

## Orgaaniset lannoitevalmisteet ohran typenlähteenä

Petri Kapuinen, Tapio Salo & Teija Paavola

*MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Maaperä ja kasvinravitseminen, 21500 Piikkiö, petri.kapuinen@mtt.fi*

### Tiivistelmä

Orgaaniset lannoitevalmisteet ovat Suomen lainsäädännön mukaan joko orgaanisia lannoitteita, orgaanisia maanparannusaineita, mikrobivalmisteita tai kasvualustoja. Suurin osa tutkimuksemme orgaanisista lannoitevalmisteista luokitellaan maanparannusaineiksi, koska niiden ravinnepitoisuudet ovat liian pieniä lannoiteeksi tai niiden raaka-aineissa on mukana puhdistamolietettä.

Viranomaiset soveltavat nykyisin ns. nitraattiasetuksen kokonaistyyppirajaa,  $170 \text{ kg ha}^{-1}$ , raakalannan lisäksi kaikkiin orgaanisiin lannoitevalmisteisiin, vaikka niissä ei olisi lainkaan lantaa raaka-aineena. Tulokinnalla on huomattava vaikutus orgaanisten lannoitevalmisteiden levityskäytäntöihin, koska koko Suomi on julistettu nitraattiherkäksi alueeksi. Ilman kokonaistyyppirajaa niiden levitys toistuisi viiden vuoden välein haitallisten metallien tai fosforin pitoisuuden sallimissa rajoissa. Tässä tutkimuksessa käytettiin  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  suurempia kokonaistyyppimääriä, koska lainsäädännön kirjallinen muoto ei rajoita orgaanisten lannoitevalmisteiden kokonaistypen käyttömääriä, vaan rajoitus perustuu viranomaisten tulkintaan ns. nitraattiasetuksesta. Niinpä kokeessa käytetyt suurimmat kokonaistyyppimäärät olivat  $450 - 475 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Puhdistamolietepohjaisissa orgaanisissa maanparannusaineissa liukoisen typen osuus kokonaistypestä on tyypillisesti pieni, kun raaka-aineena on käytetty pääasiassa puhdistamolietettä. Tällöin orgaanisista lannoitevalmisteista tulevan liukoisen typen määrä hehtaaria kohti jää pieneksi ns. nitraattiasetuksen kokonaistyyppirajan puitteissa, ja liukoisen typen annosta pitää täydentää mineraalilannoitteiden typellä, jonka käyttöä kyseinen kokonaistyyppiraja ei koske, kasvien typen tarpeen tyydyttämiseksi.

Sian lietelannasta valmistetuissa orgaanisissa lannoitevalmisteissa liukoisen typen pitoisuus ja osuus kokonaistypestä on tyypillisesti suuri. Elintarviketeollisuuden sivutuotteiden käyttö osana orgaanisten lannoitevalmisteiden raaka-aineita nostaa yleensä niiden liukoisen typen pitoisuutta ja osuutta kokonaistypestä, jolloin viiden vuoden fosforiannoksen ja haitallisten metallien sallitun kuormituksen puitteissa liukoisen typen annos lähes vastaa yhden vuoden tarvetta viljakasveilla. Tämyntyyppiset orgaaniset lannoitevalmisteet kiinnostavat viljelijöitä enemmän kuin puhdistamolietepohjaiset, koska niistä saatavalla liukoisen typen suurella määrällä on suurempi välitön tyypilannoitusvaikutus. Tämä asettaa kuitenkin suuret vaatimukset niiden levitysteknologialle, koska huono levitysmäärän hallinta ja huono levitystasaisuus pääasiallisessa tyypilähteessä johtaa helposti suuriin määrällisiin ja laadullisiin satotappioihin.

Pidettäessä kokonaistyyppiannos nitraattiasetuksen uuden nitraattiasetuksen tulkinnan mukaisena orgaaniset lannoitevalmisteet ovat tyypillisesti fosforin, kaliumin ja sivu- sekä mikroravinteiden lähteitä, ja niitä lisätään peltoon tyypillisesti useiden vuosien keskiarvona. Lisäksi orgaanisten maanparannusaineiden ravinteiden arvo on tyypillisesti pienempi kuin niiden kuljetus- ja levityskustannus.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden typen lannoitusvaikutusta ohralla tutkittiin Kaarinassa savimaalla vuonna 2009 ohralla. Suomalainen lannoitevalmistelainsäädäntö ja maatalouden ympäristötukijärjestelmä arvostaa orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen pitoisuuden 1:5 vesiuutolla saatavan mukaiseksi. Menetelmä aliarvostaa liukoisen typen pitoisuutta sitä enemmän mitä enemmän kiinteässä tuotteessa on ammoniumtyyppiä. Uuttosuhteella 1:60 määritetty liukoisen typen pitoisuus ennustaa tätä paremmin näiden tuotteiden lannoitusvaikutusta. Myös suomalainen lanta-analyysimenetelmä ennustaa lantojen liukoisen typen lannoitusvaikutusta hyvin, kun suurin osa liukoisesta tyyppistä on ammoniummuodossa, mutta ei esimerkiksi lietetuotteiden kaltaisissa orgaanisissa lannoitevalmisteissa. Tutkimuksen mukaan veteen liukenevillä orgaanisilla tyypiyhdisteillä ei ole tyypilannoitusvaikutusta ohrassa.

Levitysvuotta seuraavana vuonna orgaanisten lannoitevalmisteiden typen lannoitusvaikutus oli samaa tasoa kuin suurten tyypitasojenkin  $120$  ja  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ , kun kokonaistypen levitysmäärät olivat noin  $450 \text{ kg ha}^{-1}$ . Viranomaisten nykytulkinnan mukaisella kokonaistypen käyttömäärällä  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  vuodessa, ei ole odotettavissa tyypilannoitusvaikutusta seuraavana vuonna.

**Asiasanat:** puhdistamoliete, lietetuotteet, mädätys, kompostointi, kalkkistabilointi, Kemicond-käsittely, levitysmenetelmä, kasvustoon levitys, multa, ohra, mallasohra, rehuohra, lannoitusvaikutus, maanparannusvaikutus, typpi, fosfori, haitalliset metallit

## Johdanto

Lannoitevalmisteet ovat lannoitteita (tyyppinimi koodi; 1), kalkitusaineita (2), maanparannusaineita (3), mikrobivalmisteita (4) tai kasvualustoja (5) (Eduskunta 2006, MMM 2011). Orgaaniset lannoitevalmisteet ovat orgaanisia lannoitteita (1B) tai orgaanisia maanparannusaineita (3A2) ja sellaisenaan maanparannusaineena käytettäviä maanparannusaineita (3A5). Myös mikrobivalmisteet ja useimmat kasvualustoista ovat orgaanisia lannoitevalmisteita, mutta niillä ei ole juuri merkitystä peltokasvien typen lähteenä. Orgaaniset lannoitteet (1B) ovat orgaanisia eläinperäisiä lannoitteita (1B1), orgaanisia ei-eläinperäisiä lannoitteita (1B2), orgaanisia lannoitteita, joiden teho perustuu pääasiassa muihin vaikutuksiin kuin kasvinravinteisiin (1B3) ja orgaanisena lannoitteena sellaisenaan käytettäviä sivutuotteita (1B4). Orgaaniset kivennäislannoitteet (1C) ovat orgaanisia moniravinteisia kivennäislannoitteita (1C1), epäorgaanisia orgaanista ainetta sisältäviä moniravinnelannoitteita (1C2) ja kalkitsevia orgaanisia kivennäislannoitteita (1C3). Orgaanisten lannoitteiden (1B) raaka-aineena voi olla eläin-, kasvi- ja/tai mikrobiperäistä materiaalia. Orgaaniset kivennäislannoitteet (1C) ovat seoksia orgaanisista lannoitteista (1B) ja epäorgaanisista lannoitteista (1A) tai kalkitusaineista (2). Orgaanisessa lannoitteessa typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuden summan tulee olla vähintään 3,0 % (1B1, 1B2), 1,0 % (1B4, paitsi perunan solunesteessä >0,8 %). Tyyppinimessä 1B4 myös yli 8 %:n mikroravinnepitoisuus oikeuttaa lannoitemääritelmään. Kiinteissä lannoitevalmisteissa ravinnepitoisuuksia käsitellään kuiva-ainepohjalta ja nestemäisissä kokonaisuusmassapohjalta. Puhdistamolietettä sisältävä lannoitevalmiste ei voi olla lannoite vaan lähinnä maanparannusaine. Sen tähden esimerkiksi rejektivesi ei voi olla peräisin prosessista, jossa on raaka-aineena puhdistamolietettä. Niinpä puhdistamolietettä sisältävästä prosessista peräisin olevan jakeen jatkokäyttö tai käsittely on yleensä ongelmallista, koska se ei nykyisin voi olla lannoitevalmiste maanparannusaineena.

Maanparannusaineiden kasvua edistävä vaikutus perustuu niiden kykyyn parantaa maan kasvukuntoa vaikuttamalla sen kemiallisiin, fysikaalisiin ja biologisiin ominaisuuksiin, mutta ne voivat sisältää myös suuren määrän pää-, sivu- ja hivenravinteita (MMM 2011, EC 2003). Useimmat tämän tutkimuksen orgaanisista lannoitevalmisteista ovat orgaanisia maanparannusaineita ja kuuluvat tyyppinimiryhmään (3A2) ja sellaisenaan maanparannusaineena käytettävät sivutuotteet (3A5), koska niiden ravinnepitoisuudet ovat joko liian pieniä, jotta ne kuuluisivat lannoitteisiin tai ne sisältävät puhdistamolietettä raaka-aineena. Maanparannusaineet voivat olla myös maanparannusturpeita (3A1), maanrakennetta parantavia aineita (3A3) tai maan biologista aktiiviteettia lisääviä aineita (3A4).

Nykyisin Maaseutuvirasto ([www.mavi.fi](http://www.mavi.fi)) soveltaa Suomen kansallista Nitraattidirektiivin implementaatiota ns. nitraattiasetusta myös orgaanisiin lannoitevalmisteisiin, vaikka ne eivät sisältäisi lainkaan tuotantoeläinten lantaa (EEC 1991, VN 2000, Mavi 2010). Tällä tulkinnalla on huomattava vaikutus orgaanisten lannoitevalmisteiden levityskäytäntöihin, koska koko Suomi on julistettu nitraattiherkäksi alueeksi. Ilman kokonaistyyppirajaa  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  orgaanisia maanparannusaineita levitettäisiin todennäköisesti kerralla viiden vuoden tasausjakson sallittua fosforimäärää tai sallittua haitallisten metallien kuormitusta vastaava määrä.

Puhdistamolietepohjaisissa lannoitevalmisteissa liukoisen typen osuus kokonaistypestä on tyypillisesti pieni. Niiden osuus koko liukoisen typen annoksesta jää pieneksi ja kasvien liukoisen typen tarpeen tyydyttämiseksi joudutaan lisäksi antamaan tyyppiä mineraalilannoitteena. Mineraalilannoitteiden typen käyttöä ei rajoita kyseinen  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  raja lannan kokonaistypelle (VN 2000). Tässä tutkimuksessa kuitenkin käytettiin  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  kokonaistyyppirajaa suurempia määriä orgaanisia lannoitevalmisteita, joiden sisältämä liukoisen typen annos vastasi ohran liukoisen typen tarvetta, noin  $90 \text{ kg ha}^{-1}$ , koska ns. nitraattiasetuksen kirjaimellisen muotoilu ei pidä sisällään muuta kuin raakalannan. Käytetyt annokset vastasivat  $450 - 475 \text{ kg ha}^{-1}$  kokonaistyyppiä. Nämä orgaaniset lannoitevalmisteet ovat tyypillisesti lähinnä fosforin, kaliumin, sivu- ja mikroravinteiden lähteitä ns. nitraattiasetuksen (VN 2000) uuden tulkinnan mukaisilla käyttömäärillä. Näitä ravinteita käytetään tyypillisesti useiden vuosien keskiarvona, mikä vähentää viljelijöiden halukkuutta maksaa tämän tyyppisistä orgaanisista lannoitevalmisteista. Niiden sisältämien ravinteiden arvo tyypillisesti alittaa kuljetus- ja levityskustannukset. Yleisen käytännön mukaan viljelijä maksaa levityskustannuksen ja orgaanisen lannoitevalmisteiden valmistaja kuljetuskustannuksen pellolle, mutta muitakin kustannustenjakaja käytetään. Lannoitevalmisteiden levityskustannus on noin  $2,3 \text{ € m}^{-3}$  (Palva 2011).

Orgaanisissa lannoitevalmisteissa, joiden pääasiallinen raaka-aine on sian lietelanta, liukoisen typen osuus kokonaistypestä on suuri. Elintarviketeollisuuden sivutuotteissa liukoisen typen pitoisuus ja sen osuus kokonaistypestä on usein vieläkin suurempi. Viljelijöiden kiinnostus tämäntyyppisiin orgaanisiin lannoitevalmisteisiin on suuri, koska suurella liukoisen typen määrällä on suuri välitön arvo kasvintuotan-

nossa. Nestemäisistä orgaanisesta lannoitevalmisteesta tulevan liukoisen typen osuus kasvin tarpeesta voi olla suuri, koska sitä ei rajoita haitallisten metallien kuormitusrajat ja kokonaistyyppirajakaan ei juuri rajoita levitysmääriä. Toisaalta suuri liukoisen typen osuus orgaanisesta lannoitevalmisteesta asettaa suuret vaatimukset levitystekniikalle. Kun pääosa liukoisesta tpestä tulee orgaanisesta lannoitevalmisteesta, sen mineraalilannoitteiden levitystasaisuutta huonompi levitystasaisuus hyvilläänkin levittimillä johtaa helposti sadon määrälliseen ja laadulliseen alenemiseen, mikä saattaa arvoltaan olla suurempi kuin orgaanisen lannoitevalmisteen ravinnesisällön arvo. Jos oletetaan, että orgaanisen maanparannusaineen mukana tulee  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  liukoista typpeä ja  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  kasveille käyttökelpoista fosforia ja että typen arvo on  $1,2 \text{ €}$  ja fosforin  $2 \text{ €}$  typen arvo on  $108 \text{ € ha}^{-1}$  ja fosforin  $150 \text{ € ha}^{-1}$ , yhteensä  $258 \text{ € ha}^{-1}$ . Sadon arvon ollessa  $170 \text{ €}^{-1}$   $635 \text{ kg ha}^{-1}$  satotappio riittää viemään koko tyypilannoituksen arvon. Tämä satotappio,  $12,7\%$   $5 \text{ tha}^{-1}$ , sadosta on realistinen. Ratkaisevaksi muodostuu fosforilannoituksen todellinen tarve, mikä oikeuttaa orgaanisen lannoitevalmisteen fosforisisällön arvon täysimääräisen arvottamisen. Tyypillinen levitysmäärä olisi näillä ravinmäärillä  $40 \text{ tha}^{-1}$  maanparannuskompostin tai mädätysjäännöksen kaltaista lannoitevalmistetta, jolloin typpisisällön arvo olisi  $2,25 \text{ €}^{-1}$  ja fosforisisällön  $3,75 \text{ €}^{-1}$ , yhteensä  $6 \text{ €}^{-1}$ . Kuivarakeiden ja vastaavien tyypilliset levitysmäärät ovat vain noin  $5 \text{ tha}^{-1}$ . Pelkästään levityskustannus ylittää typpisisällön arvon, jolloin fosforilannoituksen tarve on ratkaisevaa orgaanisten maanparannusaineiden käytön kannattavuuden kannalta. Jotta viljelijän kannattaisi ottaa vastaan orgaanisia maanparannusaineita ehdolla, että hän joutuu vastaamaan levityskustannuksista edellyttää käytännössä, että levitysalueella on todellista näin suurta fosforilannoituksen tarvetta.

Mineraalilannoitteiden liukoinen typpi on yleensä ammoniumnitraattina, joka on hyvä kompromissi sen saatavuudesta kasveille ja huuhtoutumisherkkydestä kasvukauden alussa. Kylvölannoituksen yhteydessä kylvörievien väliin hieman kylvöpohjan alapuolelle sijoitettu ammoniumnitraattirae. Orgaanisissa lannoitevalmisteissa typpi on monessa erilaisessa muodossa ja niiden osuudet vaihtelevat lannoitevalmisteen mukaan. Typpi voi olla esimerkiksi veteen liukenemattomassa orgaanisessa muodossa, veteen liukenevassa orgaanisessa muodossa, ammoniumina tai nitraattina. Näiden typen muotojen saatavuus kasveille on erilainen. Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena selvittää analyysimenetelmät, joiden avulla voidaan ennustaa yleis-pätevästi orgaanisten lannoitevalmisteiden mineraalilannoitteiden typen arvoa vastaava typen arvo ohran sadonmuodostuksessa.

## Aineisto ja menetelmät

Orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen lannoitusvaikutusta savimaalla kasvavalla ohralla tutkittiin Kaarinassa ( $E22^{\circ}26,3'$ ,  $N60^{\circ}25,2'$ ) vuonna 2009. Koejäsenet satunnaistettiin osaruutukoetyyppisesti neljään lohkokoon. Pääruututekijät ovat seuraavassa eri kirjaimin merkityt koejäsenet ja osaruututyypiset tekijät kirjaimen perässä numeroin erotetut koejäsenet. Pääruututekijä erottelee lannoitevalmisteet ominaisuuksiltaan hyvin poikkeaviin ryhmiin, kuten mineraalilannoite typpitasoissa (A), pienet ravinnepitoisuudet omaavat nestemäiset lannoitevalmisteet (B), suhteellisen suuret ravinnepitoisuudet omaavat nestemäiset lannoitevalmisteet (C), pienet ravinnepitoisuudet omaavat kiinteät orgaaniset maanparannusaineet (D), suhteellisen suuren ravinnepitoisuuden omaavat orgaaniset maanparannusaineet, lähinnä kuivarakeet ja vastaavat (E). Niiden sisällä osaruututyypisen tekijän tasot kuvaavat tyypilannoitustaso (A), levitysaikaa ja -menetelmää (B ja C), erilaisia raaka-aineita ja käsittelytapoja sekä täydennyslannoitusta (D) ja raaka-ainetta ja täydennyslannoitusta (E). Koska osaruututyypiset tekijät eivät ole samat kaikissa pääruututekijöissä, koetta ei voitaisi esimerkiksi analysoida tilastollisesti osaruutukokeena, vaan kukin pääruututekijän taso olisi analysoitava erikseen. Tässä artikkelissa on tyydytty vertaamaan eri käsittelyillä saatuja eri analyysimenetelmien mukaisilla tyypilannoitustasoilla liukoisen typen tuotantofunktion avulla korjattuja normisatoja mineraalilannoitteen tyypellä saatuun ja keskenään ilman tilastollisen merkitsevyyden testaamista.

Tutkimuksessa käytetyt orgaaniset lannoitevalmisteet olivat rejektivesi (käsittelyt B1 ja B2; tyypinimiryhmä 1B4; tyypinimi 7), kiinteä osa (D1; 3A5;2) ja kuivattu ja rakeistettu osa kiinteästä osasta (E1 ja E2; 3A2;6) biokaasulaitoksen sian lietelantaa ja erilaisia elintarviketeollisuuden sivutuotteita sisältävästä mädätysjäännöksestä, kiinteä osa puhdistamolietteen mädätysjäännöksestä (D2; 3A5; 2), mädätysjäännös biojätteen ja puhdistamolietteen seoksesta (D3; 3A5;2), kompostoitu puhdistamoliete (D4; 3A2; 1), kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (D5 ja D6; 3A5; 7) ja mädätetty ja kompostoitu puhdistamoliete (D7; 3A2;1), ammoniumsulfaatti puhdistamolietteen mädätyksen ammoniumin strippausprosessista (C1 ja C2; 1A; 1) sekä kuivattu ja rakeistettu kiinteä osa pääosin maitojätettä sisältävästä puhdistamoliettestä (E3 ja E4; 3A2; 6). Edellisistä lannoitevalmisteista orgaanisia lannoitteita (1B-ryhmä) ovat rejektivesi ja ammo-

niumsulfatti. Rejektivesi sijoitettiin kylvöannoittimella kylvön yhteydessä tai lietalannan sijoituslaitteella (Kimadan-kiekkoleikkuri sijoituslaite) kasvustoon (B2) 2 – 3 –lehtivaiheessa kylvön yhteydessä mineraalilannoitteena annetun typen määrän olleessa 30 kg $ha^{-1}$ . Kuviossa 1 tästä käsittelystä on mitattuna sato sisältäen (B2\_1) tai sisältämättä levityskaluston pyöränjäljet (B2\_2). Käsittelyssä B2\_1 pyöränjälkien osuus vastaa 3 metriä leveän sijoituslaitteen käyttöä. Kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä ja kuivarakeita levitettiin käyttämättä (D5, E1, E3) tai käyttäen (D6, E2, E4) kylvön yhteydessä annettua mineraalityypianosta tavoitellun 90 kg $ha^{-1}$  suomalaisen lanta-analyysimenetelmän Kempvaisen (1989) mukaisesti määritetyn liukoisen typen annoksen saavuttamiseksi. Liukoisen typen tuotantofunktio määritettiin mineraalilannoitteella käyttäen typpitasoja 0, 30, 60, 90, 120 ja 150 kg $ha^{-1}$  (A1 – A6). Kylvön yhteydessä startti- ja täydennystyypeksi sijoitettu mineraalilannoitteen tyyppi luettiin mukaan liukoisen typen tavoitetasoon (B2, D6, E2 ja E4). Käytetty mineraalilannoite sisälsi 17 % typpeä, 4 % fosforia ja 13 % kaliumia ja sijoitettiin kaikissa tapauksissa kylvöannoittimella kylvön yhteydessä. Orgaanisia lannoitevalmisteita levitettiin kuitenkin liukoisen typen tavoiteannoksen edellyttämää määrää vähemmän, jos haitallisten metallien tai fosforin pitoisuus ennakkonäytteissä rajoittivat levitysmäärää ympäristötukijärjestelmän (MMM 2007) tai lannoitevalmistelainsäädännön (MMM 2011) perusteella. Kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä rajoitettiin viiden vuoden jaksossa sallituksi määräksi vuotuisannoksen ollessa 15 kg $ha^{-1}$ . Tämä määrä vastaa keskimäärin viljakasveja kasvaville pelloille ympäristötukijärjestelmässä sallittua määrää (MMM 2007). Ympäristötukijärjestelmä olettaa, että puhdistamolietettä sisältävien lannoitevalmisteiden fosforin käyttökelpoisuus kasveille on 40 % kokonaisfosforista (MMM 2007, 2008). Useimpien orgaanisten lannoitevalmisteiden kasveille käyttökelpoinen fosfori määritetään 1:5-vesiuutolla (MMM 2007, 2008). Lihaluujauhon, fosforimineraalien, kalkkikiven ja kalkitusaineena sellaisenaan käytettävien lannoitevalmisteiden kasveille käyttökelpoiseen fosforiin sisällytetään ammoniumsitraattiin liukoinen fosfori.

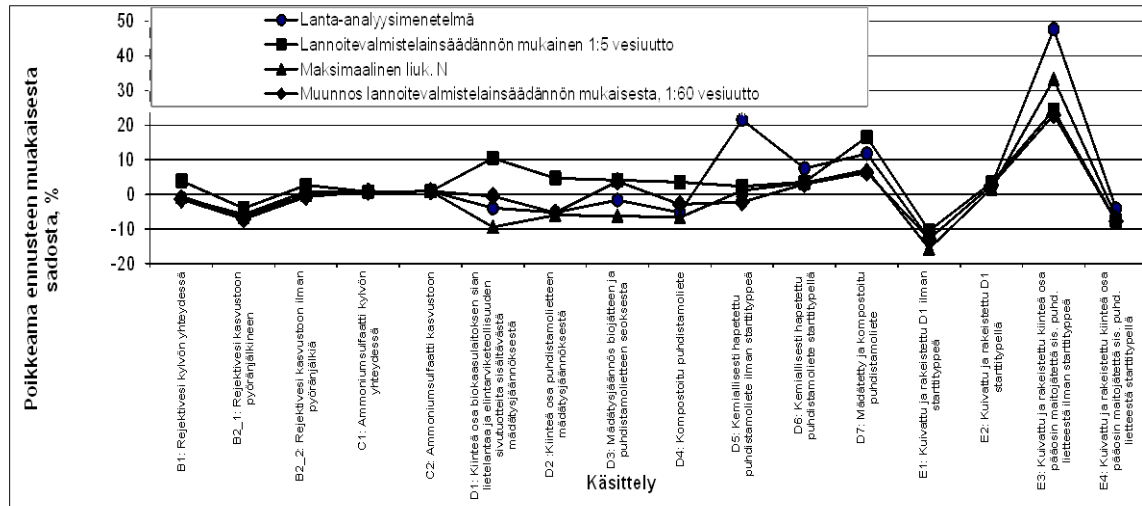
Käsittelyistä saadut sadot ja niiden puintikosteus määritettiin. Sadot laskettiin vastaamaan 14 %:n kosteutta. Orgaanisilla lannoitevalmisteilla saadut sadot korjattiin vastaamaan liukoisen typen tavoitetasoa typpitasoista määritetyn liukoisen typen tuotantofunktion avulla. Levityksen yhteydessä otetuista näytteistä määritettiin orgaanisten lannoitevalmisteiden lopulliset liukoisen typen pitoisuudet eri menetelmillä. Lopulliset käsittelyiden liukoisen typen määrät laskettiin kertomalla levitysmäärät näillä pitoisuuksilla. Käytetyt analyysimenetelmät olivat: 1) suomalainen lanta-analyysimenetelmä (Kempainen 1989), 2) lannoitevalmistelainsäädännön mukainen 1:5-vesiuutto (MMM 2011), 3) maksimaalinen liukoinen tyyppi ja 4) muunnettu menetelmä menetelmästä 2 uuttosuhteella 1:60. Menetelmässä 3 menetelmän 2 mukainen ammoniumtyppipitoisuus on korvattu menetelmän 1 ammoniumtyppipitoisuudella.

Koekentän koeruutuihin kylvettiin ohraa myös seuraavana kasvukautena 2010. Typpitasoista tasot 0 – 90 kg $ha^{-1}$  lannoitettiin kuten vuonna 2009. Myös sadot määritettiin vastaavalla tavalla. Käsittelyt, joissa oli vuonna 2009 käytetty eri lannoitevalmisteita, ja suuret typpitasot kylvettiin vuonna 2010 lannoittamatta. Saatuja satoja vastaava vuoden 2009 käsittelyistä peräisin oleva liukoisen typen määrä määritettiin pienistä typpitasoista määritetyn tuotantofunktion avulla.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

Ennustettaessa orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen lannoitusvaikutusta hyvä menetelmä on sellainen, että se ennustaa kaikkien orgaanisten lannoitevalmisteiden lannoitusvaikutuksen hyvin eikä analyysimenetelmää tarvitse muuttaa orgaanisen lannoitevalmisteen tyyppinimen tai tyyppinimiryhmän mukaan. Kuviossa 1 hyvä analyysimenetelmä on sellainen, että murtoviiva kulkee lähellä x-akselia kaikkien orgaanisten lannoitevalmisteiden kohdalla. Yleisesti ottaen paras ennuste liukoisen typen lannoitusvaikutukselle saadaan menetelmällä 4. Menetelmä 1 antaa suuremman liukoisen typen pitoisuuden rejektivedelle (B1) ja mädätetyille tai kompostoiduille orgaanisille maanparannusaineille (D1-D4, D7) kuin menetelmä 2, koska niissä ammoniumtypen osuus liukoisen typen kokonaispitoisuudesta on suuri. Sen tähden menetelmä 1 ennustaa suurempaa satoa kuin menetelmä 2 näille lannoitevalmisteille. Menetelmien hyvyys ei kuitenkaan riipu niiden antamien ennusteiden suuruusjärjestyksestä, vaan ennusteen yhteensopivuudesta kylvöannoittimella kylvön yhteydessä joka toiseen kylvöriivien väliin kylvöpohjaan sijoitetun ammoniumnitraattitypen tuotantovaikutuksen kanssa. Käsittelyssä B2\_1 ennustetta pienempi sato aiheutuu levityskaluston pyörien aiheuttamasta tallauksesta. Pyöränjälkien aiheuttama typen tuotantovaikutuksen aleneminen 3,0 metrin työleveydelläkin on vain noin 5,0 %. Esimerkiksi käytetyn sijoituslaitteen työleveys oli 6,0 metriä, jolloin käytännön mittakaavassa rejektiveden liukoisen typen tuotantovaikutuksen alenema levityskaluston

pyörien aiheuttaman tallauksen takia 2 – 3 –lehtivaiheessa olisi vain noin 2,5 % . Tarkasteltaessa rejektiveden liukoisen typen tuotantovaikutusta ilman levityskaluston pyörien aiheuttamaa tallautusta se on yhtä hyvä kuin kylvön yhteydessä sijoitetun mineraalilannoitteen typen. Näissä käsittelyissä oli kuitenkin annettu 30 kg ha<sup>-1</sup> tyyppä mineraalilannoitteenä kylvön yhteydessä, eikä vastaava rejektiveden liukoisen typen hyväksikäyttöä saavutettaisi ilman ainakin tämän suuruista starttityypilannoitusta.



**Kuvio 1.** Mitatun ohrasadon poikkeaminen eri menetelmillä analysoidun liukoisen typen määrän perusteella ennustetusta

Menetelmällä 2 saatu liukoisen typen pitoisuus on huomattavasti suurempi kuin menetelmällä 1 saatu analysoitaessa kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä (D5 ja D7), koska se sisältää runsaasti vesiliukoisia orgaanisia typpiyhdisteitä, jotka eivät näy menetelmää 1 käytettäessä. Vastaavanlainen tulos olisi odotettavissa analysoitaessa kalkkistabiloitua lietettä tai perunan solunestettä syksyllä. Menetelmää 1 voitaisiin kuitenkin periaatteessa kehittää niin, että vesiliukoinen orgaaninen tyyppi hajotettaisiin ennen mittausta. Tämän lisäksi nitraattityppi pitäisi pelkistää ammoniumtypeksi ennen mittausta. Samalla kuitenkin menetettäisiin informaatio liukoisen typen eri komponenteista ja ammoniumtypen tuotantovaikutusennusteesta tulisi liian suuri. Mädätys, kompostointi tai jopa pelkkä varastointi talven yli hajottaa esimerkiksi näiden lannoitevalmisteiden sisältämiä vesiliukoisia orgaanisia typpiyhdisteitä ammoniumtypeksi tehden ne paremmin ohralle käyttökelpoisiksi. Tämä on oleellista käytettäessä orgaanisia lannoitevalmisteista kasvukauden alussa runsaasti tyyppiä käyttävien kasvien kuten ohran typen lähteenä. Esimerkiksi kevätvehnä käyttää liukoista tyyppiä ohraa hitaammassa tahdissa, jolloin liukoisen typen nopea käyttökelpoisuus ei ole yhtä tärkeää kuin ohralla, ja myöhäisestä käyttökelpoisuudesta saattaa olla jopa hyötyä valkuaispitoisuuden nousun muodossa, mikä parantaa vehnän leivontaominaisuuksia. Lisäksi liukoisen typen hyvä käyttökelpoisuus on sitä tärkeämpää, mitä lyhyempi kasvukausi on. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suomalainen kasvukausi asettaa selvästi suuremmat vaatimukset liukoisen typen käyttökelpoisuuden nopeudelle kuin keskieurooppalainen eikä Keski-Euroopassa saatuja tuloksia orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden käyttökelpoisuudesta voida suoraan soveltaa Suomen olosuhteisiin.

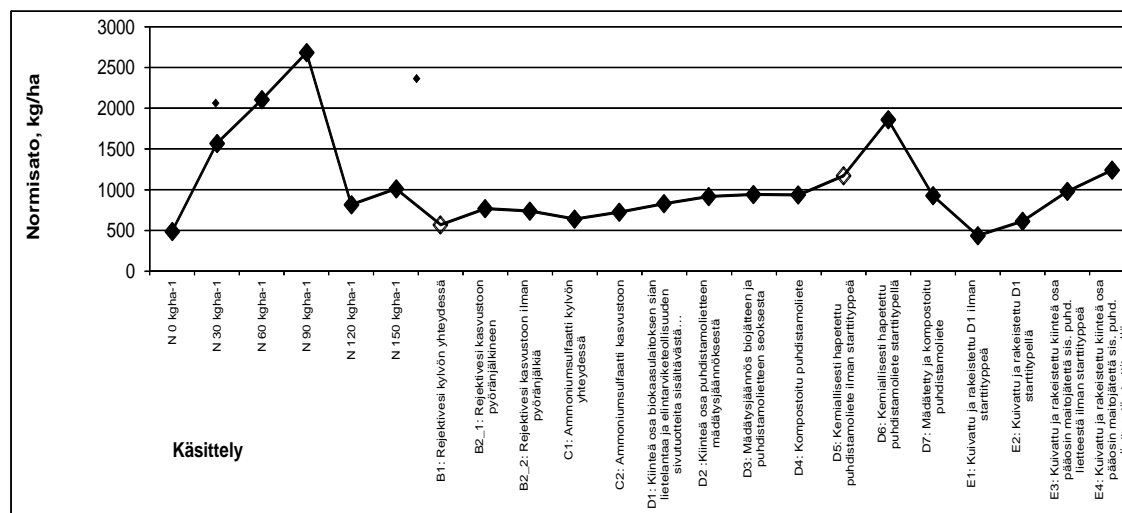
Runsaasti muita eläinperäisiä sivutuotteita kuin lantaa raaka-aineena sisältävillä orgaanisilla lannoitevalmisteilla (esim. E3 ja E4) on tyypillisesti suuri ja nopea typen mineralisaatio. Näiden lannoitevalmisteiden liukoisen typen mineralisaatio on niin nopeaa, että jopa ohra ehtii hyödyntämään orgaanisesta veteen liukenemattomasta tyyppiä mineralisoituneen liukoisen typen. Kaikki käytetyt analyysimenetelmät aliarvioivat sellaisten orgaanisten lannoitevalmisteiden tyypilannoitusvaikutuksen. Jotta sellaisen orgaanisen lannoitevalmisteen liukoisen typen lannoitusvaikutuksesta saataisiin realistinen ennuste, on niitä inkuboitava muutama viikko mineralisaation kannalta otollisissa olosuhteissa ja analysoitava vasta sen jälkeen. Otollisissa olosuhteissa inkuboimalla saatu liukoisen typen pitoisuus voi kuitenkin johtaa näiden lannoitevalmisteiden tyypilannoitusvaikutuksen yliarvioimiseen, jos kasvukauden olosuhteet ovat hyvin epäedulliset typen mineralisaation kannalta s.o. sadanta on hyvin vähäistä kasvukauden alussa. Tästä aiheutuva haitta ei ole sadonmuodostuksen kannalta yhtä suuri kuin aliarvioimisesta aiheutuva haitta mineralisaation kannalta

otollisissa olosuhteissa, koska sadannan vähyys rajoittaa jo vedensaannin kautta sadonmuodostusta, mikä vähentää typen tarvetta. Aliarvostuksesta aiheutuva haitta näkyy muun muassa kuviossa 1 koejäsenen E4 kohdalla. Aliarvostettu liukoisen typen määrä alensi typen tuotantovaikutusta selvästi verrattuna koejäsenen E3, koska tavoitteena ollut liukoisen typen määrä maassa ylittyi selvästi aiheuttaen muun muassa lakoa.

Suomalainen lanta-analyysimenetelmä (menetelmä 1) ennustaa liukoisen typen lannoitusvaikutuksen hyvin, kun kyseessä nestemäinen raakalanta (lietelanta) tai vastaava lannoitevalmiste, jossa liukoinen tyyppi on pääasiassa ammoniummuodossa. Niiden ammoniumtyypellä on menetelmän 1 ennustama lannoitusvaikutus eli ammoniumtyyppi paremmin kasveille käyttökelpoista kuin kiinteiden lannoitevalmisteiden tai raakalannan. Osa tästä erosta selittyy kuitenkin sillä, että rejektivesi sijoitettiin kylvön yhteydessä tai sijoitettiin kasvustoon, jolloin sen sisältämä liukoinen tyyppi joutui ohran ravinteiden oton kannalta edullisempaan kohtaan maassa suhteessa kylvöriiviin ja maan kosteuteen. Lisäksi liukoisen typen tappiot ilmaan ammoniakkinan levityksen jälkeen olivat pienemmät kuin, mitä ne olisivat olleet käytettäessä pintalevitysmenetelmiä.

Kiinteän raakalannan tai vastaavan kiinteän orgaanisen lannoitevalmisteen sisältämä ammoniumtyyppi on huonommin kasveille käyttökelpoista kuin nestemäisen raakalannan tai orgaanisen lannoitevalmisteen. Tämä johtuu siitä, että kiinteälle raakalannalle ja kiinteille orgaanisille lannoitevalmisteille ei ole olemassa sijoitusmenetelmää kuivarakeita ja vastaavia lukuun ottamatta, jolloin joudutaan käyttämään pintalevitysmenetelmiä ja multausta, minkä takia ammoniakkitappiot voivat muodostua suuriksi, ja liukoinen tyyppi joutuu epäedullisempaan asemaan maassa ja suhteessa kylvöriiviin kuin sijoitustekniikkaa käytettäessä. Koska menetelmä 1 havaitsee käytännössä kaiken ammoniumtypen, se yliarvioi tällaisten orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen lannoitusvaikutuksen. Menetelmän laajentaminen havaitsemaan myös nitraattitypen Devardan lejeeringin avulla tuo mukanaan teknisiä ongelmia joidenkin analysoitavien tuotteiden tapauksessa. Orgaanisten vesiliukoisten tyyppiyhdisteiden sisällyttäminen liukoisen typen pitoisuuteen edellyttää niiden hajotusta ennen mittausta. Nämä laajennukset menetelmän tekemiseksi yleispätevämmäksi tekevät siitä monimutkaisen ja epäkäytännöllisen eikä se siitä huolimatta toimi hyvin kiinteillä orgaanisilla lannoitevalmisteilla, jotka sisältävät runsaasti ammoniumtyyppiä. Lannoitevalmistelainsäädännön mukainen virallinen menetelmä (menetelmä 2) aliarvioi joidenkin kiinteiden orgaanisten lannoitevalmisteiden (esim. D1-D7) ammoniumtyypipitoisuuden ja vesiliukoisten orgaanisten tyyppiyhdisteiden pitoisuuden mutta on kuitenkin riittävä niiden nitraattityypipitoisuuden määrittämiseen. Menetelmän 2 uuttosuhteen 1:5 väljentäminen uuttosuhteeksi 1:60 uuttaa enemmän ammoniumtyyppiä ja vastaa melko hyvin kiinteiden orgaanisten lannoitevalmisteiden ammoniumtypen käyttökelpoisuutta kasveille. Toisaalta se ei yliarvioi nestemäisten lantojen ja lannoitevalmisteiden ammoniumtypen tuotantovaikutusta. Nestemäisissä materiaaleissa niiden valmiiksi sisältämä vesi nostaa todellista uuttosuhdetta siinä määrin, että uuttosuhteen väljentämisellä ei ole juuri vaikutusta niille saatavaan ammoniumtyypipitoisuuteen. Uuttosuhte 1:60 on poimittu Hedley'n menetelmästä (Sharpley & Moyer 2000) mutta uuttosuhteen hienosäätö tämän uuttosuhteen lähistöllä voisi johtaa vielä parempaan lopputulokseen. Vesiuuttojen suurimpana ongelmana on niiden uuttosuhteen määrittely tilavuussuhteena. Tilavuuspainon määrittäminen ei ole yksiselitteinen asia kiinteillä kokoon painuvilla orgaanisilla maanparannusaineilla. Menetelmästä tulisi täsmällisempi, jos uuttosuhte olisi massasuhteeksi. Tällöin todellinen uuttosuhte olisi kuitenkin eri kiinteillä lannoitevalmisteilla, joiden tilavuuspaino poikkeaa oleellisesti veden tilavuuspainosta, erilainen kuin tilavuuspohjaisessa uuttosuhteessa.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden typen jälkivaikutus vuonna 2010 oli pääsääntöisesti samansuuruisen kuin suurten vuonna 2009 annettujen typpitasojen, 120 - 150 kg ha<sup>-1</sup>, kun niiden mukana tulleen kokonaistypen määrä oli noin 450 kg ha<sup>-1</sup> (kuvio 2). Saatu sato vastasi noin 15 kg ha<sup>-1</sup> typpilannoitusta keväällä 2010. Selvästi poikkeava tulos satotulos saatiin käsittelystä, jossa oli käytetty keväällä 2009 kemiallisesti hapetettua puhdistamolietettä ja sen lisäksi mineraalilannoitetta vastaten 75 kg ha<sup>-1</sup> tyyppiä (D6). Tästä käsittelystä saatu sato vastasi runsaan 50 kg ha<sup>-1</sup> typpilannoitusta keväällä 2010. Vastaavasta käsittelystä ilman typpilisää keväällä 2009 saatiin vain hieman suurempi sato kuin muista käsittelyistä, joissa oli käytetty keväällä 2009 orgaanisia lannoitevalmisteita ilman mineraalityppitäydennystä. Ilmeisesti ohrakasvusto käytti ensisijaisesti mineraalilannoitteen tyyppiä ja kemiallisesti hajotetun puhdistamolietteen tyyppi jäi tässä tilanteessa mineralisoitumatta levitysvuonna. Samansuuntaista vaikutusta oli myös runsaasti maitojätettä sisältäviä kuivarakeista saaneissa käsittelyissä (E3 ja E4). Nestemäisten kylvön aikaan käytettyjen lannoitevalmisteiden (B1 ja C1) ja sianlietelantaa sekä erilaisia elintarviketeollisuuden sivutuotteita sisältävien kuivarakeiden (E1 ja E2) jälkivaikutus oli olematon. Tulosten mukaan ns. nitraattiasetuksen tukinnan salliman kokonaistypen määrän, 170 kg ha<sup>-1</sup>, puitteissa ei ole odotettavissa typpilannoitusta seuraavana kasvukautena.



**Kuvio 2.** Normisadot vuoden 2010 jälkivaikutuskokeessa

## Johtopäätökset

Vesiuutto uutossuhteella 1:5 aliarvioi kiinteiden orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisen typen lannoitusvaikutusta sitä enemmän mitä enemmän ne sisältävät ammoniumtyppiä. Tätä väljempi uutossuhde, 1:60, antaa paremman kuvan orgaanisen lannoitevalmisteen typpilannoitusvaikutuksesta, mutta parhaan uutossuhteen määrittäminen vaatii jatkotutkimuksia. Lisäksi uutossuhteen määrittäminen pitäisi muuttaa massasuhdepohjaiseksi. Suomalainen lanta-analyysimenetelmä toimii hyvin tapauksissa, joissa liukoinen typpi on pääasiassa ammoniumtyyppinä, kuten raakalannassa, mutta ei esimerkiksi puhdistamoliettestä valmistetuissa orgaanisissa lannoitevalmisteissa ja sen laajennukset kattamaan nitraattitypen ja orgaaniset vesiliukoiset yhdisteet ovat analyysiteknisesti ongelmallisia. Tulosten perusteella raakalannan ja lannoitevalmisteiden orgaaninen veteen liukenemattomalla typpellä ei ole oleellista typpilannoitusvaikutusta seuraavana kasvukautena.

## Kirjallisuus

**EC 2003.** Regulation (EC) No 2003/2003 of the European Parliament and the Council of 13 October 2003 regulating to fertilisers. Official Journal of the European Union L 304, 1–194.

**Eduskunta 2006.** Lannoitevalmistelaki 539. Annettu Naantalissa 29. kesäkuuta 2006

**EEC 1991.** Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal L375, 31/12/1991, 1 - 12.

**Kempainen, E. 1989.** Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28, 3: *Annales Agriculturae Fenniae. Seria Agrogeologia et –chimica*, University of Helsinki, Helsinki, Diss., 163 - 284.

**Mavi 2010.** Täydentävät ehdot. Viljelytapa ja ympäristöehdot. Uusittu painos. 36 s.

**MMM 2007.** Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteistä ja maatalouden ympäristötuen erityistuista 503. Annettu Helsingissä 26. huhtikuuta 2007

**MMM 2008.** Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden ympäristötuen perus- ja lisätoimenpiteistä ja maatalouden erityisympäristötuista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 157. Annettu Helsingissä 14. maaliskuuta 2008

**MMM 2011.** Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24, 1 – 6 + 4 liitettä. Annettu Helsingissä 1. syyskuuta 2011

Palva, R. 2011. Konetyö kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. *Maataloustyöt ja tuottavuus. TTS:n tiedote* 4: 1-12.

**Sharpley, A.N. & Moyer, B. 2000.** Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. *Journal of Environmental Quality* 29, 1462 -1469.

**VN 2000.** Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 931. Annettu Helsingissä 9. marraskuuta 2000.