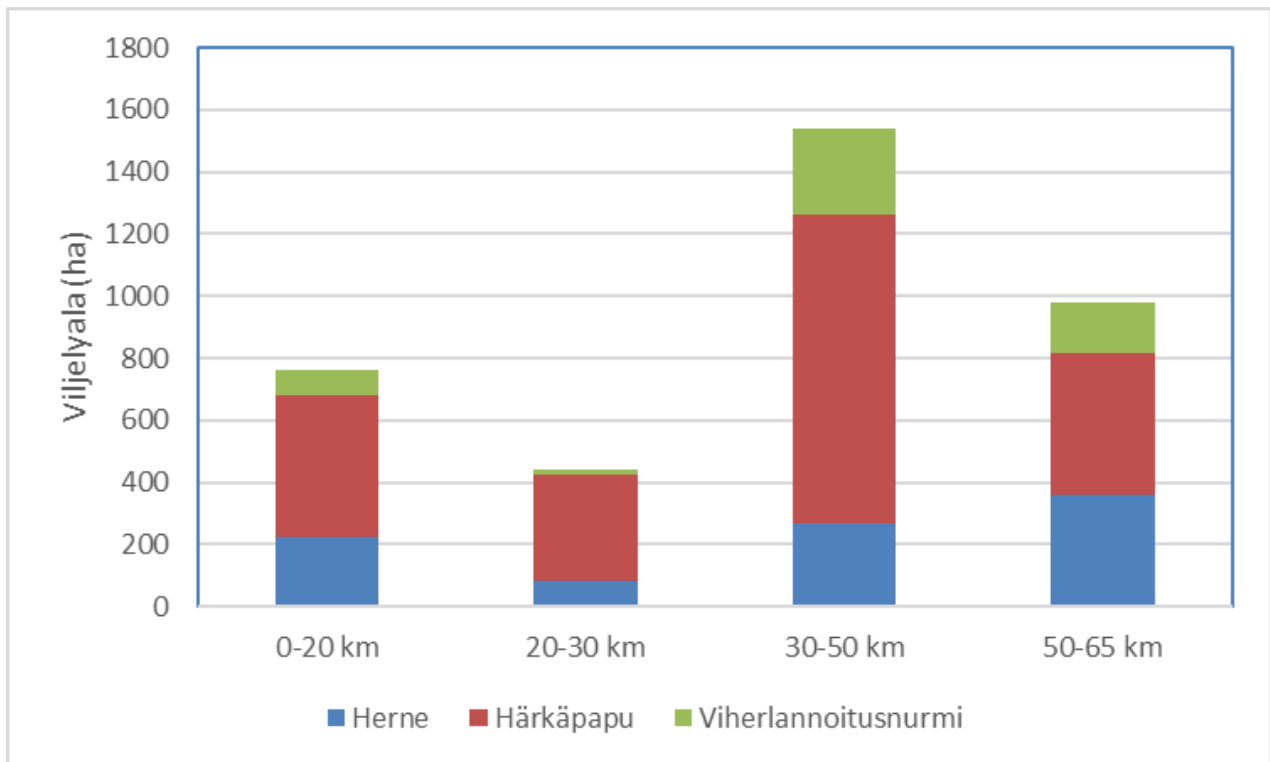


Kuva 108. Eri viljelykasvien viljelyalakertymiä eri etäisyyksillä Lohjan Kirkniemestä. Pylvään korkeus kertoo ao. viljelykasvin viljelyalan enintään 65 km:n maantie-etäisyydellä Kirkniemestä. *Säilörehunurmesta ja laitumesta esitetään nurmen uusimisala, joksi on laskettu 1/3-viljelyalasta. Lähde: Biomassa-atlas vuoden 2018 viljelyalatiedoilla.



Kuva 109. Kevätvehnän, rehuohran, kauran ja nurmen uusimisalan yhteismäärä (ha) eri etäisyyksillä Kirkniemestä v. 2018. *Nurmen uusimisalaksi on laskettu 1/3-osa säilörehunurmen ja laitumen viljelyalasta. Lähde: Biomassa-atlas vuoden 2018 viljelyalatiedoilla.

Kirkniemen tehtaan läheisyydessä viljellään myös huomattavan paljon hernettä, härkäpapua ja viherlannoitusnurmia (kuva 110). Niiden yhteinen viljelyala enintään 50 kilometrin etäisyydellä Kirkniemestä oli 2740 ha vuonna 2018.



Kuva 110. Herneen, härkäpavun ja viherlannoitusnurmen viljelyalat eri maantie-etäisyyksillä Kirkniemestä. Lähde: Biomassa-atlas vuoden 2018 viljelyalätiedoilla.

Tarkastelu levitykseen sopivan peltoalan määrästä kuitulietteiden määrään nähden

Kuitulietteen ja ravinnekuitujen levitysmahdollisuuksia pelloille arvioitiin suhteessa Kirkniemen tehtaalla vuosittain syntyvään kuitulietemäärään (taulukko 15). Kirkniemen vuosittaiseksi kuitujen määräksi arvioitiin laitoksen vuosikertomustietojen pohjalta noin 20 000 tonnia vuodessa. Jos kevätvehnän, rehuohran ja kauran alalle (5851 ha) levitetäisiin ravinnekuitua 25 t ha^{-1} joka viides vuosi olisi vuosittainen laskennallinen käyttöpotentiaali 29 255 tonnia. Lisäksi olisi mahdollisuus kuitujen käyttöön 762 hehtaarilla palkoviljoja ja viherlannoitusnurmia sekä 757 hehtaarilla uusittavia rehunurmia ja laitumia. Jos niille käytetään kuitulietettä 40 ton ha^{-1} joka kolmas vuosi, olisi vuosittainen käyttö 20 253 tonnia. Potentiaalinen käyttö jo lähellä Kirkniemen tehdasta on suuri suhteessa vuosittain syntyvään lietemäärään. Kuitulietteiden käyttäminen maataloudessa kuljetusmatkojen osalta onnistuisi paremmin Kirkniemen tehtaalta kuin Lielahdesta. Lielahden lähellä (0 – 20 km) levitysalaa on vähän, mutta 0 – 50 kilometrin etäisyydellä jo enemmän kuin Kirkniemessä (taulukko 15). Lielahdessa kuitulietteen määrä on suuri. Laskennallisesti viidenkymmenen kilometrin etäisyydelle pystyttäisiin potentiaalisesti sijoittamaan ravinnekuitua 143 475 tonnia jos kaura, rehuohra ja kevätvehnä pelloille sijoitetaan 25 ton ha^{-1} joka viides vuosi. Lisäksi on käytettävissä nurmien uudistamisalaa ja palkoviljoja ja viherlannoitusnurmia runsaat 6000 hehtaaria. Annoksella 40 tonnia kuitulietettä hehtaarille joka kolmas vuosi, olisi potentiaalinen käyttö 81 213 tonnia vuodessa. Lielahdessakin on kuitulietteen käytölle maataloudessa huomattava potentiaali Lielahdenkin kuitulietemäärään suhteutettuna, jos viljelijöille kuitulietteen käyttö on kannattavaa. Lielahdessa on kysymys kertyneestä kuitulietevävarastosta eikä vuosittain uusiutuvasta lähteestä. Sen vuoksi voitaisiin vuosittain sijoittaa kuituja suurempiakin määriä kuin edellisessä laskelmassa, kunhan samalle lohkolle levitystä ei tule viittä tai kolmea vuotta tiheämmin, jotta kadmiumin kertymä ei lohkolla ylitä raja-arvoja.

Taulukko 15. Eri kuitujen maatalouskäyttöön soveltuvat viljelyalat 20 kilometrin maantie-etäisyydellä Lielahdesta ja Kirkniemestä. Lähde: Biomassa-atlas vuoden 2018 viljelyalatieoilla.

Viljelyalat (ha)	Lielahi		Kirkniemi	
Etäisyys	0 – 20 km	0 – 50 km	0 - 20 km	0 – 50 km
Kevätviljat*	1528	28695	5851	24294
Palkoviljat, viherlannoitusnurmi	20	786	762	2740
Nurmien uudisalat**	337	5305	757	3318

*Kevätvehnä, rehuohra ja kaura, **1/3 säilörehunurmien ja laidunten viljelyalasta

Kuitulietteiden käyttäminen maataloudessa kuljetusmatkojen osalta onnistuisi paremmin Kirkniemen tehtaalta kuin Lielahdesta.

Täydentävänä tarkasteluna tutkittiin, kuinka paljon levitysalaa olisi hyvin viljavaltaisella alueella, jonne liete voitaisiin kuljettaa tuotteistettavaksi lähialueen peltokäyttöön sopivaksi. Esimerkkikohteeksi valittiin Loimaan alue. Enintään kahdenkymmen kilometrin etäisyydellä Loimaan keskustasta on 28 258 ha kevätiljoja, palkoviljoja ja viherlannoitusnurmia 1973 ha, ja nurmien uusimisalaa 832 ha (Biomassa-atlaksen perusteella vuoden 2018 viljelytiedoilla). Jos ravinnekuitua levitetäisiin vuosittain 25 tonnia hehtaarille joka viides vuosi, niin vuosittainen käyttö olisi 155 315 tonnia.

Biomassa-atlaksessa ei ole tietoja peltojen viljavuudesta. Lemolan ym. (2018) selvityksen mukaan vuosien 2005-2009 maanäytteiden viljavuusfosforin pitoisuuksien jakautuminen viljavuusluokkiin huono, huononlainen, välttävä ja tyydyttävä oli Varsinais-Suomessa 60 prosenttia, Uudellamaalla noin 75 prosenttia ja Pirkanmaalla noin 85 prosenttia. Viljoilla ja öljykasveilla fosforilannoituksen enimmäismäärä viljavuusluokan perusteella ympäristökorvauksen 2015-2020 vähimmäisvaatimustason mukaan välillä 34 kg P ha⁻¹ (huono) ja 10 kg P ha⁻¹ (tyydyttävä) viljavuusluokan mukaan (Maatalouskalenteri 2021). Tässä tarkastelussa ei ole otettu huomioon maan korkean viljavuusfosforin pitoisuuden rajoittavaa vaikutusta kuitujen levitysmahdollisuuteen. Kuitulietteiden ja ravinnekuidun käyttöön soveltuvaa peltoa on hyvin suhteessa vuosittain syntyvään kuitujen määrään jo varsin lähellä Kirkniemen tehdasta. Vuosittain kuitulietettä muodostuu vain pienen osuuden käsittelyyn soveltuvasta peltoalasta. Levitys tulisi kohdentaa ravinteiden huuhtoutumisriskin suhteen riskialteimpien lohkojen käsittelyyn. Sen sijaan Lielahdessa vuosien aikana kertyneen kuitulietteen määrä on suuri, ja sen läheisyydessä peltoalaa on vähän. Lisäksi Lielahden kuitulietteen elohopeapitoisuus rajoittaa sen käytön houkuttelevuutta. Tässä tarkastelussa käyttömääriä rajoittavana tekijänä on käytetty kadmiumin kertymää, ja ravinnekuidun käytöksi on rajattu 25 tonnia hehtaarille viidessä vuodessa, ja kuitulietteen käyttömääräksi 40 tonnia hehtaarille kolmessa vuodessa.

5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Hankkeessa edistytii merkittävästi kuitujen maanparannuskäytön ja sen vaikutuksen tuntemuksessa. Kenttäkokeet ja maamonoliittikokeet toteutettiin runsasmultaisella hiesusavella ja saatujen tulosten soveltaminen savimaiden ulkopuolelle ei ole mahdollista. Toisaalta savimaiden osuus kohdealueella on hallitseva, joten vaikuttavuus kohdealueella on tässä mielessä hyvä. Hankkeen tuloksena löydettiin suositus kuituannokselle, joka hyvä kompromissi nitraatin huuhtoutumisen vähentämisen ja satotappioiden väliltä. Tätä suositusta suuremmat kuituannokset, jotka purisivat paremmin nitraatin huuhtoutumiseen mutta alentaisivat seuraavan kasvu-kauden satoa, eivät ole edes mahdollisia nykyisin käytettävissä olevilla materiaaleilla niiden sisältämien haitallisten metallien pitoisuuden takia. Viljelijät eivät todennäköisesti suhtaudu positiivisesti haitallisten metallien tuloon pelloilleen. Haitallisten metallien päätyminen ravinnekuituihin voitaneen välttää muuttamalla sellutehtaiden jätevesienkäsittelyprosesseja. Haitallisten metallien kuormitus ei tällä hetkellä ole kuitujen osalta julkisessa keskustelussa siinä määrin, että se olisi estänyt kuitujen käytön lisääntymistä. Hankkeen tulosten perusteella ei ole nähtävissä kuitujen käytöstä mitään taloudellisia etua viljelijälle esimerkiksi parantuneen sadon muodossa. Jotta kuitujen käyttö lisääntyisi, olisi niiden käytöstä aiheutuvat kustannukset korvattava viljelijälle. Kuitujen käytöstä syksyllä sadonkorjuun jälkeen on kiistatta hyötyä vesistökuormituksen vähentämisessä, mutta varjopuolena on haitallisten metallien kuormitus. Tämä hyöty voi kuitenkin realisoitua vain, jos kuitujen

käytöstä tehdään viljelijälle taloudellisesti mielekkääksi. Nykyisessä ympäristökorvauksessa oleva tuki 40 € ha⁻¹ levitettäessä vähintään 15 m³ ha⁻¹ vuodessa ei ole tässä mielessä täysin riittävä. 2,67 € m⁻³ ei kata kustannuksia. Lisäksi on otettava huomioon se, että syksyllä levitetyn ravinnekuidun mukana suositeltuna annoksen tulee jopa 35 kg ha⁻¹ liukoista typpeä, joka pitää vähentää kevään lannoituksesta ilman, että syksyllä annettulla typellä on satovastetta seuraavana kasvukautena. Näin suuri vähennys kevätlannoituksessa tuottaa merkittävän sadonalennuksen. Jos tätä kohtaa ei muuteta ns. nitraattiasetuksessa (VNa 2014), ravinnekuitujen käyttö ei lisäännä. Hankkeen vaikuttavuus riippuu kuitujen käytön laajuudesta, ja se puolestaan riippuu kuitujen käytön saamasta tuesta ja muista niiden käytön taloudellisista vaikutuksista.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

6.1. Ydinviestit

Hankkeen ydin viesti oli, että pelloilta tulevaa ravinnekuormitusta voidaan kestäväällä tavalla vähentää käyttämällä liukoista typpeä sitovia maanparannusaineita.

6.2. Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu ja kohderyhmät

Hankkeen viestinnän tavoitteena oli levittää kohderyhmälle luotettavaa tietoa ja konkreettisia ohjeita hankkeen aihepiiristä. Hanke pyrki voimakkaasti levittämään tietoa metsäteollisuuden sivutuotteiden käyttömahdollisuuksista, jotta niiden maatalouskäyttö yleistyisi. Hankkeen viestinnässä pääkohderyhmänä olivat nykyiset ja tulevat viljelijät, jotka potentiaalisesti käyttäisivät metsäteollisuuden sivutuotteita. Muita kohderyhmiä olivat lainsäädäntöä ja tukijärjestelmää valmistelevat viranomaiset ja orgaanisia lannoitevalmisteita tuottavat biolaitokset sekä alan opiskelijat. Viestinnässä pyrittiin esittelemään viljelijöille käytännönläheisiä valmiita ratkaisuja, jotka on helppo omaksua. Viestintä kohdistettiin kuitenkin myös neuvontajärjestöön ja alan ammattilehdistöön, koska niiden avulla tietämys metsäteollisuuden sivutuotteiden käytöstä leviää laajasti. Hankkeen alussa laadittiin posterit, jonka avulla hanketta esiteltiin eri tilaisuuksissa.

Hankkeen demonstraatiot pyrittiin saamaan näkyville paikoille niin, että näkyvät suurelle yleisölle myös maastossa. Näkyvyyttä viljelijöille lisättiin Västankvarnin ja Osaran opetus-, tutkimus ja koulutiloilla sekä Elonkierto-esittelypuistossa tehdyillä demonstraatioilla. Niillä pidettiin jaossa tiedotteita ja näkyvillä internet-sivuston osoite, josta oli saatavilla lisätietoa. Alueen keskeisiä metsäteollisuuden taustatahoja pyrittiin sitouttamaan hankkeeseen käyttämällä niiden tuottamia orgaanisia maanparannusaineita esimerkkituotteina ja ottamalla ne mukaan ohjausryhmätyöskentelyyn.

Päävastuu viestinnästä oli hanketta koordinoivalla Luonnonvarakeskuksella. Hanke pyrki toimimaan yhteistyössä muiden menossa olleiden RAKI-hankkeiden mutta myös muiden hankkeiden kanssa mm. osallistumalla RAKI-ohjelman järjestämiin tilaisuuksiin. Hankkeen pyrkimystä osallistua aktiivisesti aihepiiriin sopiviin tilaisuuksiin ja tuoda asiaa niissä esille rajoitti sen viimeisenä toteutusvuonna COVID-19 -epidemia. Muun muassa keskeiset maatalousnäyttelyt peruttiin. Hanke ehti kuitenkin osallistua OKRA2019 -maatalousnäyttelyyn.

Hankkeelle perustettiin Luonnonvarakeskuksen verkkosivuille omat internet-sivut (www.luke.fi/peltokuitu), jonne koottiin hankkeen tiedotusmateriaalia. Lisäksi hankkeesta on ollut lyhyt esittely MMM:n MATO-ohjelman sivustolla (<https://mmm.fi/mato/peltokuitu>), josta on linkki Luken portaalissa olevalle sivustolle. Tuloksia esiteltiin alan tilaisuuksissa, kuten Maataloustieteen päivillä 2020, Maaperätieteen Päivillä 2019, OKRA maatalousnäyttelyssä 2019. Kierrätyslannoitevalmisteiden parissa toimivat hanketoimijat tavoitettiin tehokkaasti hankevetäjän Twitter-viestinnällä (@KapuinenPetri). Tiedeyhteisö kohdattiin parhaiten maatalousalan kokouksissa, kuten Maataloustieteiden Päivät ja Maaperätieteiden Päivät. Niiden yleisössä on edustettuna lisäksi opetus ja hallinto sekä jonkin verran alan yritykset. Hankevetäjä viesti hankkeen ajankohtaisista tapahtumista pääasiassa twiittaamalla.

Hanke on osallistunut erinäisiin tilaisuuksiin:

- 26.11.2018 Nollakuidusta liiketoimintaa –seminaariin Tampereen Hiedanrannassa.
- 28.11.2018 Hankkeen esittely Ravinteiden kierrätyksen tulokset – kiertueella Lahdessa.
- 9.1.2019 Esitelmä ja posterit Maaperätieteen päivillä Helsingissä.
- 12.-13.2.2019 Posteriesittely Maatalouden ympäristötiedon vaihtopäivillä Jyväskylässä.

13.3.2019	Mato-ohjelman vuosiseminaari
3.-6.7.2019	OKRA2019-maatalousnäyttely
10.10.2019	RAKI-hankkeiden verkostoitumis ja koulutuspäivät
9-10.1.2020	Esitelmä ja posterit Maataloustieteen päivillä Helsingissä
19.8.2020	Peltokuitudemon esittely Jokioisten Elonkierron esittelypäivän yhteydessä.
7.9.2020	Osarassa peltokuitudemon esittely SASKYn opiskelijoille ja opettajille ennen sadonkorjuuta.
8.9.2020	Kuitu-hankkeen pellonpiennartilaisuus Tuusulassa
13.10.2020	Esitelmä Mato-vuosiseminaarissa: Teams -seminaari.

Kuitujen käytön demonstrointi pelloilla oli yksi viestintäkeino.

6.3. Demonstraatioiden toteutus

Hanke perusti syksyllä 2019 kolme kuitujen käytön demonstraatiota. Inkoon Västankvarniin ja Jokioisten Elonkiertoon perustettiin samanlaiset demonstraatiot. Västankvarn sijaitsee noin 20 km SAPP:in Kirkniemen tehtailla. Jokioisiin perustettu demonstraatio sijaitsi Elonkierto-maatalouden esittelypuiston vieressä. Hämeenkyrön Osaran koulutilalle perustettiin demonstraatio, jossa puolelle demonstraation alasta oli syksyllä levitetty hevosenlantaa.

Esittelykohteissa käytettiin samoja kuituja ja niiden käyttömääriä kuin hankkeen kenttäkokeissa Ypäjällä (kts. kohta 3.2.3). Jokioisten ja Inkoon demonstraatioissa viljeltiin Helmi-kevätevehnää ja Hämeenkyrössä Niklas-kauraa. Ruutukoko oli 2,5 m x 5 m. Puintiruudun pituus oli 4,4-5,0 m ja nettoala 6,6 m² – 7,5 m².

Demonstraatioita esiteltiin kesän 2020 aikana, ja niistä saatiin havaintoaineistoa viestintään. Kaikki esittelykohteet dokumentointiin drooni- ja valokuvauksella kasvukauden eri vaiheissa, joita on esillä hankkeen verkkosivulla.

6.3.1. Kuitujen käytön demonstraatio Jokioisilla Elonkierto –esittelypuistossa

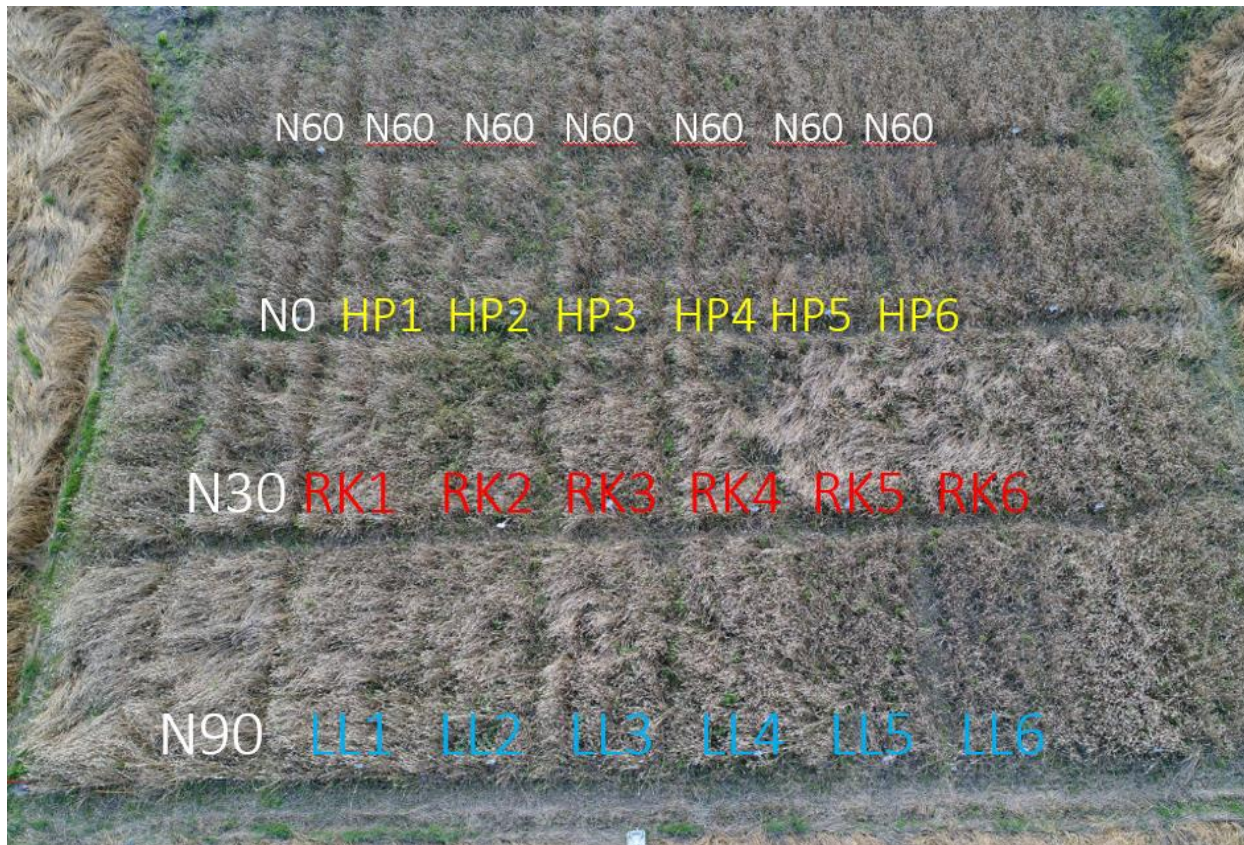
Jokioisten esittelykohteen kuitutuotteet levitettiin 25.10.2019 ja muokattiin maan pintakerrokseen muutaman päivän kuluttua. Esittelyssä olivat Lielahden kuituliete, SoilFoodin Ravinnekuitu ja Humuspehtoorin kuituliete. Kuvassa 111 on sänkipellolle levitetyt kuitutuotteet ennen niiden muokkausta maahan ja kuva kasvustoista kesällä 2020. Helmi-kevätevehnä kylvettiin ja lannoitettiin 25.5.2020 ja puitiin koeruutupuimurilla 18.9.2020.



Kuva 111. a) Kuitujen levityksen jälkeen otettu Jokioisten demonstraatiosta 25.10.2019 ennen kuitujen muokkausta maahan. Kuitujen levitysmäärät kasvavat vasemmalta oikealle ja kuidut alemmasta ylimpään ovat: Lielahden kuituliete, SoilFoodin Ravinnekuitu ja Humuspehtoorin kuituliete. b) Kuva samasta kohteesta 27.7.2020.

6.3.2. Kuitujen käytön demonstraatio Inkoon Västankvarnissa

Inkooseen Västankvarnin koetilalle perustettiin esittelykohde yhdessä Nylands Svenska Landbrukssällskapetin kanssa. Västankvarn sijaitsee noin 25 kilometrin päässä SAPPin Lohjan Kirkniemen tehtaasta. Käsittelyt olivat samat kuin Elonkierron esittelykohteessa. Västankvarnissa kuidut levitettiin ja muokattiin maahan 5.11.2019. Helmi-kevätevehnä kylvettiin 4.6.2020, ja puitiin 2.10.2020, koska sateet ja märät pellot viivästyivät puintia. Demonstraatio sadonkorjuuvaiheessa kuvassa 112.



Kuva 112. Droonilla otettu kuva Inkoon Västankvarnin demonstraation kasvustoista ennen sadonkorjuuta 2.10.2020. Kuitu- ja lannoituskäsittelyt on merkitty käsitellyn ruudun alareunaan. Kuitutuotteet: LL: Lielahden kuituliete; RK: Ravinnekuitu; HP: Humuspehtoorin kuituliete. Valkoisella merkityillä typpilannoitusruuduille ei levitetty kuituja eikä myöskään LL1, RK1, HP1 ruuduille. Lannoitus oli 60 kg N ha⁻¹ keväällä ruuduille LL2-LL6, RK2-RK6 ja HP2-HP6.

6.3.3. Kuitujen käytön demonstraatio Hämeenkyrössä Osarassa

Osaran maatila on luomuviljelyssä ja esittelykohteessa käytettiin luomukelpoisia Soilfoodin Ravinnekuitua ja Humuspehtoorin kuitulietettä. Kylvölannoitteena oli Ecolanin Agra (10-4-2), joka sijoitettiin kylvölannoittimella. Kuidut levitettiin 5.11.2019. Osarassa oli samalla loholla kaksi demonstraatiota, joista toisen kokeen alueelle levitettiin syksyllä 2019 hevosenslantaa ennen kuituja. Niklas-kaura kylvettiin 15.5.2019 ja puitiin 7.9.2020. Osaran esittelykohteeseen kasvoi kestopikkakasveja varsin runsaasti (kuva 113). Rikkakasveja oli enemmän kuin demonstraation viereisen peltolohkon alueella. Syksyllä koko lohko ja demonstraatiot muokattiin lapiorullaäkeellä. Keväällä lohkon muu alue kynnettiin ja demonstraatiot vain muokattiin lapiorullaäkeellä ennen kylvöä. Mahdollisesti lapiorullaäestys ei tuhonnut rikkakasveja yhtä tehokkaasti kuin kevätkyntö. Kaikki esittelykohteet puitiin koeruu-tupuumurilla (kuva 114).



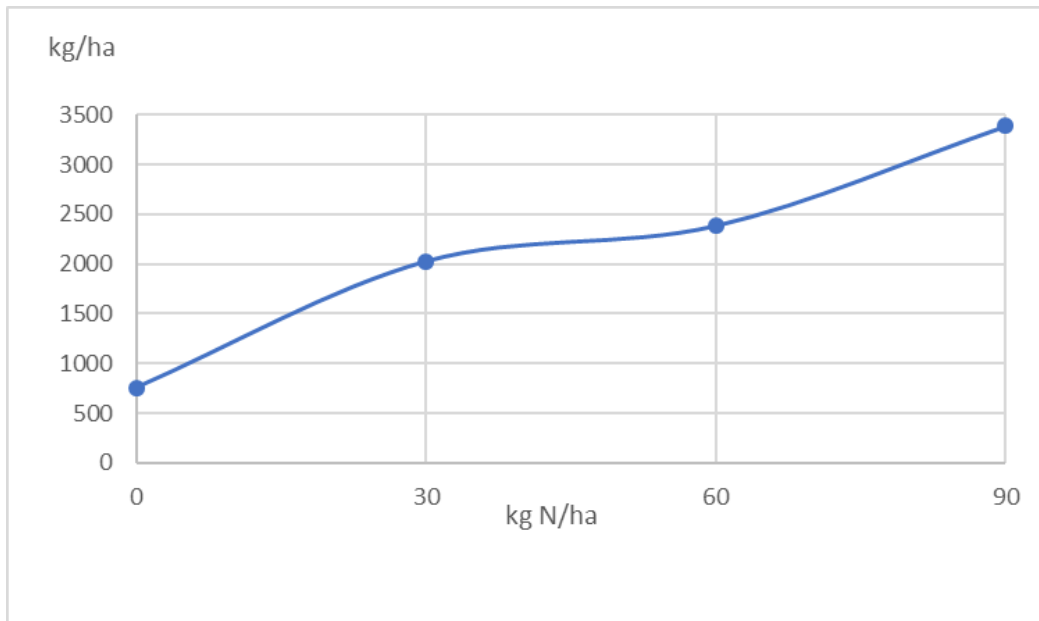
Kuva 113. Kestorikkakasvit aiheuttivat ongelmia Hämeenkyrön Osaran luomuviljelyssä demonstraatiossa. Kuva 7.9.2020.



Kuva 114. Kaikki demonstraatiot puitiin koe-ruutupuimurilla. Kirsi Raiskio puimassa Hämeenkyrössä 7.9.2020.

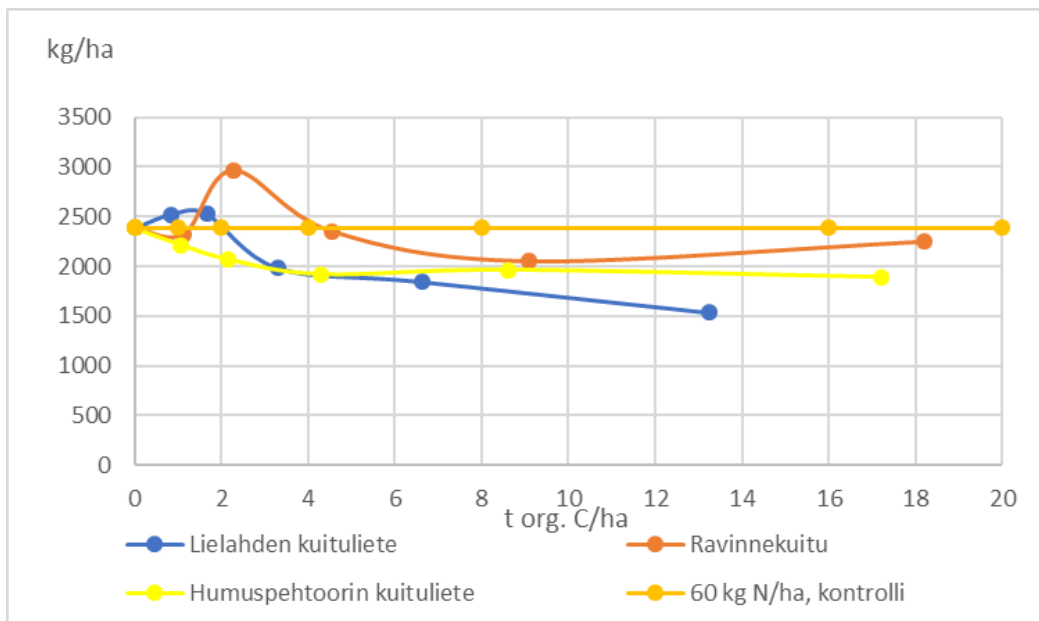
6.3.4. Tulokset demonstraatioista

Kuvissa 97 – 100 esitetään Jokioisten Elonkierron ja Inkoon Västankvarnin esittelykohteissa saadut Helmi-kevätevehnän sadot vuonna 2020 kuivauksen ja lajittelun jälkeisessä kosteudessa (noin 10 prosenttia). Tulokset perustuvat yhden ruudun satotulokseen, joten esittelykohteiden tuloksiin on syytä suhtautua varovaisesti. Periaatteessa kaikkien kuitujen nollaruutujen, joihin kuituja ei levitetty, sato olisi pitänyt olla yhtä suuri, mutta ao. nollaruutujen hehtaarisadoissa oli eroja sekä Jokioisissa että Inkoossa. Demonstraatioiden alalla pellossa oli oletettavasti ravinteisuusgradienttia, koska nollaruutujen sadot vaihtelivat. Siksi kuvissa 98 ja 100 kuituliskäyksen saaneiden ruutujen tulokset on tasokorjattu kuitujen nollaruutujen satotulosten perusteella. Ilman kuituja tehdyissä typpitasoissa satovaste oli Jokioisissa suuri. Sato kasvoi lannoittamattoman sadosta 760 kg ha^{-1} satoon 3390 kg ha^{-1} suurimmalla typpitasolla 90 kg ha^{-1} (kuva 115). Typpilannoituksella 60 kg ha^{-1} Jokioisissa saatiin kolmen ruudun keskimääräiseksi sadoksi 2385 kg ha^{-1} .



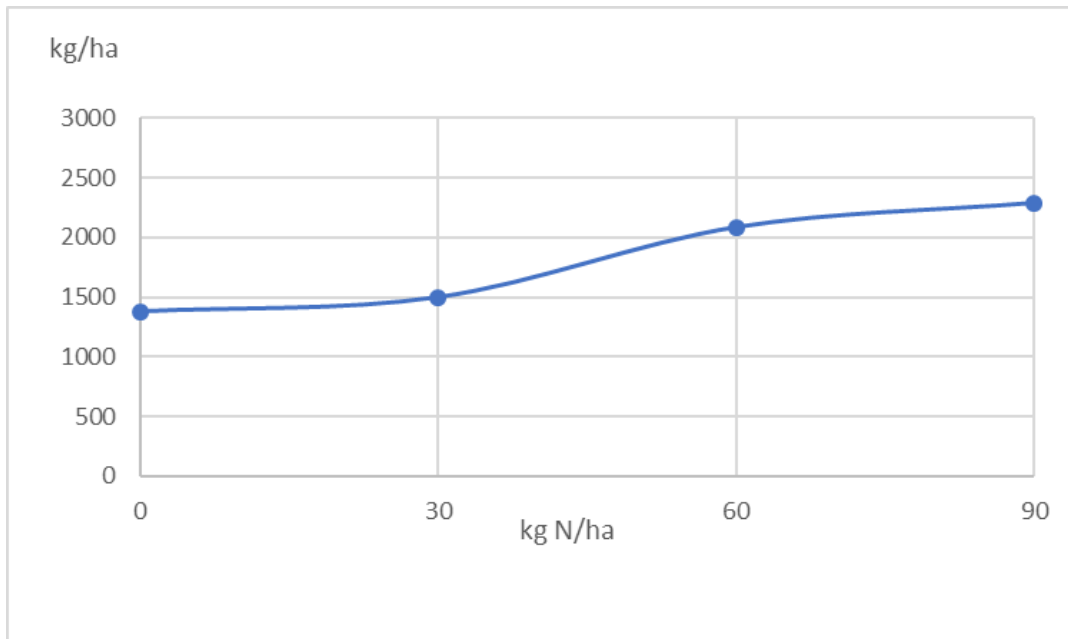
Kuva 115. Typpilannoituksen vaikutus Helmi-kevätvehnän satoon Jokioisissa v. 2020 eri typpilannoitusmäärillä. Typpilannoituksen satovasteruuduille ei levitetty kuituja.

Jokioisissa Lielahden kuitulietteen lisäykset 0,8 ja 1,7 t org. C ha⁻¹ hieman lisäsivät vehnän satoa, mutta levitysmäärä 3,3 t org. C ha⁻¹ ja sitä suuremmat määrät alensivat satoa (kuva 116). Ravinnekuidun kuitumäärä 2,3 t org. C ha⁻¹ lisäsi satoa. Ravinnekuidun kuitumäärillä 1,1 ja 4,6 t org. C ha⁻¹ ei ollut vaikutusta, ja annokset 9,1 ja 18,2 t org. C ha⁻¹ hieman alensivat satoa (Kuva 40). Humuspehtoorin kuituliete alensi hieman vehnän satoa Jokioisilla kaikilla levitysmäärillä, mutta levitysmäärällä 1,1 t org. C ha⁻¹ vaikutus oli vähäinen.

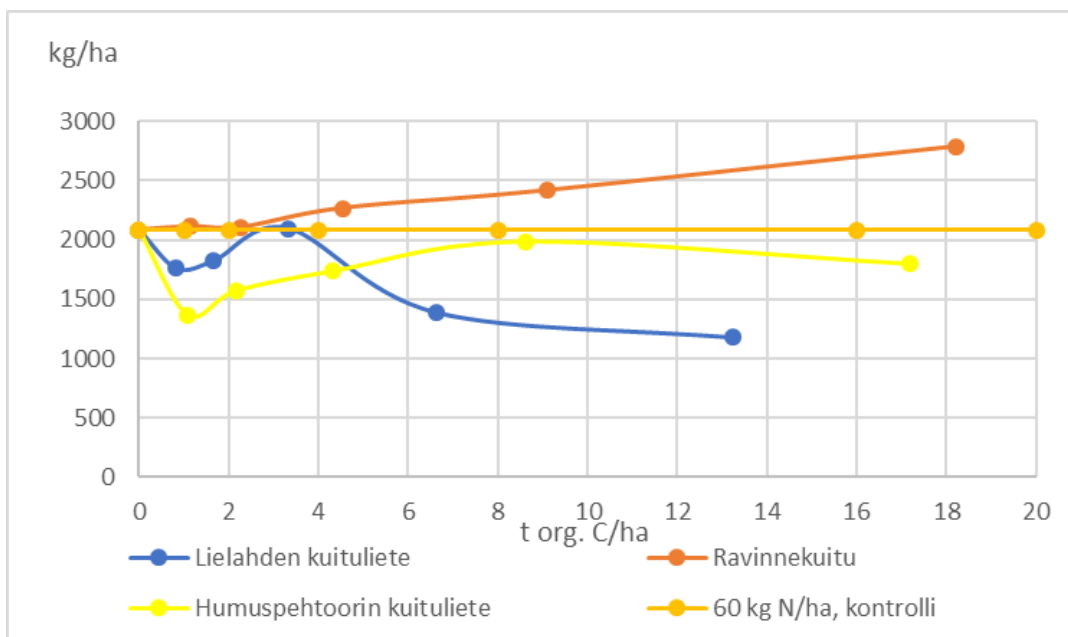


Kuva 116. Helmi-kevätvehnän sato (kg/ha) Jokioisten demonstraatiossa vuonna 2020. Kuidut on muokattu maahan edeltävänä syksynä. Kuituannoksen suuruus esitetään orgaanisen hiilen määränä (t ha⁻¹).

Inkoossa typpitasoissa satovaste ei ollut niin voimakas kuin Jokioisissa (kuva 117). Lannoittamattoman sato oli 1380 kg ha⁻¹ ja 90 kg N ha⁻¹ lannoituksella 2290 kg ha⁻¹. Kolmen 60 kg ha⁻¹ typpilannoitetun ruudun keskisato oli 2084 kg ha⁻¹, mutta Inkoossakin nollaruutujen välinen vaihtelu oli suurta ja kuvassa 117 esitetään eri kuitujen nollaruutujen sadoilla tasokorjatut tulokset.



Kuva 117. Typpilannoituksen vaikutus Helmi-kevätevehnän satoon (kg/ha) Västankvarnissa Inkoossa 2020. Typpilannoituksen satovasteruuduille ei käytetty kuituja.



Kuva 118. Helmi-kevätevehnän sato (kg/ha) Västankvarnin demonstraatioissa Inkoossa vuonna 2020. Lietteet oli muokattu maahan edeltävänä syksynä. Kuituannoksen suuruus esitetään annetun orgaanisen hiilen määränä t C/ha.

Inkoossa Lielahden kuitulietteen kaikki levitysmäärät, paitsi 3,3 t org. C ha⁻¹, alensivat satoa ja vaikutus oli suurin suurimmilla 6,6 ja 13,2 t org. C ha⁻¹ levitysmäärillä (kuva 118). Ravinnekuitu antoi suurimmilla kuitujen levitysmäärillä 18,2, 9,1 ja 4,6 t org. C ha⁻¹ suuremmat sadot kuin ilman kuitulisäystä. Ravinnekuidun annoksilla 1,1 ja 2,3 t orgaanista hiiltä ha⁻¹ ei Inkoossa havaittu vaikutusta sadon määrään. Lielahden kuitulietteen ja Humuspehtoorin kuitulietteen suurimmilla levitysmäärillä sato oli pienempi kuin ilman kuitujen käyttöä. Inkoon

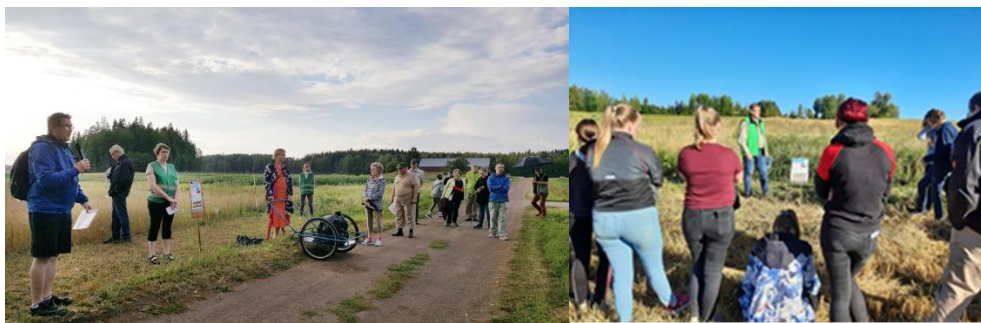
demonstraatioissa oli juolavehnää Ravinnekuidon ja Humuspehtoorin pienimmän levitysmäärän (RK2 ja HP2) koeruuduissa, ja juolavehnä on oletettavasti vähentänyt ao. ruutujen satoa. Humuspehtoorin kuitulietteen suurimmilla käyttömäärillä 8,6 ja 17,2 t org. C ha⁻² satoa alentava vaikutus oli pieni ja vähäisempi kuin alhaisemilla käyttömäärillä.

Osaran demonstraatioissa rikkakasvien runsas esiintyminen vaikutti tuloksiin eikä tuloksia esitetä.

6.4. Viestinnän toteutus



Kuva 119. Hankkeen esittelyä a) Maaperätieteen päivillä 9.1.2019 Helsingissä Tieteiden talolla, ja b) Maatalouden uusimman ympäristötiedon vaihtopäivillä 12-13.2.2019 Jyväskylässä.



Kuva 120. Jokioisten demonstraation esittelyä Elonkierron esittelypuiston tutustumiskierroksella 19.8.2020. b) Demonstraatiota ja kuitujen vaikutuksia esiteltiin opiskelijoille Hämeenkyrön Osaran opetusmaatilalla 7.9.2020 juuri ennen sadonkorjuuta. (Kuvaaja: a) Anneli Nuoranne, b) Kirsi Raiskio.)

Kesällä 2020 maatalousnäyttelyt ja vastaavat tapahtumat peruttiin covid-19 pandemian vuoksi. Peltokuituhankkeen demonstraatioita esiteltiin Jokioisissa Elonkierron esittelypäivän yhteydessä 19.8.2020 ja Osaran demonstraatiota sadonkorjuun yhteydessä Hämeenkyrössä 7.9.2020.

Hankkeen julkaisut:

Kapuinen, P., Korpinen, R., Niemeläinen, O., Palojarvi, A. 2019. Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi syksystä seuraavalle kasvukaudelle: PELTOKUITU-hankkeen esittely. Pro Terra 75/2019. p. 77. Saatavilla: http://www.maapera.fi/sites/maapera.fi/files/Pro_Terra_75_elektroninen_abstraktikirja_2019_0.pdf

Korpinen, R., Niemeläinen, O., Palojarvi, A., Kapuinen, R. 2020. Kuitulietteen ja ravinnekuidon typensidontapotentiaalin optimointi maamonoliittikokeilla. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 37. Maataloustieteen Päivät 2020. Esitelmä- ja posteritivistelmät. s. 143. Saatavilla: <https://journal.fi/sms/issue/view/6119>

Niemeläinen, O., Korpinen, R., Palojarvi, A., Kapuinen, P. 2020. Kuitulietteen käyttöön soveltuvien peltopinta-alojen tarkastelu Biomassa-atlaksen avulla. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 38. Maataloustieteen päivät 2020. Esitelmä- ja posteritivistelmät. S. 198. Saatavilla: <https://journal.fi/smst/issue/view/6119>

Niemeläinen, O., Korpinen, R., Palojarvi, A., Kapuinen, P. 2020. Kuitulietteen käyttöön soveltuvien peltopinta-alojen tarkastelu Biomassa-atlaksen avulla. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 38. Maataloustieteen päivät 2020. DOI: <https://doi.org/10.33354/smst.89496>

6.5. Arvio viestinnän onnistumisesta ja viestintäsuunnitelman toteutumisesta

Viestinnällä olisi kuitenkin pitänyt tavoittaa enemmän juuri viljelijöitä. Twitter-viestintä ei oikein tavoittanut viljelijöitä, vaan pikemminkin kierrätyksestä innostuneita hanketoimijoita. Näin suoraa kontaktipintaa viljelijöihin ei juuri muodostunut. Hankkeen henkilöstöresurssipohja oli riittämätön tehokkaan viestinnän kannalta. Hankkeen viimeisenä vuonna erityisongelmaksi muodostui koronaepidemia, joka romutti haaveet pellonpiennarpäivistä lopullisesti. Hankkeella oli hyvä suunnitelma hyödyntää muiden järjestämiä tilaisuuksia mm. perustamalla demonstraatio Västankvarnin tutkimus- ja opetustilalle, jossa piti olla Peltopäivät juurikin sopivasti heinäkuun alussa. Tämä tilaisuus kuitenkin peruuntui koronaepidemian takia.

7. Tulosten käytettävyys ja hyödyntäminen

Arvio tulosten kestävydestä ja konkreettisuudesta ja siihen liittyvistä riskeistä (poliittinen tuki, institutionaalinen/lainsäädännöllinen tuki, taloudelliset ja rahoitukselliset mahdollisuudet, teknologian soveltuvuus, sidosryhmien kiinnostus ja sitoutuminen)

Luonnontieteellisessä mielessä saadut tulokset ovat hyvin kestäviä ja konkreettisia. Kenttäkokeet tehtiin savimaalla, josta myös maamonoliitit otettiin. Tulokset eivät lähtökohtaisesti ole soveltavissa esimerkiksi karkeille kivennäismaille mutta ydintoiminta-alueella ja yleensä ottaen Saaristomeren valuma-alueella savimaat ovat vallitsevia. Käytetty ravinnekuitu oli toisena kenttäkoevuotena tyypiltään yleisesti käytössä oleva. Hiedanranan kuituliete edusti järvenpohjan kertyneitä sedimenttejä. Se yksistään edustaa vuoden puolentoista kuitulietteen tuotantoa Suomessa ja vastaavia kohteita Suomessa on kymmenkunta. Yhteyttä tuoreeseen kuitulietteen haettiin toisena kenttäkoevuotena ja se löydettiin. Maamonoliittikokeella saatiin konkretisoitua pellolle levitettyjen kuitujen vaikutus liukoisien typen huuhtoutumiseen eri vuodenaikoina tiukasti käytäntöön sitoen. Samalla kehitettiin menetelmä, jota voidaan jatkossakin käyttää, erilaisten toimenpiteiden vaikutusta salaoja-
valunnan mukana huuhtoutuvien ravinteiden määrään. Samoilla menetelmillä voidaan tutkia samojen ja eri maanparannusaineiden vaikutusta eri olosuhteissa ja eri maalajeilla. Sivutuotteensa syntyi myös yksinkertainen järvisedimentin kuivausmenetelmä, jonka jätevesien käsittely vaatii lisäselvitystä.

Talven 2019 -2020 ja kasvukauden 2020 sääolot olivat erittäin poikkeukselliset ja sen vuoden tulosten sovellettavuus on rajallista, jos ilmasto ei muutu sellaiseen suuntaan Toivottavasti näin ei tapahdu. Niistä kuitenkin saatiin tietoa kuitujen käytön vaikutuksista ääriolosuhteissa.

Neuvontajärjestön kiinnostus maanparannuskuituihin on ollut vaisu. Monet yhteistyötahot ja jopa partnerit ovat halunneet kehittää asiaa omilla tahoillaan. Objektiivinen tieto tässä asiassa ei välttämättä palvele kaikkien tahojen kaupallisia intressejä.

Kuitujen maanparannuskäytölle on laaja poliittinen tuki. Niiden käytön lainsäädännöllinen tausta on varsin selvä, joskaan ei kaikkien toimijoiden ymmärtämä. Kuitujen käytön lisääminen vaatii taloudellista tukea, koska niistä ei ole suoranaista välitöntä taloudellista hyötyä viljelijöille. Tuen muotoilussa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota siihen, että se ei valu ketjun muille toimijoille. Kuitujen levitys ja multaus on tavanomaista maataloilla lannankäytössä käytettävää teknologiaa. Sidosryhmien kiinnostus ja sitoutuminen on suoraan verrannollinen niiden saamaan taloudelliseen hyötyyn.

Ehdotukset hankkeen tulosten hyödyntämiseksi, ml liiketaloudelliset ja lainsäädännölliset näkökohdat

Lielahden pohjasta nostettu kuituliete on lähtökohtaisesti jätettä, jonka hyödyntäminen tutkimuskäyttöä laajemmin edellyttää end-of-waste-määrittelyä siihen liittyvien hyödyntämistoimenpiteiden toteuttamista. Jos kyseinen kuituliete aiotaan sieltä poistaa kohtuullisessa ajassa, kyseeseen tulee lähinnä maanparannusainekäyttö mahdollisimman pienin käsittelyin siinä välissä. Käsittely jossain biolaitoksessa kestäisi vähintään

vuosikymmenen eikä alueen rakentamispaineet mahdollista sellaista ratkaisua. Joka tapauksessa se tulee maksamaan Tampereen kaupungille kymmeniä miljoonia, koska ei ole odotettavissa, että kuitulietteestä saisi sen loppukäyttäjältä korvausta, vaan nosto-, käsittely- ja kuljetus- sekä mahdollisesti myös levityskustannukset jäävät kaupungin maksettavaksi. Lisäksi sen käyttö maanparannusaineena maataloudessa ei ainakaan paranna satoa, joten myös viljelijä todennäköisesti on haluamassa kompensatiota satotappiosta, jonka arvo voi nousta toiselle sadalle eurolle hehtaaria kohti kohtuullisillakin käyttömäärillä. Lisäksi viljelijä voi haluta kompensatiota haitallisista metalleista. Muistakaan käytetyistä kuiduista ei ole suoranaista taloudellista hyötyä viljelijälle, joten kuitujen käytön lisääminen ja hankkeen tulosten hyödyntäminen edellyttää kuitujen käytöstä saatavan tuen tarkistamista sellaiseksi, että se houkuttelee viljelijöitä niiden käyttöön. Kuitujen maanparannuskäyttöön on jo olemassa toimiva markkinakanava, joka pystyy vastaamaan laajentuvaan kysyntään, joka voi syntyä vain suuremman tuen kautta.

Teknis-taloudellisen toteutettavuuden arviointi

Lielahden kuitulietteen hankinnan yhteydessä syntyi käytännönläheinen toteuttamiskelpoinen menetelmä liehteen kuivaamiseksi kuljetus- ja levityskuntoon, jota voitaisiin hyödyntää laajemminkin mittakaavassa, jos järvenpohjaan sedimentoituneen kuitulietteen lannoitevalmistekäyttöön päädytään. Se voi hyvinkin olla myös taloudellinen. Ravinnekuiduille ja tuoreille kuitulietteilille on olemassa tekniset ratkaisut, joissa pitäisi vielä kiinnittää huomiota haitallisiin metalleihin. Nitraatin huuhtoutumisen vähentäminen haitallisen metallien kuormituksen lisääntymisen kustannuksella ei ole kovin kestävä ratkaisu. Kun kuitujen käytölle ei ole löydettävissä selvää taloudellista hyötyä viljelijälle, toteutettavuus riippuu niiden käyttöön kohdistuvien tukien määrästä. Sen tulisi kattaa viljelijälle aiheutuvat kustannukset mutta sisältää myös jonkinlaisen taloudellisen kannustimen.

Ravinnekuituja ja tuoretta kuitulietettä käytetään maataloudessa, mutta niiden käyttö voisi kasvaa merkittävästi sopivalla taloudellisella tuella. Saadut hyödyt ovat ennen kaikkea ympäristönkuormituksen vähenemisessä, jossa varjopuolena on haitallisten metallien kertyminen peltoon. Nykyisinkin tähän saatavissa tukea 40 € ha⁻¹, kun levitysmäärä on vähintään 15 m³ ha⁻¹. Se ei ole kuitenkaan ollut riittävä kannustin käytön oleelliseen lisääntymiseen. On varsin ilmeistä, että viljelijät eivät yleisesti tunnista järjestelmän ohjausta, jolloin se ei vaikuta. Periaatteessa järjestelmä kannustaa tällä hetkellä käyttämään kuituja 15 m³ ha⁻¹ vuodessa, mikä tarkoittaa noin 1 t org. C ha⁻¹ vuodessa. Vankan viljelijä- ja tutkijataustankin pohjalta tämä järjestelmän ohjaus on kuitenkin tunnistettavissa vasta loppuraportin kirjoittamisen yhteydessä. On täysin epärealistista olettaa, että riviviljelijä sen jotenkin tunnistaisi. Ohjaus on vahvasti ja konkreettisesti tuotava esiin viestinnässä. Tukijärjestelmän ohjauksen mukainen käyttö voi olla hyvinkin toimiva ratkaisu ja haitallisten metallien kuormitusrajaan mahtuva. Tämän hankkeen rahoitusinstrumentti ei mahdollistanut sellaista lähestymistapaa, että kuituja käytettäisiin 1 t org. C ha⁻¹ vuodessa vastaava määrä vuosittain viiden vuoden ajan, mikä on tukijärjestelmän ohjaus, joten sellaisen konseptinvaikutusten selvittäminen oli mahdotonta. Se mahdollisti ainoastaan kaksi kenttäkoeevuotta, joista ensimmäinenkin jouduttiin aloittamaan omalla riskillä ja kustannuksella päiviä rahoitus päätöksen jälkeen. Joka tapauksessa tuen pitäisi kattaa viljelijälle aiheutuvat kustannukset, jotta kuitujen käyttö laajenisi. Tuen maksimoimiseksi viljelijän kannattaisi levittää tuo 15 m³ ha⁻¹ vuosittain. Se saattaa kuitenkin olla levitysteknisesti haasteellisen pieni määrä. Tästä kertyisi viidessä vuodessa 75 m³ ha⁻¹, joka vastaisi koko lailla hyväksi havaittua annosta orgaanista hiiltä sekä määrää, jonka voi viidessä vuodessa levittää ravinnekuitua haitallisten metallien kuormituksen puolesta. Tämä hanke ei anna selvää vastausta siihen, että saavutettaisiinko tällä menettelyllä yhtä suuri liukoisen typen huuhtoutumisen väheneminen viiden vuoden kuluessa kuin lisäämällä kyseinen määrä kerralla.

8. Talousraportti

Hankkeen suunniteltu kokonaisbudjetti oli 513.332 €. Siitä Luonnonvarakeskuksen osuus oli 459.456 €, Tampereen kaupungin 30.000 € ja Livian 23.876 €. Budjetissa Luonnonvarakeskuksen osuus avustuksesta oli 275.674 € ja sen omarahoitusosuus oli 183.783 €. Budjetissa Tampereen kaupungin osuus avustuksesta oli 0 € ja sen omarahoitusosuus 30.000 €. Vastaavasti budjetissa Livian osuus avustuksesta oli 14.325 € ja sen omarahoitus oli 9.550 €. Livian budjetista realisoitui vain 473,30 €. Tampereen kaupungin osuus realisoitu kokonaisuudessaan. Luonnonvarakeskuksen kustannuskertymä oli lopulta 479.381,58 €, josta se sai avustusta 289.695,62 € ja sen omarahoitukseksi muodostui 189.685,94 €. Luonnonvarakeskus toteutti Livialta toteuttamatta jääneen osuuden.

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Esiin nousseet jatkohankkeita koskevat ideat ja tarpeet

Kuitujen vaikutus maan typen dynamiikkaan vaatii jatkotutkimusta. Ravinnekuitujen mukana tulevan liukoisen typen kohtalo huuhtoutumisen osalta jäi osittain epäselväksi, koska maamonoliittikokeissa mukana olleen ravinnekuidun liukoisen typen pitoisuus oli epätavallisen pieni ja suuremman liukoisen typen pitoisuuden omaava ravinnekuitu voisi tuottaa erilaisen lopputuloksen. Kuitujen vaikutusta liukoisen typen huuhtoutumiseen ja muihin asioihin pitäisi tutkia myös muilla maalajeilla kuin savimailla. Hankkeen aikana nousi esille sokerijuurikas-pellot yhtenä tärkeänä kuitujen käytön kohteena, koska naateista jää sinne melkoinen annos tyyppä korjuun jälkeen. Tukijärjestelmän ohjauksen mukaisen vuosittaisen käytön vaikutukset pitäisi selvittää. Keinoja ravinnekuitujen haitallisten metallien pitoisuuden alentamiseksi pitäisi selvittää, koska haitalliset metallit rajoittavat käyttömääriä ja toistuvaa käyttöä samalla pellolla eniten.

Mitä vastaavissa hankkeissa tulisi välttää, mitä suositellaan

Hankkeiden koordinointi osoittautui huomattavasti suunniteltua aikaa vievämmäksi. Hankkeiden väliraportoinneista on tehty tarpeettoman hektisiä. Taustaorganisaatioiden sitouttaminen hankkeen riittävään resurssointiin ja toteuttamisedellytysten takaamiseen pitäisi hoitaa. Raportoinnin pitäisi olla pikemminkin kumuloituva kuin raportointikauden kattava. Hankepartnereiden uskottavuus pitäisi tarkistaa paremmin eikä luottaa lupauksiin. Sama pätee erilaisten ostopalveluiden tuottajiin. Rakenteet, joissa toisen partnerin edellytetään saavan jonkin asian tehtyä ajallaan, jotta toinen voi siitä jatkaa, näyttävät olevan käytännössä mahdottomia.

Hankkeessa käsitellyn asian kannalta hankkeen mahdollinen toteuttamisaika rahoitusinstrumentissa oli auttamattoman lyhyt. Nykyisen tukijärjestelmän ohjauksen ja voimassa olevan ympäristölainsäädännön mukainen luontainen hankeaika olisi sisältänyt viisi kenttäkoevuotta samoissa koeruuduissa ja vielä eri olosuhteissa. Tutkijat eivät voi vaikuttaa sääolosuhteisiin. Tulokset liittyvät vahvasti hankkeen aikana valinneisiin. Kokonaisuutena hanke on voinut olla vain pieni räpäisy aihepiiriin, vaikka siinä on pääsy pitkälle eteenpäin. Viiden vuoden syklin tulos voi olla varsin erilainen riippuen siitä, mihin ajanjaksoon se sijoittuu. Tämän alan tutkimusohjelmissa pitäisi olla selvästi suurempaa pitkäjänteisyyttä.

10. Johtopäätökset /Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista

Suurilla syksyllä sadonkorjuun jälkeen lisätyillä ja maahan muokatuilla kuitumäärillä voidaan tehokkaasti vähentää liukoisen typen huuhtoutumista syksyn, talven ja alkukevään aikana. Suurimmat tutkimuksessa käytetyt määrät kuitenkin alentavat seuraavan normaalin kasvukauden satoa. Toisaalta ne voivat myös lisätä sitä, jos seuraava kasvukausi on hyvin kuiva parantuneen vesitalouden kautta. Tällöinkin ne vaikuttivat sadon valkuaispitoisuutta alentavasti osoittaen sen, että suuret kuitumäärät tällöinkin sitoivat lannoitteen mukana tullutta tyyppä. Suurien kuitumäärien käyttöä rajoittaa myös kuitujen sisältämät ravinteiden haitallisten metallien pitoisuudet. Ravinnekuidun levitysmäärää syksyllä rajoittaa sen lisäksi sen sisältämän liukoisen typen pitoisuus. Ns. nitraattiasetus (VNa 2014) rajoittaa lannasta ja orgaanisesta lannoitevalmisteesta tulevan liukoisen typen käyttömääräksi syksyllä syyskuun alusta 35 kg ha⁻¹ vuodessa. Se kuitenkin rajoittaa vain yksittäisen syksyn levitysmäärää ja silloinkin sallittu ravinnekuituannos on kutakuinkin sopiva ottaen huomioon sen vaikutus liukoisen typen huuhtoutumiseen ja seuraavan vuoden kasvin satoon. Tätä enemmän ravinnekuidun käyttömäärää rajoittaa kuitenkin sen sisältämät haitalliset metallit. Ravinnekuidun mukana tulee erityisesti merkittävä määrä kadmiumia ja nikkeliä. Tämän annoksen mukana tulee kuitenkin viiden vuoden sallittu määrä kadmiumina ja lähes yhtä suuri osuus sallitusta nikkelimäärästä. Tämän takia tehokas käsittely voidaan toistaa vain noin joka viides vuosi. Koska ravinnekuitujen raaka-aineena sellu- ja paperiteollisuudessa syntyvät sekalietteet tulkitaan puhdistamolietteeksi, seurataan siitä valmistettujen lannoitevalmisteiden osalta kaikkien haitallisten metallien kuormitusta arseenia lukuun ottamatta, kun se käsittelynsä perusteella kuuluu sellaiseen maanparannusaineeseen käytettävien sivutuotteiden typpinimiryhmään. Keskeisin levitysmääriä rajoittava haitallinen metalli ravinnekuiduissa on kuitenkin kadmium, jonka kuormitusta seurataan typpinimiryhmästä riippumatta. Haitallisen metallien kuormitus ei rajoita tämän tutkimuksen mukaisen sopivan ravinnekuituannoksen, noin 4 t org. C ha⁻¹, käyttöä yksittäisenä syksynä, mutta käsittelyä ei voi toistaa kuin noin viiden vuoden välein sen aiheuttaman haitallisten metallien kuormituksen takia. Yksittäisten sellutehtaiden prosessien

yksityiskohdat poikkeavat toisistaan, mutta haitalliset metallit ovat peräisin käytetystä raaka-aineesta ja rikastuvat kierrätettäviin keittokemikaaleihin, jotka lopulta vaihdetaan, kuivataan ja poltetaan soodakattilassa. Syntynyt soodasakka liuotetaan veteen ja päättyy nykyisellään ravinnekuidun raaka-aineena olevaan sekalietteen. Tähän olisi löydettävä ravinnekuidun maanparannuskäyttöä edistävä ratkaisu.

Lielahden pohjaan sedimentoituneen kuitulietteen käytön erityisongelma on sen elohopeapitoisuus, joka on juuri ja juuri lannoitevalmistelainsäädännön salliman pitoisuuden alle. Se on todennäköisimmin peräisin siellä käytetyn happaman kalsiumbisulfiittikeiton jatkona olleesta kloorialkalitäysvalkaisusta liukoselluloosan tuotannossa. Siinä on käytetty todennäköisesti elohopeakennotekniikalla valmistettua lipeää. Muutoin sen haitallisten metallien pitoisuus on varsin samanlainen kuin tuoreessa kuitulietteenä. Sen ominaisuudet liukoisen typen sitomiseen levittynä syksyllä sadonkorjuun jälkeen olivat varsin samanlaiset kuin tuoreen kuitulietteen. Koska sitä ei tulkita puhdistamolietteenä ja se lannoitevalmisteenä tuotteistettuna kuuluisi todennäköisimmin typpinimeen kuituliete, ei sen elohopeakuormitus tarvitse seurata. Sen käytöstä tähän tarkoitukseen syntyisi kuitenkin melkoinen tosiasiallinen elohopeakuormitus, joten sen hyödyntäminen maataloudessa ei ole kovin suositeltavaa. Korkea elohopeapitoisuus liittyy nimenomaisesti elohopeaa sisältävän valkaisukemikaalin käyttöön, ei se välttämättä muodostaa ongelmaa kaikkien vesistön pohjaan kertyneiden sedimenttien tapauksessa. Nostetusta kuidusta saadaan varsin yksinkertaisesti levitykseen kuivalannan tarkkuuslevittimillä sopivaa valuttamalla sitä laatalla. Valutuksen jälkeen kuiva-ainepitoisuus on yli 20 %. Toimenpide on tarkoituksenmukainen myös logistisesta näkökulmasta, koska puolet ylimääräisestä vedestä jää kuljettamatta. Valumavesi on todennäköisimmin johdettava jäteveden puhdistamoon puhdistettavaksi eikä sitä voi laskea suoraan takaisin vesistöön.

Syksyn 2018 levityksiin liittyvissä kenttäkokeissa ja maamonoliittikokeissa käytetty ravinnekuitu poikkesi normaalista ravinnekuidusta siten, että sen liukoisen typen ja orgaanisen hiilen pitoisuus oli poikkeuksellisen pieni. Näistä merkityksellisimpiä ovat liukoisen typen pitoisuus ja suuri C/N-suhde. Sen ominaisuudet olivat lähtökohtaisesti lähempänä kuitulietteen kuin normaalin ravinnekuidun ominaisuuksia. Kuitenkin se käyttäytyi kenttä- ja maamonoliittikokeissa eri lailla kuin Lielahden kuituliete. Käytetyn ravinnekuidun vaikutus nitraatin huuhtoutumisen vähentymiseen oli maamonoliittikokeissa kuitenkin selvästi parempi kuin käytetyn kuitulietteen. Tämä yhdistettynä siihen, että kuituliete tuottaa suuremman satotappion seuraavana kasvukautena kuin ravinnekuitu yhtä suurina annoksina, johtaa siihen loppupäätelmään, että sen käyttö ei ole kovin hyvä vaihtoehto viljelijälle eikä ympäristölle. Sille pitäisi etsiä käyttöä muusta lannoitevalmistekäytöstä, esimerkiksi viherakentamisesta kasvualustana tai ainakin sen osana.

Maamonoliittikokeissa käytetty ravinnekuitu tehoi nitraatin huuhtoutumiseen pienemmillä annoksilla kuin kuituliete ja se aiheutti sadon alenemista vasta suuremmilla annoksilla, jotka ovat käytännössä laittomia kadumkuormituksen takia. Nitraatin huuhtoutumisen kannalta tehokas ravinnekuitekäsittely voidaan tehdä vain kerran noin viidessä vuodessa. Sen sijaan alus- ja kerääjäkasveja voidaan käyttää joka vuosi, myös sinä vuonna, jolloin kuitu levitetään. Alus- ja kerääjäkasvit alensivat tehokkaasti pohjamaan nitraattipitoisuutta huhtikuussa. Vaikka alus- ja kerääjäkasvit eivät olleet mukana maamonoliittikokeen syys- ja kevätsimulaatiossa, voidaan tällä perusteella olettaa, että niillä on vastaava vaikutus nitraatin huuhtoutumiseen. Niillä voidaan hallita huuhtoutumista vuosina, jolloin kuituja ei käytetä. Lisäksi niillä voidaan hallita nitraatin huuhtoutumista kasvukauden lopulla ennen kuitujen levitystä. Jos tilalla on käytettävissä heinänsiemenen kylvölaite kylvölannoituksessa, ainoa lisäkustannus on aluskasvin siemenen hinta, jolloin kustannus on 10 kg ha⁻¹ siemenmäärällä vain noin 20 € ha⁻¹. Jos siemenmäärä on suuri, voi varsinaisen viljelykasvin sato alentua, mutta toisaalta ympäristökorvauksesta saatava tuki toimenpiteelle on 100 € ha⁻¹, joka on paljon enemmän varsinkin suhteessa kustannuksiin kuin kuitujen käytöstä syntyvä.

Kirjallisuus

- Alakukku, L. & Aura, E. 2006. Savimaan eroosion ja fosforin huuhtoutuminen pintakalkittaessa ja kevennetäessä muokkausta. Miten maamme makaa – Suomen maaperä ja sen tila. IV Maaperätieteiden päivien laajennetut abstraktit. ProTerra 29: 62 – 63.
- Apilagroup 2013. Metsäteollisuuden ravinteet. Metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen lannoitevalmistena. Apila Group Oy Ab. 40 s. 1 liite.
- Apilagroup 2014. Metsäteollisuuden ravinteet – tuotekortti. Metsäteollisuuden sivuvirtojen lannoituskäytön ohjeet lyhyesti. Apila Group Oy Ab. 9 s.

Autiola, M. & Holopainen, M. 2016. O-kuidun pilaantuneisuustutkimus. Tampereen kaupunki, Hiedanranta. Rambol Oy. Tutkimusraportti 8: 1 – 12 + 3 liitettä

Cleveland, C. C.; Liptzin, D. 2007. C:N:P stoichiometry in soil: is there a “Redfield ratio” for the microbial biomass? *Biogeochemistry* 85: 235–252.

Clocchiatti, A., Hannula, S. E., van den Berg, M., Korthals, G. & de Boer, W. 2020. The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of short-term stimulation by organic amendments. *Applied Soil Ecology* 147: 103434.

EN 13652 Soil improvers and growing media - Extraction of water-soluble nutrients and elements.

Eduskunta 2011. Jätelaki 848 Annettu Helsingissä 17, kesäkuuta 2011. Saatavilla internetissä: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>.

Heinonen, H. 2011. Kasvualustojen typpitalous ja typen pikatestimenetelmien luotettavuus. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 67 s.

Esala, M. 1991. Split application of nitrogen: Effects on the protein in spring wheat and fate of ¹⁵N-labelled nitrogen in the soil-plant system. *Annales Agriculturae Fenniae* 30: 219–309.

Esala, M. 1995. Changes in the extractable ammonium- and nitrate-nitrogen contents of soil samples during freezing and thawing. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 26: 61–68.

Guenet, B., Gabrielle, B. & Chenu, C. ym. 2020. Can N₂O emissions offset the benefits from soil organic carbon storage? *Glob Change Biol.* 00: 1–20. Saatavilla internetissä: <https://doi.org/10.1111/gcb.15342>

Heinonsalo, J. ym. 2019. Mikrobikunto-hanke. Loppuraportti. Soilfood Oy ja Helsingin yliopisto. 18 s.

Hovi, J. 2013. Puukuitulisäyksen ja talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaikutus maan eroosioherkkyyteen. RaHa-hanke. Raportti. 21 s.

ISO 10694:1995, Soil quality — Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)

ISO 14240-2:1997 Standard, Soil quality — Determination of soil microbial biomass — Part 2: Fumigation-extraction method.

ISO 13878:1998, Soil quality — Determination of total nitrogen content by dry combustion ("elemental analysis")

Jensen, L. S., Salo, T., Palmason, F., Breland, T. A., Henriksen, T. M. ym. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralization from a broad variety of plant materials in soil. *Plant and Soil* (2005) 273: 307–326.

Kaivola, A. 2013. Metsäteollisuuden lietteiden biokaasutus biojätteen kanssa. Biokaasupanoskoekiden ja jatkuvatoimisen biokaasulaitteiston avulla. Savonia-ammattikorkeakoulu. 57 s + 2 liitettä.

Kapuinen, P., Korpinen, R., Niemeläinen, O. & Palojärvi, A. 2019. Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi syksystä seuraavalle kasvukaudelle: PELTOKUITU-hankkeen esittely. (toim.) Manninen, N., Pennanen, T., Rankinen, K., Salo, T., Heinonsalo, J. Soinne H. Ihmiskunta tarvitsee maaperätieteitä. X Maaperätieteiden päivien abstraktit. Prp Terra 75: 77.

Kirchmann, H. & Bergström, L. 2003. Use of paper-mill wastes on agricultural soils: Is this a way to reduce nitrate leaching? *Acta agriculturae scandinavica. Section B, Soil and plant science* 53 (2): 8.

Koppelmäki, K. & Känkänen, H. 2014. Kokemuksia viljelijöiden pelloilta. Ravinnehuhtoutumien hallinta (RaHa). Havaintoja 3.

Lehtonen, K., Tontti, T. & Kuisma, M. 2003. Biojäte- ja lietekompostien käyttömahdollisuudet kasvintuotannossa. Maa- ja elintarviketalous 28: 1 - 120 + 5 liitettä. Saatavilla internetissä: www.mtt.fi/met/pdf/met28.pdf

Krogerus, K. 1988. Ympäristömyrkyistä Kokemaenjoen vesistön likaantuneilla alueilla. Vesi- ja ympäristöhallitus. Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri, Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 67: 1 – 103 + 9 liitettä. Helsinki

Känkänen, H., Suokannas, A., Tiilikkala, K. ja Nykänen, A. 2013. Biologinen typensidonta fossiilisen energian säästäjänä. MTT Raportti 76. Toinen korjattu painos. 61 s.

Lehman, R. M., Cambardella, C. A.; Stott, D. E, Acosta-Martinez, V., Manter, D. K. ym. 2015. Understanding and Enhancing Soil Biological Health: The Solution for Reversing Soil Degradation. *Sustainability* 7: 988-1027. Saatavilla internetissä: doi:10.3390/su7010988

Lemola, R., Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Sarvi, M., Turtola, E. 2018. Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus. Vuodet 1996-2000 ja 2005-2009. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2008. 209 p.

Liang, C.; Schimel, J. P; Jastrow, J. D. 2017. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature Microbiology* 2: 17105.

Lohiniva, E., Mäkinen, T. & Sipilä, K. 2001. Lietteiden käsittely, Uudet ja käytössä olevat tekniikat. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita. [viitattu 5.3.2013]. Saatavissa internetissä: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2081.pdf>

Metsäteollisuus 2017. Metsäteollisuuden ympäristötilastot vuodelta 2016. Saatavissa internetissä: https://www.metsateollisuus.fi/uploads/2017/06/12135348/Mt_Ymp_til_2016.pdf

Maatalouskalenteri 2021. ProAgria Keskusten Liitto, 2020. 246 p.

Manirakiza, E., Ziadi, N., St. Luce, M., Hamel, C., Antoun, H. & Karam, A. 2019. Nitrogen mineralization and microbial biomass carbon and nitrogen in response to co-application of biochar and paper mill biosolids. *Applied Soil Ecology* 142: 90-98.

Miller, R.O. Microwave Digestion of Plant Tissue in a Closed Vessel. In *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*; Kalra, Y.P., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1998; pp. 69–73

Moring, H. 2012. Puolikemiallisen sellu- ja kartonkitehtaan lietteen hyötykäyttö. Lahti: Lahden tiede- ja yritys-puisto Oy. [viitattu 16.2.2013]. Saatavissa: http://ymparisto.lahtisbp.fi/easydata/customers/ymparisto/files/mabu_5124/mabu_puolikemialli-sen_sellu_ja_kartonkitehtaan_lietteen_hyotykaytto_2012.pdf

MMMa 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24. Annettu Helsingissä 1. syys-kuuta 2011. 27 s.

Muukkonen, P., Hartikainen, H. & Alakukku, L. 2009. Boardmill sludge reduces phosphorus losses from con-servation-tilled clay soil. *Soil and Tillage Research* 104 (2): 285-291.

Myller, P. 2015. Kartoitus kloorialkalitehtaan tuotantokapasiteetin kasvattamisesta / Kemira Chemicals Oy Joutseno. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 128 sivua, 75 kuvaa, 10 taulukkoa.

NEN EN ISO 10693 : 2014, SOIL QUALITY - DETERMINATION OF CARBONATE CONTENT - VOLUMET-RIC METHOD

Niemeläinen, O., Korpinen, R., Palojärvi, A. & Kapuinen, P. 2020. Kuitulietteen käyttöön soveltuvien pelto-pinta-alojen tarkastelu Biomassa.atlaksen avulla. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote* 38. 9 s.

Palojärvi, A., Alakukku, L.; Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jørgensen, K. & Esala, M. 2002. Luon-nonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. *Maa- ja elintarviketalous* 2: 1 - 88. + 2 liitettä.

Palojärvi, A., Kellock, M., Parikka, P., Jauhiainen, L. & Alakukku, L. 2020. Tillage System and Crop Se-quence Affect Soil Disease Suppressiveness and Carbon Status in Boreal Climate. *Frontiers in microbiology* 11: 12 p.

Paul, E.A.; Clark, F.E. 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. San Diego: Academic Press. Academic Press, San Diego. 340 s.

Phillips, V. R., Kirkpatrick, N., Scotford, I. M., White, R. P. & Burton, R. G. O. 1997. The use of paper-mill sludges on agricultural land. *Bioresource technology* 60 (1): 73-80.

Raitanen, J.-E., Järvenpää, E., Korpinen, R., Mäkinen, S., Hellström, J., Kilpeläinen, P., Liimatainen, J., Ora, A., Tupasela, T., Jyske, T. (2020) Tannins of Conifer Bark as Nordic Piquancy—Sustainable Preservative and Aroma? *Molecules* 25(3):567

Rantala, P., Vaajasaari, K., Juvonen, R., Schultz, E., Joutti, A. & Mäkelä-Kurtto, R. 1999. Composting of for-est industry waste-water sludges for agricultural use. *Water Science and Technology* 40 (11–12): 187-194.

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*. Saatavilla interne-tissä: DOI: 10.1002/jeq2.20170

Saarijärvi, K., Virkajärvi, P., Heinonen-Tanski, H. 2007. Nitrogen leaching and herbage production on inten-sively managed grass and grass-clover pastures on sandy soil in Finland. *European journal of soil science* 58 6: 1382-1392.

Salo, E. & Huttunen, M. 2015. Tampereen Hietaranta kaavamuuotoshanke. Pintafilmi Oy. 23 s. +1 liite.

SFS 3030, Veden nitriitti- ja nitraattitypen summan määrittäminen

SFS 3031, Veden typen määrittäminen, Peroksidisulfaattihapetus

SFS 3032, Veden ammoniumtypen määrittäminen

SFS-EN 13650:EN, MAANPARANNUSAIKAT JA KASVUALUSTAT. KUNINGASVETEEN LIUKENEVIEN ALKUAINEIDEN UUTTAMINEN

SFS-EN 27888, Veden laatu. Sähkönjohtavuuden määrittäminen

SFS-EN ISO 7027, Veden laatu. Sameuden määrittäminen

Singh, P., Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., Palojärvi, A., Sheehy, J., Esala, M., Mitra, S., Alakukku, L., Regina, K. 2015. Tillage and crop residue management methods had minor effects on the stock and stabili-zation of topsoil carbon in a 30-year field experiment. *Science of the Total Environment* 518-519: 337-344.

Skalar SAN++ Method for ammonia

Skalar SAN++ Method for nitrate and nitrite

Sundberg, A., Sundberg, K., Lilland, C., Holmbom, B. (1996) Determination of hemicelluloses and pectins in wood and pulp fibres by methanolysis and gas chromatography. *Nord. Pulp Pap. Res. J.* 11(4): 216–219, 226.

TAPPI Test Method T 222 om-98. 1998., Acid-insoluble lignin in wood and pulp. 1991 TAPPI Useful Meth-ods, Tappi, Atlanta, GA, USA.

TAPPI Useful Methods UM 250, Acid-soluble lignin in wood and pulp. 1991 TAPPI Useful Methods, Tappi, Atlanta, GA, USA.

Uusitalo, A., Kellomäki, E. & Vääriskoski-Kaukanen, S. 2008. Selvitys Päijänteen biosfäärialueen perustamisedellytyksistä. Jyväskylä. Keski-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4 | 2008 Saatavilla internetissä: [.http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/43041/KSUra_4_2008.pdf?sequence=1&isAllo-wed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/43041/KSUra_4_2008.pdf?sequence=1&isAllo-wed=y)

Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamoille johdettavien jätevesien raja-arvot. Saatavissa:

<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/jateveden-raja-arvot/>

VN 2012. Valtioneuvoston asetus jätteistä. 179 Annettu Helsingissä 19. huhtikuuta 2012. Saatavilla internetissä: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>

VNa 2006. Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888. Annettu Helsingissä 12. päivänä lokakuuta 2006.

VNa 2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214. Annettu Helsingissä 1. maaliskuuta 2007.

VNa 2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250. Annettu Helsingissä 18. joulukuuta 2014.

VNa 2015. Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta 235. Annettu Helsingissä 19. maaliskuuta 2015.

Örså, F. & Holmbom, B. (1994). A convenient method for determination of wood extractives in papermaking process waters and effluents. J. Pulp Pap. Sci. 20 (12): J361–366.

Liite 1. Lielahden kuitulietteen kemiallisen typensidontapotentiaalin määrittäminen laboratoriossa

Noin 5 grammaa kuivaksi laskettua kuitua hajotettiin ultrapuhtaassa vedessä sekoittimella erillisiksi kuiduiksi. Kuitusulpun tilavuudeksi säädettiin 1000 ml. Sulpusta otettiin 50 ml näyte niin, ettei kuituja tullut nestenäytteen mukaan. Kuitusulpuun lisättiin joko ammoniumtyppeä ammoniumkloridina tai nitraattityppeä natriumnitraattina 50 ml. Kuitujen annettiin reagoida huoneenlämmössä typpiyhdisteiden kanssa 30 min, jonka jälkeen otettiin 50 ml näyte ja lisättiin 50 ml typpiliuosta ja annettiin reagoida taas 30 min. Tätä toistettiin 7-8 tunnin ajan. Lisätyn natriumnitraatin pitoisuus oli $0,02 \text{ mol l}^{-1}$ ($280,1 \text{ mg l}^{-1}$ typpeä), ja lisätyn ammoniumkloridin pitoisuus oli $0,02 \text{ mol l}^{-1}$ ($280,1 \text{ mg l}^{-1}$ typpeä). Ammoniumtyppikokeissa nesteen pH-arvot säädettiin rikkihapolla tai natriumhydroksidilla seuraaviksi: 4, 5, 6, 7 ja 8. Nitraattityppikokeiden pH-arvot olivat 6, 7 ja 8. Tulokset esitetään muodossa g ammonium- ja nitraattityppeä per kilogramma kuivaksi laskettua kuitua. Kokeiden aikana lisätyn liuoksen ja 30 min reagoineiden näytteiden typpipitoisuus määritettiin. Laskettiin lisätyn typen määrä ja eri näytteiden typen määrä. Typensidontapotentiaali laskettiin vähentämällä lisätystä typen määrästä näytteen mitattu typen määrä. Jos erotus on positiivinen, kuidut ovat sitoneet typpeä. Jos erotus on nolla, kuidut eivät ole sitoneet typpeä (lisätyn typen ja näytteen typen määrä ovat samoja). Jos erotus on negatiivinen, kuidut ovat vapauttaneet typpeä.

Liite 2. Kenttäkokeessa käytetyn Humuspehtoorin kuitulietteen tuoteseloste

TUOTESELOSTE	Päivitetty 08.01.2019						
Kauppanimi	<i>Pehtoorin Kate</i>						
Tyypinimi	Kuituliete						
Lannoiteasetuksen luokitus	3A5/4						
Raaka-aineet	Metsäteollisuuden kuituliete						
Pakkauskoko	Irtotavara						
Tilavuuspaino	560 kg/m3						
Pääravinteet	Typpi (N)	2000	mg/kg ka	0,30	kg/m3	0,5	kg/tn
	Vesiliukoinen typpi	110	mg/kg ka	0,0	kg/m3	0,03	kg/tn
	Fosfori (P)	1000	mg/kg ka	0,14	kg/m3	0,24	kg/tn
	Vesiliukoinen (P)	4,30	mg/kg ka	0,00	kg/m3	0,00	kg/tn
	Kalsium (Ca)	86000	mg/kg ka	12,00	kg/m3	21,0	kg/tn
pH	8,2						
Johtokyky mS/m	23,1						
Kosteus %	75,5						
Orgaaninen aines (%) (hehkutushäviö)	75,4						
Käyttötarkoitus	Maanparannusaine ja katemateriaali kaikille kasveille Ei sovellu sellaisenaan käytettäväksi kasvualustana. Sopii luomutuotantoon.						
Käyttöohje	Pehtoorin Kate soveltuu käytettäväksi kasvualustan pinnalla katteena 1 - 5 cm paksuisena kerroksena. Tuote voidaan sekoittaa myös muokkauskerrokseen. Sekoitettaessa tuotetta muokkauskerrokseen se sitoo tyypeä ja sitä on lisättävä 0,7-1 kg kuitutonnia kohti. Käytössä on huomioitava, mitä nitraattiasetuksessa (Vna 1261/2015) säädetään mm. lannoituksesta, orgaanisten lannoitteiden käytöstä ja varastoinnista.						
Alkuperämaa	Suomi						
Valmistaja	Humuspehtoori Oy FIC029-00871/2008NA						
Osoite	Aräjäventie 320 38640 ILTASMÄKI						

Liite 3. Kenttä- ja maamonoliittikokeissa käytetyn Soilfoodin ravinne- kuidun tuoteseloste



RAVINNEKUITU, Kotka
TUOTESELOSTE 26.3.2018



Kauppanimi Ravinnekuitu, Kotka
Tyyppinimi Kalkkistabiloitu puhdistamoliete (3A5-1)
Raaka-aine Metsäteollisuuden sekaliete, ei sisällä yhdyskuntajätevesilietettä

Tilavuuspaino	385 kg/m ³	Kuiva-ainepitoisuus	43,7 %
Johtokyky	40 mS/m	pH	9,5
Orgaaninen aines	64,4 % ka	Hiili-typin -suhde	53

Ravinteet	g/kg ka	kg/t	kg/m ³	35 t	=	91 m ³
Liukoinen typpi (N)	2	0,87	0,34	31		
Kokonaistypin (N)	7,1	3,10	1,19	109		
Liukoinen fosfori (P)	0,14	0,061	0,024	2,14	Lask. P kg	
Kokonaistfosfori (P)	1,5	0,66	0,25	23	13,8	
Kalium (K)	0,7	0,31	0,12	11		
Rikki (S)	3,8	1,66	0,64	58		
Mangaani (Mn)	0,13	0,06	0,02	2		
Kalsium (Ca)	52	22,72	8,75	795		
Org. aines (OM)	644	281,43	108,35	9850		
Org. hiili (OC)	374	163,23	62,84	5713		

Haitalliset metallit (mg/kg ka)

Arseeni (As)	6 (25)	Kupari (Cu)	26 (600)
Elohopea (Hg)	< 0,05 (1,0)	Lyijy (Pb)	5 (100)
Kadmium (Cd)	0,49 (1,5)	Nikkeli (Ni)	67 (100)
Kromi (Cr)	93 (300)	Sinkki (Zn)	200 (1500)

Haitallisten metallien pitoisuudet alittavat maa- ja metsätalousministeriön asettamat enimmäisarajat, jotka mainittu sulussa.

Tuotteen ominaisuuksissa voi esiintyä eloperäiselle tuotteelle tyypillistä vaihtelua verrattuna selosteessa ilmoitettuihin ominaisuuksiin.

Tuotteen liukoinen typpi voi muuttua eloperäiseen muotoon pitkäaikaisessa varastoinnissa.

Käyttötarkoitus Viljelymaan eloperäisen aineksen lisäämiseen ja lannoitukseen tavanomaisessa sekä luonnonmukaisessa maa- ja puutarhataloudessa peltoviljelykasveille.

Käyttöohje Käyttömäärä mitoitetaan ravinteiden tarpeen mukaan.
Tämän tuoteselosteen mukaisen erän
kadmiumkertymä 35 t/ha käyttömäärällä on 7,5 g/ha.
Käyttö voidaan toistaa samalla lohkolla 5,0 v. kuluttua.

Käytön rajoitteet Tuotetta ei ole hyväksytty käytettäväksi tuoreille vihanneksille, yrtti- ja juurimausteille, kotipuutarhoihin eikä taimituotantoon (varoaika 5 vuotta).

**Valmistaja ja
markkinoija** Soilfood Oy
www.soilfood.fi
soilfood@soilfood.fi
P. 050 322 33 95

Liite 4. Vehnän vastaanottovaatimukset ja laatuhinnoittelu (Raisio Oyj)



5.10.2020

Vehnän vastaanottovaatimukset ja laatuhinnoittelu 2020/21

	Peruslaatu- vaatimus	Vastaanottovaatimus
kosteus korkeintaan, %	14,0	14,0
KV valkuaispitoisuus vähintään, %	12,0	Raisio, Nokia 11,0, Naantali 12,0
SV valkuaispitoisuus vähintään, %	12,0	Raisio, Nokia 11,0, Naantali 12,0
sakoluku vähintään	220	Raisio, Nokia 180, Naantali 220
hlp vähintään, kg	78,0	78,0
muut rikkajyvät enintään, %	2,0	7,0
vieraat viljalajit enintään, %	2,0	Raisio 4,0, Nokia 2,0
roskat enintään, %	0,5	2,0
vihreät jyvät, %	2,0	Raisio 5,0, Nokia 0,5
hometoksiinit (DON) enintään, µg/kg	1250	1250

Valkuainen	
Valkuainen %	Hintakorjaus €/tn
15,0 ja yli	15
14,5-14,9	13
14,0-14,4	10
13,5-13,9	8
13,0-13,4	5
12,5-12,9	0
12,0-12,4	0
11,5 - 11,9	-4
11,0 - 11,4	-6

Sakoluku	
Sakoluku	Hintakorjaus €/tn
220 ja yli	0
210-219	-2
200-209	-3
190-199	-4
180-189	-4
160-179	-10

Kosteus	
Kosteus %	Hintakorjaus €/tn
14,6-15,0	-8,00
14,1-14,5	-3,00
13,5-14,0	0,00
13,4	0,10
13,3	0,20
13,2	0,30
13,1	0,40
13,0	0,50
12,9	0,60
12,8	0,70
12,7	0,80
12,6	0,90
12,5 tai alle	1,00
Vastaanotossa kosteus saa olla enintään 14 %	

Roskat	
Roskat %	Hintakorjaus €/tn
0,6	-0,60
0,7	-0,70
0,8	-0,80
0,9	-0,90
1,0	-1,00
1,1	-1,10
1,2	-1,20
1,3	-1,30
1,4	-1,40
1,5	-1,50
1,6	-1,60
1,7	-1,70
1,8	-1,80
1,9	-1,90
2,0	-2,00

Muut rikkajyvät					
Muut rikkajyvät %	Hintakorjaus €/tn	Muut rikkajyvät %	Hintakorjaus €/tn	Muut rikkajyvät %	Hintakorjaus €/tn
2 tai alle	0	3,7	-2,60	5,4	-5,60
2,1	-1,00	3,8	-2,70	5,5	-5,80
2,2	-1,10	3,9	-2,80	5,6	-6,00
2,3	-1,20	4,0	-2,90	5,7	-6,20
2,4	-1,30	4,1	-3,00	5,8	-6,40
2,5	-1,40	4,2	-3,20	5,9	-6,60
2,6	-1,50	4,3	-3,40	6,0	-6,80
2,7	-1,60	4,4	-3,60	6,1	-7,00
2,8	-1,70	4,5	-3,80	6,2	-7,20
2,9	-1,80	4,6	-4,00	6,3	-7,40
3,0	-1,90	4,7	-4,20	6,4	-7,60
3,1	-2,00	4,8	-4,40	6,5	-7,80
3,2	-2,10	4,9	-4,60	6,6	-8,00
3,3	-2,20	5,0	-4,80	6,7	-8,20
3,4	-2,30	5,1	-5,00	6,8	-8,40
3,5	-2,40	5,2	-5,20	6,9	-8,60
3,6	-2,50	5,3	-5,40	7,0	-8,80

Jos vehnän laatu alittaa tai ylittää seuraavat laaturajat, erä menee rehuvehnähinnoitteluun:

VASTAANOTTOPAIKKA RAISIO:

Valkuaispitoisuus KV alle 11,0 %, SV alle 11,0 %, sakoluku alle 180, hlp alle 78 kg

vihreät jyvät yli 4 % tai DON yli 1250 µg/kg.

VASTAANOTTOPAIKKA NAANTALI:

Valkuaispitoisuus alle 12,0 %, sakoluku alle 220, hlp alle 78 kg,

muut rikkajyvät yli 7 %, vihreät jyvät yli 4 % tai DON yli 1250 µg/kg.

Yleiset ehdot

www.raisio.com/viljat