

**RAKEISTETUN LAITOSTUHKAN KONEELLINEN
LEVITTÄMINEN**

Laitostuhkan hyötykäyttö lannoitteena

Janne Saaranen

Opinnäytetyö
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

2014

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU

Luonnonvara- ja ympäristöala

Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**RAKEISTETUN LAITOSTUHKAN KONEELLINEN
LEVITTÄMINEN**

Janne Saarane

2014

Toimeksiantaja Lapin ammattiopisto

Janne Saarane

Hyväksytty _____ 2014 _____

Luonnonvara- ja ympäristöala
Metsätalous

Tekijä	Janne Saaranen	Vuosi	2014
Ohjaava opettaja	Oiva Hiltunen		
Toimeksiantaja	Lapin ammattiopisto		
Työn nimi	Rakeistetun laitostuhkan koneellinen levittäminen 35 + 2		
Sivu- ja liitemäärä			

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville rakeistetun tuhkan levittämisen kustannukset. Mittauksia varten valittiin kolme erityylistä levityskohdetta, joissa ajomatka vaihteli. Kohteille oli tehty harvennushakkuu muutama vuosi sitten. Levityksessä käytettiin vanhoja ajouria. Ajourilla ei ollut ajettu mittausta ennen, joten ajourat olivat lumen peitossa. Kohteita käsitellään yksi kerrallaan.

Tuhka levitettiin metsäkoneella, jossa oli lautaslevitin. Levitys tapahtui keväällä 2014. Jokaiselle kohteelle levitettiin yksi kuorma tuhkaa. Levityksen ajanmittauksessa käytettiin sekuntikelloa ja työskentely mitattiin käyttöaikana. Levitysmatkat ja pinta-alat mitattiin gps-laitteella.

Tulokset antavat suuntaviivan tuhkan levittämisen kustannuksista ja levitysmääristä. Parhaimmalla kohteella päästiin tuhkan levityksessä 13,8 tonnin tuntituotokseen. Tällaisiin levitysmääriin päästään lähellä tietä olevissa kohteissa. Kaukana olevat kohteet laskevat tuntituotosta merkittävästi.

Tuhkan levityksen ajanmenekkiin vaikutti huomattavasti ajouraverkosto. Ajouria suunniteltaessa tulisi tuhkan levittäminen ottaa huomioon. Tämä nopeuttaisi tuhkan levittämistä ja vähentäisi puustoon tulevia vaurioita.

Avainsanat
tuhka

levityksen kustannukset, levityksen tasaisuus, rakeistettu

Natural Resources and the Environment
School of Forestry

Author	Janne Saaranen	Year	2014
Tuutor	Oiva Hiltunen		
Commissioned by	Lapland Vocational College		
Subject of thesis	Mechanical distribution of granulated ash		
Number of pages	35 + 2		

The purpose of the thesis was to find out the costs of granulated ash distribution. The distribution took place in the spring of 2014. Three different styles of distribution areas were selected, all of which varied in their mileage. Thinning loggings had been done to the areas a few years ago. Old driving tracts were utilized in the distribution. As the tracts had not been driven on prior the measurements, they were covered in snow.

Target areas were dealt one at a time. Firstly, the ash was applied with a forest machine that had a spinner. One load of ashes was applied to each area. To measure the distribution time, a stop watch was used. Human work, on the other hand, was measured as operating time. Lastly, distribution distances and areas were measured with a GPS device.

The results provide a guideline of ash distribution costs and amounts. The best area reached 13.8 tonnes of ash distribution output per hour. Such distribution levels were achieved on sites close to the road. Consequently, further areas diminish the output per hour significantly.

The driving track connections affected the time consumption of ash distribution remarkably. Therefore, when designing new tracks, ash distribution possibilities should be taken into account. This would accelerate ash distribution and reduce future damage on timber.

Key words granulated ash, distribution uniformity, distribution costs

SISÄLTÖ

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO.....	1
1 JOHDANTO	2
2 TUHKAN LEVITYS	4
2.1 TUHKAN LEVITYKSEN HISTORIA	4
2.2 TUHKAN LEVITYSTEKNIIKAT	4
2.2.1 Maalevitys	4
2.2.2 Lentolevitys	5
2.3 LEVITYSKOhteET	6
2.3.1 Lannoitus kangasmailla	6
2.3.2 Lannoitus turvemilla	7
2.3.3 Ravinteidenpuutos puissa	7
2.4 KEMERA-TUKI TERVEYSLANNOITUKSEEN	8
2.5 LAITOSTUHKAN HYÖTYKÄYTTÖ LANNOITTEENA HANKE	9
3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	11
3.1 AIKATUTKIMUS.....	11
3.2 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSTEHTÄVÄT	11
3.3 AINEISTON KERUU	12
3.4 MITTAUSMENETELMÄT	13
3.5 AJANMENEKKI JA KUSTANNUKSET.....	14
4 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	16
4.1 LASTAUKSEN AJANMENEKKI.....	16
4.2 KOHDE YKSI.....	17
4.2.1 Ajanmenekki	18
4.2.2 Tuottavuus ja levityskustannukset.....	19
4.3 KOHDE KAKSI	20
4.3.1 Ajanmenekki	20
4.3.2 Tuottavuus ja levityskustannukset.....	22
4.4 KOHDE KOLME.....	23
4.4.1 Ajanmenekki	24
4.4.2 Tuottavuus ja levityskustannukset.....	25
4.5 KOLMEN KUORMAN KESKIJARVO	26
4.6 TULOSTEN TARKASTELU	28
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
LÄHTEET	32

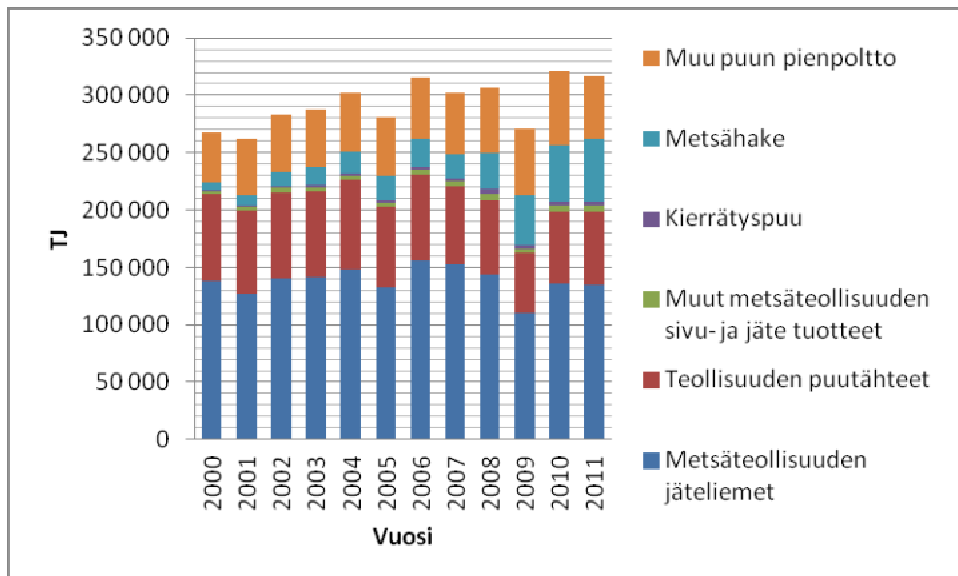
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. PUUPOLTTOAINEIDEN KÄYTTÖ SUOMESSA 2000–2011 (TILASTOKESKUS 2012).....	2
KUVIO 2. KEMERA- RAHOITUSVYÖHYKKEET	9
KUVIO 3. PONSSE WISENT 10W JA BREDAL 105 RAKEISTETUN TUHKAN LEVITIN	13
KUVIO 4. TUHKAN LASTAAMINEN PUUAUTON NOSTURILLA	17
KUVIO 5. TUHKANLEVITYS ENSIMMÄISELLÄ KOHTEELLA	18
KUVIO 6. KOHDE YKSI, AJANMENEKKI ERI TYÖVAIHEITTAIN	19
TAULUKKO 1. KOHDE YKSI, AJANMENEKKI JA TUOTTAVUUS	20
TAULUKKO 2. KOHDE YKSI, LEVITYKSENKUSTANNUKSET	20
KUVIO 7. LEVITYSKONE MENOSSA TOISELLE KOHTEELLE	21
KUVIO 8. KOHDE KAKSI, AJANMENEKKI ERITYÖVAIHEITTAIN	22
TAULUKKO 3. KOHDE KAKSI, AJANMENEKKI JA TUOTTAVUUS.....	23
TAULUKKO 4. KOHDE KAKSI, LEVITYKSENKUSTANNUKSET.....	23
KUVIO 9. LEVITYSKONE MENOSSA KOLMANNELLE KOHTEELLE.....	24
KUVIO 10. KOHDE KOLME, AJANMENEKKI ERO TYÖVAIHEITTAIN	25
TAULUKKO 5. KOHDE KOLME, AJANMENEKKI JA TUOTTAVUUS	26
TAULUKKO 6. KOHDE KOLME, LEVITYKSENKUSTANNUKSET	26
KUVIO 11. AJANMENEKKI ERI TYÖVAIHEITTAIN KESKIARVONA.....	27
TAULUKKO 7. AJANMENEKKI JA TUOTTAVUUDEN KOLMEN KUORMAN KESKIARVO	27
TAULUKKO 8. LEVITYSKUSTANNUSTEN KOLMEN KUORMAN KESKIARVO	28

1 JOHDANTO

Uusiutuvan energian käyttöä on tarkoitus lisätä Suomessa. Vuonna 2005 uusiutuvaa energiaa käytettiin 28,5 prosenttia ja uudeksi tavoitteeksi on asetettu 38 prosenttia 2020 vuoteen mennessä. Suomessa biomassa muodostaa 20 prosenttia primäärienergian kulutuksesta. Puun käyttö energiantuotannossa on vakaalla pohjalla. (Ojala 2010, 5.)

Puun ja turpeen poltosta syntyvää tuhkaa käytetään maanparannusaineena, metsä- ja peltolannoitteena, tienrakentamisessa, lisäaineena asfaltissa ja sementissä. Suurin osa tuhkasta päätyy kaatopaikoille ja tehtaiden läjitysalueelle. Sitä ei hyötykäytettä, koska sen jalostaminen maksaisi enemmän kuin kaatopaikalle vieminen. Metsälannoitteeksi tuhka soveltuu hyvin, koska siinä on yleensä puiden tarvitsemia ravinteita. Näin saadaan ravinnekierto päättymään takaisin luontoon. Tuhkalannoituksella saadaan korvattua esimerkiksi energiapuuhakkuusta aiheutuvat ravinnetappiot. (Ojala 2010, 5.) Kuviossa 1. on esitelty puupolttoaineiden käyttöä Suomessa 2000-luvun alussa.



Kuvio 1. Puupolttoaineiden käyttö Suomessa 2000–2011 (Tilastokeskus 2012)

Lapin ammattipistolla alkoi Laitostuhkan hyötykäyttö lannoitteena -hanke, johon haluttiin tutkia levityksen ajanmenekkiä ja kustannuksia. Työ rajattiin

käsittämään vain levityksen ajanmenekkiä ja kustannuksia, koska samalle hankkeelle tehtiin useampi opinnäytetyö.

Työn tarkoituksena oli selvittää tuhkan levityksen kustannuksia ja ajanmenekkiä. Tarkoituksena oli tutustua tuhkan levityksessä käytettävään kalustoon ja etsiä levityskohteista mahdollisia parannusehdotuksia. Tavoitteena oli saada tuhkan levittäminen osaksi puunkorjuuketjua.

Rakeistettu tuhka levitettiin Lapin ammattiopiston metsäkoneella Ponsse Wisent 10W ja tuhkanlevittimenä toimi Ponsse Oyj:n varustama Bredal 105 rakeistetun tuhkan levitin. Levityksen kaikki työvaiheet kellotettiin ja matkat mitattiin Garminin GPS-laitteella. Ajankäyttö mitattiin käyttöaikana, johon sallittiin alle 15 minuutin käyttökatkokset.

Levityskohteet valittiin ennakkoon, Lapin ammattiopiston opetusmetsästä kaksi kohdetta ja yksityisen metsästä yksi kohde. Kohteiden vähäisyyden vuoksi valittiin ajomatkaltaan erilaisia kohteita. Näin pyrittiin saamaan mahdollisimman erilaisia tuloksia.

Valitsin tämän aiheen, koska minulla ei ole aiempaa kokemusta tuhkan levittämisestä. Aihe on kiinnostava ja ajankohtainen, joten otin tutkimuksen mielelläni tehtäväksi. Lapin ammattiopiston työntekijät ovat minulle entuudestaan tuttuja, joten tiedän heidän toimintatavat.

2 TUHKAN LEVITYS

2.1 TUHKAN LEVITYKSEN HISTORIA

Suomessa metsälannoituksen vuotuiset määrät vaihtelevat suuresti. Metsälannoituksen huippuvuosi sattui vuodelle 1975, jolloin lannoitettiin lähes 245 000 hehtaaria. Metsälannoituksen määrä laski tasaisesti aina 1990-luvulle asti. Silloin lannoitettiin vuodessa noin 2000 hehtaaria. Tästä lannoituksen suosio lähti nousuun niin, että 2000-luvun alussa lannoitettiin jo 20 000 hehtaaria vuodessa. Yksityismetsien osuus oli noin puolet. (Ojala 2010, 10.) Tällä hetkellä metsänomistajien mielenkiinto metsälannoitusta kohtaan on nousemassa. Vuonna 2013 metsälannoitusta tehtiin noin 41 000 hehtaarille. (Metsäntutkimuslaitos 2013)

Energiantuotannossa syntyy vuosittain noin 150 000 – 200 000 tonnia puutuhkaa ja noin 350 000 tonnia turpeen ja puun sekatumua. Lannoitus- ja maanrakennustarkoituksiin käytetään tästä määrästä noin 10 – 15 prosenttia. Tuhkalannoitusta on tehty 2000-luvulla ainoastaan noin 2000 hehtaarille, tämä vastaa alle viisi prosenttia tuotetusta tuhkanmäärästä. Suurin osa tuotetusta tuhkasta on turpeen ja puun seostuhkaa, puhdasta puutuhkaa syntyy vähemmän. (Ojala 2010, 10.)

2.2 TUHKAN LEVITYSTEKNIIKAT

Levitystekniikan valitsemiseen vaikuttaa kohteen sijainti, koko ja levitysajankohta. Tuhkaa voidaan levittää maakonelevityksenä sekä lentolevityksenä. Sopivan levitystekniikan valitseminen on tärkeää, koska levitystekniikka vaikuttaa kustannuksiin. Tuhkan pitää olla rakeistettua tai itse kovetettua, jotta pölyäminen olisi mahdollisimman vähäistä. (Huotari 2012, 43.)

2.2.1 Maalevitys

Maalevityksessä maapohjan tulee olla riittävän kantava, jotta koneet eivät uppoa. Yleensä turvemaidella levitykset tehdään talvella, maan ollessa jäässä.

Maalevitys tehdään maataloustraktorilla tai metsäkoneella. Levityskohteella pitää suorittaa harvennushakkuu ennen levitystä. Näin saadaan aikaan ajourat, joilta tuhka voidaan levittää. (Huotari 2012, 43.)

Tuhkan levittämisessä on myös kokeiltu maataloustraktoria. Maataloustraktori kalustolla tapahtuva levitys soveltuu hyvin kangasmaille ja jäätyneen maan aikana turvemaille. Maataloustraktorilla vedetään perässä metsäperävaunua, jonka perässä on lautaslevitin. (Korpilahti 2004, 13.) Metsäkoneet ovat tulleet maataloustraktoreiden tilalle.

Levityksessä käytetään kevyitä ja keskiraskaita metsäkoneita. Maalevitys on kustannustehokas vaihtoehto turvemaiden tuhkalannoitteen levittämiseen. Samana talvena harvennetuilla kohteilla saadaan paras hyöty jäätyneistä ajourista. Metsäkoneen perään on asennettu keskipakoislevitin, jolla lannoitetta levitetään. Tällaisen levittimen levitysetäisyys riittää hyvin normaalissa ajouraverkostossa. Koneeseen sopivat yhdellä kertaa kahden hehtaarin vaatimat lannoitteet. (ForestVital Oy 2011)

Aiemmissä tutkimuksissa maakonelevityksen kustannukset on laskettu tuntikustannuksen avulla. Vuonna 2003 metsäkoneen tuntikustannukseksi oli ilmoitettu 50 euroa tunti. Tuntikustannus lasketaan konekustannuslaskelmalla, jossa levityskalustolle määritellään pitoaika ja kalustolle vuotuinen poisto hankintahinnasta. Koneen vuotuiset levitysmäärät ja polttoainemäärät vuodessa pitää tietää. Lisäksi pitää tietää kuljettajien palkkakustannukset vuodessa. (Korpilahti 2004, 21.)

Kustannukset ovat nousseet huomasti vuodesta 2003. Nykyään pelkästään kuljettajan tuntipalkka ja sivukustannuksista aiheutuu kustannuksia noin 30 euroa tunnilta. Muun muassa tämä nostaa koneen tuntikustannuksia 70 – 80 euroon tunti, riippuen vuotuisesta levitysmäärästä. (Poikela 2014)

2.2.2 Lentolevitys

Lentolevitys tehdään helikopterilla, pääsääntöisesti käytetään rakeistettua tuhkaa. Helikopterilevitys vaatii suuret levityspinta-alat, koska sen käyttäminen on kallista. Näin saadaan kustannuksia laskettua. Lentolevitys

vaatii tarkan suunnitelman, josta käyvät ilmi tuhkan varastopaikat, nousu- ja laskupaikat. Näiden kenttien tulee olla tilavia, lisäksi niiden lähellä ei saa olla korkeita puita tai sähkölinjoja. Tuhkaa levittäessä lennetään sarkojen suuntaisesti, koska tuhkaa ei saa joutua ojiin. Levitettävän kohteen pinta-ala tulisi olla vähintään 30 – 40 hehtaaria. Varastopaikan etäisyys levityskohteesta saa olla enintään kaksi kilometriä. Varastopaikalle tulee päästä rekka-autolla ja siihen pitää sopia 40 tonnia tuhkaa. (Huotari 2012, 44.)

Lentolevityksen kustannukset jakaantuvat helikopterilla tehtävään levitykseen ja maassa tehtävään levityssäiliöiden täyttämiseen. Helikopterin levitysaika alkaa kulua, kun se lähtee lastauspaikalta levityskohdetta kohti. Helikopteri palaa takaisin lastauspaikalle tyhjän levityssäiliön kanssa. Lastauspaikalla helikopteriin vaihdetaan toinen täynnä oleva säiliö. Varastopaikan etäisyys levityskohteesta vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin ja ajanmenekkiin. Maassa tehtävä levityssäiliöiden täyttäminen vaatii kaksi henkilöä. Helikopterilevityksen tonnihinta oli vuonna 2003 noin 60 euroa, tämä sisältää maassa tapahtuvan lastauksen. (Korpilahti 2003, 24.)

2.3 LEVITYSKOhteet

Puustonkasvuun vaikuttavat oleellisesti monet tekijät. Puusto tarvitsee valoa, lämpöä, vettä ja ravinteita kasvaakseen hyvin. Yleisin turvemaille puustonkasvua heikentävä tekijä on vesitalous. Kunnostusojituksella saadaan vesitalous kuntoon, samalla kunnostusojitus vapauttaa lisää typpeä puiden käyttöön. Turvemaille on yleistä ravinnepuutos tai ravinteet ovat epätasapainossa. Kunnostusojitus vapauttaa rehevillä soilla liikaa typpeä ja saa näin ravinnejakauman epätasapainoon. Liiallinen typen määrä saa puustoon aikaan kasvuhäiriöitä. Yleisimmät ravinnepuutokset ovat fosforin, kaliumin ja boorin puute. (Yara 2008, 3.)

2.3.1 Lannoitus kangasmailla

Kivennäismailla typen puute rajoittaa puustonkasvua, lukuun ottamatta rehevimpiä metsämaita. Rehevillä kasvupaikoilla ilmenee myös fosforin puutetta. Näiden ravinteiden lisäksi on hyvä levittää booria, ehkäisemään

mahdollisia kasvuhäiriöitä. Ravinnetarpeissa kivennäismailla ei ole alueellisia eroja, niihin voidaan soveltaa yleisohjeita. Neulasnäytteillä voidaan varmistaa epäselvissä tapauksissa puuston ravinnetarve. Männiköihin soveltuu parhaiten Suomensalpietari lannoite. Mikäli metsä tarvitsee fosforia ja booria käytetään Metsän NP 1 lannoitetta. (Yara 2008, 6.)

Tuhka ei sovellu kivennäismaille, koska se ei sisällä typpeä. Typpi vapautuu palamisprosessin aikana ilmakehään. Boorinpuutosta voidaan korjata tuhkalannoituksella, erityisesti neulasten booripitoisuus kohoaa. Tuhka ei voi korvata energiakäyttöön korjattua orgaanista ainetta. (Huotari 2012, 23–26.)

2.3.2 Lannoitus turvemailla

Turvemailla metsien ravinnetalous on selvästi kangasmetsiä heikompi. Turvemailla ravinnepuutoksia esiintyy selvästi enemmän. Kunnostusojituksella saadaan alueen vesitalous kuntoon. Puuston kasvu lisääntyy, mutta kasvu tyrehtyy kivennäisaineiden niukkuuteen. Turvemailla ravinne-epätasapainoa esiintyy 30 – 60 prosentilla ojitetuilla turvemailla. Lannoitustarpeessa olevia kohteita on selvästi enemmän verrattuna nykyiseen lannoituspinta-alaan. Ravinnetalous tulee olla kunnossa, jotta metsä kasvaa hyvin. (Yara 2008, 7)

Ojitettujen suometsien ravinnetila paranee tuhkalannoituksella pitkäaikaisesti. Hyvä lannoitusvaikutus saadaan aikaan runsastyppisillä ojitetuilla soilla. Tällaisilla soilla kaliumia on niukasti ja fosforin saatavuus huonoa. Tuhka korjaa puuston ravinnetilaa nopeasti. Kaliumin ja boorin määrä kasvaa jo seuraavana vuonna, näin puuston kasvu elpyy. Turvetuhkassa ei ole yhtä paljon kaliumia, kuin puutuhkassa. Fosforinpuutos korjaantuu puustosta noin 3-4 vuoden kuluttua lannoituksesta. Tuhkalannoitus vaikuttaa suometsissä 20–50 vuoden ajan, riippuen levitetystä tuhkan määrästä. Lannoituksen vaikutus alkaa hitaasti, mutta sen vaikutus puuston kasvuun kestää kauan. (Huotari 2012, 22.)

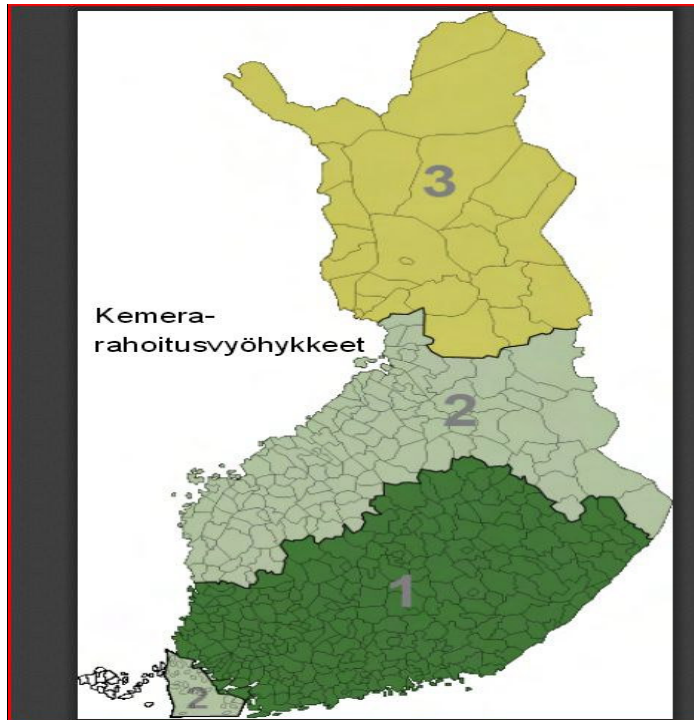
2.3.3 Ravinteidenpuutos puissa

Puuston ravinnetilaa voi arvioida ulkoisten tunnusmerkkien avulla, sekä erilaisilla ravinnetesteillä. Selvät ravinnepuutokset näkyvät puuston heikentyneenä kasvuna, kasvuhäiriöinä ja värivikoina. Neulasanalyysillä saadaan tarkin tieto puuston ravinnetilasta. (Yara 2008, 4.)

Boorinpuutos yleensä tappaa puun kärkisilmut ja saa aikaan useat latvanvaihdokset. Puun pituuskasvu pysähtyy ja puusta tulee pensasmainen. Boorinpuutos voi aiheuttaa tuhansien eurojen kasvutappiot hehtaaria kohti. (Yara 2008, 8.) Kaliumin puutos ilmenee puun neulasissa. Männyllä edellisen vuoden neulasten kärjet muuttuvat keltaiseksi. Kuusella edellisen vuoden neulaset muuttuvat kokonaan keltaisiksi. (Huotari 2012, 23.)

2.4 KEMERA-TUKI TERVEYSLANNOITUKSEEN

Yksityinen metsänomistaja voi hakea tukea valtiolta metsänhoito- ja metsänparannustöihin, kun se on huonosti kannattavaa. Lisäksi tukea voi hakea luonnontuhoista aiheutuneisiin uudistuskuluihin ja metsäluonnonhoitoon. Metsäkeskus myöntää Kemera-tuet. Voimassa olevalla metsäsuunnitelmalla saa täydet tuet. Metsäsuunnitelma on voimassa kymmenen vuotta, mutta täydet tuet myönnetään vielä viiden vuoden ajan suunnitelman vanhentumisesta. Tämän jälkeen tuki laskee kymmenen prosenttia. Kemera-tukea ei myönnetä kustannusten arvonlisäveroon. Suomi on jaettu kolmeen tukivyöhykkeeseen, Etelä-Suomessa tukea saa 40 prosenttia, Keski-Suomessa 55 prosenttia ja Pohjoissuomessa 65 prosenttia kokonaiskustannuksista. (Metsäkeskus 2014) Kuviossa 2. esitellään Kemera-tuki vyöhykkeet.



Kuvio 2. Kemera- rahoitusvyöhykkeet (Metsäkeskus 2011, 1.)

Kestävän metsätalouden rahoituslaki mahdollistaa terveyslannoituksiin tuen saannin. Ravinneanalyysi ja suunnittelu korvataan kokonaan. Suunnittelusta metsänomistaja maksaa vain arvonlisäveron. Rahoituksen edellytyksenä on, että ravinne-epätasapaino vaikuttaa puuston kasvuun hoitotoimenpiteistä huolimatta. Lisäksi lannoituksen on oltava terveyslannoitusta, ei kasvatuslannoitusta. Lannoitussuunnitelma pitää hyväksyttää Metsäkeskuksella ennen työn suorittamista. Lannoitettavan kohteen pinta-ala tulee olla yli yksi hehtaari. (Metsäkeskus 2014)

2.5 LAITOSTUHKAN HYÖTYKÄYTTÖ LANNOITTEENA HANKE

Laitostuhkan hyötykäyttö lannoitteena hanke on Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) osittain rahoittama projekti. Pää toteuttajana toimii Rovaniemen koulutuskuntayhtymä ja projektipäällikkönä Kauko Jaukkuri. Projektin ohjausryhmään kuuluu edustajia kuudesta eri organisaatiosta. Hankkeen tarkoituksena on hankkia tuhkan levittämiseen tarvittava työkone ja varusteet. (Lapin ammattiopisto 2012)

Hankkeen tarkoituksena on kehittää, monipuolistaa ja laajentaa bioenergia-alan opetustoimintaa Lapissa voima- ja lämpölaitostuhkan käsittelyyn liittyviin

tehtäviin. Tarkoituksena on, että Rovaniemen koulutuskuntayhtymän järjestämissä bioenergia- ja metsäalan koulutuksissa on hankkeen jälkeen opetusvälineet ja valmiudet opettaa voimalaitostuhkan käsittelyketjua. Lisäksi on mahdollisuus opettaa työelämän palvelutehtävänä teemaan suunnattuja lyhyt kursseja ja konsultointia. (Lapin ammattiopisto 2012)

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

3.1 Aikatutkimus

Aikatutkimuksella määritetään työn vaatimaa panosta, tässä tapauksessa aikaa. Aikatutkimuksessa mitataan myös työn tuotosta, tästä syystä aikatutkimuksesta käytetään käsitettä aika- ja tuotostutkimus. Aikatutkimuksessa selvitetään kunkin työvaiheen vaatima panos ja miten eri tekijät vaikuttavat työntuottavuuteen. Aikatutkimuksessa vertaillaan kahden tai useamman samantyyllisen työmenetelmän tuottavuutta. (Uusitalo 2003, 165.)

Tutkimusmuodon ongelmana on tulostenyleistettävyyys. Saatuun tulokseen vaikuttaa, työntekijän työkokemus ja työympäristö. Tutkimusaineistoa pitäisi kerätä paljon, että tuloksia voisi yleistää. Aikatutkimukselle on kehitelty metodeja, joilla saadaan työntekijän ja työympäristön vaikutusta tuloksiin normalisoitua. Tällaisia metodeja ovat normaalisuorituksen määrittäminen ja joutuisuuskerroin. (Uusitalo 2003, 165.)

Aikatutkimuksessa pitää määrittää käyttäkö tehollisen ajan käsitettä vai käyttöaika. Tehoaikaan sisältyy pelkästään työhön kuuluvat työvaiheet, siihen ei sisälly keskeytyksiä. Käyttöaikaan sisältyy lyhyitä katkoksia, joita tulee käytännön töissäkin. Katkoksen maksimi pituus pitää kuitenkin ilmoittaa, koska kello pysäytetään tämän jälkeen. Yleensä alle 15 minuutin katkot sisältyvät käyttöaikaan. (Uusitalo 2003, 166–167.)

3.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimustehtävät

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia rakeistetun laitostuhkan koneellista levitystä aikatutkimuksella ja levityksen kustannuksia. Toimeksiantajana toimi Lapin ammattiopisto, laitostuhkan hyötykäyttö lannoitteena -hanke. Levityskohteita oli kolme, jotka sijaitsivat Rovaniemen alueella.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville levityksen ajankäyttöä ja kustannuksia. Hankkeen tarkoituksena oli tutustua ja kehittää rakeistetun

laitos tuhkan levittämistä turvemaille. Tuhkan levittäminen haluttiin osaksi puunkorjuuketjua, niin että samalla koneella voitaisiin ajaa hakatut puut ja levittää rakeistettu tuhka.

3.3 Aineiston keruu

Tuhka levitettiin huhtikuussa 2014. Levityskohteista kaksi oli Lapin ammattiopiston opetusmetsässä Hirvaalla ja yksi yksityismetsässä Perunkajärvellä. Kohteita valittaessa haluttiin mahdollisimman erilaisia kuljetusmatkoja, jolloin niiden erot olisivat selvempiä. Tämä rajoitti huomattavasti levityskohteiden määrää.

Tuhkan levitys tapahtui Lapin ammattiopiston metsäkoneella Ponsse Wisent 10W ja tuhkanlevittimenä toimi Ponsse Oyj:n varustama Bredal 105 rakeistetun tuhkanlevitin. Levittimen pohjalla kulki hihna, joka kuljetti tuhkan perälaudan raosta kahdelle lautaslevittimelle. Perälaudan ja lautasten kulman säätö tapahtui manuaalisesti. Levittimen kuormatilankooksi ilmoitettiin 10 000 kilogrammaa. Levittimen sisälle oli rakennettu terä, johon tuhkasäkki laskettiin. Näin saatiin säkinpohja auki ja tuhka leviteltyä tasaisesti levittimeen. Kuviossa 3. levityskone Ponsse Wisent ja Bredal 105 rakeistetun tuhkan levitin.



Kuvio 3. Ponsse Wisent 10W ja Bredal 105 rakeistetun tuhkan levitin

Kaikkien työvaiheiden ajat otettiin sekuntikellolla ja kaksi kuormaa kuvattiin videolle. Videolta pystyi tarkistamaan kaikkien työvaiheiden ajat ja tapahtumat. Levitysmatkat ja pinta-alat mitattiin Garminin gps-laitteella.

3.4 Mittausmenetelmät

Tuhkan levittäminen jaettiin neljään eri työvaiheeseen kuormaamiseen, kuormattuna ajamiseen, levittämiseen ja kuormaamattomana ajamiseen. Aikatutkimuksessa käytettiin käyttöaikaa, jossa aikaan sisältyi alle 15 minuutin käyttökatkokset. Yli 15 minuutin katkoksia ei tullut.

Kuormaamisessa kone oli valmiina tienvarressa olevalla lastauspaikalla. Tuhkat olivat toimitettu valmiiksi lastauspaikalle. Suur-säkit nostettiin yksitellen puuauton nosturilla levittimen sisällä olevaan terään. Näin saatiin säkinpohja auki ja se voitiin levittää tasaisesti levittimen kuormatilaan. Tarkoituksena oli käyttää metsäkoneen omaa kuormainta, mutta tuhkasäkit olivat liian painavia sille.

Kuormaaminen alkoi, kun koura irrotettiin levittimen takana olevasta telineestä ja nostettiin sivuun lastaamisen ajaksi. Kuormaaminen loppui, kun kuorma oli täysi tai tarvittava määrä tuhkaa oli lastattu levittimeen. Koura laitettiin takaisin telineeseen. Aika pysähtyi, kun kone oli valmiina lähtemään levitys kohteelle. Kuormaamiseen kulunut aika kirjattiin muistiin ja kuormaimen vaa'alla saadut säkki kohtaiset painot kirjattiin muistiin. Kuormaamisaikaan otettiin huomioon mahdolliset esivalmistelut, esimerkiksi pressun poistaminen tuhkasäkkien päältä tai tuhkasäkkien nostoripojen oikaiseminen.

Kuormattuna ajaminen alkoi, kun ajokone lähti liikkeelle lastauspaikalta. Kuormattuna ajaminen loppui, kun ajokone oli saapunut kuviolle ja aloitti tuhkan levityksen. Kuormattuna ajamisesta mitattiin gps:llä matka, jonka ajokone ajoi ja aika mikä kului kyseiselle matkalle.

Levittäminen alkoi, kun ajokone alkoi levittää rakeistettua tuhkaa. Levittämisessä mitattiin matka, jonka kone kulki levityksen aikana. Levittäminen loppui, kun tuhka loppui säiliöstä. Tuhkaa levitettiin ajamalla vanhoja ajouria pitkin. Tuhkaa levisi noin 15 metriä leveästi molemmanpuolin ajouraa. Ajetun matkan ja levitysleveyden avulla saadaan levityspinta-ala selville. Levityksessä eroteltiin levitysajo ja muu levitysajo. Muulla levitysajolla tarkoitetaan ajoa, joka tapahtuu levityskohteen ulkopuolella tai ajoa jolloin ei levitetty tuhkaa. Tällaista ajoa oli ajouran vaihtaminen toisen kuvion puolella.

Kuormaamattomana ajaminen alkoi, kun tuhka loppui levittimestä. Kuormaamattomana ajaminen loppui, kun ajokone pysähtyi lastauspaikalle ja oli valmiina aloittamaan uuden kuorman lastaamisen. Ajettu matka mitattiin tuhkan loppumispisteestä lastauspaikalle ja matkaan kulunut aika otettiin sekuntikellolla.

3.5 Ajanmenekki ja kustannukset

Mitattujen aikojen ja matkojen avulla määriteltiin ajanmenekki ja tuottavuus kohteittain. Eri työvaiheiden ajanmenekkiä käsiteltiin kuormauksen kanssa.

Kuormauksen aika lasketaan kahden kellotetun lastauksen, yhden säkin keskiarvo ajalla.

Levityksen tuottavuus ja ajanmenekki laskettiin kuormien kokonaisajalla, joka sisälsi lastauksen. Tuottavuudet laskettiin 100 – 800 metrin kuljetusmatkoille (matka varastopaikalta levitysalueelle). Näille kuljetusmatkoille ilmoitettiin ajanmenekki minuuttia / kuorma (min/kuorma), tonnia / tunti (t/h) ja hehtaaria / tunti (ha/h).

Levityskustannukset laskettiin tuntikustannuksen avulla. Tuntikustannuksen määrittäminen oli hieman hankalaa, koska tällaisia koneita ei muualla ole. Lisäksi tuntikustannus olisi pitänyt laskea konekustannuslaskelmalla. Tämä ei kuitenkaan tässä tapauksessa ollut mahdollista, koska koneen vuotuisia levitysmääriä ja työtunteja ei tiedetty.

Tuntikustannus oli 2003 vuonna, metsäkoneella tehtävässä rakeistetun tuhkan levityksessä 50 euroa tunti. Kustannukset ovat nousseet tästä huomattavasti, esimerkiksi polttoöljy maksoi tuolloin 0,46 euroa litra. Helmikuussa 2013 polttoöljy maksoi 1,14 euroa litra. (Talouselämä 2013) Polttoöljyn hinta on yli kaksinkertaistunut kymmenessä vuodessa.

Tässä työssä käytettävä tuntihinta perustuu 70 - 80 euron hintahaarukkaan, jonka sain Metsätehon erikoistutkijalta. Tarkkaa tuntihintaa oli vaikea määrittää, koska koneen käyttöaste vaikuttaa siihen. Tuntihinta-arvio muodostui käytettävästä kalustosta ja oppilaiden suorittamasta levityksestä. Levityskustannuksien laskennassa käytettiin 80 euron tuntikustannusta. Tuntihinta oli näin korkea, koska tuhkan levitystä opeteltiin, sen suoritti oppilas ja koneen käyttöastetta ei tiedetty. Levityskustannukset laskettiin 100 – 800 metrin kuljetusmatkoille (matka varastopaikalta levitysalueelle). Näille matkoille ilmoitettiin kustannukset euroa / kuorma (€ / kuorma), euroa / tonni (€ / t) ja euroa / hehtaari (€ / ha).

4 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1 Lastauksen ajanmenekki

Lastauksen ajanmenekki mitattiin kahdella lastauksella. Lastaaminen tapahtui puuautonosturilla, jolla säkit punnittiin lastauksen yhteydessä. Nosturissa oli paikallaan normaali koura, jolla otettiin kiinni säkin nostolenkistä. Lastauksessa kuljettaja ohjasi nosturia ja maassa oli apuri, joka nosti nostolenkit ylös. Samalla apuri varmisti, että nostolenkki meni kunnolla kouraan.

Ensimmäisessä lastauksessa lastattiin neljä säkkiä, joiden kokonaispaino oli 5 760 kilogrammaa. Aikaa lastaamiseen kului 6 minuuttia 41 sekuntia. Yhtä säkkiä kohden kului aikaa keskiarvolla 1 minuutti 40 sekuntia. Tuhkan säkin keskikoko oli 1 440 kilogrammaa. Sakkien lastausaikaan vaikutti merkittävästi, kuinka hyvin säkki osui kuormatilassa olevaan avausterään. Joitakin säkkejä jouduttiin käyttämään useita kertoja avausterässä, koska säkinpohja ei repeytynyt tarpeeksi. Tämä hidasti lastaamista.

Toisessa lastauksessa lastattiin seitsemän säkkiä, joiden yhteispaino oli 10 100 kilogrammaa. Aikaa lastaamiseen kului 9 minuuttia 20 sekuntia. Yhtä säkkiä kohden kului aikaa 1 minuutti 20 sekuntia. Tuhkan säkin keskikoko oli 1 443 kilogrammaa. Tuhkan koostumus säkeissä, oli kuivempaa, kuin ensimmäisessä lastauksessa. Tämän takia säkit tyhjenivät nopeampaa. Kuviossa 4. näkyy puuautolla tapahtuva lastaaminen.



Kuvio 4. Tuhkan lastaaminen puuauton nosturilla

Näillä mittaustuloksilla yhden säkin lastaamiseen kuluu aikaa 1 minuutti 30 sekuntia. Tällä ajalla olen laskenut, kuhunkin kuormaan lastaamisen vaatiman ajan. Näin saadaan selville kuorman kokonaisaika, jossa on kaikki työvaiheet mukana.

4.2 Kohde yksi

Ensimmäinen tuhkan levityskohde sijaitsi Perunkajärvellä yksityisen metsässä. Kylvökoneeseen etsittiin sopivia säätöjä parin kuorman avulla. Näillä kuormilla harjoiteltiin tulevaa aikalevitystä. Aikalevitys kohteeksi valittiin hieman kauempana oleva kuvio, jossa ajourat olivat lenkkeinä. Metsuri oli hakannut ajourat ja kuljettanut puut moottorikelkalla. Lumen paksuus kohteella oli noin 40 senttimetriä.

Rakeistettu tuhka oli pakattu 1 200 - 1 400 kilogrammaa säkkeihin, joita ajokoneen kuormain ei jaksanut nostaa kyytiin. Kuormaan lastattiin neljä säkkiä. Kaikista säkeistä poistettiin 100 – 300 kilogrammaa tuhkaa, jotta ne saatiin lastattua.

Kuormaan lastattiin 5 300 kilogrammaa tuhkaa, joka punnittiin kuormaajassa olevalla vaa'alla. Lastausta ei voitu kellottaa tämän takia.

4.2.1 Ajanmenekki

Kuormattuna ajoaika lähti kulumaan, kun kone lähti lastauspaikalta levityskuviota kohti. Kuormattuna ajaminen kesti 4 minuuttia 26 sekuntia. Levityskohteelle oli matkaa 305 metriä lastauspaikalta.

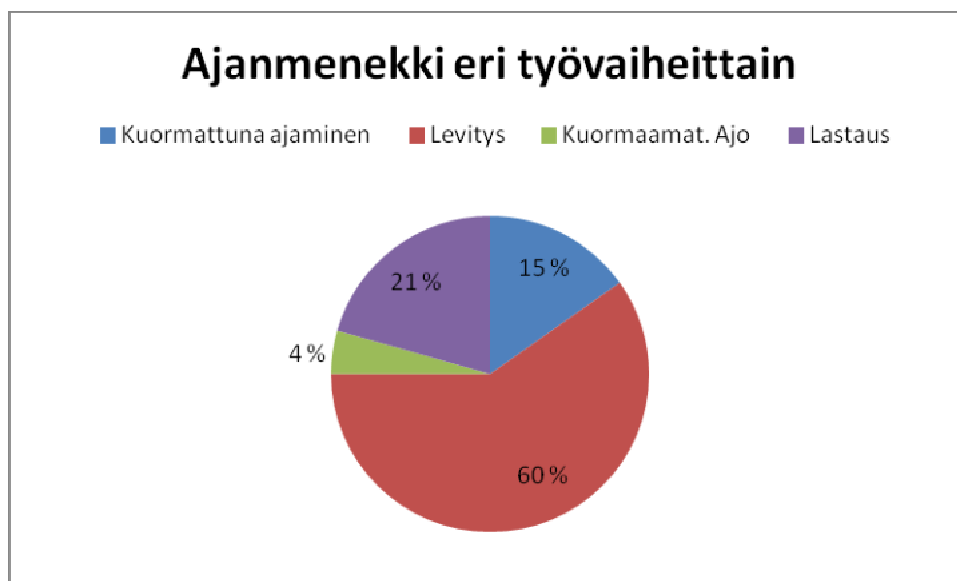
Levitys tapahtui kahdelle ajouralenkille ja keruu-uralle, joka meni lastauspaikkaa kohti. Levitykseen kului aikaa 17 minuuttia ja 26 sekuntia. Koneella ei kulunut turhaan aikaa ajourien etsimiseen. Levityksen aikana kone kulki 844 metriä. Levitysalueen pinta-alaksi mitattiin 2,5 hehtaaria. Hehtaarille oli tarkoitus levittää 3 000 – 4 000 kilogrammaa tuhkaa, mutta nyt päästiin vain 2 120 kilogrammaan. Kuviossa 5. tuhkaa levitetään kohteella.



Kuvio 5. Tuhkanlevitys ensimmäisellä kohteella

Kuormaamattomana ajaminen jäi kohteella todella lyhyeksi, matkaa kertyi vain 108 metriä. Aikaa kului kyseiselle matkalle 1 minuutti 17 sekuntia. Lastauspaikalla tarkistimme, ettei levittimeen jäänyt enää tuhkaa.

Lastauksen ajanmenekin laskin keskimääräisellä ajalla. Puuautonosturilla tapahtuvassa lastauksessa yhden säkin purkamiseen kuluu 1 minuutti 30 sekuntia. Tähän kuormaan laitettiin neljä säkki, joten aikaa olisi kulunut 6 minuuttia. Näin kokonaisajaksi olisi tullut 29 minuuttia 9 sekuntia. Kokonaismatkaksi tuli 1 257 metriä. Lastaukseen kulunut aika on kokonaisajasta 21 prosenttia. Muiden työvaiheiden osuudet, kuormattuna ajaminen 15 prosenttia, levitys 60 prosenttia ja kuormaamattomana ajaminen 4 prosenttia. Seuraavassa kuviossa (kuvio 6) on esitelty ajanmenekki lastauksen kanssa.



Kuvio 6. Kohde yksi, ajanmenekki eri työvaiheittain

4.2.2 Tuottavuus ja levityskustannukset

Ajanmenekki ja tuottavuus olivat kohteella todella hyvät. Kohteella päästään suuriin levitysmääriin tuntia kohden, mutta täytyy muistaa että tuhkaa levisi liian vähän hehtaarille. Tämä selittää suuren hehtaari määrän tunnissa. Kohteen tuottavuuteen vaikutti myös hyvä ajouraverkosto. Muuta levitysajoa ei tullut ollenkaan, mikä parantaa tuottavuutta. Lisäksi kohde oli lähellä varastopaikkaa. Kuljetusmatkan piteneminen 100 metrillä jatkaa levitysaikaa noin 2 minuutilla. Tunnissa levitettävän tuhkan määrä laskee noin 0,7 tonnia

ja hehtaarimäärä pienenee noin 0,4 hehtaaria. Seuraavassa taulukossa (taulukko 1) on esitelty kuorman ajanmenekki ja tuottavuus.

Ajanmenekki ja	Ajomatka, m							
tuottavuus	100	200	300	400	500	600	700	800
Min/kuorma	25,4	27,3	29,2	31,1	33,0	34,9	36,8	38,7
t/h	12,5	11,7	10,9	10,2	9,7	9,1	8,7	8,2
Ha/h	5,9	5,5	5,1	4,8	4,6	4,3	4,1	3,9

Taulukko 1. Kohde yksi, ajanmenekki ja tuottavuus

Levityskustannukset ovat alhaiset suuren tuntituotoksen takia. Kustannuksista huomaa, että levityskohde oli selkeä ja helppo levittää, vaikka kyseessä oli ensimmäinen kuorma. Kuljetusmatkan piteneminen 100 metrillä nostaa kuorman levityskustannusta noin 2 eurolla. Tonnihinta nousee noin 0,5 euroa ja hehtaarihinta noin euron. Tällä kohteella kuorman hinnaksi tuli 39 euroa ja tonninhinnaksi 7,34 euroa. Hehtaarille tuli hintaa 15,56 euroa. Seuraavassa taulukossa (taulukko 2) on esitelty kuorman levityskustannukset.

Levitys-	Ajomatka, m							
kustannukset	100	200	300	400	500	600	700	800
€/Kuorma	34	36	39	41	44	46	49	52
€/t	6,40	6,84	7,34	7,84	8,25	8,79	9,20	9,76
€/Ha	13,56	14,50	15,56	16,63	17,48	18,64	19,49	20,68

Taulukko 2. Kohde yksi, levityksen kustannukset

4.3 Kohde kaksi

Toinen tuhkan levityskohde sijaitsi Hirvaalla opetusmetsässä. Kohde oli jaettu levitys- ja nollaruutuun. Levitysruutu oli kahden nollaruudun keskellä. Ruudut oli merkattu maastoon maalilla. Kohde oli harvennettu muutama vuosi sitten ja levitys tapahtui vanhoilta ajourilta. Ajourat olivat noin 300 metriä pitkiä ja levitysruutu oli ajouran keskivaiheilla. Lumen paksuus kohteessa oli noin 15 senttimetriä.

4.3.1 Ajanmenekki

Kuormaan lastattiin viisi säkkiä tuhkaa, joiden yhteispano oli 7 320 kilogrammaa. Lastauksesta ei saatu aikaa, koska kuorma oli lastattu valmiiksi meidän valmistellessa levityskohteetta. Kaikki lastatut säkit oli punnittu puuautonosturin vaa'alla.

Levitysrudulle oli lastauspaikalta 660 metriä, kuormattuna ajaminen kesti 14 minuuttia 33 sekuntia. Levityskohteelle mentiin vanhoja ajouria pitkin, jotka eivät menneet suoraan kohteelle. Reitti oli merkattu kuitunauhalla. Kuviossa 7. kone on menossa levityskohteelle.

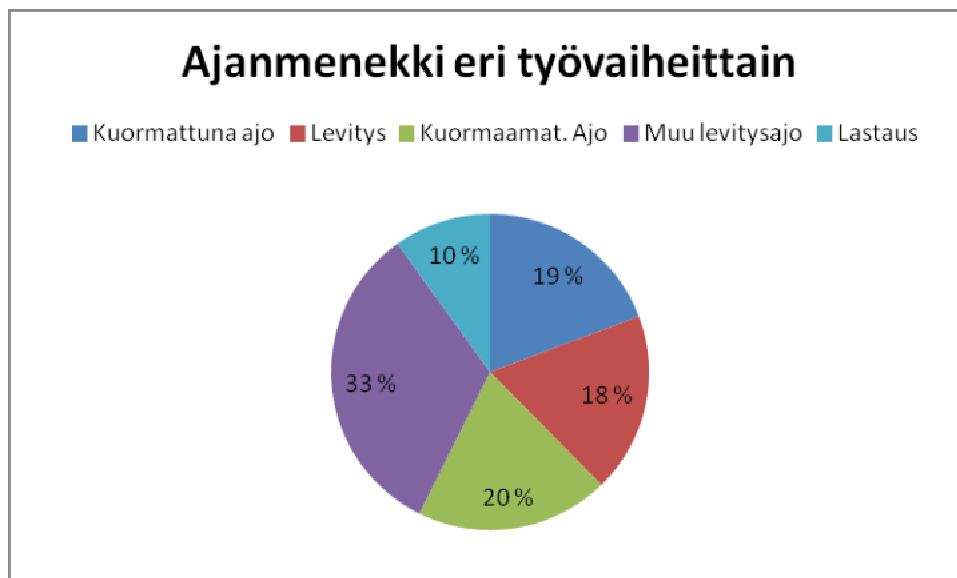


Kuvio 7. Levityskone menossa toiselle kohteelle

Ajouraverkosto oli suunniteltu kulkemaan kaikkien ruutujen läpi. Ajouran vaihtaminen vei aikaa. Tämän takia levitysaika ja matka otettiin itse levityksestä ja muusta levitysjosta. Levittämiseen kului aikaa 13 minuuttia 49 sekuntia ja muuhun levitysjoon 24 minuuttia 36 sekuntia. Levitysmatkaa kertyi 648 metriä, kun taas muussa levitysjossa 733 metriä. Levityspinta-alksi mitattiin 1,94 hehtaaria. Kohteelle levitettiin 3 773 kilogrammaa tuhkaa hehtaarille.

Kuormaamattomana ajamiseen kului 14 minuuttia 55 sekuntia. Matkaa levityskohteelta lastauspaikalle tuli 845 metriä. Pääosa matkasta kuljettiin samaa reittiä, kuin kohteelle tullessa.

Lastaukseen olisi tällä kohteella kulunut noin 7 minuuttia 30 sekuntia. Näin kokonaisajaksi tuli 1 tunti 15 minuuttia 26 sekuntia ja kuljettua matkaa kertyi 2 886 metriä. Lastaukseen kulunut aika olisi vain 10 prosenttia kokonaisajasta. Lastauksen vaikutus kokonaisuikaan on huomattavasti pienempi kuin ensimmäisessä kuormassa. Muiden työvaiheiden osuudet ovat; kuormattuna ajaminen 19 prosenttia, levitys 18 prosenttia, muu levitysajo 33 prosenttia ja kuormaamattomana ajaminen 20 prosenttia. Tuloksista näkee, kuinka suuri merkitys ajourien ennakkosuunnittelulla on tuhkan levittämisessä. Ajourat olivat kohteella todella ahtaita ja päässä olevat käännökset jyrkkiä. Kankea ja pitkä levityskone teki pilkkoja puihin ja joutui vekslaamaan käännöksissä. Seuraavassa kuviossa (kuvio 8) on esitelty ajanmenekki eri työvaiheittain.



Kuvio 8. Kohde kaksi, ajanmenekki erityövaiheittain

4.3.2 Tuottavuus ja levityskustannukset

Ajanmenekki ja tuottavuus ovat kohteella huonot. Kohteen sijainti ja suuri muun levitysjon osuus laskee tuottavuutta huomattavasti. Tämä selittyy huonolla ajourasuunnittelulla. Kohteella käännökset olivat liian jyrkkiä ja

koneella jouduttiin ottamaan edes takaisin mutkissa. Puustoon tuli levityksen aikana pilkkoja. Tuntituotos on selvästi ensimmäistä kohdetta huonompi. Kuljetusmatkan kasvaessa 100 metriä kuorman levittämiseen kuluu 4 minuuttia kauemmin. Tunnissa levitettävän tuhkan määrä pienenee noin 0,5 tonnia ja hehtaarimäärä pienenee noin 0,1 hehtaaria. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 3) on esitetty kuorman ajanmenekki ja tuottavuus.

Ajanmenekki ja	Ajomatka, m							
tuottavuus	100	200	300	400	500	600	700	800
Min/Kuorma	54,2	58,2	62,2	66,2	70,1	74,1	78,1	82,1
t/h	8,1	7,5	7,0	6,6	6,2	5,9	5,6	5,3
Ha/h	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4

Taulukko 3. Kohde kaksi, ajanmenekki ja tuottavuus

Levityskustannukset kohteella on suuret tuottavuudessa mainitusta syistä johtuen. Kohteella kuorman hinnaksi tulee noin 102 euroa ja tonninhinnaksi noin 14 euroa. Hehtaarille kertyi hintaa noin 52,8 euroa. Kaukana sijaitsevilla kohteilla pitää miettiä, onko kannattavaa levittää tuhkaa. Suurin osa tämän kohteen kustannuksista tulee huonosta ajouraverkostosta. Kuljetusmatkan kasvaessa 100 metriä kuorman levityskustannukset nousee noin 6 euroa. Tonnihinta nousee noin 0,7 euroa ja hehtaarihinta noin 2,7 euroa. Seuraavassa taulukossa (taulukko 4) on esitetty kuorman levityskustannukset.

Levitys-	Ajomatka, m							
kustannukset	100	200	300	400	500	600	700	800
€/Kuorma	72	78	83	88	94	99	104	109
€/t	9,90	10,63	11,36	12,08	12,81	13,56	14,26	14,99
€/Ha	37,37	40,11	42,85	45,60	48,34	51,16	53,82	56,57

Taulukko 4. Kohde kaksi, levityksen kustannukset

4.4 Kohde kolme

Kolmannella levitys kohteella käytettiin samaa lastauspaikkaa, kuin toisella kuormalla. Kohde oli vain lähempänä tietä. Kuvio oli harvennettu kaksi vuotta

sitten ja levityksessä käytettiin vanhoja ajouria. Kuvio oli soistunutta kangasta. Lumen paksuus kuviolla oli noin 15 senttimetriä.

4.4.1 Ajanmenekki

Kuorman lastauksesta emme saaneet virallista aikaa, koska olimme mittaamassa edellisen kuorman tuloksia. Kuorma oli lastattu sillä aikaa valmiiksi. Kuormaan oli laitettu seitsemän säkkiä tuhkaa, joiden yhteispaino oli 10 050 kilogrammaa.

Lastauspaikalta oli levityskohteelle matkaa 275 metriä. Kuormattuna ajaminen kesti 3 minuuttia 59 sekuntia. Kohteelle ajettiin kangasmaita pitkin. Seuraavassa kuviossa (kuvio 9) levityskone on matkalla levityskohteelle.



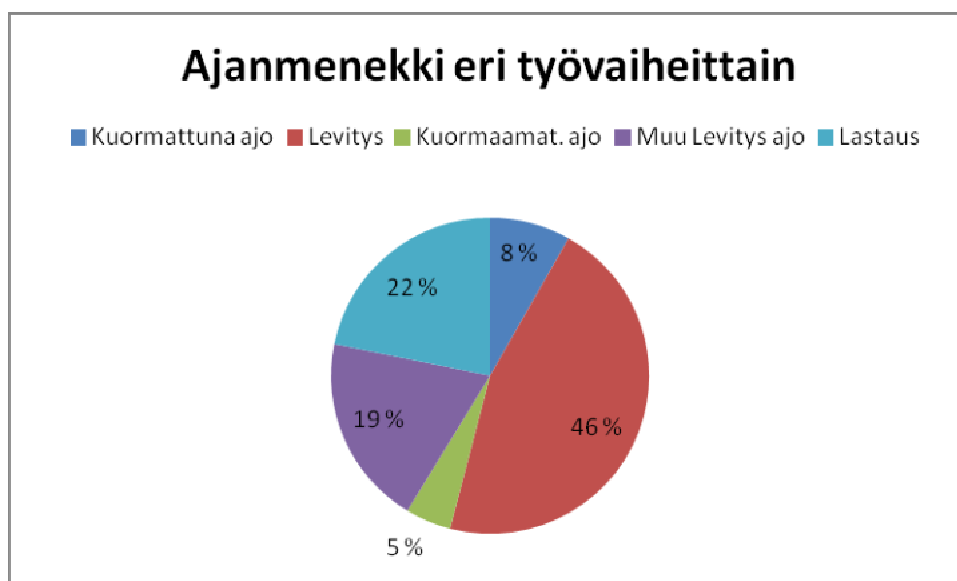
Kuvio 9. Levityskone menossa kolmannelle kohteelle

Levitykseen kului aikaa 22 minuuttia 5 sekuntia. Levityksen aikana kuljettiin 830 metriä. Kohteella ajourat olivat pitkiä ja osa oli umpiperiä. Näillä urilla jouduttiin peruuttamaan takaisin päin 205 metriä. Aikaa peruuttamisiin kului 9

minuuttia 22 sekuntia. Levityspinta-alaksi mitattiin 2,49 hehtaaria. Kohteelle levitettiin 4 036 kilogrammaa tuhkaa hehtaarille.

Kuormaamattomana ajamiseen kului 2 minuuttia 15 sekuntia. Matkaa levityskohteelta lastauspaikalle tuli 140 metriä. Lastauspaikalle tultiin samaa reittiä, kuin kuormattuna.

Lastaukseen olisi tällä kohteella kulunut noin 10 minuuttia 30 sekuntia. Näin kokonaisajaksi tuli 48 minuuttia 11 sekuntia ja kuljettua matkaa kertyi 1 450 metriä. Lastaukseen kulunut aika olisi 22 prosenttia kokonaisajasta. Lastauksen vaikutus on aika suuri, koska kohde sijaitsee lähellä tietä. Muiden työvaiheiden osuudet ovat; kuormattuna ajaminen 8 prosenttia, levitys 46 prosenttia, muu levitysajo 19 prosenttia ja kuormaamattomana ajaminen 5 prosenttia. Kohteella päästiin hyvään levitysprosenttiin, mutta paremmalla ajoura suunnittelulla tulos olisi ollut vielä parempi. Seuraavassa kuviossa (kuvio 10) on esitetty ajanmenekki lastauksen kanssa.



Kuvio 10. Kohde kolme, ajanmenekki ero työvaiheittain

4.4.2 Tuottavuus ja levityskustannukset

Ajanmenekki ja tuottavuus kohteella ovat todella hyvät. Kohteella päästään suuriin levitysmääriin tuntia kohden, mutta tulos olisi ollut vielä parempi paremmalla ajoura suunnittelulla. Kohteella tuli muuta levitysajoa pistomaisten ajourien takia. Tuottavuudessa näkyy, että kohde sijaitsee lähellä

varastopaikkaa. Suuren kuorman takia kuorman levitysaika on suuri. Kuljetusmatkan kasvaessa 100 metriä kuorman levitysaika pitenee noin 2 minuuttia, tunnissa levitettävän tuhkan määrä putoaa 0,8 tonnia ja hehtaarimäärä pienenee 0,2 hehtaaria. Seuraavassa taulukossa (taulukko 5) on esitetty kuorman ajanmenekki ja tuottavuus.

Ajanmenekki ja	Ajomatka, m							
	100	200	300	400	500	600	700	800
tuottavuus	44,1	47,1	50,2	53,2	56,3	59,3	62,4	65,4
Min/Kuorma	13,8	12,9	12,1	11,4	10,8	10,2	9,7	9,3
t/h	3,4	3,2	3,0	2,8	2,7	2,5	2,4	2,3
Ha/h								

Taulukko 5. Kohde kolme, ajanmenekki ja tuottavuus

Levityskustannukset ovat alhaiset suuren kuorman ja tuntituotoksen takia. Kohteella kuorman hinnaksi tuli 66 euroa ja tonninhinnaksi tuli 6,92 euroa. Hehtaarihinnaksi tuli 26,42 euroa. Lähellä lastauspaikkaa olevilla kohteissa saadaan paras tuottavuus. Kuljetusmatkan kasvaessa 100 metriä kuorman levityskustannus nousee neljä euroa. Tonnihinta nousee noin 0,4 euroa ja hehtaarihinta noin 1,6 euroa. Seuraavassa taulukossa (taulukko 6) on esitetty kuorman levityskustannukset.

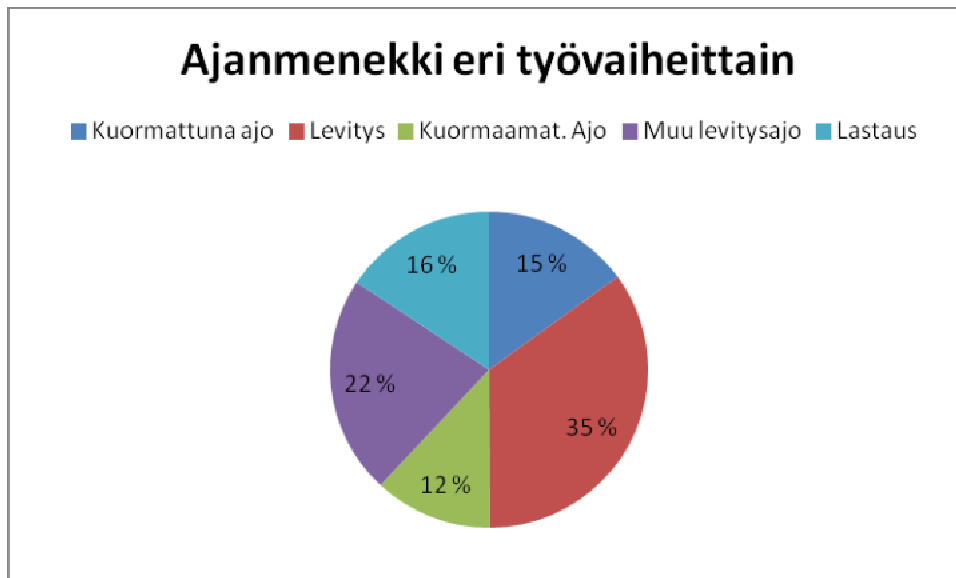
Levitys-	Ajomatka, m							
	100	200	300	400	500	600	700	800
kustannukset	59	63	67	71	75	79	83	87
€/Kuorma	5,82	6,22	6,62	7,02	7,43	7,83	8,23	8,63
€/t	23,59	25,22	26,85	28,49	30,12	31,75	33,39	35,02
€/ha								

Taulukko 6. Kohde kolme, levityksen kustannukset

4.5 Kolmen kuorman keskiarvo

Kaikkien kolmen kuorman keskiarvona tarkasteltuna ajanmenekistä ja tuottavuudesta saadaan luotettavampi tulos. Kohteista kaksi oli selvästi parempaa ja yksi selvästi huonompi. Keskiarvo voi olla hieman liian hyvä, koska levityskohteita oli vain kolme. Ajanmenekkiä eri työvaiheittain

tarkasteltuna levitykseen on kulunut 35 prosenttia kokonaisajasta. Muun levitysjon osuus oli 22 prosenttia, vaikka yhdellä kohteella sitä ei tullut ollenkaan. Lastauksen osuus oli 16 prosenttia, kuormattuna ajamisen 15 prosenttia ja kuormaamattomana ajamisen 12 prosenttia. Seuraavassa kuviossa (kuvio 11) on esitetty ajanmenekki lastauksen kanssa.



Kuvio 11. Ajanmenekki eri työvaiheittain keskiarvona

Kuljetusmatkan piteneminen 100 metrillä lisää levitysaikaa noin kolme minuuttia. Tunnissa levitettävän tuhkan määrä laskee noin 0,7 tonnia ja hehtaarimäärä pienenee 0,2 hehtaaria. Oheisessa taulukossa (taulukko 7) on esitetty keskiarvot ajanmenekistä ja tuottavuudesta.

Ajanmenekki ja	Ajomatka, m							
	100	200	300	400	500	600	700	800
tuottavuus	41,2	44,2	47,2	50,2	53,1	56,1	59,1	62,1
Min/kuorma	11,5	10,7	10,0	9,4	8,9	8,4	8,0	7,6
t/h	3,8	3,6	3,3	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5

Taulukko 7. Ajanmenekki ja tuottavuuden kolmen kuorman keskiarvo

Levityskustannukset vaikuttavat kolmen kuorman keskiarvona luotettavalta. Kuljetusmatkan piteneminen 100 metrillä lisää kuorman levityskustannuksia noin 4 euroa. Tonnihinta nousee noin 0,5 euroa ja hehtaarihinta noin 1,8 euroa. Seuraavassa taulukossa (taulukko 8) on esitetty keskiarvoiset levityskustannukset.

Levitys- kustannukset	Ajomatka, m							
	100	200	300	400	500	600	700	800
€/Kuorma	55	59	63	67	71	75	79	83
€/t	7,37	7,90	8,44	8,98	9,50	10,06	10,56	11,13
€/Ha	24,84	26,61	28,42	30,24	31,98	33,85	35,57	37,42

Taulukko 8. Levityskustannusten kolmen kuorman keskiarvo

4.6 Tulosten tarkastelu

Tuloksien valossa tarkasteltuna näyttäisi siltä, että kohteet jotka sijaitsevat lähellä lastauspaikkaa ja ajourat ovat selviä, niissä päästään alhaisiin levityskustannuksiin. Kohteiden valinta näytti onnistuvan, koska saatiin hyvin erilaisia tuloksia.

Näiden mittausten perusteella voidaan sanoa, että ajourasuunnittelulla on suuri merkitys tuottavuuteen. Muun levitysjon osuus kasvoi toisella kohteella 33 prosenttia kokonaisajasta, koska ajourat kulkivat kolmen kuvion läpi. Hakkuun aikana ajourat tulee suunnitella, niin että tuhkanlevittäminen on helppoa. Ajourat olivat kohteella kapeita ja käännökset jyrkkiä. Levityskone vaatii loivat käännökset ja hieman leveämmän ajouran, koska kone on pitkä ja kankea.

Alhaisin hehtaarihinta saatiin ensimmäisellä kohteella. Siellä 100 metrin kuljetusmatkalla hehtaarille tuli hintaa 13,56 euroa ja tuntituotos oli 5,9 hehtaaria. Kohteella päästiin hyviin tuloksiin, koska se sijaitsi lähellä lastauspaikkaa, ajourat olivat selviä, muuta levitysjoa ei tullut ja tuhkan levittämisen osuus oli 60 prosenttia kokonaisajasta.

Levityskustannuksiin vaikuttaa oleellisesti käytettävä tuntihinta. Tässä tapauksessa käytettiin 80 euroa tunti, josta saadaan minuuttihinnaksi 1,33 euroa. Tuntihinnassa ei ole huomioitu lastauksessa käytettyä puuautoa. Lastauksen ajanmenekki on suuntaa antava, koska lastaaminen ei tapahtunut metsäkoneella.

Lumen vaikutus levityksen ajanmenekkiin oli kohteilla vähäistä, koska lunta ei ollut paksusti ja se oli soseista. Maa oli levityshetkellä vielä jäässä, joka

helpotti levittämistä. Levityskone ei painunut millään kohteella, vaikka kyydissä oli suurimmillaan 10 050 kilogrammaa tuhkaa. Levitysolosuhteet olivat kohteilla ihanteelliset.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää rakeistetun laitostuhkan levityksen kustannukset ja levityksen tasaisuus. Arviot levityksen kustannuksista perustuvat mitattuihin levitysaikoihin ja arvioituun tuntikustannukseen.

Pienestä otannasta huolimatta, levityskustannusten suuruudesta saatiin osviittaa. Kaikki kohteet olivat erilaisia ja niiden avulla opittiin, mitä pitää kohteissa parantaa. Levityskalusto tuli kaikille mukana olleille tutuksi ja levittimeen löydettiin sopivat säädöt. Kaikki kuormat levitti sama oppilas, jolla ei ollut aiempaa kokemusta tuhkan levittämisestä. Tämä voi vaikuttaa mitattuihin aikoihin. Tuhkasäkkien koko hankaloitti mittausten tekemistä. Tämän takia emme saaneet yhtään kuormaa mitatuksi, jossa olisi ollut kaikki työvaiheet mukana.

Levitys kannattaa suorittaa heti hakkuun jälkeen, jolloin ajourat näkyvät ja lumi on poljettu alas. Näin lumi ei hidasta levittämistä. Levitys voidaan myös toteuttaa keväällä, jolloin lunta on vähän ja se on soseista. Koneen kantavuutta sulalla maalla ei päästy testaamaan. Koneen suuri kokonaispaino voi aiheuttaa painaumia. Jää maan aikana tapahtuva levittäminen onnistuu hyvin.

Opinnäytetyö antaa peruskäsityksen levityksen kustannuksista. Levityskohteet eivät saa olla lastauspaikasta liian kaukana ja ajourat pitää suunnitella hyvin. Näin saadaan laskettua muun levitysjon osuutta. Levityskone vaatii leveämmän ajouran ja loivemmat kaarrokset, kuin normaali metsäkone. Näin saadaan vähennettyä vaurioita jäävässä puustossa.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin vain rakeistetun laitostuhkan levityksen kustannuksia, joten jatkotutkimuksia tarvitaan tulevaisuudessa. Voimalaitoksissa syntyvää tuhkaa halutaan hyödyntää jatkossa enemmän metsälannoitteena. Lapin ammattiopiston tarkoituksena on ottaa tuhkan

levittäminen osaksi puunkorjuuketjua. Levityskoneella pystytään ensin ajamaan hakatut puut pinoon ja tämän jälkeen levittämään tuhkat kohteelle.

Ennen tutkimuksen aloittamista minulla ei ollut paljoa tietoa rakeistetun tuhkan levittämisestä. Tutkimuksen tekemisen myötä tiedot muun muassa tuhkan levityksessä käytettäviin menetelmiin ovat syventyneet. Käytettävä kalusto tuli tutuksi, koneeseen löytyi sopivat säädöt ja siitä löytyi kehitettävää.

Levitysmäärän kasvaessa tämän tutkimuksen voisi tehdä uudestaan suuremmalla otannalla, koska uusille kohteille voidaan suunnitella toimiva ajouraverkosto. Näin nähtäisiin, kuinka paljon se vaikuttaa kustannuksiin.

LÄHTEET

- ForestVital Oy 2011. Tuhkalannoitteiden maalevitys. Osoitteessa http://www.forestvital.com/fv/Tuhkan_Maalevitys.html. 10.3.2014.
- Huotari, N. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Vammalan kirjapaino oy. 2012.
- Korpilahti, A. 2004. Tuhkan kuljetus ja levitys metsään. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_173.pdf. 24.4.2004. 24.5.2004.
- Lapin ammattiopisto 2012. EAKR-Projektisuunnitelma. 1.10.2012.
- Metsäkeskus 2014. Osoitteessa <http://www.metsakeskus.fi/kemera-tueterveyslannoitus>. 15.4.2014.
- Metsäkeskus 2011. Kemera-rahoitusvyöhykkeet. Osoitteessa: <http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/kartta-rahoitustukivyohykkeet-kemera-web.pdf>. 23.12.2011.
- Metsäntutkimuslaitos 2013. Metsänhoito- ja metsänparannustyöt. Osoitteessa http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/metsienhoito/metsienhoito_haku_t.html?luokitteluvalinta=370&metsakeskukset=14&omistajaryhma=4&hakuvuosi=2013&submits=Hae+tiedot. 20.4.2014.
- Ojala, E. 2010. Selvitys puu- ja turvetuhkan lannoite- sekä muusta hyötykäytöstä. Motiva. Energiatallisuus. Osoitteessa http://energia.fi/sites/default/files/tuhkaselvitys_eo_final.pdf. 31.8.2010.
- Poikela, A. 2014. Metsätehon erikoistutkija. Sähköpostikeskustelu. 16.6.2014.
- Talouselämä 2013. Muistatko miten halpaa kaikki oli 10 vuotta sitten. Osoitteessa <http://www.talouselama.fi/uutiset/muistatko+miten+halpaa+kaikki+oli+10+vuotta+sitten++kananmunat+101+peruna+96+sahko+88/a2175123>. 15.3.2013.
- Tilastokeskus 2012. Energiatilasto 2012. Osoitteessa http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2012/html/suom000.htm. 13.4.2014.
- Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Metsälehti kustannus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Yara. 2008. Metsälannoitusopas. Osoitteessa http://www.farmit.net/sites/default/files/YARA_Metsalannoitusopas.pdf. 2.3.2014.