

Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 46/2015

Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu

Käytännöllisiä ohjeita LeviLogi-hankkeesta

Tiina Tontti, Petri Kapuinen, Johanna Ojajärvi, Erkki Joki-Tokola, Marika Laurila, Tanja Ikäläinen, Jarkko Kekkonen, Anna-Maria Veijalainen

Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu

Käytännöllisiä ohjeita LeviLogi-hankkeesta

Tiina Tontti, Petri Kapuinen, Johanna Ojajärvi, Erkki Joki-Tokola, Marika Laurila,
Tanja Ikäläinen, Jarkko Kekkonen, Anna-Maria Veijalainen

Hanketta ”Orgaaniset lannoitevalmisteet lähialueiden tilojen käyttöön” (hankenumero 13720) rahoitti Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto vuosina 2011-2014.



ISBN: 978-952-326-091-7 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-092-4 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-092-4>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Tiina Tontti, Petri Kapuinen, Johanna Ojajärvi, Erkki Joki-Tokola, Marika Laurila, Tanja Ikkäläinen, Jarkko Kekkonen, Anna-Maria Veijalainen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2015

Julkaisuvuosi: 2015

Kannen kuva: Tiina Tontti

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Tiina Tontti¹, Petri Kapuinen², Johanna Ojajärvi³, Erkki Joki-Tokola⁴, Marika Laurila⁴, Tanja Ikäläinen², Jarkko Kekkonen⁴, Anna-Maria Veijalainen³

¹) Luonnonvarakeskus (Luke), Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, etunimi.sukunimi@luke.fi

²) Luonnonvarakeskus (Luke), Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, etunimi.sukunimi@luke.fi

³) Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, etunimi.sukunimi@uef.fi

⁴) Luonnonvarakeskus (Luke), Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@luke.fi

Biolaitokset käsittelevät huomattavia määriä biomassoja ympäri vuoden, mutta niistä jalostettavien lannoitevalmisteiden käyttö on mahdollista vain kasvukauden aikana. Tuotteiden varastointi valmistuksesta käyttöön on biolaitoksille ongelma ja toisaalta niiden varastointi on ongelma myös viljelijöille. Hankkeen tavoitteena oli saada tietoa orgaanisten maanparannusaineiden patteroinnista syntyvistä valumista ja selvittää keinot, joilla mahdollinen ympäristönkuormitus voidaan estää. Orgaanisten maanparannusaineiden kuljetukseen liittyy kiinteänä osana kuormaus ja purku sekä varastointi, joka tapahtuu täysin eri tavoin kiinteiden tai nestemäisten materiaalien kohdalla. Ympäristön kannalta kestävä mutta kustannuksiltaan kohtuullinen peltopatterointi ja logistiikka vaativat selvitystyötä ja malliratkaisujen tarjoamista yleiseen käyttöön.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden oikeista levitystekniikoista ja oikeasta annostelusta viljelykäytössä on ollut epäselvyyttä. Tarvittiin tietoa eri levityslaitteiden soveltuvuudesta orgaanisille lannoitevalmisteille ja ohjeita laitteiden oikeista säädöistä. Orgaanisten tuotteiden käyttömäärää rajoittavat yleensä nitraattiasetuksen kokonaistypen levitysraja 170 kg/ha, jos raaka-aineena on yli 10 % lantaa, ja ympäristökorvauksen fosforilannoitusrajat, jos tila kuuluu siihen. Joskus käyttömäärää on voinut rajoittaa lannoitevalmistelaimen haitallisten metallien hehtaarikohtainen kuormitusraja. Liukoksen tyyppien tarkka annostelu on erittäin tärkeää hyvän sadon määrän ja laadun kannalta. Liukoksen tyyppien määrän ja sen käyttökelpoisuuden vaihtelu orgaanisissa lannoitevalmisteissa tuovat suuria haasteita oikean annoksen ja riittävän hyvän levitystasaisuuden saavuttamiselle. Sopivan suhteen löytäminen orgaanisesta tuotteesta ja täydennyslannoituksesta tulevan liukoksen tyyppien määrille on kompromissi levityskustannusten ja tuotantovaikutuksen välillä. Käytännölliset ohjeet orgaanisten tuotteiden levitystekniikkaan ja käyttöön ovat tarpeellisia viljelijöiden, tuotevalmistajien ja lannoitevalmisteiden tulevan kysynnän kannalta.

Tavoitteena oli määrittää erilaisille orgaanisille lannoitevalmistetyypeille soveltuvat levitystekniikat, käytötavat, logistiikka ja peltopatterointi. Hanketta toteutettiin neljällä ELY-alueella: Kaakkois-Suomi, Etelä-Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa ja Uusimaa. Kaakkois-Suomessa esimerkkituotteena oli termofiilisen prosessin mädätysjäännös. Etelä-Pohjanmaalla esimerkkituotteena oli puhdistamolietteen ja biojätteen mesofiilisen mädätysprosessin jäännöksestä termisesti pelletöity maanparannusrae (tyyppinimi kuivarae tai -jauhe). Pohjois-Pohjanmaalla esimerkkituotteena oli Kemicond-käsittelyllä kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete. Kenttäkokeissa oli mukana myös lietepohjainen kuivarae. Uudellamaalla esimerkkituotteena oli lietepohjainen maanparannuskomposti.

Patteroinnit alkoivat talvella pellon routaannuttua ja päättyivät keväällä. Peltovarastointi aiheutti liukoksen tyyppien pitoisuuden nousun vain peltopatterin kohdalla olevassa maassa. Patterien purkamisen aikaan maan pintakerrosten ammoniumtyppi oli kohonnut korkeintaan 30 cm syvyydessä patterin alla. Ammoniumtyppi voi kasvukauden aikana muuntua huuhtoutumiselle alttiiksi nitraattitypeksi, joten tyyppien siirtymistä patterin alla oleviin maakerroksiin on ehkäistävä. Pistekuormitus voidaan minimoida auman rakenteellisilla ratkaisuilla. Orgaaninen nestettä ja ammoniumtyyppiä sitova pohjakerros lannoitevalmisteen alla voi sitoa ravinteita maahan valuvasta nesteestä. Yksi mahdollinen ratkaisu voi olla myös lannoitevalmisteen väliaikaisvarastointi ja tyyppipitoisen nesteen ”valutus” valmistuslaitoksella. Pellolla varastoitavan maanparannusaineen kuiva-aineen tulee 1.4. voimaan tulleen Nitraattiasetuksen (VnA 1250/2014) mukaan olla yli 30 prosenttia. Täsmällinen ja ajantasai-

nen tuoteseloste on viljelyssä tärkeä työkalu. Tasainen kuiva-ainepitoisuus on erityisesti levittämisen yhteydessä tärkeää, koska se vaikuttaa levityskuvioon.

Levitysmenetelmiä valittaessa on huomioitava orgaanisen lannoitevalmisteen raekoko, kosteus ja tasalaatuisuus sekä valittava levityskalusto sopivaksi kyseiselle materiaalille. Levityskaluston käyttöä on syytä harjoitella juuri kyseisellä tuotteella tai jopa kyseisellä tuote-erällä. Kiinteän maanparannusaineen tasainen levitys onnistuu yleensä sitä paremmin mitä kuivempaa ja tasalaatuisempaa levitettävä massa on. Tasainen levitys on tärkeää, jotta liukoisen typen annos on tasainen ja sato valmistuu tasaisesti. Tasainen levitys voi viedä enemmän aikaa, mutta huolimattomasti levitettyt suuret massat tuovat enemmän vaikeuksia kuin tyytyväisiä asiakkaita.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden annostelussa on yleensä syytä keskittyä liukoisen typen oikeaan annokseen. Orgaanisen liukenemattoman typen satovaikutus on useimmiten vähäinen. Muiden ravinteiden satovaikutuksen tarkastelu ei ole orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön yhteydessä mielekästä, koska typen vaikutus peittää alleen muiden ravinteiden vaikutuksen. Liukoisen typen pitoisuus orgaanisissa lannoitevalmisteissa vaihtelee paljon. Lisäksi typen liukoisuus vaihtelee orgaanisen lannoitevalmisteen lähtömateriaalin mukaan, joten tuotteiden välinen vertailu on haastavaa.

Tiettyjen kuivien tuotteiden osalta orgaanisten lannoitevalmisteiden annostelua kannattaa tarkastella liukoisen typen lisäksi myös kokonaistyyppipohjalta. Tällaisia eläinperäisiä, muusta kuin lannasta valmistettuja, lannoitevalmisteita ovat esimerkiksi maitopohjainen kuivarae ja lihaluujauhohohjaiset tuotteet. Näissä tuotteissa liukenematon orgaaninen tyyppi mineralisoituu kasvukauden kuluessa niin nopeasti, että viljelykasvit ehtivät hyötyä niistä.

Orgaanisten maanparannusaineiden sopiva levitysmäärä on noin 20 t/ha (lukuun ottamatta kuivaraeita ja -jauheita). Suurin sallittu levitysmäärä määräytyy yleensä kokonaistyyppipitoisuuden perusteella niin, että kerta-annos on 170 kg/ha kokonaistyyppiä, vaikka kyseinen ns. nitraattiasetuksen raja ei enää lietetuotteita koskekaan. Jos fosforimäärä tai haitallisten metallien kuormitus ei mahdu sallittuihin rajoihin viiden vuoden tasausjakso huomioon ottaen, alennetaan levitysmäärää. Kun tämä sallittu ja järkevä taso on löytynyt, pidetään mieluummin välivuosi kuin pienennettään annosta. Kylvön yhteydessä annettavan täydennystyyppiannoksen määrän kannattaa usein olla vähintään 60 kg/ha, jos liukoisen typen tavoitetaso on luokkaa 100 kg/ha ja maanparannusaineen liukoisen typen pitoisuus on matala. Mikäli maanparannusaineessa on runsaasti liukoista tyyppiä (esim. 3-4 kg/t), kannattaa silloinkin tavoitella käytännössä toimivaa levitysmäärää (noin 20 t/ha) ja täydentää kylvölannoituksessa tarvittava tyyppimäärä, mikäli liukoisen typen sallittu käyttömäärä sen mahdollistaa. Tätä pienemmät levitysmäärät olisivat käytännössä hankalia levittää. Myös logistiset kustannukset (kuljetukset, organisointi) kasvavat tuoteyksikköä kohti yksittäisten kohteiden levitysmäärien pienentyessä.

Kuivaraeiden tai -jauheiden sopiva käyttömäärä on kokonaistypen perusteella noin 5 t/ha. Fosforirajat saattavat kuitenkin helposti ylittyä tällä levitysmäärällä, jos lohkon fosforiluku on välttävä tai sitä korkeampi. Kuivaraeiden levitykseen sopivat lähinnä kalkinlevittimet. Tavanomaisten mineraalilannoitteiden levittämiseen tarkoitettut keskipakoislevittimet eivät yleensä ole tarpeeksi kestäviä näille tuotteille, ja ne on suunniteltu selvästi pienemmille mineraalilannoitteiden levityksessä käytettäville levitysmäärille.

Peltoikätyön uudet säännökset Nitrattiasetuksessa ja Ympäristökorvausjärjestelmässä aiheuttavat haasteita kierrätysravinnetuotteiden käytölle keväällä 2015. Sallitut fosforin käyttömäärät peltoviljelyssä tiukentuvat sekä fosforin levitysmäärien että kokonaisfosforin käyttökelpoisuuden osalta, jolloin lietepohjaisten tuotteiden käyttö ja kysyntä muuttuu väistämättä. Tarvitaan edelleen tietoisia kehittämistoimia, jotta kierrätysravinteiden käyttö on tulevaisuudessa kestävä ja mielekästä toimijoiden kannalta.

Asiasanat: lannoitevalmiste, maanparannuskomposti, mädätysjäännös, kuivarae, kemiallisesti hapeitettu puhdistamoliete, levitystekniikka, peltopatterointi, täydennyslannoitus

Sisällys

1. Kehitetään varastointia, levitystä ja täydentämistä	7
2. Tiedonkeruun tavat	10
2.1. Tilakohteilla kerätty tieto.....	10
2.2. Lannoitevalmisteiden ja yhteistyötilojen kuvaus.....	12
2.2.1. Maanparannuskomposti Uusimaa	12
2.2.2. Mädätysjäännös Kaakkois-Suomi	12
2.2.3. Kuivarae Etelä-Pohjanmaa	13
2.2.4. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete	13
2.3. Peltokokeiden toteutus	14
2.3.1. Viljakokeet, Jokioinen	14
2.3.2. Nurmen suojaviljakoe, Ruukki	18
2.4. Patterisimulaattorit	20
3. Tulokset ja johtopäätökset	21
3.1. Tuotteiden mikrobiologinen laatu	21
3.1.1. Maanparannuskomposti	21
3.1.2. Mädätysjäännös.....	22
3.1.3. Maanparannusrae.....	24
3.1.4. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete	24
3.1.5. Mikrobiologisten tulosten tarkastelu	24
3.2. Lannoitevalmisteiden aumavarastointi ja typpivaluma.....	26
3.2.1. Maanparannuskomposti peltovarastoinnissa.....	26
3.2.2. Kuivattu mädätysjäännös peltovarastoinnissa	28
3.2.3. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete peltovarastoinnissa.....	31
3.2.4. Tuotteiden peltovarastointi ilman pohjakerrosta.....	33
3.2.5. Pohjakerroksen ja peittämisen vaikutus peltovarastoinnissa.....	34
3.2.6. Patterisimulaattorien typpivaluma	38
3.2.7. Johtopäätökset lannoitevalmisteiden aumavarastoinnista	43
3.3. Levitystasaisuus	45
3.3.1. Maanparannuskomposti	45
3.3.2. Kuivattu mädätysjäännös	46
3.3.3. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete	48
3.3.4. Kuivarae	50
3.3.5. Levitystoimien kehittäminen	51
3.4. Viljakokeet	53
3.4.1. Ohra	53
3.4.2. Vehnä	59

3.4.3. Viljakokeiden johtopäätökset	64
3.5. Nurmen suojaviljan peltokoe.....	66
3.5.1. Säätökijöiden vaikutus	66
3.5.2. Sadon määrä ja koostumus.....	68
3.5.3. Ravinnetaseet ja ravinteiden näennäinen hyväksikäyttö	69
3.5.4. Suojaviljan lannoituskokeen jälkivaikutus	71
3.5.5. Johtopäätökset suojaviljan lannoituksesta	71
4. Yhteenveto	72
5. Käyttäjän ohjeet	76
5.1. Maanparannusaineiden aumavarastointi eli patterointi.....	76
5.2. Maanparannusaineiden levittämisen muistilista.....	77
5.3. Annostelun ja täydennyslannoituksen periaatteet	78
Viitteet.....	79

1. Kehitetään varastointia, levitystä ja täydentämistä

Uusiutumattomien luonnonvarojen hupeneminen ja mineraalilannoitteiden hintojen nousu on muuttanut niin viranomaisten, lannoitevalmisteiden tuottajien, kuin loppukäyttäjienkin suhtautumista orgaanisiin kierrätysmateriaaleihin pohjautuviin lannoitevalmisteisiin ja niiden avulla tapahtuvaan ravinteiden palauttamiseen elintarviketuotantoon. Viime vuosina orgaanisten lannoitevalmisteiden tuotantoa on kehitetty ja tuotteiden laatu on parantunut paljon. Laadunkehitystä tarvitaan kuitenkin edelleen lannoitevalmistetuotteiden ympäristölle sekä terveydelle turvallisen ja säädöstenmukaisen laadun takaamiseksi. Viljelijän tulisi saada orgaanisista lannoitevalmisteista todellista hyötyä joko positiivisen satovaikutuksen, peltomaan kasvukunnon ylläpidon tai lannoituskustannusten alenemisen kautta. Ellei hyödyllistä vaikutusta ole todettavissa, tarvitaan todennäköisesti muita kannustimia, esim. ympäristötukia orgaanisten materiaalien kierrätyksen lisäämiseksi.

Biokaasulaitosten eläinsivutuotepohjaisen käsittelyjäännöksen valmistusta lannoitevalmisteeksi ja sen käyttöä säätelevät asetukset Euroopan Unionin muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveystäännöistä (1069/2009/EY, 595/2010/EY, 4.3.2011 lähtien 1069/2009/EY) sekä yleisesti Suomen lannoitevalmistelaki (539/2006) ja -asetus (MMM 12/2007). Eläinperäisten sivutuotteiden käsittelyjäännöksen hygieeniselle laadulle on asetettu vaatimuksia, jotka koskevat myös muuta kuin lantaa käsitteleviä laitoksia.

Lannoitevalmisteiden laatua säätelee lannoitevalmistelaki (539/2006) ja syyskuussa 2011 voimaan tullut uusi lannoitevalmisteasetus (MMM 24/11). Lannoitevalmisteiden tyyppinimijärjestelmä uudistui tässä yhteydessä. Nykyisin Evira ylläpitää tyyppinimiluetteloa, joka löytyy Eviran nettisivuilta (www.evira.fi). Tyyppinimiryhmistä säädetään edelleen lannoitevalmisteasetuksessa. Lannoitevalmisteissa sallitut haitallisten metallien enimmäispitoisuudet on säädetty asetuksessa (MMM 24/11). Vuonna 2012 annettu lannoitevalmisteasetuksen muutos (MMM 12/12) ja sen 11a § määrittelevät puhdistamolietteen ja siihen rinnastettavien lietteiden maanviljelyskäytön edellytykset. Lannoitevalmisteasetuksen (MMM 24/11) 11a § sovelletaan vain tyyppinimiryhmän 3A5 tyyppinimiin kuuluviin lannoitevalmisteisiin, joiden raaka-aineesta vähintään 10 % on puhdistamolietettä tai siihen rinnastettavaa lietettä. Tällaisten tuotteiden käyttäjän on analysoitava levitysalueen haitallisten metallien pitoisuudet ja tarkistettava haitallisten metallien kuormitus käytettävällä levitysmäärällä. Käyttölohkon maan pH tulee olla pääsääntöisesti yli 5,8 ja kalkkistabiloitua lietettä käytettäessä yli 5,5. Tyyppinimiryhmän 3A5 mukaisten puhdistamolietteestä valmistettujen tuotteiden käyttö on sallittua viljalle, sokerijuurikkaalle, öljykasveille, muille kuin tuoreena syötävillä kasveille ja nurmen suojaviljalle (multaus tehtävä). Lietetuotteen käytön jälkeen on 5 vuoden varoaika perunan, juuresten, vihannesten sekä juuri- ja yrttimausteiden viljelyssä. Tyyppinimiryhmään 3A2 kuuluvissa lannoitevalmisteissa voi olla yli 10 % puhdistamolietettä ilman, että niihin sovelletaan lannoitevalmisteasetuksen (MMM 24/11) 11a § määräyksiä. Tähän ryhmään kuuluvien lietetuotteiden varoaika voi olla lyhyempi kuin edellä kerrottu ja vain kadmiumkuormitusta on seurattava. Myöskään maan haitallisten metallien pitoisuuksien määrittämistä ennen levitystä ei näillä vaadita.

Uudessa lannoitevalmisteasetuksessa (MMM 24/11) lannoitevalmisteiden seostamista määrittelevä sisältö pysyi ennallaan. Valmistettaessa lannoitevalmisteita sekoittamalla yhtä tai useampaa lannoitevalmistetta keskenään, tulee kunkin raaka-aineen täyttää lannoitevalmisteille asetuksessa (MMM 24/11) asetetut laatuvaatimukset sekä sen liitteen IV vaatimukset. Tällöin esim. molempien seostettavien materiaalien haitallisten metallipitoisuuksien tulee ennen seostamista alittaa asetuksen määräämät enimmäispitoisuudet. Mikäli biokaasulaitoksessa prosessoidaan yhdyskuntien jätevesipuhdistamon lietettä, sovelias käyttökohteita tämän tyyppisille lannoitevalmisteille on tavallinen tuotanto, sillä luomusäädösten mukaan puhdistamolietteen käyttö ei ole sallittua luonnonmukaisessa tuotannossa (EU 889/2008).

Lannoitevalmistelainsäädännön laadulliset vaatimukset ja viljelyn ravinnetarpeet täyttävälle tuotteelle on löydettävä sopiva levitysmenetelmä ja -kalusto, jotta sen käyttö yleistyisi ja vaikutuk-

set kasvinravitsemuksessa olisivat tarkoituksenmukaiset ja tarpeettomalta ympäristökuormitukselta vältyttäisiin. Levitysmenetelmään liittyy kiinteästi myös tuotteen käyttöstrategia. Viljelykäytön kannalta suuri este on ollut epätietoisuus erityyppisille lannoitevalmisteille soveltuvista levitystekniikoista ja niiden oikeasta annostelusta. Kompostien ja sitä vastaavien lannoitevalmisteiden levitykseen soveltuvat erilaiset kuivalannan tarkkuuslevittimet, mikäli kertalevitysmäärä on yli 10 t/ha. Puuttuu kuitenkin perustietoa siitä, millaiselle levittimelle kukin tuote sopii. Pieniä, alle 10 tonnin hehtaariannoksia on vaikea levittää kuivalannan tarkkuuslevittimillä tarkasti, ja toisaalta mineraalilannoitteiden levittimillä ei yleensä voi levittää orgaanisia lannoitevalmisteita riittävää määrää tai levitys on ainakin hidasta. Orgaanisten lannoitevalmisteiden fysikaaliset ominaisuudet ja käyttömäärät sekä toisaalta levityslaitteiden ominaisuudet on sovitettava toisiinsa.

Tavanomaisten mineraalipohjaisten väkilannoitteiden käyttö ja levitystekniikat tunnetaan käytännön viljelyssä hyvin, mutta tavanomaisesta poikkeavien orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttöä tunnetaan vähemmän. Orgaanisen lannoitevalmisteen käytön suunnittelu on haastavaa, sillä orgaanisten lannoitevalmisteiden sisältämien ravinteiden pitoisuudet vaihtelee käytännössä paljon verrattuna mineraalilannoitteiden vastaavaan vaihteluun. Kasvintuotannossa keskeisesti vaikuttavan liukoisen tyypin eri komponenttien osuudet vaihtelevat tuotteittain riippuen raaka-aineista ja käytetyistä valmistusprosesseista. Lannoitevalmistelainsäädännön vähimmäisvaatimusten mukaiset analyysitulokset erityisesti liukoisesta tyypestä eivät aina anna oikeaa tai riittävää kuvaa tyypin määrästä tai nopeasta saatavuudesta kasvukauden alussa peltokasvituotannossa. Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttökokemukset ovat usein hajallaan, ja orgaanisten tuotteiden laaja kirjo lisää käytön haastavuutta. Useimpia orgaanisia lannoitevalmisteita on taloudellista kuljettaa vain rajatulle etäisyydelle tuotantolaitoksesta, koska niiden ravinnepitoisuudet ovat pienet suhteessa mineraalilannoitteiden vastaavaan. Jotta lannoitevalmiste löytäisi tuotantopaikkansa läheltä sopivat maatalouskäyttäjät, on tuotteen laatu ja käyttöominaisuudet sovitettava valmistuslaitoksen lähialueen potentiaalisten käyttäjien tarpeisiin.

Biolaitokset käsittelevät huomattavia määriä biomassoja ympäri vuoden, mutta niistä jalostettavien lannoitevalmisteiden käyttö on mahdollista vain kasvukauden aikana. Tuotteiden varastointi valmistuksesta käyttöön on biolaitoksille ongelma, ja toisaalta niiden varastointi on ongelma myös viljelijöille. Hankkeen tavoitteena oli saada tietoa orgaanisten maanparannusaineiden patteroinnista syntyvistä valumista ja selvittää keinot, joilla mahdollinen ympäristökuormitus voidaan estää. Orgaanisten maanparannusaineiden kuljetukseen liittyy kiinteänä osana kuormaus ja purku sekä varastointi, joka tapahtuu täysin eri tavoin kiinteiden tai nestemäisten materiaalien kohdalla. Ympäristön kannalta kestävä mutta kustannuksiltaan kohtuullinen peltopatterointi ja logistiikka vaativat selvitystä ja malliratkaisujen tarjoamista yleiseen käyttöön.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden soveltuvat levitystekniikat ja tuotteiden oikea annostelu viljelykäytössä ovat aiheuttaneet epätietoisuutta. Epätietoisuuden vähentämiseksi tarvittiin tietoa levityslaitteiden soveltuvuudesta orgaanisille lannoitevalmisteille ja ohjeita laitteiden oikeista säädöistä. Orgaanisten tuotteiden käyttömäärää rajoittavat lannoitevalmistelainsäädännössä, nitraattiasetuksessa ja ympäristötukijärjestelmässä määritellyt ravinteiden käyttörajat. Käyttörajoja on kasveille käyttökelpoiselle ja liukoiselle fosforille sekä kokonais- ja liukoiselle typelle. Joskus käyttömäärää on voinut rajoittaa haitallisten metallien pitoisuus. Liukoisen tyypin tarkka annostelu on erittäin tärkeää hyvän sadon määrän ja laadun kannalta. Liukoisen tyypin määrän ja sen käyttökelpoisuuden vaihtelu orgaanisissa lannoitevalmisteissa tuovat suuria haasteita annostelulle ja levitystasaisuuden hallinnalle. Sopivan suhteen löytäminen orgaanisen tuotteen ja täydennyslannoitukseen määrille on kompromissi levityskustannusten ja tuotantovaikutuksen välillä. Käytännölliset ohjeet orgaanisten tuotteiden levitystekniikkaan ja käyttöön ovat tarpeellisia sekä viljelijöiden että tuotevalmistajien ja tulevan kysynnän kannalta.

Hankkeen tavoitteena oli määrittää erilaisille orgaanisille lannoitevalmistetyypeille soveltuvat levitystekniikat, käyttötavat, logistiikka ja peltopatterointi. Työ toteutettiin neljällä ELY-alueella: Kaakkois-Suomi, Etelä-Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa ja Uusimaa. Kaakkois-Suomessa yhteistyökumppani oli Kymen Bioenergian biokaasulaitos ja esimerkkituotteena termofiilisen prosessin mädätysjäännös. Etelä-Pohjanmaalla yhteistyökumppani oli Lakeuden Etappi ja esimerkkituotteena

puhdistamolietteen ja biojätteen mesofiilisen mädätysprosessin jäännöksestä termisesti pelletöity maanparannusrae (tyyppinimi kuivarae tai - jauhe). Pohjois-Pohjanmaalla yhteistyökumppani oli Kemira ja esimerkkituotteena Kemicond-käsittelyllä kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete ja kentäkokeissa myös lietepohjainen kuivarae (raaka-aine pääosin maidonjalostusteollisuuden jätevesistä). Uudellamaalla yhteistyökumppani oli Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY Vesi) ja esimerkkituotteena lietepohjainen maanparannuskomposti.



2. Tiedonkeruun tavat

2.1. Tilakohteilla kerätty tieto

Tilakohteissa selvitettiin orgaanisen lannoitevalmisteen kuljetus tiloille, varastointi, levitystekniikka ja annostelutapa työhön käytössä olevalla levityskalustolla. Tiloilla tehtiin samat toimenpiteet alueellisista olosuhteista ja lannoitevalmisteista aiheutuneet erot huomioiden.

Tiloilla selvitettiin viljelijöiden kanssa lannoitevalmisteiden kuljetuskalusto, levitykseen soveltuva levityskalusto ja muut peltolevitykseen liittyvät urakointijärjestelyt. Lisäksi selvitettiin lannoitevalmisteiden peltovarastointiin liittyvät käytännöt. Viljelijöiden tekemät lannoitevalmisteen patterointi-ilmoitukset koottiin kohteen pohjatietoihin. Viljelijät toimittivat patterointi-ilmoitukset itsenäisesti ja toimivat ympäristöviranomaisten antamien ohjeiden mukaisesti. Patteroinnin valmistelutyöt, kuten patterin paikan mittaukset, valumalinjan paikan arviointi ja syvämaanäytteiden ottaminen tehtiin talvella ennen patterointia. Patterin koko, eli lannoitevalmisteen määrä, riippui peltolohkolle levitettävää määräästä.

Patteri perustettiin routaantuneen, lumesta auratun maan päälle ja patterin alla oli paljas maa, kerros turvetta, olkea tai puukuitua. Lannoitevalmisteen levitys pellolle dokumentoitiin ja levitystasaisuutta mitattiin urakoitsijan työskentelyn aikana. Viljelijän valitsema urakoitsija asetti levityskaluston säädöt, ajonopeuden, levitysmäärän tuotteelle sopiviksi. Lannoitevalmisteen levitysmäärä ja -tasaisuus määritettiin niin, että viljelijä tai urakoitsija ajoi pellolle levitetyn, pinta-alaltaan 1 x 12 metrin kokoisen peiton tai 60 x 90 senttimetrin kokoisten kynnysmattojen (32 kappaletta, mattojen välillä 10 cm rako) ylitse, mihin jäänyt lannoitevalmiste kerättiin muovisankoihin punnitukseen. Mittaukset toistettiin niin monta kertaa, että saatiin edustavat mittaukset.

Patterivarastoinnin vaikutus peltomaan liukoisen typen (ammoniumtypen ja nitraattitypen) pitoisuuteen selvitettiin syvämaanäytteillä pattereiden läheisyydestä. Lisäksi selvitettiin, onko patterin pohjausmateriaalilla (paljas maa, turve, sahanpuru ja olki) tai patterin peittämisellä vaikutusta ravinnevalumaan ja maaperän typpipitoisuuksiin. Patterointi toteutettiin kaikilla lannoitevalmisteilla Lakeuden Etapin kuivaraetta lukuunottamatta. Sen varastoinnista huolehti tuottaja ja tuote tuotiin levityspäivänä pellolle. Peltomaan typpipitoisuudet määritettiin seuraavista syvyyksistä: 0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm, 40–50 cm ja 50–60 cm.

Syvämaanäytteet otettiin ennen patterin perustamista ja patteroinnin loputtua; patterin alalta ja määrätietäisyyksiltä patterista potentiaalisimman valuman linjan suunnassa. Näytteitä otettiin lisäksi patteroinnin vaikutusalueen ulkopuolelta. Patterin pohja-alalta tehdyn mittauksen tavoitteena oli selvittää lannoitevalmisteesta mahdollisesti erittyvän liukoisen typen huuhtoutuminen peltomaahan. Valumalinjamittaukset todensivat puolestaan liukoisen typen pintavalunnan merkitystä. Valumalinja määritettiin yhdessä viljelijän kanssa.

Patterin pohjan alueelta maanäytteet otettiin edustavasti 4-8 kohdasta. Osanäytteet yhdistettiin kerroksittaisiksi keruunäytteiksi, jotta näytteiden ainemäärä saatiin riittävän suureksi kemiallisiin analyyseihin. Valumalinjan maanäytteet kairattiin patterin todennäköiseltä valumalinjalta 3 m, 5/10 m ja 30 m etäisyydeltä patterista (jokaisesta kaksi rinnakkaista kairausta). Patteroinnin vaikutusalueen ulkopuoliset vertailunäytteet otettiin yleensä patterin yläpuolelta ja riittävän etäisyyden päästä patterista.

Maanäytteiden kairaukseen valittiin joko ns. typpikaira tai lusikkakaira peltomaan ominaisuuksien perusteella. Maanäytteet sekoitettiin muovisangossa, rasioitiin tai pussitettiin paikan päällä, jäähdytettiin näytteenoton jälkeen kylmälaukuissa ja siirrettiin saman päivän aikana pakastimeen. Maanäytteet vietiin pakastettuina kaupalliseen laboratorioon ja siellä sulatetuista näytteistä analysoitiin ammonium- ja nitraattityppi vesikemian standardimenetelmillä.

Lannoitevalmistepattereista otettiin näytteet ennen levitystä. Niistä määritettiin lannoitevalmisteen ravinnepitoisuuden lisäksi myös tiettyjen metallien pitoisuus sekä määritettiin lannoitevalmisteen hygieeninen laatu. Analyysitulosten perusteella laskettiin tilojen vastaanottamien eri lannoitevalmistekuormien

ravinnemäärä ja selvitettiin niiden vaihtelua kuormien välillä. Hygienianalyysillä varmistettiin tuotteiden hygieeninen laatu ja samalla saatiin tietoa patteroinnin vaikutuksesta hygieeniseen laatuun.

Patteroidusta lannoitevalmisteesta otetuista näytteistä määritettiin *Salmonella*, *Escherichia coli*, enterokokit ja anaerobiset sulfiittia pelkistävät itiölliset klostridit. Ennen tuotteen toimitusta tilalle, on tuotantolaitoksissa tehty lannoitevalmistelain (539/2006) mukaiset määrytykset ja varmistettu, että tuote alittaa hygieniaan liittyvät raja-arvot. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen (24/11) mukaan lannoitevalmisteissa ei saa olla todettavissa *Salmonellaa* 25 grammassa näytettä. *Salmonellabakteerit* voivat aiheuttaa ihmiselle suolisto- ja yleistulehduksia (THL 2013). Myös *Escherichia coli* on MMM:n asetuksessa (24/11) annettu raja-arvo (1000 pmy/g). *E. coli* pidetään yleisesti ulostesaastunnan merkkiaineena ja osa lajeista voi aiheuttaa suolistotulehduksia (Rice 2003). Klostrideille ja enterokokeille ei ole asetettu raja-arvoja. Klostridien esiintyessä on kuitenkin mahdollista, että tuotteessa esiintyy myös *Clostridium perfringens* bakteeria, joka on yleinen ruokamyrkytyksen aiheuttaja. Itiöitä muodostavat *Clostridium*-suvun bakteerit voivat myös tuottaa mm. voihappoa hiilihydraattikäymisessä, mikä aiheuttaa nurmisäilörehun pilaantumisen sen säilönnän ja varastoinnin aikana (Payment ym. 2003). Enterokokit voivat aiheuttaa ruokamyrkytyksiä ja infektioita ihmisille ja eläimille (Borrego ym. 2003).

Lannoitevalmistepattereista otetut näytteet koostettiin kuvatulla tavoin edustavasti useasta osanäytteestä. Näytteenotossa pyrittiin lisäksi huomioimaan patterin korkeus, leveys sekä tarvittaessa pattereiden iän, pohjan tai peittämisen vaihtelu. Jos tuotteiden mikrobiologinen laatu ei täyttänyt MMMa 24/11 vaatimuksia tai tuotteissa todettiin korkeita klostridi- tai enterokokki-pitoisuuksia, peltomaasta tehtiin hygienianalyysit 14–28 päivää levityksen jälkeen. Suolistobakteerit selviävät peltoolosuhteissa noin kahden viikon ajan (pl. itiöitä muodostavat bakteerit) ja niiden selviytymiseen vaikuttaa ratkaisevasti säätökijät, lämpö, kosteus ja säteily. Peltonäytteiden hygienianäytteet otettiin lannoitetulta ja lannoittamattomalta alueelta. Hygienianäytteet otettiin aseptisesti, jolloin näytteenottovälineet puhdistettiin ja desinfioitiin ennen jokaista näytteenottoa sekä näytteenottojen välillä. Vaihtoehtoisesti käytettiin kertakäyttökäsineitä, jotka vaihdettiin tai desinfioitiin näytteenottojen välillä. Kaikki lannoitevalmistenäytteet pussitettiin 1–2 litran pusseihin, jäädytettiin paikan päällä ja kuljetettiin kylmälaukuissa jatkokäsittelyyn. Hygienianäytteet toimitettiin 24 tunnin sisällä näytteenotosta laboratorioon analyysiä varten. Lannoitevalmisteesta otetut ravinne- ja metallinäytteet menivät pakastettuina analysoitaviksi kaupalliseen ostopalveluna kilpailutettuun laboratorioon.

Haitallisten metallien pitoisuudet analysoitiin lannoitevalmisteesta ja peltomaasta. Puhdistamolietteiden, biojätteen ja muiden biohajoavien sivutuotteiden ravinteiden kierrättäminen tuottaa ongelmia, sillä materiaali ei aina ole puhdasta mm. haitallisista metalleista, ympäristömyrkyistä (POP-yhdisteistä, kuten PCB ja dioksiinit) tai lääkeaineista. Hankkeessa analysoitiin haitta-aineista vain raskasmetallit. Lannoitevalmisteissa esiintyessään haitalliset epäpuhtaudet päätyvät maaperään, kasveihin ja ravintoketjussa lopulta ihmiseen. Monet haitalliset metallit, kuten kadmium, ovat jo pieninä pitoisuuksina haitallisia sekä ihmisille että eläimille. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira valvoo lannoitevalmisteissa olevien haitallisten metallien, taudinaiheuttajien ja muiden epäpuhtauksien (mm. roskat) pitoisuuksia ja asettaa tarvittaessa valmisteen käyttö- tai markkinointikieltoon (Evira 2003). Aikaisemmissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että biokaasulaitosten lopputuotteiden käyttäminen maataloudessa ei ole merkittävä riski elintarvikkeiden turvallisuudelle, koska tuotteiden sisältämät pitoisuudet ovat pieniä (Marttinen ym. 2013).

Tilakohteet sijaitsivat neljän Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen (ELY-keskus) alueella Kaakois-Suomessa, Uudellamaalla, Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjois-Pohjanmaalla. Lannoitevalmisteiden tuottajat ja tilakohteet määräytyivät kiinnostuneiden tuottajien ja maanviljelijöiden sekä alueen rahoituksen mukaan. Kymenlaaksossa Kymen Bioenergia Oy valmisti kuivattua Natural 100 Biovoima mädätysjäännöstä ja nestemäistä Natural 100 Biolannos mädätysjäännöstä. Uudellamaalla HSY:n tuottaa lietepohjaista Metsäpirtin maanparannuskompostia. Etelä-Pohjanmaalla Lakeuden Etapin puhdistamolietteestä ja biojätteestä valmistaa pelletöityä Maanparannusraetta (tyyppinimi kuivarae). Pohjois-Pohjanmaalla käytettiin Kemiran valmistamaa kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä (Kemicond) Maanparannusaine-O:ta.

2.2. Lannoitevalmisteiden ja yhteistyötilojen kuvaus

Tiina Tontti

2.2.1. Maanparannuskomposti Uusimaa

Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) Metsäpirtin maanparannuskompostin raaka-aineena käytetään kunnallista jätevesilietettä. Puhdistamalla jätevesilietettä mädätetään mesofiilisesti 3 viikkoa (36–36°C) ja lopuksi kuivataan. Mädätettyyn lietteeseen sekoitetaan saraturvetta suhteessa 1:1 ja sitä kompostoidaan kentällä noin puoli vuotta sekoittaen mekaanisesti kolme kertaa, jolloin varmistetaan tuotteen hygieeninen laatu. Lopullisen tuotteen kuiva-ainepitoisuus on 40 %.

Maanparannuskompostia käyttäneet yhteistyötilat sijaitsivat Uusimaan alueella. Loviisan tilalla käytettiin maanparannuskompostia jatkuvan viljaviljelyn lohkoilla fosforitarpeen täyttämiseen muutamana vuoden välein. Lohkon maalaji oli runsasmultainen hiuesavi, fosforiluokka tyydyttävä ja sato-taso 5000 kg/ha. Lannoitussuunnitelman mukaan maanparannuskompostista käytettiin 25 m³ hehtaarille ja siitä saatiin vehnälohkoille 30 kg liukoista typpeä ja 25,5 kg kasveille käyttökelpoista fosforia (40 % valmisteen kokonaisfosforista). Lannoitusta täydennettiin 407 kg/ha Suomensalpietarilla (27-0-1), jolloin typpeä lisättiin 110 kg/ha ja kaliumia 4 kg/ha. Sipoon tilalla maanparannuskompostia käytettiin myös jatkuvan vehnänviljelyn lohkoilla. Typpilannoituksen tavoitetaso oli 125 kg/ha.

2.2.2. Mädätysjäännös Kaakkois-Suomi

Kymen Bioenergia Oy:n biokaasulaitoksen Natural 100 Biovoima ja Natural 100 Biolannos mädätysjäännöksen raaka-aineena käytetään jätevedenpuhdistamon lietettä, erilliskerättyä biojätettä sekä maatalouden peltobiomassaa. Prosessi kestää 3 viikkoa ja tuotteiden käsittely eroaa toisistaan ainoastaan linkoamisen osalta. Orgaaniset jätteet esikäsitellään murskaamalla, sekoittamalla ja poistamalla rejekti (joka on pääosin muovia) sekä hydrolysoidaan ennen mädätystä. Esikäsitelty materiaali johdetaan jatkuvatoimiseen termofiiliseen mädätykseen (52–60°C) 2700 m³ reaktoriin. Mädätysjäännös hygienisoidaan pitämällä sitä yli 70°C:ssa noin tunnin ajan (säiliön tilavuus 10 m³). Natural 100 Biolannos -tuotteesta saadaan Natural 100 Biovoima-tuotetta linkoamalla. Biovoiman kuiva-ainepitoisuus on 25 % ja Biolannoksen 5 %.

Kuivattua mädätysjäännöstä (Natural 100 Biovoima) käyttäneet yhteistyötilat sijaitsivat Kaakkois-Suomessa. Iitissä käytettiin kuivattua mädätysjäännöstä viljelykierrossa kevätvehnän kevätlan-noitukseen fosforitarpeen täyttämiseen. Lohkon maalaji oli runsasmultainen hiuesavi ja fosforiluokka välttävä. Lannoitussuunnitelman mukaan mädätysjäännöksestä saatiin noin 20 tonnin hehtaarikäyt-tömäärällä 15 kg vesiliukoista typpeä ja 99 kg fosforia (kasveille käyttökelpoinen, kun laskettu 40 % kokonaisfosforista) sekä 11 kg kaliumia. Typpilannoituksen typpitavoite oli 80 kg/ha. Lietetuotteen mukana tullut liukoisen typen annos täydennettiin kylvön yhteydessä tavoitetasoon. Kouvolan en-simmäisellä tilalla kuivattua mädätysjäännöstä käytettiin viljelykierrossa kauran fosforitarpeen täyt-tämiseen. Viljelysuunnitelman mukaan mädätysjäännöstä käytettiin noin 17 tonnia hehtaarille, josta saatiin 10–18 kg vesiliukoista typpeä ja noin 25 kg kasveille käyttökelpoista fosforia (40 % kokonais-fosforista) sekä 10 kg kaliumia. Lannoitusta täydennettiin antamalla kylvölannoituksessa Cemagron NS 38-8 lannoitetta 220 kg hehtaarille, jolloin typen lisäys mineraalilannoitteesta oli 84 kg hehtaarille. Typpilannoituksen tavoite oli 90–100 kg/ha. Kouvolan toisella tilalla kuivattua mädätysjäännöstä käytettiin kauran ja ohran lannoituksessa fosforitarpeen täyttämiseen. Lannoitussuunnitelman mu-kaan mädätysjäännöstä käytettiin noin 10 tonnia hehtaarille, ja siitä saatiin alle 10 kg vesiliukoista typpeä ja 28 kg kasveille käyttökelpoista fosforia (40 % kokonaisfosforista) sekä 12 kg kaliumia. Kau-ran lannoitusta täydennettiin lisäämällä 200 kg Yarabela Suomensalpietari (27-0-1) -lannoitetta, jol-loin typen lisäys oli 54 kg ja kaliumin lisäys 2 kg hehtaarille. Ohran lannoituksessa lisättiin 150 kg Ya-rabela Suomensalpietaria (27-0-1), jolloin liukoisen typen lisäys oli 41 kg ja kaliumin lisäys 1,5 kg heh-taarille.

2.2.3. Kuivarae Etelä-Pohjanmaa

Lakeuden Etappi Oy:n biokaasulaitoksella valmistetaan tyyppinimeen kuivarae kuuluvaa maanparannusraetta, jonka kauppanimi on Ranu. Rakeen raaka-aineena käytetään puhdistamolietettä sekä ruokajätettä (mm. elintarviketeollisuuden ja kotitalouksien erilliskerättyä biojätettä sekä rasvakaivolietettä), joka kuuluu eläimistä saataviin sivutuotteisiin luokkaan 3 (EY 1069/2009). Raaka-aine esikäsitellään, mädätetään mesofiilisesti noin 50 vuorokautta (35-36°C), mädäte lingotaan sekä kuivataan termisesti vähintään 10 minuuttia, jolloin lämpötila nousee yli 102°C:een. Kuiva-ainepitoisuus on tällöin yli 90 %. Termisen kuivauksen pölymäinen materiaali pelletoidään (Ø 6 mm ja pituus n. 10 mm).

Kuivaraetta käyttäneet yhteistyötilat sijaitsivat Etelä-Pohjanmaan alueella. Seinäjoen tilalla käytettiin kuivaraetta ohralohkon lannoitukseen kylvöä edeltävänä syksynä käyttömäärällä 4 tonnia hehtaarille. Lannoitussuunnitelman mukaan kuivarakeessa lisättiin syksyllä 16 kg typpeä ja 34 kg fosforia sekä 6 kg kaliumia. Kevätlannoituksena annettiin 300 kg/ha Cemagro Agro (27-0-11) lannoitetta, jolloin typpeä lisättiin 81 kg ja kaliumia 33 kg hehtaarille. Ylihärman tilalla kuivaraetta käytettiin kevätlannoitukseen ohralohkolla. Käyttömäärä oli 5 tonnia hehtaarille. Tällä käyttömäärällä tuli hehtaarille noin 24 kg typpeä, 1,5 kg fosforia ja 10 kg kaliumia. Lannoitusta täydennettiin lannoitteella Yara Mila Pellon Y3 (23-3-8) 250 kg/ha, jolloin lisättiin typpeä 58 kg, fosforia 7,5 kg ja kaliumia 20 kg. Lapuan tilalla kuivaraetta käytettiin kevätlannoitukseen kuminalohkolla kasvuston perustamisvuonna. Käyttömäärä oli 5 tonnia hehtaarille. Tällä käyttömäärällä tuli hehtaarille vastaavat ravinnemäärät kuin ohralohkolla.

2.2.4. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete

Kemiran Oyj:n Kemicond-maanparannusaine-O -tuotteen raaka-aineena käytetään kunnallista jätevesilietettä. Kemicond-prosessissa liete happamoitetaan lisäämällä rikkihappoa kunnes pH:ksi saadaan 3,5–4,5. Hapan ja rautapitoinen liete hapetetaan vetyperoksidilla (annos n. 30 kg/t TS), jolloin liete desinfioituu. Lietteen pH nostetaan lipeällä, ja lopuksi liete polymerisoidaan, jotta materiaali pystytään kuivaamaan lingolla. Lopputuotteen kuiva-ainepitoisuus on noin 28 %.

Kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä (Kemicond-lietettä) käyttäneet yhteistyötilat sijaitsivat Pohjois-Pohjanmaan alueella. Limingan tilalla käytettiin Kemicond-lietettä kauralohkon kevätlannoitukseen käyttömäärällä 14 tonnia hehtaarille. Lohkon maalaji oli multava hieno hieta ja fosforiluokka huononlainen. Lohkon aiempi viljelyhistoria oli kevätrypsi-ohra-ohra-kaura-kaura. Lannoitussuunnitelman mukaan vuonna 2012 lietetuotteessa lisättiin 25 kg typpeä ja 11 kg fosforia sekä 6 kg kaliumia. Kylvölannoituksena annettiin 274 kg/ha Belor Premium NPK(S) (27-3-5(-2)) lannoitetta, jolloin typpeä lisättiin 74 kg, fosforia 7 kg ja kaliumia 14 kg hehtaarille. Muina vuosina lietetuotteen käyttömäärät olivat samalla tasolla. Kauran lannoitukseen käytettiin vuosittain keskimäärin 90 kg liukoista typpeä. Tyrnävän tilalla levitettiin Kemicond-lietettä raiviolohkoille, mutta lannoitussuunnitelmaa ei saatu hankkeen käyttöön.

2.3. Peltokokeiden toteutus

2.3.1. Viljakokeet, Jokioinen

Petri Kapuinen

Orgaanisia lannoitevalmisteita, jotka olivat pääsääntöisesti mukana myös maakunnissa toteutetuissa tilakokeissa, käytettiin Jokioisissa 2012–2014 tehdyissä kenttäkokeissa ohran ja vehnän kasvinravinteiden lähteenä. Varsinaiset kenttäkokeet olivat vuonna 2012 ohralla ja 2013 vehnällä. Tutkittavien tuotteiden tyyppien tuottamaa verrattiin mineraalilannoitteen tyyppillä saatuihin satoihin. Typpitasojen mineraalilannoite valittiin niin, että vain typpi oli satoa rajoittava ravinne. Koealueet valittiin siten, että satoa ensimmäiseksi rajoittava ravinne oli typpi. Siten tutkittavien lannoitevalmisteiden tyyppien tuotantovaikutus näkyi sadon määrässä ja laadussa selvästi.

Ohra

Vuoden 2012 ohrakokeen typpilannoitusportaat olivat: 0, 30, 60, 90, 120 ja 150 kg N/ha. Typpiportaiden täydennyslannoituskäsitelyissä käytetty lannoite oli Pellon Y6 NPKS (15-7-13-3) (Yara). Siinä oli nitraattityyppiä 5,1 % ja ammoniumtyyppiä 9,9 %. Typpiportaat satunnaistettiin kokeeseen omana pääruutuna. Täydennyslannoitus ja ei-täydennyslannoitusta käsitteletyt olivat samana tuotteen pääruudun osaruutuja. Kenttäkoe toteutettiin lohkokokeena, jossa ole neljä kerrannetta. Koeruutujen nimelliskoko oli 2,5 m x 10 m.

Vuoden 2012 kenttäkokeessa ohralla kokeessa oli mukana Minkinlanta-hankkeen koejäseniä omana pääruutuna, mutta niitä ei tarkastella tässä raportissa. Sen sijaan tässä raportissa tarkastellaan muista hankkeista peräisin olevia koejäseniä: Vambion kalkitsematon ja kalkittu kuivattu mädätysjäännös ja Mustankorkean pelletti, koska ne ovat ominaisuuksiltaan samankaltaisia tämän LeviLogi-hankkeen koejäsenten kanssa.

Vuoden 2012 kenttäkokeessa ohralla lannoitevalmisteet olivat:

- 1) kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (3A5, 7; Kemira Oyj Oulu)
- 2) kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (3A5, 7; Kemira Oyj Pori)
- 3) kuivarae tai -jauhe (3A2, 5; Kemira Oyj, Haapavesi)
- 4) maanparannuskomposti (3A2, 1; Metsäpirtin Maanparannuskomposti, HSY)
- 5) mädätysjäännös (3A5, 2; kuivaamaton, Kymen Bioenergia)
- 6) mädätysjäännös (3A5, 2; kuivattu, Kymen Bioenergia)
- 7) mädätysjäännös (3A5, 2; kuivattu, kalkitsematon, Vambio)
- 8) mädätysjäännös (3A5, 2; kuivattu, kalkittu, Vambio)
- 9) typpivesi, (Biovakka Suomi Oy)
- 10) kuivarae tai -jauhe (3A2, 5; pelletti, Ranu -maanparannusrae, Lakeuden Etappi Oy)
- 11) kuivarae tai -jauhe (3A2, 5; pelletti, Mustankorkea)

Vuoden 2012 kenttäkokeessa kaikki kokeessa olevat tuotteet lukuun ottamatta typpivettä olivat lietetuotteita. Typpivesi liittyy orgaanisia maanparannusaineita tuottaviin biolaitoksiin siten, että prosessissa vapautuvaa ammoniakkia voidaan pestä vedellä. Kiinteille lietetuotteille on tyypillistä, että niissä liukoisen tyyppien osuus kokonaistyyppistä on pieni ja kokonaisfosforin pitoisuus suuri. Kuivaamattomissa nestemäisissä lietetuotteissa liukoisen tyyppien osuus kokonaistyyppistä voi olla suuri ja niiden ravinnesisältö muistuttaa maatalouden lietelantoja.

Kiinteiden lietetuotteiden suurin mahdollinen levitysmäärä kalenterivuodessa määräytyy yleensä sen kokonaistyyppien perusteella, koska ns. nitraattiasetuksen mukaan orgaanisesta lannoitevalmisteesta tulevan kokonaistyyppien määrä saa olla korkeintaan 170 kg/ha kalenterivuodessa. Ympäristökorvaukseen kuuluvilla tiloilla voi tämän lisäksi fosforimäärä tulla rajoittavaksi tekijäksi, jos maan fosforiluku ei ole matala. Fosforia voi kuitenkin levittää kerralla viiden vuoden annoksen, kun tyyppiä saa levit-

tää vain yhden vuoden annoksen. Muilla tiloilla fosforin käyttöä säätelee lannoitevalmisteasetus. Sen mukaan analysoitua liukoista fosforia saa tulla lannoitevalmisteista korkeintaan 400 kg/ha viiden vuoden jaksossa. Lietetuotteissa kyseisen liukoisen fosforin pitoisuus on hyvin pieni, joten se ei käytännössä rajoita käyttömäärää. Lisäksi haitallisten metallien kuormitus voi kaikilla tiloilla muodostua levitysmäärää rajoittavaksi tekijäksi. Sellaisenaan maanparannusaineena käytettävien sivutuotteiden tyyppinimiryhmään kuuluvien tyyppinimien osalta on seurattava kaikkien haitallisten metallien kuormitusta. Tämä johtuu siitä, että niitä pidetään ns. lietedirektiivin tarkoittamina lietuotteina. Muiden osalta riittää kadmiumseuranta, vaikka niissä olisi raaka-aineena puhdistamolietettä. Hankkeessa mukanaolevista lannoitevalmisteista sivutuotteita ovat kemiallisesti hapetetut puhdistamolietteet ja mädätysjäännökset.

Kiinteiden orgaanisten maanparannusaineiden levitysmäärä määritettiin ennakkonäytteestä määritetyn kokonaistyyppipitoisuuden perusteella sellaiseksi, että niistä tuli 170 kg/ha kokonaistyyppiä. Kuivarakeiden ja -jauheiden levitysmäärä oli 3,8–7,6 t/ha tällä perusteella. Muiden kiinteiden tuotteiden levitysmäärä oli 14,0–27,8 t/ha. Kuivaamatonta mädätysjäännöstä levitettiin 40,2 t/ha. Jos liukoisen typen annos jäi kokonaistypen perusteella määritetyllä levitysmäärällä selvästi pienemmäksi kuin tavoitteena ollut taso 90 kg/ha, kyseistä lannoitevalmistetta tutkittiin myös kylvön yhteydessä annettavan täydennystyyppilannoituksen kanssa. Täydennyslannoituksena annettiin 60 kg N/ha vastaava määrä eli 400 kg/ha typpitasoissa käytettyä lannoitetta, jolloin sen mukana tuli myös 28 kg/ha fosforia, 52 kg/ha kaliumia ja 12 kg/ha rikkiä. Täydennyslannoite oli koeteknisistä syistä sama kuin typpiportaissa, joten sen mukana tuli myös muita ravinteita kuin tyyppiä, millä ei kuitenkaan ollut vaikutusta satoon. Levitysmääriä ei rajoitettu fosforin tai haitallisten metallien annoksen suuruuden takia. Tämän perusteella Oulusta tullutta kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä ja Kymen bioenergian mädätysjäännöksiä ei tutkittu täydennyslannoituksen kanssa. Edellisestä poiketen Vambion tuotteiden täydennyslannoitus oli 15 kg N/ha tilaajan kanssa sovitusti.

Kaikki lannoitevalmisteet mineraalilannoitetta lukuun ottamatta levitettiin käsin kullekin tuotteelle sopivalla tavalla. Nestemäiset tuotteet levitettiin kastelukannulla letkulevitystä matkien. Kuivarakeet ja -jauheet levitettiin vakkamenetelmällä. Muut tuotteet levitettiin kippaamalla saaveista tuotetta pieniin kasoihin ja levittämällä ne edelleen haravilla. Maanparannuskomposti oli näistä levitettävintä. Sitä saattoi kaataa tasaisesti ruutuihin samalla eteenpäin kävellen. Vaikeinta oli levittää kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä sen tahmaisuuden takia. Kaikki tuotteet mullattiin tunnin kuluttua levityksestä joustopiikkiäkeellä koeruudun suuntaisesti ajaen. Levityksen yhteydessä otettiin kustakin tuotteesta kaksi näytettä lannoitevalmisteanalyysija varten, ensimmäinen ensimmäisen ja toinen viimeisen levitettävän koeruudun annoksen punnituksen yhteydessä. Kustakin näytteestä otettiin rinnakkainen varanäyte. Lopulliset ravinnemäärät laskettiin näiden levitysnäytteiden keskiarvona. Typpitasojen mineraalilannoite ja täydennystyyppi sijoitettiin kylvölannoittimella kylvön yhteydessä. Sijoituslannoitus on kasvien typen saannin kannalta selvästi edullisempi vaihtoehto kuin hajalevitys ja multaus, mikä nostaa typpitasojen satoa suhteessa tutkittavien koejäsenten satoon erityisesti, jos ne eivät saa riittävä määrää tyyppiä täydennyslannoituksena.

Levitysmäärän määräytyessä kokonaistyyppimäärän (170 kg/ha) mukaan levitysnäytteiden mukainen kokonaistyyppiannos oli 163,4–178,5 kg eli varsin lähellä tavoitetta. Tällöin 1:60-vesiuutolla analysoituna liukoisen typen määrät tutkittavasta tuotteesta vaihtelivat välillä 2,7–57,0 kg/ha. Täydennyslannoituksen kanssa liukoisen typen määrät vaihtelivat rajoissa 67,7–122,9 kg/ha. Niillä tuotteilla, joita ei tutkittu täydennyslannoituksen kanssa, pienin liukoisen typen määrä ilman täydennyslannoitusta oli 66,4 kg/ha. Tuotteiden mukana tulleen kokonaisfosforin määrä vaihteli runsaasti annoksen ollessa 0,4–272,5 kg/ha. Jos tarkastelusta jätetään pois typpivesi ja Kymen Bioenergian kuivaamaton mädätysjäännös, pienin kokonaisfosforin annos oli 70,6 kg/ha. Pääsääntöisesti tuotteet olivat hyviä fosforin lähteitä. Täydennyslannoituksen fosforia ei ole tarkoituksenmukaista ottaa huomioon tarkastelussa, koska käytännön tilanteissa käytettäisiin täydennyslannoitetta, joka ei sisältäisi lainkaan fosforia. Uudessa ympäristökorvausjärjestelmässä lietettä raaka-aineesta yli 10 % sisältävien lannoitevalmisteiden kokonaisfosforista otetaan huomioon kasveille käyttökelpoisena 60 %.

Sadon määrän ja puintikosteuden lisäksi sadosta määritettiin mallasohrakäytön kannalta relevantteja laatuominaisuuksia: hehtolitrapaino, raakavalkuaispitoisuus ja lajitteluaste.

Vehnä

Vuoden 2013 yhteisessä kenttäkokeessa PUPE-hankkeen kanssa koekasvina oli vehnä. Varsinaisessa kokeessa oli typpiportaat: 0, 30, 60, 90, 120, 150 ja 180 kg N/ha. Typpiportaiden täydennyslannoitus-käsittelyissä käytetty lannoite oli Pellon Y6 NPKS (15-7-13-3) (Yara). Nitraattityppeä oli 5,1 % ja ammoniumtyppeä 9,9 %. Typpiportaat satunnaistettiin kokeeseen omana pääruutuna. Täydennyslannoitus ja ei-täydennyslannoitusta käsittelyt olivat samana tuotteen pääruudun osaruutuja. Poiketen vuoden 2012 kokeesta täydennystyppi käsittely toteutettiin kaikilla tuotteilla. Samoin ammoniumsulfaatin lisäys kasvustoon tähkimisvaiheessa. Kenttäkoe toteutettiin lohkokokeena, jossa ole neljä kerranetta. Koeruutujen nimelliskoko oli 2,5 m x 10 m.

Vuoden 2013 kenttäkokeessa vehnällä lannoitevalmisteet olivat:

- 1) kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (3A5, 7; Kemira Oyj Pori)
- 2) kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (3A5, 7; Kemira Oyj Oulu)
- 3) maanparannuskomposti (3A2, 1; Metsäpirtin Maanparannuskomposti, HSY)
- 4) mädätysjäänös (3A5, 2; kuivaamaton, Kymen Bioenergia)
- 5) mädätysjäänös (3A5, 2; kuivattu, Kymen Bioenergia)
- 6) rejektivesi (1B4, 4; konsentraatti, Biovakka Woimakas Biovakka Suomi Oy)
- 7) kalkkistabiloitu puhdistamoliete (3A5, 1; meijerijätevesipitoinen puhdistamoliete, Iisalmi)
- 8) kalkkistabiloitu puhdistamoliete (3A5, 1;saostuskaivoliete, Maurits Kossa, Sauvo)
- 9) kalkkistabiloitu puhdistamoliete (3A5, 1;umpikaivoliete, Maurits Kossa, Sauvo)
- 10) kuivarae tai -jauhe (3A2, 5;pelletti, Ranu -maanparannusae, Lakeuden Etappi Oy)
- 11) kuivarae tai -jauhe (3A2, 5; Kemira Oyj, Haapavesi)
- 12) ammoniumsulfaatti (Typpineste, Envor Group Oy,)

Vuoden 2013 kenttäkokeessa kaikki kokeessa olleet tuotteet olivat lietetuotteita lukuun ottamatta rejektivettä ja ammoniumsulfaattia. Ammoniumsulfaatti liittyy läheisesti lietetuotteisiin, koska sitä valmistettiin puhdistamolietettä käsittelevällä biolaitoksella typenpoistoon liittyen. Rejektiveden raaka-aineena ei voi olla puhdistamolietettä yli 10 %, koska kuluu tyyppinimijärjestelmässä lannoitteisiin. Saostus- ja umpikaivolietteet rinnastetaan puhdistamolietteen. Kokeessa mukana olleet kalkkistabiloidut saostus- ja umpikaivolietteet syntyivät tiläkäsittelyn yhteydessä (PUPE-hanke).

Kiinteiden orgaanisten maanparannusaineiden levitysmäärä määritettiin samoin perustein kuin vuonna 2012 siten, että kokonaistypen annokseksi tuli ennakoanalyysin perusteella 170 kg/ha. Kuivaraeiden ja jauheiden levitysmäärä oli 3,9–5,2 t/ha. Muiden kiinteiden tuotteiden levitysmäärä oli 17,2–26,8 t/ha. Kuivaamatonta nestejaetta levitettiin 30,7 t/ha ilman täydennyslannoitusta ja 9,2 t/ha täydennyslannoituksen kanssa. Konsentraattia levitettiin 5,5 t/ha ilman täydennyslannoitusta ja 1,4 t/ha täydennyslannoituksen kanssa. Saostuskaivolietettä levitettiin kerralla 37,5 t/ha ja umpikaivolietettä 34,4 t/ha. Ilman täydennyslannoitusta saostus- ja umpikaivolietteitä levitettiin kerran ennen kylvöä ja kolme kertaa sen jälkeen, täydennyslannoitusvaihtoehdossa kerran ennen kylvöä ja kerran sen jälkeen.

Liukoisien typen tavoitetaso 120 kg/ha vehnällä oli kuinkin korkeampi kuin ohralla. Jos edellä esitetyllä tavalla määritetty liukoisien typen määrä jäi selvästi alle tavoitetason, liukoisien typen annos täydennettiin tasoon 120 kg/ha typpitasoissa käytetyllä mineraalilannoitteella sijoittamalla kylvön yhteydessä sellaisen typpitason mukainen määrä, että sen sisältämän typen yhteismäärä yhdessä tutkittavan tuotteen mukana tulevan liukoisien typen määrän kanssa oli lähellä 120 kg N/ha. Jos liukoisien typen annos tutkittavasta tuotteesta oli lähellä tavoitetasoa, sitä levitettiin täydennystyppi-vaihtokäsittelyssä vain noin neljäsosa siitä määrästä, joka levitettiin käsittelyyn ilman täydennystyppi-lannoitusta. Menettelyyn päädyttiin, koska täydennyslannoituksella oli odotettavissa positiivisia satoaikautuksia myös näissä tapauksissa. Tuotteet levitettiin vastaavalla tavalla kuin vuonna 2012. Ammoniumsulfaattilisa (15 kg N/ha) tähkälle levitettiin koeruuturuiskulla viuhkasuuttimia käyttäen

kasvustoihin, jotka olivat saaneet kylvön yhteydessä 120 kg/ha typpeä mineraalilannoitteena, kuten vastaava typpitaso.

Käytetyt levitysmenetelmät valittiin samalla tavalla kuin vuoden 2012 ohrakokeessa. Levitysmäärän määräytyessä kokonaistypin määrän (170 kg/ha) mukaan levitysnäytteiden mukainen kokonaistypin määrä oli 163,9–198,2 kg/ha eli melko lähellä tavoitetta. Tällöin 1:60 vesiuutolla analysoituna liukoisen typen määrät tutkittavasta tuotteesta vaihtelivat välillä 14,7–83,1 kg/ha. Täydennyslannoituksen kanssa liukoisen typen määrät vaihtelivat välillä 95,7–153,5 kg/ha. Tuotteiden mukana tullut fosforiannos vaihteli runsaasti annoksen ollessa 9,3–279,2 kg/ha lukuun ottamatta umpi- ja saostuskaivolietekäsittelyjä. Saostuskaivolietekäsittelyissä kokonaisfosforia tuli 7,5–21,8 kg/ha, mutta umpikaivolieteteistä vain 1,3–2,0 kg/ha. Suurimmat määrät saatavat helposti ylittää ympäristökorvauksen sallitut määrät, koska sallittuja määriä lasketaan ja lietetuotteiden kokonaisfosforista kasveille käytökelpoista osuutta nostetaan suhteessa ympäristötukijärjestelmään.

Sadon määrän ja puintikosteuden lisäksi sadosta määritettiin leipävehnäkäytön kannalta relevantteja laatutekijöitä: hehtolitraino ja raakavalkuaispitoisuus. Tehdyn rikka-analyysin tuloksia ei ole tarpeen käsitellä tarkemmin tuloksissa, koska rikkojen määrä oli hyvin pieni. Käsittelyiden väliset erot olivat pienet eikä se olisi vaikuttanut hinnoitteluun.

2.3.2. Nurmen suojaviljakoe, Ruukki

Erkki Joki-Tokola

Prosessoidun jätevesilietteen käyttö nurmen suojaviljan lannoituksessa

Ruukissa toteutettiin yhdyskuntalietteiden varastointi-, levitys- ja lannoituskokeita sekä toimipisteen koetilaa että alueen viljelijöiden pelloilla. Tässä raportoidaan koe, jossa yhdyskuntalietteitä käytettiin keväällä 2013 perustetussa nurmen suojaviljan lannoituskokeessa. Lannoituksen mahdollisen jälki-vaikutuksen selvittämiseksi koetta jatkettiin vuonna 2014 korjaamalla edellisenä kesänä perustetun nurmen sato kaksi kertaa kasvukauden 2014 aikana. Lannoituskokeen tarkoituksena oli selvittää jätevesilaitoksien prosessoiman puhdistamolietteen soveltuvuus maatalouskäyttöön. Puhdistamolietteet sisältävät viljelykasvien tarvitsemia ravinteita, mutta orgaanisille lannoitevalmisteille tyypillisesti, vain osin kasveille välittömästi käyttökelpoisessa muodossa. Ne sisältävät kasvien ravinnetarpeen kannalta niukasti typpeä suhteessa fosforiin, mikä rajoittaa niiden käytettävyyttä. Jätevesilietteiden lannoituskäytön haasteena on lisäksi vaikea levitettävyyttä, hygieniariski ja voimakas haju. Jätevesilietteiden prosessoinnilla pyritään vähentämään edellä mainittuja epäkohtia. Selostettavassa kokeessa käytettiin Oulun jätevesilaitokselta saatua jätevesilietettä, joka käsiteltiin KemiCond -menetelmällä. Toinen kokeessa ollut liete oli Haapaveden jätevesilaitoksen termisesti kuivattu liete.

KemiCond-käsittelyssä lietteen pH lasketaan neljään lisäämällä lietteeseen rikkihappoa, jolloin lietteen geelimäinen rakenne hajoaa ja metallisuolat, kuten rautafosfaatti ja -hydroksidit, liukenevat. Liete hapetetaan edelleen vetyperoksidilla, jolloin kahdenarvoinen ferrorauta hapettuu kolmenarvoiseksi ferriraudaksi. Ferrirautaa saostaa fosfaatti-ionit ferrifosfaattina. Hapettavissa olosuhteissa geelimäinen rakenne hajoaa edelleen ja lietteestä vapautuu vettä. Käsitelty liete neutralisoidaan natriumhydroksidilla. Ennen lietteen kuivausta lietteeseen lisätään kuivauksen tehostamiseksi polymeeriä. KemiCond -käsitelty liete on lähes hajutonta ja hygienisoitua, mikä vähentää haju- ja ravinnehävikiöngelmiä. Useiden kemikaalien käytön takia menetelmän käyttökustannukset ovat merkittävät.

Haapaveden jätevesilaitoksen jättemateriaali sisältää paikallisen meijerin pesuvesiä. Jätteen jatkokprosessoinnin ensivaiheessa se lingotaan, jolloin sen kuiva-ainepitoisuus lisääntyy kymmenkertaiseksi, eli prosentista kymmeneen prosenttiin. Seuraavassa vaiheessa sen kuiva-ainepitoisuus nostetaan ketjukuivaimella aina 90 prosenttiin saakka. Sekä Haapavedellä tuotettu kuivarae että Oulussa tuotettu KemiCond-liete olivat mukana myös Jokioisten peltokokeissa.

Kokeen toteutus

Kokeessa käytettyjen puhdistamolietteiden ravinnepitoisuus analysoitiin lannoituskokeen suunnitelluvaiheessa Suomen Ympäristöpalvelu Oy:ssa. Taulukossa 1 esitetään lietteiden analyysitulokset.

Taulukko 1. Ruukissa käytettyjen lietepohjaisten tuotteiden ravinnepitoisuudet. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (KemiCond) ja Haapaveden termisesti käsitelty puhdistamoliete (kuivarae).

Pitoisuus g/kg tuorepaino	KemiCond	Kuivarae
Kokonaistyyppi	8,40	46,7
Vesiliukoinen tyyppi	0,18	0,79
Kokonaisfosfori	3,21	53,2
Kalium	0,27	8,96

Koekasvuston lannoituksessa tavoitellut ravinnemäärät perustuivat koalueelta otettujen maanäytteiden viljavuusanalyysituloksiin. Viljavuusanalyysin perusteella koalueen maalaji oli multava, kar-

kea hieta, jonka fosforipitoisuus oli 14,4 mg/l, mikä tulkitaan tyydyttäväksi pitoisuudeksi, jolloin viljaviljelyn fosforilannoituksen vuotuislannoitukseen suositeltu käyttömäärä on tällöin 14 kg/ha. Koealueen maanäytteen viljavuuskaliumin pitoisuuden perusteella viljaviljely vuotuinen kaliumlannoitustarve oli puolestaan 40 kg/ha.

Suojaviljan lannoituksessa käytettiin lannoitevalmisteina Kemicond- ja Kuivarae -lietteitä ja mineraalilannoitetta (NPK). Lannoituskäsittelyjen lisäksi kokeessa oli Nolla -käsittely, joka sisälsi ainoastaan kaliumlannoituksen 49 kg/ha. Kaliumlannoitus tehtiin samalla myös kaikille muille koekäsittelyille niin, että taulukossa 2 esitettävään kaliumin levitysmäärään sisältyy Kemicond- ja Kuivarae -käsittelyiden osalta sekä lietteistä että mineraalilannoitteesta peräisin ollut kalium. Lannoituskokeessa ensisijaisesti tutkittavat ravinteet olivat siten typpi ja fosfori.

Lannoitusaineilla oli kaksi levitysmäärä (tasot 1 ja 2). Pienemmällä levitysmäärällä tavoiteltiin typpilannoitusta 45 kg/ha ja suuremmalla 90 kg/ha. Lietteet levitettiin niiden kokonaistyyppimäärän pitoisuuden perusteella, vaikka niiden typpifraktion tiedettiin olevan vain osaksi kasveille välittömästi käyttökelpoisessa muodossa. Edellä mainittujen typpilannoitusmäärien tavoittelu johti lietalannoituksissa siihen, että niiden fosforilannoitusmäärät ylittivät moninkertaisesti fosforin vuotuislannoitustarpeen.

Koe toteutettiin ruutukokeena siten, että yhden ruudun ala oli 13 m². Kukin koekäsittely toistettiin satunnaistetussa järjestyksessä neljä kertaa (Koemalli lohkoittain satunnaistettu koe). Koetulosten tilastollinen merkitsevyys testattiin SAS -ohjelman GLM -proseduurilla. Eri koekäsittelyiden keskiarvojen erojen testaus tehtiin Tukey'n testillä. Koekäsittelyjen keskiarvojen erojen merkitsevyyden analysoinnissa käytettiin myös kontrastilaskentaa vertaamalla mm. Nolla -käsittelyä samanaikaisesti kaikkiin muihin käsittelyihin (Nolla vs. muut). Kontrastilaskenta mahdollisti myös kokeessa käytettyjen eri typpilannoitusmäärien vaikutusten tilastollisen merkitsevyyden testauksen (1 vs. 2).

Kokeessa nurmen suojaviljaksi kylvetty ohra (lajike Tiril, jalostaja Graminor) kylvettiin 28.5.2013. Kylvötiheys oli 500 itävää siementä neliometrille, jolloin kylvömäärä oli 217 kg/ha. Nurmisiemen oli timoteitä (lajike Tuure, jalostaja Boreal) ja sen kylvömäärä oli 23 kg/ha. Koealue äestettiin syyskynön jälkeen keväällä 2013, minkä jälkeen se vielä jyrättiin ennen kylvöä. Koealueen esikasvina oli vilja. Koealue jyrättiin kylvön jälkeen (29.5.2013). Kasvusto orastui 2.6.2013. Se käsiteltiin kasvun käynnistymisen jälkeen rikkaruohojen torjunta-aineella 13.6.2013 (Ariane S 2,0 l/ha). Kasvusto kehittyi tähkäasteelle 3.-4.7.2013 ja keltatuleentui 9 -14.8.2013. Viljasato korjattiin puimalla jyväsato ja punnitsemalla olkisadon määrä puinnin jälkeen.

Kokeessa perustetun nurmen talvehtiminen onnistui moitteettomasti. Nurmea ei lannoitettu lainkaan. Nurmen sato korjattiin kahteen kertaan kasvukauden 2014 aikana.

Taulukko 2. Suojaviljan lannoituskokeessa käytettyjen jätevesilietteiden ja ravinteiden levitysmäärä. KemiCond = Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete, Kuivarae=Termisesti käsitelty puhdistamoliete ja NPK=mineraalimuodossa levitetyt ravinteet. Taso 1=typpilannoituksen tavoiteltu määrä 45 kg/ha, Taso 2=typpilannoituksen tavoiteltu määrä 90 kg/ha.

kg/ha	KemiCond Taso 1	KemiCond Taso 2	Kuivarae Taso 1	Kuivarae Taso 2	NPK Taso 1	NPK Taso 2	Nolla
Levitysmäärä	5000	10000	1000	2000			0
Kokonaistyyppi	42	84	46	92	45	90	0
Kokonaisfosfori	16	32	53	106	14	14	0
Kalium ⁽¹⁾	50	51	58	67	49	49	49

⁽¹⁾ Sisältää sekä lieteperäisen että mineraalilannoituksen kaliumin.

2.4. Patterisimulaattorit

Petri Kapuinen

Lannoitevalmisteesta puristuvan valumaveden määrää mitattiin pilot-tyyppisellä patterisimulaattorilla MTT:ssä. Ensimmäinen simulaattorikoe aloitettiin vuonna 2013. Kuivattua mädätysjäänöstä (31,5 % ka) varastoitiin 1,7 m³ kokoiseen (pinta-ala 1 m²) laatikkoon ja tuotteesta valuva neste kerättiin talteen. Sulasta mädätysjäänösmassasta valuvan veden määrä mitattiin noin 65 vuorokauden ajan (lämpötila <+15 °C). Valumavedestä analysoitiin lannoitevalmisteanalyysien mukaisesti liukoinen tyyppi sekä NH₄⁺ - ja NO₃⁻ -typpi.

Pilottisimulaattorista saatujen kokemusten pohjalta parannetut patterisimulaattorit perustettiin ensimmäisen kerran 27.5.2014 vanerikehikolla korotettuihin IBC-kontteihin (Kuva 1), joiden pohjalle oli asennettu karkeasta kiviaineksesta suodatinkerros (n. 20 cm) ja sen päälle suodatinkangas, sekä täyttämällä ne tutkittavalla materiaalilla. Tutkittavaa materiaalia oli perustettaessa noin 2 metrin paksuinen kerros, joten simulaattoreista tuleva valuma edustaa valumaa peltopatterin keskialueelta, jossa patterin korkeus on vastaava. Kokeen aikana se painui kasaan merkittävästi. Tutkittavia materiaaleja oli kolme: Metsäpirtin maanparannuskomposti, Kymen Bioenergian kuivattu mädätysjäänös ja Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (Kemicond). Kemicond-lietettä vastaava simulaatiopatteri jouduttiin perustamaan uudelleen 23.6., koska valumavesi tulvi siitä muutama päivä ensimmäisen perustamisen jälkeen lattialle IBC-kontin ja korotuskehikon välistä erittäin suuren valunnan takia. Perustamisen yhteydessä tutkittavista materiaalista otettiin näytteet ravinne- ja kuiva-ainepitoisuusmäärittämisiksi varten. Analyysitulokset on esitetty taulukossa 14. Suodatinkankaan tarkoituksena oli estää tutkittavan materiaalin sekaantuminen alla olevan suodatinkerroksen kanssa. Valumavesi kerättiin talteen IBC-kontin purkuyhteen kautta. Kertynyt valumavesi punnittiin aluksi jopa kaksi kertaa päivässä, mutta lopussa valunnan tasaannuttua punnitusväliä pidennettiin. Valumavedestä otettiin näyte aina, kun noin 30 litran keruukanisteri jouduttiin vaihtamaan täyttymisen takia, joten pitoisuudet ovat kanisterin täyttymiskauden keskiarvoja.



Kuva 1. Patterisimulaattori

3. Tulokset ja johtopäätökset

3.1. Tuotteiden mikrobiologinen laatu

Johanna Ojajärvi, Anna-Maria Veijalainen

3.1.1. Maanparannuskomposti

Metsäpirtin maanparannuskompostin patterointivaiheen hygieniatulokset näkyvät taulukossa 3. Tiiloilla patteroiduissa Metsäpirtin maanparannuskompostissa ei todettu *Salmonellaa*. Myös *Escherichia coli* pitoisuudet alittivat MMMa 24/11 asetetun raja-arvon (*E. coli* <1000 pmy/g) kaikissa pattereissa. Eniten *E. coli* löytyi vuonna 2012 Loviisan syyslevityksen lohkon patterista, jossa pitoisuudet nousivat 10^1 – 10^2 pmy/g. Loviisan 2012 syyslevityksen kolmatta näytettä otettaessa patteria oli kaivettu auki, joten kontaminaation mahdollisuus on huomioitava tuloksessa. Muissa pattereissa *E. coli* pitoisuudet jäivät määritysrajalle (5 pmy/g) tai alle.

Enterokokkien pitoisuudet jäivät määritysrajan alle Sipoossa 2012 ja Loviisassa kevätlevityksen lohkolle 2012, mutta muuten enterokokkeja todettiin jokaisessa näyte-erässä. Pitoisuudet vaihtelivat 10^1 – 10^2 pmy/g ja suurimmat pitoisuudet olivat Sipoossa vuonna 2013 patteroidussa tuotteessa, patterin alakerroksesta otetussa näytteessä.

Klostridipitoisuudet olivat melko korkeita maanparannuskompostissa, korkeimmillaan pitoisuudet olivat Loviisassa 2013, jossa pitoisuudet nousivat lähes 50000 pmy/g tasolle. Alimmillaan klostridipitoisuudet olivat Loviisassa syksyn 2012 levitysolhkon maanparannuskompostissa (10^1 – 10^2 pmy/g).

Koska Sipoossa ja Loviisassa vuosien 2012 ja 2013 näytteissä klostridipitoisuudet olivat korkeita, otettiin pellolta pintamääränäyte, josta analysoitiin enterokokit ja klostridit. Tulokset näkyvät taulukossa 4. Enterokokkeja todettiin hyvin pieniä määriä (5 pmy/g tai alle). Lannoitevalmistelohkolta otetuissa näytteissä klostridipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa tai hieman korkeampia (10^1 – 10^3 pmy/g) kuin nollalohkolla (10^1 – 10^2 pmy/g). Lannoitevalmistelohkojen peltomaasta todetut klostridipitoisuudet olivat 0-12 % patteroidun tuotteen klostridipitoisuudesta, kun tausta (peltomaan nollanäyte) vähennettiin lannoitevalmistelohkon peltomaan klostridipitoisuudesta ennen %-osuuden laskemista.

Taulukko 3. Maanparannuskompostin hygieniatulokset. Jos rinnakkaisnäytteiden tuloksissa oli vaihtelua, esitetään tulosten vaihteluväli.

	Levityksen ajankohta ^(a)	<i>E. coli</i> pmy/g *	enterokokit pmy/g*	klostridit pmy/g**	<i>Salmonella</i> pmy/25g	Varastointiaika
Sipoo	5/2012 (3)	< 5	< 5	13000 – 15000	negat.	n. 4 kk
Loviisa	5/2012 (3)	< 5	< 5	9100 – 13000	negat.	2-3 kk
Loviisa	10/2012 (3)	< 5 – 205	< 5 - 109	36 – 396	negat.	2-5 vrk
Sipoo	5/2013 (2)	< 5	14 – 560	6800 – 7800	negat.	n. 4 kk
Loviisa	5/2013 (4)	< 5	6 – 96	36000 – 49000	negat.	5 kk
Loviisa	4/2014 (4)	< 5 – 5	< 5 – 14	3200 – 8300	negat.	4 kk

^(a) Suluissa maanparannuskompostin rinnakkaisten näytteiden määrä.

^(*) Alamääritysraja 5 pmy/g. ^(**) Sulfiittia pelkistävät itiölliset klostridit TSC-agarilla, johon lisätty D-sykloseriiniä.

Taulukko 4. Maanparannuskompostin käyttölohkon pintamaanäytteiden hygieniatulokset. Jos mikrobia ei todettu maanparannuskompostissa, mikrobia ei määritetty peltomaanäytteestä (em). Maanparannuskompostilla lannoitetun peltomaan klostridipitoisuuden jälkeen suluissa esitetään prosenttiosuus levityksen yhteydessä määritetystä tuotteen klostridipitoisuudesta.

	Levityksen ajankohta	Maa vrk levityksestä ^(a)	Lohko ^(b)	<i>E. coli</i> pmy/g [*]	enterokokit pmy/g [*]	klostridit pmy/g ^{**}	<i>Salmonella</i> pmy/25g
Sipoo	5/2012	21	MPK	em	em	2700 (12 %)	em
			Nolla	em	em	860	em
Loviisa	5/2012	22	MPK	em	em	790 (3 %)	em
			Nolla	em	em	660	em
Sipoo	5/2013	28	MPK	em	5	1100 (2 %)	em
			Nolla	em	< 5	910	em
Loviisa	5/2013	23	MPK	em	< 5	54	em
			Nolla	em	5	54	em

^(a) Ajankohta vrk levityksen jälkeen. ^(b) Lohko lannoitettu maanparannuskompostilla (MPK) tai ilman lannoitusta (Nolla). ^(*) Alamääritysraja 5 pmy/g. ^(**) Sulfiittia pelkistävät itiölliset klostridit TSC-agarilla, johon lisätty D-sykloseriiniä.

3.1.2. Mädätysjäännös

Natural 100 Biovoima ja Biolannos mädätysjäännöksen hygieniatulokset näkyvät taulukossa 5. Tiloilla patteroidun mädätysjäännöksen *Escherichia coli* pitoisuudet alittivat MMMa 24/11 asetetun raja-arvon (*E. coli* <1000 pmy/g) kaikilla muilla tiloilla paitsi vuonna 2012 Kouvolassa ja Iitissä. Pitoisuudet vaihtelivat tiloilta otetuissa näytteissä 10^1 – 10^3 pmy/g. *Salmonellaa* (*S. Typhimurium*, serotyypitys Evirassa) todettiin samoilla tiloilla, joilla myös *E. coli* pitoisuudet olivat koholla.

Taulukko 5. Mädätysjäännöksen hygieniatulokset. Jos rinnakkaisnäytteiden tuloksissa oli vaihtelua, esitetään tulosten vaihteluväli. Kuivattu mädätysjäännös varastoitui peltopatterissa, paitsi erät ^(b) ja ^(c).

	Levityksen ajankohta ^(a)	<i>E. coli</i> pmy/g [*]	enterokokit pmy/g [*]	klostridit pmy/g ^{**}	<i>Salmonella</i> pmy/25g	Varastointiaika
Kouvola	5/2012 (3)	140 – 1200	2000 – 3600	8100 – 25000	posit. (negat.)	n. 6 kk
Iitti	5/2012 (3)	18 - 1300	7200 – 87000	3800 – 4600	posit.	> 5 kk
Kouvola ^(b)	5/2012 (3)	< 5	< 5 - 5	8000 – 9300	negat.	n. 5 kk (liete)
Kouvola	5/2013 (2)	< 5	5 - 540	270 – 460	negat.	4 kk
Kouvola ^(c)	5/2013 (3)	< 5	< 5 - 280	460 – 910	negat.	6 kk (siilo)
Kouvola	5/2013 (2)	< 5	< 5	730 – 1400		3 kk
Kouvola	5/2014 (4)	< 5	110 - 400	310 – 870	negat.	> 3 kk

^(a) Suluissa mädätysjäännöksen rinnakkaisten näytteiden määrä. ^(b) Lietelantasäiliössä varastoitu Kuivaamaton mädätysjäännös. ^(c) Rehusiilossa varastoitu Kuivattu mädätysjäännös. ^(*) Alamääritysraja 5 pmy/g. ^(**) Sulfiittia pelkistävät itiölliset klostridit TSC-agarilla, johon lisätty D-sykloseriiniä.

Enterokokkeja todettiin lähes kaikilla tiloilla. Eniten enterokokkeja oli vuonna 2012 Kouvolassa ja Iitissä, joissa pitoisuudet kohosivat 10^3 – 10^4 pmy/g. Muilla tiloilla pitoisuudet jäivät alle 10^2 pmy/g.

Mädätysjäännöksessä todettiin klostrideja kaikissa näytteissä ja pitoisuudet vaihtelivat 10^2 – 10^4 pmy/g. Vuodesta 2013 eteenpäin pitoisuudet pysyttelivät suurimmassa osassa näytteitä 10^2 pmy/g.

Peltonäytteitä otettiin vuosina 2012 ja 2013 (Taulukko 6). Näytteistä analysoitiin *E. coli*, *Salmonella*, klostridit ja enterokokit, jos kyseisiä mikrobeja oli todettu patteroidussa mädätysjäännöksessä. Peltonäytteet otettiin kaikista muista patterointikohteista paitsi Kouvolasta vuonna 2014. *E. coli* ei todettu Kouvolan ja Iitin peltonäytteissä. Myöskään näiden tilojen peltonäytteissä ei todettu olevan enää *Salmonellaa*, jota oli tuotteessa ennen levitystä. Enterokokkien määrät alenivat kaikissa peltonäytteissä kymmeniin. Myös klostridien pitoisuus tipahti ollen korkeimmillaan Iitissä (330 pmy/g). Lannoitevalmistelohkojen peltomaasta todetut klostridipitoisuudet olivat 0–32 % patteroidun tuotteen klostridipitoisuudesta, kun tausta (peltomaan nollanäyte) vähennettiin lannoitevalmistelohkon peltomaan klostridipitoisuudesta ennen %-osuuden laskemista.

Taulukko 6. Mädätysjäännöksen käyttölohkon pintamaanäytteiden hygieniatulokset. Jos mikrobia ei todettu maanparannuskompostissa, mikrobia ei määritetty peltomaanäytteestä (em). Mädätysjäännöksellä lannoitetun peltomaan klostridipitoisuuden jälkeen suluisa esitetään prosenttiosuus levityksen yhteydessä määritetystä tuotteen klostridipitoisuudesta.

	Levityksen ajankohta	Maa vrk levityksestä ^(a)	Lohko ^(b)	<i>E. coli</i> pmy/g *	enterokokit pmy/g*	klostridit pmy/g**	<i>Salmonella</i> pmy/25g
Kouvola	5/2012	21	KMJ	< 5	< 5	63 (0,2 %)	negat.
			Nolla	< 5	< 5	36	negat.
Iitti	5/2012	21	KMJ	< 5	< 5	330 (6 %)	negat.
			Nolla	< 5	< 5	90	negat.
Kouvola^(c)	5/2012	25	MJ	em	em	150 (1 %)	em
			Nolla	em	em	72	em
Kouvola	5/2013	19	KMJ	em	27	< 5	em
			Nolla	em	5	9	em
Kouvola^(d)	5/2013	21	KMJ	em	14	230 (32 %)	em
			Nolla	em	< 5	27	em
Kouvola	5/2013	16	KMJ	em	< 5	45 (2 %)	em
			Nolla	em	41	27	em

^(a) Ajankohta vrk levityksen jälkeen. ^(b) Lohko lannoitettu kuivatulla mädätysjäännöksellä (KMJ), mädätysjäännöksellä (MJ) tai ilman lannoitusta (Nolla). ^(c) Kuivaamaton mädätysjäännös oli varastoitu lietalantasäiliössä. ^(d) Kuivattu mädätysjäännös oli varastoitu rehusilossa. ^(*) Alamääritysraja 5 pmy/g. ^(**) Sulfiittia pelkistävät itiölliset klostridit TSC-agarilla, johon lisätty D-sykloseriiniä.

3.1.3. Maanparannusrae

Maanparannusrakeelle (tyyppinimi ”Kuivarae”) tehtiin hygienia-analyysi vuonna 2012. Hygieniatulokset näkyvät taulukossa 7. Tuotteessa ei todettu olevan *Escherichia coli*, *Salmonellaa* tai enterokokkeja. Myös klostrideja todettiin hyvin pieni pitoisuus yhdestä näytteestä (10 pmy/g). Tuote tuotantovaiheessa käsitellään termisesti, jolloin mikrobit käytännössä tuhoutuvat. Tuotteesta ei otettu myöhemmin vuosina näytettä analysoitavaksi.

Taulukko 7. Maanparannusrakeen hygieniatulokset syksyllä 2012. Jos rinnakkaisnäytteiden tuloksissa oli vaihtelua, esitetään tulosten vaihteluväli.

	Levityksen ajankohta ^(a)	<i>E. coli</i> pmy/g *	enterokokit pmy/g*	klostridit pmy/g**	<i>Salmonella</i> pmy/25g	Varastointiaika
Seinäjäki	10/2012 (3)	0	0	0 - 10	negat.	-

^(a) Suluissa maanparannusrakeen rinnakkaisten näytteiden määrä.

^(*) Alamääritysraja 5 pmy/g. ^(**) Sulfiittia pelkistävät itiölliset klostridit TSC-agarilla, johon lisätty D-sykloseriiniä.

3.1.4. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete

Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen (Kemicond) patterointivaiheen hygieniatulokset näkyvät taulukossa 8. Tiloilla patteroidun Kemicond-lietteen *Escherichia coli* pitoisuudet alittivat MMMa 24/11 asetetun raja-arvon (*E. coli* <1000 pmy/g). Pitoisuudet olivat korkeimmillaan 10² pmy/g Limingassa vuonna 2012. *Salmonellaa* ei todettu maanparannusaineessa tilakohteilla. Enterokokkipitoisuudet vaihtelivat 10² – 10⁴ pmy/g välillä. Klostrideja todettiin kaikissa näytteissä 10³ – 10⁴ pmy/g.

Taulukko 8. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen hygieniatulokset vuosina 2012-2014. Jos rinnakkaisnäytteiden tuloksissa oli vaihtelua, esitetään tulosten vaihteluväli. Näytteenotot tehtiin toukokuussa (5) tai kesäkuussa (6).

	Auman pohja ^(a)	<i>E. coli</i> pmy/g *	enterokokit pmy/g*	klostridit pmy/g**	<i>Salmonella</i> pmy/25g	Varastointiaika
Liminka 5/2012	Paljas (3)	5 – 230	3500 – 8500	9200 – 17000	negat.	3 kk
	Turve (3)	63 - 230	860 – 6900	2000 – 7000	negat.	3 kk
	Olki (3)	9 - 122	3700 - 4500	6500 – 7000	negat.	3 kk
Liminka 5/2013	Paljas (3)	< 5 - 9	330 - 1200	9700 – 10000	negat.	4-5 kk
	Turve (3)	< 5 - 5	2800 - 17000	10000 - 14000	negat.	4-5 kk
	Olki (3)	< 5	700 - 2200	4000 - 12000	negat.	4-5 kk
Tyrnävä 6/2014	Paljas (2)	< 5 - 36	320 - 840	1900 – 8800	negat.	< 1 kk

^(a) Pohjan materiaali, suluissa kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen rinnakkaisten näytteiden määrä. ^(*) Alamääritysraja 5 pmy/g. ^(**) Sulfiittia pelkistävät itiölliset klostridit TSC-agarilla, johon lisätty D-sykloseriiniä.

3.1.5. Mikrobiologisten tulosten tarkastelu

MMM:n asetuksen (24/11) mukaan *Salmonellaa* ei saa esiintyä 25 grammassa tuotenäytettä. *Salmonellaa* esiintyi kuitenkin yhtenä tutkimusvuotena Natural 100 Biovoima mädätysjäännöksessä. Vuoden 2012 *Salmonella*löydös johtui lannoitevalmistajan mukaan kontaminoituneesta lingosta. Linkoa käytettiin syksyllä 2011 sekä hygienisoidun mädätysjäännöksen että käsittelemättömän puh-

distamolietteen linkoukseen jätevedenkäsittelylaitoksella. Lingon puhdistus materiaalien vaihdon välillä oli osoittautunut omavalvonnassa riittämättömäksi.

Vuonna 2012 mädätysjäännöksen *Escherichia coli* pitoisuudet olivat myös koholla. Pitoisuudet nousivat selkeästi ylitse MMMa 24/11 asetetun raja-arvon (*E. coli* <1000 pmy/g), minkä voi todeta johtuvan samasta kontaminaatiosta kuin *Salmonellankin* kohdalla. Muiden tuotteiden osalta *E. coli* pitoisuudet jäivät pienimmiksi maanparannuskompostissa, jossa pitoisuudet olivat keskimäärin määritysrajalla (5 pmy/g) tai sen alapuolella jokaisena tutkimusvuotena, mikä osoittaa lannoitevalmisteen käsittelyprosessit toimiviksi. *E. coli*a pidetään ulostesaastunnan indikaattorina.

Enterokokkeja esiintyi kaikissa patteroiduissa lannoitevalmisteissa ja pitoisuudet vaihtelivat välillä 10^1 – 10^4 pmy/g. Keskimäärin vähiten enterokokkeja esiintyi maanparannuskompostissa (alle 10^2 pmy/g). Enterokokkeja esiintyy yleisesti luonnossa ja ne kuuluvat nisäkkäiden sekä lintujen limakalvojen ja suolen normaaliflooraan (Borrego ym. 2003). Enterokokeille ei ole asetettu raja-arvoja.

Sulfiittia pelkistäviä itiöllisiä klostrideja esiintyi keskimäärin vähiten mädätysjäännöksessä vuodesta 2013 alkaen, milloin pitoisuudet jäivät alle 10^3 pmy/g. Kahdessa muussa tuotteessa pitoisuudet olivat 10^3 – 10^4 pmy/g. Klostrideja oli tuotteissa eniten, ja ne ovatkin mikrobeja, jotka selviytyvät itiönä olosuhteissa, joissa monet muut mikrobit menettävät elinkykynsä. Klostridit lisääntyvät hapettomissa olosuhteissa ja sietävät itiöidensä ansiosta esimerkiksi happea, kuivuutta sekä korkeita ja matalia lämpötiloja. Klostrideille ei ole asetettu MMMa (24/11):ssa raja-arvoja. Klostridien esiintyessä on kuitenkin mahdollista, että tuotteessa esiintyy *Clostridium perfringens* -bakteeria, joka on yleinen ruokamyrkytyksen aiheuttaja.

Tuotteisiin käytetyn jätevesilietteen laatu ja määrä voivat vaikuttaa mikrobien esiintymiseen tuotteissa. Varastointiajalla ei näyttäisi olevan vaikutusta mikrobipitoisuuksiin vaan pitoisuudet vaihtelevat todennäköisesti tuotteen sen hetkisen laadun mukaan. Peltolevityksen jälkeen mikrobien pitoisuudet pienenevät entisestään sekä laimenemisen että olosuhteiden muutoksen (Lang ym. 2007), mm. luonnon UV-säteilyn, vaikutuksesta. Tutkimustulosten mukaan lannoitevalmisteiden varastointi ei heikennä tuotteiden mikrobiologista laatua, joten varastoidut tuotteet ovat hygienialtaan peltolevitykseen soveltuvia.

3.2. Lannoitevalmisteiden aumavarastointi ja typpivaluma

Tiina Tontti, Petri Kapuinen

3.2.1. Maanparannuskomposti peltovarastoinnissa

Maanparannuskompostin peltovarastointia ilman pohjakerrosta tutkittiin routaantuneelle maalle perustetuilla seuranta-aumoilla Loviisassa ja Sipoossa vuosina 2012 ja 2013. Vuonna 2014 tutkittiin yhden peltopatterin perusteella pohjamateriaalin ja peittämisen vaikutus sen alapuolisiin maakerrokseen syntyviin huuhtoutumiin. Huuhtoutuminen määritettiin ottamalla patterointikohdasta maanäytteet kerroksittain ennen ja jälkeen patteroinnin ja määrittämällä niistä ravinnepitoisuudet. Keväisin varastoaman purkamisen yhteydessä otetuista kompostinäytteistä määritettiin ravinnepitoisuudet mahdollisten patteroinnin aikaisten ravinnepitoisuusmuutosten selvittämiseksi (Taulukko 9).

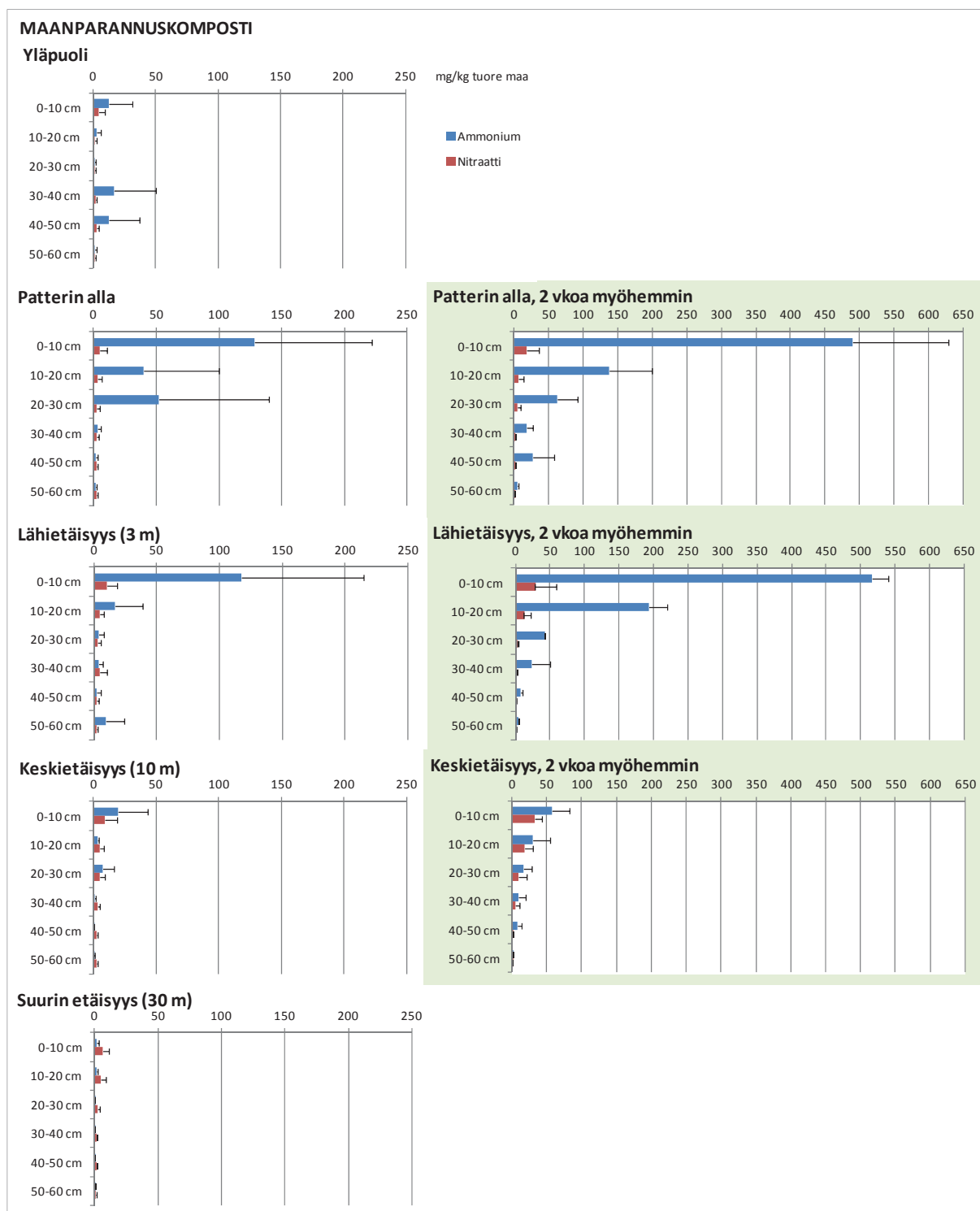
Taulukko 9. Maanparannuskompostin ravinnepitoisuudet tilakohteissa patterointia aloitettaessa 2014 ja sen päättyessä vuosina 2012, 2013 ja 2014.

	2012 ^(a)	2012 ^(b)	2013 ^(c)	2013 ^(d)	2014 ^(e) alku - loppu
Kokonaistyyppi					
g/kg tuore	6,17	6,9	8,1	7,6	6,5 – 6,9
g/kg kuiva	22,7	23,2	24,2	27,1	25,4 – 24,8
Kokonaisfosfori					
g/kg tuore	6,9	9,4	9,7	8,3	7,9 – 7,5
g/kg kuiva	25,3	31,4	29,1	29,8	30,6 – 27,1
Kalium g/kg tuore	0,32	0,6	0,8	0,35	0,3 – 0,6
g/kg kuiva	1,2	2,0	2,3	1,3	1,2 – 1,9
pH ^(f)	7,0	5,2	7,95	7,6	7,8 – 7,3
Kuiva-aine (%)	27,2	30,0	33,4	28,0	25,6 – 28,0
Orgaaninen aines (%)	56,6	56,0	48,7	60,2	61,1 – 61,0
Tilavuuspaino (g/l)	690	720	720	645	670 – 743
Johtokyky ^(f) (mS/m)	210	140	140	120	123 – 177
Ammoniumtyppi ^(g)					
mg/kg tuore	1260	710	1250	1375	1090 - 1275
mg/kg kuiva	4630	2390	3740	4920	4270 – 4600
Nitraattityppi ^(g)					
mg/kg tuore	120	360	65	23	61 – 14
mg/kg kuiva	440	1210	199	83	235 – 49
Liukoinen orgaaninen N ^(g)					
mg/kg tuore	160	150	385	295	300 - 250
mg/kg kuiva	570	500	1155	1070	1165 – 910

Varastointiaika: ^(a) (Sipoo) 5 kk, ^(b) (Loviisa) < 7 pv syksyleivitys, ^(c) (Sipoo) 5 kk, kahden näytteen keskiarvo, ^(d) (Loviisa) 4 kk, ^(e) (Loviisa) 4 kk, alkutilanne 2 ja lopputilanne 4 näytteen keskiarvo.

Uuttosuhde: ^(f) 1:5, ^(g) 1:60.

Maanparannuskompostipeltopatteroinnin päättämisen jälkeen mitatut patterin alla olevien maakerrosten typpipitoisuudet esitetään vuosien 2012 ja 2013 keskiarvoina kuvassa 2. Patteroinnin kuluessa ammoniumtyypen pitoisuus oli noussut ylemmissä maakerroksissa ja pieneni selvästi syvempiin kerroksiin päin lähestyessä vastaamaan pitoisuuksia, jotka määritettiin patteroinnin vaikutusalueen ulkopuolelta (yläpuoli) määritettyjä pitoisuuksia.



Kuva 2. Maanparannuskompostipatterin alla olevien maakerrosten ammonium- ja nitraattitypen pitoisuus patterin purkamisen jälkeen (vuosien 2012–2013 keskiarvot). Maakerrosten typpipitoisuudet analysoitiin maanparannuskompostipatterin purkupäivänä (levityspäivä) otetuista näytteistä. 1–2 viikkoa auman purkamisen ja levityspäivän jälkeen otettiin osasta seurantalohkoja vastaavat maanäytteet, jolloin maan typpipitoisuuden vaikutti myös kylvön yhteydessä annettu lannoitus. Maanparannuskompostia varastoitiin Uusimaalla lohkoilla, joilla viljeltiin vehnää tai kauraa. Esitetyt tulokset ovat 2-4 seurantapatterin keskiarvoja. Vain positiivisen suuntaan esitetyt virhejanat esittävät keskihajontaa.

Maanparannuskompostin alla havaitusta typpiprofiilista voidaan päätellä, että ravinteet eivät huuhtoutuneet patterista ylempiä kerroksia syvemmälle. Patterin kohdalla ammoniumtyypen pitoisuuden nousu maan pintakerroksissa oli selvä, mutta 10 ja 30 metrin etäisyydellä patterista ammoniumpitoisuus pysyi taustatasossa. Patterin lähistöllä (3 m patterin reunasta) maan pintakerroksen ammoniumtyypen pitoisuus oli kuitenkin noussut. Osasyynä tähän saattoi olla kompostista maan pintaa pitkin sivusuunnassa syntynyt valuma ja osaltaan ehkä kuormauksesta johtunut maan tiivistyminen.

Maakerrosten nitraattipitoisuudet olivat maanparannuskompostin patteroinnin jälkeen taustatasossa, joten huuhtoutuminen patterista tapahtui ammoniummuodossa, mikä on luonnollista, koska patteroitavassa tuotteessa oli vain vähän nitraattia. Peltopatterointi päätettiin toukokuussa heti, kun maa kantoi levityskaluston. Tällöin maa oli viileä, eikä maamikrobisto ei ollut vielä alanut toimia aktiivisesti. Todennäköisesti maan lämmitessä kasvukauden aikana maakerroksissa oleva ammoniumtyppi muuttuu nitraattitypeksi, jolloin syntyy syksyllä jäljellä olevan nitraatin huuhtoutumisriski. Mitä korkeampi on maanparannuskompostin nitraattityppipitoisuus, sitä todennäköisemmin myös nitraattia huuhtoutuu patterin alapuolisiin maakerroksiin.

Kompostipatterin purkamisen ja lannoituksen jälkeen maan pintakerrosten typpipitoisuudet olivat nousseet noin kolminkertaisiksi sekä patterin kohdalla että lähietäisyydellä patterin reunasta. Näissä pitoisuuksissa on mukana myös kylvölannoituksessa annettu typpi, mutta pääosin ammoniumtyypen nousu johtuu patteroinnista. Maanparannuskompostin varastoaman pohjalla on syytä käyttää nestettä sitovaa ja ammoniumtyyppiä pidättävää materiaalia.

3.2.2. Kuivattu mädätysjäännös peltovarastoinnissa

Kuivatun mädätysjäännöksen peltovarastointia ilman pohjakerrosta tutkittiin routaantuneelle maalle perustetuilla seuranta-aumoilla Kouvolassa ja Iitissä vuosina 2012 ja 2013. Vuonna 2014 tutkittiin yhden peltopatterin perusteella pohjamateriaalin ja peittämisen vaikutusta patterin alla olevien maakerrosten typpipitoisuuksiin. Keväisin varastoaman purkamisen yhteydessä otetuista mädätysjäännösnäytteistä määritettiin ravinnepitoisuudet (Taulukko 10).

Vuonna 2013 aumassa varastoidut mädätysjäännöksen erät poikkesivat huomattavasti toisistaan. Alle 3 kk varastoitu mädätysjäännös (erä ^(c) taulukossa 10) oli säilytetty jätelaitoksella välivarastossa ennen toimittamista peltolohkolle. Tähän erään oli ilmeisesti seostettu jätelaitoksella kalkkia (pH > 11), jolloin tämä kuivatun mädätysjäännöksen erä on ollut laadultaan lähellä kalkkistabiloitua puhdistamolietettä. Kyseisen erän varastointi pellolla alkoi vasta maaliskuussa, jolloin peltomaa ei välttämättä enää ollut roudassa.

Talvella perustetut kuivatun mädätysjäännöksen aumat vaikuttivat maan pintakerrokseen kohottaen ammoniumtyypen pitoisuutta kauempana aumasta sijaitseviin kohtiin verrattuna (Kuva 3). Ammoniumtyypen pitoisuus oli taustatasoa suurempi kolmessa ylimmässä maakerroksessa (30 cm). Ylimmässä maakerroksessa ammoniumtyyppiä oli 187 mg/kg tuorepaino ja kahdessa seuraavassa kerroksessa 29–51 mg/kg tuorepaino. Pääosa huuhtoutumasta jäi ylimpään 10 cm:n maakerrokseen. Ammoniumtyypen taustapitoisuus oli toukokuussa kolmessa ylimmässä maakerroksessa välillä 1–20 mg/kg tuorepaino. Nitraattityypin taustapitoisuus varastoaman kohdalla ylimmässä maakerroksessa oli noin 11 mg/kg tuoretta maata kohti. Vastaavana aikana ylimmän maakerroksen nitraattityypin taustapitoisuus oli < 3 mg/kg tuoretta maata.

Routaantuneelle maalle perustetun kuivatun mädätysjäännöksen varastoama vaikuttaa vain ylemmissä maakerroksissa varastoaman kohdalla kohottaen ammoniumtyypen pitoisuutta. Tällaisen pistemäisen kuormituksen pienentämiseen ja nestevaluman hidastamiseen voi käyttää nestettä pidättävää pohjakerrosta varastoaman alla. On hyvä, jos pohjakerrokseen käytettävällä materiaalilla on myös kykyä sitoa erityisesti ammoniumtyyppiä.

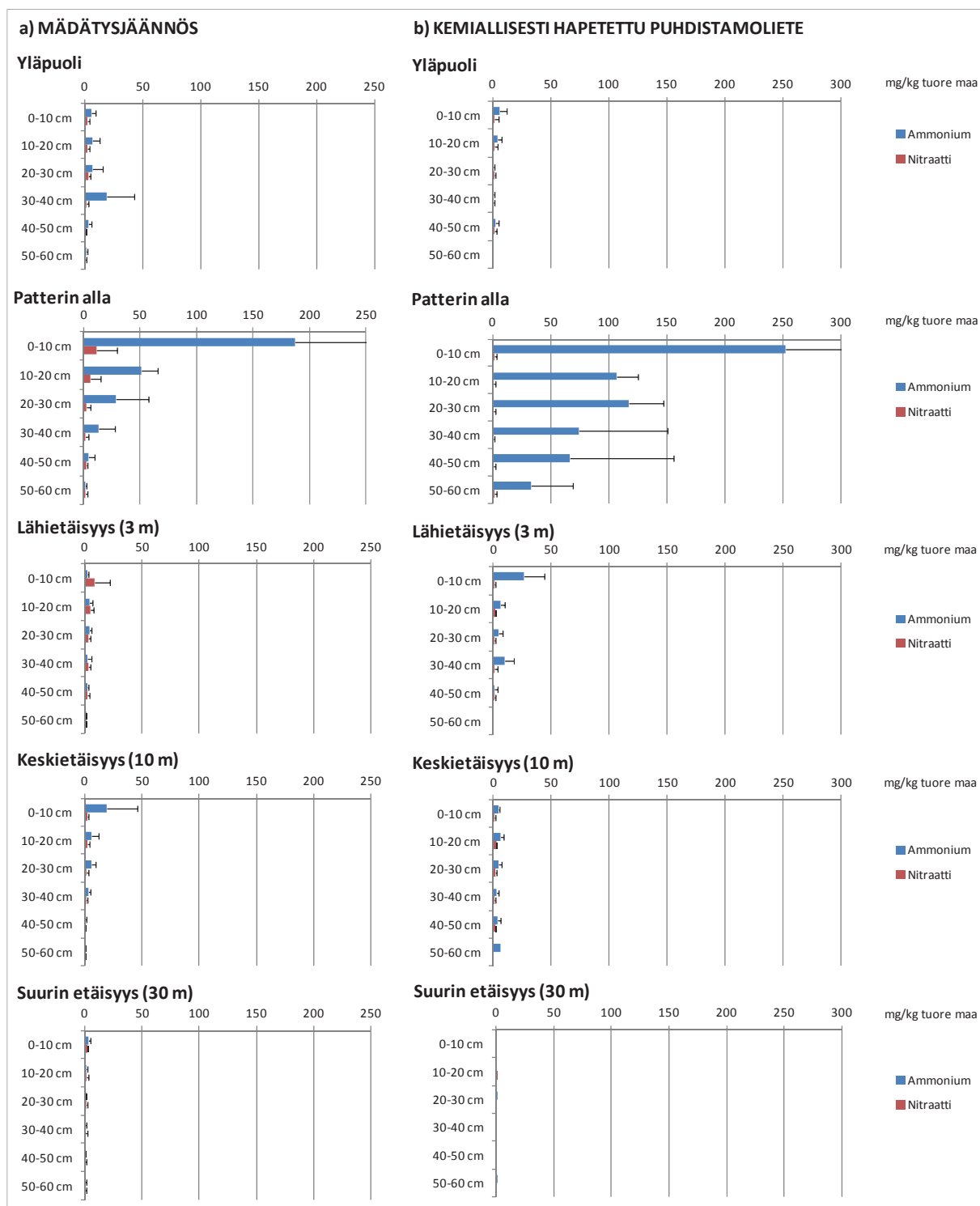
Taulukko 10. Kuivattu mädätysjäännös, tuotteen ravinnepitoisuudet patteroinnin päättyessä tilakohteilla vuosina 2012, 2013 ja 2014. Kolmessa tapauksessa on myös tulos patteroinnin alkutilanteesta.

	2012 ^(a)	2012 ^(b)	2013 ^(c) alku - loppu	2013 siilo ^(d) alku - loppu	2013 ^(e)	2014 ^(f) alku - loppu
Kokonaistyyppi						
g/kg tuore	7,1	9,8	5,1 – 6,2	9,2 – 8,2	9,9	10,6 – 9,8
g/kg kuiva	24,0	30,8	16,8 – 16,6	32,8 – 30,2	39,5	36,5 – 31,8
Kokonaisfosfori						
g/kg tuore	11,6	10,0	5,4 – 5,8	6,6 – 6,2	7,2	9,3 – 9,9
g/kg kuiva	39,4	31,5	17,7 – 15,4	23,6 – 22,8	28,6	32,2 – 32,4
Kalium						
g/kg tuore	0,73	1,3	0,67 – 1,2	1,1 – 1,2	0,86	1,4 – 1,5
g/kg kuiva	2,5	4,2	2,2 – 3,1	3,8 – 4,3	3,4	5,0 – 4,8
pH ^(g)	7,7	7,8	12,6 - 11	8,1 - 8	8	8,2 – 8,2
Kuiva-aine (%)	29,5	31,9	30,6 – 37,6	28 – 27,2	25,2	29 – 30,5
Orgaaninen aines (%)	48,1	55,8	26,6 – 29,1	45,1 – 43,9	57,1	55,5 – 54,5
Tilavuuspaino (g/l)	770	800	830 - 700	820 - 933	827	830 - 825
Johtokyky ^(g) (mS/m)	110	260	610 - 110	240 - 263	343	284 - 294
Ammoniumtyppi ^(h)						
mg/kg tuore	1020	1850	600 - 430	2120 - 1757	2263	2760 - 2635
mg/kg kuiva	3450	5810	1950 - 1150	7400 - 6483	9033	9510 - 8568
Nitraattityppi ^(h)						
mg/kg tuore	1	<1	4 – 3	<1 – <1	<1	<0,3 – 1
mg/kg kuiva	4	<3	13 - 8	3 - <3	<3	<1 - 2
Liukoinen orgaaninen N ^(h)						
mg/kg tuore	340	580	270 - 310	960 - 690	960	920 - 795
mg/kg kuiva	1140	1820	890 - 840	3370 - 2560	3160	3160 - 2578

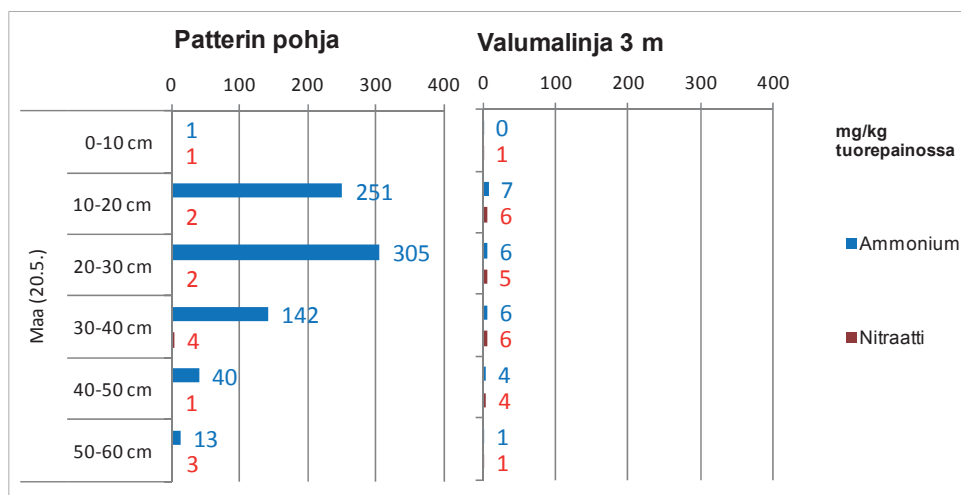
Varastointiaika: ^(a) 6 kk, ^(b) (litti) 5 kk, ^(c) (Kailassuo) 2-3 kk, ^(d) 7-8 kk, ^(e) (Kiehuva) 4-5 kk, ^(f) 3-4 kk.

Uuttosuhde: ^(g) 1:5, ^(h) 1:60. ^(d-f) Patteroinnin päätymisen tulos on 3-4 näytteen keskiarvo.

Maaliskuussa perustetun mädätysjäännöksen varastoaman vaikutus voi vuoden 2013 seurannan perustella aiheuttaa nopeampaa typen siirtymistä maakerroksissa alaspäin kuin talvella jäisen maan päälle perustettu varastoama (Kuva 4). Kyseisen erän koostumus poikkesi muista kuivatun mädätysjäännöksen eristä (pH 11), mikä on saattanut voimistaa pintakerroksen ammoniumtypen haihtumista ammoniakkinä. Tämän tuote-erän kuiva-ainepitoisuus oli korkea ja ammoniumtyypipitoisuus hyvin pieni. Tästä huolimatta alempien maakerrosten ammoniumtyypipitoisuus oli tämän varastoaman kohdalla suurempi kuin kuivatun mädätysjäännöksen muissa seurantakohteissa. Syynä saattoi olla sekä erän laatu että myöhäinen varastoinnin aloitus, mutta myös mahdollisesti runsaat sateet ja auman pieni koko on voinut vaikuttaa. Nestettä sitovan pohjakerroksen käyttäminen olisi kuitenkin voinut hidastaa tyypipitoisen nesteen valumista alempiin maakerroksiin.



Kuva 3. Maakerrosten ammonium- ja nitraattitypen pitoisuudet (a) kuivatun mädätysjäännöksen ja (b) kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen peltovarastoinnin päättyessä toukokuussa (vuosien 2012–2013 keskiarvot). Varastoamat perustettiin pellolle talvella routautuneen maan aikaan ja ilman pohjakerrosta. Mädätysjäännöksen varastointilohkot olivat Kaakkois-Suomessa ja kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen varastointilohkot Pohjois-Pohjanmaalla. Lohkoilla viljeltiin kauraa, vehnää tai ohraa. Tulokset ovat 2–4 seurantakohteen keskiarvoja. Palkkien jatkona olevat janat kuvaavat keskihajontaa ja ne on piirretty vain + suuntaan.



Kuva 4. Maaliskuussa 2013 perustetun kuivatusmäätysjäätännöksen peltoauman vaikutus maakerrosten typpipitoisuuteen auman purkamisen aikaan toukokuussa 2013.

3.2.3. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliette peltovarastoinnissa

Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen peltovarastointia ilman pohjakerrosta tutkittiin routaan-tuneelle maalle perustetuilla seuranta-aumoilla Limingassa vuosina 2012 ja 2013. Samalla lohkolle tutkittiin myös pohjakerrosten vaikutusta peltovarastoinnin typpipäästöihin. Pohjakerrosten vaikutusta maakerrosten typpipitoisuuksiin tarkastellaan jäljempänä kohdassa 3.2.5. Keväisin varastoau- man purkamisen yhteydessä otetuista mädätysjäätännösnäytteistä määritettiin ravinnepitoisuudet (Taulukko 11).

Ilman pohjakerrosta peltovarastoidun kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen vaikutus pel- tomaakerrosten ammonium- ja nitraattitypen pitoisuuksiin on esitetty kuvassa 3, kahden vuoden keskiarvoina (2012–2013). Ilman pohjakerrosta varastoau- man vaikutus maakerrosten tyyppiin oli samankaltainen kuin muiden maanparannusaineiden kohdalla. Auman kohdalla maakerroksissa oli selkeä ammoniumtyypin pitoisuuden nousu, mutta kauempana auman vaikutusta ei näkynyt. Typpipi- toisuuksien profiili maakerroksissa oli tuotteiden välillä samankaltainen. Suurimmat pitoisuudet oli- vat ylimmässä maakerroksessa ja pitoisuus pieneni alempiin kerroksiin siirryttäessä. Kun talvella pe- rustetut varastoau- mat purettiin keväällä heti, kun peltomaata oli riittävän kantavaa kevättöitä varten, oli maakerroksissa todella pieniä määriä nitraattityyppiä.

Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen vaikutus maakerrosten typpipitoisuuksiin keväällä poikkesi muiden talvella patteroitujen tuotteiden vaikutuksesta siten, että ammoniumtyypin pitoi- suudet kohosivat myös alimmassa mitatussa maakerroksessa (33 mg/kg tuorepaino). Ammonium- tyyppiä oli yli 60 mg/kg tuorepaino vielä 40–50 cm maakerroksessa. Tähän voimakkaaseen ammoni- umtyypin muutokseen voi olla syynä tuotteen prosessointitapa. Vedenpoisto ei ole kovin tehokasta tässä prosessissa (Taulukko 11) ja pieni kuiva-aine voi johtaa suuriin nestevalumiin. Tämän vuoksi on kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen kohdalla erityisen tärkeää käyttää nestettä pidättävää ja etenkin ammoniumtyyppiä sitovaa pohjakerrosta varastopatterin alla. Toinen vaihtoehto voi olla tä- män tyyppisen tuotteen välivarastointi valmistuslaitoksella niin, että valumaveden talteenotto toimii hallitusti.

Kemiallisesti hapetetusta puhdistamolietteestä muodostunut valuma on todennäköisesti ollut suuri. Suuri valuma on ilmeisesti vienyt ammoniumtyypin syvemmälle. Tulos on sopusoinnussa patte- risimulaattorin tulosten kanssa (kts. kohta 6.2.6.).

Taulukko 11. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen ravinnepitoisuudet patteroinnin päättyessä 2013 ja 2014 sekä Ruukin peltokokeen perustamisessa 2013.

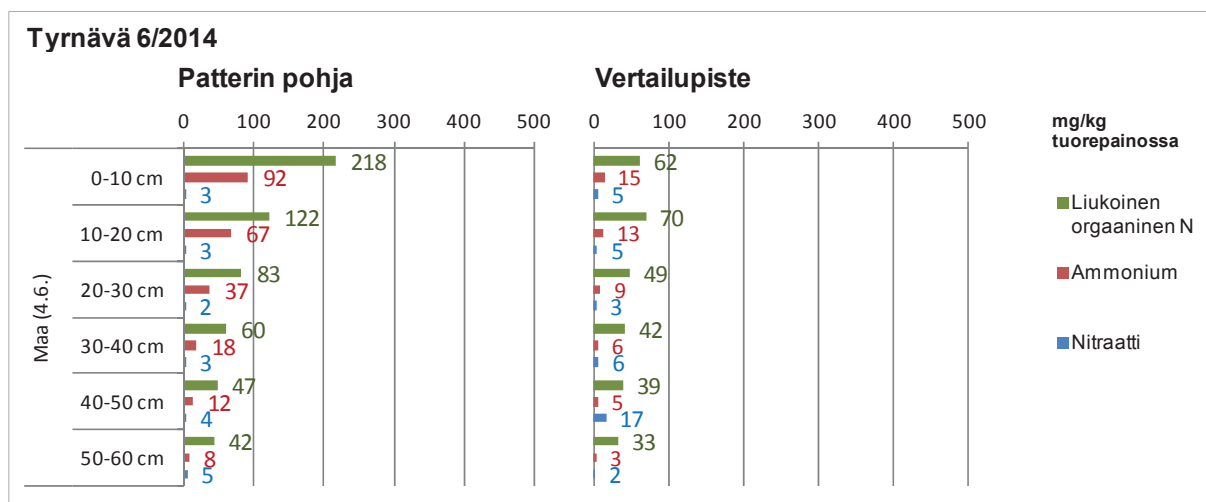
		2013 ^(a)	2013 Ruukki ^(b)	2014 ^(c)
Kokonaistyyppi	<i>g/kg tuore</i>	10,1	8,4	8,3
	<i>g/kg kuiva</i>	38,8	35,2	28,0
Kokonaisfosfori	<i>g/kg tuore</i>	5,5	3,2	5,1
	<i>g/kg kuiva</i>	20,9	13,5	17,3
Kalium	<i>g/kg tuore</i>	0,2	0,3	0,2
	<i>g/kg kuiva</i>	0,8	1,1	0,7
pH (1:5)		6,0		5,5
Kuiva-aine (%)		26	24	30
Orgaaninen aines (%)		66		61,5
Tilavuuspaino (g/l)		940	930	850
Johtokyky (1:5) mS/m		234		255
Ammoniumtyppi,	<i>mg/kg tuore</i>	1550		1255
	<i>mg/kg kuiva</i>	5950		4125
Nitraattityppi	<i>mg/kg tuore</i>	2		0,7
	<i>mg/kg kuiva</i>	7		2,5
Liukoinen orgaaninen typpi	<i>mg/kg tuore</i>	930		790
	<i>mg/kg kuiva</i>	3550		2665

^(a) varastoitu 4-5 kk, ^(b) tutkimusaseman kenttäkoe, maanparannusaine valmistuslaitokselta koekäyttöön,

^(c) kahden näytteen keskiarvo, varastoitu 0-1 kk.

Keväällä 2014 selvitettiin kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen lyhytaikaisen (< 1 kk) peltovarastoinnin vaikutus maakerrosten typpipitoisuuksiin (Kuva 5). Noin kuukauden mittainen kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen varastointi paljaan maan päällä nosti maan pintakerroksen ammoniumpitoisuuden kuusinkertaiseksi normaaliin ammoniumtasoon verrattuna. Lyhytaikaisen varastoauaman purkamisen yhteydessä otetuista tuotenäytteistä määritettiin myös ravinnepitoisuudet (Taulukko 11).

Myös lyhytaikainen kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen varastointi peltolohkolla voi aiheuttaa selkeää typpipitoisuuden nousua varastoauaman kohdalla. Vaikutus on kuitenkin pistemäinen eikä ulotu auman kohtaa laajemmalle alueelle. Tämä havainto vahvistaa aiempaa päätelmää siitä, että lannoitevalmistemassan alle on tarpeen lisätä nestettä ja tyypeä pidättävää materiaalia.



Kuva 5. Toukokuun ja kesäkuun vaihteessa 2014 pellolle välivarastointoon tuodun kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen valumavesien vaikutus maakerrosten typpipitoisuuteen lannoitevalmistelevityspäivänä kesäkuussa 2014

3.2.4. Tuotteiden peltovarastointi ilman pohjakerrosta

Tuloksia maanparannusaineiden paljaspohjaisen peltovarastoinnin vaikutuksesta maakerrosten typpipitoisuuksiin esitettiin Maataloustieteen päivillä julkaistussa artikkelissa (Tontti ym. 2014). Paljas-pohjaisten lannoitevalmistepatterien purkamisen aikaan patterin alla olevan maan ammoniumtyppi-pitoisuudessa oli selvä vertikaalinen profiili. Ammoniumtyypin pitoisuus oli kohonnut maan pintaker-roksissa, lähinnä 0–10 cm ja 10–20 cm sekä joissakin tapauksissa myös 20–30 cm maakerroksessa. Ammoniumtyypin profiilit olivat samankaltaiset kaikkien paljaspohjaisten patterien kohdalla, lukuun ottamatta kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen paljaspohjaista patteria vuonna 2013.

Nitraattityppeä patterin alla olleissa maakerroksissa oli hyvin vähän. Eräs syy paljaspohjaisen patterin poikkeavaan ammoniumprofiiliin vuonna 2013 saattaisi olla kevätkauden suuren sadannan aiheut-tama liukoksen tyypin huuhtoutuminen alaspäin. Myös pohjaveden korkeus on voinut vaikuttaa maan typpiprofiiliin, sillä maankohoamisalueella olevalla pellolla pohjavedenkorkeus seuraa merenpinnan korkeuden vaihteluja.

Orgaanisissa lannoitevalmistetuotteissa ei yleensä ole nitraattia, vaan tuotteiden liukoinen typpi on pääosin ammoniummuodossa. Nitraattia on vain hyvin kompostoituneissa orgaanisissa lannoite-valmisteissa, kuten maanparannuskompostissa. Kun lannoitevalmistepatteri puretaan kevättöiden aikaan, heti kun pelto on kylvökunnossa, on varastopatterin alapuolella oleva maa vielä viileää. Täl-löin maan pintakerroksissa oleva liukoinen typpi on edelleen ammoniummuodossa. Nitrifikaatiota eli ammoniumtyypin muuntumista nitraatiksi tapahtuu myöhemmin patterin purkamisen jälkeen kasvu-kauden aikana, kun maa on lämmennyt.

Kohonneet ammoniumtyppipitoisuudet rajoittuivat varsin selkeästi paljaspohjaisen patterin kohdalle kaikilla kolmella maanparannusaineella. Ammonium- ja nitraattityypin kulkeutumista pinta-valunnan mukana ei yleensä havaittu. Joissakin seurantakohteissa patterien purkamiseen liittyvä liikenne on ollut valumalinjan suuntaan, ja tähän liittyvä tuotteen leviäminen patterin lähistölle saat-toi vaikuttaa typpipitoisuuksien hienoiseen nousuun. Patterista huuhtoutuu liukoista tyypeä käytän-nössä vain alaspäin.

Maanparannuskomposti ja kuivattu mädätysjäännös varastoitettiin savimaalla ja lähes kokonaan ilman pohjamateriaalia. Vuonna 2012 mädätysjäännöksen alle oli laitettu hyvin pieni määrä olkisilp-pua, mutta sitä ei ollut havaittavissa enää purkamisen yhteydessä. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen alla maakerrosten (HHT) ammoniumtyypin profiili oli vuonna 2012 samankaltainen kuin maanparannuskompostin ja mädätysjäännöksen alla. Vuonna 2013 kemiallisesti hapetetun puhdis-tamolietteen varastopatterin alla maakerrosten ammoniumtyppipitoisuus oli muista poikkeava (ei

näy kuvan 3 keskiarvopalkeissa). Syvyyksillä 20–50 cm oli ammoniumtyyppiä enemmän kuin ylemmissä pintakerroksissa, noin 130 mg/kg. Nitraattityypen pitoisuudet maakerroksissa olivat tällöinkin alhaisia, alle 5 mg/kg. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen kuiva-ainepitoisuus oli vuonna 2013 vain 26 %, mikä saattoi aiheuttaa typpipitoisuuden nousun syvemmissä maakerroksissa.

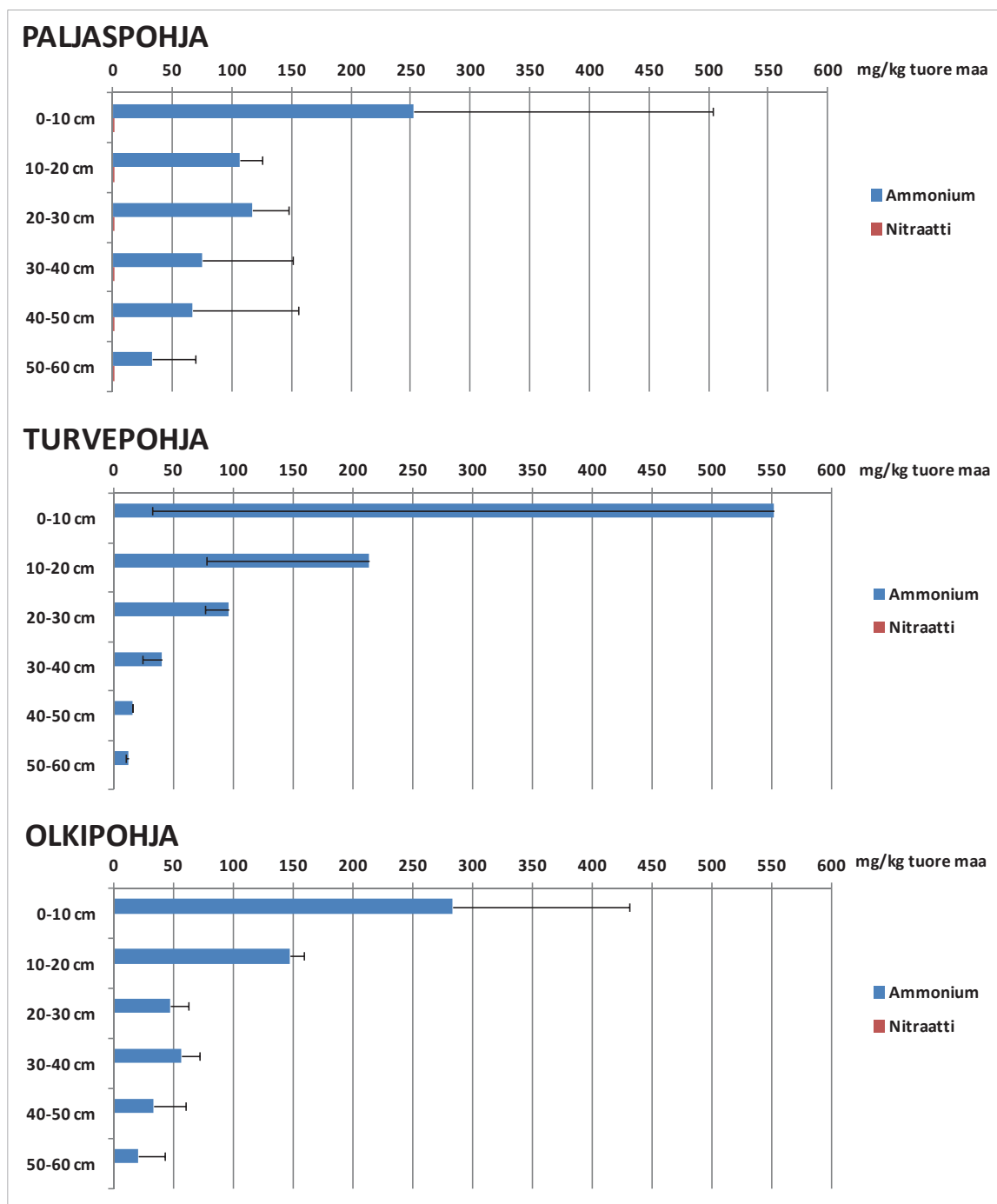
3.2.5. Pohjakerroksen ja peittämisen vaikutus peltovarastoinnissa

KemiCond-lietteen peltoaumojen pohjakerrokset

Peltoauman alla käytetyn pohjakerroksen vaikutusta tutkittiin vuosina 2012–2013 Pohjois-Pohjanmaalla kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä käyttävällä yhteistyötilalla. Tilalla sijoitettiin samalle peltolohkolle kolme varastoamaa, joilla oli erilaiset pohjaratkaisut: paljaspohjainen, turvepohja ja olkipohja. Turpeen ja oljen kerrospaksuus oli 5–10 cm. Vastaavat seurannat tehtiin kahtena peräkkäisenä vuonna samalla peltolohkolla, mutta aumojen paikkaa muuttaen. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen ravinnepitoisuudet tilakohteella Pohjois-Pohjanmaalla on esitetty edellä taulukossa 11. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen aumavarastointikokeen tuloksia on esitelty aiemmin Maataloustieteen päivillä (Tontti ym. 2014). Pohjakerroksella voi olla selkeää hyötyä lannoitevalmisteesta puristuvan nesteeseen sitomisessa. Karkeilla kivennäismailla mitatut kemiallisesti hapetetun lietteen patterien tulokset eivät kuitenkaan olleet yksiselitteisiä.

Turvepohja ja olkipohja vaikuttavat toimivilta, sillä ammoniumtyyppiä oli eniten ylimmissä maakerroksissa (Kuva 6). Todennäköisesti turve- tai olkikerros hidastaa pystysuoraa nestealumaa patterin alla, mutta kerrospaksuuden on oltava riittävän suuri. Patterin pohjamateriaalin nesteensitomiskyvyn tulee myös olla hyvä. Paljaspohjaisen patterin ammoniumtyyppi-profiili oli ensimmäisenä vuonna yllättäen samankaltainen kuin turpeen ja oljen tapauksessa, kun taas toisena vuonna paljaspohjaisen vaikutus oli muista poikkeava. Toisena vuonna ammoniumtyyppipitoisuus oli kohonnut paljaspohjaisen patterin kohdalla syvemmissä maakerroksissa, myös alimman (50–60 cm) maakerroksen näytteessä. Toisaalta ensimmäisenä vuonna turvepohjan alta ylimmistä kerroksista mitatut NH_4^+ -N-pitoisuudet olivat yllättävän suuret. Poikkeamia voivat selittää mahdolliset erot puhdistamolietteen ravinnepitoisuuksissa, pohjaeristeen sekoittuminen patterien purun yhteydessä pintamaahan tai näytteenotossa tapahtuneet poikkeamat. Pohjaeristemateriaali ja lietemassa pyrittiin poistamaan maanäytteiden ylimmästä pintakerroksesta ennen näytteiden ottoa.

On muistettava että nämä tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia, sillä patteriseurantoja tehtiin yhteistyötilan peltolohkolla lähinnä tapauskohtaisesti, ilman tuloksia vahvistavia käsittelyjen toistoja. Patterit perustettiin yksi kerrallaan ja siksi patteroitavan materiaalin laatu saattoi muuttua pattereiden välillä. Tulosten vaihtelu vuosien välillä oli suurta (kuva 6), jolloin johtopäätösten tekeminen pohjamateriaalien välisistä eroista on hankalaa. Työtä tulisi jatkaa jotta ymmärrys orgaanisen pohjakerroksen merkityksestä kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen peltopatteroinnissa paranee.



Kuva 6. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen varastoauomojen vaikutus peltomaakerrosten ammonium- ja nitraattityypeen patterin (auman) kohdalla erilaisten pohjamateriaalien alla. Tulokset ovat seurantavuosien 2012 ja 2013 keskiarvoja Pohjois-Pohjanmaan tilakohteen seurantapattereista. Palkkien jatkona olevat janat kuvaavat keskihajontaa ja ne on piirretty vain + suuntaan (poikkeuksena turvepohja).

Maanparannuskompostin ja mädätysjäännöksen peltoaumojen pohjakerrokset

Pattereiden alle laitetun vähäravinteisen orgaanisen kerroksen ja patterin peittämisen vaikutusta syntyvään kuormitukseen tutkittiin vuonna 2014 kahdella tilalla (Tontti & Kapuinen 2015). Loviisassa varastoitiin maanparannuskompostia peltoaumassa olkipohjan päällä ja muovikalvolla (ns. aumamuovi) peitettynä. Kouvolassa varastoitiin kuivattua mädätysjäännöstä peltoaumassa kuitulietepohjan (niukkaravinteinen maanparannuskuitu) päällä ja pressulla peitettynä. Patterit perustettiin talvelta routaantuneelle pellolle ja purettiin toukokuussa levityksen yhteydessä. Loviisan patterissa toiseen päähän asennettiin sen alle orgaaninen pohjakerros (olki) ja toisen pään jäädessä ilman. Saman patterin keskialue katettiin aumamuovilla, jolloin patteriin muodostui neljä koejäsentä erilaisena pohjakerroksen ja kattamisen yhdistelmänä. Kuormitus määritettiin mittaamalla patterin alla olevan maan liukoisen typen määrän lisääntyminen patteroinnin aikana. Maanäytteet otettiin 10 cm:n kerroksina 60 cm:iin saakka. Kunkin koejäsenen alueelta muodostettiin kokoomänäytteet yhdistämällä 1–2 näytteenottokohdan näytteet kerroksittain. Näytteet jäähdytettiin heti näytteenoton jälkeen kylmälaukuissa ja pakastettiin samana päivänä. Sulatetuista näytteistä analysoitiin ammonium- ja nitraattityppi (0,1 M K₂SO₄, uuttosuhte 1:2,5 w/w) sekä helppoliukoiset orgaaniset typpiyhdisteet (peroksidisulfaattihapetus). Maan typpi-profiilit esitetään yhden havainnon pohjalta.

Keväällä maakerrosten typpipitoisuuden profiili mädätysjäännöspatterin alla olevassa maassa (Taulukko 12) muistutti aiempia tuloksia (Tontti ym. 2014). Ylimmissä maakerroksissa ammoniumtyppipitoisuus oli kohonnut, mutta 30 cm:n syvyydessä pitoisuus oli lähellä taustapitoisuutta. Keväällä nitraattityppeä ei yleensä löydy lainkaan maakerroksista, kun maa on vielä kylmää eikä nitrifikaatiota ole vielä tapahtunut. Kuitulietteen ammoniumtyppipitoisuus oli selvästi korkeampi patterin puron jälkeen kuin ennen patterin perustamista sekä peitetyn patterin (0,15 g/kg tuorepainossa) että peittämättömän patterin kohdalla (0,57 g/kg tuorepaino). Sekä peittäminen että kuitukerros patterin alla vähensivät maahan huuhtoutuvan ammoniumtypen määrää. Myös olkipohja vähensi huuhtoutumista, mutta maanparannuskompostin kattamisen vaikutus on ristiriitainen. Peittämättömyys lisäsi valumaa kuitupohjaisessa mädätysjäännöspatterissa, jolloin ammoniumtypen huuhtoutuminen lisääntyi ja myös kuitulietteeeseen jäi enemmän ammoniumtyppeä.

Keväällä maanparannuskompostipatterin alla maan NH₄⁺-N-pitoisuus oli suurempi sillä alueella, jossa ei ollut olkipatjaa (Taulukko 13). Peitetyn maanparannuskompostin kohdalla ilman olkipohjaa ammoniumtyppi oli korkeimmillaan kahdessa ylimmässä maakerroksessa (< 440 mg/kg tuorepaino), kun taas peitetyn kompostin ja olkipohjan alla maan pintakerroksessa ammoniumtyppipitoisuus oli < 70 mg/kg tuorepaino. Olkipohjaisen maanparannuskompostin kohdalla maan pintakerroksen ammoniumtyppipitoisuus oli peitteen kohdalla pienempi kuin peittämättömällä kohdalla. Purettaessa patterien pintakerros oli peitetyllä alueella silmämääräisesti arvioiden selvästi kosteampaa kuin peittämättömällä alueella. Patterin peittämätön osa oli pinnaltaan kuivunut auringonpaisteessa ja tuullessa.

Liukoisen orgaanisen typen taustatasoa kuvaa Loviisan patterin alkutilanteesta mitattu 25–40 mg/kg tuorepainossa. Keväällä liukoisen orgaanisen typen määrä oli kaikkien patterinosien alla suurempi kuin alussa, ja peitetyllä paljaspohjaisella alueella liukoista orgaanista typpeä oli kulkeutunut 20 cm:n syvyyteen saakka. Liukoinen orgaaninen N muuttuu maassa mikrobien toimesta ammoniumtypeksi ja se nitrifioituu kasvukauden aikana nitraattitypeksi. Tätä kautta myös liukoinen orgaaninen N saattaa aiheuttaa syksyllä maassa huuhtoutumisriskin.

Tulokset vahvistavat tulkintaa siitä, että peltopatterin alla tulee käyttää ammoniumtyppeä sitovaa kerrosta. Lisäksi patteri tulisi peittää sadevesien johtamiseksi sivuun. Toisaalta patterin peitteen päälle kertyvän lumen sulamisevesi kastelee patterin ympäristön ja se on hyvä huomioida työtapoja sekä patterin sijaintia suunnitellessa. Nämä tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia, sillä patteriseuran-toja tehtiin yhteistyötilojen peltolohkoilla vain tapauskohtaisesti, ilman tuloksia vahvistavia käsittelyjen toistoja. Työtä tulisi jatkaa, jotta ymmärrys orgaanisen pohjakerroksen merkityksestä paranee.

Taulukko 12. Mädätysjäännöksen (M) ja kuitulietteen (K) typpipitoisuudet ja peltopatterin kohdalla olleiden maakerrosten typpipitoisuudet vuonna 2014 helmikuussa (02) ja toukokuussa (mg/kg tuorepainossa).

	Liukoinen orgaaninen N					Ammonium-N					Nitraatti-N				
	02	Touko				02	Touko				02	Touko			
		Peitetty					Peitetty					Peitetty			
		Paljas-pohja		Kuitu-pohja			Paljas-pohja		Kuitu-pohja			Paljas-pohja		Kuitu-pohja	
M	920	680	910	730	860	2760	2810	2570	2640	2520	<1	<1	<1	<1	1,1
K ^(a)	6			15	100	4			150	570	<1			<1	1,4
K ^(b)				9	9				1	1				<1	<1
Maakerrokset (cm)															
-10		247	197	126	90	17	184	94	41	19	3	2	1	1	4
-20		59	49	49	68	12	21	11	8	11	1	1	2	1	5
-30		32	39	39	37	7	11	8	7	4	3	1	4	1	5
-40		28	38	28	38	3	2	5	3	3	2	1	6	2	6
-50		27	27	29	32	3	2	3	5	3	3	1	1	3	6
-60		29	24	31	30	3	2	1	4	3	2	2	1	2	5

^(a) Kuituliete pohjalla, ^(b) Kuituliete ulkoilmassa.

Taulukko 13. Maanparannuskompostin (M) typpipitoisuudet ja peltopatterin kohdalla olleiden maakerrosten typpipitoisuudet vuonna 2014 tammikuussa (01) ja toukokuussa (mg/kg tuorepainossa).

	Liukoinen orgaaninen N					Ammonium-N					Nitraatti-N				
	01	Touko				01	Touko				01	Touko			
		Peitetty					Peitetty					Peitetty			
		Paljas-pohja		Olki-pohja			Paljas-pohja		Olki-pohja			Paljas-pohja		Olki-pohja	
M	300	260	210	320	210	1090	1200	1320	1200	1380	61	12	11	15	16
Maakerrokset (cm)															
-10	37	226	377	111	199	8	260	438	69	169	3	2	2	2	1
-20	38	42	345	48	65	8	6	348	14	26	1	2	2	1	1
-30	30	36	79	36	35	6	6	51	7	6	1	1	1	1	1
-40	26	30	30	29	27	5	6	10	3	4	0	0	0	1	0
-50	29	28	28	29	26	5	7	6	4	3	1	0	0	0	0
-60	26	27	26	28	28	5	3	5	3	3	1	0	0	0	0

3.2.6. Patterisimulaattorien typpivaluma

Petri Kapuinen, Tiina Tontti

Ensimmäinen simulaattorikoe mädätysjäännöksellä

Ensimmäisessä patterisimulaattorikokeessa varastoitui kuivattua mädätysjäännöstä (ka 31,5 %) noin 40 vuorikauden ajan noin 1,7 metriä korkeassa säiliössä. Simulaattorivarastoinnin aikana mädätysjäännösmassasta valui nestettä noin 50 litraa. Nesteen liukoisen typen (ammonium+nitraatti) pitoisuus oli 2 kg/tonni ja pinta-alaa kohti laskettuna nesteen mukana massasta poistunut liukoisen typen määrä oli 0,1 kg neliometriä kohti. Jos pienen varastopatterin tuotemassan korkeus olisi keskimäärin sama 1,7 metriä ja patterin alla oleva pinta-ala olisi yhteensä 20 m², olisi typpipäästö valuneen nesteen mukana 2 kg koko patteria kohti.

Tarkastelimme patterista valumanesteessä siirtynyttä typpimäärää alustavasti ensimmäisen patterisimulaattorikokeen perusteella (Tontti ym. 2014). Matalammassa patterissa massan alakerroksiinsa kohdistama paine on todennäköisesti sitä pienempi kuin lähes 2 metrin korkuisessa patterissa. Siten myös matalammasta patterista (sama kuiva-aine) puristuva nestemäärä olisi pienempi. Massan kosteus lähtötilanteessa vaikuttaa väistämättä valumaveden määrään, joten tuotteen kuivatus mahdollisimman pitkälle ennen peltovarastointia vähentää nestevalumassa tulevaa typpimäärää. Nykyisten säädösten mukaan pellolla varastoitavan lannoitevalmisteen kuiva-ainepitoisuuden tulee olla vähintään 30 %.

Patterisimulaattorikoe tehtiin lämpimissä olosuhteissa eli kokonaan sulalla tuotemassalla. Käytännössä talvella perustettavissa varastopattereissa vähintään pintaosat massasta jäätyvät, mikä todennäköisesti vähentää nestevalumaa simulaattorituloksiin verrattuna. Pieni varastoitava massa saattaa jopa jäätyä läpeensä kovilla pakkasilla ja se voi pysäyttää nesteen valumisen talven aikana. Mädätysjäännös on yleensä orgaanisten lannoitevalmisteiden tuotetyypeistä kosteimpia. Muiden tuotetyyppien patterisimulaattorikokeita kuvataan jäljempänä. Ensimmäinen simulaattoritulokset osoitti että tuotteesta valuvan nesteen kiinniottaminen on todella tärkeää. Valumaveden liukoinen tyyppi oli lähinnä NH₄⁺-tyyppiä (86,5 %), NO₃⁻-tyyppiä oli vain 0,1 %. Patterisimulaattorin valumaveden liukoisen fosforin pitoisuus oli hyvin pieni, alle 30 g/t. Tämän vuoksi on tärkeää että valumanesteen kiinniottamisessa keskitytään erityisesti ammoniumtypen sitomiseen.

Valuma sadevedeltä suojatussa patterisimulaattorista keskittyi ensimmäiseen kuukauteen patterin perustamisesta ja jatkui sen jälkeen hitaana toisen kuukauden pysähtykseen sitten kokonaan. Pellolla syntyvää ravinnekuormitusta peltopatterin alla voitaisiin merkittävästi vähentää säilyttämällä patteroitavaa orgaanista lannoitevalmistetta esimerkiksi biolaitoksella yhdestä kahteen kuukauteen. Laitoksella tapahtuvassa varastoinnissa lannoitevalmisteen tulisi olla peitettyä ja massasta vapaasti poistuva nestevaluma tulisi keräillä ennen lannoitevalmisteen kuljettamista peltopatteriin. Näin väli-varastoitu orgaaninen lannoitevalmiste saavuttaa kullekin tuotteelle ominaisen kuiva-ainepitoisuuden, jossa se ei enää valu. Kun orgaanisesta lannoitevalmisteesta itsestään ei enää valu nestettä, se voitaisiin varsin turvallisesti säilyttää pellolla sadevedeltä suojattuna ilman erityisiä pohjarakenteita. Tarvittava valutus aika ennen peltopatterointia saattaa riippua varastoitavan orgaanisen lannoitevalmisteen ominaisuuksista.

Typpivalumat simulaattorivertailussa

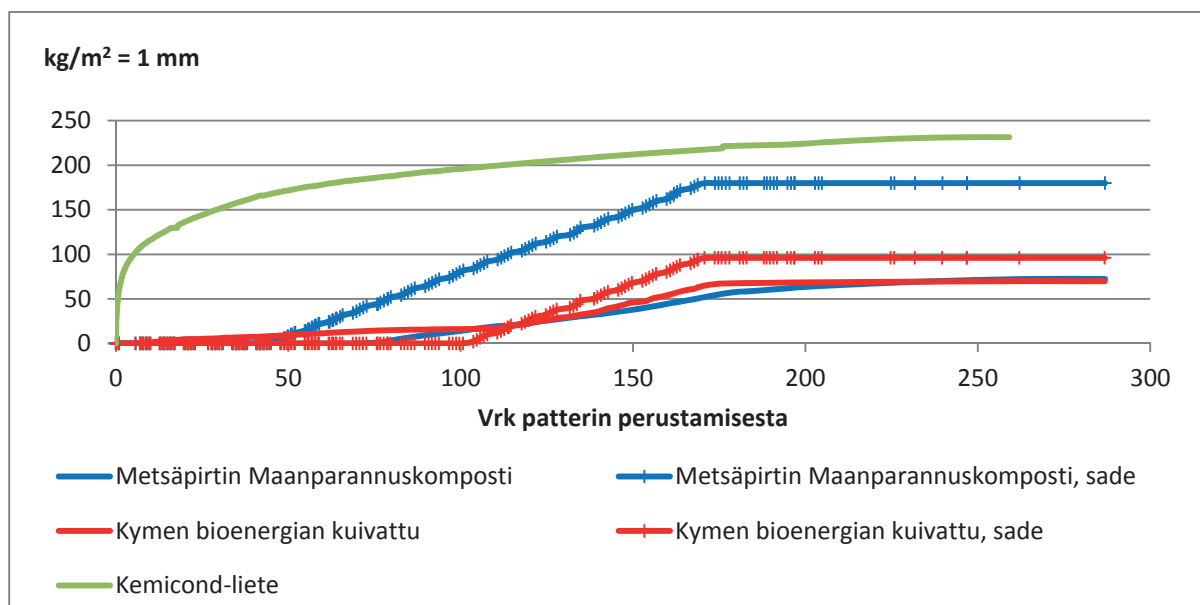
Patteroitavista materiaaleista kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (Kemicond) oli selvästi märempää kuin muut (Taulukko 14). Kemicond-lietteen orgaanisen aineksen osuus kuiva-aineesta oli selvästi suurin ja Metsäpirtin Maanparannuskompostin pienin. Metsäpirtin maanparannuskompostin tilavuuspaino oli selvästi pienin. Tähän oli todennäköisimmin syynä suurehko orgaanisen aineksen osuus kuiva-ainepitoisuuden ollessa suuri. Metsäpirtin maanparannuskomposti oli hapanta ja Kymen Bioenergian mädätysjäännös emäksistä. Metsäpirtin maanparannuskompostissa oli kokonaistyyppiä vain noin puolet muiden pitoisuudesta ja liukoisen typen osuus vielä pienempi. Kaikissa tuotteissa

ammoniumtyypen osuus liukoisesta tyydestä oli varsin samanlainen, mutta Metsäpirtin maanparannuskompostissa nitraattityyppiä oli lähes kaksinkertainen määrä Kymen bioenergian mädätysjäännöksen nitraattityypen osuuteen nähden. Vastaavasti Kemicond-lietteessä sen osuus oli vain puolet. Kymen Bioenergian mädätysjäännöksessä oli yllättävän paljon kaliumia lietetuotteeksi.

Taulukko 14. Patterisimulaattorissa käytettyjen materiaalien ominaisuuksia.

	Metsäpirtin maanparannuskomposti	Kymen Bioenergian kuivattu mädätysjäännös	Kemicond-liete
Kuiva-ainepitoisuus	27,4	29,3	23,3
Orgaanista ainesta, % ka:sta	61,3	55,5	72,4
Tilavuuspaino, kg/m³	570	650	680
pH	4,8	8,0	6,0
Kokonaistyyppi, kg/t	6,8	11,4	11,0
Liukoinen kokonaistyyppi, kg/t	1,0	2,9	3,8
Kokonaisfosfori, kg/t	7,7	9,4	4,5
Liukoinen fosfori, g/t	7,1	97,0	19,0
Kokonaiskalium, kg/t	0,34	1,41	0,35
Orgaaniset liuk. N-yhdisteet, %	9,4	22,1	30,0
Ammonium-N, %	68,4	65,9	63,9
Nitraatti-N, %	22,3	12,0	6,2

Patterisimulaattorit olivat sisällä vajaan 10 Celsius-asteen lämpötilassa. Aluksi simulaattoripattereiden annettiin valua ilman sadetusta, jolloin tilanne vastasi katettua patteria. Tässä vaiheessa patterit olivat tosiasiallisestikin katettu pressuilla. Alkuperäisenä suunnitelmana oli aloittaa sadetus sen jälkeen, kun katettujen pattereiden valuma olisi ollut käytännössä olematon. Metsäpirtin maanparannuskompostista muodostetusta patterista ei kuitenkaan muodostunut lainkaan valuntaa ilman sadetusta. Valuntaa saatiin aikaiseksi vasta, kun simulaattoriin alettiin lisätä vettä sadantaa matkien. Metsäpirtin maanparannuskompostista muodostettua peltopatteria alettiin lisätä vettä eli imitoimaan sadetta 44 päivää sen perustamisesta. Valuma alkoi tasan kuukauden kuluttua veden lisäyksen aloittamisesta, kun vettä oli lisätty määrä, joka vastasi 44 mm:n sademäärää. Metsäpirtin maanparannuskompostiin lisättiin kaiken kaikkiaan 180 litraa vettä 126 päivän kuluessa tasaiseen tahtiin, mikä vastaa keskimäärin 43 mm sadetta kuukaudessa. Sadetus toteutettiin niin, että patteroitavan materiaalin päälle asetettiin 10 litran ämpäri, jonka pohjassa oli pieni reikä niin, että sadannasta ei tullut kohtuuttoman rankkaa. Ämpäriin kaadettu 2 litran vesiansios, joka vastaa noin 2 mm:n sadetta valui noin tunnissa patteriin. Ämpäriä vaihdettiin eri sadetuskerroilla.

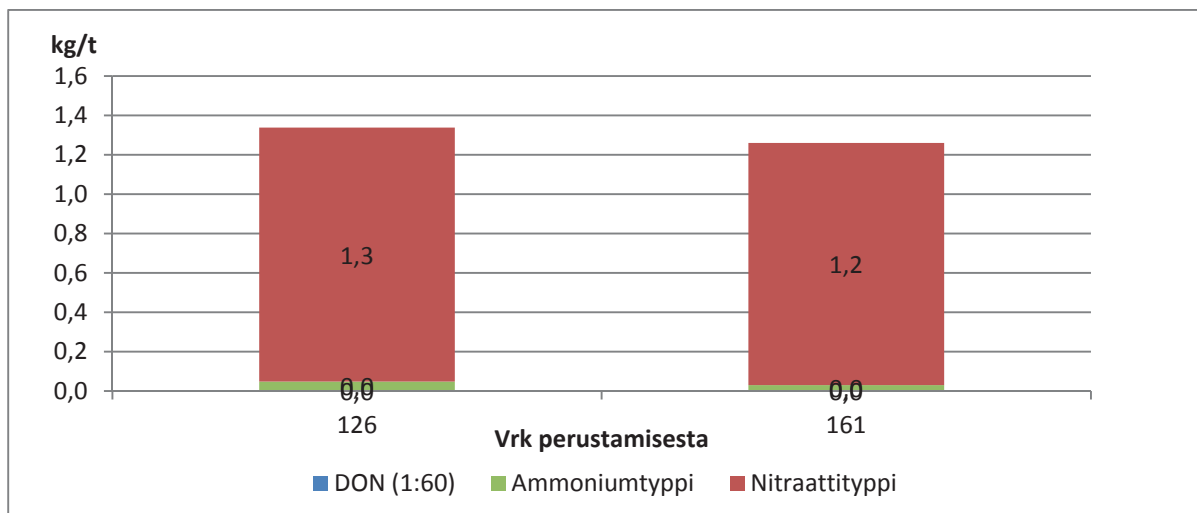


Kuva 7. Patterisimulaattorien valumat ja niiden simuloitu sade.

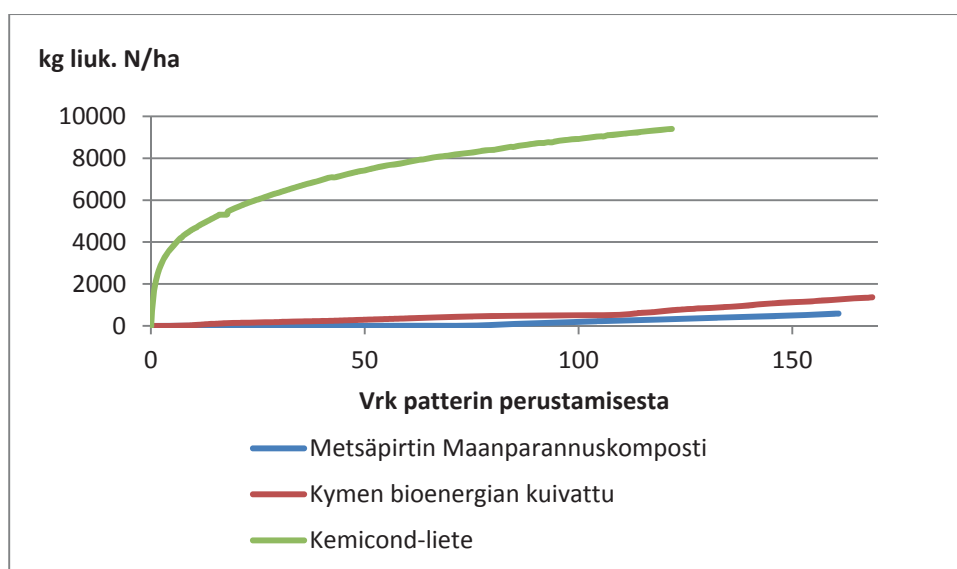
Koska Kymen Bioenergian mädätysjäännöksen valuma ei ollut loppunut yli kolmen kuukauden kuluessa eikä valuma ollut siinä määrin vähenevä, että oli oletettavissa, että se loppuisikaan lähiaikoina, päätettiin aloittaa veden lisääminen 103. päivän kohdalla. Vettä lisättiin 63 päivän aikana 96 litraa, mikä vastaa 46 mm:n sadetta kuukaudessa. Uudelleen perustetun Kemicond-lietteellä perustetun patterin valuma ei osoittanut vähenemisen merkkejä edes vielä 175. päivän kohdalla, joten sen sadetusta ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi. Sadetukset lopetettiin 170. päivän (14.11.) kohdalla perustamisesta tavoitteena saada valuma loppumaan ennen hankkeen päättymistä vuoden vaiheessa. Näin ei kuitenkaan käynyt.

Valunta Metsäpirtin maanparannuskompostista alkoi vasta 3,5 viikkoa veden lisäyksen aloittamisesta eikä valunta vastannut lisätyn veden määrää. Valuminen väheni hyvin hitaasti vedenlisäyksen päättymisen jälkeen ja patteriin jäi noin puolet lisätystä vedestä valunnan oleellisesti päätyttyä helmikuun puolella välissä. Kymen Bioenergian mädätysjäännöksestä valuma sen sijaan loppui oleellisesti viikko sadetuksen lopettamisen jälkeen. Siihen jäi noin 30 % lisätystä vedestä. Kemicond-lietteestä valui huomattava määrä nestettä. 175 vuorokaudessa valui 219 mm:n sadetta vastaava määrä nestettä.

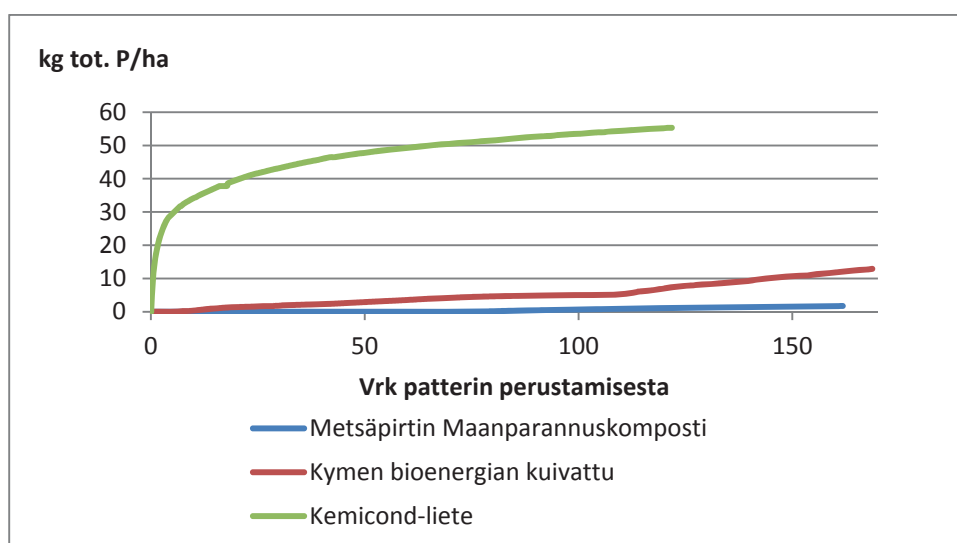
Metsäpirtin maanparannuskompostin typpihuuhtouma koostui lähes pelkästään nitraattitypestä. Valumassa oli vähäinen määrä ammoniumtyyppiä mutta käytännössä ei lainkaan orgaanisia vesiliukoisia typpiyhdisteitä. Valumaveden liukoisien tyypien pitoisuus 1,3 kg/t oli lähes sama näytteissä, jotka otettiin 124 ja 161 vuorokautta patterin perustamisesta (Kuva 8). 168 vuorokautta perustamisesta valuman mukana oli huuhtoutunut 655 kg/ha vastaava määrä liukoista tyyppiä käytännössä kokonaisuudessaan nitraattina (Kuva 9). Siihen mennessä vettä oli lisätty 178 mm:n eli noin kolmen kuukauden sademäärää vastaava määrä. Huuhtoutuneen fosforin määrä oli olematon (Kuva 10). Se vastasi määrää vain 1,8 kg/ha. Ensimmäisessä näytteessä 121 vuorokauden kohdalla fosforista vain 51 % oli liukoista, mutta liukoisien fosforin osuus nousi 77 %:iin 161 vuorokauden kuluttua otetussa näytteessä. Huuhtoutuneen fosforin määrä oli selvästi alle kasvien vuoden tarpeen patterin allakin. Sen sijaan tyypin määrä oli lähes kymmenkertainen. On oletettavaa, että valumaveden pitoisuudet ainakaan tyypin osalta muuttuneet oleellisesti tämänkään jälkeen eikä sillä ole merkitystä patteroinnin kannalta, koska sen kesto aika on enimmillään noin 3,5 kk eli 105 vuorokautta. Sen kuluessa valuma oli 18,3 kg vastaten 18,3 mm:n sadetta ja sen mukana huuhtoutui 230,5 kg/ha liukoista tyyppiä ja 0,8 kg/ha kokonaisfosforia, josta noin puolet olisi ollut vesiliukoista. Patteriin oli siihen mennessä lisätty 88 kg vettä vastaten 88 mm:n sadetta. Jos patteri ei olisi saanut lainkaan sadetusta, siitä ei olisi syntynyt minkäänlaista valumaa eikä niin muodoin huuhtoutumaa.



Kuva 8. Metsäpirtin maanparannuskompostista muodostetun patterin valumaveden liukaisen typen komponenttien pitoisuudet. (DON = liukoinen orgaaninen typpi)

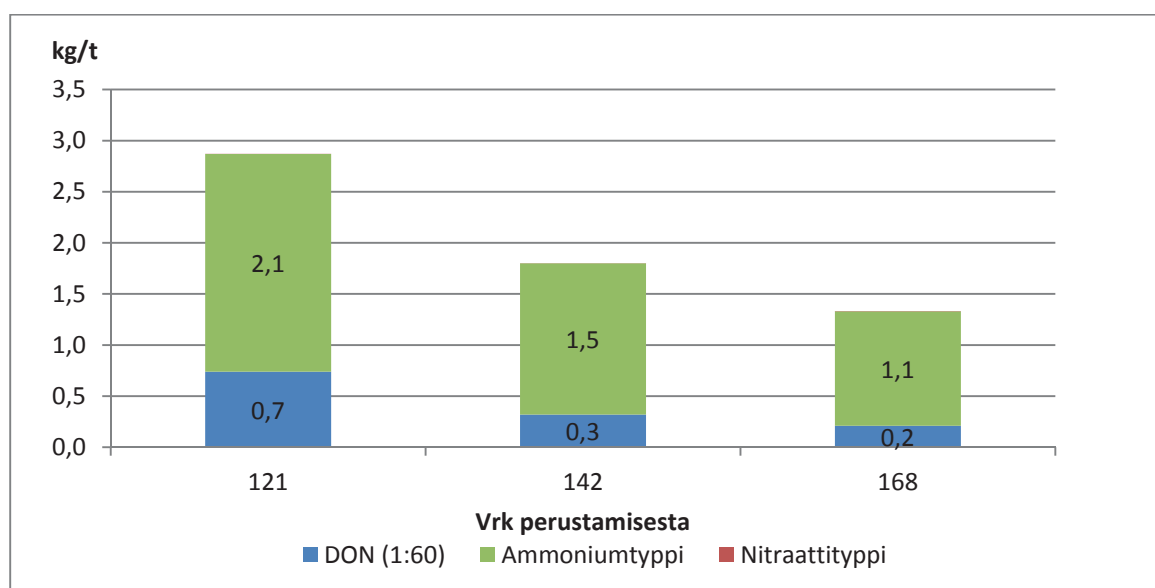


Kuva 9. Simuloiduista pattereista syntynyt liukaisen typen huuhtoutuminen patterin kohdalla.



Kuva 10. Simuloiduista pattereista syntynyt kokonaisfosforin huuhtoutuminen patterin kohdalla.

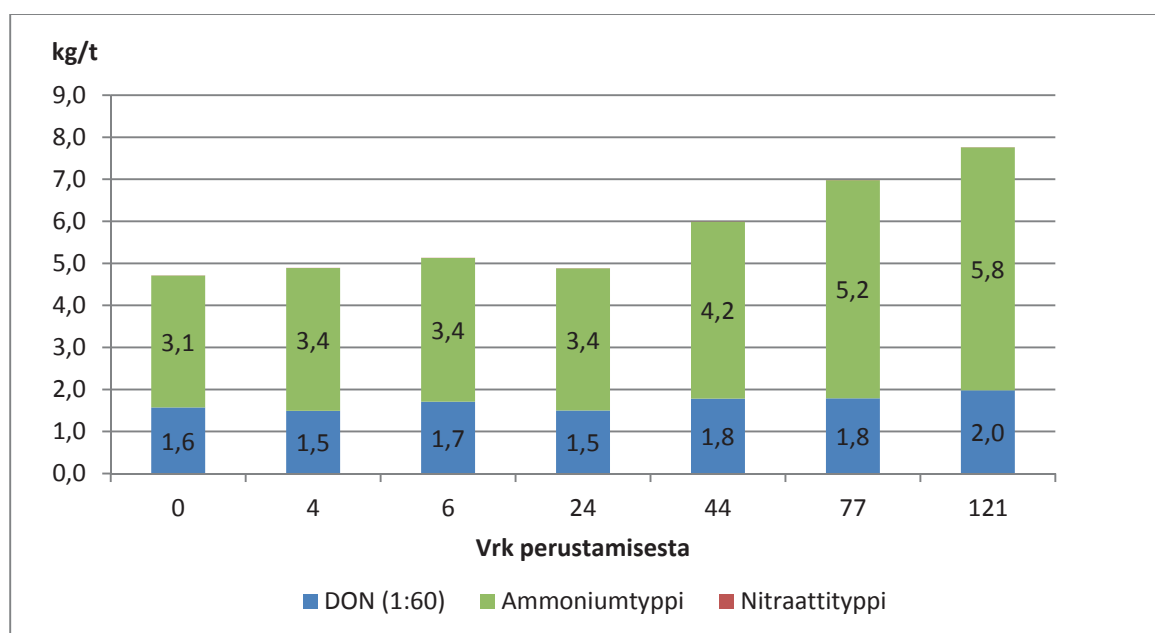
Kymen Bioenergian kuivatun mädätysjäännöksen valumaveden liukoisen typen koostumus oli täysin erilainen kuin maanparannuskompostin valumaveden (Kuvat 8 ja 11). Nitraattitypeä ei ollut lainkaan. Mikä on yllättävää, koska itse tuotteessa sitä oli. Pääosa liukoisesta tyypestä oli ammoniumtyyppiä ja loppu vesiliukoisia orgaanisia typpiyhdisteitä. Ammoniumtyypin osuus lisääntyi patteroinnin jatkuessa ja valumaveden liukoisen typen pitoisuus laski. Orgaanisen liukoisen typen osuus liukoisesta kokonaistyypestä laski patteroinnin edistyessä lähes puoleen. 121 vuorokauden kuluttua liukoisen kokonaistypen pitoisuus oli 2,9 kg/t, 142 vuorokauden kuluttua 1,8 kg/t ja 170 vuorokauden kuluttua enää 1,3 kg/t. On oletettavaa, että pitoisuudet laskivat oleellisesti myös tämän jälkeen. 168 vuorokautta perustamisesta valuman mukana oli huuhtoutunut 1370 kg/ha vastaava määrä liukoista kokonaistyyppiä (Kuva 9). Siihen mennessä vettä oli lisätty 94 mm:n eli 1,5 kk:n sademäärää vastaava määrä. Fosforia huuhtoutui 12,9 kg/ha vastaava kohtuullinen kasvien vuotuista tarvetta määrä (Kuva 10). Liukoisen typen määrä oli kuitenkin yli kymmenkertainen kasvien tarpeeseen nähden. Patteroinnin kannalta relevantin 105 vuorokauden kuluttua valuma oli 16,3 kg vastaten 16,3 mm:n sadetta ja sen mukana huuhtoutui 110 kg/ha liukoista tyyppiä ja 5,0 kg/ha kokonaisfosforia. 121 vuorokauden kohdalla otetuissa näytteissä liukoisen fosforin osuus oli 55 %, mikä on varsin lähelle 105 ensimmäisen vuorokauden keskiarvoa. Siihen mennessä patteriin oli ehditty lisätä vain 6 kg vettä, joten tilanne vastaa käytännössä tilannetta, jossa patteri oli kaiken aikaa katettuna (Kuva 7). Tämän jakson kulussa syntynyt huuhtoutuma on varsin kohtuullinen suhteessa kasvien vuotuisen ravinteiden ottoon.



Kuva 11. Kymen Bioenergian kuivatusta mädätysjäännöksestä muodostetun patterin valumaveden liukoisen typen komponenttien pitoisuudet. (DON = liukoinen orgaaninen typpi)

Kemicond-lietteen valumavesien koostumus muistutti Kymen bioenergian mädätysjäännöksen koostumusta ammoniumtyypin ja orgaanisten vesiliukoisten typpiyhdisteiden suhteiden osalta (Kuva 12). Vesiliukoisia typpiyhdisteitä oli kuitenkin suhteellisesti enemmän. Ammoniumtyypin osuus säilyi 70 %:ssa ja loppu oli orgaanisia vesiliukoisia typpiyhdisteitä. Itse tuotteessa oli jonkin verran nitraattia, joten on yllättävää, että sitä ei löytynyt valumavedestä. Valumaveden pitoisuus kasvoi patteroinnin pitkittyessä, päinvastoin kuin Kymen bioenergian mädätysjäännöksen. Kemicond-lietepatterin valumaveden liukoisen typen pitoisuus 4,7 kg/t kasvoi patteroinnin edistyessä päätyen pitoisuuteen 7,7 kg/t 120 vuorokauden eli 4 kuukauden kuluttua patterin perustamisesta. 121 vuorokauden kuluttua liukoista kokonaistyyppiä oli huuhtoutunut 9400 kg/ha vastaava määrä, joka on noin 100-kertainen viljakasvien tarpeeseen nähden (Kuva 9). Fosforia huuhtoutui vastaavassa ajassa 55 kg/ha, joka vastaa viljakasvien noin kuuden vuoden tarvetta.

Vaikka Kemicond-lietteen suuri valuma voidaan pääosin selittää sen pienellä kuiva-ainepitoisuudella (Taulukko 14), kuiva-ainepitoisuus ei yksin riitä selittämään valumaa. Toisesta tuotteesta, jonka kuiva-ainepitoisuus oli jonkin verran alle 30 %, ei valunut nestettä lainkaan, ja toisesta taas sitä valui melkoinen määrä. Tuotteiden muillakin ominaisuuksilla täytyi olla siihen huomattava vaikutus. Esimerkiksi orgaanisen aineen osuudella kuiva-aineesta saattaa olla ratkaiseva vaikutus, kun kuiva-ainepitoisuus on lähes 30 %. Metsäpirtin maanparannuskompostissa oli orgaanista ainesta enemmän kuin Kymen bioenergian mädätysjäänöksessä, koska siihen oli lisätty huomattava määrä turvetta kompostoinnin yhteydessä.



Kuva 12. Kemicond-lietteestä muodostetun patterin valumaveden liukoisen tyypin komponenttien pitoisuudet. (DON = liukoinen orgaaninen tyyppi)

Metsäpirtin maanparannuskompostin kaltaisten kuivien tuotteiden valuma voidaan estää kokonaan peittämällä patteri esimerkiksi muovikalvolla. Kymen bioenergian kuivatun mädätysjäänöksen kaltaisista tuotteista syntyy valumaa, vaikka se peitettäisiinkin. Tuotteesta itsestään tuleva valuma tai ainakin sen ravinteita voidaan ottaa kiinni patterin alle perustamisvaiheessa asennettavan niitä sitovan kerroksen avulla. Valumaa voidaan tehokkaasti rajoittaa peittämällä patteri muovikalvolla. Kemicond-lietteestä tulevan valuman tyyppikuormitus on täysin kohtuuton, jos se viedään peltopatteriin suoraan tuotannosta, mitä tilannetta patterisimulaatio vastasi. Siitä syntyvä valuma keskittyy voimakkaasti ensimmäiseen kuukauteen. Säilyttämällä sitä tuon ajan paikassa, josta valumavedet voidaan kerätä talteen käsittelyä varten valuma pellolla vähentää noin puoleen ja kuormitusta pellolla leikata huomattavasti. Ensimmäisten 44 vuorokauden kuluessa huuhtoutui 7180 kg/ha vastaava määrä liukoista typpeä ja 47 kg/ha vastaava määrä fosforia. Jos tämä valuma saataisiin kerättyä talteen, loppuvaluma ja -huuhtoumat olisivat samaa tasoa esimerkiksi Kymen Bioenergian mädätysjäänöksestä tulevien kanssa.

3.2.7. Johtopäätökset lannoitevalmisteiden aumavarastoinnista

Aumavarastointi ilman pohjakerrosta

Kolmen maanparannusaineen ilman pohjakerrosta toteutetun peltovarastoinnin aiheuttamaa typpi-kuormaa levityksen peltopinta-alaan suhteutettuna vertailtiin yksittäisten seurantapatterien tasolla

(Tontti ym. 2014). Patterin alla olleissa maakerroksissa ammoniumtyypen määrät olivat kohonneet, mutta vaikutus oli pistemäinen eli vaikutukset rajoittuivat lähinnä patterin pohjan kattamalle alalle. Liukoisen mineraalityypen (ammonium+nitraatti) summat maakerroksissa varastopatterin kohdalla neliötä kohti laskettuna olivat maanparannuskompostilla $< 0,06 \text{ kg/m}^2$, kuivatulla mädätysjännöksellä $< 0,04 \text{ kg/m}^2$ ja kemiallisesti hapetetulla puhdistamolietteeellä $< 0,07 \text{ kg/m}^2$. Patterin pohjan kattamalla alalla patterista maakerrokseen siirtyneen liukoisen mineraalityypen (ammonium+nitraatti) määrä oli 6–7 kertaa suurempi kuin esimerkiksi viljanviljelyssä käytetty 90 kg/ha typpilannoitus neliometriä kohti esitettynä ($0,009 \text{ kg/m}^2$). Patterin kohdalla neliötä kohti kohdistunut typen huuhtoutuminen oli siis noussut pistemäisesti.

Voidaan myös vertailla patteroitavasta lannoitevalmistemassasta maahan valuneen liukoisen kokonaistypen osuutta patterissa varastoidun liukoisen kokonaistypen määrästä. Otetaan esimerkiksi maanparannuskompostin ominaisuudet taulukon 14 mukaisesti: kompostin tilavuuspaino 570 kg/m^3 ja liukoinen kokonaistyyppi $1,0 \text{ kg/t}$. Oletetaan että maanparannuskompostin patterin korkeus on 2 metriä ja tämä massa peittää 1 m^2 alan maanpinnasta. Tämän 2 m^3 kokaisen kompostimassan paino olisi $1,14$ tonnia, jolloin sen sisältämä liukoisen kokonaistypen määrä olisi $1,14 \text{ kg}$. Siten yhden neliömetrin päällä olisi kahden metrin korkuisessa varastopatterissa $1,14 \text{ kg}$ liukoista kokonaistyyppiä. Edellisessä kappaleessa todettiin, että maanparannuskompostin alapuolella olleissa maakerroksissa liukoisen typen (ammonium+nitraatti) määrä oli enintään $0,06 \text{ kg}$ neliometriä kohti. Maanparannuskompostista maakerrokseen huuhtoutuneen liukoisen typen osuus patterissa varastoidun kompostimassan liukoisen kokonaistypen määrästä olisi tässä tapauksessa noin $5,3 \%$. Jos maakerroksista keväällä mitatun liukoisen typen (ammonium+nitraatti) määrä suhteutetaan vastaavalla tavalla maanparannuskompostin kokonaistyyppiin ($6,8 \text{ kg/t}$), on osuus alle 1% .

Karkea kivennäismaalaji tyypillisesti nopeuttaa typen kulkeutumista maakerroksissa savimaahan verrattuna. Karkeilla kivennäismailla patterin pohja onkin syytä tehdä erityisen huolellisesti ja varastopaikka puhdistettava varastoidusta tuotteesta tarkasti purkamisen jälkeen. Maalajin lisäksi myös peltomaan muilla olosuhteilla on vaikutusta (mm. pohjaveden korkeus). Lannoitevalmisteen kosteus vaikuttaa myös selkeästi tuotteen aiheuttamaan valumaan. Mitä kuivempaa lannoitevalmiste on, sitä vähemmän siitä puristuu nestettä oman painon alla varastoinnin aikana.

Pohjamateriaalit varastopatterien alla

Eri pohjamateriaalien kanssa peltopatterissa varastoidun kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen aiheuttamaa typpikuormaa levitettävään peltopinta-alaan suhteutettuna verrattiin yksittäisten seuranta-patterien tasolla (Tontti ym. 2014). Peltihehtaaria kohti lasketussa typpikuormituksessa oli eroja patterien pohjaratkaisujen välillä, myös eri vaihtoehtojen välinen järjestys poikkesi seuranta-vuosien välillä. Olkipohja (pitkä olki) oli molempina vuosina parempi kuin turvepohja. Kuitenkin vuonna 2012 turvepohja oli heikoin pohjaratkaisu, jopa heikompi kuin paljaspohjainen. Selkeää syytä turvepohjan heikkouteen ei löytynyt. Toisaalta vuonna 2013 sekä turvepohja että olkipohja vaikuttivat maakerrosten typpitulosten perustella toimivilta. On mahdollista että turvekerros oli aluksi liian ohut ja turpeen nesteenpidätyskyky ei KemiCond-lietteen ja paineen alla ollut riittävän suuri. Todennäköisesti pattereiden sisältämien materiaalien väliset erot aiheuttivat kuitenkin suuren osan peltopattereiden typpikuormituksen eroista.

Peittämisen ja pohjakerroksen koepattereiden perusteella nestettä ja ammoniumtyyppiä pidättävä kerros varastoaman alla vähentää maahan pääsevän ammoniumtyypen määrää. Sekä maanparannuskuitu että olkikerros lannoitevalmisteen alla olivat lupaavia. Varastoama on mielekästä peittää sadeveden johtamiseksi auman sivuun, niin että kerran kuivattu lannoitevalmiste ei kastu varastoinnin aikana uudelleen eikä sadevesi huuhto lannoitevalmisteesta ravinteita. Mitä kuivempaa lannoitevalmiste on, sitä helpompaa on myös sen tasainen levitys.

3.3. Levitystasaisuus

Tiina Tontti, Petri Kapuinen

3.3.1. Maanparannuskomposti

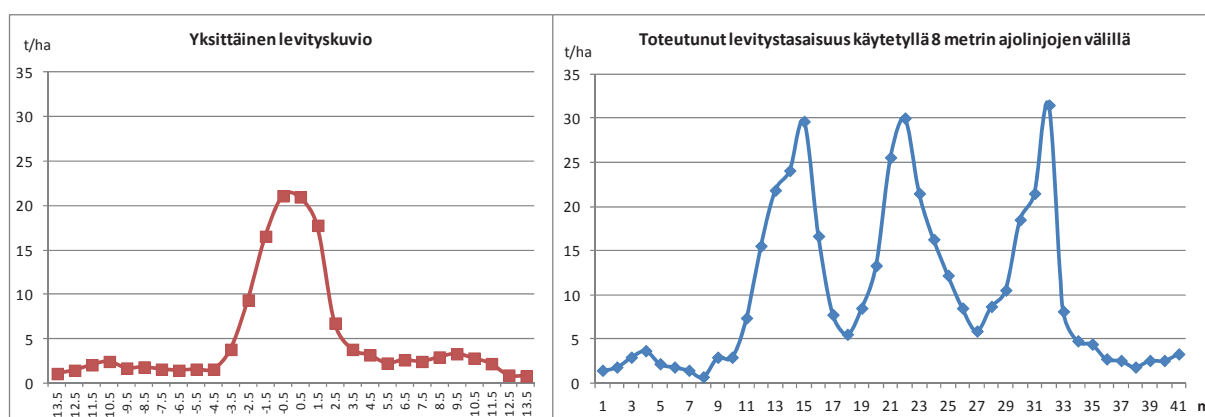
Maanparannuskompostin käyttö suunnitellaan etukäteen valmistajan antaman tuoteselosteen perusteella, peltolohkon viljelysuunnitelmaa tehtäessä. Maanparannuskomposti sopii fosforin varastolannoitukseen ja sitä käytetään ympäristökorvauksen ehtojen ravinteiden käyttörajojen mukaisesti, jos tila kuuluu ympäristökorvaukseen. Muiden tilojen osalta fosforikäytöstä säädetään lannoitevalmistusasetuksessa (MMM 24/11). Liukoisen typen pitoisuus maanparannuskompostissa on yleensä pieni, ja esimerkiksi viljakasvusto vaatii typpitäydennystä kylvön yhteydessä.

Maanparannuskompostin levitystä tarkasteltiin vuosina 2012–2014 Loviisassa ja Sipoossa sijaitsevilla tilakohteilla. Levityskalustona oli levityslautasilla varustettu vaakekalevitin tai pystykelalevitin. Levityksen teki joko viljelijän tilaama urakoitsija tai viljelijä itse. Lisäksi eräässä tapauksessa viljelijä levitti maanparannuskompostin perälevyllä peltoon.

Toukokuussa 2013 Loviisassa levitettiin noin viisi kuukautta peltopatterissa varastoitua maanparannuskompostia (kuiva-aine >26 %). Levityskalustona oli virolaisvalmistainen levitysvaunu, jonka tekniikka vastaa levityslautasilla varustettua vaakalevittintä. Tavoiteltu levitysmäärä oli 25 m³/ha.

Levityskuvio muodosti voimakkaan keskittymän (Kuva 13). Levityskuvion huippu oli kaikissa kolmessa ajokerrassa hyvin kapea, yli 25 t/ha levitysmäärään päästiin vain ± 3 m levitysvaunun keskilinjasta olevalle alueella.

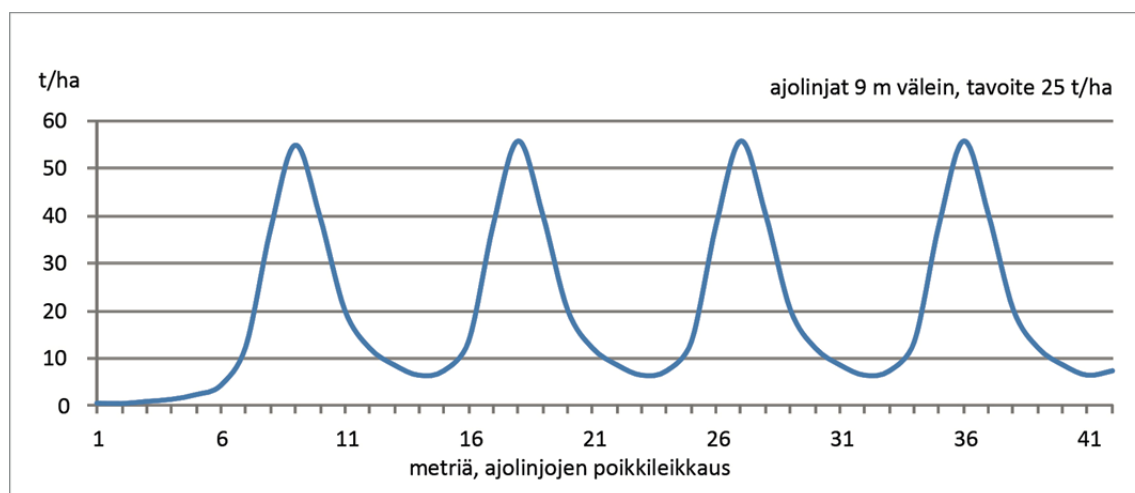
Levitystuloksen huippujen välissä levitetty määrä jäi alle puoleen huippujen tasosta, alimmillaan vain 5 t/ha tasolle. Ajolinjojen tulisi olla käytettyä tiheämmät, jotta levityksestä saataisiin tasaisempi. Ajolinjojen tihentämisestä huolimatta tällaisen levitysjäljen voimakas huipukkuus on ongelmallinen. Huipukkuuden pienentämiseksi pohjakuljettimen nopeutta tulee pienentää. Vasta sitten voidaan saavuttaa riittävän hyvä levitys, limittämällä ajolinjoja sopivasti. Hyvin huipukasta levityskuviota ei voi tasata limittämällä. Optimaalinen mutta teorettinen levityskuvio limityksen kannalta olisi kannallaan seisova tasakylkinen kolmio.



Kuva 13. Maanparannuskompostin levitystulos levityslautasilla varustetulla vaakalevittimellä vuonna 2013.

Vuonna 2014 maanparannuskompostin levitys tehtiin pystykelalevittimellä. Viljelijä hankki levittimen käyttettyinä, ja levittimen säädöt eivät olleet kunnossa. Laitteesta puuttui säätöportti, ja sen vuoksi levitysmäärä vaihteli ajonsuunnassa voimakkaasti. Levityksessä käytettiin myös liian suurta pohjakuljettimen nopeutta. Kaikkien näiden syiden vuoksi levitysjäljen huipukkuus oli vielä edellistäkin vuotta suurempi (Kuva 14). Kun pystykelalevitin on kunnossa, sillä pystyy levittämään kohtalaisen tasaisesti jopa maanparannuskompostia helpommin paakkuuntuvaa KemiCond-lietettä (kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä) (kts. kohta 3.3.3.), joten laitteiston tekniikkaa kunnossa ollessaan olisi käyt-

tökelpoista. Oleellista on, että laitteessa on kaikki osat kunnossa ja sitä huolletaan niin, että esim. levityslautasten siivet ovat hyväkuntoiset.



Kuva 14. Maanparannuskompostin levitystasaisuus pystykelalevittimellä vuonna 2014.

Pystykelamallin levittimen levityskuvio on usein huipukas, sillä vaunun keskilinjalla levittyy suuremmat määrät kuin laidoilla. Levitys täytyy tehdä maltilla niin, että pohjakuljettimen nopeus ei ole liian suuri.

Sekä pohjakuljettimen nopeus että takaosan säätöportti vaikuttavat vaunusta ulos tulevan kompostin määrään. Levityslautasten pyörimisnopeus vaikuttaa lentorataan. Pystykelalevittimessä levityslautaset ja hajotinkelat ovat yhdessä. Vaakakelalevittimessä levityslautasten pyörimisnopeus ei riipu hajotinkelojen pyörimisnopeudesta. On tärkeää pitää levityslautaset kunnossa sekä pysty- että vaakamallin levittimissä. Kuluneet levityslautasten siivet johtavat huonoon levitystasaisuuteen, kun vaunun keskilinjalle putoavan massan osuus kasvaa. Levityksestä saadaan tasainen limittämällä levitystä sopivalla tavalla. Levitysmäärää pinta-alaa kohti säädellään ajonopeudella.

Levityksen jälkeen maanparannuskomposti mullataan pintamaahan esimerkiksi joustopiikkiäkeellä. Levityksessä on toimittava maltilla. Liika kiire levityksessä kostautuu epätasaisena kasvustona. Tasainen kasvusto saadaan käyttämällä riittävää täydennystyppilannoitusta.

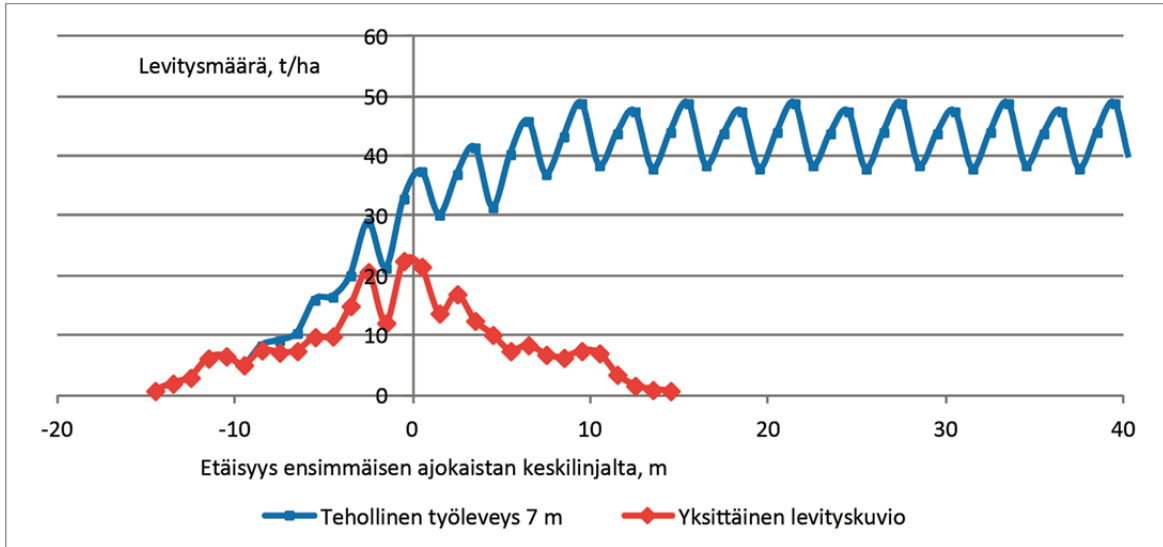
Monilla markkinoilla olevilla levitysvaunuilla voi levittää maanparannuskompostia. Tärkeintä on etsiä kyseiselle lannoitevalmisteen erälle ja käytettävälle laitteelle sekä levitysmäärälle sopivat työtavat.

3.3.2. Kuivattu mädätysjäännös

Orgaanisen maanparannusaineen käyttö suunnitellaan etukäteen valmistajan antaman tuoteselosteen perusteella, peltolohkon viljelysuunnitelmaa tehtäessä. Kuivattu mädätysjäännös sopii yleensä fosforin varastolannoitukseen, ja sitä käytetään ympäristökorvauksen ehtojen ravinteiden käyttörajojen mukaisesti. Liukoisen typen pitoisuus kuivatussa mädätysjäännöksessä on yleensä pieni ja esimerkiksi viljakasvusto vaatii typpitäydennystä kylvön yhteydessä.

Viljelijä voi levittää lannoitevalmisteen itse tai käyttää urakoitsijaa. Urakoitsijalla voi olla tehokkaampi levityskalusto, mutta levitys on yleensä ruuhkaiseen aikaan. Omalla kalustolla viljelijä voi tehdä työn haluamanaan ajankohtana.

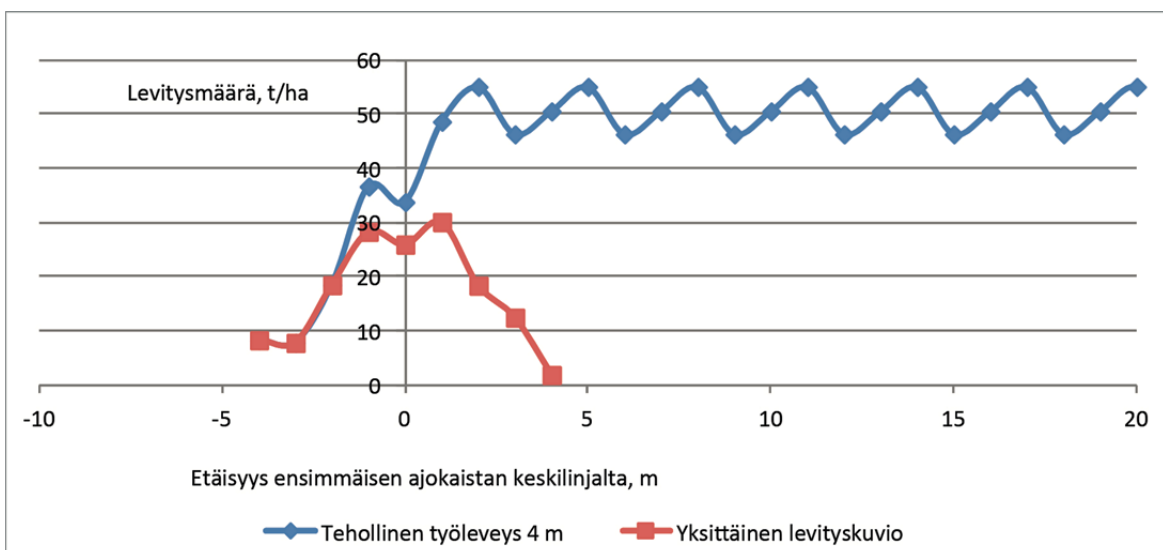
Kuivatun mädätysjäännöksen levitystä tarkasteltiin vuosina 2012 - 2014 Kouvolassa ja Iitissä sijaitsevilla tilakohteilla. Vuonna 2013 mädätysjäännös levitettiin levityslautasilla varustetulla vaakakelalevittimellä urakoitsijan toimesta. Tavoitteena oli 25 - 30 tonnia mädätysjäännöstä hehtaarille. Urakoitsija joutui säätämään levityksen ajolinjojen väliä niin, että tuotetta riitti koko peltolohkon alalle, koska viljelijän saama tuotteen kokonaismäärä oli pienempi, kuin olisi ollut tarkoituksena. Käytännössä ajolinjojen väliksi tuli noin 13 metriä (keskeltä keskelle). Kuvassa 15 esitetään yksittäisen levityskuvion levityksessä mitattu tulos ja tehollisella 7 metrin työleveydellä saavutettava levitysjälki.



Kuva 15. Kuivatun mädätysjäännöksen levitystulos levityslautasilla varustetulla vaakakelalevittimellä vuonna 2013.

Edellä (kuvassa 15) esitetty levityskuvio on melko kolmiomainen, mikä antaa periaatteessa hyvät mahdollisuudet tasaiseen levitykseen. Tässä tapauksessa paras tehollinen työleveys oli 7 metriä. Tasaisen levityksen saavuttamisen esteenä tässä tapauksessa oli vasemmalla puolella 1,5 metrin kohdalla levityksessä ollut ”kuoppa” levitysmäärässä. Tästä kuopasta johtuu levityksessä summautuvan määrän voimakas siksak-muotoinen vaihtelu. Ilmeisesti levittimessä oli levityshetkellä jokin vika.

Vuonna 2014 mädätysjäännöksen levitys oli alkujaan tarkoitus tehdä levityslautasilla varustetulla vaakakelalevittimellä, kuten edellisenä vuonna, mutta kalusto vaihtui keväällä viljelijän omaan lantavaunuun. Lannanlevittimellä tehdyn kuivatun mädätysjäännöksen levityksen levitystulos esitetään kuvassa 16. Tällainen hyvin kapea levityskuvio johtaa tiheisiin ajolinjoihin. Tässä paras tehollinen työleveys oli 4 metriä. Tällaisen levityskuvion nyökkisääntönä voi pitää seuraavaa: levityksen tasaamiseksi aja seuraava laisto niin, että näkyvä suurehkon levitysmäärän raja edellisestä laistosta on traktorin ajolinjalla. Levitysmäärä pinta-alaa kohti säädetään ajonopeudella.



Kuva 16. Kuivatun mädätysjäännöksen levitystulos lannanlevittimellä vuonna 2014.

Viljelijän oma lantavaunu toimi verraten hyvin tällä pienellä lohkokolla vuonna 2014. Lantavaunun työleveys on pieni, joten suurille lohkoille sitä ei hitauden vuoksi yleensä kannata käyttää. Lantavaunun levitys on mahdollista tehdä hyvin tasaisesti, koska levitysjäljen leveys on lähellä vaunun leveyttä ja koko perälaudan leveydeltä ulostuleva massa hajoaa poikittaissuuntaan hyvin vähän. Lantavaunulla tehdyn levityksen tehokkuus (työvauhti) on alhaisempi kuin suuremmilla levityslaitteilla, mutta jälki voi olla hyvin tasainen.

Kaluston käyttöä kannattaa harjoitella ja huomioida säätöjä tehdessä levitettävän tuotteen ja kyseisen erän ominaisuudet. Jos tuote on kuivaa ja tasalaatuista, on levitys kaikkein helpointa. Kosteaa ja paakkuisen lannoitevalmisteen levittäminen on vaikeampaa. Jos levitysjälki on epätasainen ja raikallinen, vilja tulee epätasaisesti.

Pohjakuljettimen nopeus vaikuttaa lantavaunusta ulos tulevan mädätysjäännöksen määrään. Ajonopeutta voi testata ennen levityksen aloittamista.

Keväällä tehdyn levityksen jälkeen maanparannusaine mullataan pintamaahan esimerkiksi joustopiikkiäkeellä. Pintamuokkaus voi tasoittaa levitysjälkeä vähän, jos se tehdään ristikkäin levityksen ajosuuntiin nähden. Tämäkään ei pelkää riitä, vaan itse levityksessä on toimittava maltilla. Liika kiire levityksessä kostaustuu epätasaisena kasvustona. Levityksen ja pintamuokkauksen jälkeen tehdään viljan kylvö ja täydennyslannoitus.

Monilla markkinoilla olevilla levitysvaunuilla voi levittää kuivattua mädätysjäännöstä. Urakoitsijat käyttävät esimerkiksi vaakakela- tai pystykelalevittimiä. Tärkeintä on etsiä kyseiselle lannoitevalmisteen erälle ja käytettävälle laitteelle sekä levitystavoitteelle sopivat työtavat.

3.3.3. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete

Orgaanisen maanparannusaineen käyttö suunnitellaan etukäteen valmistajan antaman tuoteselösten perusteella, peltolohkon viljelysuunnitelmaa tehtäessä. Kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (Kemicond) sopii yleensä fosforin varastolannoitukseen ja sitä käytetään ympäristökäyttöjen ravinteiden käyttörajojen mukaisesti. Liukoisen typen pitoisuus kemiallisesti hapetetussa puhdistamolietteenä on yleensä pieni ja esimerkiksi viljakasvusto vaatii typpitäydennystä kylvön yhteydessä.

Suunniteltuaan Kemicond-lietteen käytön viljelijä tilaa erän tuotevalmistajalta ja kuljetusliike tuo lietteen pellolle. Usein pyritään perustamaan varastoamat talvella routaantuneen maan aikaan, jolloin myös tiestö kestää kuljetukset hyvin. Lietteiden kuljetus peltolohkolle vaatii usein monta kuljetusta ja voi ajoittua useamman viikon ajalle. Kemicond-lietteen valmistaja on järjestänyt lietteiden kuljetuksen ja levityksen tilalle. Levityksessä on käytetty kahta erilaista levitysvaunua, toinen on mallitetaan vaakakela ja toinen pystykela.

Kemiallisesti käsitellyn lietteen levitystä tarkasteltiin vuosina 2012 - 2014 Limingassa ja Tyrnävällä sijaitsevilla tilakohteilla. Levityskalustona oli levityslautasilla varustettu vaakakelalevitin tai pystykelalevitin. Levityksen teki tuotevalmistajan tilaama urakoitsija.

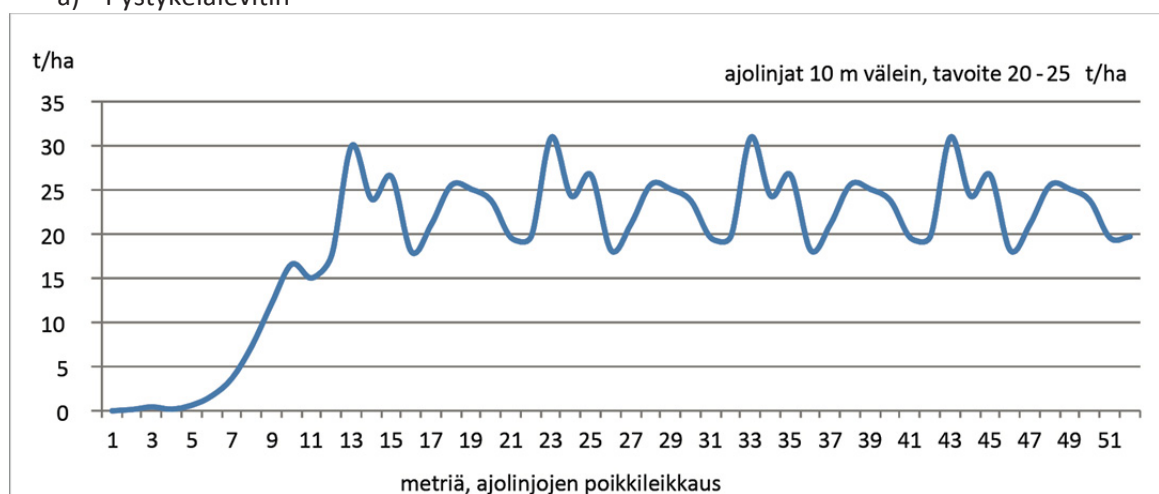
Levitystasaisuuden mittaukset tehtiin samasta tuote-erästä kahdella levityslaitteella samana päivänä kesäkuun 2014 alussa. Levitysmittaukset tehtiin sarkaojitetulla raiviolohkokolla, vain yhden leveyden perusteella, joten todellista levitystiheyttä (limitystä) ei tästä seuranta-kohteesta saatu tietoon. Kuvassa 17 esitetään kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteiden levitystulos keväällä 2014 ja siinä on käytetty laskennallista oletusta 10 metrin ajolinjojen välistä molemmille levityslaitteille (pystykela ja vaakakela). Kuvassa näkyy hyvin levitysjäljen muodon ja huipukkuuden yhteys siihen, kuinka oikeallalimityksellä saadaan tasainen levitys. Pystykelalevittimellä kuvassa esitetty 10 metrin ajolinjojen väli oli varsin hyvä, sillä tällä limityksellä valtaosa pinta-alasta sai tavoitteen mukaisen levitysmäärän. Pystykelalevittimen levityskuvion maltillinen huipukkuus ja kolmiomaisuus mahdollistivat tasaisen levityksen sopivalla limityksellä.

Pystykelamallin levitysvaunun keskilinjalla levittyy suuremmat määrät kuin laidoilla. Pohjakuljettimen nopeus ja takaosan säätöportti vaikuttavat vaunusta ulos tulevan kompostin määrään. Levityslautasten pyörimisnopeus vaikuttaa lentorataan. Pystykelalevittimessä levityslautaset ja hajotinkelat ovat yhdessä. Mikäli pystykelalevittimen säätöportti toimii ja levityslautaset sekä niiden siivekkeet ovat kunnossa, voi levitystulos olla varsin hyvä.

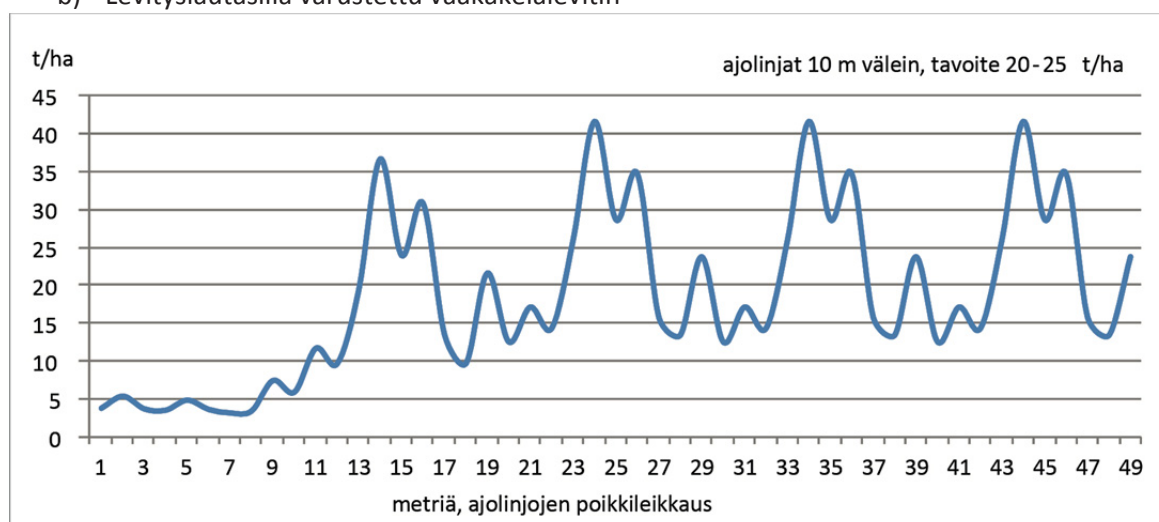
Vaakakelalevittimellä tämän levityksen tulosta ei pystynyt tasaamaan 10 metrin ajolinjaväleillä. Limitys oli silloin liian pieni koska ajolinjojen välissä suurin osa pinnasta jäi alle 20 tonnin hehtaarilevityksen. Jos limitystä tihentäisi pitäen muutoin ajotavan samana, tulisi levityksen huippu nousemaan vielä korkeammalle. Tällaisen levitysjäljen tasaaminen ei onnistu pelkästään ajolinjojen limitystä tiivistämällä, vaan massan syöttönopeutta levityslautasille tulee pienentää pohjakuljettimen nopeutta pienentämällä.

Vaakakelamallin levityskuvio on myös luonnostaan huipukas, sillä vaunun keskilinjalla levittyy suuremmat määrät kuin laidoilla. Pohjakuljettimen nopeus ja takaosan säätöportti vaikuttavat vauhasta ulos tulevan maanparannusaineen määrään. Levityslautasten pyörimisnopeus vaikuttaa lentorataan. Vaakakelalevittimessä levityslautasten pyörimisnopeus ei ole riippuvainen hajotinkelojen pyörimisnopeudesta.

a) Pystyselalevitin



b) Levityslautasilla varustettu vaakakelalevitin



Kuva 17. Kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen levitystulos pystyselalevittimellä (a) ja levityslautasilla varustetulla vaakakelalevittimellä (b) Tyrnävällä keväällä 2014.

Kemiallisesti käsitellyn lietteen levitys täytyy tehdä maltilla molemmilla levityskaluston tyypeillä, niin että keskellä levittyvä määrä ei ole liian suuri. Syy voimakkaaseen huipukkuuteen on usein liian suurissa pohjakuljettimen nopeudessa. Jos tuote on kuivaa ja tasalaatuista, on levitys kaikkein helpointa. Kostean ja paakkuisen lannoitevalmisteen levittäminen on vaikeampaa. Jos levitysjälki on epätasainen ja raidallinen, vilja tulee epätasaisesti.

Keväällä tehdyn levityksen jälkeen maanparannusaine mullataan pintamaahan esimerkiksi joustopiikkiäkeellä. Pintamuokkaus voi tasoittaa levitysjälkeä vähän, jos se tehdään ristikkäin levityksen ajosuuntiin nähden. Tämäkään ei pelkää riittä, vaan itse levityksessä on toimittava maltilla. Liika kiire levityksessä kostautuu epätasaisena kasvustona. Levityksen ja pintamuokkauksen jälkeen on vuorossa kylvö ja täydennyslannoitus.

Monilla markkinoilla olevilla levitysvaunuilla voi levittää Kemicond-lietettä. Tärkeintä on etsiä kyseiselle lannoitevalmisteen erälle ja käytettävälle laitteelle sekä levitystavoitteelle sopivat työtavat. Uuden tuotteen levityksessä on syytä tehdä koelevitys, ellei tuotteen levitysominaisuudet ole aieman kokemuksen pohjalta varmasti tiedossa. Koelevityksessä suhteutetaan toisiinsa: a) Kompos-tierän laatu, b) Levitysmäärän tavoite, c) Levityslaitteen säädöt.

3.3.4. Kuivarae

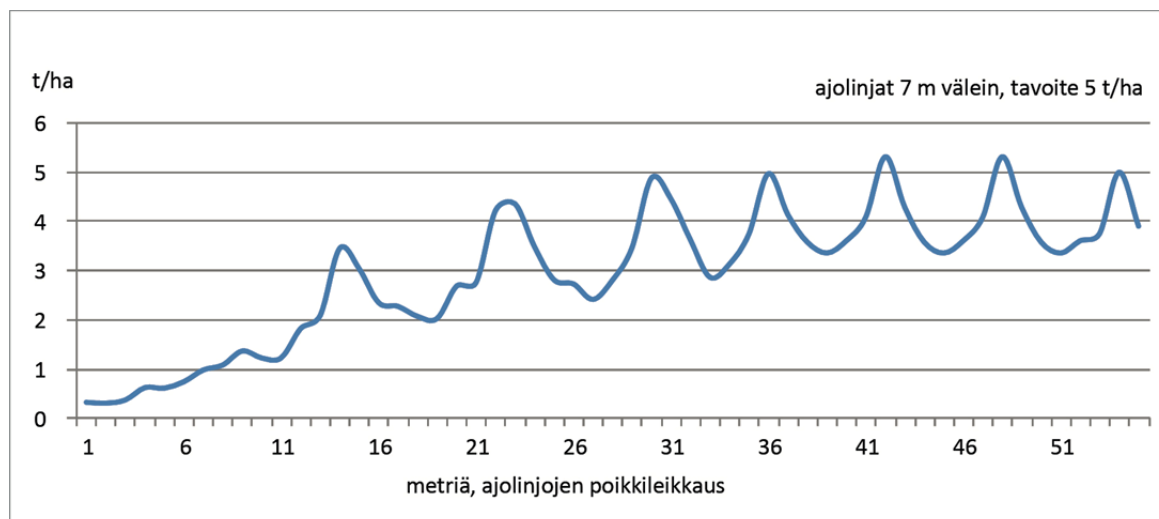
Kuivarae tai -jauho on tyyppinimi, johon kuuluvia tuotteita voidaan käyttää maanparannusaineena mm. vilja- ja energiakasveille sekä maisemointiin ja viherrakentamiseen. Se kuuluu orgaanisiin maanparannusaineisiin eikä sillä ole erityisiä rajoitteita seuraavien vuosien viljelykasville, vaikka sen raaka-aineena olisi puhdistamolietettä tai vastaavaa.

Puhdistamolietteestä valmistettu kuivarae sopii erityisesti fosforin varastolannoitukseen, ja sitä käytetään ns. nitraattiasetuksen ja ympäristökorvauksen ravinteiden käyttörajojen mukaisesti. Pelletin levitysmäärän tavoite on enintään 5 tonnia hehtaarille. Se määräytyy yleensä kokonaistypen pitoisuuden mukaan. Uuden keväällä 2015 vahvistettavan ympäristökorvauksen myötä fosforin käyttökelpoisuudeksi peltoviljelyssä lasketaan 60 % kokonaisfosforista, mikäli lannoitevalmisteen raaka-aineena on pääosin puhdistamolietettä.

Kuivaraeessa liukoisen tyyppin osuus kokonaistypestä on yleensä hyvin pieni, ja esimerkiksi viljakasvusto vaatii typpitäydennyksen mineraalilannoitteena, joka on syytä sijoittaa kylvön yhteydessä kylvölannoittimella. Täydennyslannoitus tasaa liukoisen tyyppin levitysmäärän vaihtelua ja varmistaa tyyppin saannin kasvun alkuvaiheessa.

Viljelijä voi levittää kuivaraekeen itse tai käyttää urakoitsijaa. Urakoitsijan kalusto voi olla tehokkaampi, mutta sen saatavuus ruuhkaisena levitysaikana voi olla huono. Oma kalusto käyttäen viljelijä voi levittää lannoitevalmisteen haluamanaan ajankohtana. Orgaanisen maanparannusaineen käyttö suunnitellaan hyvissä ajoin ennen levitystä valmistajan antaman tuoteselosteen perusteella, peltolohkon viljelysuunnitelman teon yhteydessä. Suunniteltuaan kuivaraekeen käytön viljelijä teki tilauksen ja kuljetusliike toi rakeen pellolle päivää ennen levitystä. Kuivarae toimitetaan yleensä juuri ennen levitysjänkohtaa irtotavarana pellolle, josta se kuormataan levittimeen.

Kuivaraekeen levitystä kehitettiin vuosina 2013-2014 Seinäjoella, Lapualla ja Ylihärmässä sijaitsevilla tilakohteilla. Levityskalustona oli kalkinlevitysvaunu. Levityksen teki viljelijän tilaama urakoitsija. Kuvassa 18 esitetään kuivaraekeen levitystulos kalkinlevitysvaunulla Ylihärmässä keväällä 2014. Tässä tapauksessa levitys tehtiin keväällä, kun peltolohkon maa oli kuivunut sopivasti. Tämä kuivarae on rakenteeltaan pellettimäinen ja hyvin kova. Pelletin pituus on 0,5-2 cm. Kalkinlevitysvaunu toimii tällaisen kuivaraekeen levityksessä hyvin. Yleensä kalkinlevitysvaunussa on kuormain, joten erillistä kuormainta ei tarvita ja vaunu voidaan kuormata traktorin ohjaamosta poistumatta. Kalkinlevitysvaunun työleveys on suuri, ja kova pelletti lentää levityksessä hyvin kauas.



Kuva 18. Termisesti kuivatun rakeen levitystulos kalkinlevitysvaunulla Ylihärmässä keväällä 2014.

Kalkinlevitysvaunu sopii levitystavoitteelle 5 tonnia hehtaarille hyvin, koska levitysmäärä on lähellä kalkin levitysmäärää ja kuivarakeen tilavuuspaino on lähellä kalkin tilavuuspainoa. Levityksessä on kuitenkin pyrittävä pienentämään keskelle levittyvää raemäärää pienentämällä pohjakuljettimen nopeutta.

Pellettimäisen kuivarakeen levitys voi onnistua myös mineraalilannoitteiden levittämiseen tarkoitettulla keskipakoislevittimellä. Levitys voi olla kuitenkin hidasta, sillä keskipakoislevittimet on suunniteltu mineraalilannoitteen levitysmäärille. Niiden säiliön kokoa voi kasvattaa korokelaidoilla rungon kantavuuden rajoissa näille levitysmäärille sopivammaksi. Markkinoilla on myös levittämiä, jotka on suunniteltu sekä kalkin että lannoitteen levitykseen. Niiden säiliökoot sopivat paremmin kuivarakeen levitykseen kuin tavanomaisen mineraalilannoitteen levitykseen tarkoitettua keskipakoislevittimen.

Kalkinlevitin levittää pelletit siivellisillä lautasilla samaan tapaan kuin keskipakoislevittimet levittävät mineraalilannoitteen. Oikea työleveys on valittava levitettävällä tuotteella ja levitysnopeudella toteutuvan levityskuvion perusteella niin, että tuotetta tulee joka kohtaan mahdollisimman sama määrä. Sen tähden ajotapaan ja levittimen säätöihin on kiinnitettävä huomiota.

Tarkastelussa olleen kuivarakeen kosteus ja kokojakauma vaihtelee vain vähän, mikä parantaa mahdollisuuksia hyvän työtäljen saavuttamiseen. Yksittäisellä ajokerralla ajolinjalle levittyvän pelletin määrä on suuri ja sen määrä pienenee etäisyyden ajolinjasta kasvaessa.

Kuivarakeen syöttönopeus levityslautasille saattaa vaikuttaa levityskuvion muotoon. Yleensä liian suuri syöttönopeus johtaa hyvin huipukkaaseen levityskuvioon, jota on lähes mahdoton tasoittaa lomituksella. Syöttönopeutta säädetään pohjakuljettimen nopeudella ja säätöportin asennolla. Myös kuivarakeen pudotuspaikka levityslautaselle on yleensä säädettävissä. Se vaikuttaa levityskuvioon. Myös tuuli vaikuttaa levityskuvioon. Sopivalla limityksellä saavutetaan tasainen levitys. Kun oikea työleveys valitulle syöttömäärälle on löytynyt, levitysmäärä säädetään ajonopeutta muuttamalla.

Keväällä levityksen jälkeen kuivarae mullataan pintamaahan esimerkiksi joustopiikkiäkeellä osana kylvömuokkausta. Multauksella ei ole oleellista vaikutus lopulliseen levitystasaisuuteen. Levityksen ja multauksen jälkeen on vuorossa viljan kylvö ja täydennyslannoitus.

3.3.5. Levitystoimien kehittäminen

Levitysvaunun säädöt on sovitettava levitettävän materiaalin ja levitysmäärän tavoitteen suhteessa. Testaa levitysvaunua kyseisen maanparannusaineen erän kanssa ja säädä pohjakuljettimen nopeus riittävän pieneksi. Käytä säätöporttia apuna tarvittaessa. Tasaa levitys sopivalla limityksellä. Säädä levitysmäärä ajonopeudella.

Levityskuvion mittaaminen on pohjana työlevyden määrittämiselle. Levityskuvio voidaan määrittää esimerkiksi asettamalla pellolle riviin määrävälein tuotteelle sopivia keruumattoja, ajamalla mitattavilla säädöillä rivin yli ja punnitsemalla matoille kertyneet määrä. Sopiva työleveys voidaan hakea esimerkiksi lomittamalla punnitustuloksia taulukkolaskimella sarakkeen tarkkuudella erilaisia sarakemääriä ristiin. Sarakkeiden väli vastaa keruumattojen väliä. Kunkin sarakkeen rivit lasketaan yhteen ja summasta piirretään jakaumakuviota. Kun se tyydyttää, oikea työleveys on löytynyt. Esimerkiksi Palva & Alasuutari (2009) ovat kuvanneet levitystasaisuuden mittaamista ja työlevyden määrittämistä havainnollisesti.

Kaluston käyttöä kannattaa harjoitella etukäteen tai levityksen alussa. Säättöjä tehdessä on huomioitava levitettävän tuotteen ominaisuudet ja tarkistettava, vastaako kyseinen erä aiempaa kokemusta tuotteesta. Tärkeintä on tarkistaa, vastaako kyseisen erän kuiva-aine levitysaikaan tuoteselosteen ja aiempien levitysten tilannetta.

Viljelijän on syytä vaatia urakoitsijalta hyvää levitystasaisuutta ja pyytää tekemään koelevitys kyseisellä tuote-erällä. Levitystä tarkentavia kysymyksiä ennen levitysurakan aloittamista ovat: Onko tarpeen ja mahdollista säätää pohjakuljettimen nopeutta? Saako pohjakuljettimen nopeuden säädetyä itsenäisesti? Jos vaunussa on säätöportti, tuleeko sitä säätää ulostulevan massan rajoittamiseksi? Mitä ajonopeutta käytetään? Ajonopeudella säädetään levitysmäärä pinta-alaa kohti.

Levitä keskelle enintään tavoitteen mukainen määrä ja tasota ajolinjojen väliin tuleva levitys liittämällä ajolinjat sopivasti päällekkäin. Limittämällä tasataan levitysmäärä ajolinjojen väleissä. Tutustu levitysohjeiden videoihin Luonnonvarakeskuksen Youtube-kanavalla (Lindeman ym. 2014a, b, c) ja levitystekniikan käytännön muistilistaan (kohta 5.2.).

3.4. Viljakokeet

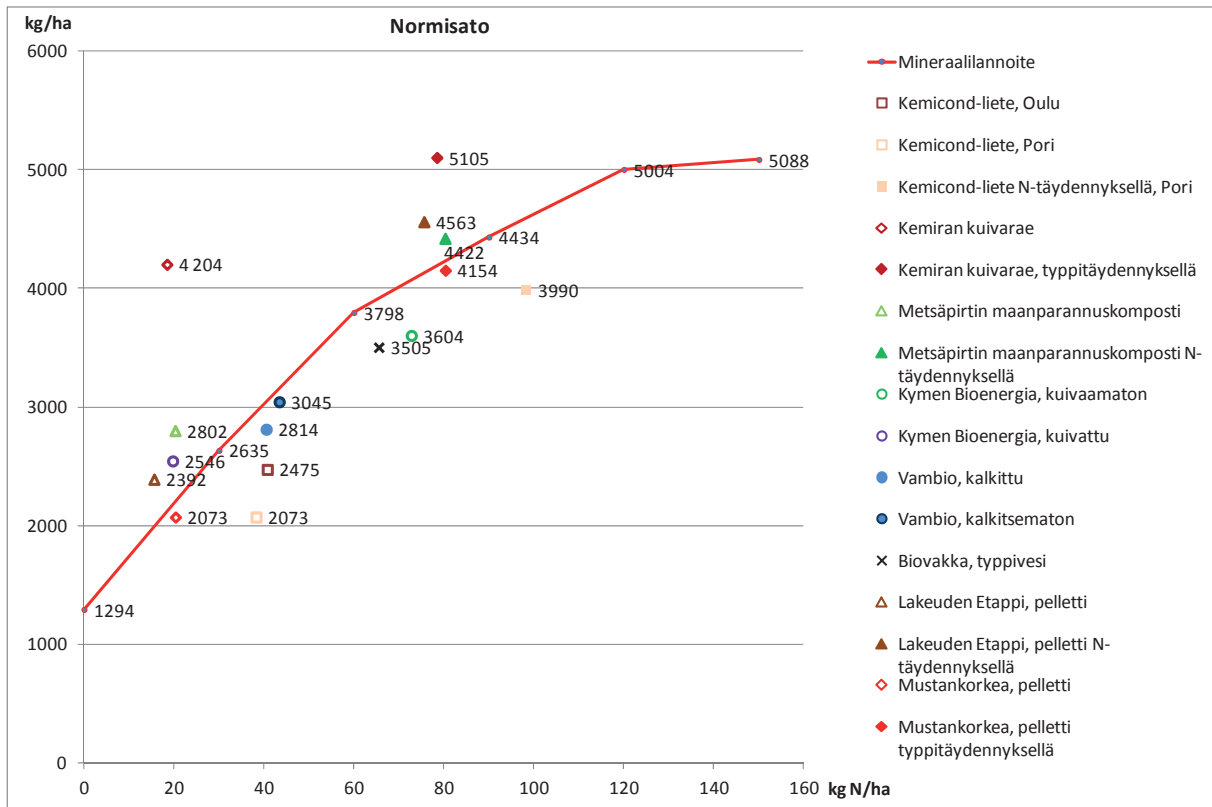
Petri Kapuinen, Tanja Ikäläinen

3.4.1. Ohra

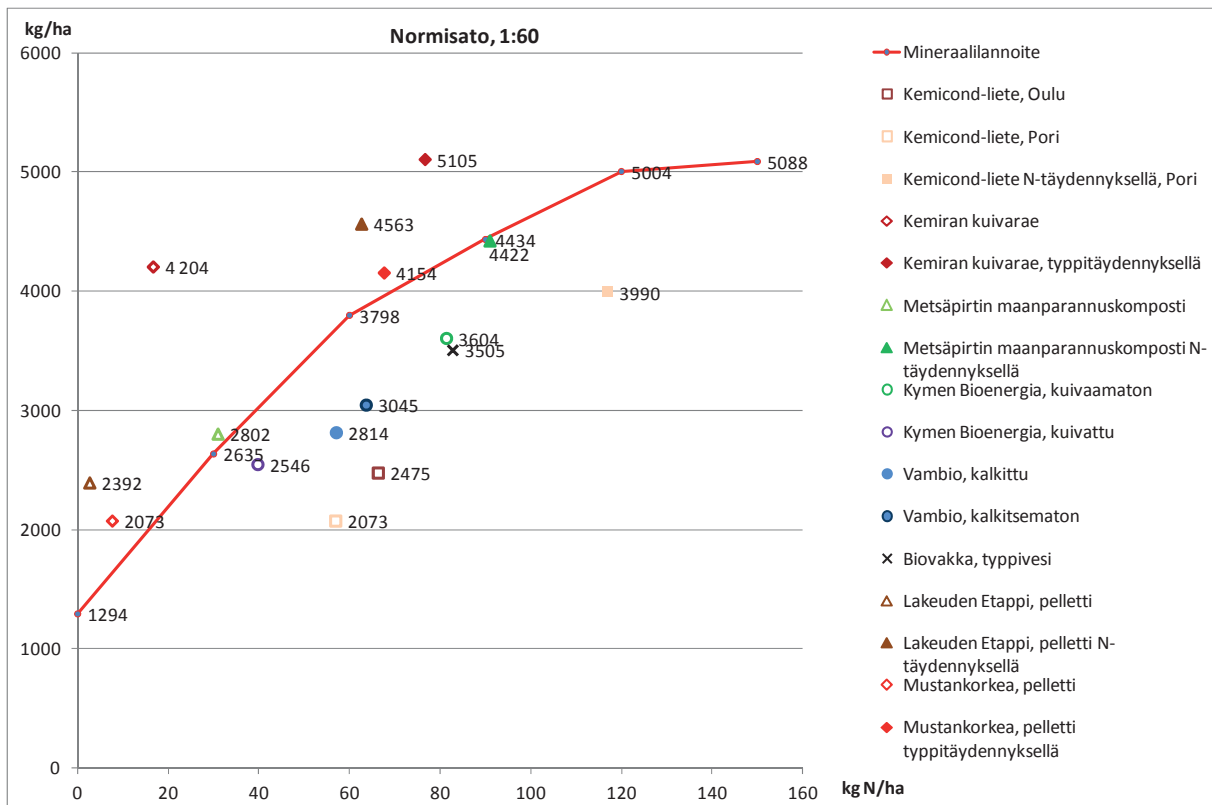
Vuoden 2012 koealueen valinta onnistui hyvin. Lannoittamaton käsittelyn tuottama normisato oli vain 1294 kg/ha ja sato kasvoi lineaarisesti tavoitetasolle 90 kg/ha saakka. Sato oli lähes suurimmiin tyypitasolla 120 kg/ha, mutta kasvoi jonkin verran tasolle 150 kg/ha saakka (Kuva 19). Kaikkien varsinaisten käsittelyiden tyypitasot osuivat alueelle, jolla typen satovaste oli selvästi kasvava. Tyypitasoissa satojen vaihtelu kerranteiden välillä oli hyvin pieni, mikä kertoo koealueen tasaisuudesta. Kerranteiden välinen vaihtelu sadossa oli selvästi tätä suurempi käsittelyissä, joissa oli käytetty varsinaisia tutkittavia materiaaleja. Tämä voi johtua siitä, että orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö yleensäkin johtaa epätasaiseen kasvustoon tai siitä, että tuotteiden levitystasaisuus ei ollut riittävän hyvä.

Kuvassa 20 on esitetty sama asia kuin kuvassa 19 siten, että kaikkien tutkittavien lannoitevalmisteiden liukoisen typen pitoisuudet on määritetty lannoitevalmistelainsäädännöstä poiketen 1:60 vesiutolla. Käsittelyillä saadut sadot ovat samat kummassakin kuvassa, mutta lannoitevalmisteiden mukana tulleen liukoisen typen määrät poikkeavat. Tämä näkyy erityisesti siten, että kiinteiden muiden kuin kuivarakeiden tai -jauheiden mukana tuleva liukoisen typen määrä on suurempi kuin lannoitevalmistelainsäädännön mukaisella 1:5 -vesiutolla, jolloin niiden satotulos suhteessa mineraalilannoitteella saatuun on huonompi.

Satovasteita tarkasteltaessa on otettava huomioon liukoisen typen hyväksikäytön lisäksi hyvä sätotaso. Jossain käsittelyssä liukoisen typen hyväksikäyttö saattaa olla hyvä, mutta sato jää pienen liukoisen typen annoksen takia pieneksi. Käsittelyt on valittu siten, että ne ovat voimassa olevan ympäristölainsäädännön ja vuonna 2014 päättyneen ympäristötukijärjestelmän mukaisia. Käytännössä ne ovat myös ympäristökorvausjärjestelmän mukaisia. Erityisesti käsittelyt, joissa on käytetty täydennystyypilannoitusta kylvön yhteydessä, ovat liukoisen typen annoksen puolesta käytännön toiminnan mukaisella tasolla. Joillakin tuotteilla liukoisen typen annos saatiin voimassa olevien säädösten puitteissa riittäväksi ilman täydennyslannoitusta. Tutkittavasta tuotteesta saatavissa olevaa liukoisen typen annosta rajoittaa erityisesti ns. nitraattiasetuksen kokonaistyyppiraja 170 kg/ha kalenterivuodessa, jos liukoisen typen osuus kokonaistypestä on pieni. Kiinteiden lietetuotteiden tapauksessa tämä on yleisesti vallitseva tilanne. Nestemäisten tuotteiden levitys tehtiin matkien letkulevitystä, jota seurasi multaus tunnin kuluttua levityksestä. Nestemäiset tuotteet voitaisiin käytännössä myös sijoittaa, jolloin niiden tulos paranisi nyt saadusta. Tuotantofunktio määritettiin sijoittamalla rakeinen lannoite kylvön yhteydessä kylvölannoittimella. Vastaavasti myös täydennyslannoitus sijoitettiin kylvön yhteydessä kylvölannoittimella. Täydennyslannoitus nostaa liukoisen typen annoksen tavoitetasolle ja parantaa ohran kasvuun lähtöä, koska se sijoitetaan ohran typenoton kannalta oikeaan paikkaan. Jos käsittelyssä käytetään vain pintaan levitettyä ja mullattua tuotetta, annoksen pienuuden lisäksi se on ohran typen oton kannalta väärässä paikassa. Tarkasteltaessa kuvaa 12 hyviä tyypilannoituskäsittelyjä vastaavat pisteet ovat löydettävissä yläoikealta mielelleen mineraalilannoitteella saatuja satoja vastaavan murtoviivan yläpuolelta. Murtoviivan yläpuolella olevat pisteet vastaavat käsittelyjä, joilla saatu sato on liukoisen typen annoksen mukaista ennustetta parempi. Murtoviivan alapuolella olevia pisteitä vastaavat käsittelyt tuottavat ennustetta huonomman sadon. Hyvä taloudellinen tulos saavutetaan käsittelyillä, joissa tyypitaso on lähellä tavoitetasoa ja samalla liukoisen typen hyväksikäyttö on hyvä eli noin 100 kg/ha tyyppiä satopiste murtoviivan yläpuolella. Pääsääntöisesti nämä käsittelyt ovat sellaisia, joissa on annettu täydennyslannoituksena 60 kg N/ha tutkittavan tuotteen lisäksi.



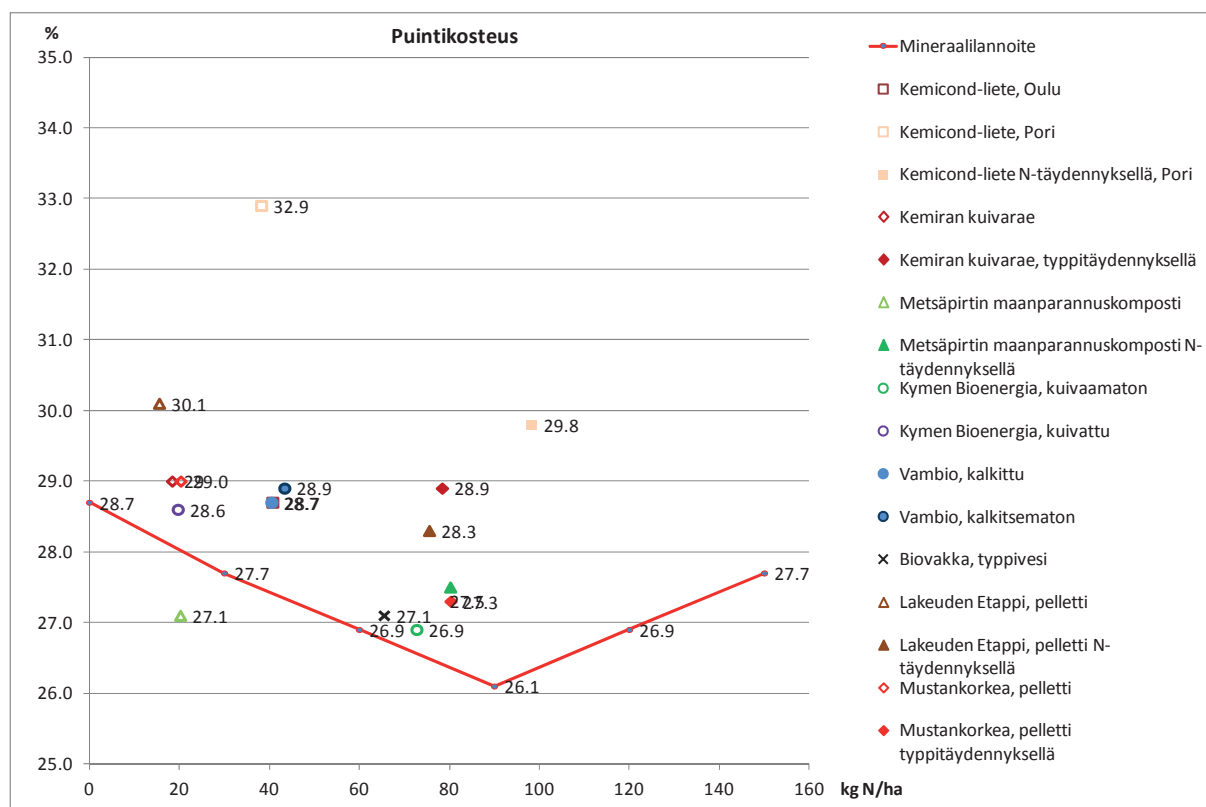
Kuva 19. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä saadut normisadot (kosteus 14 %) verrattuna mineraalilannoitteella lannoitettuun normisatoon liukoinen typpi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti



Kuva 20. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä saadut normisadot (kosteus 14 %) verrattuna mineraalilannoitteella lannoitettuun normisatoon liukoinen typpi määritettynä 1:60 -vesiutolla

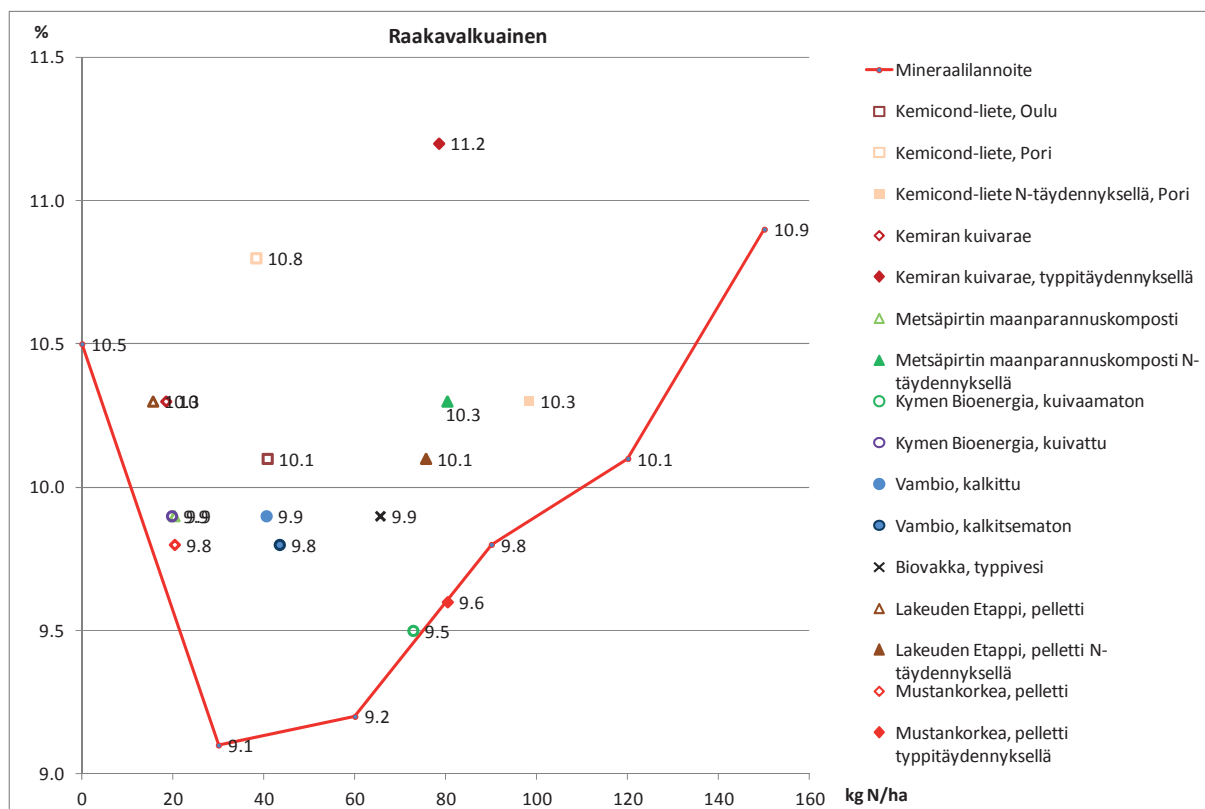
Parhaan sadon niin suhteellisesti kuin absoluuttisestikin tuotti Kemiran kuivarae täydennyslannoituksella. Se tuotti varsin korkean sadon myös ainoana typen lähteenä. Tämä perustuu ennen kaikkea siihen, että tuotteesta mineralisoituu typpeä nopeasti, koska pääosa sen raaka-aineesta on meijerijäteväettä ja sato kasvaa selvästi typpiannoksen kasvaessa tämän mukaisesta typpiannoksesta. Myös Etapin pelletti, Metsäpirtin maanparannuskomposti ja Mustankorkean pelletti menestyivät hyvin täydennyslannoituksen kanssa. Koska sato kasvoi edelleen typpiannoksen kasvaessa, satoa olisi voitu kasvattaa täydennystyppiannoitusta lisäämällä. Tämä olisi mahdollista myös ympäristökorvaukseen kuuluvilla tiloilla aina tasoon 100 kg/ha saakka. Suhteellisen huonosti menestyi Kemicond-liete täydennyslannoituksellakin. Biovakan typpivesi ja Kymen Bioenergian kuivaamaton ilman täydennyslannoitusta tuottivat huonomman sadon kuin niiden mukana tullut typpimäärä olisi edellyttänyt. Niiden tuottama sato olisi kuitenkin ollut selvästi parempi, jos näiden nestemäisten tuotteiden sijoitusmahdollisuutta olisi hyödynnetty tai olisi käytetty täydennyslannoitusta. Ne ovat joukon ainoat tuotteet, joita voitaisiin mielekkäästi käyttää ainoana typenlähteenä edellyttäen, että ne sijoitetaan.

Kuvassa 21 käsittelystä saatu mineraalilannoitteella eri typpitasoilla saadun puintikosteuden yläpuolella kertoo siitä, että käsittely on viivästyttänyt tuleentumista. Lukuun ottamatta Metsäpirtin maanparannuskompostia ilman täydennyslannoitusta kaikki käsittelyt ovat viivästyttäneet tuleentumista. Mineraalilannoitteella lannoitettaessa tuleentuminen on ollut nopeinta typpitasolla 90 kg/ha. Tuleentumisen viivästyminen on johtunut siitä, että käsittelyissä liukoisen typen saatavuus on viivästynyt. Kasvukauden alussa ohra on kärsinyt typen puutteesta, mikä on laskenut satotasoa, mutta sitä on kuitenkin ollut käytettävissä kasvukauden loppupuolella. Erityisesti Porin Kemicond-liete on viivästyttänyt tuleentumista, mikä kertoo siitä, että sen liukoinen typpi on tullut hitaasti ohran käyttöön.



Kuva 21. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä saatujen satojen puintikosteudet verrattuna mineraalilannoitteella lannoitetun sadon puintikosteuteen liukoinen typpi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti

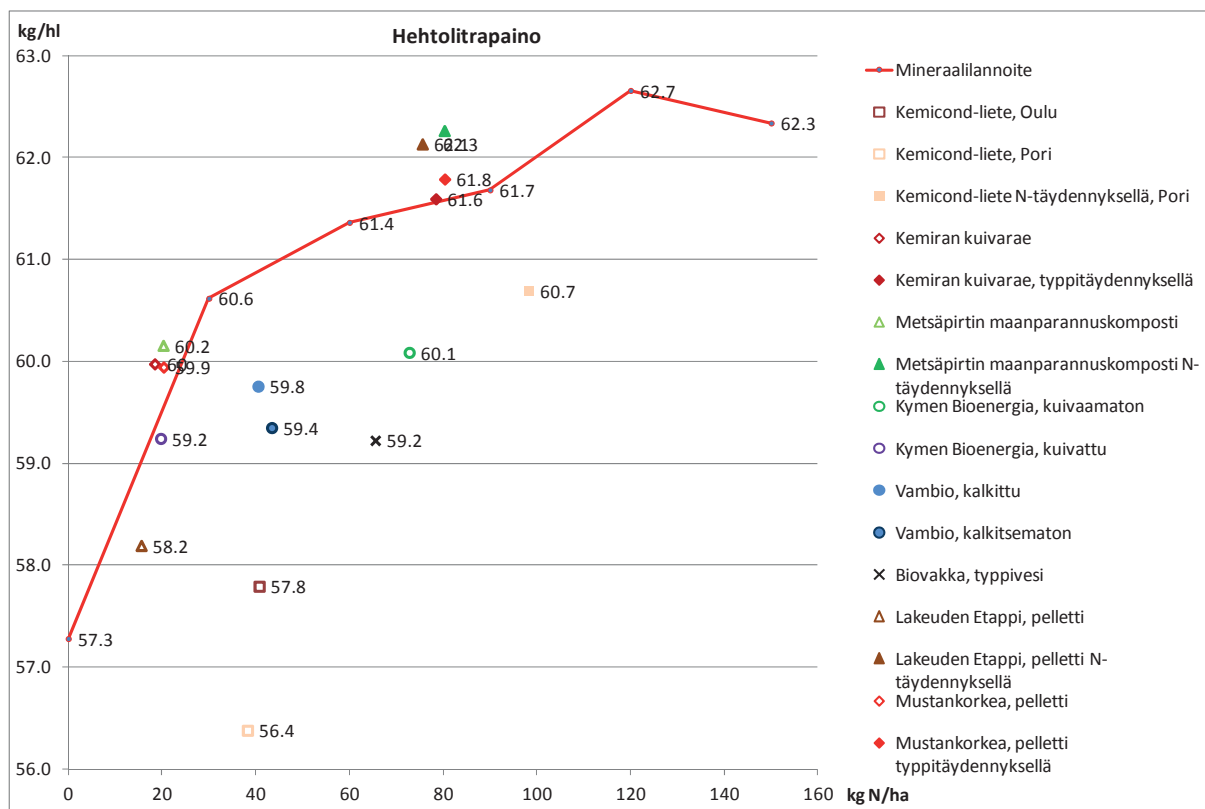
Kuvassa 22 on esitetty eri käsittelyillä saadun sadon raakavalkuaispitoisuus. Mallasohran vastaanottoraja on 11,5 %, joten tässä mielessä kaikilla käsittelyillä saatiin mallasohraa. Pääsääntöisesti kaikki käsittelyt nostivat raakavalkuaispitoisuutta suhteessa typpitasoon, jolloin se voisi nousta yli vastaanottorajan vuosina, joina raakavalkuaispitoisuus on korkea. Eniten raakavalkuaispitoisuutta nosti Kemiran kuivarae typpitäydennyksellä. Perussyynä tähän on tuotteen tyypin suuri ja nopea mineralisaatio, joka tuottaa maahan myöhään kasvukaudella kasveille käyttökelpoista typpeä, mikä ei välttämättä ole paras mahdollinen ominaisuus lannoitevalmisteella mallasohran kasvinravitsemuksessa. Myös Porin Kemicond-liete nosti raakavalkuaispitoisuutta ilman täydennyslannoitusta, mutta se ei ole muutenkaan mielekäs vaihtoehto pienestä typpimäärästä johtuvan pienen sadon takia.



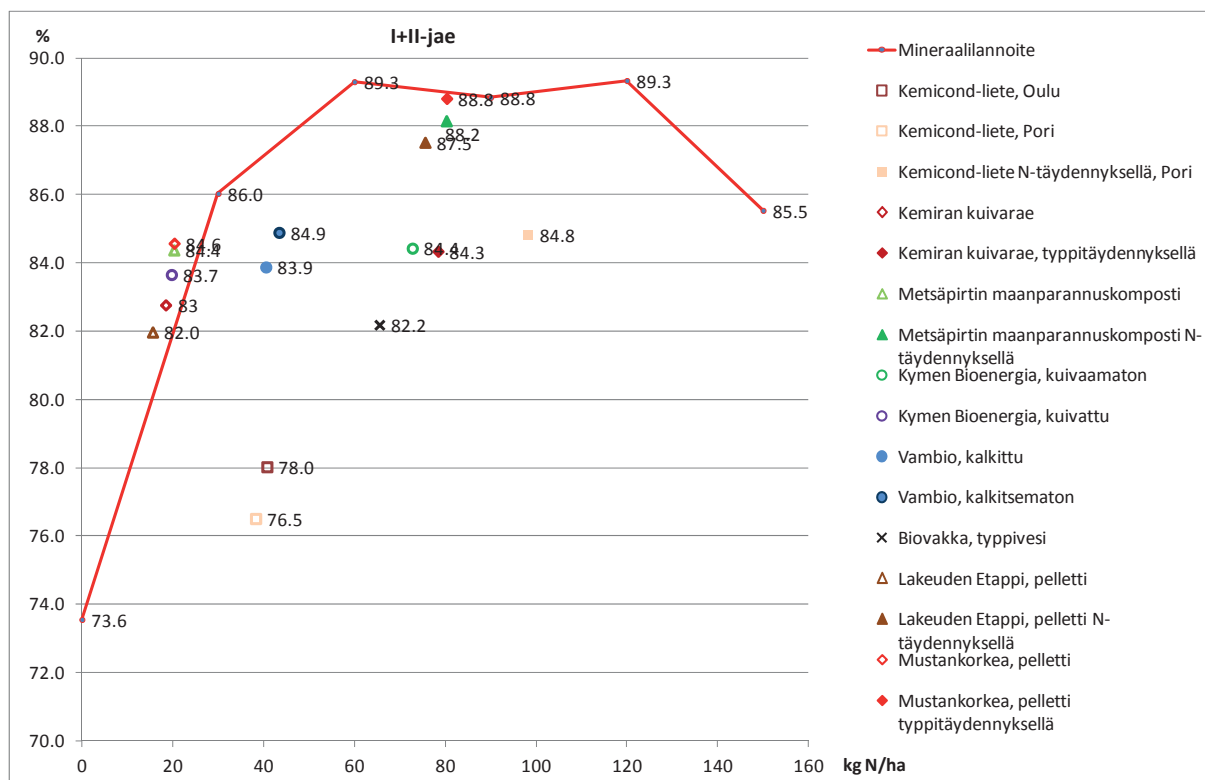
Kuva 22. Tutkittavilla lannoitekäsittelyillä saatujen satojen raakavalkuaispitoisuudet verrattuna mineraalilannoitteella saatujen satojen raakavalkuaispitoisuuteen liukoinen typpi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti

Kuvassa 23 on esitetty käsittelyiden vaikutus hehtolitrapiinon. Ohra oli varsin kevyttä. Rehuohran vastaanottoraja 62 kg/ha ylittyi vasta typpitasolla noin 100 kg/ha. Erityisesti Kemicond-lietteet ilman täydennyslannoitusta pudottivat hehtolitrapiinoa, mutta ne eivät muutenkaan ole mielekkäitä käsittelyitä matalan typpitason takia. Käytettäessä täydennyslannoitusta typpinimeen kuivarae tai -jauhe kuuluvien lannoitevalmisteiden kanssa saatiin vähintään yhtä korkean hehtolitrapiinon kuin mineraalilannoitteella samalla typpitasolla. Lakeuden Etapin pelletillä ja Metsäpirtin maanparannuskompostilla saatiin hehtolitrapiinon osalta vastaanottovaatimukset täyttävää rehuohraa.

Kuvassa 24 on esitetty I+II -jakeen (>2,5 mm) osuus mallasohra lajittelussa. Vastaanottovaatimus on 85 % ja perushinnan saa tuotteesta, jossa i+II-jakeen osuus on 90 %. Mineraalilannoitetta käytettäessä vastaanottovaatimus täyttyi, mutta orgaanista lannoitevalmisteista ainoastaan Lakeuden Etapin ja Mustankorkean pelletti sekä Metsäpirtin maanparannuskomposti täydennyslannoituksen kanssa tuottivat vastaanottovaatimuksen täyttävää satoa.



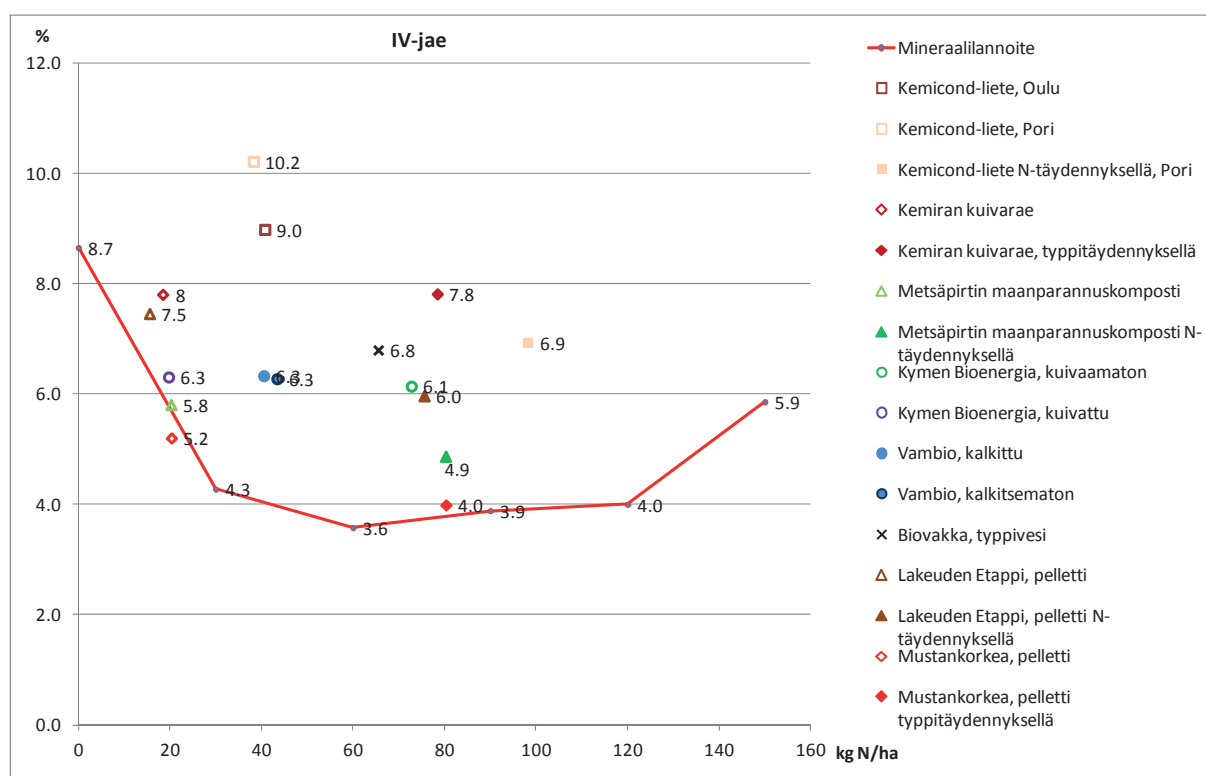
Kuva 23. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä saatujen satojen hehtolitrapainot verrattuna mineraalilannoitteella saatujen satojen hehtolitrapainoihin liukoinen typpi määritettyinä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti



Kuva 24. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä saatujen satojen I+II-jakeen osuus verrattuna mineraalilannoitteella saatujen satojen I+II-jakeiden osuuteen liukoinen typpi määritettyinä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti

Kuvassa 25 on esitetty IV-jakeen (<2,2 mm + muut rikat) osuus mallasohralajittelussa. Perushin- taisen mallasohrassa saa olla korkeintaan 3 % IV-jaetta. Vastaanottoraja on 5 %. Mineraalilannoitteel- la saatiin mallasohralaatuista ohraa typpilannoituksen ollessa 30–120 kg/ha. Käsittelyistä Mustankor- kean pelletti ja Metsäpirtin maanparannuskomposti täydennyslannoituksen kanssa tuottivat vas- taanottovaatimuksen täyttävää mallasohraa. Kemicond-lietteet ja Kemiran kuivarae täydennyslannoituksen kanssa nostivat IV-jakeen osuutta. Tämä johtuu todennäköisimmin siitä, että hidas typpi- lannoitusvaikutus tuotti suhteellisen paljon pieniä jyvii.

Kokonaisuutena parasta mallasohraa ja hyvää satotasoä tuotti käsittely, jossa oli käytetty Met- säpirtin maanparannuskompostia täydennyslannoituksen kanssa. Myös kuivarakeet ja -jauheet me- nestyivät erityisesti sadon määrässä, mutta mallasohran laatuvaatimukset eivät täytyneet kaikissa kohdissa.

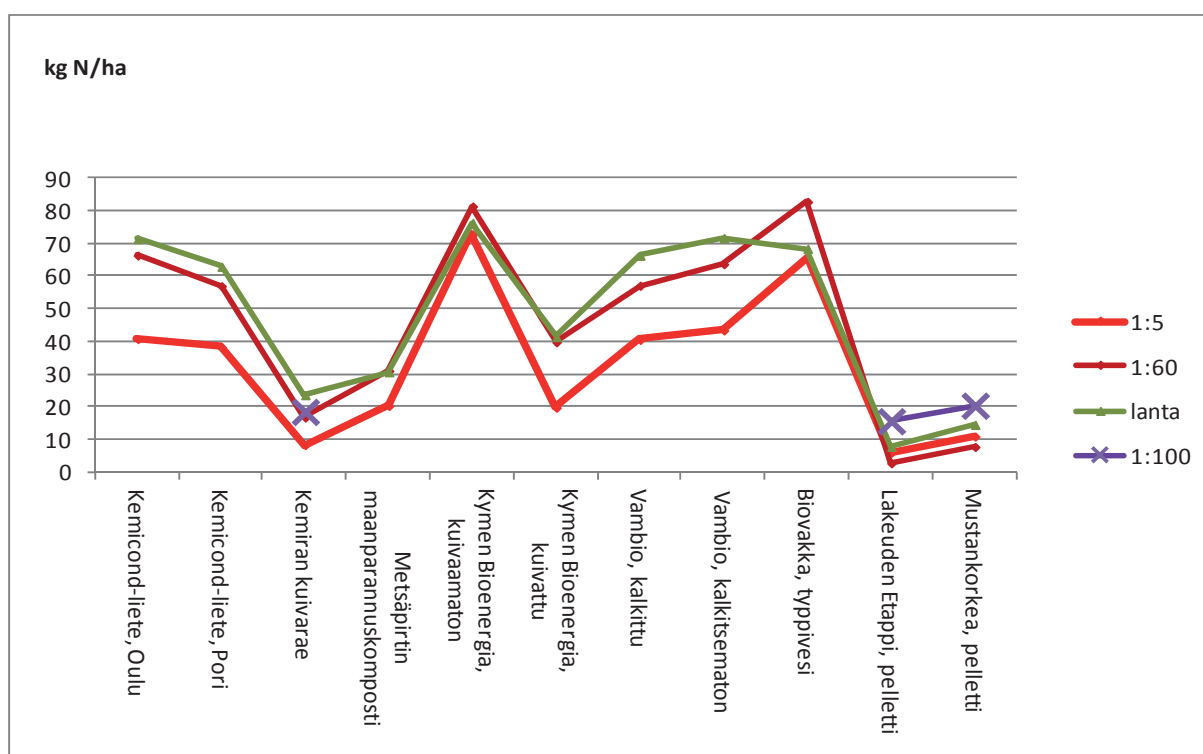


Kuva 25. Tutkittavilla lannoitevalmisteilla saadun sadon IV-jakeen osuus verrattuna mineraalilannoitteella saadun sadon IV-jakeen osuuteen liukoinen tyyppi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti

Orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisien tyyppien pitoisuus riippuu voimakkaasti käytettävästä määrittymenelmästä. Kuvassa 26 on esitetty liukoisien tyyppien annos käytetyillä levitysmäärillä, kun liukoisien tyyppien pitoisuus on määritetty levitysnäytteistä eri menetelmillä. Eron suuruus riippuu tuotteen ominaisuuksista ja siitä, mitkä ovat sen liukoisien kokonaistyyppien komponenttien osuudet. Liukoisien kokonaistyyppien komponenteista nitraattityppi uuttuu helpoiten, seuraavaksi ammoniumtyppi ja vaikeimmin orgaaniset vesiliukoiset typpiyhdisteet. Se, että eri analyysimenetelmät antavat saman lopputuloksen, kertoo siitä, että tuotteen liukoinen tyyppi on hyvin käyttökelpoista kasveille. Se, että tulosten välillä on suuri ero, kertoo siitä, että tuotteessa on runsaasti liukoisien tyyppien komponentteja, jotka ovat huonosti kasvien käytettävissä mutta käytettävissä kuitenkin. Tämä aiheuttaa yleensä jälkiversantaa, raakavalkuaispitoisuuden nousua, matalaa hehtolitrapainoa ja pieniä jyvii. Lannoitus suunnitelman pohjana tarkoituksenmukaisinta käyttää sellaisen analyysimenetelmän mukaisen tulosta, joka parhaiten kuvaa liukoisien tyyppien saatavuutta viljeltävälle kasville. Liukoisien tyyppien käyttökelpoisuus kasveille on kasvilajikohtainen. Kasvit, jotka kehittyvät nopeasti kasvukauden alussa, tarvitsevat nopeammin käyttökelpoista liukoista tyyppiä. Vastaavasti kasvit, joiden tyyppienotto painottuu

syksyyn, hyötyvät käytännössä kaikista liukoisen typen komponenteista. Lannoitevalmisteiden liukoisen typen virallinen analyysimenetelmä on määritelty lannoitevalmisteasetuksessa. Se ei välttämättä ole paras mahdollinen menetelmä lannoitussuunnitelman pohjaksi. Se kuitenkin periaatteessa se analyysimenetelmä, jonka mukaisesti käytettyjen ravinteiden määrä on otettava huomioon ympäristökorvauksen ravinteiden käyttölaskelmissa.

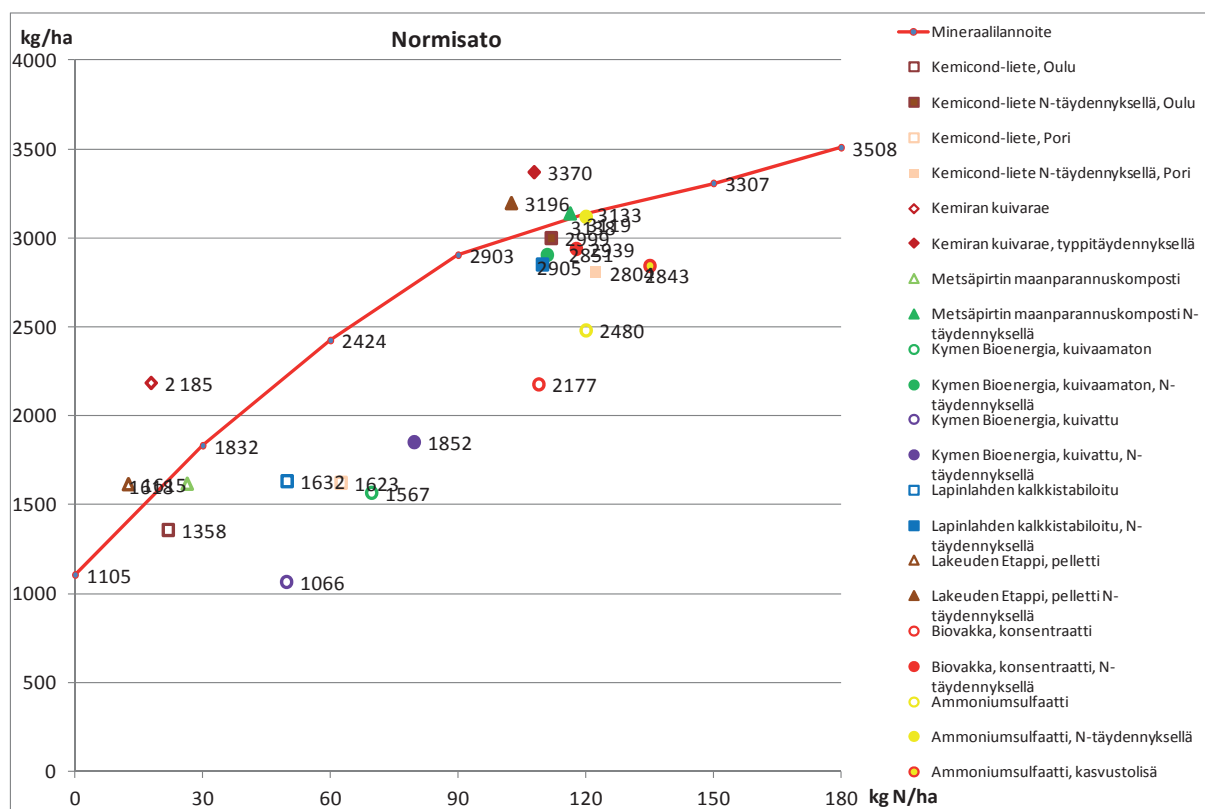
Tyypinimeä kuivarae tai -jauhe lukuun ottamatta liukoinen typpi määritetään lannoitevalmisteasetuksen mukaisesti 1:5-vesiuutolla, joka antaa varsin pienen arvon liukoisen typen pitoisuudelle. Vertaamalla kuvaa 19 ja 20 voidaan todeta, että lannoitevalmistelainsäädännön mukaiset analyysimenetelmät antavat erityisesti niille tuotteille, joiden liukoisen typen käyttökelpoisuus on huonohko paremman satoennusteen, koska se tuottaa niille pienemmän liukoisen typen pitoisuuden kuin 1:60-vesiuutto. Viralliset menetelmät kuitenkin kuvaa melko hyvin niiden liukoisen typen tuotantovaikutusta. Kääntöpuolena on se, että sen mukaan annostettuna tuotteesta jää kasvukauden lopulla maahan melkoinen määrä liukoista typpeä, jos virallisen menetelmän mukainen pitoisuus on pieni. Erotus potentiaalisesti kuormittaa ympäristöä. Tyypinimessä kuivarae tai -jauhe liukoisen typen määrittäminen tehdään 1:100-vesiuutolla, mikä antaa luonnollisesti suuremman pitoisuuden liukoiselle typelle kuin 1:5-vesiuutto. Lanta-analyysimenetelmä ja 1:60-vesiuutto antavat keskenään varsin samanlaisen pitoisuuden liukoiselle typelle.



Kuva 26. Vuoden 2012 ilman täydennyslannoitusta toteutettujen käsittelyiden liukoisen typen annos, kun liukoisen typen pitoisuus on määritetty eri määrittämenetelmillä.

3.4.2. Vehnä

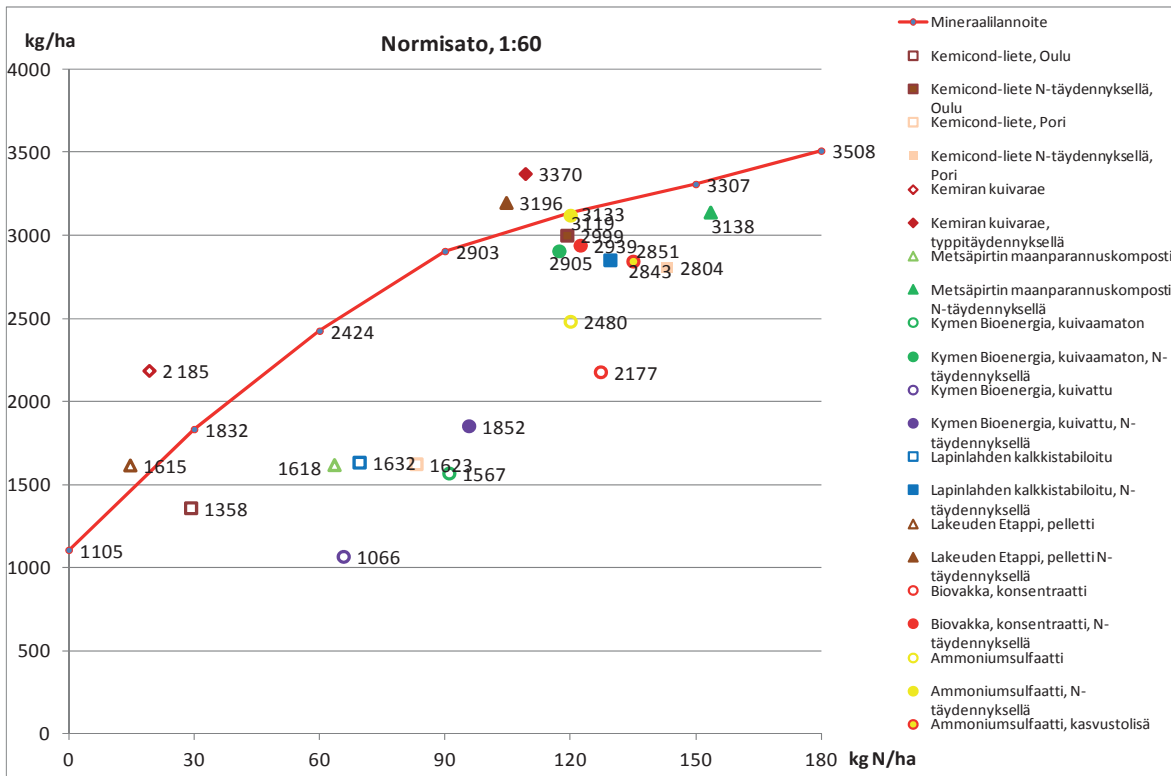
Myös vuoden 2013 vehnäkoalueen valinta onnistui hyvin. Lannoittamaton käsittely tuotti satoa vain 1105 kg/ha ja sato kasvoi lineaarisesti tasolle 90 kg/ha saakka. Sen jälkeen satovaste pieneni, mutta sato kasvoi tyypilannoitusta lisättäessä aina tasolle 180 kg/ha saakka (Kuva 27). Suurimmallakin tyypitasolla sato, 3508 kg/ha, oli varsin pieni. Käytetty tavoitetaso 120 kg N/ha ei voisi perustua näihin satotasoihin ympäristökorvausjärjestelmässä. Ilmeisesti sääolosuhteiden johtivat suureen nitraattitypen huuhtoutumiseen, jolloin vehnälle jäi vähän typpeä käytettäväksi. Hajonta tyypitasoissa oli poiketen vuoden 2012 ohrakokeesta suurempi kuin varsinaisissa käsittelyissä.



Kuva 27. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä saadut normisadot (kosteus 14 %) verrattuna mineraalilannoitteella lannoitettuun normisatoon liukoinen tyyppi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti

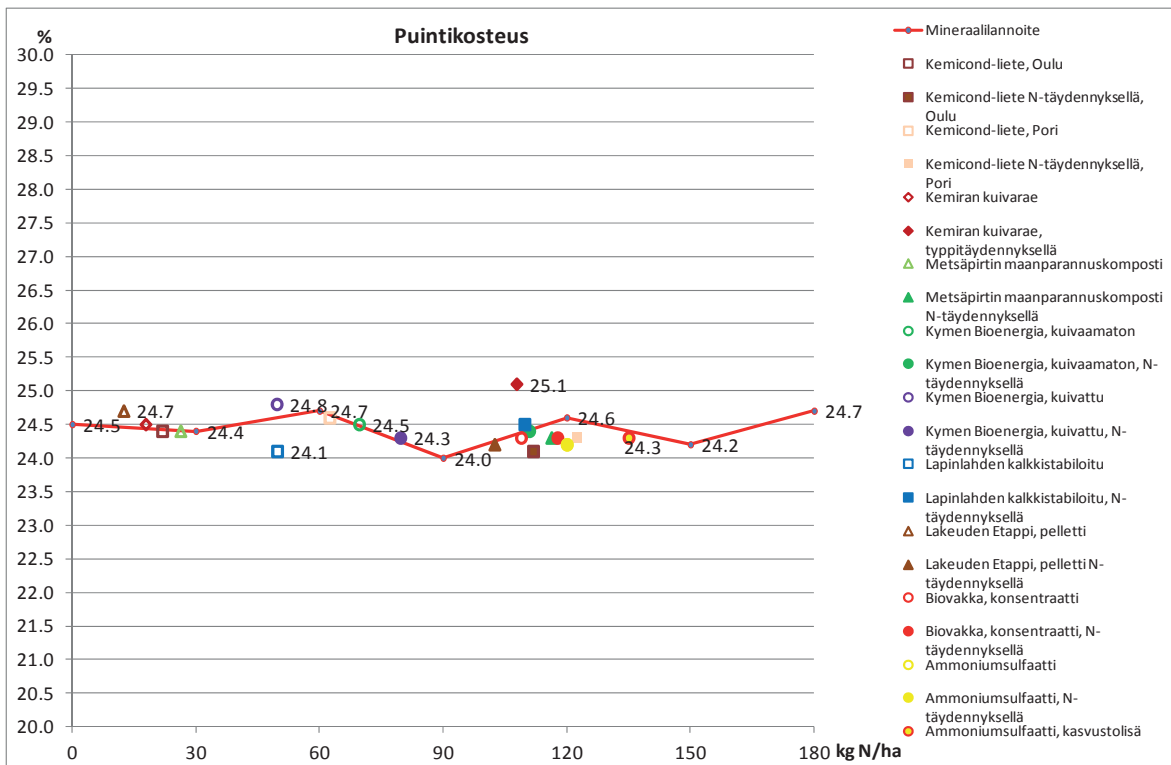
Myös vehnällä liukoisen tyyppien satovaste saattoi olla hyvä käytettäessä vähän liukoista tyyppiä sisältävää lannoitevalmistettä ilman täydennyslannoitusta, mutta sato jäi kuitenkin pieneksi pienen liukoisen tyyppien annoksen takia. Täydennyslannoituskäsittelyiden liukoisen tyyppien määrä oli ympäristötukijärjestelmän perussatotason 4000 kg/ha mukainen noin 120 kg/ha lähes kaikissa tapauksissa. Kymen Bioenergian kuivaamattoman mädätysjäännöksen liukoisen tyyppien pitoisuus oli ennakkonäytteestä tehdyssä määrittelyssä liian suuri suhteessa levitysnäytteisiin, koska liukoisen tyyppien määrä jäi selvästi tavoitteesta täydennyslannoitusvaihtoehdossa. Täydennyslannoitus oli sen osalta vain 30 kg/ha, mikä suurelta osin selittää sen huonon menestyksen. Näin pieni täydennyslannoitus on yksinkertaisesti liian pieni. Poiketen vuoden 2012 ohrakokeesta tässä tavoiteltiin tavoitetason mukaista liukoisen tyyppien annosta siten, että täydennyslannoitukset saattoivat olla eri lannoitevalmisteillä eri suuret 30 kg/ha portain. Myös vehnäkokeessa 2013 lannoitevalmistelainsäädännön mukaiset liukoisen tyyppien määritykset ennustivat satoa paremmin kuin 1:60-vesiuutto (Kuva 28).

Kemiran kuivarae tyypilannoitustäydennyksellä tuotti parhaan sadon ja sato olisi voinut olla jopa suurempi täydennyslannoitusta lisäämällä (Kuva 20). Siihen ei satotaso kuitenkaan ympäristötukijärjestelmä olisi antanut perusteita. Myös Lakeuden Etappin pelletti tuotti suuremman sadon kuin rakeinen mineraalilannoite. Metsäpirtin maanparannuskomposti ja ammoniumsulfaatti täydennyslannoituksella tuotti käytännössä saman sadon kuin rakeinen mineraalilannoite. Muutkaan täydennyslannoituskäsittelyt eivät oleellisesti jääneet jälkeen rakeisen mineraalilannoitteen sadosta lukuun ottamatta Kymen bioenergian kuivaamatonta mädätysjäännöstä, mutta se johtunee liian pienestä täydennyslannoituksesta. Erityisesti on huomioitava, että eläinperäistä muuta kuin lantaa sisältävien lannoitevalmisteiden laaja tyyppien mineralisaatio ei tule esiin muissa kuin kuivaraeissa ja jauheissa. Lapinlahden kalkkistabiloidulla puhdistamolietteilä on samanlainen raaka-ainetausta kuin Kemiran termisesti kuivatulla kuivaraeella. Ilmeisesti lannoitevalmiste on kuivattava alle 10 %:n kosteuteen, jotta mineralisaatio jäisi siinä tavallaan kesken. Ammoniumsulfaattilisiä 15 kg N/ha tähkälle alensi satoa.



Kuva 28. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä saadut normisadot (kosteus 14 %) verrattuna mineraalilannoitteella lannoitettuun normisatoon liukoinen typpi määritettynä liukoinen typpi määritettynä 1:60 -vesiuutolla

Kuvassa 29 on esitetty satojen puintikosteudet. Puintikosteudessa ei ollut oleellisia eroja. Kemiran kuivarae tuotti kuitenkin vehnään suurimman puintikosteuden suuren typen mineralisaation takia.

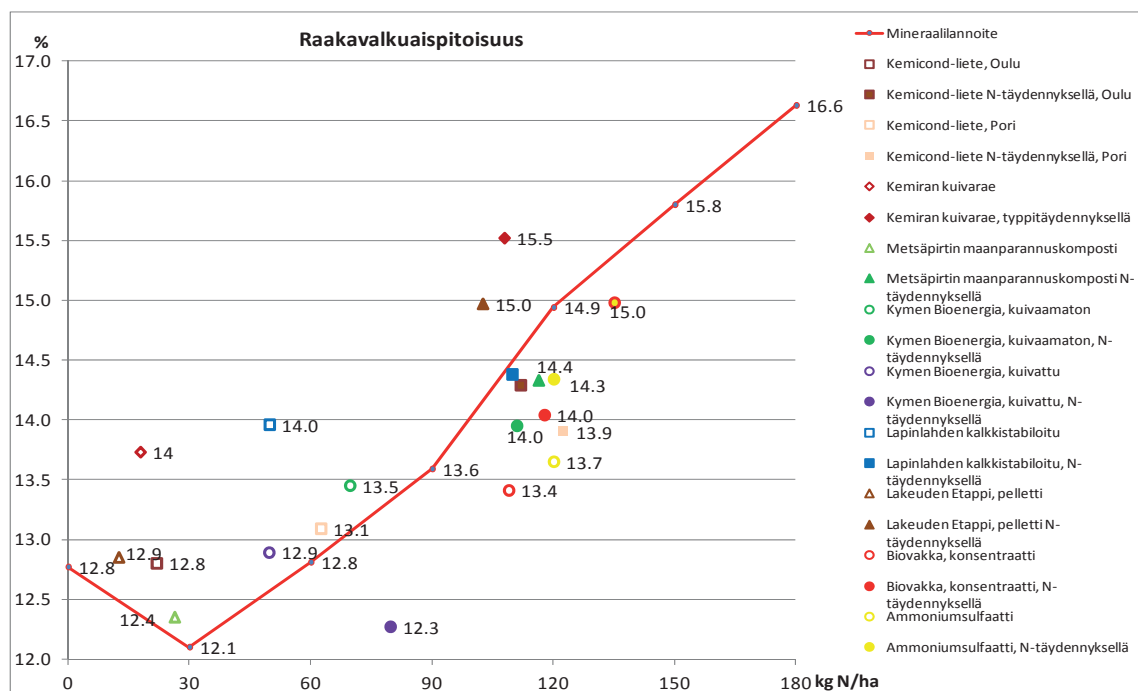


Kuva 29. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä puintikosteudet verrattuna mineraalilannoitteella saadun sadon puintikosteuteen liukoinen typpi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti

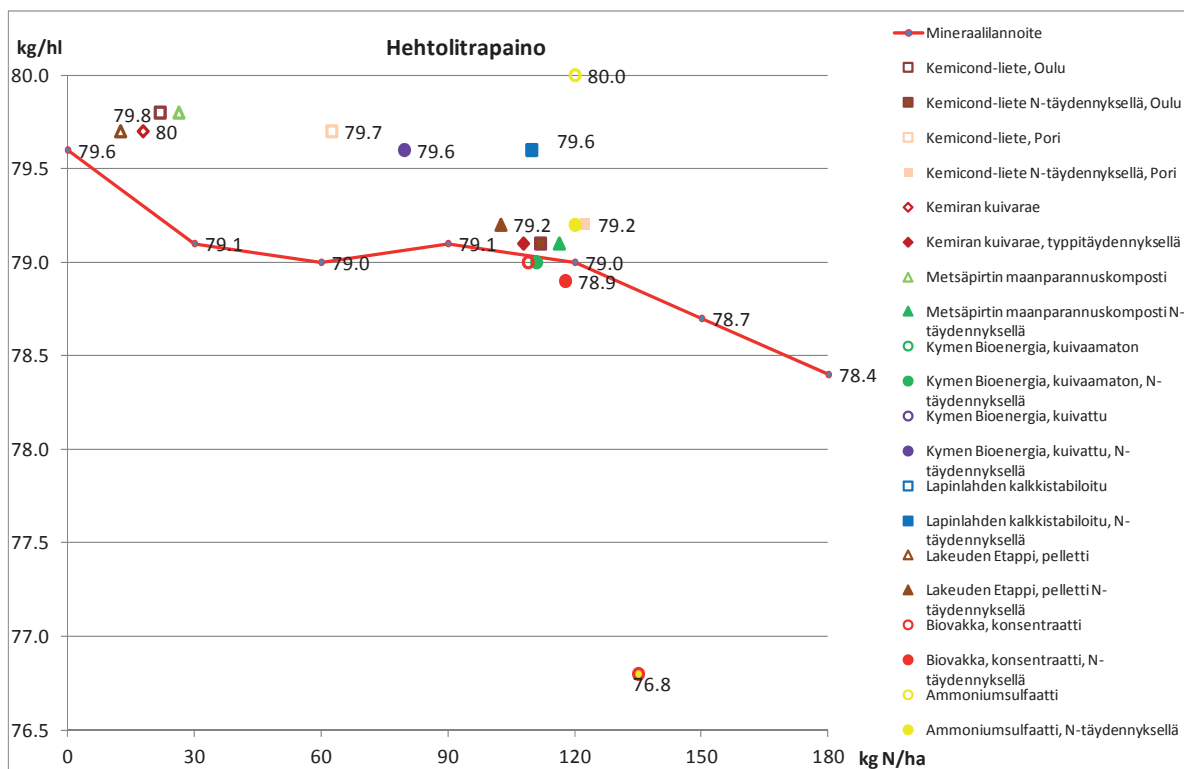
Kuvassa 30 on esitetty raakavalkuaispitoisuudet. Vehnälle maksetaan korkeinta raakavalkuaislisää, kun pitoisuus on vähintään 15,0 %. Rakeiselle mineraalilannoitteella tähän päästiin jo runsaan 120 kg N/ha määrällä, koska satotaso oli alhainen. Raakavalkuaispitoisuus kuitenkin nousi suurimmalle typpitasolle. Koejäsenten täydennyslannoituskäsittelyillä päästiin yleensä tasolle vähintään 14,0 %, joka oikeuttaa jo melkoiseen valkuaislisään hinnoittelussa. Korkeimmat valkuaispitoisuudet suhteessa typpimäärään täydennyslannoitusvaihtoehdoissa saatiin käyttämällä Kemiran kuivaraetta tai Lakeuden Etapin pellettiä. Ilman täydennyslannoitus olevien käsittelyiden sadossa raakavalkuaispitoisuus oli yleensä korkeampi kuin rakeisella mineraalilannoitteella, mutta satotaso hyvin vaatimaton. Nestemäisillä tuotteilla Biovakan konsentraatilla ja ammoniumsulfaatilla typpitaso oli tavoitteen mukainen, mutta sadon raakavalkuaispitoisuus oli pienempi kuin rakeisella mineraalilannoitteella. Tähkälle ruiskutettu ammoniumsulfaatti ei nostanut raakavalkuaispitoisuutta.

Kuvassa 31 on esitetty hehtolitrapainot. Peruslaatuvaatimus ja vastaanottoraja on 78 kg/hehtolitra. Hehtolitrapaino yleisesti ottaen laski typpitason noustessa, mutta pysyi vakiona normaalien typpitasojen puitteissa. Käsittelyistä ainoastaan ammoniumsulfaattillisä tähkälle laski hehtolitrapainoa oleellisesti. Sen sijaan ammoniumsulfaatti kylvön yhteydessä ilman typpitäydennystä selvästi nosti hehtolitrapainoa. Lapinlahden kalkkistabiloidulla lietteellä ja Kymen bioenergian kuivattu täydennyslannoituksella nostivat hehtolitrapainoa noin puolet tästä. Myös Kemicond-lietteellä oli samanlainen vaikutus, mutta pienemmällä typpitasolla.

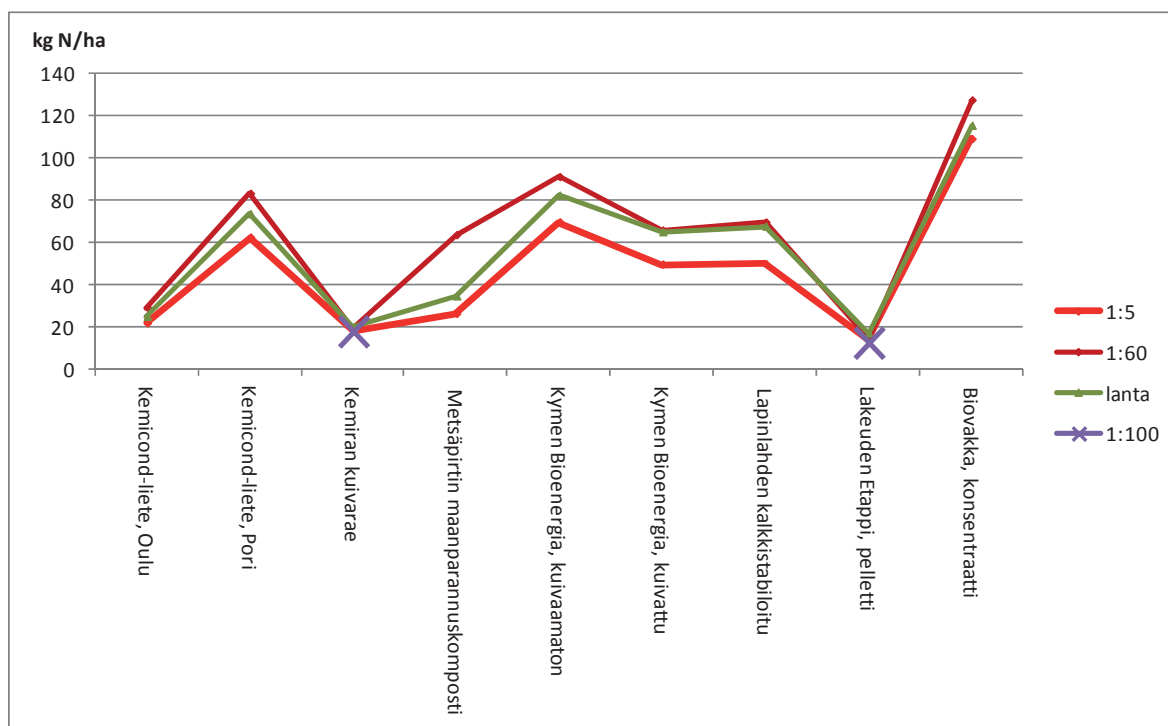
Muiden rikkojen perushintaraja on 2,0 % ja vastaanottoraja 7,0 %. Rikkapitoisuus oli alle 2 % lukuun ottamatta lannoittamatonta, saostuskaivo- ja umpikaivolietekäsittelyjä ilman täydennyslannoitusta sekä ammoniumsulfaatin käyttöä tähkimisvaiheessa. Enimmillään muita rikkoja oli 3,1 %. Vuoden 2013 materiaaleissa kuivarakeiden ja -jauheiden liukoisen tyypin pitoisuus oli hyvin samanlainen riippumatta analyysimenetelmästä (Kuva 32), toisin kuin vuonna 2012. Käytetyt laboratoriot eivät olleet samoja. Myös 1:5 vesiutun ja 1:60 vesiutun välinen ero oli verraten pieni verrattuna vastaavaan eroon vuoden 2012 aineistossa. Lanta-analyysimenetelmä ja 1:60 vesiututto antoivat varsin samanlaisia tuloksia kuten vuonna 2012. Lanta-analyysi antoi kuitenkin Metsäpirtin maanparannuskompostille selvästi pienemmän pitoisuuden kuin 1:60 vesiututto, mikä liittyy siihen, että sen sisältämän nitraatin pelkistys ei ole onnistunut toivotulla tavalla.



Kuva 30. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä raakavalkuaispitoisuudet verrattuna mineraalilannoitteella saadun sadon raakavalkuaispitoisuuteen liukoinen tyyppi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti



Kuva 31. Tutkittavilla lannoitevalmistekäsittelyillä hehtolitrapainot verrattuna mineraalilannoitteella saadun sadon hehtolitrapainoihin liukoinen typpi määritettynä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti



Kuva 32. Vuoden 2013 ilman täydennyslannoitusta toteutettujen käsittelyiden liukoisien typpien annos, kun liukoisien typpien pitoisuus on määritetty eri määrittämenetelmillä.

Kokonaisuutena Kemiran kuivarae on varsin ylivoimainen, koska siitä mineralisoituu huomattava määrä liukoista typpeä, mikä on kaikki lisäystä kevätevehnän tiukoille typpirajoille, jotka vaikeuttavat leipävehnän tuotantoa merkittävästi. Sen avulla merkittäväällä mineraalityppilannoitelisän kanssa voidaan tuottaa sallitulla nimellisellä typpitasolla selvästi parempi ja korkealaatuisempi vehnäsato kuin pelkällä rakeisella mineraalilannoitteella. Myös Lakeuden Etapin pelletillä on samansuuntaisia ominaisuuksia mutta heikompana. Ainakin noin neljännes rakeisena mineraalilannoitteena kylvön yhteydessä kylvölannoittimella sijoittamalla annettavasta typpilannoituksesta voidaan korvata nestemäisenä ammoniumsulfaatilla, joka levitetään letkulevitystekniikalla. Ammoniumsulfaatti ei sovellu lisälannoitukseen tähkimisvaiheessa.

3.4.3. Viljakokeiden johtopäätökset

Eläinperäisistä, muista kuin lannasta, valmistettujen lannoitevalmisteiden, kuten maito ja lihajauho-pohjaisten, typpilannoitusvaikutus on mielekästä tarkastella liukoisen typen annokseen perustuvan tarkastelun lisäksi myös kokonaistyyppipohjaisesti, koska satovaste saattaa vastata noin puolta kokonaistypen määrästä nopean ja suuren typen mineralisaation takia. Muiden orgaanisten lannoitevalmisteiden osalta tässä ei ole mitään mieltä, koska typen satovaste seuraa varsin tarkasti liukoisen typen määrään, kuten voidaan todeta kuvista 19 ja 27.

Orgaanisissa lannoitevalmisteissa on aina merkittävä määrä typpeä ja sen vaikutus sadonmuodostuksessa on hallitseva muiden ravinteiden vaikutukseen nähden. Orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen pitoisuus riippuu voimakkaasti analyysimenetelmästä. Erilaisten orgaanisten lannoitevalmisteiden typpipitoisuus on tyypillisesti vaihteleva ja typen satovaste yleensä selvästi voimakkain. Siten ravinteiden satovasteina orgaanisia lannoitevalmisteita käytettäessä on mielekäintä tarkastella lähinnä vain typen satovastetta.

Kuivarakeita tai -jauheita lukuun ottamatta orgaanisten maanparannusaineiden levittäminen on käytettävissä olevalla kalustolla käytännössä mahdoton oleellisesti pienempinä annoksina kuin 20 t/ha. Lisäksi pienempien annosten käytön logistiset kustannukset ovat suuret. Käytännön levitysmäärät ovat noin 20 t/ha eikä tämän muuttamiseen on tutkimusten tulosten perusteella mitään tarvetta-kaan. Tuotteen mukaan tulevien muiden ravinteiden kuin typen määrää kannattaa tarkastella useiden vuosien keskiarvona. Samoin kannattaa toimia haitallisten metallien suhteen. Fosforin ja haitallisten metallien tasausjakso on viisi vuotta. Levitysmäärää ei kannata pienentää 170 kg/ha kokonaistyppeä rajan asettamasta määrästä, jos se ei aiheuta viiden vuoden fosforiannoksen tai haitallisten metallien annoksen ylittymistä. On parempi pitää välivuotia. Liukoisen typen tavoitetaso saavutetaan mineraalilannoitteella tehtävällä täydennyslannoituksella, jonka määrän pitäisi olla vähintään 60 kg/ha liukoisen typen tavoitetason ollessa noin 100 kg/ha. Tutkimus ei anna perusteita ottaa kantaa täydennyslannoitustarpeeseen typpilannoituksen tavoitetason ollessa hyvin pieni, esimerkiksi alle 50 kg/ha, koska sellaisia kokeita ei ollut. Orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen osuutta typpilannoituksesta ei myöskään kannata kasvattaa senkään tähden, että se johtaisi kasvuston epätasaisuuteen epätasaisen typpilannoituksen takia. Sijoittamalla annetun liukoisen typen osuuden pitää myös olla riittävä, jotta vilja ei kärsi typen puutteesta kasvukauden alussa. Periaatteessa nestemäisillä tuotteilla, jotka voidaan ja tosiasiallisesti sijoitetaan, liukoisen typen osuus orgaanisesta lannoitevalmisteesta voi olla suurempi tässä mielessä. Yleensä nestemäisten tuotteiden levitystarkkuus on parempi kuin kiinteiden ja ne voidaan sijoittaa, mikä omalta osaltaan parantaa mahdollisuuksia suurempien annosten käyttöön.

Kuivarakeet tai -jauheet levitetään yleensä keskipakoisperiaatteella toimivilla kalkinlevittimellä, jotka on tarkoitettu noin 5 t/ha annoksen levittämiseen. Tavanomaisten lannoitteen levittämiseen tarkoitettujen keskipakoislevittimet on yleensä tarkoitettu alle 1000 kg/ha levitykseen. Tarkoituksen mukainen levitysmäärä määräytyy myös näillä tuotteilla kokonaistyyppiannoksen mukaan ja se on noin 5 t/ha, minkä mukainen levitysmäärä on varsin sopiva kalkinlevittimille eikä se yleensä johda myöskään fosforinkäyttörajojen ylitykseen tasausjakso huomioon ottaen, jos fosforiluku on korkein-

taan huononlainen. Jos fosforiluku on välttävä, levitysmäärää on ympäristökorvauksen puitteissa pakko pudottaa tasoon 2 - 3 t/ha. Korkeammassa fosforiluokissa näiden fosforituotteiden käyttö ei välttämättä ole mielekästä. Levitysmäärät jäisivät tasoon 1 t/ha tasausjakso huomioon ottaenkin. Hankkeessa mukana olleiden kuivarakeiden tai -jauheiden levitys oli varsin haasteellista tavanomaisella yleisesti saatavilla olevilla mineraalilannoitteiden keskipakoislevittimellä, koska ne eivät tahtoneet läpäistä niitä ja levityskuvio oli hyvin huipukas. Kalkinlevitintä ei testattu näin pienillä levitysmäärillä. Koska noin 5 t/ha levitysmäärilläkin liukoisen typen annos jää alle 30 kg/ha, ei ole käytännössä eikä siis myös tutkimuksellisessa mielessä käyttää 1000 kg/ha suuruisia levitysmääriä typenlähteenä. Niille ei olisi odotettavissa mitään havaittavaa satovastetta. Periaatteessa myös kuivarakeet voisi sijoittaa esimerkiksi kylvölannoittimella, jos levitysmäärä on selvästi alle 1000 kg/ha riippuen tilavuuspainosta. Samalla pitäisi kuitenkin pystyä antamaan typpilannoitus mineraalilannoitteena. Typpilannoitteen sijoittaminen on kuitenkin selvästi oleellisempaa, joten todennäköisesti on tyydyttävä pintalevitykseen ja vieläpä eri ajokerralla. Suuremmille levitysmäärille ei ole olemassa olevaa kalustoa, vaan se pitäisi rakentaa erikseen. Tarkoituksenmukaisinta lienee keskittää näiden tuotteiden levitys pelloille, joilla voidaan käyttää kalkinlevittimille sopivia levitysmääriä.

3.5. Nurmen suojaviljan peltokoe

Erkki Joki-Tokola, Marika Laurila, Jarkko Kekkonen

3.5.1. Säätökijöiden vaikutus

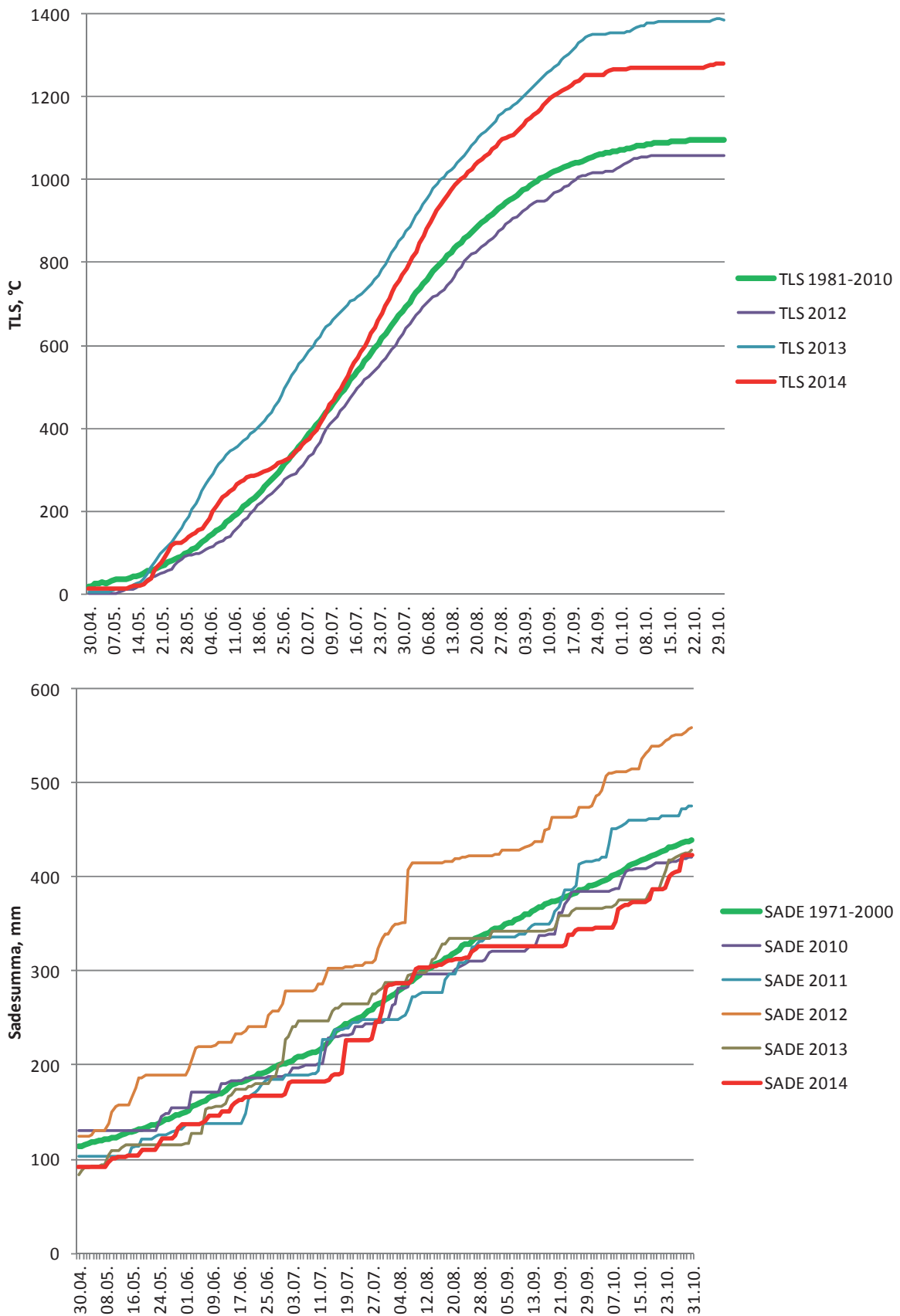
Kasvukausi 2013 oli Ruukissa keskimääräistä lämpimämpi ja sademäärältään kasvustojen normaaliin kehittymiseen nähden riittävä (Taulukko 15). Eniten koekasvuston menestymiseen vaikuttava säätökijä oli myöhäinen kylvöajankohta, mikä oli seurausta edeltäneen kasvukauden 2012 märkydestä. Kesän 2012 märkyden takia pahoin vettynyt pellot routaantuivat vahvasti. Roudan sulaminen keväällä kesti tavanomaista pitempään.

Taulukko 15. Kasvukausien 2013 ja 2014 kuukausittaiset keskilämpötilat ja sademäärät. Tiedot perustuvat Ilmatieteen laitoksen Ruukkiin sijoittaman säähavaintoaseman tuloksiin.

Kuukausi	Keskilämpötila (° C)			Sademäärä (mm)		
	2013	2014	1981–2010	2013	2014	1981–2010
Toukokuu	11,6	8,5	7,9	31,1	45,5	41,6
Kesäkuu	16,2	11,8	13,1	88,3	31,1	49,8
Heinäkuu	15,4	19,0	15,9	84,4	115,3	76,7
Elokuu	14,8	15,4	13,5	47,7	43,8	71,2
Syyskuu	10,6	9,9	8,4	31,3	18,4	49,6

Kuvassa 33 esitetään koevuosien 2013 ja 2014 lisäksi edeltäneen vuoden 2012 ja pitkän aikavälin keskiarvona lämpösumma (vv. 1981–2010) ja sademäärä (vv. 1971–2000). Koevuosien lämpösumma erottuu selvästi edeltäneestä vuodesta ja pitkän aikavälin keskiarvosta. Kuvassa havainnollistuu hyvin myös koevuotta edeltäneen vuoden 2012 sateisuus.

Talvi 2013–2014 oli nurmen talvehtimisen kannalta haasteellinen. Lumipeite sulii talven aikana useita kertoja ja jäi lisäksi kestoajaltaan lyhyeksi sekä vahvuudeltaan ohueksi. Riskitekijöistä huolimatta koenurmen talvehtiminen onnistui hyvin. Nurmen kasvunkäynnistymistä hidasti kevään 2014 viileys.



Kuva 33. Kasvukauden tehoisa lämpösusma (TLS, °C) ja kasvukauden alusta kasvukauden loppuun mennessä kertynyt sademäärä (mm) koevuosina ja valittuina vertailuvuosina.

3.5.2. Sadon määrä ja koostumus

Viljakasvuston tiheys oli aistivaraisen arvioinnin perusteella orastumisen jälkeen keskimäärin 97 % täystiheestä kasvustosta. Koekäsittelyjen väliset, osittain tilastollisesti merkitsevätkin erot, eivät todennäköisesti kuitenkaan johtuneet koekäsittelyistä, vaan kuivuudesta. Keväällä 2013 kylvöjen käynnistymistä viivästytti roudan pitkään jatkunut sulaminen. Se siirsi kylvöajankohtaa niin myöhäiseksi, että lumien sulamisvedet ehtivät jo kuivua, mikä vaikeutti viljan orastumista. Vähäisiksi jääneillä kasvuston tiheyseroilla ei liene kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta saatuihin koetuloksiin.

Lannoitus lisäsi kasvuston pituutta (Taulukko 16). Nolla -käsittelyn kasvuston pituus jäi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) muita käsittelyitä lyhyemmäksi. Lannoituskäsittelyjen välilläkin oli eroja, sillä NPK- ja Kuivarae -käsittelyt tuottivat Kemicond -käsittelyillä pitemmän kasvuston ($p < 0,05$). Kasvuston pituuteen vaikuttanut ravinne oli ilmeisimmin typpi, sillä typpilannoituksen lisääminen kasvatti kaikilla lannoituskäsittelyillä tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) kasvuston pituutta, eniten NPK - ja vähiten Kemicond -käsittelyssä.

Kasvustojen lakoontumisaste määritettiin elokuun puolivälissä (13.8.2013). Lannoitus (Nolla vs. muut) lisäsi ($p < 0,003$) kasvuston lakoontumista havaittavassa määrin. Vaikutus perustui kasvustojen pituuden kasvuun, eli käytännössä typpilannoituksen käyttömäärään. Kasvustojen lakoontumisaste jäi kuitenkin sadon määrään tai laatuun vaikuttavan tekijänä mitättömäksi.

Ohran vaatima kasvu-aika määritettiin kylvön ja kasvuston keltatuleentumis päivämäärän erotuksena ja se oli keskimäärin 81 vrk. Viljakasvuston keltatuleentumisen jälkeen jyväsadossa olevien ravintoaineiden määrä ei enää lisääntynyt, mutta sadon koostumus muuttuu tuleentumisen edetessä, mm. jyvän kuiva-ainepitoisuuden lisääntymisen myötä. Kun verrataan kaikkia koekäsittelyjä keskenään, voidaan todeta, että koekäsittelyt eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi kasvu-aikaan. Jos verrataan Nolla-käsittelyä kaikkiin muihin käsittelyihin, voidaan todeta, että lannoitus pyrki lisäämään ($p < 0,04$) suojaviljan kasvu-aikaa.

Nolla -käsittelyn jyväsato jäi Kemicond 1 -käsittelyä lukuun ottamatta muita käsittelyjä tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) pienemmäksi. Jyväsadon määrää rajoitti typpilannoituksen voimakkuus, sillä typpilannoituksen lisääminen lisäsi kaikkien lannoituskäsittelyiden satoa. Lannoituskäsittelyjen eri typpilannoitusmäärien välinen satoero oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) kuitenkin vain NPK -käsittelyllä, mikä kertoi typpilähteen hyväksikäytettävyydestä.

Jyvien tilavuuspaino on jyvien tärkkelyspitoisuuden epäsuora mittari. Jyväsadon tärkkelyspitoisuus puolestaan määrää jyvien energiapitoisuuden ja on siten rehuvaljoilla jyväsadon keskeinen laatu-tekijä. Jyväsadon määrän lisääntyminen pyrki kokeessa lisäämään samalla myös jyvien tilavuuspainoa, mikä oli odotettua. Toinen jyväsadosta määritetty laatu-tekijä oli sen typpipitoisuus. Lannoitus vaikutti jyvien typpipitoisuuteen. Typpilannoituksen lisääminen lisäsi kaikilla lannoituskäsittelyillä jyväsadon typpipitoisuutta, mutta vain NPK -käsittelyllä tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$). Jyväsadon mukana poistunut typpimäärä riippui lähinnä jyväsadon määrästä, eikä juurikaan jyväsadon typpipitoisuudesta.

Kokeessa korjatun jyväsadon keskimääräinen fosforipitoisuus (4,4 g/kg) oli hiukan rehuvalukoissa esitettyä keskimääräistä pitoisuutta (3,6 g/kg) suurempi. Fosforilannoituksen kokonaan puuttuminen (Nolla) tai eri fosforilannoitukset eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi jyväsadon fosforipitoisuuteen. Jyväsadon mukana poistuneeseen fosforimäärään vaikutti tyypin tavoin oleellisesti jyväsadon määrä.

Kokeen jyväsadon keskimääräinen kaliumpitoisuus oli 5,7 g/kg, kun rehuvalukon vastaava arvo on 5,0 g/kg. Kokeessa käytetty kaliumlannoituksen oli kaikilla koekäsittelyillä käytännössä lähes sama ja laskennallisesti riittävä. Koekäsittelyt eivät siten vaikuttaneetkaan jyväsadon kaliumpitoisuuteen. Jyväsadon mukana poistuneeseen kaliummäärään vaikutti siten jyväsadon määrä.

Lannoitus vaikutti kokeessa korjatun olkisadon määrään. Nolla -käsittelyn olkisato jäi lannoituksella saatua olkisatoa keskimäärin saatua olkisatoa pienemmäksi ($p < 0,001$). Lannoituskäsittelyiden välilläkin oli eroja. Kemicond -käsittelyn olkisato jäi keskimäärin Kuivarae- ja NPK -käsittelyjä pienemmäksi. Typpilannoituksen lisääminen lisäsi olkisadon määrää, mutta vain Kuivarae - ja NPK -käsittelyillä tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$).

Lannoitus (Nolla vs. muut) pyrki vähentämään olkisadon fosforipitoisuutta. Kasvin ottamasta fosforista pääosa varastoituu jyviiin. Kokeessa lannoitus lisäsi jyväsadon määrää ja siten samalla jyviiin sitoutuneen fosforin määrää. Koska Nolla -käsittelyn jyväsato jäi lannoitettujen jyväsatoa pienemmäksi, se saattoi aiheuttaa, että sen olkisatoon varastoitui muita enemmän fosforia. Oletusta tukee se, että kokeen olkisadon fosforipitoisuus pieneni jyväsadon lisääntymisen myötä (korrelaatiokerroin -51, $p < 0,005$). Lannoitus kuitenkin lisäsi olkisadon määrää siinä määrin, että lannoituskäsittelyiden olkisadon mukana pellolta poistui fosforia enemmän kuin Nolla -käsittelyn sadossa.

Koekäsittelyt eivät vaikuttaneet olkisadon kaliumpitoisuuteen ja siten olkisadon mukana korjattu kaliummäärä riippui olkisadon määrästä. Viljasadon kaliumista pääosa oli olkisadossa.

3.5.3. Ravinnetaseet ja ravinteiden näennäinen hyväksikäyttö

Kokeen pääravinteiden taseet laskettiin vähentämällä lannoituksessa lisätystä ravinnemäärästä jyvä- ja olkisadon mukana pellolta korjattu ravinnemäärä. Typen ja fosforin näennäinen hyväksikäyttö laskettiin vähentämällä lannoituskäsittelyiden jyvä- ja olkisadon yhteenlasketusta typpi- ja fosforimäärästä Nolla -käsittelyn sadossa ollut ravinnemäärä ja näin saatu erotus jaettiin edelleen lannoituksessa käytetyllä typpi- tai fosforimäärällä.

Kaikkien lannoituskäsittelyiden matalamman typpilannoitusmäärän typpitase jäi negatiiviseksi (Taulukko 16). Typpilannoitusmäärän kaksinkertaistaminen muutti kaikkien lannoituskäsittelyjen typpitaseen puolestaan positiiviseksi. Typen näennäinen hyväksikäyttö oli paras NPK -käsittelyssä, jossa lannoituksessa lisätystä tpeystä sitoutui laskennallisesti yli puolet (55 %) satoon ja heikoin Kemicond -käsittelyssä, jossa lannoituksessa lisätystä tpeystä satoon sitoutui laskennallisesti vain viidesosa (20 %).

Koetilan pellot ovat koko lähiseutujen tavoin luontaisesti niukasti kaliumia sisältäviä. Suurimman sadon tuottanut NPK -käsittelyn kaliumtase muodostui negatiiviseksi, vaikka lannoituksessa käytetty kaliummäärä oli suositeltua (40 kg/ha) suurempi (49 kg/ha). Muiden koekäsittelyiden NPK -lannoitusta pienemmäksi jäänyt sato ja hiukan voimakkaampi kaliumlannoitus aiheuttivat sen, että niiden kaliumtase jäi positiiviseksi.

Kemicond- ja Kuivarae -käsittelyiden fosforitase jäi positiiviseksi, kun NPK -käsittelyssä se oli negatiivinen. Tulos oli odotettu, koska erityisesti Kuivarae -käsittelyn fosforilannoitukset ylittivät jopa moninkertaisesti sadon lannoitustarpeen. Tulokset osoittivat, että fosforin hyväksikäyttöä voidaan välillisesti parantaa typpilannoituksen kautta. Vaikutus perustui NPK -käsittelyssä satomäärän kasvuun ja siihen, että typpilannoituksen lisääminen voitiin tehdä ilman fosforilannoitusmäärän lisääntymistä. Muissa lannoituskäsittelyissä typpilannoituksen lisääminen lisäsi samalla myös fosforilannoitusta, mikä oli jo kokeessa käytetyissä pienemmälläkin fosforilannoitusmäärällä kasveille laskennallisesti riittävä määrä. Koekäsittelyt olisi voitu toteuttaa Kemicond- ja Kuivarae -lannoitusten suhteen myös niin, että niiden levitysmäärä olisi kattanut ainoastaan suojaviljan fosforilannoitustarpeen. Tuolloin vajaan jäänyttä typpilannoitustarvetta olisi tullut ja voinut täydentää mineraalityypellä. Se olisi ollut Kemicond -lannoituksen osalta käypä ja ilmeisen järkevä menettelytapa. Kuivarae -lannoituksessa se olisi ollut epäkäytännöllistä, koska tuolloin sen levitysmäärä olisi jäänyt kovin vähäiseksi. Kokeessa toteutetun Kemicond- ja Kuivarae -lannoitusten ensimmäisenä vuonna käyttämättä jääneiden osien on mahdollista sitoutua tulevien vuosien satoon. Siksi kokeeseen sisältyvät myös ensimmäisen nurmivuoden satotulokset.

Taulukko 16. Nurmen suojaviljaksi keväällä 2013 kylvetyn ohran ja vuonna 2014 korjatun nurmen sato, sadon koostumus sekä lannoituksen fosfori- ja kaliumtase eri lannoituksilla.

		Nolla	Kemicond 1	Kemicond 2	Kuivarae 1	Kuivarae 2	NPK 1	NPK 2
Suojavilja-	Tiheys (%)	97 ^{ab}	97 ^{ab}	98 ^b	98 ^b	97 ^{ab}	99 ^b	93 ^a
kasvuston:	Pituus (cm)	42 ^e	50 ^d	54 ^d	61 ^c	67 ^b	70 ^b	77 ^a
	Lako (%)	0 ^d	1 ^{dc}	1 ^c	2 ^{bc}	4 ^a	3 ^{ab}	4 ^a
	Kasvu-aika (vrk)	81	81	81	82	82	82	82
Jyvien kuiva-ainesadon määrä ja koostumus								
	Sato (kg/ha)	1886 ^e	2237 ^{ed}	2522 ^{cd}	2960 ^{cb}	3255 ^b	3364 ^b	3921 ^a
	Hehtolitraino (kg)	62 ^c	62 ^c	64 ^{bc}	65 ^{ba}	65 ^{ba}	65 ^{ba}	66 ^{ba}
	Typpi (g/kg)	1,67 ^a	1,65 ^a	1,69 ^a	1,66 ^a	1,70 ^a	1,63 ^a	1,86 ^b
	Typpi (kg N/ha)	31,54 ^e	37,11 ^{ed}	42,48 ^{cd}	49,35 ^{cb}	55,19 ^b	54,84 ^b	72,77 ^a
	Fosfori (g/kg)	4,36	4,05	4,30	4,68	4,61	4,16	4,38
	Fosfori (kg P/ha)	8,33 ^d	9,11 ^{dc}	10,90 ^{dc}	13,78 ^{bac}	15,16 ^{ba}	14,07 ^{ba}	17,26 ^a
	Kalium (g/kg)	5,69	5,53	5,62	5,81	5,80	5,58	5,81
	Kalium (kg K/ha)	10,84 ^d	12,42 ^{cd}	14,29 ^{bcd}	17,13 ^{bc}	18,99 ^{ba}	18,80 ^{ba}	22,81 ^a
Olkien kuiva-ainesadon määrä ja koostumus								
	Olkisato (kg ka/ha)	1139 ^e	1467 ^d	1757 ^{dc}	1878 ^c	2308 ^{ab}	2225 ^b	2528 ^a
	Typpi (g/kg)	0,73	0,77	0,75	0,65	0,64	0,56	0,57
	Typpi (kg N/ha)	8,46	11,81	12,81	12,54	14,80	12,52	14,36
	Fosfori (g/kg)	1,10 ^a	1,11 ^a	0,98 ^{bac}	1,04 ^{ba}	0,93 ^{bac}	0,77 ^{bc}	0,71 ^c
	Fosfori (kg P/ha)	1,27 ^b	1,66 ^{ba}	1,73 ^{ba}	1,99 ^a	2,16 ^a	1,71 ^{ba}	1,79 ^{ba}
	Kalium (g/kg)	15,77	16,70	15,60	15,73	16,05	15,60	16,18
	Kalium (kg K/ha)	18,15 ^e	24,76 ^{ed}	25,57 ^{dc}	30,17 ^{bcd}	37,17 ^{ba}	34,85 ^{bac}	40,82 ^a
Jyvä- ja olkisadossa korjattu pääravinteiden määrä ja tase (kg/ha)								
	Typpi (kg/ha)	40,00 ^d	48,92 ^{cd}	55,29 ^{cb}	61,89 ^{cb}	69,99 ^b	67,37 ^b	87,13 ^a
	Typpitase (kg/ha)	-40,00 ^e	-6,92 ^{cb}	28,71 ^a	-15,89 ^{cd}	22,01 ^a	-22,36 ^d	2,87 ^b
	Typhen hyväksikäyttö (%)		21 ^b	18 ^b	48 ^{ba}	33 ^{ba}	61 ^a	52 ^a
	Fosfori (kg/ha)	9,61 ^c	10,77 ^c	12,63 ^{bc}	15,77 ^{ba}	17,32 ^{ba}	15,78 ^{ba}	19,05 ^a
	Fosforitase (kg/ha)	-9,61 ^f	5,23 ^d	19,73 ^c	37,43 ^b	89,08 ^a	-1,78 ^e	-5,05 ^{fe}
	Fosforin hyväksikäyttö (%)		7 ^b	9 ^b	12 ^b	7 ^b	44 ^a	67 ^a
	Kalium (kg/ha)	28,98 ^d	37,17 ^{dc}	41,87 ^c	47,30 ^{bc}	56,15 ^{ba}	53,65 ^{ba}	63,62 ^a
	Kaliumtase (kg/ha)	20,02 ^a	12,83 ^{ba}	9,14 ^b	10,70 ^{ba}	10,85 ^{ba}	-4,65 ^c	-14,62 ^c
	Kaliumin hyväksikäyttö (%)		16 ^d	25 ^{cd}	32 ^{cbd}	41 ^{cb}	50 ^b	71 ^a
Nurmisato	1. Niitto	3059 ^b	3676 ^{ab}	3535 ^{ab}	3969 ^a	3989 ^a	3448 ^{ab}	3239 ^{ab}
(kg ka/ha)	2. Niitto	1220 ^b	1427 ^{ab}	1433 ^{ab}	1669 ^a	1685 ^a	1482 ^{ab}	1469 ^{ab}
	Yhteensä	4279 ^b	5103 ^{ab}	4968 ^{ab}	5637 ^a	5674 ^a	4930 ^{ab}	4708 ^{ab}

3.5.4. Suojaviljan lannoituskokeen jälkivaikutus

Koe jatkui vuonna 2014 nurmikokeena. Nurmen laskennallinen fosforilannoitustarve oli 16 kg/ha ja kaliumlannoitustarve 60 kg/ha ja saavutettavissa olevan nurmisadon määrä suhteutettu typpilannoitustarve 200 kg/ha. Edellisen vuoden lannoituksista satoon sitoutumatta jääneiden ravinteiden määrä oli Kemicond- ja Kuivarae- käsittelyiden fosforia lukuun ottamatta niukka nurmisadon ravinnetarpeisiin suhteutettuna. Koekäsittelyjen tuottamien nurmisatojen määrä kuitenkin poikkesi niin, että Kuivarae -käsittely tuotti molemmissa niitoissa Nolla -käsittelyä suuremman sadon, mutta eri lannoitustapojen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 16). Nurmisadon määrään koepaikalla eniten vaikuttava ravinne on typpi ja sen jälkeen kalium. Kun edellisen vuoden käyttämättä jääneistä ravinteista määrällisesti merkittävin oli fosfori, sen hyödyntäminen seuraavan vuoden lannoituksessa olisi edellyttänyt, että nurmi olisi lannoitettu NK -lannoitteella. Typen ja kaliumin levitysmäärissä oli voitu huomioida ravinteiden edellisen vuoden lannoituksissa satoon sitoutumatta jääneet määrät. Typpilannoituksen osalta se olisi kuitenkin saattanut johtaa satomäärän laskuun, koska kokeessa saatujen tulosten mukaan käyttämättä jääneen typen nurmen satovaste jäi vähäiseksi. Nurmen ensimmäisessä niitossa voimakkaan typpilannoituksen (Kemicond 2 ja Kuivarae 2) sisältäneet Kemicond -ja Kuivarae -käsittelyt tuottivat jopa pienemmän sadon kuin niukempi typpilannoituskäsittely.

3.5.5. Johtopäätökset suojaviljan lannoituksesta

Mineraalilannoitteen ravinteiden korvaaminen jätevesilietteiden ravinteilla johti suojaviljaksi kylve-
tyn ohran jyvä- ja olkisadon määrän vähentymiseen. Lietelannoituksista Kuivarae -liete tuotti Kemicond -lietettä suuremman viljasadon. Lietetuotteet erosivat toisistaan sekä prosessoinnin että ravinnekoostumuksen perusteella. Lannoitusvaikutusero syntyi enemmän lietteiden ravinnekoostumuksen kuin prosessointitapojen erojen perusteella. Lietteiden ravinteiden hyväksikäyttöä voidaan todennäköisesti tehostaa, jos viljelykasvin typpilannoitustarve tyydytään vain osittain lietteiden levityksen kautta. Lietelannoituksilla ei todettu olevan mainittavaa jälkivaikutusta seuraavan vuoden satomäärään, kun seuraavan vuoden satoa ei lannoitettu lainkaan. Jos sato olisi lannoitettu NK -lannoitteella, se olisi voinut todennäköisesti hyödyntää kasvussaan edellisen vuoden ylijäämäfosforia. Nämä tulokset kemiallisesti hapetetun puhdistamolietteen ja termisesti kuivatun lannoiterakeen lannoitusvaikutuksesta ovat samansuuntaisia kuin aiemmassa vastaavilla tuotteilla tehdyssä ohran typpilannoitustutkimuksessa (Kapuinen ym. 2012).

4. Yhteenveto

Suomessa suurin osa orgaanisten lannoitevalmisteiden mukana kiertävästä ravinnemäärästä kulkee puhdistamolietteestä ja biojätteestä valmistetuissa orgaanisissa maanparannusaineissa. Yleisimmin ne kuuluvat maanparannuskomposteihin ja mädätysjäännöksiin, mutta myös kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä ja kuivaraetta ja -jauhetta on markkinoilla. Vaikka ne luokitellaan maanparannusaineiksi, ne mielletään maataloudessa enemmän lannoitteiksi. Markkinoilla on lisäksi orgaanisia lannoitevalmisteita, joiden käyttöä ei käsitelty tässä hankkeessa.

Orgaanisia maanparannusaineita käytetään kasvualustojen raaka-aineena ja levitetään sellaiseen pelloille. Tällä hetkellä lainsäädäntö ei salli niiden käyttöä metsissä. Lisäksi kierrätysravinteiden käyttö teollisuudessa, esimerkiksi jätevedenpuhdistuksessa on lisääntymässä. Biolaitoksen kannalta teollisen käytön selvä etu on tasainen materiaalivirta suurina määrinä samaan osoitteeseen. Siitä muodostuu merkittävä logistinen etu muihin käyttömuotoihin nähden.

Orgaanisten maanparannusaineiden kasvualustakäyttö vastaa puhdistamolietteestä tuotettujen lannoitevalmisteiden määrää. Puhdistamolietteen ja biojätteen määrä mukailee väestön määrää ja on suurin pääkaupunkiseudulla ja maamme suurimmissa kaupungeissa. Viherrakentaminen on laajinta samoilla alueilla. Orgaanisia lannoitevalmisteita käytetään myös maataloudessa. Tällä hetkellä kyse on lähinnä ylijäämän käytöstä, jota biolaitokset eivät kykene muutoin kustannustehokkaasti hyödyntämään.

Maatalouden sisäinen ravinnekierro, eli lähinnä kotieläinten tuottaman lannan käyttö, on moninkertainen orgaanisten lannoitevalmisteiden sisältämien ravinteiden määrään verrattuna. Orgaanisilla lannoitevalmisteilla korvataan siten maataloudessa lähinnä teollisesti valmistettuja mineraalilannoitteita. Orgaanisten lannoitevalmisteiden käytettävyyttä vaikeuttaa logistiikkakustannus, sillä niiden tuotanto on alueellisesti keskittynyttä ja potentiaaliset käyttökohteet ovat hajallaan. Orgaanisten lannoitevalmisteiden käytettävyyttä heikentää myös niiden kasvien ravinnetarpeen tasapainoisen täyttämisen kannalta vinoutunut ravinnepitoisuus. Pääosa orgaanisista lannoitevalmisteista on puhdistamolietetaustan takia lähinnä fosforin lähteitä. Biolaitoksilla tuotetaan myös epäorgaanisia lannoitevalmisteita. Niitä saadaan poistamalla tyypeä puhdistamolietteestä ja biojätteestä, jolloin syntävä lannoitevalmiste on yleensä nestemäinen ammoniumsulfaatti.

Kasvualustakäytössä puhdistamolietteen ja biojätteen ravinteet ohjataan hyötykäyttöön. Maatalouskäytössä kierrätys menee astetta pitemmälle, sillä sitä kautta ravinteet palautuvat elintarvikeketjun kiertoon. Maatalouskäytön keskeinen ongelma biolaitoksen kannalta on käytön kausiluonteisuus. Lisäksi haasteena on liukoisen tyyppien pitoisuuden tasaisuus.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttömäärät hehtaaria kohti ovat, mineraalilannoitteiden käyttömääriin verrattuna suuria ja vastaavat lannan käyttömääriä. Valmisteiden varastointi edellyttää runsaasti rakennettua tilaa, jollainen kasvinviljelytiloilta usein puuttuu. Sen rakentamiskustannus on niin suuri, että niiden investoinnin vaatiminen johtaisi siihen, tilat käyttäisivät orgaanisten lannoitevalmisteiden sijasta mineraalilannoitteita. Valmisteiden välivarastointi on kuitenkin välttämätöntä, koska sen siirtäminen vasta levityksen yhteydessä biolaitokselta pellolle on logistisesti mahdotonta. Siksi orgaanisten lannoitevalmisteiden maatalouskäyttö vaatii niiden peltopatteroinnin sallimista. Orgaanisten lannoitevalmisteiden peltopatterointi on nykyisin sallittua helmikuun alusta lokakuun loppuun saakka. Käytännössä orgaaniset lannoitevalmisteet kuljetetaan yleensä kasettiyhdistelmillä helmikuussa routaantuneelle maalle odottamaan yleensä toukokuussa tapahtuvaa levitystä. Peltopatterin ohjeellinen minimikoko vastaa hehtaarin levitysmäärää, mutta niin pienien varastojen tekeminen voi johtaa pellon rakenteen tarpeettomaan tiivistymiseen turhan monessa kohdassa. Patterikokoa säätelee käytännössä levitysalan lohkokoko. Perustamalla peltopatterit routaantuneelle maalle vältetään keväällä tapahtuvan kuljetusajon aiheuttamaa kostean maan tiivistymistä. Levityksen yhteydessä patterin tuntumassa tapahtuvaa pellon tiivistymistä voidaan vähentää, jos kuormaus levitysvaunuun tehdään pyörivällä kaivinkoneella.

Hankkeessa selvitettiin peltopatteroinnin aiheuttamaa potentiaalista ympäristökuormitusta ja keinoja sen vähentämiseksi. Peltopatterista tuleva valuma aiheuttaa lähinnä liukoisen typen huuhtoutumaa, joka ei leviä horisontaalisesti peltopatterin ympäristöön, vaan ainoastaan peltopatterin alla oleviin maakerroksiin. Sielläkin huuhtoutuma rajoittuu ylimpään 30 cm:iin. Liukoisen fosforin huuhtoutuma peltopatterista on vähäinen ja vastaa yleensä korkeintaan kasvien vuoden tarvetta, eikä siten muodosta ympäristöhaittaa. Peltopatterista itsestään tulevaa valuma kasvaa kuiva-ainepitoisuuden laskiessa. Kun kuiva-ainepitoisuus on lainsäädännön vaatima, vähintään 30 %, valuma on yleensä pieni, mutta siihen vaikuttaa jonkin verran muutkin orgaanisen lannoitevalmisteiden ominaisuudet kuin kuiva-ainepitoisuus. Osa huuhtoutumasta voidaan sitoa peltopatterin alle sen perustamisen yhteydessä asennettavaan, tyypeä sitovaan orgaaniseen ainekseen. Peittämällä peltopatteri muovikalvolla tai vastaavalla voidaan sadevedet ohjata sivuun. Tämä pienentää valumaa ja siten myös huuhtoutumaa merkittävästi. Itse patteroitavasta materiaalista syntyvä valuma vastaa yleensä noin kuukauden sademäärää. Kun patteroitavan materiaalin kuiva-ainepitoisuus on riittävä, peltopatterin alla on tyypeä sitova kerros ja se peitetään vettä läpäisemättömällä kalvolla, typen huuhtoutuma maahan on varsin pieni, eikä patteroinnista aiheudu oleellista ympäristön kuormitusta. Patterin kohdalla syntyvä liukoisen typen huuhtoutuma on hyvin pieni suhteessa siihen pinta-alaan, jolle sen levitys tapahtuu, mutta peltopatterin pienialaisuus tarjoaa kustannustehokkaan mahdollisuuden senkin oleelliseen vähentämiseen. Liukoinen typpi huuhtoutuu pääsääntöisesti ammoniumtyypinä ja yleensä pienempänä määränä muita liukoisia tyyppiyhdisteitä. Nitraattia sisältävistä tuotteista typen huuhtoutuminen tapahtuu myös nitraattimuodossa. Patteria purettaessa huuhtoutunut ammoniumtyppi ja liukoiset orgaaniset tyyppiyhdisteet ovat edelleen alkuperäisessä muodossaan. Kasvukauden aikana ammoniumtyppi nitrifioituu ja kasveilta mahdollisesti käyttämättä jäävä osuus huuhtoutuu pohjaveteen seuraavan syksyn ja talven aikana.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden lannoituskokeiden koekasveina olivat ohra ja vehnä. Ne muodostava viljelypinta-alaltaan suurimmat kasvilajit, joiden lannoituksessa lietetuotteiden käyttö on sallittua. Tutkitut orgaaniset lannoitevalmisteet edustavat lähes kaikkia markkinoilla olevia tuotteita. Puhdistamolietteestä valmistettujen kiinteiden orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttömäärää rajoittaa ensimmäisenä periaatteessa haitallisten metallien kuormitus ja erityisesti ympäristökorvaukseen kuuluvien tilojen osalta fosfori. Haitalliset metallit eivät nykyisin ole kuitenkaan mikään ongelma. Orgaanisissa lannoitevalmisteissa oli pieniä satunnaisia hygieniäongelmia, jotka aiheutuivat biolaitosten toimintahäiriöstä. Peltopatteroinnin ei havaittu heikentävän tuotteiden hygienistä laatua, joten patteroitu määräykset täyttävä orgaaninen lannoitevalmiste oli sitä myös levitettäessä.

Orgaanisia lannoitevalmisteita ei kannata käyttää suurina kerta-annoksina varsinkaan sellaisilla kasveilla, jotka reagoivat voimakkaasti typpilannoitukseen. Kertalevitysmäärän on kuitenkin oltava niin suuri, että se on levitettävissä käytettävissä olevalla kalustolla. Orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen pitoisuus vaihtelee selvästi enemmän kuin mineraalilannoitteiden. Lannoitevalmistasetus sallii ± 50 %:n vaihtelun tuoteselosteen arvosta. Liukoisen typen annoksen kokonaismäärän vaihtelua voidaan vähentää hyväksyttävälle tasolle käyttämällä merkittävää starttityppiannosta kylvön yhteydessä kylvölannoittimella sijoittaen. Yleensä täydennyslannoituksen typen määrän pitäisi olla vähintään 60 kg/ha tai sen tulee kattaa vähintään puolet tavoitellusta lannoitusmäärästä. Kiinteille orgaanisille lannoitevalmisteille ei ole sijoitusmenetelmää. Siksi typen jääminen hajalleen pellon pinnalle vähentää kasvien typensaantia erityisesti kasvukauden alussa, typen haihtumisen ja typen heikomman tavoitettavuuden takia. Tältä vältytään sillä, että kylvön yhteydessä lisätään riittävä määrä tyypeä täydennyslannoituksena. Kasvukauden edetessä liukoisen typen levityspaikka maassa ei ole enää niin kriittinen. Oikea sijoituspaikan merkitys on sitä suurempi mitä lyhempi kasvukausi on.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden typen lannoitusvaikutus rajoittuu siihen kasvukauteen, jonka alussa levitys on tehty. Niiden jälkivaikutus seuraavana vuonna on vähäinen. Sen sijaan fosforin lannoitusvaikutus jatkuu vuosia levityksen jälkeen. Koska saavutettavia satomääriä rajoittaa maan fosforipitoisuuden sijasta typpi, kasveille käytettävissä oleva typen määrä vuositasolla ja jo lyhyenä ajanjaksona kasvukauden sisällä, on kriittinen. Sen sijaan fosforilannoitus tapahtuu yleensä useiden vuo-

sien keskiarvona. Erityisesti puhdistamolietteestä valmistetut orgaaniset lannoitevalmisteet toimivat hidaskaikuteisina fosforin lähteinä ja niiden sisältämien ravinteiden arvosta suurin osa on nimenomaisesti fosforissa. Varsin huomattava osa maamme pelloista sisältää sadonmuodostukseen kannalta riittävästi fosforia, mikä vähentää kiinteiden orgaanisten maanparannusaineiden käyttötarvetta ja samalla myös hehtaariohtaisia levitysmääriä. Tyypillinen kertalevitysmäärä on noin 20 t/ha lukuun ottamatta kuivarakeita- ja jauheita. Levitystä ei yleensä voi tehdä ympäristökorvauksen fosforinkäyttörajojen puitteissa joka vuosi. Samalla orgaanisen aineksen lisääntymisestä saatavissa oleva välillinen etu jää maanparannusvaikutuksena perin vähäiseksi. Jos pellon fosforiluku on kuitenkin pieni, lietepohjainen orgaaninen lannoitevalmiste sopii käytettäväksi vaikka joka vuosi.

Kuivarakeiden ja -jauheiden tyypillinen kertalevitysmäärä on noin 5 t/ha. Niissä fosforimäärä suhteessa liukoiseen tyyppiin on vieläkin suurempi kuin muissa kiinteissä orgaanisissa maanparannusaineissa, joten niissä fosforilannoiteluonne korostuu. Kuivarakeiden ja -jauheiden joukossa on kuitenkin sellaisia, joiden raaka-aine on pääasiassa muuta eläinperäistä kuin lantaa. Niille on tyypillistä nopea orgaanisen typen mineralisaatio, jolloin niiden tyypilannoitusvaikutus on suurempi kuin niiden analysoitu liukoisen typen pitoisuus edellyttäisi. Pääsääntöisesti orgaanisten lannoitevalmisteiden tyypilannoitusvaikutus vastaa korkeintaan niiden liukoisen typen pitoisuutta. Liukoisen typen komponenteista nitraattityppi on parhaiten kasveille saatavilla, seuraavaksi ammoniumtyppi ja viimeiseksi orgaaniset liukoiset typpiyhdisteet. Ammoniumtyppi nitrifioituu maassa parissa viikossa, mutta heti kylvön jälkeen kasvien juuriston ollessa kehittymätön, nitraattityypin suuresta määrästä on etua. Siksi maanparannuskompostit ovat tässä mielessä kasvinravitsemuksellisesti hyviä tuotteita. Runsaasti liukoisia orgaanisia typpiyhdisteitä sisältävien orgaanisten lannoitevalmisteiden typpi siirtyy kasvien käyttöön viiveellä, mikä lisää kasvuston jälkiversontaa ja tuleentumisen viivästymistä. Joissain tapauksista tästä ominaisuudesta voi olla jopa hyötyä. Sitä voi hyödyntää sopivasti annosteltuna jyväsadon valkuaispitoisuuden nostoon.

Maanviljelyskäytön kannalta olisi eduksi, jos orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen pitoisuus vaihtelisi lannoitevalmistelainsäädännön sallimaa vähemmän. Tällöin niiden määrää voitaisiin lisätä ja täydentävän mineraalityypin käyttöä vastaavasti vähentää, ilman ilmeistä satoriskiä. Tämä edellyttäisi sitä, että biolaitokset muodostaisivat nykyistä tasalaatuisempia ja pienempiä eriä, joiden tarkka liukoisen typen pitoisuus olisi viljelijän käytettävissä.

Toinen selvä kehityskohde on levitystasaisuus. Nykyisillä levityslaitteilla on täysin mahdollista levittää riittävän tarkasti orgaanisia lannoitevalmisteita. Sekä pysty- että vaakakelalevittimet ovat kelpoisia, vaikka vaakakelalevitin tarjoaa paremmat säästömahdollisuudet kuin pystykelalevitin. Yleisperävaunun työleveys on vaatimaton. Levitystasaisuuden ensisijainen tavoite on liukoisen typen levitystasaisuus. Muiden ravinteiden huonolla levitystasaisuudella ei ole yhtä radikaaleja vaikutuksia sadon määrään ja laatuun. Jos liukoisen typen pitoisuus vaihtelu on suuri, ei tarkalla levitykselläkään voida saavuttaa hyvää tulosta. Hankalimpia levitettäviä orgaanisia lannoitevalmisteita ovat tyypillisesti paakkuiset tuotteet, kuten kemiallisesti hapetettu tai kalkkistabiloitu puhdistamoliete. Helpointa on levittää hienontuvat tuotteet, kuten maanparannuskompostit. Lisäksi tasalaatuiset pelletit leviävät suhteellisen tasaisesti. Keskeisin ongelma levitystasaisuudessa on liian nopea levitys. Urakoitsijalle maksetaan levitystä tonneista tai kuutiometreistä. Tämän takia hän pyrkii levittämään mahdollisimman nopeasti. Siihen päästään käyttämällä mahdollisimman suurta pohjakuljettimen nopeutta. Nopeasta levityksestä seuraa se, että levitettävä orgaaninen lannoitevalmiste tulvi levityslautasilla. Tällöin levitettävä massa kulkee levityslautasten siipien yli pudoten levitysvaunun taakse. Lisäksi levityslautasen yli tulviva massa lyhentää sivulle lähtevän massan lentorataa. Tuloksena on hyvin huipukas levityskuvio, jota ei voi tasoittaa millään limityksellä. Tasaiseen levityksen mahdollistava pohjakuljettimen nopeus kuitenkin nostaa levityskustannuksen 2–3 -kertaiseksi, mikä saatetaan kokea liian korkeaksi suhteessa orgaanisen lannoitevalmisteiden ravinteiden arvoon.

Pääsääntöisesti orgaaniset lannoitevalmisteet tuodaan pellolle kohtuulliselle etäisyydelle biolaitoksen kustannuksella ilman korvausta, ja viljelijä vastaa levityskustannuksista. Eräiden tuotteiden levityskustannuksestakin vastaa biolaitos. Jotta orgaanisilla lannoitevalmisteilla olisi menekkiä maan-

viljelyssä, siitä aiheutuvien kustannusten on vastattava viljelijän kokema hyötyä. Viljelijän kokemus voi perustua selvään matematiikkaan tai tuntumaan. Useimmissa tapauksissa viljelijän kokema hyöty vastaa levityskustannusta, joka on noin 4,5 €/t. Tämä johtuu siitä, että pelloilla ei ole selvää pulaa fosforista, vaan orgaanisia lannoitevalmisteita levitetään yleisesti määrää, jonka ympäristökorvausjärjestelmän mukainen fosforilannoitus sallii. Jos pelloilla olisi selvää puutetta fosforista, viljelijät arvostaisivat orgaaniset lannoitevalmisteet selvästi arvokkaammiksi. Orgaaniset lannoitevalmisteet eivät ole biolaitosten varsinainen tulonlähde, vaan orgaanisen aineksen vastaanotosta perittävät porttimaksut. Tuottoja syntyy mahdollisesti myös myydystä energiasta.

Parantamalla tuotteita siten, että viljelijä kokee samansa hyödyn suuremmaksi, biolaitos voi kasvattaa viljelijän osuutta jalostuskustannuksissa. Viljelijän vastuulle jäävä kustannus säätelee tuotteen menekkiä ja se asettuu tasolle, jolla kukin biolaitos saa kaikki tuottamansa orgaaniset lannoitevalmisteet saatettua markkinoille. Toisaalta viljelijän saama hyöty orgaanisesta lannoitevalmisteesta riippuu siitä, mitä hän osaa vaatia tuotteelta ja levitykseltä. Muilla toimijoilla ei ole intressiä nostaa laatua viljelijän eli asiakkaan vaatimasta laatutasosta. Viljelijän on syytä vaatia biolaitoksilta orgaanisten lannoitevalmisteiden tuotekehitystä niin, että maatalouskäyttöön markkinoitavien lannoitevalmisteiden liukaisen typen pitoisuuden vaihtelu jää nykyistä vähäisemmäksi.

5. Käyttäjän ohjeet

5.1. Maanparannusaineiden aumavarastointi eli patterointi

Tuloksia kuivattujen maanparannusaineiden peltovarastoinnista:

- Peltopatterista puristuu sen oman painon vaikutuksesta nestettä alla olevaan maahan.
- Pintakerroksissa (0-30 cm) on keväällä lähinnä ammoniumtyyppiä.
- Typpikuormitus rajoittuu patterin alla olevaan maahan.
- Patterin aiheuttama pistemäinen kuormitus levityslohkon alaa kohti on selvästi alle 5 kg/ha.
- Ammoniumtyypen pääsyä pintamaahan voi ehkäistä orgaanisilla pohjamateriaaleilla.
- Riittävä pohjakerros patterin alla helpottaa lannoitevalmisteen kuormaamista levitykseen.
- Orgaaniseen pohjakerrokseen pidättynyt typpi saadaan levityksen mukana peltoon.

SÄÄDÖKSET JA OHJEET:

- Nitraattiasetuksen uudistaminen (www.ym.fi) ohjaa myös orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointia, katso: Valtioneuvoston asetus 1250/2014 ja sen muutos (VnA 435/2015).
- Lisää tietoa lannoitevalmisteista: www.evira.fi > Kasvit > Lannoitevalmisteet
- Viljelijän ohjeet ja tuet, katso: www.mavi.fi

VALMISTELE NÄIN:

- Peltopatterissa varastoitavan lannoitevalmisteen kuiva-ainepitoisuuden oltava vähintään 30 %.
- Pyydä valmistajalta eräkohtainen tuoteseloste - tarvitset sitä lannoitus suunnitteluun.
- Peltopatterin perustaminen on sallittua 1.2. jälkeen.
- Pohjalle nestettä pidättävää orgaanista ainesta vähintään 20 cm kerros.
- Peitä auma vedenpitävällä peitteellä, niin sadevesi ohjautuu sivuun.
- Pura ja levitä samana keväänä tai kasvukauden aikana.

MUISTA KÄYTÄNNÖSSÄ:

- ✓ Kuormaa huolella! Pohjamateriaali helpottaa lannoitevalmisteen kuormaamista ja voit levittää sen samalla.
- ✓ Viimeistelee varastopaikka ja kuormausalue kylvää varten.
- ✓ Vaihda auman paikkaa vuosittain, niin typpipitoisuus ei nouse samalla kohdalla liikaa.

5.2. Maanparannusaineiden levittämisen muistilista

SUUNNITTELE ETUKÄTEEN:

Monet nykyiset levityslaitteet soveltuvat orgaanisten lannoitevalmisteiden levitykseen.

Mieti lannoitevalmisteen ominaisuudet levityksen kannalta:

- Rakenne, tasalaatuisuus, kovuus ja kuiva-ainepitoisuus

Laske levitysmäärän tavoite pinta-alaa kohti näillä periaatteilla:

- Kokonaistypestä saa tulla < 170 kg/ha orgaanisesta lannoitevalmisteesta (VnA 435/2015 rajaa vain lantaa sisältäviin)
- Tarkista tällä tuotemäärällä tuleva fosforin ja metallien määrä, huomioi tasausjakso
- Tuo liukoisesta typestä enintään puolet orgaanisen lannoitevalmisteen mukana, täydennä kylvössä loput
- Tarkista levityslaitteen levityskapasiteetti ja sopivuus käytettävälle levitysmäärälle

Voit etsiä levityskalustoa ja urakoitsijaa esimerkiksi seuraavasti:

- Kuivatulle mädätysjäännökselle tai vastaavalle sopii vaakakela tai pystykela
- Maanparannuskompostille vaakakela tai pystykela
- Kuivarakeelle tai pelletille kalkinlevitysvaunu

Tutustu ohjevideoihin => Youtube => ”Orgaanisten lannoitevalmisteiden levitys”, 3 videota eri tuotteille.

MUISTA PELLOLLA:

1) LEIKKAA HUIPPUJA

Alenna pohjakuljettimen nopeutta ja pienennä säätöportin aukkoa.

Jos levität liikaa vaunun keskeltä, tuloksena raidallinen kasvusto ja epätasainen tuleentuminen.

Pyri tasaiseen levitykseen limittämällä eri ajokaistojen levityskuviot sopivasti.

2) TASOITA MATALAT KOHDAT KOHTI TAVOITETTA

Sovita ajolinjojen limitys niin, että tuotetta levittyy riittävästi ajolinjojen väliin.

Multaa lannoitevalmisteet levityksen jälkeen poikki levityssuunnan, jos mahdollista.

3) LEVITYKSEN SUMMAUTUMINEN

Muista että ajolinjojen limitys tuo massaa päällekkäin, eli massat summautuvat.

Yhden ajon huipun ei tarvitse olla tavoitetasolla, kun jätät varaa myös toisen ajon massalle.

LEVITYKSEN PERUSASIAT KESTÄVÄÄN KÄYTTÖÖN:

- SUUNNITTELE levitysmäärä ja täydennyslannoitus.
- VALITSE levityskalusto tuotteen ja levitysmäärän mukaan.
- VARAA AIKAA levitykseen, kiire kostautuu sadossa.
- TARKISTA kasvukaudella onko kasvusto tasaista.
- KORJAA syksyllä sato ja ota oppia seuraavalle kasvukaudelle.

5.3. Annostelun ja täydennyslannoituksen periaatteet

RAJOITUKSET JA SÄÄDÖKSET

- **Lantaa sisältävissä orgaanisissa lannoitevalmisteissa saa lisätä enintään 170 kg kokN/ha/v**
 - Kts. uudistettu nitraattiasetus(VnA 1250/2014) ja sen muutos (VnA 435/2015).
 - Koskee kaikkea viljelyä
 - Lantaa sisältävä orgaaninen lannoitevalmiste; lantaa > 10 tilavuus- % (www.ym.fi 3.7.15)
- **Tarkista fosforin sallittu käyttömäärä**
 - Ympäristökorvauksen ehtojen ja lohkon viljavuusluokan mukaan, 5 v. tasaus mahdollinen
 - Pääosin lietettä sisältävissä tuotteissa kasveille käyttökelpoista 60 % kokonaisfosforista (ympäristökorvaus)
- **Varmista peltolohkon kuormitukset ja viljelykasvi**
 - Haitallisten metallien enimmäismäärät (MMM 24/11), koskee kaikkia lannoitevalmisteita
 - Käytettäessä puhdistamolietettä maatalouteen lannoitevalmisteiden tyyppinimiryhmän (3A5 maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet) mukaisina tuotteina (MMM 12/12, 11a §), niiden käyttäjän tarkistettava:
 - lohkon metallipitoisuudet ja -kuormitus
 - lohkon pH yli 5,8 (kalkistabiloidun lietteen käytössä yli 5,5)
 - käyttö sallittu: vilja, sokerijuurikas, öljykasvit, ei tuoesyötävät, suojavilja (multaus)
 - varoaika 5 v lietetuotteen jälkeen: peruna, juurekset, vihannekset, juuri- ja yrttimausteet
 - Orgaaniset maanparannusaineet - valmisteiden (3A2) käytössä Cd-kuormitusseuranta
- **Ajantasaiset lannoitevalmisteiden säädökset: www.evira.fi > Kasvit > Lannoitevalmisteet**

SADONTUOTTOA TYPEN MUKAAN

- **Kokonaistypen raja on hyvä lähtökohta käyttömäärälle**
 - Soveltuu kaikille kiinteille maanparannusaineille, koska liukoisen N osuus on niissä matala
- **Suunnittele täydennyslannoitus liukoisen typen pohjalta**
 - Tarkista lannoitevalmisteesta tuleva liukoisen typen määrä (tyypillisesti noin 30 kg/ha)
 - Täydennä liukoinen typi kylvölannoituksessa (esim. viljalle yhteensä noin 100 kg/ha)
- **Huomioi kokonaistyyppi erityisesti jos:**
 - Tuote on muu eläinperäinen lannoitevalmiste kuin lantapohjainen, esim. maitopohjainen kuivarae tai lihaluujauhupohjainen tuote
 - Tuotteen lannoitusvaikutus on aiemmin ollut huomattavasti liukoisen N:n määrää suurempi
 - Tuotevalmistajan ohje auttaa arvioimaan helposti liukenevan kokonaistypen määrää

KÄYTÄNNÖN RATKAISUJA VIJELIJÄLLE

- **Maanparannuskompostit, kuivatut mädätysjäännökset ja vastaavat:**
 - Tyypillinen levitysmäärä noin 20 t/ha, levitykseen esim. kuivalannan tarkkuuslevitin
- **Kuivaraeet ja kuivajauheet:**
 - Tyypillinen levitysmäärä noin 5 t/ha (kun P-luokka ≤ välttävä), levitykseen sopii kalkinlevitin
- **Jos ravinteiden tai metallien sallittu määrä ylittyy**
 - Pienennä levitysmäärää sallitulle tasolle
 - Pidä välivuosia tarvittaessa
 - Tavoittele samalla levitystekniikan kannalta sopivaa levitysmäärää
- **Anna orgaanisesta lannoitevalmisteesta enintään puolet kasvin liukoisen typen tarpeesta**
 - Jos orgaanisen lannoitevalmisteiden liukoisen typen osuus kokonaistypestä on pieni, käytä määrää jolla saat max 170 kg kokonaistyyppiä
 - Olet lisännyt liukoista tyyppiä maltillisesti (noin 30–40 kg) => Anna tyypillisäys kylvölannoituksessa
 - **Näin typen annos ei vaihtele liikaa!**

Viitteet

- Borrego J., Castro D., Figueras M., 2003. Fecal Streptococci/Enterococci in Aquatic Environments. Teoksessa: Bitton G. (toim.) Encyclopedia of Environmental Microbiology. John Wiley and Sons, New York. [<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/0471263397>]
- Kapuinen, P., Salo, T., Paavola, T. 2012. Orgaaniset lannoitevalmisteet ohran typenlähteenä. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2012, 10.-11.1.2012 Viikki, Helsinki : esitelmä- ja posteritivistelmät / Toim. Nina Schulman. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 29:41.
- Lang N., Bellett-Travers M., Smith S. 2007. Field investigations on the survival of *Escherichia coli* and presence of other enteric micro-organisms in biosolids-amended agricultural soil. The Society for Applied Microbiology, Journal of Applied Microbiology 103: 1868–1882.
- Lindeman, J., Tontti, T., Kapuinen, P. 2014a. Orgaanisten lannoitevalmisteiden levitys: maanparannuskomposti. Videotallenne. Saatavissa internetissä: <http://youtu.be/-E113TEFO4I>
- Lindeman, J., Kapuinen, P., Tontti, T. 2014b. Orgaanisten lannoitevalmisteiden levitys ja käytön suunnittelu: kuivarae. Videotallenne. Saatavissa internetissä: <https://www.youtube.com/watch?v=58wRqKpx2rs&feature=youtu.be>
- Lindeman, J., Kapuinen, P., Tontti, T. 2014c. Orgaanisten lannoitevalmisteiden levityslaitteet, patte- rointi ja käytön suunnittelu. Videotallenne. Saatavissa internetissä: <https://www.youtube.com/watch?v=2CvoDSB0I9g&feature=youtu.be>
- Marttinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Salo, T., Kapuinen, P., Rintala, J., Vikman, M., Kapanen, A., Tor- niainen, M., Maunuksela, L., Suominen, K., Sahlström, L., Herranen, M. 2013. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteina. MTT Raportti 82. [<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-432-8>]
- Palva, R. & Alasuutari, S. 2009. Levityskoneet kipsin peltolevitykseen. TTS tutkimuksen tiedote, Luon- nonvara-ala: maatalous 6/2009 (615). ISSN 1797-1624. 6 p.
- Payment P., Godfree A., Sartory D. 2003. Clostridium. Teoksessa: Bitton G. (toim.) Encyclopedia of Environmental Microbiology. John Wiley and Sons, New York. [<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/0471263397>]
- Rice E. 2003. *Escherichia Coli*: Pathogenic Strains. Teoksessa: Bitton G. (toim.) Encyclopedia of Envi- ronmental Microbiology. John Wiley and Sons, New York. [<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471263397.env273/full>]
- Tontti, T., Kapuinen, P., Laurila, M., Kekkonen, J. 2014. Orgaanisten lannoitevalmisteiden hallittu va- rastointi peltopattereissa. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2014 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 30. Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. Viitattu 7.5.2015. Julkaistu 9.1.2014. Saatavilla internetissä: www.smts.fi (Orgaanisten lannoitevalmistei- den hallittu varastointi peltopattereissa). ISBN 978-951-9041-58-2.
- Tontti, T. & Kapuinen, P. 2015. Liukoisen typen huuhtoutuminen peltopatterissa varastoidusta maan- parannusaineesta Maaperätieteen Päivät 2015, --.1.2015. In: ProTerra 67/2015, VIII Maaperätie- teiden päivien abstraktit. [http://www.maapera.fi/files/Pro_Terra_67_2015.pdf]
- Vejjalainen, A-M., Heinonen-Tanski, H., Tontti, T. 2013. Hygienic quality of organic fertilizer products intended for plant production in neighbouring farms. In: Proceedings of the RAMIRAN 2013, 15th international conference , Versailles, 2013. Network on Recycling of Agricultural Municipal and In- dustrial Residues in Agriculture. 4 p.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000