Janne Löytöjärvi

Metsänlannoitus maataloustraktorilla

Maalevityksen levitystasaisuuden vertailu maataloustraktorin ja metsätraktorin välillä

Opinnäytetyö
Kevät 2013
Maa- ja metsätalouden yksikkö
Metsätalouden koulutusohjelma

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Metsätalouden koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Metsätalous

Tekijä: Janne Löytöjärvi

Työn nimi: Metsänlannoitus maataloustraktorilla – maalevityksen levitystasaisuuden vertailu maataloustraktorin ja metsätraktorin välillä

Ohjaaja: Antti Väätäinen ja Ossi Vuori

Vuosi: 2013 Sivumäärä: 35 Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää maataloustraktorin soveltumista metsänlannoitukseen. Yleisin menetelmä metsälannoitteiden levittämiseen on ollut lentolevitys. Maalevitys on lisäämässä suosiotaan levitinkoneiden kehittyessä. Peltolannoitteiden levityksessä käytettävät lannoitteenlevittimet ovat hyödynnettävissä yleensä suoraan metsälannoituksessa. Maatalouslannoitteenlevittimien käyttöastetta voisi täten kasvattaa metsälannoituksessa.

Tässä työssä kerrotaan metsälannoituksesta yleisesti, ravinteiden käytöstä metsässä sekä lisäravinteiden vaikutuksista, selvitetään tarkemmin terveyslannoituksia kivennäis- ja turvemailla sekä kasvatuslannoitusta. Lisäksi levitystasaisuuden merkitys metsälannoitteiden levityksessä otetaan huomioon. Tätä tutkimusta varten järjestettiin metsälannoitteiden levitystasaisuuskoe, johon osallistui samanaikaisesti maataloustraktori ja ajokoneesta muunneltu lannoitteenlevityskone. Levitystasaisuutta tutkittiin mittasuppilosarjan ja jousivaa´an avulla, joiden avulla saatiin selvitettyä poikkeamaprosentti. Tutkimusta varten järjestetty testi suoritettiin elokuussa 2012. Koealakenttänä toimi kuivahkon kankaan kahdesti harvennettu mäntymetsä. Mittauksia suoritettiin viisi maataloustraktorin ja viisi metsätraktorin levityksen jäljiltä.

Tämän tutkimuksen tuloksista ilmeni, että maataloustraktori soveltuu metsälannoitteiden maalevitykseen hyvin. Levitystasaisuudessa ei ollut eroa metsätraktorin suorittamaan metsälannoitukseen, ja keskimääräiset levitystasaisuuden tulokset tässä tutkimuksessa olivat paremmat maataloustraktorilla kuin metsätraktorilla. Levityskoneen säätöihin tulee kuitenkin varata riittävästi aikaa.

Avainsanat: metsälannoitus, maalevitys, levitystasaisuus, maataloustraktori, metsätraktori

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Agriculture and Forestry

Degree programme: Forestry

Specialisation: Forestry

Author: Janne Löytöjärvi

Title of thesis: Agricultural tractor use in forest fertilization – a comparison between an agricultural tractor and a forestry tractor for spreading fertilizer evenly

Supervisors: Antti Väätäinen and Ossi Vuori

Year: 2013 Number of pages: 35 Number of appendices: 0

The aim of this thesis is to determine the suitability of an agricultural tractor for forest fertilization. The most common method of spreading fertilization in a forest has been aerial spraying. Ground spreading is coming more popularity. The spreaders used for fertilization in a field and forest are similar. Field spreaders can therefore be exploited for forest fertilization.

This thesis tells about forest fertilization overall, the use of nutrients in the forest and how fertilization effects growth.

It also takes a closer look at remedial fertilization, growing fertilization and the meaning of uniform spreading in forest fertilization. For this thesis the evenness of the spreading was tested. Participating in the test at the same time were an agricultural tractor and a forest tractor with fertilizer spreaders. The evenness of the spreading was measured using a measuring cup and a spring scale. The results show how successful the fertilizer spreading was in the forest. The test was in a pine forest in August 2012. The measurements were taken from five samples for each machine. The results show that it is possible to utilise the agricultural tractor for forest fertilization. Spreading uniformity was at the same level for the agricultural tractor and the forest tractor. The results were in fact even better for the agricultural tractor than the forest tractor in this test.

Keywords: forest fertilization, soil spreading, agriculture tractor, forest tractor

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä 2
Thesis abstract 3
SISÄLTÖ 4
Kuvio- ja taulukkoluettelo 6
Käytetyt termit ja lyhenteet 7
1 JOHDANTO 8
2 METSÄNLANNOITUS 9
2.1 Ravinteet ja niiden käyttö 9
2.2 Lannoitteena annettujen ravinteiden käyttö 10
2.3 Terveyslannoitus 11
2.3.1 Kivennäismaat 12
2.3.2 Turvemaat 12
2.4 Kasvatuslannoitus 13
2.5 Metsälannoituksen toteutus 14
3 LEVITYSTASAISUUS JA SEN MERKITYS 16
4 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET 18
5 AINEISTOT JA MENETELMÄT 19
5.1 Työn toteutus ja aikataulu 19
5.2 Kalusto 20
5.2.1 Ajokone 20
5.2.2 Maataloustraktori 22
5.3 Koealakenttä 24
5.4 Levitystasaisuuden laskenta 26
6 TULOKSET 27
7 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTAA 30
7.1 Levitystasaisuus 30
7.2 Maataloustraktorin ja metsätraktorin eroja metsänlannoituksessa 31
7.3 Epätasaisen maaston vaikutus 32
8 JOHTOPÄÄTÖKSET 33

LÄHTEET 34
LIITTEET 36

Kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Puiden kasvun riippuvuus neulasten ravinnepitoisuudesta yleisen kasvumallin mukaan. 9
Kuvio 2. Päällekkäispeittolevityksen periaate..... 17
Kuvio 3. Metsälannoitukseen varusteltu John Deere 810D -ajokone. 21
Kuvio 4. Traktorin perään kytkettävä Sulky Burel -lannoitteenlevitin. 22
Kuvio 5. Raemittari..... 23
Kuvio 6. Koealakenttä. 25
Kuvio 7. Suppilopussirivi asennettu kahden ajouran väliin poikittain..... 26
Kuvio 8. Maataloustraktorin levityksen levitystasaisuus punnituserittäin..... 27
Kuvio 9. Metsätraktorin levityksen levitystasaisuus punnituserittäin 28
Kuvio 10. Maataloustrakorin levitystasaisuustulokset keskimäärin mittauspisteittäin. 29
Kuvio 11. Metsätraktorin levitystasaisuustulokset keskimäärin mittauspisteittäin. 29
Kuvio 12. Ajokoneen vaurioittamia runkoja molemmin puolin ajouraa. 32

Käytetyt termit ja lyhenteet

Kasvatuslannoitus	Lisää puuston tuotosta ja arvokasvua. Kasvua parannetaan lisäämällä niitä ravinteita, joita maassa on niukasti puiden tarpeisiin nähden. Yleensä kasvua rajoittaa typen puute.
Maalevitys	Maalevityksellä tarkoitetaan maasta käsin tapahtuvaa lannoitteen levitystä. Levitys voi tapahtua joko käsin tai koneellisesti. Voidaan käyttää myös termiä pintalevitys.
Maataloustraktori	Liikkuva moottorikäyttöinen vetokone, johon voidaan kiinnittää työkoneita. Käytetään pääsääntöisesti maatalouden töihin.
Metsätraktori	Puutavaran metsäkuljetuksiin suunniteltu traktori. Käytetään myös termiä ajokone.
Terveyslannoitus	Terveyslannoituksella estetään tai korjataan jonkin ravinteen puutoksesta aiheutuvia kasvuhäiriöitä puustossa.

1 JOHDANTO

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, soveltuuko maataloustraktori metsänlannoitukseen ja selvittää maataloustraktorilla tehtävän lannoituksen levitystasaisuus. Tuloksia verrataan metsätraktorilla suoritettavaan lannoitteen levitykseen. Työ tehdään yhdessä lannoitevalmistaja Yara Suomen kanssa.

Metsänlannoitus hoidetaan pääasiassa urakoitsijavetoisesti lentolevityksenä. Viime vuosina alalle on tullut myös metsätraktorin päälle asennettujen lannoitteenlevittimien avulla lannoituksia tekeviä urakoitsijoita. Omatoimiset metsänomistajat tekevät lannoituksia käsin tai olemassa olevan kaluston, kuten maataloustraktorin avulla. Maalevityksen etuja ovat sen levitystarkkuus sekä kustannustehokkuus erityisesti pienemmillä lannoitusaloilla. Maalevitys soveltuu parhaiten kangasmaiden kasvatuslannoituksiin. (Kemiallisten lannoitteiden maalevitys, 2011)

Maataloustraktorilla suoritettujen metsälannoitteiden levitystä ei ole juuri tutkittu viimeisten vuosikymmenten aikana. Tällä välin lannoitteenlevittimet ovat kehittyneet huimasti. Työssä tutkitaan nykyaikaisen lannoitteenlevitimen soveltuvuus metsänlannoitukseen ja seurataan sen levitystasaisuutta. Samalla koealakentällä mitataan metsätraktorilla suoritettu lannoitteen levityksen levitystasaisuus.

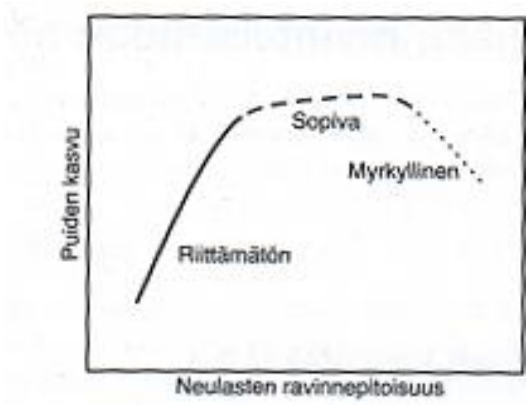
Levitystasaisuutta seurataan koealakentillä mittasuppilosarjan avulla. Mittasuppilot sijoitetaan poikittain kahden ajouran väliin, jotka punnitaan jousivaa´alla levityksen jälkeen. Tuloksista saadaan selvitettyä levitystasaisuus.

Tässä työssä selvitetään vain koneellisen maalevityksen levitystasaisuutta. Työn ulkopuolelle jäävät lentolevitys, käsinlevitys sekä muut koneelliset levitysmenetelmät.

2 METSÄNLANNOITUS

2.1 Ravinteet ja niiden käyttö

Kaikki kasvin tarpeelliset ravinteet ovat kasvin elintoimintoiminnoille yhtä tärkeitä ja mikään muu ravinne tai alkuaine ei voi korvata toista ravinnetta. Kasvutekijöiden vaikutustapaa ja niiden keskinäistä suhdetta kuvataan ”kasvutekijöiden lakien” avulla (kuvio 1.). Niiden pääperiaatteiden mukaan suhteellisesti epäsuotuisin kasvutekijä (ravinne) määrittää kasvun tason. Yksittäisen kasvutekijän lisääminen parantaa kasvua minimistä lähtien enintään optimiin saakka. Tämän jälkeen kasvutekijän lisääminen vähentää kasvua ja lopulta estää kasvun tai jopa tappaa kasvin kokonaan. (Mälkönen 2003, 177)



Kuvio 1. Puiden kasvun riippuvuus neulasten ravinnepitoisuudesta yleisen kasvumallin mukaan (Mälkönen 2003, 176).

Ravinnetila on kangasmaiden taimikoissa yleensä hyvä uudistamisessa ja maanmuokkauksessa vapautuvien ravinteiden ansiosta. Suurimmillaan ravinnetarve on 30–60 vuotiaissa puustoissa. Havupuut käyttävät ravinteet tehokkaammin hyväksi, sillä lehtipuut palauttavat osan ravinteista takaisin maaperään pudottaessaan vuosittain lehtensä. Karikkeen kautta osa ravinteista palautuu kuitenkin takaisin puun käyttöön. Pintakasvillisuus on merkitsevä osatekijä ravinteiden käytössä. Pintakasvillisuus käyttää yleensä enemmän ravinteita tuotettua biomassayksikköä kohden kuin puusto. Näin ollen puuston

ottamista ravinteista osa sitoutuu pitkäksi aikaa biomassaan. (Mälkönen 2003, 179.)

Puunkorjuussa häviää paljon ravinteita. Hakkuutähteiden korjuussa metsistä poistuu huomattavasti enemmän ravinteita kuin perinteisessä ainespuun korjuussa. Ensiharvennusmetsissä latvukset sisältävän kaksi kolmannesta puustoon sitoutuneesta ravinteista, vaikka latvusten osuus on vain yksi kolmannes kaikesta puun biomassasta. Tämän takia olisikin suositeltavaa jättää ensiharvennusvaiheessa latvat ja oksat korjuualalle, sillä hakkuutähteen korjuusta aiheutuva ravinteiden menetys ajoittuu suurimman ravinnetarpeen ajanjaksolle ja kasvussa näkyvä taantuma voi kestää yli 10 vuotta. Lannoitus ei korvaa täysin hakkuutähteiden korjuusta johtuvaa ravinnevajautta. Päätehakkuussa hakkuutähden korjuulla ei ole niin suurta vaikutusta, sillä taimikot eivät tarvitse niin paljon ravinteita kasvaakseen. Sen sijaan hakkuutähdekasoista huuhtoutuu huomattavan paljon ravinteita ja suositeltavampaa on levittää hakkuutähteet tasaisesti pitkin hakkuualaa. (Mälkönen 2003, 179–181.)

2.2 Lannoitteena annettujen ravinteiden käyttö

Lannoitteena annetuista ravinteista vain suhteellisen pieni osa menee puiden käyttöön. Lannoitetypestä kilpailevat puuston ohella pintakasvillisuus, maamikrobisto sekä kemialliset prosessit, jotka sitovat typpeä maan orgaaniseen ainekseen. Tämän lisäksi osa lannoitteista huuhtoutuu ja osa haihtuu. Pienet typpiannokset voivat sitoutua siinä määrin pintakasvillisuuteen ja mikrobistoon, ettei puusto saa käyttöönsä tavoiteltua typpimäärää kasvunlisäykseen. Mikrobistoon sitoutunutta lannoitetyppeä voi tulla kuitenkin kasvillisuuden käyttöön mikrobien kuoltua vasta myöhemmin. Lannoitus typellä lisää neulasmassaa, mikä tuottaa lisää hiilihydraatteja, joista osa ohjautuu runkopuun kasvuun. Neulasmassa lisääntyminen lisää myös karikkeen määrää muutaman vuoden viiveellä. Pintakasvillisuuden karikkeen määrä lisääntyy jo lannoitusvuonna. (Mälkönen 2003, 184–185.)

NP-lannoitus lisää typen huuhtoutumista eniten heti lannoitusvuonna, mutta palautuu kolmantena vuonna luontaiselle tasolle. Fosforin huuhtoutumista NP-

lannoitus ei lisää. Huuhtoutumista voidaan estää käyttämällä hidasliukoisia lannoitteita ja kohtuullisia lannoitusmääriä, levittämällä lannoitteet oikeana ajankohtana ja valitsemalla kohteet huolellisesti. Lannoitteiden päätyminen vesistöihin, puroihin ja ojiin, on ehdottomasti estettävä. Lisäksi tulee huolehtia lannoitteiden tasaisesta levityksestä. (Mälkönen 2003, 188.)

2.3 Terveyslannoitus

Kivennäismailla ja erityisesti turvemailla voi olla ravinne-epätasapainoa. Terveyslannoituksilla voidaan ehkäistä tai ainakin vähentää maan epätasapainoisesta ravinnetaloudesta kärsivien puiden kasvuhäiriöitä. Yleensä terveyslannoituksia tehdään turvemaille ja viljavien maiden kuusikoille. Hyödyllisintä terveyslannoitukset ovat entisten peltojen metsityskohteilla. Tarvetta on myös turvetuotannosta vapautuneilla alueilla. Nuorissakin metsiköissä voi olla taantuvaa kasvua metsänhoidollisista toimenpiteistä huolimatta, ja puustossa voi olla laatua heikentäviä runko- ja latvavikoja. Terveyslannoituksilla mahdollistetaan puiden tasapainoinen ravinteiden saanti, jolloin estetään kasvuhäiriöt. (Hynönen, Hämäläinen & Laukkanen 2002, 15–16.)

Ravinnetilan puutosoireet selviävät helpoiten puustossa silmämääräisesti havaittavien oireiden perusteella, mutta koska puiden epänormaalille kehitykselle voi olla muitakin syitä, on ravinnetila ja terveyslannoitustarve yleensä selvitettävä maa- tai neulasnäytteillä, joista suositeltavampi ja tarkempi on neulasnäytteiden otto. (Hynönen ym. 2002, 16.)

Terveyslannoituksiin on mahdollista hakea kestävän metsätalouden rahoituslain Kemera-tukea. Ravinneanalyysin kulut korvataan täysimääräisesti. Suunnittelukustannukset korvataan, mutta arvonlisävero peritään metsänomistajalta. Lannoituksen kustannuksiin ja lannoitteisiin saatavaan tuen suuruuteen vaikuttaa, millä tukivyöhykkeellä metsätila sijaitsee. Suomi on jaettu kolmeen tukivyöhykkeeseen, vyöhykekartta löytyy Metsäkeskuksen nettisivuilta. Tukivyöhyke 1 (eteläinen) kattaa 40 %, tukivyöhyke 2 (keskinen) 55 % ja tukivyöhyke 3 (pohjoinen) 65 % lannoituksen kustannuksista ja lannoitteista. Rahoituksen edellytyksenä on, että metsän kehitys on ravinne-epätasapainon

vuoksi taantuvaa metsänhoidosta huolimatta, metsä on 1-3 kehitysluokassa olevaa, Metsäkeskus on hyväksynyt suunnitelman ennen toteutusta ja lannoitettavan pinta-alan koko on vähintään yksi hehtaari. Kasvatuslannoituksiin ei ole mahdollista hakea Kemera-tukea. (Kemera-tuet, 20.11.2012.)

2.3.1 Kivennäismaat

Kivennäismailla yleensä viljavat kuusikot kärsivät boorinpuutoksen aiheuttamista kasvuhäiriöistä. Yleistä se on Itä- ja Pohjois-Suomessa sekä osissa Keski-Suomea. Tyypillistä metsälle on, että sitä on aiemmin kaskettu ja laidunnettu. Boorin puutos aiheuttaa sekä laatu- että kasvutappioita, näkyvimmät oireet ovat latvan kärkisilmujen kuoleminen ja lukuisat latvasilmut. Näistä aiheutuu monilatvaisuutta ja runkovikoja sekä pituuskasvun tyrehtyminen. Boorilannoituksella saadaan nopeasti parannettua puutostilat, jopa puolessa vuodessa booripitoisuudet nousevat moninkertaisesti. Vaikutukset näkyvät viiveellä, sillä häiriöt tulevat jo silmuuntumisvaiheessa.

Myös muita hivenravinteista kärsiviä kivennäismaita voi olla tarve lannoittaa. Usein kivennäismaiden terveyslannoituskohteet tulisi lannoittaa jo taimikkovaiheessa, jotta puihin ei ehdi syntyä laatua alentavia vikoja. (Makkonen & Häggman 2008, 6.)

2.3.2 Turvemaat

Tyypillisimmät turvemaiden lannoituskohteet ovat kohtalaisen runsastyppiset kasvupaikat, joissa vesitalous kunnossa ja metsänhoitotoimeenpiteet suoritettu (harvennukset). Kivennäismaista turvemaat poikkeavat typen määrän suurella vaihtelulla. Typen niukkuutta ilmenee vain karuilla, ohutturpeisilla soilla, ja niukkuudesta ei ole juuri muuta haittaa kuin kasvun hidastuminen. Valtaosassa terveyslannoituskohteista on runsaasti typpeä suhteessa fosforiin ja kaliumiin. Näiden lisäksi tarvetta on myös yleensä boorista, sekä hieman kohteesta riippuen muista hivenaineista, kuten sinkistä ja kuparista. Erityisesti metsitetyt turvepellot kaipaavat terveyslannoitusta. (Makkonen & Häggman 2008, 9.)

Runsaasti typpeä sisältäville suokohteille suositellaan käytettäväksi puutuhkaa. Tuhkaan voidaan lisätä booria, jos metsikössä ilmenee puutosoireita. Tuhka ei sisällä typpeä, eli se ei juuri lisää kasvua kangasmailla. Lisäksi tuhka kalkitsee hapanta maaperä, mikä vilkastuttaa ravinteiden kiertoa. (Hynönen, Moilanen, Makkonen, Äijälä & Häggman 2008, 11.)

2.4 Kasvatuslannoitus

Kasvatuslannoituksella lisätään puuston kasvua ja nopeutetaan sen järeytymistä arvokkaaksi tukkipuustoksi sekä pyritään lyhentämään puuston kiertoaikaa. Alhaisin kasvutekijä määrittää kasvun tason. Kasvaakseen puut tarvitsevat auringon valon ja lämmön lisäksi vettä ja veteen liuenneita ravinteita tasapainoisessa suhteessa. Kasvun kannalta typpi on tärkein ravinne, jota tarvitaan jopa toista sataa kiloa hehtaarilla kasvukauden aikana. Turvemailla kannattavilla lannoituskohteilla typpeä on yleensä riittävästi, ne eivät tarvitse lisätyppeä kasvuun kuin jatkolannoituksissa ja erityiskohteissa. Turvemailla kasvua hidastavat fosforin- ja kaliumin puute. Kivennäismailla puuston kasvua voidaan helposti lisätä typpilannoituksella. Kivennäismailla puuston lannoitustarve arvioidaan kehitysluokan ja iän sekä kasvupaikkatyypin perusteella. Paras lannoitustulos saadaan, kun puustoa on hoidettu hyvien metsänhoidon suositusten mukaisesti, vesitalous on kunnossa ja harvennukset suoritettu. (Makkonen & Häggman 2008, 4–6.)

Kasvatuslannoituksen kannattavuus vaihtelee kasvupaikan sekä puuston iän ja kehitysluokan mukaan. Paras korko sijoitetulle pääomalle saadaan keski-ikäisissä (30–70-vuotiaissa) metsiköissä. Normaalilla typpiannoksella (150 kg/ha) keskimääräinen vaikutusaika männikössä on 6–8 vuotta ja kuusikoissa 8–10 vuotta. Kuivahkon kankaan männikössä kertalannoituksella lisätään kasvua 13–19 m^3 kahdeksassa vuodessa. (Hynönen ym. 2002, 11.) Tuoreiden kankaiden kuusikoissa lannoitusinvestoinnille voidaan saada jopa yli 20 %:n reaalinen vuotuinen tuotto. Muissakin hyvissä lannoituskohteissa saavutetaan lähes 20 %:n vuosituotto ja lähes aina saavutetaan yli 10 % vuotuinen tuotto kangasmailla. Pohjoisemmaksi siiryttäessä taloudellinen tulos heikkenee kasvunlisäyksen

pienenemisen takia. Lähellä päätehakkuuikää olevien puiden kasvunlisäys kohdistuu rungon tukkiosaan ja lannoitusinvestointi on nopeasti realisoitavissa. Tällöin lannoitus kannattaa ajoittaa noin 10 vuotta ennen päätehakkuuta. (Makkonen & Häggman 2008, 20–23.)

2.5 Metsälannoituksen toteutus

Metsälannoitus hoidetaan yleensä ammattilaisten voimin yhteishankkeena, jolloin useamman metsänomistajan lannoitukset hoidetaan keskitetysti joko lentolevityksenä tai maalevityksenä. Omatoiminen metsänomistaja voi hoitaa levityksen itse joko käsin tai koneellisesti. Lannoitteet voi hankkia metsänhoitoyhdistysten, metsäkeskusten, metsäpalveluita tuottavien yritysten kautta tai omatoimisesti lannoitteiden kauppiailta. (Metsänlannoitusopas 2009, 22.)

Lentolevitys. Nykyään lentolevitykset hoidetaan helikopterilla, joihin on asennettu erillinen levitinyksikkö. Lentolevitys onnistuu myös vaikeissa kohteissa, kuten soilla. Lentolevityksen kustannukset saadaan sitä pienemmäksi mitä suurempia lannoituspinta-alat ovat ja mitä keskitetymmin lannoituskohteet sijaitsevat. Varastopaikka toimii samalla helikopterin nousu- ja laskeutumispaikkana. Yhdeltä varastopaikalta suositellaan levittämään yli 30 hehtaaria kerrallaan, jotta levitys on kannattavaa. (Lentolevitys 2011) Lentolevitys ei jätä maasto- eikä puustovauroita, ja hajanaisille kuvioille ei tarvitse kulkea muiden maanomistajien maiden läpi. Levitystyötä helpottavat sähköiset kartat ja gps-laitteistot. (Metsänlannoitusopas 2009, 22.)

Koneellinen maalevitys. Maalevitys soveltuu erityisesti kangasmaiden kasvatuslannoituksiin erityisesti harvennushakkuiden jälkeen. Maalevitys on tarkempaa ja edullisempaa kuin lentolevitys ja lisäksi maalevityksessä pystytään ottamaan paremmin huomioon vesistöjen suojakaistat ja muut lannoitukselta säästettävät kohteet. Maalevitys on kustannustehokkaampaa pienemmillä levitysaloilla. Koneelliseen maalevitykseen on tarjolla useita erilaisia koneita. Urakoitsijat käyttävät yleisesti levityskoneidensa alustakoneina ajokoneita, joissa levitinyksikkö on asennettu kuormatilan perään. Ajokoneen etuina ovat sen tehokkuus metsässä ja tasaisempi eteneminen telien ansiosta. (Kemiallisten

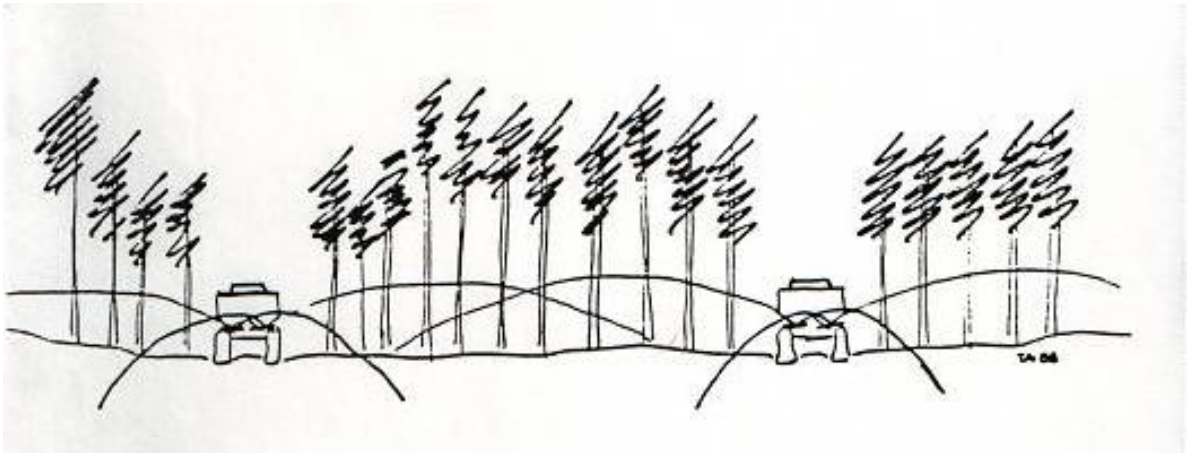
lannoitteiden maalevitys, 2011). Levitys onnistuu myös tavallisella maataloustraktorilla, johon on kytketty perään tavallinen peltolannoitteiden lannoitteenlevitin. Lisäksi mönkijöiden perään on asennettavissa erilaisia levityslaitteita. Maataloustraktori ja mönkijä soveltuvat hyvin pienille kuvioille, joihin ei ole taloudellisesti kannattavaa tuoda ammattimaista lannoitteenlevittäjää. (Metsänlannoitusopas 2009, 22–23.)

Käsinlevitys. Lannoitteet voidaan levittää myös käsin metsään, jota suositellaan erityisesti omatoimisille metsänomistajille. Suositeltavaa on, että lannoitesäkit kuljetetaan metsään etukäteen tasaisesti koko kuvioille. Apuvälineinä kannattaa käyttää esimerkiksi taimivakkaa ja kauhaa. (Metsänlannoitusopas 2009, 23.)

3 LEVITYSTASAISUUS JA SEN MERKITYS

Kasvutekijöiden lakien mukaisesti suhteellisesti vähiten saatavilla oleva ravinne määrittää kasvun tason. Yksittäisen kasvutekijän lisääminen parantaa kasvua minimistä lähtien enintään optimiin saakka. Vähyys aiheuttaa kasvun tyrehtymisen ja liiallinen lisääminen aiheuttaa saman reaktion tai voi jopa tappaa kasvin kokonaan. Kasvunlisäystä tapahtuu vain kaikkien ravinteiden ollessa oikeassa suhteessa. Pintakasvillisuus käyttää osan ravinteista. Liian vähäinen lannoitus voi lisätä ainoastaan pintakasvillisuutta, ja puusto ei pääse hyödyntämään ravinnelisäystä. Epätasainen lannoitus voi näin ollen vaikuttaa positiivisesti vain osaan puustossa, ja paikoittain liiallinen lannoitus voi olla jo haitaksi kasvulle ja paikoittain osa puustosta jää kokonaan ilman lannoitusvaikutusta. Liiallinen lannoitus lisää myös huuhtoutumisriskiä. (Mälkönen 2003, 177–179) Puuston kasvussa voidaan Paavilaisen (1979) mukaan saavuttaa jopa 0,5 kuutiometrin vuotuinen kasvunlisäys, mikäli poikkeamaprosentti lannoituksessa alenee 50–60 %:n tasosta 20–30 prosentin tasoon. (Silver & Saarinen 2007, 64–65.)

Puuston runkolukutiheydellä, valtapituudella, pohjapinta-alalla, oksaisuudella tai ajouraetäisyydellä ja maastolla ei ole havaittu olevan vaikutusta maalevityksen levitystasaisuuteen. Myöskään lannoitemäärillä (kg/ha) ei ole todettu olevan merkitystä. Tavoiteltavaa sen sijaan on, että ajourien välialue saa päällekkäispeiton (kuvio 2.). Tällöin alueelle ei jää katvealueita puuston tai muiden esteiden taakse. (Ari 1990, 4–6.)



Kuvio 2. Päällekkäispeittolevityksen periaate. Lannoitetta leviää molemmilta ajourilta ristikkäisinä heittolinjoina jättämättä katvealueita puiden taakse. (Kuva: Ari 1990, 6.)

Norokorven (1977, 15–17) artikkelin mukaan pakkasvauriot lisääntyvät metsiköissä joihin on levitetty lisätyppeä yli 200 kg/ha ja alueen lämpösumma jää 90 %:iin normaalista. Pakkasvaurioiden syntyminen näyttää kytkeytyvän edeltävään viileään kasvukauteen, jolloin lannoitettujen puiden kasvu saattaa jatkua liian myöhään eivätkä ne ehdi talveutua riittävästi ennen pakkasia. Tuhoriski kasvaa mitä pohjoisemmaksi mennään ja suurin tuhoriski on Lapissa, jossa lämpösumma jää alle 950 d.d. yksikköä. Metsähallituksen ja Kemira Oy:n lannoitusaloilta kerättyjen neulasanalyysien perusteella todettiin, että vioittuneissa puissa oli merkittävästi suurempi typpipitoisuus kuin vioittumattomissa puissa, joka johtui ilmeisesti epätasaisesta lannoitteiden levityksestä. Paleltumisvaaraa voidaan täten ehkäistä tasaisella lannoitteen levityksellä.

Silverin ja Saarisen (2007, 65–69) tutkimuksen mukaan vuosina 2000–2006 helikopterilla suoritettujen turvemaiden terveyslannoituskohteiden keskimääräiseksi poikkeamaprosentiksi muodostui 47 %. Hyväksytyn 30 % rajan sisällä oli vain kolmannes koealoista. Levitystasaisuus oli samanlaista kuin muissa lentolevitystä koskevissa tutkimuksissa. Ongelmana oli myös lannoitteiden joutuminen ojiin, 69 % ojiin sijoitetuista näytesuppiloista keräsi lannoitetta levityksen yhteydessä. Ojien varominen on saattanut toisaalta lisätä vaihtelua levitystasaisuudessa. Havainnot kangasmaiden kasvatuslannoituksista puoltavat tätä. Kun ojia ei ole tarvinnut varoa ja levitys voidaan suorittaa ilman sarkaojien määrittelemää jaotusta, on poikkeamaprosentti jäänyt normaalisti alle 30 %:n.

4 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää maataloustraktorilla tehtävän lannoituksen levitystasaisuus. Tuloksia verrataan metsätraktorilla suoritettavaan lannoitteen levitykseen. Työ tehdään yhdessä lannoitevalmistaja Yara Suomen kanssa.

Työ on ajankohtainen, koska maalevitys on tulossa takaisin metsälannoitukseen. Vallalla olevan lentolevityksen lisäksi maalevitys on lisännyt suosiotaan erityisesti kangasmaiden kasvatuslannoituksissa. Maalevitys on tarkempaa ja edullisempaa kuin lentolevitys. (Metsänlannoitusopas 2009, 22.)

Metsälannoitteiden levitys hoidetaan yleensä urakoitsijavetoisesti. Useimmilla maatiloilla on käytössään lannoitteenlevitin, jonka käyttöaika vuodessa on verraten lyhyt. Tämän tutkimuksen avulla halutaan selvittää, pystyykö omatoiminen metsänomistaja lannoittamaan metsänsä omalla käytössä olevalla kalustollaan ja pääseekö lannoitteenlevityksessä riittävän hyvään levitystasaisuuteen ilman aiempaa kokemusta metsälannoituksesta. Mikäli levitystasaisuus on riittävän hyvä ja levitys onnistuu ilman suuria ongelmia, pystyy levittimen käyttöaikaa lisäämään ja omatoiminen metsänomistaja säästämään metsälannoituksen levityskustannuksissa huomattavan osan.

Tämä työ tutkii vain koneellista maalevitystä kasvatuslannoituksessa. Tutkimuksen ulkopuolelle jäävät lentolevitys sekä käsintehtävät lannoitteenlevitykset.

5 AINEISTOT JA MENETELMÄT

5.1 Työn toteutus ja aikataulu

Opinnäytetyön aiheen keksin, kun kotitilamme eräälle kuviolle oli kasvatuslannoitus tullut ajankohtaiseksi kesälle 2012 ja metsänhoitoyhdistys suositteli kohteelle ajokoneella tehtävää maalevitystä. Koska tilallamme on käytössä traktorikäyttöinen lannoitteenlevitin, aloin tutkia, onko lannoitteenlevitys mahdollista suorittaa omalla kalustolla. Huomasin, että levitystä suoritetaan myös traktoreilla, mutta nykypäiväisiä levitystuloksia maataloustraktorin tekemästä metsänlannoituksesta ei ollut saatavilla juurikaan tutkimustietoa. Tästä sain idean tehdä maataloustraktorilla tehtävästä maalevityksestä ja sen levitystasaisuuden tutkimisesta opinnäytetyön. Esittelin aiheeni maaliskuussa 2012 ohjaavalle opettajalleni Antti Väätäiselle, joka hyväksyi aiheen.

Sain selville, että levityksen tulee suorittamaan ForestVital Oy –niminen yhtiö, joka levittää lannoitteet perheyrityksensä Jykylä & Pojat kalustolla. Otin yhteyttä maaliskuussa 2012 ForestVitalin Petri Jykylään, joka suostui mukaan tutkimukseen. Tämän jälkeen otin yhteyttä Yara Suomeen, josta yhteyshenkilöksi löytyi metsälannoitteista vastaava Petri Kortejärvi. Hän kiinnostui aiheesta ja Yara lupasi tilata työn ja auttaa tutkimuksen järjestelyissä.

Kesän 2012 aikana perehdyin tutkimuskentän rakentamiseen, tutustuin tulevaan testikenttään ja hankin tarvittavat mittausvälineet, tärkeimpänä mittaussuppilosarjan ja jousivaa´an. Tutkimusta varten järjestetty testi suoritettiin 15.8.2012. Testikenttänä toimi kahdesti harvennuttu, kuivahkon kankaan männikkö, jossa ei ollut juurikaan mittaamista haittavaa aluskasvillisuutta. Paikalle oli aiemmin toimitettu lannoitukseen käytettävät Yaran Metsän NP1 -lannoitteet 650 kg suursäkeissä. Testipäivänä molemmat lannoitteen levittäjät olivat yhtäaikaa paikalla. Testipäivä eteni siten, että molemmat koneet lastasivat ensin levittimen säiliön, jonka jälkeen suoritettiin lannoitukset ja tehtiin mittaukset mittasuppilosarjan avulla. Käytännössä levitykset ajettiin vuorotellen, ja suppiloiden mittaustulokset kirjattiin ylös, minkä jälkeen suppiloiden paikkaa vaihdettiin ja toinen kone levitti mittausalalle. Osassa mittauksista ajettiin sama

mittauskohta molemmilla koneilla, jolloin pystyi tuloksia vertaamaan suoraan toisiinsa.

5.2 Kalusto

Maalevitystestiin osallistui kaksi konetta. Molemmat edustivat levitystyössä hyvin yleisiä laitteita. Molemmat lannoitteenlevittimet olivat kahdella levitinlautasella varustettuja, ja molempien levitysleveydet pystyi säätämään tarvittavan suureksi.

5.2.1 Ajokone

Testiin osallistui ähtäriläisen urakoitsija Jykylä & Pojat John Deere 810D –ajokone, johon oli asennettu Amazone ZA-M Profis 1500 –pintalevitin vaa´alla varustettuna (kuvio 3.). Yhdistelmä on kesäajat metsälannoitusurakoinnissa, talveksi kone on mahdollista muuntaa takaisin puunajoon. Lannoitteenlevittimen toiminnot toimivat hydrauliikalla. Levittimessä on ajonopeuteen perustuva apulannan syöttöjärjestelmä, joka pitää lannoitemäärän hehtaaria kohden vakiona ajonopeudesta riippumatta. Levitysleveyttä pystytään säätämään ajokoneen ohjaamosta. Levittimen levityslautaset ovat noin 130 senttimetrin korkeudella maasta, jolloin ne ovat reilusti korkeammalla kuin maataloustraktoreiden levittimissä keskimäärin. Levittimeen pystytään lastamaan kerralla kolme suursäkkiä (650 kg), joiden lisäksi alustakoneen kuormatilassa pystyy kantamaan mukanaan korkeintaan kolme apulannan suursäkkiä. Tällä määrällä lannoittaa keskimäärin 6-7 hehtaaria. Lannoitesäkkien kuormaus tapahtuu ajokoneen omalla nosturilla. Säkkien tyhjennys onnistuu ohjaamosta käsin levittimen säiliön päälle asennetun pistimen avulla. Koneeseen on asennettu gps-ajouraopastin, joka parantaa suunnistamista levitysalalla, sekä vähentää vahingossa tapahtuvia päällekkäislevityksiä. Ajouraopastin lisää apulannan levitystarkkuuta. Ajouraopastin on kytketty toimimaan yhdessä levityskoneiston kanssa siten, että opastin piirtää jälkeä vain silloin, kun levitys on käynnissä. Mikäli esimerkiksi lannoite loppuu kesken levityksen, on ajouraopastimen ansiosta helpompi löytää siihen kohtaan, johon lannoitus on edelliskerralla päättynyt. Ajouraopastimen

avulla pystytään laskemaan todellinen lannoitettu pinta-ala sekä tekemään tuloste lannoitetusta alueesta. (Jykylä 2013.)

Kuvio 3. Metsälannoitukseen varusteltu John Deere 810D -ajokone. Amazone-lannoitteenlevitin asennettu kuormatilan perään (Kuva: Janne Löytöjärvi).

Keskimääräinen työteho vaihtelee runsaasti työmaasta riippuen. Työtehoon vaikuttaa työmaan koko, maaston muodot ja kivisyys sekä ajourien leveys. Lisäksi työmaiden välinen etäisyys ja varastopaikan sijainti levityskohteeseen nähden heikentää työtehoa. Pitkän aikavälin keskimääräinen työteho on ollut noin 2 hehtaaria tunnissa ottaessa siirrot työmaalta toiselle huomioon. (Jykylä 2013.)

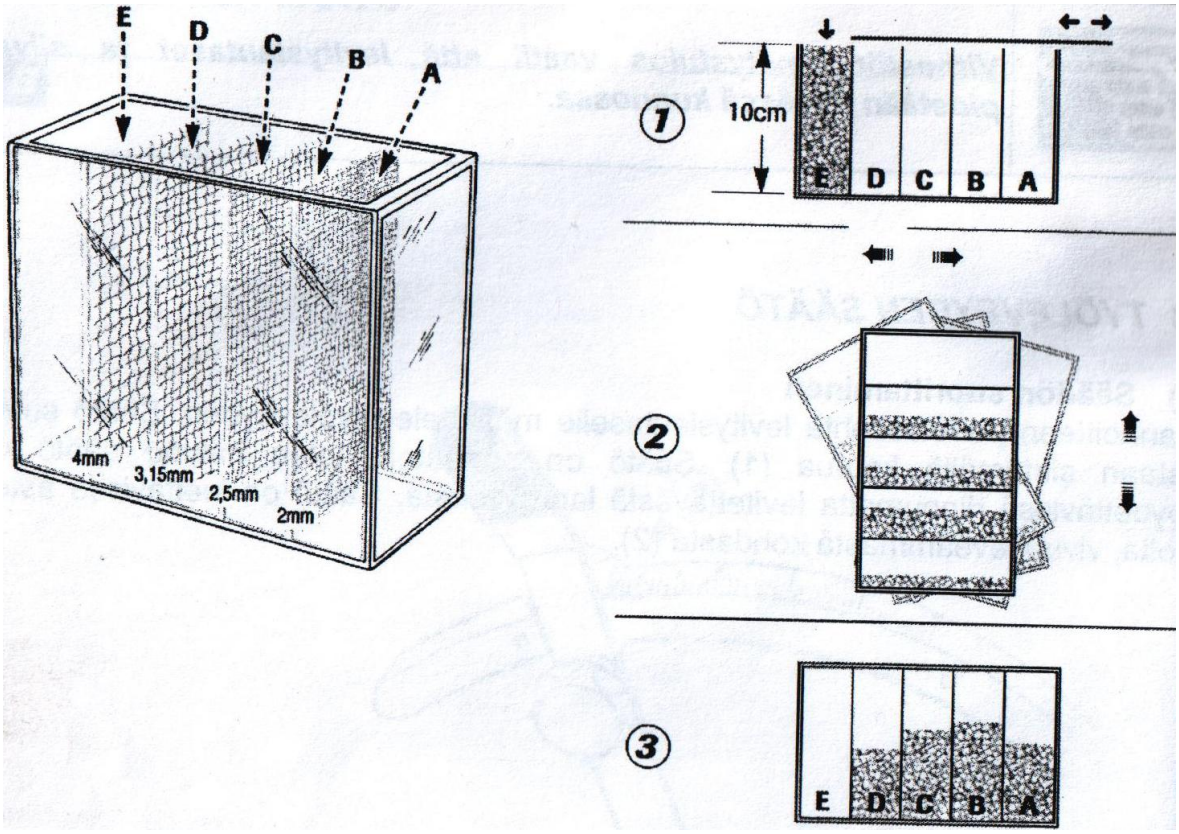
Ajokoneen levittimeen ei tehty säätöjä ennen testiä, vaan koe aloitettiin vakiintuneilla säädöillä. Testin edessä huomattiin, että tulos ei ollut alussa toivottavan hyvä, joten levitysleveyttä jouduttiin säätämään leveämälleen kesken testin. Tämä pitää ottaa huomioon luettaessa testin tuloksia. Apulannan automaattisen syöttöjärjestelmän ansiosta ajokoneen nopeudella ei ollut merkitystä.

5.2.2 Maataloustraktori

Vertailun toinen kone oli Tarvolan tilan Valtra N141H –maataloustraktori, jonka perään oli kytketty Sulky Burel DPX Prima –pintalevitin (kuvio 4.). Traktori on varusteltu tehtaalla saatavalla metsävarusteilla, joka sisältää metsäohjaamon ja –renkaat, mutta normaali käyttötarkoitus varusteista huolimatta on peltotyöt maataloudessa. Koneessa ei ole nosturia, joten levittimen lastaukseen tarvitaan toinen traktori. Levityslautaset saavat voimansa traktorin ulosotosta. Levittimen säädöt ovat kaikki mekaanisia, ja tarvittavaan levitysleveyteen pääsemiseksi levitinsiivet vaihdettiin pidempiin. Levitysleveys pidemmillä siivillä on enimmillään 28 metriä.

Kuvio 4. Traktorin perään kytkettävä Sulky Burel -lannoitteenlevitin. (Kuva: Haapamäki, Sari 2012.)

Kyseisellä lannoitteenlevittimellä ei ollut aiemmin levitetty metsälannoitteita, eikä testiryhmään osallistuneilla ollut aiempaa kokemusta kuin peltolannoituksesta. Testiä varten harjoiteltiinkin tekemällä levitystasaisuustestiä peltolannoitteilla pellolla, jossa haettiin sopivaa ajonopeutta ja muita koneen säätöjä. Koska metsälannoitteiden levitys on tavallisilla lannoitteenlevittimillä harvinaista, ei metsälannoitteille löytynyt suoraan kyseiselle koneelle sopivia säätöjä taulukoista. Tämän takia jouduttiin ottamaan lannoitteen ominaisuudet selville Sulkun omalla raekoon selvittämiseen tarkoitetulla raemittarilla (kuvio 5.). Raemittarissa on erikokoiset seulat, jolloin selviää lannoitteen rakeiden kokoerot. Tulosten perusteella voidaan Sulkyn internetsivuilla saada selville tarvittavat lannoitteenlevittimen säädöt, kun tiedetään haluttu levitysmäärä ja ajonopeus.



Kuvio 5. Raemittari. Aluksi lannoiterakeet laitetaan E:n osoittamaan tilaan (1), jonka jälkeen rasiaa ravistellaan (2), jotta lannoiterakeet jaottuisivat eri kokoluokkiin (3) (Käyttöohjekirja Sulky Burel 2002, 22.)

Lannoitteelle suoritettiin ohjekirjan suosituksesta ja käytännössä hyödylliseksi havaittu virtausmittaustesti. Testi suoritetaan Sulky Burelilla siten, että oikean puoleinen levitinlautanen irroitetaan ja lautasen tilalle sijoitetaan mukana toimitettu

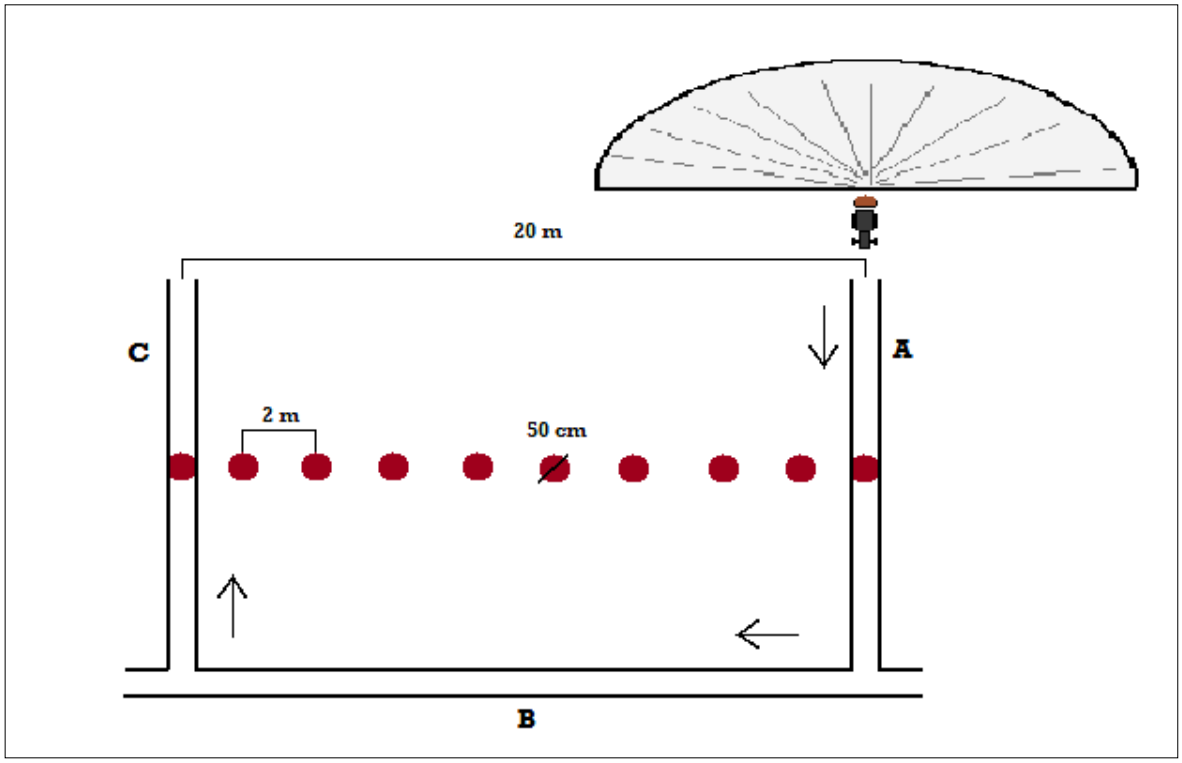
astia. Ohjekirjan avulla tehdään tarvittavat säätötoimenpiteet, minkä jälkeen astiaan valutetaan oppaan neuvoma aika lannoitetta. Tämän jälkeen astiaan valuneet lannoitteet punnitaan. Tuloksen ja tavoitellun levitysmäärän (kg/ha) perusteella saadaan mukana toimitetun laskutikun avulla lopulliset säädöt asetettua koneelle.

Levitysleveys säädettiin 21 metriin. Käytännössä huomattiin, että levitysleveys oli tätä leveämpi, sillä mittauksissa lannoitetta lensi jopa toiselle ajouralle asti. Ajonopeus haettiin ennen testiä sopivaksi tekemällä testiajoja koealueella. Lannoitteenlevittimen takia moottorin kierrosnopeus on pidettävä vakiona, joten nopeutta ei voinut muuttaa kuin vaihteiden avulla. Sopivaksi nopeudeksi valikoitui 3,4 km/h. Sulky Burel:in käyttöohjekirja suosittelee levitystasaisuuden parantamiseksi pitämään varsinkin pidemmässä kasvustossa levitintä hieman traktoriin päin kallistettuna työntövartta lyhentämällä. Levitystesti suoritettiin tällä tavoin.

Valtaosassa nykyaikaisista lannoitteenlevittimissä on erillinen reunalevitystoiminto, millä voidaan paremmin hallita suojakaistoja esimerkiksi vesistöjen lähellä. Testiin osallistuneessa Sulky Burelissa on myös kyseinen toiminto, mutta koska testialueelle ei sattunut yhtään ojaa tai muuta vesistöä, ja koska koekentän koko oli rajallinen, ei kyseistä toimintoa testattu.

5.3 Koealakenttä

Apulannan leviämistä ja levitystasaisuutta mitattiin koealakenttien (kuvio 6.) avulla. Koealakenttä muodostui kymmenestä näytesuppilosta. Näytesuppilo oli suuaukoltaan 50 senttimetriä oleva kangaspussi. Näytesuppilot sijoitettiin poikittain kahden ajouran väliin (kuvio 7.), jolloin suppiloiden välimatka toisistaan oli noin kaksi metriä. Kaksi näytesuppiloa sijaisti ajouralla, raidevälin keskellä.



Kuvio 6. Koealakenttä. Levityskone levittää lannoitteet ensin ajouraa A pitkin, josta kone siirtyy kokoojauraa B pitkin lannoittamatta uralle C, joka ajetaan vastakkaiseen suuntaan kuin ura A. Mittasuppilot sijaitsevat ajourien välissä noin kahden metrin välein.

Levitin ajoi molemmat ajourat ennen näytesuppiloiden punnitusta. Urat ajettiin vastakkaisiin suuntiin, jolloin varmistettiin, että lannoitteet lentävät mahdollisimman tasaisesti. Normaali käytäntö on, että kulkusuunta vaihtuu vierekkäisillä urilla. Lannoituksen jälkeen suppiloihin lentänyt lannoite mitattiin ja kirjattiin ylös. Punnitseminen tapahtui lannoitteiden punnitsemiseen tarkoitetulla 30 gramman jousivaa´alla, jossa oli valmiiksi asteikko, joka kertoi lannoitteelle suoraan kg/ha määrän. Osassa testeissä ajettiin samat urat kertaalleen molemmilla koneilla, jotta saatiin varmasti vertailukelpoiset tulokset keskenään.

Kuvio 7. Suppilopussirivi asennettu kahden ajouran väliin poikittain (Kuva: Janne Löytöjärvi).

5.4 Levitystasaisuuden laskenta

Levitystasaisuuden määrittämiseen hyödynnetään Virtasen (1975, 18.) soveltamaa poikkeamaprosenttimenetelmää (Pp).

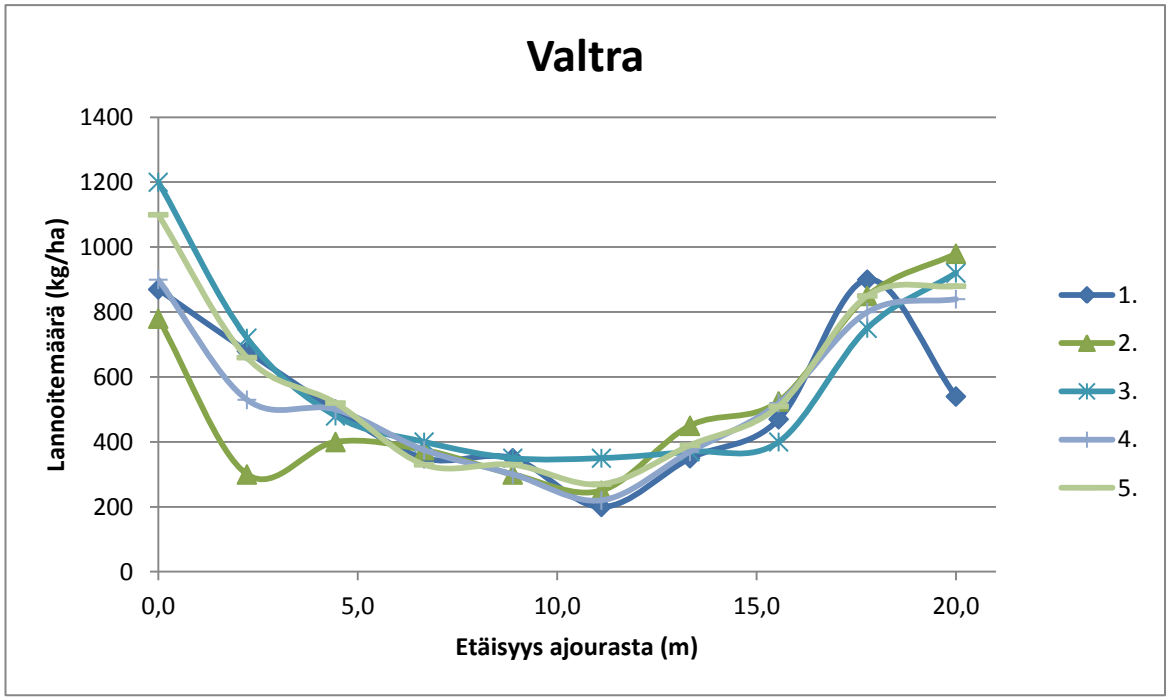
$$Pp = \frac{Näytteet\ (kpl)\ yli \pm 50\%\ tavoitemäärästä\ (kg/ha)}{Kokonaisnäytemäärä\ (kpl)} * 100\ (\%) \qquad (1)$$

Tutkimuksessa tavoiteltu levitysmäärä kohteelle oli 550 kg/ha Yaran Metsän NP1:stä. Tällöin poikkeamaprosenttimenetelmän raja-arvot olivat 275 kg/ha ja 825 kg/ha. Tämä on se hajonnan väli, jossa lannoitemäärän lisäyksen ja kasvun lisäyksen suhde olisi parhaimmillaan. Suurin hyväksytty poikkeamaprosentti on 30 %. Tämä tarkoittaa sitä, että kymmenestä näytteestä korkeintaan kolme saa olla yli tai alle raja-arvojen, muussa tapauksessa tilanne vaatii korjausta. (Virtanen 1975, 18–19.)

6 TULOKSET

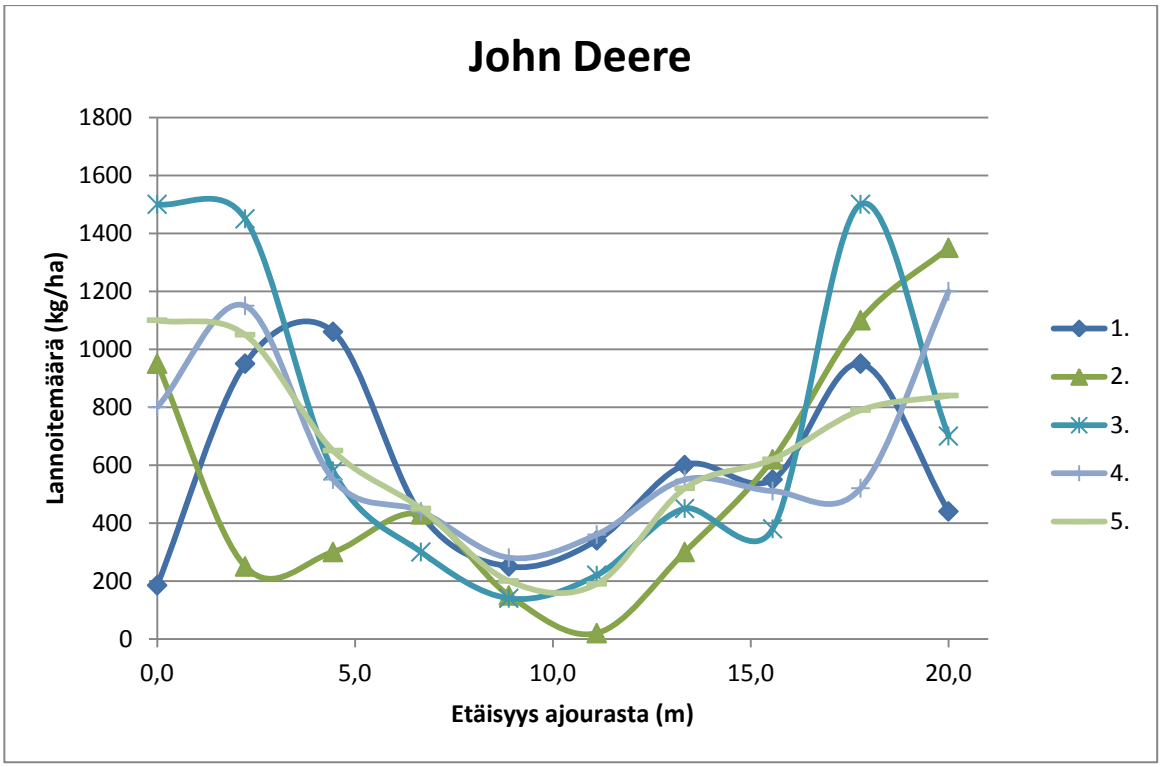
Koealakentän kooksi muotoutui noin 4,5 hehtaarin kokoinen kuvio. Kuviolta kerättiin viisi tulosta maataloustraktorin levityksen jälkeen ja viisi tulosta metsätraktorin jälkeen.

Maataloustraktoriyhdistelmän eli Valtran ja Sulkyn keskimääräiseksi poikkeamaprosentiksi saatiin 28 %, mikä on hyväksyttävä tulos. Tulokset olivat koko koealan melko tasaiset, suuria vaihteluita tuloksissa ei ollut samoilla etäisyyksillä punnituskohteiden välillä (kuvio 8.).



Kuvio 8. Maataloustraktorin levityksen levitystasaisuus punnituserittäin

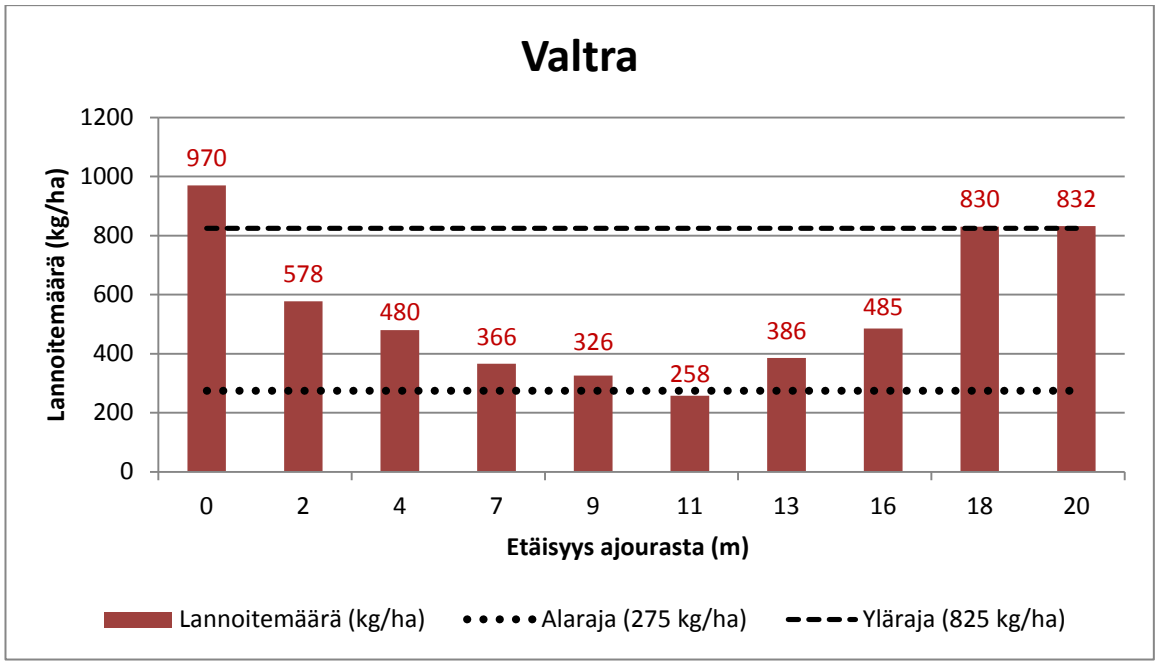
Metsätraktoriyhdistelmän eli John Deeren ja Amazonen tulos sen sijaan jäi hieman yllättäen reilusti alle hyväksytyn rajan, sillä kaikkien koealojen keskimääräiseksi poikkeamaprosentiksi jäi 48 %, joka ei ole sallittava tulos. Suuret vaihtelut tuloksissa havaittiin myös kesken testin, joten Amazonen levitysleveyttä säädettiin kahden punnitussarjan jälkeen leveämmälle. Kolmen viimeisen punnitussarjan poikkeamaprosentti parani arvoon 40 %. Tuloksissa oli selvästi enemmän hajontaa kuin maataloustraktorin jälkeen (kuvio 9.).



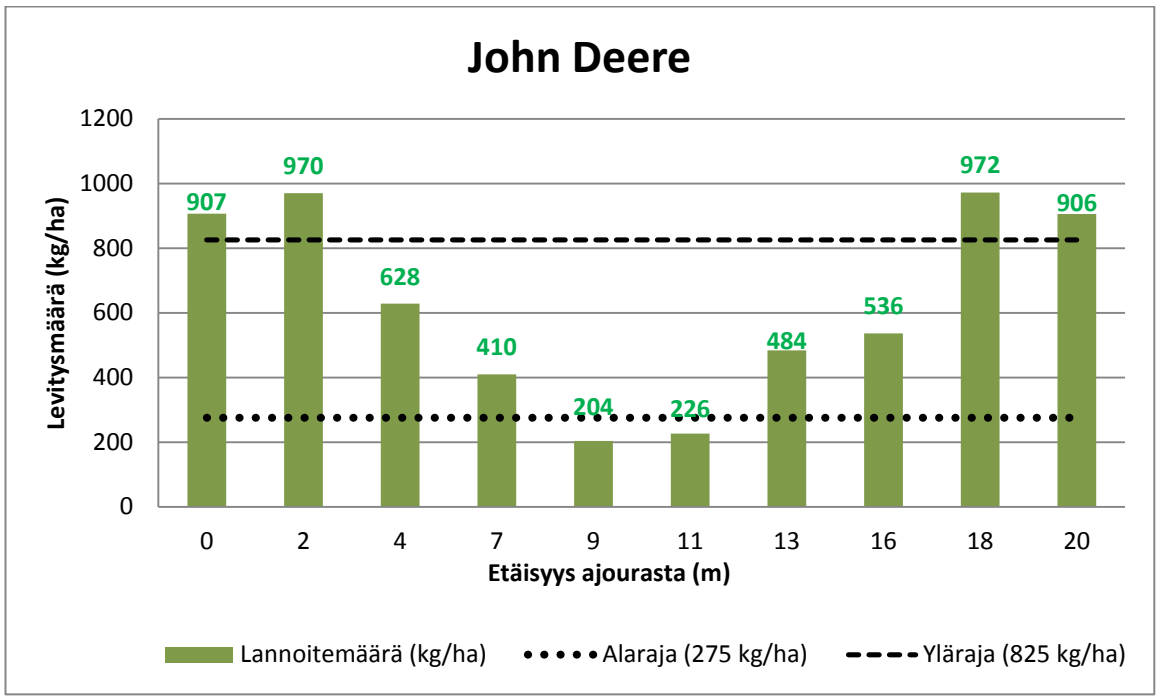
Kuvio 9. Metsätraktorin levityksen levitystasaisuus punnituserittäin

Jousivaaka antoi tuloksen suoraan muodossa kg/ha. Kuviolle tavoiteltu levitysmäärä oli 550 kg/ha. Kun kaikkien punnitustulosten keskiarvon laskee, saa maataloustraktoriyhdistelmä tulokseksi 551,1 kg/ha, mikä on erinomainen tulos. Tulokset vaihtelivat välillä 521–594 kg/ha. Metsätraktorin tulos oli 624,3 kg/ha, vaihteluvälin ollessa 547–722 kg/ha. Koska metsätraktorin levitintä säädettiin kesken testin, huomaa säätötoimenpiteiden aiheuttaneen liian suurelle säädetyn levitysmäärän. Ennen säätötoimenpiteitä punnitusten keskiarvo oli 561,3 kg/ha.

Tutkittaessa keskimääräisiä punnitustuloksia mittauskohdittain huomataan, että maalevityksessä ongelmana on sekä keskialueen liian vähäinen lannoitus sekä välittömästi ajouralla ja sen vieressä liian korkea lannoitusmäärä. Poikkeamaprosenttimenetelmällä tulos saa poiketa 50 % suuntaansa tavoitellusta lannoitemäärästä. Näin ollen sekä metsätraktorin että maataloustraktorin tulos jää keskialueella tästä tavoitteesta (275 kg/ha) ja ylittää sen (825 kg/ha) ajouralla liian paljon.



Kuvio 10. Maataloustrakorin levitystasaisuustulokset keskimäärin mittauspisteittäin. Tavoitemäärä 550 kg/ha, poikkeamaprosenttimenetelmän ala- ja yläraja merkattu katkoviivoin.



Kuvio 11. Metsätraktorin levitystasaisuustulokset keskimäärin mittauspisteittäin. Tavoitemäärä 550 kg/ha, poikkeamaprosenttimenetelmän ala- ja yläraja merkattu katkoviivoin.

7 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTAA

7.1 Levitystasaisuus

Maataloustraktorin tulos levitystasaisuudessa poikkeamaprosenttimenetelmällä oli hieman yllättäen parempi kuin metsätraktorin. Syy tulosten eroavaisuuteen löytynee koneiden säädöistä. Maataloustraktorin levitin heitti lannoitetta leveämmälleen kuin metsätraktorin, mikä vaikuttanee eniten levitystasaisuuteen. Metsätraktorin suurempi lannoitemäärä alalle johtui myös levittimen säädöistä, joita muutettiin kesken testin, mikä aiheutti liian suuren lannoitemäärän koealalle. Tuloksista huomataan, että lannoitemäärä metsätraktorille oli lähellä oikeaa ennen säätöjen muuttamista (561 kg/ha).

Lannoitemäärä jäi molemmilla koneilla ajourien välissä liian vähäiseksi. Metsätraktorin levityksen jäljiltä huomattiin, että alueen keskialueelle ei testin alussa lentänyt käytännössä juuri yhtään lannoitetta. Tällöin levitysleveys oli käytännössä säädetty noin 20 metriin, jolloin periaatteessa jokaiseen kohtaan lentää lannoitetta. Kun levitysleveyttä säädettiin leveämmälle, tulos parani heti huomattavasti. Maataloustraktorin levityksen tulos keskialueella oli läpi testin parempi, mikä näkyy myös keskimääräisissä tuloksissa. Tulos olisi todennäköisesti parantunut entisestään, mikäli levitysleveyttä olisi säädetty vielä leveämmälleen. Samansuuntaisia tuloksia on saatu Yaran muissa, julkaisemattomissa maalevitystesteissä, joissa levitysleveys on säädetty jopa 40 metriin. Tällöin levitysmäärä on pysynyt lähes vakiona läpi koko levitysleveyden. Ongelmana on myös lannoitemäärän ylittyminen ajouralla ja sen vieressä. Tämäkin olisi todennäköisesti ratkaistavissa leveämmällä levitysleveydellä.

Tavoiteltavaa on, että lannoitetta tulee jokaiseen kohtaan kahdesta suunnasta, molemmilta ajourilta, jolloin puusto ei estä niin tehokkaasti lannoitteen lentämistä. Tässä ns. päällekkäispeittoperiaatteessa pitää ottaa huomioon lannoitemäärää laskettaessa kaksinkertainen levitys.

Osittain punnitustuloksiin vaikuttaa mittasuppilon sijainti maastossa. Mikäli mittasuppilo sijaitsi puun tai jonkin muun esteen takana, lenti suppiloon vähemmän

lannoitetta. Suurempi mittausongelma oli, jos mittasuppilon viereisestä puusta pääsi lannoitetta kimpoamaan puun rungosta mittasuppiloon. Tällöin punnitustulos ei anna oikeaa tulosta. Tätä pyrittiin estämään valitsemalla mittauskohta mahdollisimman avoimesta paikasta. Maalevityksessä mittauksissa on ongelmana myös lannoitteiden liikkuminen ilmassa poikittain, toisin kuin lentolevityksessä, jossa lannoite tulee kohtisuoraan ylhäältä. Mittasuppilon suuaukko on vähintään 20–30 senttimetrin korkeudella maasta. Tällöin osa lannoitteista varsinkaan mittausalueen keskialueella ei yllä mittasuppiloon ja tulos voi olla vääristynyt. Lannoite myös lähtee lannoitteenlevittimen levityslautasista suurella nopeudella, jolloin osa lannoitteista saattaa kimpoilla pois mittasuppilosta. Testissä käytetty liukaspintainen kangas esti kuitenkin melko tehokkaasti lannoitteen turhan kimpoilun.

7.2 Maataloustraktorin ja metsätraktorin eroja metsänlannoituksessa

Maataloustraktori kulkee kapeammasta välistä kuin ajokone. Testiin osallistunut John Deere 810D –ajokone on John Deeren mallisarjan pienin ajokone. Valtra N141 on keskikokoinen maataloustraktori. Valtra mahtui kulkemaan kolhuitta puiden välistä, missä ajokone oli vaurioittanut puita molemmin puolin ajouraa (kuvio 12). Ajokone oli varustettu teloilla, joista on sekä hyötyä ja haittaa. Telat lisäävät koneen kantopinta-alaa, jolloin pintapaine pienenee ja painaumat vähenevät. Telat myös lisäävät pitoa jyrkissä rinteissä. Telat kuitenkin lisäävät koneen kokonaisleveyttä ja aiheuttavat enemmän vaurioita alustaan kääntyessään.

Kuvio 12. Ajokoneen vaurioittamia runkoja molemmin puolin ajouraa. Maataloustraktori mahtui kulkemaan kolhuitta samasta välistä (Kuva: Janne Löytöjärvi).

7.3 Epätasaisen maaston vaikutus

Epätasaisella maastolla ei havaittu olevan vaikutusta lannoitteen levitystasaisuuteen. Ennalta oletettu traktorin suurempi heiluminen kantojen ja kivien ylityksissä ei näyttänyt vaikuttavan tulokseen. Syyksi tähän voi olettaa leveän levitysleveyden, sillä heilahtelut ja koneen kallistelut vaikuttavat eniten levitysalueen reunoihin, joihin ei lennä lannoitetta siten kuin lannoituskoneen ollessa vaakatasossa. Levitysleveyden ollessa suuri tulee lannoitetta todennäköisesti myös toiselta ajouralta. Toinen syy on oletettavasti ajonopeus, joka on maastossa alhainen, noin 3–4 km/h. Tässä nopeudessa lannoitetta ehtii leviämään alueelle pitkän ajan, jolloin yksittäisen kannon tai kiven ylitys ei näyttäisi vaikuttavan kovin paljoa levitystasaisuuteen. Ajonopeuden ollessa alhainen heiluminen ei ole kovin repivää, jolloin kone ei hypi. Lisäksi mittausalueen maasto oli alustaltaan melko tasainen, joten varsinaisessa kivikossa ei mittauksia tehty ja heilahtelut johtuivat yksittäisistä kivistä ja kannoista. Vaikeassa maastossa levitystasaisuus voi vaihdella enemmän. Osa testeistä suoritettiin lievässä rinnemaastossa. Tuloksissa ei havaittu eroja tasamaalla tehtyihin testeihin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että maataloustraktori on hyvin soveltuva alustakone metsänlannoitukseen, kunhan kohde on oikein valittu ja levitinkoneen säädöt on oikein ja huolellisesti tehty.

Omatoimisessa metsälannoituksessa pärjää maataloustraktorilla hyvin. Aikaa kuitenkin kannattaa varata huolelliseen suunnitteluun, niin kohteen valitsemiseen, lannoitteen ominaisuuksien tutkimiseen kuin levityskoneen huolelliseen säätämiseen. Mikäli suunnittelu ja koneiden säätäminen tehdään huolimattomasti, voi tulos vaihdella lannoituksessa huomattavan paljon. Metsässä levitysleveys on vakio, noin 20 metriä. Peltolannoituksessa pystyy huonoja säätöjä paikkaamaan ajamalla ”varmuuden vuoksi” tavallista tiheämmillä ajouraetäisyyksillä tai tekemällä ristiinlevityksiä, mikä ei metsässä onnistu.

Metsätraktori on varusteltu yleensä paremmin metsälannoitukseen kuin tavallinen maataloustraktori. Lannoitteen määrä pysyy vakiona ajonopeudesta riippumatta, gps-ajouraopastin kertoo levitetyn alueen ja sen pinta-alan, sekä alustakone itsestään kulkee paremmin metsässä. Lisäksi metsätraktorin kuljettajalla on kokemusperäistä ammattitaitoa metsälannoitukseen.

Maataloustraktori ei tarvitse siirtymiseen kohteiden välillä erillistä lavettia, kuten metsätraktori tarvitsee. Sen sijaan lastaukseen saattaa tarvita toisen traktorin. Maataloustraktoriin on kuitenkin saatavilla kuormaajia asennettuna traktorin takasiltaan, jolloin lastaus onnistuu samalla traktorilla.

Vertaillessa maataloustraktoria ja metsätraktoria laajemmassa lannoitteenlevityksessä, on metsätraktori tehokkaampi. Suurin etu maataloustraktoriin nähden on lannoitteen kantokyky, jolloin turha ajelu lannoitesäkkien varastopaikalle jää pois. Metsätraktori on alustaltaan suunniteltu metsäajoon, jolloin epätasaisessa ja vaihtelevassa maastossa kone kulkee paremmin.

LÄHTEET

Ari, T. 1990. Puuston vaikutus lannoitteiden levitystasaisuuteen kivennäismailla. Metsähallituksen kehittämisjaosto seloste 13/90.

Haapamäki, S. 2012. Maataloustraktori ja lannoitteenlevitin. [Valokuva]. Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi.

Hynönen, T., Hämäläinen, T. & Laukkanen, H. 2002. Metsälannoitus: kannattava sijoitus. Kuopio: Metsäkeskus Pohjois-Savo. Metsäkeskus Pohjois-Savon julkaisuja 1/2002.

Hynönen, T., Moilanen, M., Makkonen, T., Äijälä, O. & Häggman, B. 2008. Tuhkalannoitus. Porvoo: Metsäkustannus Oy.

Jykylä, P. <xxx.xxx@xxx.fi> 28.1.2013. Toimitusjohtaja. ForestVital Oy. Tietoja tutkimukseen. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Janne Löytöjärvi. [Viitattu 12.2.2013].

Kemera-tuet. 20.11.2012. Tuki metsän terveyslannoitukseen. [Verkkosivu]. Suomen Metsäkeskus. [Viitattu 24.2.2013]. Saatavana: http://www.metsakeskus.fi/kemera-tuet-terveyslannoitus

Kemiallisten lannoitteiden maalevitys. 2011. [Verkkosivu]. ForestVital Oy. [Viitattu 2.4.2013]. Saatavana: http://www.forestvital.com/fv/Levitysmenetelmat.html

Käyttöohjekirja Sulky Burel DPX Prima. 2002. Raisio. Reso Consult.

Lentolevitys. 2011. [Verkkosivu]. ForestVital Oy. [Viitattu 2.4.2013] Saatavana: http://www.forestvital.com/fv/Lentolevitys.html

Makkonen, T. & Häggman, B. 2008. Metsänlannoitus. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Metsänlannoitusopas. 2009. Yara Suomi.

Mälkönen, E. 2003. Metsämaa ja sen hoito. Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.

Norokorpi, Y. 1977. Epätasainen lannoitus ja männiköiden pakkasvauriot. Metsä ja puu (4), 15–17.

Silver, T. & Saarinen, M. 2007. Lentolevityksen tarkkuus ojitusalueiden terveyslannoituksissa. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Suoseura. Suo 58(2). [Viitattu 21.4.2013]. Saatavana: http://www.suoseura.fi/suo/pdf/Suo58_Silver.pdf

Virtanen, J. 1975. Lannoitustasaisuus metsänlannoituksessa. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 86.1.

LIITTEET

LIITE 1 Liitteen otsikko