

# Lannoitus ja kylvö

Jukka Ahokas

# Sisällys

<b>1 Lannoitus</b>	<b>2</b>
1.1 Väkilannoitus . . . . .	3
1.1.1 Rivilannoitus . . . . .	3
1.1.2 Lannoitteiden pintalevitys . . . . .	4
1.2 Lanta . . . . .	6
1.2.1 Kuivalanta . . . . .	9
1.2.2 Lietelanta . . . . .	10
<b>2 Kylvä</b>	<b>12</b>
2.1 Kylvökoneet . . . . .	13
2.2 Suorakylvö . . . . .	15
<b>3 Muokkaus- ja kylvötavat ja päästöt</b>	<b>17</b>
3.1 Muokkaus- ja kylvötavan vaikutus maan päästöihin . . . . .	17
3.2 Muokkaustavan vaikutus polttoaineen kulutukseen ja moottorin päästöihin . . . . .	17
<b>4 Esimerkki levitystasaisuudesta</b>	<b>20</b>

# Luku 1

## Lannoitus

Maapallon peltopinta-ala ei ole muuttunut kovinkaan paljon viimeisen 50 vuoden aikana. Samana aikana väestömäärä on kaksinkertaistunut ja maatalous on pystynyt kohtuullisesti ruokkimaan väestön. Mihin tämä perustuu? Kasvilajikkeita on pystytty parantamaan jalostuksen avulla, jolloin satotasot ovat lisääntyneet. Ratkaisevana tekijänä on kuitenkin ollut kemiallisten lannoitteiden käyttö. Käyttömäärät ovat tulleet seitsemänkertaisiksi, jolloin kasveilla on runsaasti ravinteita käytettävissä. Kun tämän lisäksi kasvien vedensaannista huolehditaan, satoja voidaan kasvattaa.

Typpi on kasvin tärkein ravinne. Satotasot riippuvat typpilannoitteen määrästä kuvan 1.1 mukaisesti [Salo ym 2013]. Lisäämällä typen määrää ja huolehtimalla muista ravinteista ja kasvien veden saannista satotasoa voidaan nostaa. Typen käytön optimi voidaan löytää taloudellisilla laskelmilla eli laskemalla kuinka paljon tuottoa saadaan kun tuotteen hinnasta vähennetään lannoitteiden hinta.

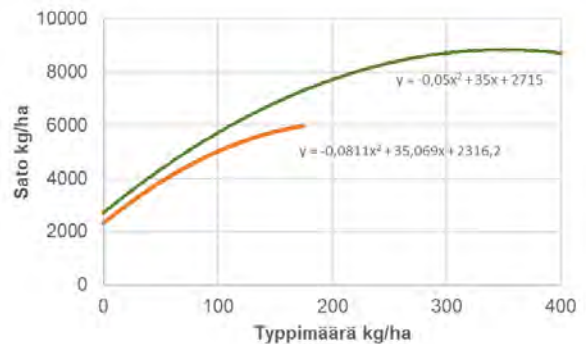
Lannoitteiden käytön ongelmana on se, että kasvit käyttävät harvoin koko ravinnemäärän. Ylimääräiset ravinteet jäävät maahan, josta ne voivat huuhtoutua veteen tai myös haihtua ilmaan. Säännöksillä hillitään ravinneylijäämiä. Typpitaseita voidaan arvioida Luken kehittämällä typpitaselaskurilla (<https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/nitrogenbalance>).

Ravinteita pyritään antamaan yhdellä työkerralla keskimääräisen satotason mukaisesti. Sää vaikuttaa siihen kuinka hyvin kasvit pystyvät hyödyntämään kaikki ravinteet. Kehittämällä kasvien kasvun seuranta voitaisiin siirtyä tarpeen mukaiseen lannoitukseen eli kasvuston kehityksen mukaisesti annetaan lisäravinteita. Täsmäviljely ja etenkin reaaliaikainen täsmäviljely pyrkii tähän.

Typensitojakasvit, kuten herneet ja apilat, pystyvät ottamaan typpeä ilmasta, jolloin niiden typpilannoituksen tarve on alhaisempi ja niiden kasvustosta jää typpeä maahan. Näiden avulla voidaan vähentää kemiallisten lannoitteiden määrää.

Ravinteiden annossa levitystarkkuus vaikuttaa myös satoon. Kuvasta 1.1 nähdään, että sadon riippuvuus typpilannoituksesta ei ole lineaarinen vaan sadon lisääntyminen heikenee lannoitusta lisättäessä. Jos kuvan 1.1 mukaan typpilannoitusta lisätään 50 kg/ha määrästä 100 kg/ha määrään, ohrasato lisääntyy likimain 1000 kg/ha. Jos lannoitusta lisätään 150 kg/ha määrään, sadon lisäys on n 700 kg/ha 100 kg/ha lannoitemäärään verrattaessa.

Jos levitystarkkuus on huono, silloin vähemmän lannoitetta saaneet kohdat tuottavat heikommin ja runsaammin saaneet eivät kohota satoa kovinkaan paljon. Lopputuloksena satotaso alenee. Tämän takia lannoitteiden levityksessä on suosi-



Kuva 1.1: Typpilannoituksen vaikutus ohran ja heinän satoon, ylempi käyrä nurmi, alempi ohra.

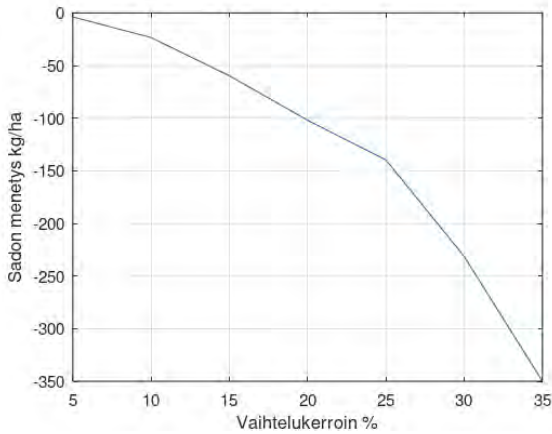
tuksena, ettei levityksen vaihtelukerroin olisi yli 10%. Lannan ja lannoitteiden levitystasaisuuden arvosteluasteikko on taulukossa 1.1. Kun vaihtelukerroin on alle 5%, tarkkuus on erittäin hyvä, 5-10% kerroin merkitsee hyvää tarkkuutta, 10-15% kerroin tyydyttävää tarkkuutta, 15-20% kerroin välttävää tarkkuutta ja yli 20% vaihtelukerroin huonoa tarkkuutta. Vaihtelukerroin  $v_a$  määritetään levityksen hajonnan  $s$  ja keskiarvon  $q_{ka}$  avulla yhtälön 1.1 mukaisesti.

$$v_a = \frac{s}{q_{ka}} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

Kun levitystasaisuus oletetaan normaalisti jakautuneeksi, suurin osa lannoitemäärästä on lähellä tavoitemäärää. Kuvassa 1.2 on laskettu esimerkki vaihtelukertoimen vaikutuksesta satoon. Kun vaihtelukerroin on huono (yli 20%), sato tappiot ovat tuntuvia. Keskipakolevittimien levitystarkkuudet mitataan laboratorioissa, jolloin tuulen ja pellon pinnan epätasaisuudet eivät vaikuta tulokseen. Käytännössä ne aiheuttavat lisää epätarkkuutta levitykseen. Sögaard ja Kierkegaard [Sögaard & Kierkegaard 1994] arvioivat, että 5-10% vaihtelukerroin on käytännössä 10-20%.

Levitystasaisuuden parantumisesta saadaan taloudellista etua joko suurempana satona tai pienempinä lannoituskustannuksina. Vähentynyt lannoitemäärä vähentää myös ravinteiden huuhtoutumia. Mikkola laski, että jos vaihtelukerroin saadaan huolellisella levityksellä pienemmään 25 % arvosta 10% arvoon, nurmisato lisääntyy 149 kg/ha tai jos tyydytään samaan satoon kuin ennenkin, typpimäärää voidaan vähentää 10 kg/ha. Koko Suomen nurmialalla tämä tarkoittaisi 33 milj. kg säästöä lannoitemäärässä (826 rekkakuormaa). [Mikkola 1993]

Lannoitteiden levitysmäärät saadaan lannoitteen sisältä-



Kuva 1.2: Esimerkki lannoitteen vaihtelukertoimen vaikutuksesta satoon

Taulukko 1.1: Levitystasaisuuden arvosteluasteikko

Vaihtelukerroin $v$ %	Levitystasaisuus
$0 < v_a < 5$	Erittäin hyvä
$5 \leq v_a < 10$	Hyvä
$10 \leq v_a < 15$	Tyydyttävä
$15 \leq v_a < 20$	Välttävä
$v_a \geq 20$	Huono

mien ravinteiden perusteella. Yleensä levitysmäärä  $q_l$  laskeaan halutun typpimäärän  $q_N$  mukaan. Kun otetaan huomioon lannoitteen typpipitoisuus  $x_N$ , kokonaismäärä voidaan laskea yhtälön 1.2 avulla.

$$q_l = \frac{q_N}{x_N} \quad (1.2)$$

**Esimerkki.** Lannoitteen typpipitoisuus on 20 % ja pelolle halutaan levittää 100 kg typpeä hehtaarille. Kuinka suuri levitysmäärän pitää olla?

$$q_l = \frac{100}{0,2} = 500 \text{ kg/ha.}$$

Teoreettinen työsaavutus voidaan laskea yhtälön 1.3 mukaan, kun käytetään peruslaatuja tai tavanomaisesti laatuja käytettäessä yhtälön 1.4 mukaan. Käytännön työsaavutuksessa pitää ottaa huomioon päisteiden, täyttöjen, kuljetusten yms ottamat työajat.

$$q_t = \frac{A}{t} = \frac{bs}{t} = \frac{bvt}{t} = bv \quad (1.3)$$

$$q_t = \frac{b[m] \cdot v[km/h]}{10} \quad (1.4)$$

$q_t$  työsaavutus  
 $b$  työkoneen työleveys  
 $v$  ajonopeus

Kun halutaan tietty levitysmäärä, lannoitteen massavirtaus saadaan yhtälöllä 1.5. Massavirtaus tarkoittaa tässä lannoitteen syöttömäärää.

$$q_m = q_t \cdot q_l = q_l \cdot bv \quad (1.5)$$

Säiliöllisen tyhjentymisaika  $t_t$  saadaan yhtälöstä 1.6, jossa  $M_s$  säiliössä olevan lannoitteen määrä. Säiliöllisen massa voidaan laskea sen tilavuuden  $V_s$  ja lannoitteen tilavuuspainon  $r_{la}$  avulla.

$$t_t = \frac{M_s}{q_m} = \frac{V_s \cdot r_{la}}{q_m} \quad (1.6)$$

Säiliöllisen levitysmatka  $s_l$  ja ala  $A_l$  voidaan nyt laskea yhtälön 1.7 mukaisesti.

$$\begin{aligned} s_l &= vt_t \\ A_l &= s_l b \end{aligned} \quad (1.7)$$

Kun yhtälöstä 1.5 ratkaistaan levitysmäärä, saadaan yhtälö 1.8. Sen mukaisesti, jos työleveys tai ajonopeus muuttuu, myös lannoitemäärä kg/ha muuttuu. Jotta lannoitemäärä pysyisi haluttuna lannoitteen syöttö ( $q_m$ ) pitää muuttaa

$$q_l = \frac{q_m}{bv} \quad (1.8)$$

**Esimerkki.** Lannoitemäärän halutaan olevan 400 kg/ha. Ajonopeus on 8 km/h ja työleveys 12m. Mikä pitää olla lannoitteen syöttönopeus (massavirta) ja kuinka suuri ala 1200 kg säiliöllisellä levitetään?

Massavirta on  $q_m = 400 \frac{kg}{ha} \cdot \frac{8 \cdot 12ha}{10h} = 3840 \text{ kg/h} = 1,1 \text{ kg/s}$ . Tyhjentymisaika on  $t_t = \frac{1200}{1,1} = 1090 \text{ s} = 18 \text{ min}$ .

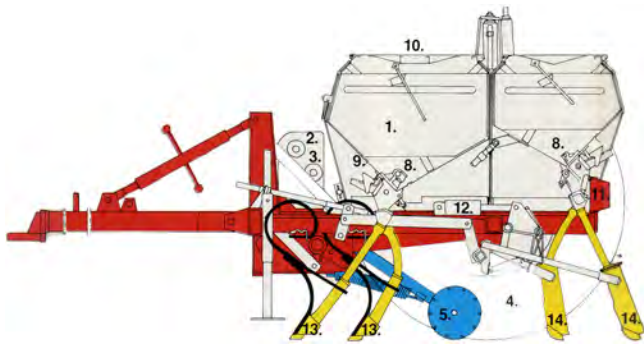
Levitysmatka on  $s_l = \frac{8}{3,6} 1090 = 2422 \text{ m}$  ja ala on  $A_l = 2422 \cdot 12 = 29064 \text{ m}^2 = 2,9 \text{ ha}$ .

## 1.1 Väkilannoitus

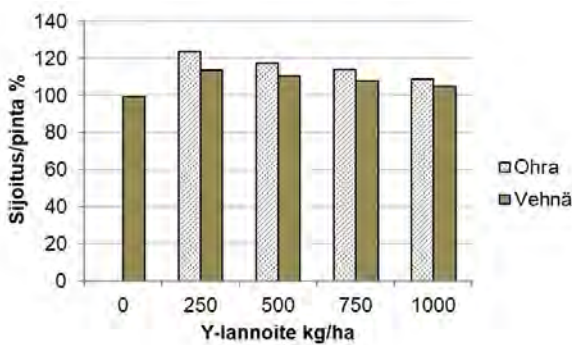
### 1.1.1 Rivilannoitus

Rivilannoittimessa (sijoituslannoittimessa) väkilannoite johdetaan säiliöstä vantaan vetämään vakoon. Rivilannoituksella saadaan pinalannoitusta tehokkaampi lannoitus ja parempi sato. Suomessa rivilannoitus on yleisesti käytössä. Muualla se on harvinaisempi, koska esim. lämpimämmillä alueilla viljellään runsaasti syysviljaa, jonka kevätlannoitus voidaan tehdä vain pinalannoituksena.

Rivilannoitus parantaa ravinteiden käyttöä, joka näkyy sadon lisääntymisessä, kuva 1.4. Parhaimmillaan satotaso on lisääntynyt yli 20 %. Lannoitustason kasvaessa ero on pienentynyt. Lannoite sijoitetaan yleensä joka toisen kylvöriivin väliin ja hieman siementä alemmas, kuva 1.5. Heinosen mallissa siemen tulee muokkauskerroksen pohjalle ja muokkauskerroksen pintaan tulee karkeampi murukerros, joka estää maan kuorettumista. Håkanssonin mukaan murut joka tapauksessa sekoittuvat ja kylvön pitäisi vedensaannin varmistamiseksi ulottua hieman muokkauskerrosta alemmaksi. Lannoitevantaisten pitää mennä kylvövantaita syvemmälle ja sen takia ne ovat erilaiset kuin kylvövantaita, kuva 1.3.



Kuva 1.3: Esimerkki yhdistelmäkoneesta. Lannoiteosa on edessä (1.) ja lannoitteiden sijoitus tapahtuu vantaiden (13.) kautta. Siemenosa on takana ja jyvät kulkevat vantaiden 14. kautta maahan. Kummankin osan syöttölaite on merkitty numerolla 8.



Kuva 1.4: Rivilannoituksen vaikutus satoon eri lannoitemääriä käytettäessä

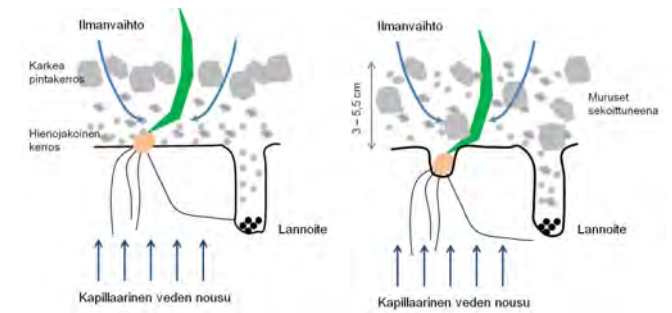
### 1.1.2 Lannoitteiden pintalevitys

Viljan lannoitteet levitetään yleensä rivilannoituksena kylvön yhteydessä. Syysviljalla ja nurmilla tarvitaan pintalannoitusta. Pintalannoituksen osuus on ollut lähes 40% luokkaa koko levitysmäärästä [Mikkola 1993]. Väkilannan pintalevittäjän tehtävänä on levittää rakeista, jauhemaista tai joskus nestemäistä väkilannoitetta tasaisesti peltoon. Levitettävät määrät ovat 50...2000 kg/ha (kalkilla aina 4000 kg/ha saakka). Rakenteeltaan levittäjät voidaan jakaa seuraavasti:

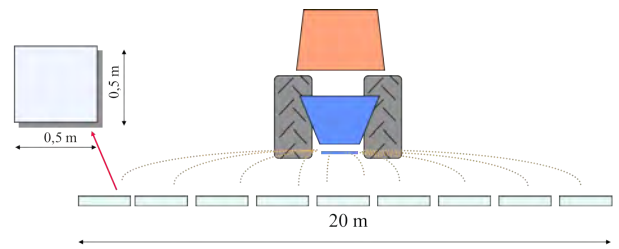
- Keskipakolevittäjät, yleisin tyyppi
- Laatikkolevittäjät, käytetään harvoin, koska työleveys on kapea
- Pneumaattiset levittäjät
- Nestemäisten lannoitteiden levittäjät

Levitystasaisuudet määritetään pintalevittimillä kokeellisesti ajamalla 0,5 m · 0,5 m kokoisten astioiden yli ja punnitsemalla kuhunkin astiaan tullut lannoitemäärä, kuva 1.6. Mittaus tehdään levittimen leveysuunnassa, mutta vaihtelua voi tulla myös ajosuunnassa.

Lannan ja lannoitteiden pintalevityksen tekee ongelmalliseksi se, että levityslaitteet eivät levitä tasaisesti, vaan reunoille tulee yleensä vähemmän materiaalia kuin keskelle, kuva 1.7. Tällöin työleveys on alhaisempi kuin heittoleveys ja reunojen on mentävä hieman päällekkäin, jotta levitystasaisuus



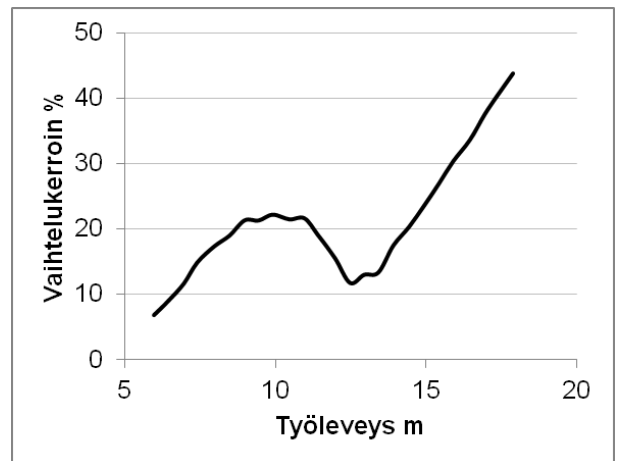
Kuva 1.5: Savimaan kylvöalusta, vasemmalla Heinosen malli [Heinonen 1979] ja oikealla Häkanssonin malli [Häkansson ym 2002]



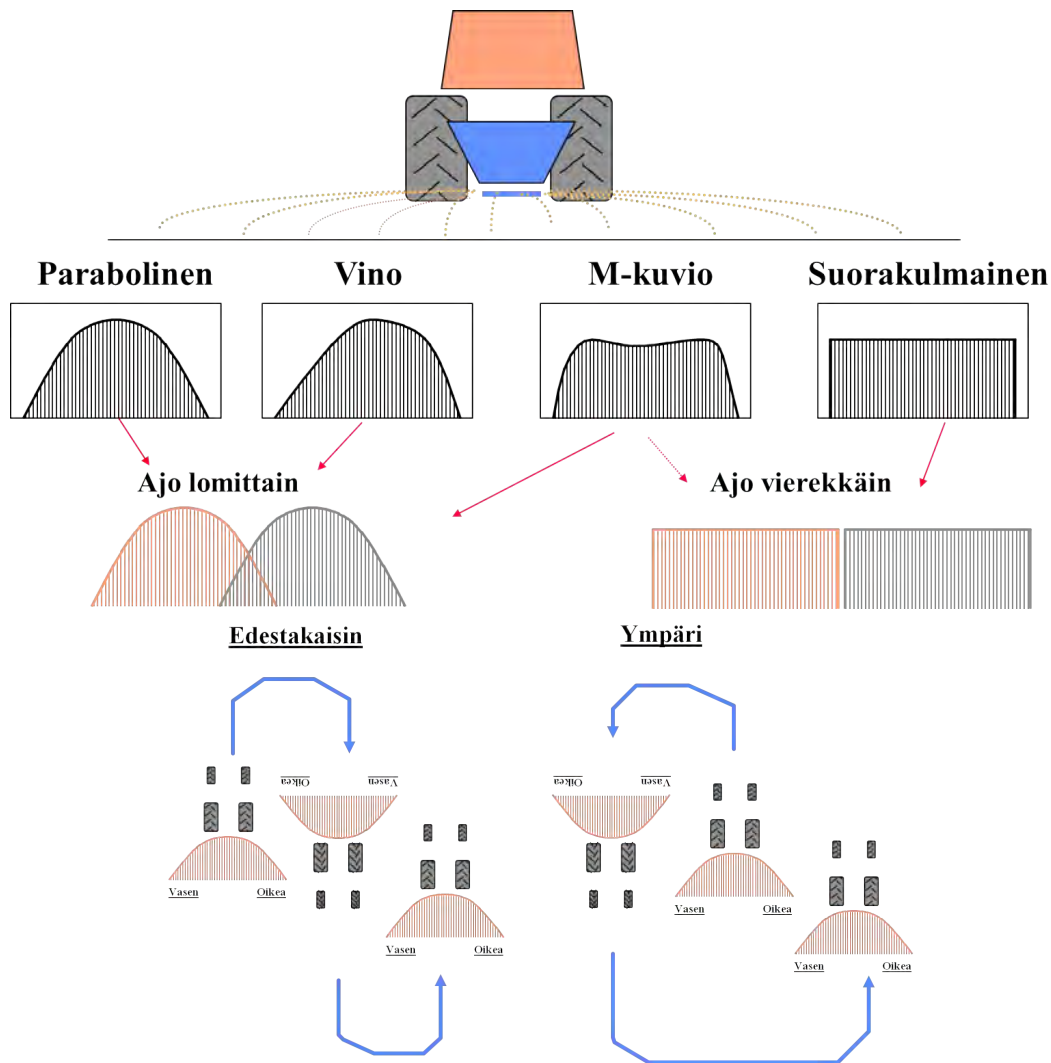
Kuva 1.6: Levitystasaisuuden mittausjärjestely

koko alalla olisi hyvä. Suorakulmainen levityskavio antaa tasan levitysuloksen, mutta levitys on tehtävä tarkasti, koska poikkeama oikeasta ajolinjasta joko antaa paikoittain kaksinkertaisen annoksen tai jättää lannoittamatta kaistaleen. Reunoilta vähenevä heittokuvio ei jätä huolimattomasti ajettuna lannoittamattomia kaistaleita tai hyvin runsaasti lannoitettuja kohtia. Lannoitteiden tai lannan levityksessä pitäisi pyrkiä tasaiseen levitykseen, jolloin kasvu on tasaista, lannoitetarve on pienempää ja ravinteiden huuhtoumia on vähemmän.

Kuvassa 1.8 on esimerkki keskipakoislevittimen vaihtelukertoimesta käytettäessä erilaisia työleveyyksiä. Käyttämällä tässä tapauksessa 12 - 13 m työleveyttä päästään 10% vaihtelukertoimeen. Jos työleveys on kapeampi tai leveämpi, vaihtelukerroin on suurempi. Tämä tarkoittaa käytännössä tarkkaa ajoa levitystilanteessa ja koneen ominaisuuksien tuntemista.



Kuva 1.8: Keskipakoislevittimen vaihtelukertoimen riippuvuus työleveydystä [Mikkola 1993]



Kuva 1.7: Pintalevittimien levityskuvioita ja ajotapa työssä

Levitystasaisuuden laskennasta on esimerkki kohdassa 4.

Mineraalilannoitteiden ominaisuudet vaihtelevat lannoitelajin ja valmistajan mukaan. Tätä varten pintalevittimien valmistajat joutuvat tekemään kokeita eri valmistajien lannoitteilla. Kuvassa 1.9 on Bögballen teslaboratoriosta kuva. Testipaikka on tietokoneistettu ja tulokset saadaan suoraan näyttöön. Valmistajan mukaan heillä on 46000 levityskuvaa omille konemalleille ja erilaisille lannoitteille. Valmistajat tarjoavat yleensä kännykkäapplikaatioita, joiden avulla levitin voidaan säätää kulloisenkin tarpeen ja lannoitteen mukaisesti. Youtube palvelusta voit löytää videoita levittimien valmistajien laboratorioista esimerkiksi hakusanalla 'fertilizer spreader test laboratory'. Voit myös löytää videoita ja kuvia levitinvalmistajien nettisivuilta.

Levittimille on annettu vaatimukset eurooppalaisessa EN-13740-1 standardissa [EN 13740].

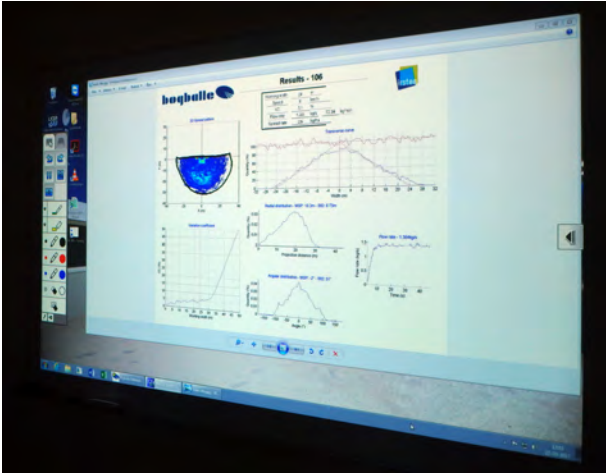
### Keskipakoislevittäjät

Viimeaikainen tuotekehitys on kohdistunut lähinnä kaksilautaisiin keskipakoislevittäjiin. Niiden säädöt ovat monipuolistuneet ja elektroniikan avulla levitysmääriä ja levityksen kohdistumista voidaan säätää automaattisesti ajon aikana. Perusrakenteeltaan levitin on edullinen.

Keskipakolevittäjät voivat olla joko kolmiopistenostolaite-sovitteisia tai hinattavia. Nostolaitesoviteiset levittäjät ovat halvempia ja monasti kätevämpiä käyttää kuin hinattavat. Hinattavien levittimien lannoitesäiliöt ovat suuria, jonka ansiosta säiliöllisen levitysala on suuri. Keskipakolevittäjässä on yleensä kaksi pyörivää lautasta. Lannoite syötetään lautasilta ja pyörivä lautanen sinkoaa lannoiterakeen, kuva 1.10. Lautasten yläpuolella on lannoitesäiliö ja sieltä tulevaa lannoitemäärää säädetään aukon kokoa muuttamalla. Sekoittimet varmistavat tasaisen lannoitteen virtauksen. Lautasiin on kiinnitetty kolat, joiden asentoa voidaan muuttaa sitä kautta saadaan aikaiseksi erilaisia levitysominaisuuksia.

Keskipakolevittäjän etuna on yksinkertainen ja kevyt rakenne ja silti levitysteho on suuri. Koneen työleveys on moninkertainen verrattuna sen omaan leveyteen. Huonona puolena on se, että tasainen levitysmäärä ei ole kovin helppoa saavuttaa. Koneen heittoleveys on suuri, mutta reunoille tulee vähemmän lannoitetta kuin keskelle (kuva 1.7), jolloin reunoilla levitysten on mentävä päällekkäin.

Kun tarvitaan kapeampaa työleveyttä esimerkiksi pientareen tai ojan takia, kone voidaan säätää tätä varten, kuva 1.11. Tämä säätö voidaan tehdä yleensä pikasäätönä ajon aikana.



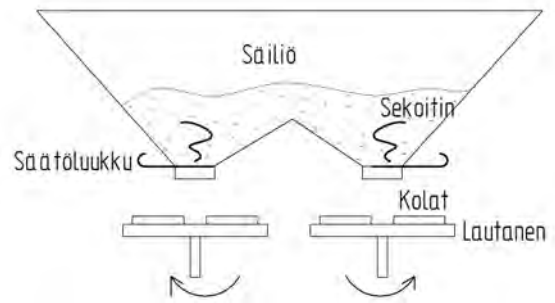
Kuva 1.9: Bögballen testipaikka

Keskipakoislevittimen toiminnasta on saatavissa useita artikkeleita, esimerkiksi Hofstee ym [Hofstee ym] kirjoitus. Lannoitepartikkeli putoaa säiliöstä pyörivälle levyllä, josta se keskipakoisvoiman ansiosta liukuu levyllä olevaa kolaa pitkin reunalle. Lähtönopeus saadaan kolan suuntaisen nopeuden ja kehänopeuden resultanttina. Se on suuruusluokaltaan 15 - 50 m/s. Se miten partikkeli liukuu kolaa pitkin riippuu sen ominaisuuksista ja kitkasta. Tuloaukko on yleensä samassa kohdassa, mutta kolan kulmaa (kulma  $\beta$  kuvassa 1.12) lautasella voidaan muuttaa, lautasen halkaisija voi olla erikokoinen ja lautasen sivulla voi olla ohjaussiivekkeitä. Lautaskoot ovat 30 ja 45 cm luokkaa.

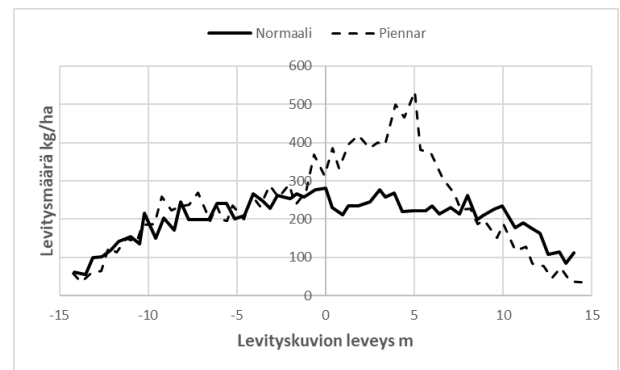
Kolien kulman muuttaminen vaikuttaa lannoitteen lähtönopeuteen ja myös lähtösuuntaan. Eteenpäin olevat kolat aikaansaavat suuremman lähtönopeuden kuin taaksepäin kallistetut ja partikkelien lähtökulma on pienempi eli ne suuntautuvat enemmän taaksepäin. Kolien pidentäminen lisää partikkelien lähtönopeutta.

Kallistamalla konetta ajosuunnassa eteen- tai taaksepäin voidaan heittolaajuutta vielä säätää. Eteenpäin kallistus lisää heittopituutta ja taaksepäin vähentää sitä.

Jotta pintalevittimillä saataisiin tasainen levityskuvio, laite on säädettävä jokaiselle lannoitelaaadulle erikseen ja levitetessä on käytettävä työlevyyttä, joka antaa tasaisen levitystuloksen (pienen vaihtelukertoimen). Ajon helpottamiseksi tarvitaan joko linjakeppejä pellon päässä, vaahtomerkitsintä tai gps mukaan toimivaa opastinta.



Kuva 1.10: Esimerkki keskipakoislevittäjän rakenteesta



Kuva 1.11: Piennarlevityskuvio [Mikkola 1993]

## Puhallinlevitin

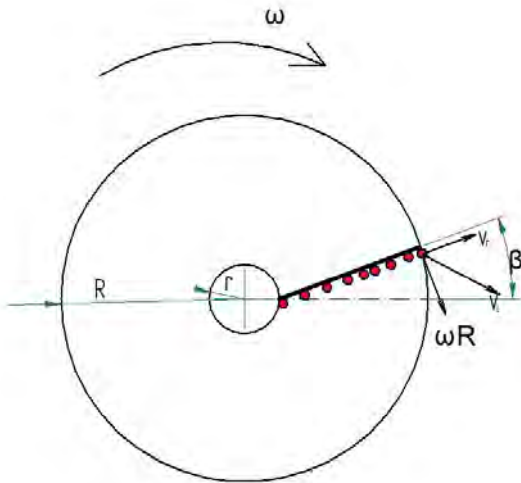
Lannoitteiden puhallinlevittäjiä käytetään lähinnä suurissa hinattavissa lannoittimissa. Puhallinlevitin voi olla keskussyöttöinen tai erillissyöttöinen. Kuvassa 1.13 on esimerkki keskussyöttöisestä puhallinlevittäimestä. Annostelulaite syöttää lannoitteen puhaltimen ilmavirtaan, josta se kulkee jakajan kautta levitysputkiin. Puhallinlevittäimessä on useita 'suuttimia', kuva 1.14. Lannoitteet johdetaan putkistoa pitkin ja ne purkautuvat putken alla olevaa levyä vasten, jolloin lannoite leviää viuhkana pellolle.

Erillissyöttöisessä puhallinlevittäimessä on useampia erillisiä annostelulaitteita. Kummallakin puolella voi olla erilliset syöttölaitteet tai puomisto voi olla jaettuna useampaan osaan, joilla on omat syöttölaitteensa. Erillissyöttöllä saadaan tarkka levityskuvio ja reunojen päällekkäisajo on vähäistä.

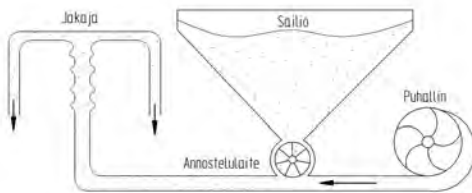
Kuvassa 1.15 on esimerkki erillissyöttöisen levittimen levityskuviosta. Levityskuvio on tasainen ja päällekkäisajoa reunoilla ei tarvita paljoakaan. Huolimaton ajo johtaa tämän tyyppisellä levityskuviolla helposti vajaa- tai liikalannoitukseen.

## 1.2 Lanta

Karjanlanta on ristiriitainen materiaali. Karjanhoidossa siitä pitää päästä eroon, mutta toisaalta siinä on myös hyödyntämispotentiaalia. Lannassa on ravinteita, jotka voidaan kierrättää takaisin viljelyyn ja lanta parantaa pellon viljelyominaisuuksia. Myös ympäristöasiat vaikuttavat lannan käyttöön, huonolla käsittelyllä voidaan saada aikaiseksi ympäristöä heikentäviä vaikutuksia. Lannan ravinteiden määrä on vä-



Kuva 1.12: Levittimen lautanen

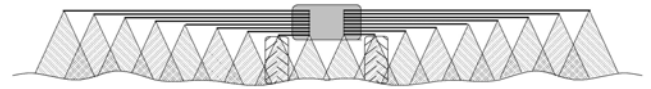


Kuva 1.13: Keskussyöttöisen puhallinlevittimen periaate

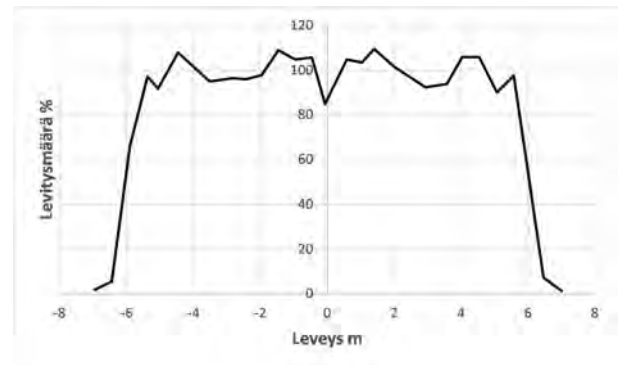
häinen ja osa ravinteista voi hävitä varastoinnissa ja levityksessä. Tästä johtuen lannan käytössä on taloudellisia ongelmia. Lantaa, sen hyödyntämistä ja sen ympäristövaikutuksia on tutkittu ja tutkitaan runsaasti. Ympäristöongelmien takia sen käsittelylle on asetettu useita säännöksiä, joissa määrätään varastoinnista ja levittämisestä.

Suomen eläinmäärät ja lantamäärät on esitetty kuvassa 1.16. Vuosittainen kokonaislantamäärä on 15 miljoonaa tonnin luokkaa. Varastossa olevan lannan määrä on suurempi kuin eläinsuojassa, koska siihen tulee mukaan pesu- ja sadevesiä. Lanta jakaantuu likimain kahtia lietalannan ja kuivalannan välillä. Lannalla tarkoitetaan vitrsan ja sonnan sekoitusta. Lietalannassa tähän on sekoittunut vielä pesuvesiä ja mahdollisia kuivikkeita. Lietalannan olomuoto on nestemäinen. Kuivikelannassa virtsa imeytetään kuivikkeeseen ja olomuoto on kiinteä. Kuivalannassa sonta ja virtsa kerätään erikseen. Asetuksessa 1250/2014 [Asetus 1250/2014] kuiva lanta määritetään seuraavasti: 'Kuivalanta on lantaa, josta virtsa on erotettu. Kiinteistä lannoista (kuivalanta, kuivikelanta, kuivikepohjalanta) sekä separoimalla lietalannasta erotetusta kuivajakeesta käytetään yhteisnimitystä kuivalanta.' Kuvassa 1.17 on esitetty eri eläinten lantojen vesipitoisuuden vaikutus sen olomuotoon.

Suomen peltolohkojen keskimääräinen etäisyys tilakeskuksesta on 3 km, jolloin vuosittainen lannan rahtimäärä on 40 milj.tn.km luokkaa. Traktorikuljetusten kulutus on luokkaa



Kuva 1.14: Puhallinlevittimen puomisto



Kuva 1.15: Tume P1350 levityskuvio [SMP 3282]

0,02 - 0,04 l/(tn.km) [Ahokas 2013], jolloin lannan kuljettamiseen käytetään vuosittain lähes 2 milj. litraa polttoainetta. Kuormia tulee kaikkiaan yhden miljoonan luokkaa oleva määrä ja ajokilometrejä kolme miljoonaa kilometriä.

Lannan ravinteet vaihtelevat hyvin paljon riippuen eläimestä, ruokinnasta ja lannan käsittelytavasta. Taulukossa 1.2 on asetuksen [Asetus 1250/2014] mukaiset taulukkoarvot. Tarkemmat ravinnepitoisuudet ravintoarvoista saa teettämällä lanta-analyysin. Levitysmäärät voidaan laskea yhtälön 1.2 avulla. Typpi- ja fosforilannoitteiden määriä säätelee Valtioneuvoston asetukset [Asetus 1250/2014, Asetus 235/2015]. Lannan levitysmäärissä tulee ottaa huomioon maaperän viljavuus, lannan typpi- ja fosforipitoisuus sekä viljeltävän kasvin ravinnetarve. Lietalannan tilavuuspainona käytetään yleisesti 1000 kg/m<sup>3</sup>. Kuivalannan tilavuuspaino on 700 - 800 kg/m<sup>3</sup> ja kuivikepohjalannan 350 - 600 kg/m<sup>3</sup>. Koska lannan levitysmäärä määräytyy joko typpipitoisuuden tai fosforipitoisuuden mukaan, kasvustolle joudutaan usein antamaan lisäravinteita.

**Esimerkki.** Naudan lietalantaa levitetään pellolle siten, että typpimäärä on 80 kg/ha ja fosforimäärä on 10 kg/ha. Mikä on lannan levitysmäärä?

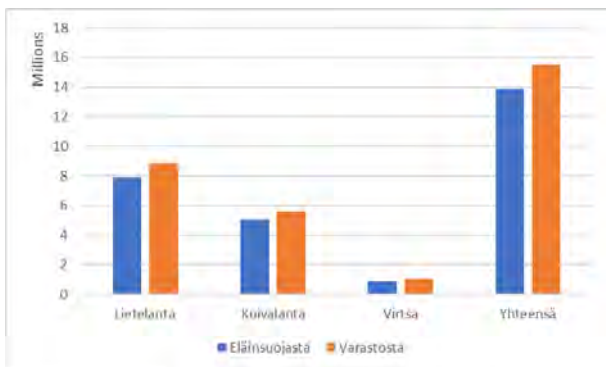
Lasketaan levitysmäärät yhtälön 1.2 mukaisesti. Taulukon 1.2 mukaisesti naudan lietalannan kokonaistyyppi on 2,9 kg/m<sup>3</sup> ja kokonaisfosfori 0,5 kg/m<sup>3</sup>. Lannan typpipitoisuus on  $X_N = \frac{2,9 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}} = 0,29\%$  ja fosforipitoisuus  $X_N = \frac{0,5 \text{ kg}}{1000} = 0,05\%$ . Tämän mukaan typen määrän mukaan laskettaessa levitysmäärä on  $\frac{80}{0,0029} = 28 \text{ tn/ha}$  ja fosforimäärän mukaan laskettaessa  $\frac{10}{0,0005} = 20 \text{ tn/ha}$ . Fosforimäärä rajoittaa tässä tapauksessa levitysmäärän.

Lannan levittäminen pellolle on kielletty marraskuun alusta maaliskuun loppuun. Lantaa ei saa levittää lumipeitteiseen tai routaantuneeseen eikä veden kyllästämään maahan. Pellon pintaan levitetty lanta on muokattava maahan vuorokauden sisällä levityksestä, lukuun ottamatta levitystä kasvustoon. Lanta pitäisi levittää mieluummin kasvustoon, koska silloin ravinteiden haihtuminen on vähäisempää. Syyskuun puolen

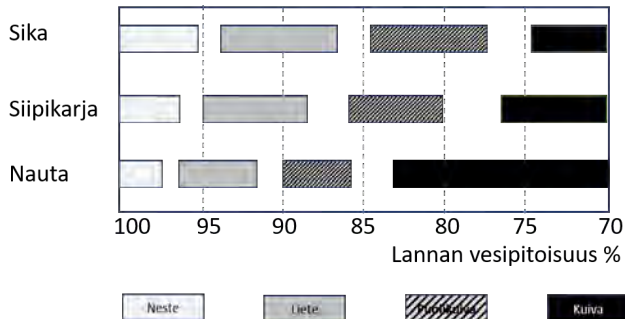


	Kokonaisfosfori kg/m <sup>3</sup>	Liukoinen typpi kg/m <sup>3</sup>	Kokokonaistyppi kg/m <sup>3</sup>
Naudan kuivikelanta	1,0	1,1	4,0
Naudan lietelanta	0,5	1,7	2,9
Naudan virtsa	0,1	1,5	2,5
Sian kuivikelanta	2,8	1,2	4,6
Sian lietelanta	0,8	2,2	3,4
Sian virtsa	0,2	1,3	2,0
Hevosen kuivikelanta	0,5	0,4	2,6
Kanan kuivikelanta	5,6	4,2	9,4
Broilerin kuivikelanta	3,6	2,7	8,7

Taulukko 1.2: Lannan ravinnepitoisuudet [Asetus 1250/2014]



Kuva 1.16: Karjatalouden lantamäärät (milj. tn) [Asetus 1250/2014]



Kuva 1.17: Lannan vesipitoisuuden vaikutus olomuotoon [Pfof &amp; Alber ]

välän jälkeen lantaa saa levittää vain sijoittamalla ja sallitut levitysmäärät ovat syyslevityksessä pienemmät. Syksyn ja talven märkyys huuhtovat lannan ravinteita vesistöihin.

Levitykseen tarvittava peltoala  $A_{lanta}$  saadaan jakamalla levitettävä  $M_{lanta}$  määrä hehtaaria kohden kohdistuvalla levitysmäärällä  $q_{lanta}$ , yhtälö 1.9.

$$A_{lanta} = \frac{M_{lanta}}{q_{lanta}} = \frac{V_{lanta} \cdot r_{lanta}}{q_{lanta}} \quad (1.9)$$

$A_{lanta}$	levitykseen tarvittava peltoala
$M_{lanta}$	levitettävä lantamäärä
$q_{lanta}$	lannan levitysmäärä pinta-alaa kohden
$V_{lanta}$	lantamäärä tilavuus
$r_{lanta}$	lannan tilavuuspaino

**Esimerkki.** Karjatilalla on 60 lypsylehmää ja 20 hiehoa. Lietelantavaraston on oltava asetuksen [Asetus 1250/2014] mukaisesti 25,5 m<sup>3</sup> lypsylehmää kohden ja 8,5 m<sup>3</sup> hiehoa kohden. Määrästä puolet levitetään keväällä ennen kylvöä ja loput kasvukauden aikana. Kevätlevitys halutaan tehdä ennen kylvöä ja siihen on varattu 5 työpäivää aikaa siten, että päivittäin on käytettävissä 10 tuntia levitykseen ja työn onnistumisen todennäköisyys on 70% (sää ja konehuollot). Mikä pitää olla lannanlevityksen kapasiteetti?

Lantavaraston koko on  $V_v = 60 \cdot 25,5 + 20 \cdot 8,5 = 1700 \text{ m}^3$ . Keväällä tästä levitetään puolet eli 850 m<sup>3</sup>. Konekapasiteetin perusteet on esitetty sivustolla <https://www.agrotekno.fi/konekapasiteetti/>. Kapasiteetti voidaan laskea yhtälöllä  $q_{ko} = \frac{A}{N_{pv} t_{pvk}}$ . Käytetään edellisen laskuesimerkin levitysmäärää eli 20 tn/ha. Tarvittava peltoala saadaan yhtälön 1.9 avulla (lietelannan tilavuuspaino 1 tn/m<sup>3</sup>),  $A = \frac{850}{20} = 42,5 \text{ ha}$ . Tarvittavaksi konekapasiteetiksi saadaan  $q_{ko} = \frac{42,5}{5 \cdot 10 \cdot 0,7} = 1,2 \text{ ha/h}$ .

Yhden vaunullisen levitykseen kuluva aika saadaan summamalla vaunun täyttöaika, siirtokuljetuksiin kuluva aika ja varsinaiseen levitykseen kuluva aika  $t_{vaunu} = t_{täyttö} + t_{kuljetus} + t_{levitys}$ . Täyttöön kuluva aika saadaan täyttöpumpun tilavuusvirran  $q_{pumppu}$  ja vaunun tilavuuden  $V_{vaunu}$  avulla  $t_{täyttö} = \frac{V_{vaunu}}{q_{pumppu}}$ . Kuljetusaika saadaan lohkon etäisyyden  $s_{lohko}$  ja keskimääräisen kuljetusnopeuden  $v_{kuljetus}$  avulla,  $t_{kuljetus} = \frac{2 \cdot s_{lohko}}{v_{kuljetus}}$ . Levitykseen kuluva aika voidaan laskea yhtälön 1.6 avulla.

**Esimerkki.** Jatketaan edellistä esimerkkiä. Mikä pitää olla lietalantavaunun koko, jos keskimääräinen etäisyys pelolle on 3 km, siirtonopeus on 20 km/h, levitysnopeus on 6 km/h ja vaunun täyttöpumpun tilavuusvirta on 3000 l/min.

Lähdetään laskemaan tätä tietyllä vaunun tilavuudella ja levitysleveydellä. Otetaan vaunun säiliön kooksi  $V_{\text{vaunu}} = 15 \text{ m}^3$  ja työleveydeksi 12 m. Täyttöaika on  $t_{\text{täyttö}} = \frac{15000 \text{ l}}{3000 \frac{\text{l}}{\text{min}}} = 5 \text{ min}$ . Kuljetusaika on  $t = \frac{2 \cdot 3 \text{ km}}{20 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 18 \text{ min}$ . Vaunun kuorma on, kun lietalannan ominaispaino on 1  $\text{tn}/\text{m}^3$   $M_s = 15 \text{ m}^3 \cdot 1 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} = 15 \text{ tn}$ . Työsaavutus levitettävässä on  $q_t = \frac{12 \cdot 6}{10} = 7,2 \text{ ha}/\text{h}$ . Levityksessä lietteen massavirta on, kun käytetään edellisten esimerkkien levitystavoitetta 20  $\text{tn}/\text{ha}$ ,  $q_m = 7,2 \frac{\text{ha}}{\text{h}} \cdot 20 \frac{\text{tn}}{\text{ha}} = 144 \text{ tn}/\text{h}$ . Levitysaika on  $t_t = \frac{15 \text{ tn}}{144 \frac{\text{tn}}{\text{h}}} = 6,3 \text{ min}$ . Levitysmatka on  $s_l = 6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 6,3 \text{ min} = 625 \text{ m}$  ja levitysala  $A_l = 625 \text{ m} \cdot 12 \text{ m} = 0,75 \text{ ha}$ . Vaunullisen täytön, kuljetuksen ja tyhjennyksen kokonaisaika on  $5 \text{ min} + 18 \text{ min} + 6,3 \text{ min} = 29,3 \text{ min}$ . Työsaavutus saadaan nyt jakamalla käsitelty pinta-ala kokonaisajalla  $q_t = \frac{0,75 \text{ ha}}{29,3 \text{ min}} = 1,5 \text{ ha}/\text{h}$ . Vaatimuksena oli edellisessä esimerkissä laskettu 1,2  $\text{ha}/\text{h}$ . Tekemällä laskusta taulukkolaskentapohjan voi helposti kokeilla eri vaihtoehtoja. Tässä tapauksessa suurin osa ajasta kuluu kuljetukseen.

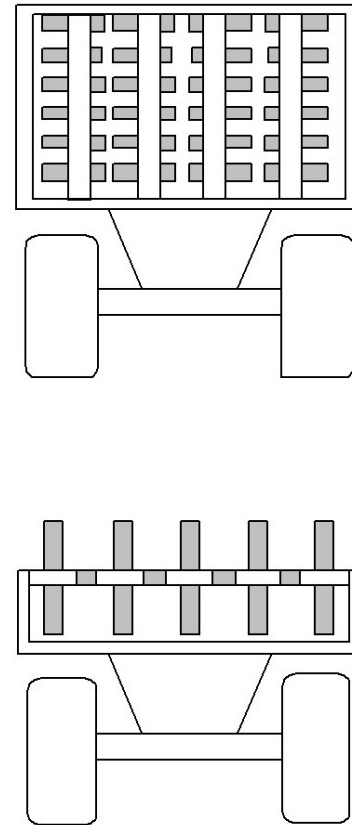
Lannan olomuodosta riippuen lanta levitetään joko kuivana tai nestemäisenä. Usein levitys joudutaan tekemään maan ollessa märkää, jolloin maan tiivistyminen on ongelmana. Taulukossa 1.3 on esitetty yhteenveto erilaisten levitystapojen tyypillisistä ominaisuuksista. Levityksessä lannan tyyppi haihtuu helposti ilmaan. Kuiva- tai lietalannan pintalevitys aiheuttaa 10 - 30 % haihtumisen. Lannan äestäminen pintalevityksen jälkeen aiheuttaa 1 - 5 % haihtumisen ja sijoittaminen aiheuttaa 0 - 2 % haihtumisen [Pfof & Alber].

### 1.2.1 Kuivalanta

Kuivalannanlevitin on periaatteessa perävaunu, johon on asennettu pohjakuljetin ja takana on levityslaite. Pellolla ajettaessa pohjakuljetin siirtää lantakuorman koneen perään ja levityslaite jyräsi ja heittää lannan pelolle, kuva 1.18. Levitysrootorit voivat olla joko pysty- tai vaakaroottoreita. Vaakaroottoreita voi olla yksi tai kaksi. Rootoreissa on lavat, jotka heittävät lantapalat peltoon. Lajojen tilasta rootoreissa voi olla ruuvin muotoiset siivekkeet.

Kuvassa 1.19 on esimerkki yksiakselisen vaakaroottorilevitimen levityskuvioista. Lavan leveys oli 1,7 m ja levityskuvion leveys on ollut 4 m. Reunoilla levitysmäärä on ollut pienempi, joka tarkoittaa tasaista levitystä haluttaessa reunoilta hieman päällekkäistä levitystä.

Lannoitemäärä säädetään ajonopeuden ja pohjan kolakuljettimen suhteella. Suurista levitysmääristä johtuen ajomatka pellolla on usein melko lyhyt. Syöttölaitteen nopeus voidaan laskea massavirtojen avulla. Levityksen massavirta saadaan yhtälöllä 1.5 ja vastaavasti syöttölaitteen massavirta saadaan yhtälöstä  $q_{ms} = \frac{M}{t}$ , jossa M on kuorman massa ja t on tyhjenemisaika. Tyhjenemisaika saadaan syöttönopeuden ja lavan pituuden avulla  $t = \frac{l_{la}}{v_s}$ . Kummatkin massavirrat ovat yhtäsuuret, jolloin saadaan yhtälö 1.10.



Kuva 1.18: Kuivalannan levittimen perustyypit, yläkuva pystyrootorit, alakuva vaakaroottoti

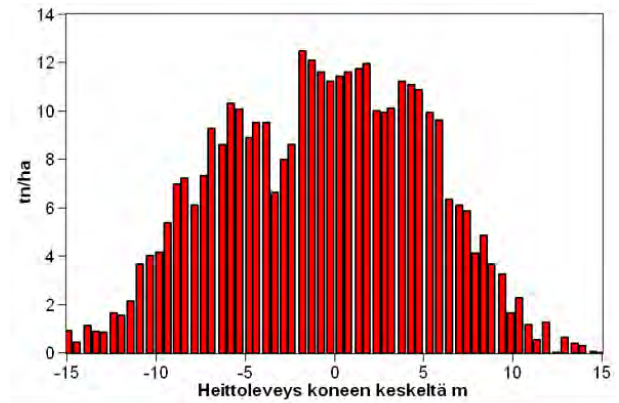
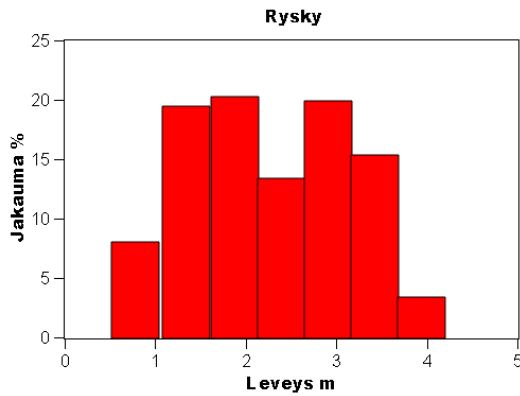
$$\begin{aligned} v_s &= \frac{b \cdot l_{la}}{M} q_l \cdot v \\ t_s &= \frac{l_{la}}{v_s} \\ s_s &= v \cdot t \end{aligned} \quad (1.10)$$

$v_s$	syöttölaitteen nopeus
$b$	työleveys
$l_{la}$	lavan pituus
$q_l$	levitysmäärä
M	kuorman massa
$t_s$	kuorman tyhjenemisaika
$s_s$	kuorman tyhjenemismatka
v	ajonopeus

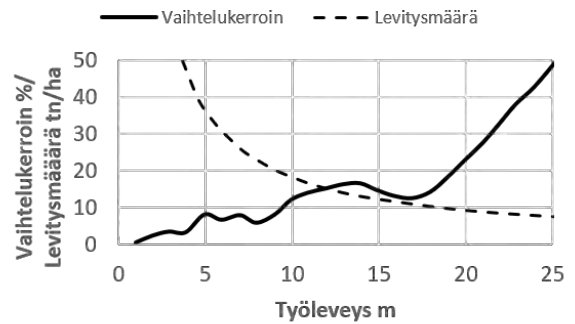
Yhtälön 1.10 mukaan työleveys, levitysmäärä ja ajonopeus vaikuttavat syöttönopeuteen. Jos jokin näistä muuttuu, syöttönopeutta on muutettava sen mukaan.

Levitystapa	Levitystasaisuus	Typen haihtuminen	Hajuhaitat	Maan tiivistyminen
Kuiva-lanta	Välttävä	Voimakas	Kohtuullinen	Kohtuullinen
Lietelanta levityssuutin	Huono	Voimakas	Voimakas	Voimakas
Lietelanta letkulevitys	Välttävä	Kohtuullinen	Vähäinen	Voimakas
Lietelanta sijoitus	Hyvä	Vähäinen	Vähäinen	Voimakas

Taulukko 1.3: Lannan levitystapojen tyypillisiä ominaisuuksia



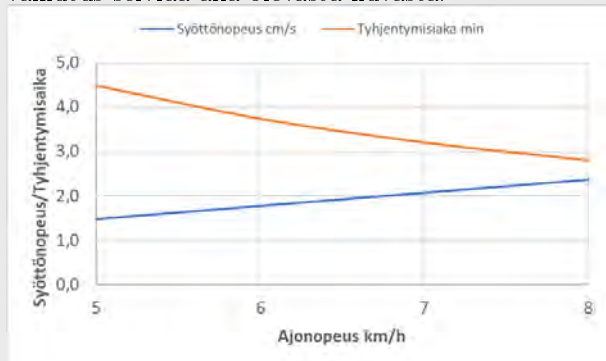
Kuva 1.19: Esimerkki kuivalantalevittimen levityskuvioista [VAKOLA 1109]



Kuva 1.20: Esimerkki kuivalannan tarkkuuslevittimen heitto-kuvioista ja vaihtelukertoimesta [DLG 7088]

**Esimerkki.** Kuivaa lantaa halutaan levittää 20 tn/ha. Vaunun lavan leveys on 2 m ja pituus 4 m. Laitojen korkeus on 1,5 m. Ajonopeus on 5 - 8 km/h ja työleveys on 12 m. Mikä pitää olla syöttönopeus?

Kyseessä on kuivalanta, jonka tilavuuspaino on 700 - 800 kg/m<sup>3</sup>. Kuorman tilavuus on 2m · 4m · 1,5m = 12m<sup>3</sup>. Kuorman massa on 750 kg/m<sup>3</sup> mukaan laskien 12m<sup>3</sup> · 750  $\frac{kg}{m^3}$  = 9 000 kg. Kun ajonopeus on 5 km/h, syöttölaitteen nopeus on  $\frac{12m \cdot 4m}{9000kg} 20000 \frac{kg}{10000m^2} \frac{5}{3,6} \frac{m}{s} = 0,015$  m/s. Ajonopeuden vaikutus selviää alla olevasta kuvasta.



Kuivalanta voidaan levittää myös tarkkuuslevittimillä. Niissä on yleensä vaunun perässä heittolautaset ja kone toimii keskipakoislevittäjän tavoin. Tällaisen koneen heittokuvio on samanlainen kuin lannoitteen keskipakoislevittäjän kuvio, kuva 1.20 ja levitystarkkuus on myös samaa luokkaa.

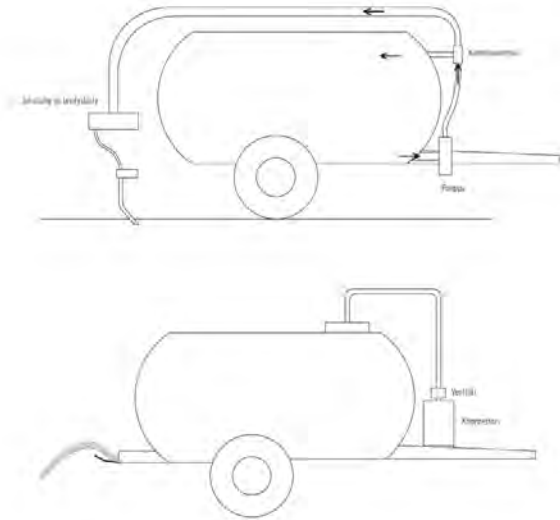
### 1.2.2 Lietelanta

Karjanhoidossa ollaan siirrytty pääasiassa lietelannan käyttöön. Se on helpompi käsitellä lannanpoistolaitteilla ja myöskin sen levittäminen on helpompaa. Lietelannan levittimet ovat suuria säiliöitä, joihin on asennettu levityslaitteet. Levitys voi tapahtua joko pintalevityksenä tai multausten. Lietevaunut voivat olla perustyypiltään joko pumppuvaunuja tai kompressorivaunuja. Pumppuvaunussa levitys aikaansaadaan pumpun virtauksen avulla. Kompressorivaunussa käytetään alipainetta vaunun täyttöön ja ylipainetta levitykseen. Yksinkertaisimmillaan lietevirta kohdistetaan levyyn, jolloin suihku hajoaa. Tarkempaa levitystä haluttaessa käytetään letkulevittämiä tai multausta. Liete levitetään joko keväällä ennen kylvöä, kasvukauden aikana kasvustoon tai syksyllä sänkeen.

Imupaine- ja pumppuvaunun periaatteet on esitetty kuvassa 1.21. Pumppuvaunun pumpun tuotto voidaan ohjata joko säiliöön tai jakolaitteeseen. Säiliöön ohjaus sekoittaa lietteen ja jakolaitteeseen ohjauksella liete levitetään peltoon. Pump-

pua voitaisiin käyttää myös vaunun täyttöön.

Imupainevaunussa on kompressori, jonka avulla vaunuun voidaan saada alipaine tai ylipaine. Alipaineisena vaunu voidaan täyttää ja ylipaineisena tyhjentää. Imupainevaunun rakennetta koskee painelaitedirektiivi. Levityslaitteena imupainevaunussa on levityssuutin. Kuvassa on esitetty vain vaunujen periaatteet. Vaunuissa tarvitaan lisäksi levitysmäärän säätö, huoltoluukut, mahdolliset varoventtiilit yms.



Kuva 1.21: Pumppu- ja imupainevaunun periaatekuvat

Pumppuvaunujen levityslaitteena voi olla levityssuutin, multauslaite tai letkulevitin, kuva 1.22. Työleveydet ovat tyypillisesti 10 - 20 m luokkaa. Levityssuuttimessa liete ohjataan kaltevaa levyä vasten, joka hajottaa lietteen pellolle. Levityssuutin on halpa ratkaisu, mutta levitystasaisuus ei ole kovin hyvä ja osa ravinteista haihtuu levityksessä. Kun käytetään multauslaitetta tai letkulevitintä, vaunussa tarvitaan jakolaitte, joka jakaa lietevirran multauslaitteeseen tai letkuja pitkin pellon pinnalle. Multauksella saadaan parhaiten ravinnehäviöt kuriin. Lietteen multaukseen vantaat ovat periaatteeltaan samanlaisia kuin kylvökoneiden vantaat, kuva 2.5.

Lietteen joukossa on aina kiinteää ainetta, kuten olkea, rehua tai kiviä. Ne tukkivat helposti laitteistoa. Tätä varten tarvitaan kivitaskuja ja korsien murskausta. Murskaus voi tapahtua pumpussa ja/tai jakolaitteessa.

Lietelantaa levitetään myös kasvustoon. Tämä on töiden järjestelyjen ja maan tiivistymisen takia edullisempaa kun työ tehdään kevätesongin jälkeen kuivaan maahan. Ongelmana on tällöin kasvuston vioittuminen. Sijoitusta käytettäessä vantaat eivät saa nostaa maata ylös, koska ne nostavat tällöin myös kasvustoa ylös.

Lanta joudutaan levittämään usein märkään maahan, jolloin vaarana on koneiden uppoaminen peltoon ja maan tiivistyminen. Toisaalta työn joutuisuuden takia vaunujen koon pitäisi olla suuri. Ongelmana on miten iso ja painava kone saadaan liikkumaan märällä pellolla hyvin tiivistämättä maata. Koneiden kulkukyky on selostettu tarkemmin kohdassa <https://www.agrotekno.fi/koneiden-kulkukyky/>.

Jotta kone ei uppoaisi peltoon, pintapaineen pitäisi olla alhainen. Tämä tarkoittaa sitä, että rengaspaineiden pitäisi olla alhaisia. Rengasvalinnassa pitäisi valita rengas, joka kantaa



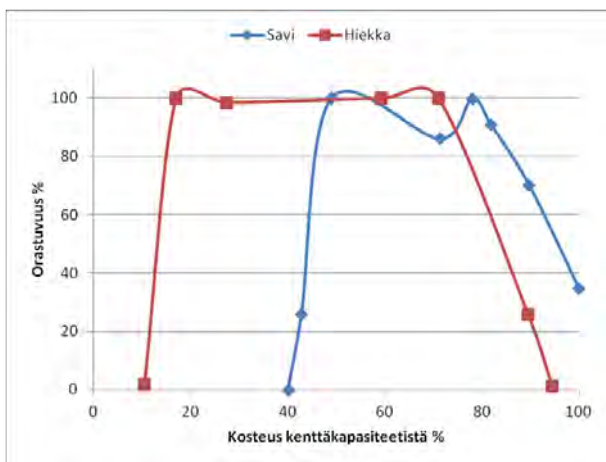
Kuva 1.22: Lietteen multausvannas ja letkulevitin (Agronic)

kuorman mahdollisimman alhaisella paineella. Usein peltolehkot ovat jonkin matkan päässä tilakeskuksesta ja kuljetuksissa pitäisi käyttää korkeampia paineita kuin pellolla. Tämä voidaan ratkaista ajon aikana säädettävillä rengaspaineilla. Valitettavasti niiden hinta on korkea. Tiivistymisriskiä voidaan arvioida Terranimo ohjelman avulla. Ohjelmasta on saatavissa useita eri versioita eri kielillä, myös suomeksi. Hakusanalla Terranimo voi hakea netistä tätä ohjelmaa, sen eri versioita sekä myös ohjeita sen käyttöön.

## Luku 2

# Kylvö

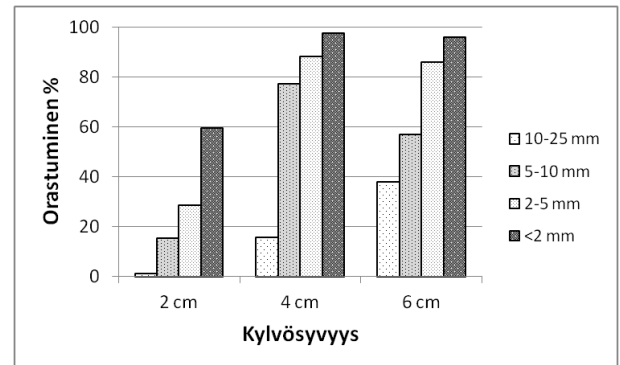
Siementen orastuminen riippuu periaattessa kolmesta tekijästä, maan kosteudesta, lämpötilasta ja maan huokoisuudesta. Kylvölle on selvä optimiaika ja liian aikainen tai liian myöhäinen kylvö pienentävät satoa. Sopiva maan kosteus on savimailla 45 - 80 % kenttäkapasiteetistä ja hiekkamailla 20 - 70 % kenttäkapasiteetistä [Alakukku 2006], kuva 2.1. Murustumisen kannalta sopiva maan kosteus on 20 paino %, joka vastaa n 25 til. %. Lakastumisraja on viljelymaalajeilla n 45 til. % kosteutta. Peltotyöt voidaan siten alkaa, kun pellon kosteus on hieman alle 35 til. %. Maan helpon murustumisen kannalta maa saisi olla hieman kuivempaa. Sopivaa kylvöaikaa on käsitelty laajemmin muokkaus-osiossa (<https://www.agrotekno.fi/maan-muokkaus/>).



Kuva 2.1: Maan kosteuden vaikutus ohran itämiseen hiekkaja savimailla [Alakukku 2006]

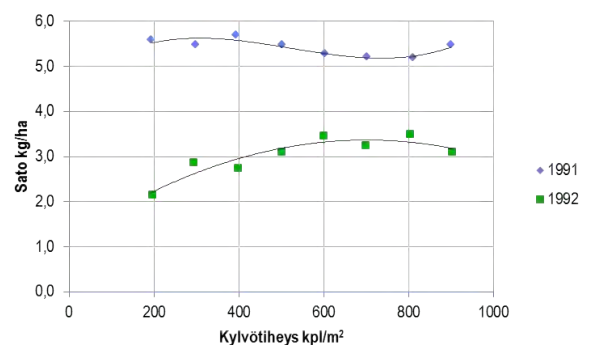
Sopivin ohran ja kauran orastumislämpötila on 20 °C. Orastumista tapahtuu alhaisimmissakin lämpötiloissa, mutta se on hitaampaa. Alinta orastumislämpötilaa on vaikea määrittää, koska siihen vaikuttaa lajike, siementen kunto ja kasvualusta. Ohralle alin lämpötila on 4 °C, kauralle 6 °C ja perunalle 7 °C [Isleib 2012].

Kylvömuokkauksessa maa valmistellaan kylvöä varten. Siinä pyritään saamaan siemenille sopiva kasvualusta. Kuvassa 2.2 astiakokeen tulos, jossa ohraa on idätetty eri murukoissa ja eri syvyyksillä [Häkansson ym 2002]. Parhaiten jyvät ovat itäneet hienorakeisessa maassa. Kylvösyvyyden ollessa 6 cm on nähtävissä orastumisen heikkenemistä. Häkansson ym [Häkansson ym 2002] suosittelevat että yli 50 % muruista pitäisi olla alle 5 mm kokoisia ja sopiva kylvösyvyys viljoille on 3 - 5,5 cm.



Kuva 2.2: Maan murukoon vaikutus orastuvuuteen [Häkansson ym 2002]

Kylvössä siemenet asetetaan tasaisin välein sopivaan kylvösyvyyteen. Kylvötiheys vaikuttaa satoon. Kuvassa 2.3 on esimerkki kauran kylvötiheyden vaikutuksesta satoon kahtena peräkkäisenä vuotena [P.Peltonen-Sainio ja P.Järvinen 1995]. Yleensä viljan sato paranee kylvötiheyden lisääntyessä ja n 500 - 600 kpl/m<sup>2</sup> kylvömäärillä saadaan suurin sato. Satoisuuteen vaikuttaa myös sää ja kasvun versominen, jonka seurauksena sato ei aina alene, vaikka kylvötiheys aleneekin.



Kuva 2.3: Kylvötiheyden vaikutus satoon

Kun sopiva kylvötiheys on selvillä, pitää laskea mikä on sopiva siemenväli. Jos riviväli on 12,5 cm, yhden neliömetrin matkaan tarvitaan  $1/0,125 = 8m$  kylvöriviä ja kun kylvötiheys on 500 kpl/m<sup>2</sup>, siementen välisen etäisyyden pitäisi olla  $8/500 = 1,6$  cm. Jyvien koot vaihtelevat vuosittain ja tarkkaa jyvän painoa ei voida tietää. Siementen paino annetaan tavanomaisesti tuhannen jyvän painona. Jos esimerkiksi tuhannen jyvän paino ( $m_{1000}$ ) on ohralla 40 g ja kylvötiheys

on 500 kpl/m<sup>2</sup>, neliometriä kohden pitää kylvää 0,04 g·500 kpl/m<sup>2</sup>= 20 g/m<sup>2</sup>. Hehtaarissa on 10 000 m<sup>2</sup>, jolloin hehtaaria kohden meidän pitäisi käyttää 200 kg siemeniä. Nämä kylvövaatimukset ja eri kasvien siementen keskimääräiset tiedot on koottuna taulukkoon 2.1.

Kylvömäärä voidaan esittää myös yhtälön 2.1 mukaisesti. Jos halutaan tietää siemenmäärä tilavuutena, kylvömäärä pitää jakaa tilavuuspainolla, yhtälö 2.2. Keskimääräinen siemenväli saadaan yhtälöstä 2.3 ja kylvön massavirta yhtälöstä 2.4. Yhtälöstä 2.4 näkyy myös massavirran lineaarinen riippuvuus ajonopeudesta.

$$D_{kg/ha} = \frac{n \cdot m_{1000}}{100 \cdot \eta} \quad (2.1)$$

$$D_{m^3/ha} = \frac{D_{kg/ha}}{r} \quad (2.2)$$

$$d_s = \frac{1}{n \cdot s} \quad (2.3)$$

$$q_m = q_t \cdot D_{kg/ha} = \frac{v[km/h] \cdot b[m]}{10} \cdot D_{kg/ha} \quad (2.4)$$

$D_{kg/ha}$	kylvömäärä [kg/ha]
$D_{m^3/ha}$	kylvömäärä [m <sup>3</sup> /ha]
$n$	kylvötiheys kpl/m <sup>2</sup>
$m_{1000}$	tuhannen siemen paino g
$\eta$	itävyys
$r$	tilavuuspaino (hehtolitrapaino) [kg/m <sup>3</sup> ]
$d_s$	siemenväli [m]
$s$	riviväli [m]
$q_m$	massavirta [kg/h]
$q_t$	työsaavutus [ha/h], yhtälö 1.4

**Esimerkki.** Kuinka suuri pitää olla kylvökoneen siemensäiliön tilavuus, jos halutaan kylvää 4 ha yhdellä säiliöllisellä. Viljan hehtolitrapaino on 70 kg/hl, orastuvuus on 90%, tuhannen jyvän paino on 45 g ja kylvötiheyden halutaan olevan 500 kpl/m<sup>2</sup>. Vannasväli on 125 mm, ajonopeus on 8 km/h ja työleveys on 3,5 m.

Hehtaarille tarvitaan viljaa  $D_{kg/ha} = \frac{500 \cdot 45}{100 \cdot 0,90} = 250$  kg/ha. Tilavuutena tämä on  $\frac{250}{700} = 0,36$  m<sup>3</sup>/ha. Siemenväliseksi tulee  $d_s = \frac{1}{500 \cdot 0,125} = 1,6$  cm. Säiliöllisellä haluttiin kylvää neljä hehtaaria eli tilavuuden pitää olla  $4 \cdot 0,36 = 1,4$  m<sup>3</sup>. Teoreettinen työsaavutus on  $q_t = \frac{8 \cdot 3,5}{10} = 2,8$  ha/h ja siementen massavirta on  $q_m = 2,8 \cdot 250 = 700$  kg/h. Vantaita on 29 kpl, jolloin yhdestä vantaasta virtaa 6,7 g/s eli n 160 jyvää/s.

## 2.1 Kylvökoneet

Kun tarvittava siemenmäärä on selvillä, täytyy rakentaa sopiva kone, jolla kylvö voidaan tehdä. Kylvökoneessa on kaksi oleellista osaa, syöttölaite, joka jakaa siemeniä tasaisesti ja halutun määrän ja vantaat, jotka sijoittavat siemenet taulukon 2.1 mukaiseen syvyyteen. Kuvassa 1.3 on esitetty myös kylvökoneen periaatekuva. Siemenet laitetaan säiliöön ja sen

pohjalla on syöttölaite, joka annostelee siemenet ja ne tippuvat siemenputkia pitkin vantaiden avaamaan vakoon. Vantaiden tehtävänä on sijoittaa siemenet oikeaan syvyyteen.

Kylvökoneelle voidaan asettaa seuraavia vaatimuksia [Kara ym 1972]:

- Koneella on voitava kylvää kaikenkokoisia siemeniä
- Kylvömäärää on voitava säätää 2 - 350 kg/ha väliltä
- Ajonopeus, rinteet, tärinä ja siemensäiliön siemenmäärä ei saa vaikuttaa kylvömäärään
- Eri vantaiden kylvömäärät eivät saisi vaihdella yli  $\pm 5\%$
- Siementen on jakaannuttava tasaisesti vakoon. Siemenrivissä ei saa olla kasaumia eikä aukkoja.
- Kylvösyvyys on oltava säädettävissä 1 - 8 cm väliltä, vaihtelu ei saisi olla yli  $\pm 25\%$
- Kylvöä varten on oltava helppo kiertokokeen mahdollisuus ja siemensäiliö on oltava helposti tyhjennettävissä lajikkeen vaihdon vartoa

Syöttölaitteen tehtävänä on annostella oikea siemenmäärä. Yleisesti käytössä on kahta erilaista syöttölaitetta, nastasyöttöä tai telasyöttöä, kuva 2.4. Syöttömäärä säädetään muuttamalla syöttölaitteen nopeutta. Voimansiirto saadaan sivupyöräkoneissa koneen tukipyörästä ja takapyöräkoneissa erillisellä vetopyörällä. Pyörän ja syöttöakselin välillä on vaihteisto, jolla voidaan muuttaa pyörän nopeus sopivaksi syöttölaitteen nopeudeksi. Tälläisen voimansiirron etuna on se, että ajonopeus vaikuttaa suoraan syöttölaitteen nopeuteen ja kylvämäärä pysyy samana (kg/ha) vaikka ajonopeus vaihtelisi. Myös sähkömoottorikäyttöisiä syöttölaitteita käytetään, mutta niissä tarvitaan säätöyksikkö, joka muuttaa syöttölaitteen nopeuden ajonopeuden muuttuessa.

Telasyötössä telan tehollista pituutta L kuvassa 2.4 voidaan muuttaa siirtämällä telaa akselin suuntaisesti. Telan alla olevan pohjaläpän on oltava 'lohenpyrstön' muotoinen tai telan rihloituksen on oltava vino. Tämä estää koko telan välin yhtäaikaisen tyhjentymisen, jolloin vakoon tulisi kasauma.

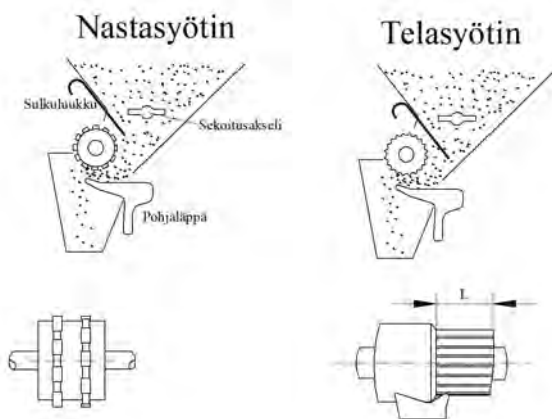
Siemensäiliön pohjassa on sekoitusakseli, joka varmistaa tasaisen siemenvirran syöttölaitteelle. Vannas voidaan sulkea sulkuluukun avulla ja tyhjentää avaamalla pohjaläppä. Sulkuluukun avulla voidaan myös vaikuttaa hieman syöttömäärään.

Kylvökoneen vantaita (coulters, opener) on esitetty kuvassa 2.5. Vannastyypin mukaan niillä on hieman erilaisia ominaisuuksia. Vetovantaassa on terävä kärki ja se tunkeutuu hyvin maahan. Vantaalle ei tarvita silloin kovinkaan paljon painoa, jotta se toimisi oikein. Vetovannas nostaa ylös kokkareita ja kasvijätteitä, jotka voivat helposti tukkia sen ja se voi rikkoontua kivissä. Sen takia sitä ei käytetä kovinkaan paljon. Jos halutaan kevyt kylvökone, vetovantaan maahan tunkeutuminen ansiosta ei tarvita kovin raskasta vannaspainoa.

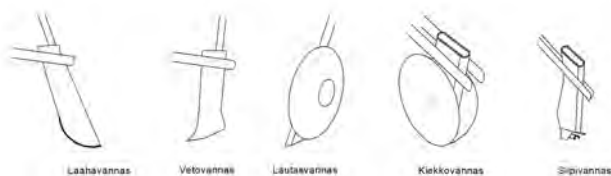
Laahavannas kiilautuu muokkauskerroksen läpi muokkauspohjaan. Siinä pitää olla riittävästi painoa, jotta se menisi oikeaan syvyyteen. Toisaalta se painaa kasvijätteitä maahan, jolloin se ei helposti tukkeudu ja se nousee esimerkiksi kiiveen osuessaan ylös rikkoontumatta. Vantaan kärki tiivistää kylvövaon pohjan ja siemenet saavat sen takia paremmin kosteutta.

Taulukko 2.1: Kylvösiementen käyttömäärät ja kylvösyvytydet

Kasvi	Tuhannen siemenen paino m <sub>1000</sub> g/1000 kpl	Kylvötiheys kpl/m <sup>2</sup>	Kylvömäärä kg/ha	Kylvösyvyys cm
Syysruis	22 - 32	500	160 - 180	3 - 4
Syysvehnä	38 - 43	500	180 - 200	3 - 4
Kevätvehnä	31 - 42	600 - 650	220 - 280	3 - 5
Ohra	35 - 55	450 - 500	160 - 250	3 - 5
Kaura	32 - 41	500	180 - 220	3 - 5
Herne	140 - 300	100 - 120	170 - 350	4 - 8
Rypsi	2 - 3	400	8 - 16	2
Timotei	0,4 - 0,6	4000	16 - 24	1
Puna-apila	1,6 - 2,6	500 - 600	10 - 14	1 - 2



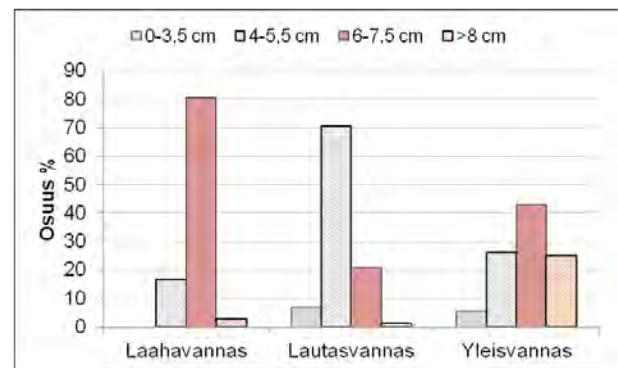
Kuva 2.4: Nasta- ja telasyöttö



Kuva 2.5: Erilaisia kylvökonevantaista

Lautas- ja kiekkovantaat soveltuvat hyvin maille joilla on kasvijätettä ja ne toimivat myös paremmin kun kylvönopeus on suuri. Ne ovat selvästi painavampia kuin laaha- tai veto- vantaat ja ne tarvitsevat myös runsaasti painoa maahan tunkeumista varten. Lautasvantaassa on yksi kiekko, joka tekee vaon maahan ja sen vieressä on kiinteäteräinen vannas, josta siemenet tippuvat lautasen aukaisemaan vakoon. Lautasvannasta kutsutaan myös yksikiikkovantaaksi. Kiekkovantaassa on kaksi kiekkoa, jotka tekevät vaon ja siemenet putoavat lautasten tekemään vakoon. Kiekkovantaassa maamuruset eivät pääse putoamaan vakoon samalla lailla kuin lautasvantaassa ja sen ansiosta kylvösyvyys säilyy tasaisempina. Kiekkovantaat ovat raskaita, mikä lisää koneen painoa. Kiekkovantaat soveltuvat nopeaan kylvöön ja pelloille, joissa on runsaasti kasvijätettä.

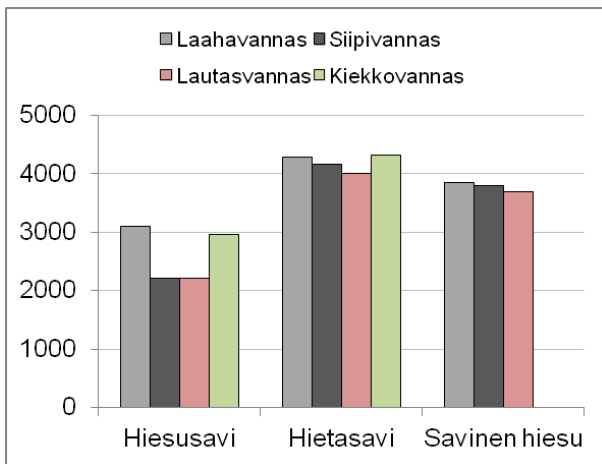
Työsyvyys voidaan säätää vantaan painotusta muutta-



Kuva 2.6: Erilaisten vantojen kylvösyvytydet [Kara ym 1972]

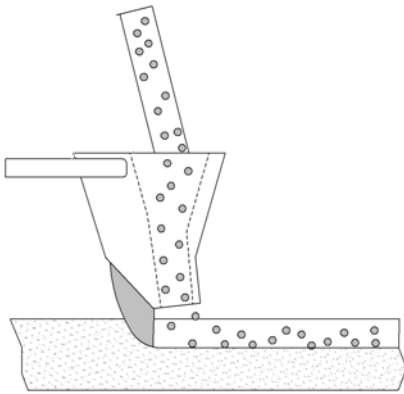
malla siten, että pyritään saamaan siement muokkauskerroksen pohjaan, kuva 1.5. Suorakylvössä ei ole muokkauskerroksen pohjaa, jolloin tarvitaan riittävän suuri vannaspaino ja tukipyörän avulla hallitaan työsyvyys. Kuvassa 2.6[Kara ym 1972] on mittaustulos toteutuneesta kylvösyvytydestä. Laaha- ja yleisvantaan keskimääräinen kylvösyvyys oli 6,3 - 6,4 cm. Lautasvantaan kiekkosyvyys jäi 5,0 cm syvyyteen kylvökoneen heikon säädettävyyden takia. Laahavannas on kylvänyt näistä tasaisemmin, lautasvannas on ollut hieman huonompi ja yleisvantaan (vetovannas) kylvösyvyys on vaihdellut runsaasti. Ilmeisesti laahavantaassa siemenet ovat pudonneet varmemmin kylvövaon pohjalle. Lautas- ja yleisvantaassa on ollut enemmän pinnassa olevia siemeniä, mikä kieli maamurujen putoamisesta vaon pohjalle. Näissä vantaissa on myös enemmän syvälle menneitä siemeniä. Yleisvantaassa on terävä kärki eli se on maahakuinen, jolloin se voi mennä muokkauspohjaa syvemmälle. Lautasvantaan ongelmana oli, ettei sitä saatu menemään tarpeeksi syvään, jolloin se on ilmeisesti pehmeämmässä kohdissa mennyt syvemmälle.

Kuvassa 2.7 on kolmivuotisen koesarjan tulos, jossa on vertailtu eri vantojen vaikutusta satoon kolmella erilaisella savisella maalajilla. Parhaiten on toiminut laahavannas ja kiekkovannas on ollut lähes samanveroinen. Laahavannas tiivistää vaon pohjaa, jolloin siemenet saavat paremmin kosteutta ja kokeissa orastuvuus oli laahavantaista käytettäessä parempaa kuin muilla vantailla. Vantojen toimintaan vaikuttaa myös se kuinka hyvin siemenet putoavat vaon pohjalle. Jos vantaan sivusta putoaa maata vakoon ennen siementen putoamista,



Kuva 2.7: Kylvökoneiden vantaiden vaikutus satoon [Kara ja Räisänen 1979]

osa siemenistä ei pääse vaon pohjalle. Ne itävät heikommin, koska ne eivät ole kosketuksissa kosteaan vaon pohjaan, kuva 2.8.



Kuva 2.8: Siementen sijoittuminen vantaan avaamassa vaossa

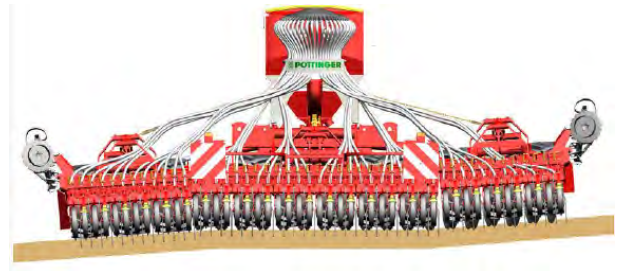
Normaalisti kylvö- ja äestysuunta ovat samat. Tällöin kylvökoneen vantaat kulkevat samaan suuntaan kuin äkeen piikkien vaot. Kara ja Räisänen [Kara ja Räisänen 1979] tekivät koesarjan, jossa kylvettiin sekä muokkauksen suuntaisesti että poikittain sitä vasten. Savimaalla tehty yksivuotinen koe antoi poikittain tehdylle kylvölle hieman suuremman sadon.

Kylvöön liittyy jyrääminen ja usein kylvökoneeseen lisätään jyräpyörät tai takapyöräkylvökoneessa on renkaat takana, jotka jyräävät pellon. Jyräpyörät ovat lisänneet tutkimuksissa satoa n 5 % [Kara ym 1972].

Suomessa käytetään paljon yhdistelmäkylvökoneita, joissa on siementen kylvön lisäksi lannoitteiden kylvö. Tämä menetelmä soveltuu hyvin kevätiljoille, jolloin koko kasvukauden lannoitemäärä voidaan antaa kerralla. Lisäksi lannoitteiden maahan sijoituksen on todettu lisäävän satoa. Yhdistelmäkylvökoneissa on erilliset kylvöosat siemenille ja lannoitteille.

Kun kylvökoneen työleveyttä halutaan lisätä, ei voida enää käyttää jäykkiä rakenteita, koska ne on hankala kuljettaa pelolle ja ne eivät mukaudu pellon poikkisuuntaisiin epätasaisuuksiin. Tällöin siirrytään pneumaattisiin ja keskipakoiskylvökoneisiin, kuva 2.9. Siemenet kulkevat keskellä konetta ole-

van syöttölaitteen jakamana putkia pitkin vantaisiin joko suuren nopeuden tai ilmapirran avulla.



Kuva 2.9: Pneumaattinen kylvökone (Pöttinger)

Tavanomaisen kylvökoneen vetovastus on 200 - 400 N/vannas [ASAE D497.7 2011]. Ajonopeus on 6 - 11 km/h ja työhyötysuhde on 55 - 85%, tyypillisesti 70%.

Kylvökoneen työlevyys on 4 m, kylvönopeus on 8 km/h. Mikä on työsaavutus ja tehontarve, kun vannasväli on 12,5 cm?

Teoreettinen työsaavutus on  $q_t = \frac{8 \cdot 4}{10} = 3,2$  ha/h. Kun otetaan päisteet ja täytöt huomioon 70% työhyötysuhteella, todellinen työsaavutus on 2,2 ha/h. Kylvökoneessa on vantaista  $\frac{4}{0,125} + 1 = 33$  kpl, jolloin vastus on, kun yhden vantaan vastus on 300 N,  $F_x = 33 \cdot 300 = 9,9$  kN. Vetotehon tarve on  $P_v = 9,9 \frac{8}{3,6} = 22$  kW ja moottoritehon tarve on, kun  $k_m = 1,7$ ,  $P_m = 1,7 \cdot 22 = 37$  kW.

## 2.2 Suorakylvö

Muokkausmenetelmät ovat kehittyneet jatkuvasti ja eri aikakausina on tullut uusia muokkaus- ja kylvömenetelmiä. Näille menetelmille on omia nimityksiä ja lyhenteitä. Ohessa muutama yleisesti käytetty termi ja lyhenne:

- Perinteinen muokkaus (CT = Conventional Tillage), maan kynnetään syksyllä ja äestetään ja kylvetään keväällä
- Sänkimuokkaus (RT = Reduced tillage), kyntämisen sijaan maan muokataan syksyllä kultivaattorilla, lautaskeellä tai jyrsimellä. Muokkaussyvyys on 10 - 15 cm.
- Suorakylvö (NT = No Tillage, ZT = Zero Tillage), maata ei muokata, vaan kylvö tapahtuu muokkaamattomaan sänkeen suoraan

Muokkausta vähentämällä voidaan vähentää työvaiheita ja nopeuttaa työn tekoa, jolloin työsaavutus lisääntyy. Kynnöstä luopuminen lisää rikkaruohojen ja kasvitautien määrää, jolloin joudutaan käyttämään enemmän torjunta-aineita. Suorakylvö on lähtenyt liikkeelle eroosion torjunnasta, koska kasvipeitteisyys vähensi tuuli- ja vesieroosiota. Kasvijäte toimii katteena ja se säästää myös maan vesivarjoja ja vähentää maasta tulevia päästöjä. Kyntöä korvaavia menetelmiä on käsitelty perusmuokkausta käsittelevässä osassa (<https://www.agrotekno.fi/maan-muokkaus/>).

Suorakylvö on normaalia muokkausta vaativampi toimenpide. Kylvöä varten maan on oltava sopivan kosteaa. Liian



määrässä maassa vantaat tekevät vaon peltoon, joka ei välttämättä sulkeudu kunnolla ja siemenet jäävät näkyviin. Lisäksi maa ei murustu ja siementen ympärille ei muodostu riittävää pienten murusten kerrosta ja liian kostea maa voi estää orastumisen. Kasvijätteet myöhästyttävät keväällä maan kuivumista, jolloin kylvöaika siirtyy myöhäisemmäksi. Paksut kasvijätkekerrokset voivat joutua kylvövakoon ja estää siementen maakosketuksen ja ne voivat tukkia konetta. Tätä varten puimurin silppurin toiminta pitäisi olla hyvä ja silpun pitäisi levitä tasaisesti koko pellolle.

Suorakylvö vaikuttaa maan rakenteeseen. Lierot ja mikrobit psytyvät toimimaan paremmin kyntämättömässä maassa ja sen takia maan mururakenne paranee ja lierokäytävistä sekä juurikanavista muodostuu luonnollinen huokosverkosto. Kyntämättömässä viljelyssä siirrytään mekaanisesta käsittelystä enemmän biologisiin prosesseihin. Kyntämätön maa ei ole yhtä huokoinen kuin kynnetty maa ja sen seurauksena runsas sade ei imeydy maahan yhtä nopeasti. [Alakukku ja Mikkola 2004]

Suorakylvökokeiden sadoissa on todettu suuria eroja perinteisen muokkaus- ja kylvötapojen välillä, taulukko 2.2. Yleensä suorakylvö on antanut eri maalajeilla pienempiä satoja kuin perinteinen tapa. Lisäksi suorakylvössä voi esimerkiksi hyvin märän kevään ja/tai kesän jälkeen satotaso romahtaa.

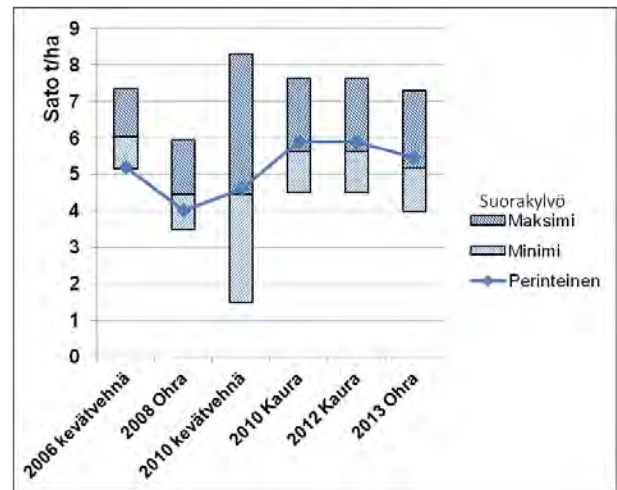
Taulukko 2.2: Suorakylvön vaikutus ohrasatoon [Känkänen ym 2010, Lötjönen ym]

Maalaji	Suorakylvön sato/perinteinen %
Savimaa	62
Hietamaa	67
Turvemaa	93

Koneviesti lehti on järjestänyt Loimaalla pitkäkestoisen suorakylvökoesarjan. Kuvassa 2.10 on koetuloksia kevätiljoilla tehdyistä kokeista. Kuvaa [Koneviesti 2015] on yhdistetty kaikkien suorakylvökoneiden tulokset ja niitä on verrattu perinteiseen muokkaus- ja kylvötapaan. Pylväät esittävät suorakylvökoneiden satotulosten vaihtelua ja keskiarvoa. Sininen viiva esittää perinteisellä menetelmällä saatua tulosta. Mukana on ollut likimain kaikki markkinoilla olevat suorakylvökoneet ja kuvan tuloksessa on näiden koneiden keskisato ja äärisadot. Keskimäärin suorakylvöllä ja perinteisellä menetelmällä on saatu samansuuruiset sadot. Suorakylvökoneiden sadoissa on suurta vaihtelua, joka voi johtua koneiden rakenteista ja/tai erilaisista lohkoista tai kylvön ajoituksesta. Suorakylvössä pätee kuvan 2.2 mukoinen vaatimus ja siemenet pitäisi saada oikeaan syvyyteen. Kasvijätteet ja vantaan toiminta voivat haitata työsuorauksista. Maan murustumiseen taas tarvitaan oikea maan kosteus, kuva 2.1.

Kun verrataan taulukon 2.2 ja kuvan 2.10 tuloksia, nähdään että tulokset poikkeavat aikalailla toisistaan. Se mistä tämä johtuu on vaikea sanoa, toisessa on mahdollisesti tehty tarkemmat ja kontrolloidummat mittaukset, toisessa on mukana kattavampi koekanta. Johtopäätöksenä voitaneen todeta, että suorakylvö ei ole yhtä helppo menetelmä kuin perinteinen, se vaatii perinteistä enemmän ymmärrystä menetelmän käytöstä ja myös koneiden toiminnassa voi olla eroja.

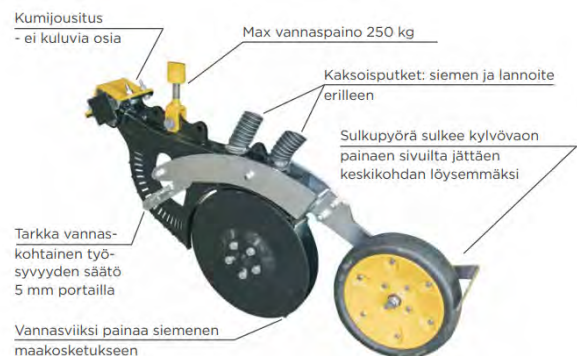
Suorakylvö vaikuttaa myös kasvinsuojeluun. Rikkaruohojen kasvualusta muuttuu kun siirrytään muokatusta maas-



Kuva 2.10: Koneviestin suorakylvökokeiden tuloksia, pylväät esittävät suorakylvön pienintä ja suurinta satoa ja viiva perinteisen muokkausmenetelmän tulosta [Koneviesti 2015]

ta lähes muokkaamattomaan maahan. Rikkaruohojen siemenet jäävät maan pinnalle, jolloin ne lähtevät helposti kasvuun. Kynnössä pintamaa ja rikkaruohosiemenet hautautuvat maahan, jolloin ne eivät pysty itämään. Tutkimuksissa savimaahan haudatut rikkaruohon siemenet eivät itäneet 10 cm syvyydestä ja hiekkamailla 12 cm syvyydestä [Benvenuti 2003]. Samoin kasvitaudit ja tuholaiset saavat erilaiset olosuhteet. Tämä tarkoittaa tarkempaa kasvuston ja maan tarkkailua ja myös lisääntynyttä kasvinsuojeluaineiden käyttöä.

Suorakylvökoneissa käytetään useimmiten kiekkovantaita, kuva 2.11. Kiekkovantat toimivat hyvin kasvijätteissä. Vantaistossa on työsyvyyden säätöä varten tukipyörä, joka voi myös toimia sulkupyöränä kuten kuvan 2.11 koneessa. Kiekkovantaa edessä voi olla erillinen kiekko, joka leikkaa vantaata varten viillon peltoon. Vantaille pitää saada riittävästi painoa, jotta ne uppoavat kovaankin maahan ja tukipyörä takaa tasaisen työsyvyyden. Vannaspainotus on säädettävissä. Suorakylvökoneeseen voidaan lisätä tarvittaessa erilaisia muokkaimia.



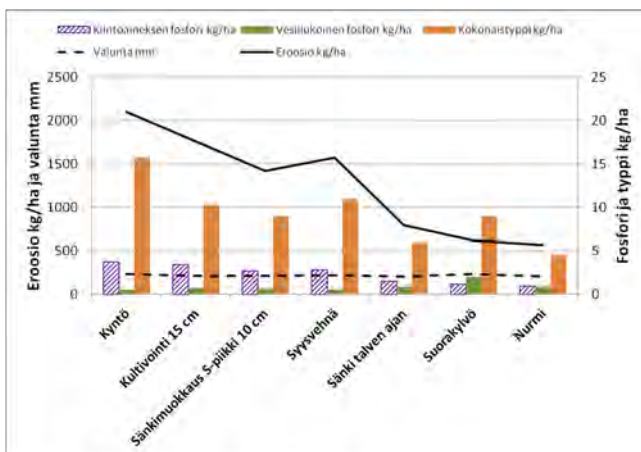
Kuva 2.11: Suorakylvökoneen vannas, Multiva

## Luku 3

# Muokkaus- ja kylvötavat ja päästöt

### 3.1 Muokkaus- ja kylvötavan vaikutus maan päästöihin

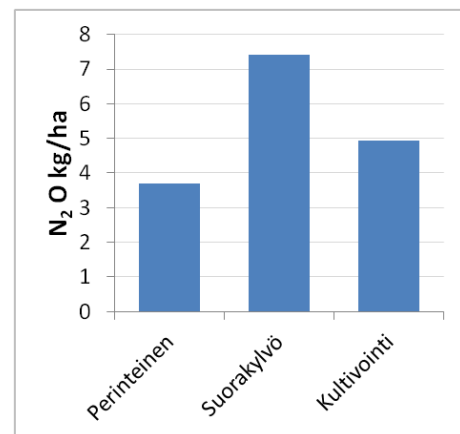
Muokkaustapa vaikuttaa pellolta tuleviin päästöihin. Se vaikuttaa sekä kaasumaisiin päästöihin että sateen mukana huuhtoutuviin päästöihin. Pellon pinnalla oleva kasvillisuus vähentää huuhtoumia, kun taas käsittelyn maan pinnasta tulee runsaammin huuhtoumia. Kuvassa 3.1 on esimerkki rinnepellolta mitatuista talven aikaisista huuhtoumistista. Valunta on ollut eri kojeäsenillä saman suuruista, mutta sen mukana kulkeissa ravinteissa on selviä eroja. Eroosio on suurinta kynnetyllä pellolla ja pienintä nurmipeitteisellä pellolla. Kynnön korvaaminen syysmuokkauksella ja syysvilja ovat aiheuttaneet lähes samansuuruisen eroosion. Pienimmillään eroosio on ollut, kun maa on ollut sängellä tai nurmella talven ajan. Kasvipeitteisyys on vähentänyt myös ravinteiden huuhtoutumista. Tämä johtuu kasvuston tai kasvijätteiden lisäksi kestävämmästä maan mururakenteesta. Suorakylvön liukaisen fosforin huuhtouma on hieman muita suurempi. Tämä johtuu siitä, että lannoitteiden ja kasvijätteiden fosfori jää pellon pintakerrokseen jolloin se huuhtoutuu helpommin. Tasaisella maalla veden pintavirtauksia ei ole ja sateen on imeydyttävä maakerroksen läpi salaojiin.



Kuva 3.1: Eri muokkausmenetelmien vaikutus rinnepellon huuhtoutumiin [Puustinen 2004]

Maasta vapautuu kasvijätteiden hajoamisen takia hiilidioksidia ja metaania. Lannoitteen ja lannan typen hajotessa talvikautena märässä maassa syntyy typpioksidulia ( $N_2O$ ). Maatalous tuottaa runsaan kolmanneksen maapallon typpioksidulipäästöistä. Laskettaessa ekvivalenttisia hiilidioksidipäästöjä

typpioksidulin kerroin on 300 eli se arvioidaan tämän verran hiilidioksidia haitallisemmaksi. Monasti typpioksiduli on hallitsevana pellon ilmaan vapautuvista päästöistä puhuttaessa. Kuvassa 3.2 on koetulos typpioksidulipäästöistä kaksivuotisen kokeen keskiarvona suomalaisella pellolla. Kultivointi menetelmässä syyskynnö oli korvattu kultivaattorilla. Suorakylvön suurempi päästö johtui tiiviimmästä pellon rakenteesta, jolloin maan kosteus on suurempi ja huokostilavuus (ilmatilavuus) on pienempi. Suorakylvö voi siten lisätä pellon ilmaan tulevia päästöjä.

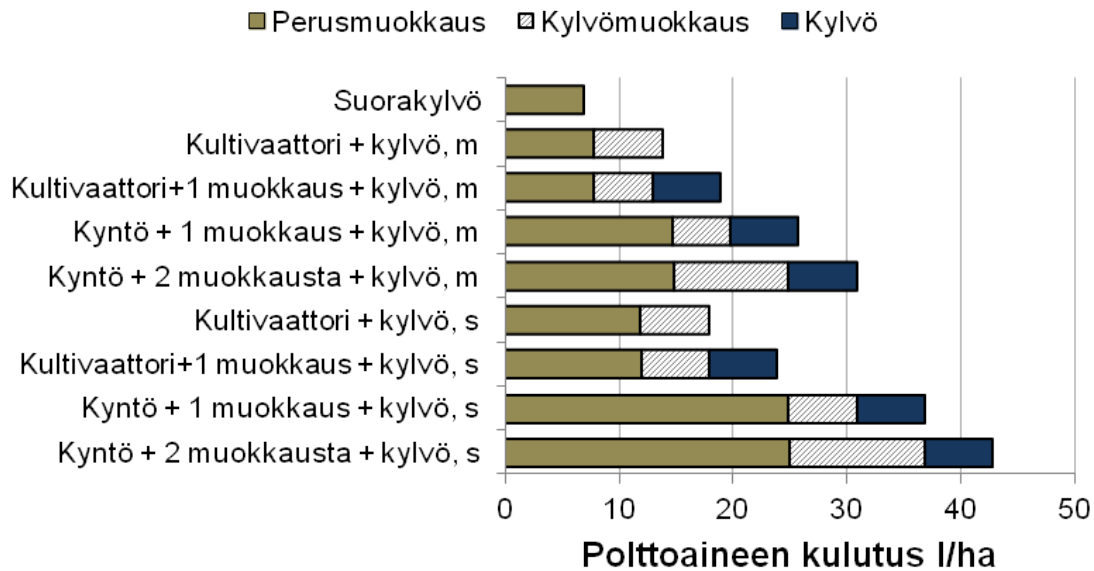


Kuva 3.2: Typpioksidulin vuotuinen päästö määrä kaksivuotisessa kokeessa [Sheehy 2013]

### 3.2 Muokkaustavan vaikutus polttoaineen kulutukseen ja moottorin päästöihin

Äestyksessä kuluu polttoainetta 5 - 10 l/ha ja kynnössä 15 - 25 l/ha. Pelto voidaan äestää kahteen tai kolmeen kertaa, jolloin koko äestyksen kulutus on 10 - 30 l/ha [Ahokas ym 2013]. Muokkauksen osuus suorasta viljanviljelyn energiankulutuksesta on 30 - 40 %. Kuvassa 3.3 [Esala 2013] on esimerkki eri muokkausmenetelmien vaikutuksesta polttoaineen kulutukseen. Kuvasta näkyy selvästi perinteisen muokkausmenetelmän (kynnö + 2 muokkausta + kylvö) suuri polttoaineen kulutus. Suorakylvöllä saadaan aikaiseksi pienin polttoaineen kulutus.

Työkonemoottoreiden päästörajat on annettu asetuksella 2016/1628 [EU 2016/1628]. Taulukossa 3.1 on tämän mukai-



Kuva 3.3: Eri muokkausmenetelmien ja kylvötyön aiheuttaman polttoaineen kulutus l/ha useiden lähteiden ja omien julkaisemattomien mittausten perusteella laskettuna. Kuviossa s = savimaa ja mm = multamaa [Esala 2013]

set päästörajat. Päästöt mitataan useasta moottorin kuormituspisteestä ja tuloksena saatu arvo kuvaa moottorin keskimääräistä vuotuista käyttöä. Moottorin päästöt riippuvat sen kuormituksesta ja esimerkiksi, jos halutaan laskea tietyn työn päästöt pitäisi tietää moottorin kuormitus ja myös sitä vastaavat päästöarvot. Lisäksi kuormituksen muutos aiheuttaa ns transienttipäästöjä. Yksittäisen työkoneneen todellisten päästöjen määrittäminen on siten hyvin hankalaa ja onnistuisi vain mittaamalla päästöt työn aikana. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista.

**Esimerkki.** Polttoaineen kulutus on perinteisessä muokkaus + kylvötyössä 42 l/ha. Mikä on tästä aiheutunut päästö?

Meillä on lähinnä käytettävissä taulukon 3.2 mukaiset päästöarvot. Äestyksessä moottoria kuormitetaan enemmän kuin 31 %, jolloin päästömäärät voivat olla erisuuret, mutta meillä ei ole tarkempaa tietoa saatavissa. Traktori tuottaa taulukon mukaan 2706 g hiilidioksidipäästön kulutettua polttoainelitraa kohden ja 2723 g hiilidioksidiekvivalenttipäästön. Tämän mukaan päästömäärät ovat:  $CO_2 = 42 \cdot 2706 = 114 \text{ kg/ha}$  ja  $CO_{2e} = 42 \cdot 2723 = 114 \text{ kg/ha}$ .  $CO_2$  ja  $CO_{2e}$  päästöjen ero on niin pieni, että pyöristettäessä tulos yhden merkitsevän numeron tarkkuuteen saadaan sama tulos.

Teknologian tutkimuskeskus VTT pitää moottoripäästöjen yksikkötietokantaa Lipasto Yksikköpäästöt [VTT Lipasto]. Sen mukaiset maataloustraktoreiden ja puimureiden päästöt on esitetty taulukossa 3.2. Nämä luvut ovat keskimääräisiä vuoden aikaiseen käyttöön liittyviä arvoja. Traktoreilla oletuksena on 77 kWh nimellisteho ja 31 % keskimääräinen kuormitusaste ominaiskulutuksen ollessa 263 g/kWh. Puimureilla nimellisteho on 89 kW, keskiteho 57% ja ominaiskulutus 261 g/kWh. Taulukossa 3.2 on säänneltyjen päästöjen lisäksi muita kasvihuonepäästöjä, näitä käytetään laskettaessa kasvihuonekaasupäästöä (= hiilidioksidiekvivalenttipäästö  $CO_{2e}$ ). Moottorin aiheuttamat päästöt ovat suoraan verrannolliset polttoaineen kulutukseen.

Taulukko 3.1: EU 2016/1628 Stage V mukaiset työkonemoottoreiden päästörajat, CO=häkä, HC=hiilivedyt, NO<sub>x</sub>=typen oksidit, PM=hiukkaspäästö

Tehoalue kW	Moottorityyppi	CO g/kWh	HC g/kWh	NO <sub>x</sub> g/kWh	PM g/kWh	PN <sup>1</sup> kpl/kWh
0 < P < 8	Diesel	8,00	HC+NO <sub>x</sub> ≤ 7,50		0,40 <sup>2</sup>	-
8 ≤ P < 19	Diesel	6,60	HC+NO <sub>x</sub> ≤ 7,50		0,40	-
19 ≤ P < 37	Diesel	5,00	HC+NO <sub>x</sub> ≤ 4,70		0,015	10 <sup>12</sup>
37 ≤ P < 56	Diesel	5,00	HC+NO <sub>x</sub> ≤ 4,70		0,015	10 <sup>12</sup>
56 ≤ P < 130	Kaikki	5,00	0,19	0,40	0,015	10 <sup>12</sup>
130 ≤ P ≤ 560	Kaikki	3,50	0,19	0,40	0,015	10 <sup>12</sup>
P > 560	Kaikki	3,50	0,19	3,50	0,045	-

<sup>1</sup>Hiukkasten lukumäärä<sup>2</sup>0,20 käsikäynnisteisille ilmajäähdytteisille suoraruiskutusmoottoreille

Taulukko 3.2: VTT Lipaston mukaiset traktoreiden ja puimureiden päästöt [VTT Lipasto]

Päästöt yksikkönä g/kWh

Laite	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2e</sub>
Traktori	4,7	1,0	5,5	0,36	0,050	0,014	0,0025	846	852
Puimuri	4,3	0,86	5,0	0,26	0,049	0,014	0,0025	825	831

Päästöt yksikkönä g/polttoainelitra

Laite	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2e</sub>
Traktori	15	3,1	18	1,1	0,16	0,046	0,0081	2706	2723
Puimuri	14	2,8	16	0,82	0,16	0,044	0,081	2655	2673

# Luku 4

## Esimerkki levitystasaisuudesta

**Esimerkki.** Levityskokeessa saatiin 50x50 cm laatikoihin levitettäessä seuraava tulos:

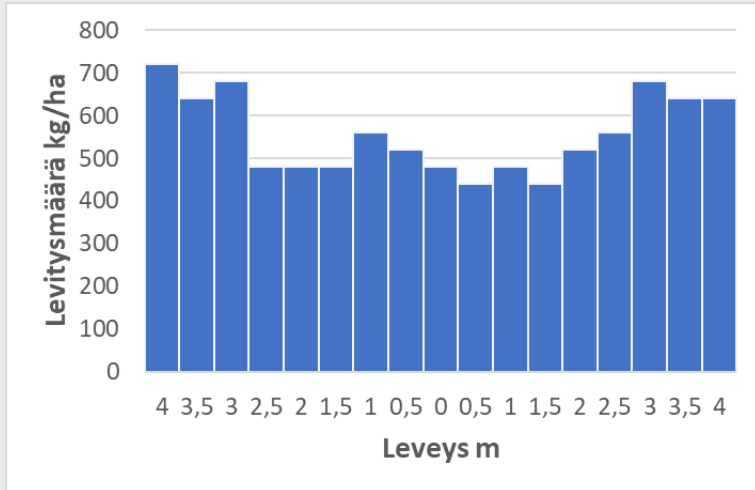
			Vasen puoli																Oikea puoli															
Paikka m	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6									
Määrä g	2	4	6	7	8	9	11	10	11	11	12	11	12	13	14	12	11	9	12	9	9	7	5	3	1									
Määrä kg/ha	80	160	240	280	320	360	440	400	440	440	480	440	480	520	560	480	440	360	480	360	360	280	200	120	40									
Vasemmalta oikealle	80	160	240	280	320	360	440	400	440	440	480	440	480	520	560	480	440	360	480	360	360	280	200	120	40									
Oikealta vasemmalle	40	120	200	280	360	360	480	360	440	480	560	520	480	440	480	440	440	400	440	360	320	280	240	160	80									

Ylärivissä on heittoleveys m lähtien keskilinjalta (0) ja sen alla laatikoihin kertynyt lannoitemäärä g. Laske levitystasaisuus kun työleveys on 8m.

Lasketaan ensin kg/ha arvot. Nämä saadaan laskemalla laatikon pinta-ala  $0,5 \cdot 0,5 = 0,25 \text{ m}^2$ . Jaetaan kunkin laatikon massa pinta-alalla ja kertomalla se luvulla 10 000 (1 ha = 10 000 m<sup>2</sup>) saadaan levitysmäärä hehtaaria kohden. Ajetaan edestakaisin, jolloin levityskuvion oikeat reunat menevät päällekkäin ja seuraavalla kerralla vasemmat reunat menevät päällekkäin. Alla olevassa kuvassa näiden ajojen luvut on kopioitu ensimmäisen ajon alle (8 m työleveys). Tämän jälkeen summataan kunkin kohdan levitysmäärät.

	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
	360	280	200	120	40												
	360	360	480	360	440	480	560	520	480	440	480	440	440	400	440	360	320
													80	160	240	280	320
	720	640	680	480	480	480	560	520	480	440	480	440	520	560	680	640	640

Piirretään tästä kuva ja lasketaan levitysvaihtelu, yhtälö 1.1. Saadaan alla oleva kuva.



Levityskuvion työleveyden keskiarvo on 555 kg/ha ja hajonta on 93 kg/ha. Tästä saadaan laskettua vaihtelukerroin  $v_a = \frac{93}{555} \cdot 100 = 17\%$ . Talulukon 1.1 mukaan levitystasaisuus on välttävä.

# Kirjallisuutta

- [Mikkola H. ] VAKOLAn raportti
- [Kara ym 1972] Kara O., Räisänen L. ja Palomäki A. Kylvö ja kylvökoneet. Vakolan tiedote 20/t2. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos 1972.
- [P.Peltonen-Sainio ja P.Järvinen 1995] P. Peltonen-Sainio ja P. Järvinen. Seeding rate effects on tillering, grain yield, and yield components of oat at high latitude. *Field Crops Research* 40 (1995) 49-56
- [ASAE S313] ASAE S313.2 Soil Cone Penetrometer. American Society of Agricultural Engineers.
- [Ahokas 2015] Ahokas J. & Oksanen T. Maamekaniikka, 2. painos. Maataloustieteiden laitos julkaisuja 40. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos. Helsinki 2015. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/153954/Maamekaniikka%202015.pdf?sequence=1>
- [Ahokas 1994] Ahokas J. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. Vakolan tutkimuslauseke 69. Maatalouden tutkimuskeskus, Vihti 1994.
- [Ahokas 2013] Ahokas J. (toim.) Polttoaineen kulutus peltotöissä. Maataloustieteiden laitos julkaisuja 26. Helsingin Yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta 2013.
- [Alakukku ja Mikkola 2004] Alakukku L. ja Mikkola H. Suorakylvöopas. Tieto tuottamaan 107. ProAgria Maa-seutukeskustesten liitto, 2004.
- [Alakukku 2006] Alakukku, L. 2006. Emergence of small grain cereals at different water potentials of clay and sandy soil. In: *Soil Management for Sustainability* (eds. Horn, R., Fleige, H., Peth, S. & Peng, X.). *Advances in Geocology* 38, 175–180.
- [Alakukku 2016] Alakukku L. Maan rakenne in Paasonen-Kivekäs M., Peltomaa R., Vakkilainen P., Äijö H. Maan vesi- ja ravinnetalous, Ojitus, kastelu ja ympäristö. Salaojayhdistys ry, 2. täydennetty painos, 2016. s. 53 - 73
- [Asetus 1250/2014] Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. (EU nitraattidirektiivi)
- [Asetus 235/2015] Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta 235/2014.
- [Ahokas ym 2013] Ahokas J., Esala J. ja Kataja J. Energian käyttö ja seuranta maataloilla. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Julkaisuja nro 25. Helsinki 2013.
- [Andersson ja Winklert 1972] Andersson, S., Winklert, P. 1972. Om de vattenhållande egenskaperna hos svenska jordarter. *Grundförbättring*. Vol. 25 s. 53-143.
- [ASAE D497.7 2011] Agricultural Machinery Management Data.
- [Benvenuti 2003] Benvenuti S. Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agronomy Journal*; Jan/Feb 2003; 95, 1.
- [Bernacki & Haman 1967] Bernacki H. & Haman J., *Grundlagen der Bodenbearbeitung und Pflugbau*. VEB Verlag Technik, Berlin 1967
- [DLG 6166F] Lemken Share Changing system. DLG Test Report 6166F. DLG e.V. Test Center Technology and Farm Inputs, 2014.
- [DLG 7088] Fliegl KDS270 Muck control. DLG Test Report 7088

- [EN 13740] EN-13740-1, Agricultural Machinery - Solid fertilizer line-distributors - Environmental protection - Part 1:Requirements.
- [Esala 2013] Esala J. Muokkaus ja kylvö in Polttoaineen kulutus peltotöissä. Toim. Ahokas J. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos julkaisuja nro 26. Helsinki 2013.
- [Estler et al 1984] Estler M., Knittel H. & Zeltner E., Bodenbearbeitung aktuell. DLG-Verlags- GmbH Frankfurt am Main, 1984
- [EU 2016/1628] Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/1628 annettu 14 päivänä syyskuuta 2016, liikkuviin työkoneisiin tarkoitettujen polttomoottoreiden kaasu- ja hiukaspäästöjen raja-arvoihin ja tyyppihyväksyntään liittyvistä vaatimuksista.
- [Heinonen 1979] Heinonen, R. Tillage Properties of Various Types of Soils. Konsulentavdelningen Publikationer, Agricultural College of Sweden, Uppsala, 42 pp. 1979
- [Hofstee ym ] Hofstee J.W., Speelman L. ja Scheufler B. Fertilizer Distributors in Machines for Crop Production, CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume III Plant Production Engineering. American Society of Agricultural Engineers 1999, 240 - 268
- [Häkansson ym 2002] Häkansson I, Myrbeck Å., Etana A. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. Soil & Tillage Research 64 (2002) 23–40
- [Isleib 2012] Isleib J. Soil temperature, seed germination and the unusual spring of 2012. Available at [http://msue.anr.msu.edu/news/soil\\_temperature\\_seed\\_germination\\_and\\_the\\_unusual](http://msue.anr.msu.edu/news/soil_temperature_seed_germination_and_the_unusual). 30.11.2015
- [ISO 5678:1993] ISO 5678:1993 Agricultural machinery — Equipment for working the soil — S-tines: main dimensions and clearance zones. International Organization for Standardization.
- [Kara ym 1972] Kara O., Räisänen L., Palomäki A. Kylvö ja kylvökoneet. Vakolan tiedote 20/72. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos 1972.
- [Kara ja Räisänen 1979] Kara O. ja Räisänen L. Maanmuokkauksen minimointi ja kylvö- ja lannoitusvantaisten soveltuvuus kyntämättömään maahan kylvöön. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos, Tutkimuslaskelma No 20, Helsinki 1979.
- [Kataoka ja Sakai 2009] Kataoka T. Ja Sakai K. Powered Tillage Equipment. Advances in Soil Dynamics, Vol 3, s. 361- 378. ASABE 2009.
- [Keller ym 2007] Keller T., Arvidsson J. & Dexter A.R. 2007. Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. Soil & Tillage Research 92(1-2), 45-52.
- [Koneviesti 2015] Suorakylvöesite 2015, [https://digi.viestilehdet.fi/kv/suorakylvoesite2015.pdf?\\_ga=2.159170297154785.1574774080](https://digi.viestilehdet.fi/kv/suorakylvoesite2015.pdf?_ga=2.159170297154785.1574774080)
- [Känkänen ym 2010] Känkänen H., Alakukku L., Salo Y. ja Pitkänen T. Growth and yield of spring cereals during transition to zero tillage on clay soils. European Journal of Agronomy Volume 34, Issue 1, January 2011, Pages 35-45
- [Lötjönen ym] Lötjönen T., Sinen E. ja Keränen T. Kevytmuokkaus ja suorakylvö kevyillä maalajeilla. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki>
- [Mikkola 1993] Mikkola H. Lannoitteenlevittimien levitysasaisuus. VAKOLAN tiedote 53/93. Maatalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimuslaitos , 1993.
- [Pfoest & Alber ] Pfoest D.L. & Alber O. Land Application Equipment for Livestock and Poultry Manure Management. <https://extension.missouri.edu/publications/eq383>, 27.4.2021
- [Puustinen 2004] Puustinen M, Koskiahio J., Peltonen K. Influence of cultivation methods on suspended solids and phosphorus concentrations in surface runoff on clayey sloped fields in boreal climate. Agriculture, Ecosystems and Environment 105 (2005) 565–579, 2004
- [Rotz ym 2012] Rotz C., Corson M, Chianese D., Montes F., Hafner S., Coiner C. The integrated farm system model, Reference Manual Version 3.6., Pasture Systems and Watershed Management Research Unit, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture September 2012

- [Salo ym 2013] Salo T., Turtola E., Virkajärvi P., Saarijärvi K., Kuisma P., Tuomisto J., Muurinen S., Turakainen M. Nitrogen fertilizer rates, N balances, and related risk of N leaching in Finnish agriculture. MTT Report 102, Jokioinen 2013
- [Sheehy 2013] Sheehy J., Sixb J., Alakukku L., Regina K. Fluxes of nitrous oxide in tilled and no-tilled boreal arable soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164 (2013) 190–199
- [SMP 3282] Konstgödselspridare Tume P1350. Meddelande 3282. Statens Maskinprovningarna 1991.
- [Sögaard & Kierkegaard 1994] Yield reduction resulting from uneven fertilizer distribution. *Transactions of the ASAE*, Vol. 37(6), American Society of Agricultural Engineers 1994.
- [Srivastava et al 1993] Srivastava A.K., Goering C.E. & Rohrbach R.P. *Engineering Principles of Agricultural Machinery*. ASAE Textbook Number 6. American Society of Agricultural Engineers, 1993. s. 183 - 192.
- [Tamm 2009] Tamm K., 2009. The Dependence on the Structure of Machinery and the Locality of Plots on Cereal Farm Work Activities. Institute of Technology, Eesti Maaülikool, Estonian University of Life Sciences. 2009
- [Toro ja Hansson 2004] Toro A., Hansson P-A. Analysis of field machinery performance based on daily soil workability status using discrete event simulation or on average workday probability. *Agricultural systems* 79, 2004.
- [Tuure et al 2016] Tuure J., Rammo A. & Ahokas J., \*Realtime soil moisture measurement during field work. *Agronomy Research* 14(1), 290–296, 2016
- [Ypadhyaya 2009] Upadhyaya S., Andrade-Sanchez P., Sakai K., Chancellor W., Godwin R. Soil Tillage, *Advances in Soil Dynamics* Vol. 3, Chapter 3, s. 273 - 359. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009
- [Vakkilainen 2016] Vakkilainen P. Hydrologian perusteita in Paasonen-Kivekäs M., Peltomaa R., Vakkilainen P., Äijö H. Maan vesi- ja ravinnetalous, Ojitus, kastelu ja ympäristö. *Salaojayhdistys ry, 2. täydennetty painos*, 2016. s. 73-129
- [VAKOLA 1109] Lannanlevitysvaunujen ryhmäkoetus, Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, Koetusselostus 1109, 1983.
- [VAKOLA 1214] Työlevydyttäen 2,5 m:n tasoajursinten ryhmäkoetus. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, Koetusselostus 1214, 1987.
- [VAKOLA 1238] Tasoajursinten 2,5 m tehontarve. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, Koetusselostus 1238, 1988.
- [VAKOLA 1303] Kultivaattorien ryhmäkoetus. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, Koetusselostus 1311, 1991.
- [VAKOLA 1311] Tume Nordic 5600 -s-piikkiäes. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, Koetusselostus 1311, 1992.
- [VAKOLA 1313] S-piikkien ryhmäkoetus. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, Koetusselostus 1313, 1992..
- [Kara ym 1973] Kara, O., Räisänen L., Hänninen M., Kevätviljojen jyräys, VAKOLAN TIEDOTE 22/73, 1973
- [Wilkinson & Braunbeck 1977] Wilkinson R. & Braunbeck O., *Elements of Agricultural Machinery*, volume 1. FAO, Rome 1977

[VTT Lipasto] Lipasto yksikköpäästöt Teknologian tutkimuskeskus VTT, <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/>, 14.11.2019