

Hannu Havu

# YKSIOTEKANTOHARVESTERIN JA KANTOHARAN SOVELTUVUUS MÄNTYKANTOJEN NOSTOON

Opinnäytetyö  
Metsätalouden koulutusohjelma


Marraskuu 2010




# SISÄLTÖ

## KUVAILULEHDET

1 JOHDANTO .....	1
1.1 Tausta.....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet .....	2
2 KANNON NOSTO .....	2
2.1 Historia .....	2
2.2 Merkitys energiantuotannossa.....	3
2.3 Kannon nostossa käytettävät menetelmät.....	5
2.4 Ympäristövaikutukset.....	7
3 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	8
3.1 Kantojen noston aikatutkimus.....	8
3.2 Kantojen lähikuljetuksen aikatutkimus .....	11
3.3 Kantojen laatu ja puhtaus.....	12
4 Tulokset ja niiden tarkastelu.....	14
4.1 Kantojen noston aika- ja tuottavuuslaskennan tulokset.....	14
4.2 Kantojen nostojäljen tarkastelun tulokset .....	15
4.3 Kantojen kuljetuksen aika- ja tuottavuuslaskennan tulokset .....	15
5 KANTOJEN LAATU JA PUHTAUS.....	17
5.1 Kantojen laatu .....	17
5.2 Kosteusnäytteiden tulokset .....	18
6 POHDINTA .....	19
LÄHTEET .....	21

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p><b>Opinnäytetyön päivämäärä</b></p> <p>25.11.2010</p>	
<p><b>Tekijä</b></p> <p>Hannu Havu</p>	<p><b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b></p> <p>Metsätalouden koulutusohjelma Metsätalous</p>	
<p><b>Nimeke</b></p> <p>Yksiotekantoharvesterin ja kantocharan soveltuvuus mäntykannon nostoon</p>		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Tämän tutkimuksen tavoitteena on vertailla Kareliatechin yksioteharvesteria ja kantocharatyyppistä konetta mäntykantojen nostossa. Opinnäytetyö perustuu metsäenergian kehittämishankkeeseen Metsäenergian uudet mahdollisuudet ja niiden kehittäminen 2008–2010, jonka Keski-Suomen Metsäkeskus on tilannut. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja parantaa kantojen korjuukoneita siten, että se soveltuu sekä mäntykantojen nostoon että parantaa maa-aineksen erottamista juurakoista.</p> <p>Tutkimuksessa vertailtiin kahta erilaista konetta. Toinen koneista oli Kareliatechin mäntykannoille suunniteltu laite, ja toinen koneista oli varustettu kantocharalla. Tutkimuksessa verrattiin koneidenajallisessa tuottavuudessa, kantojen laadussa, nostokuoppien koossa ja kuljetuksen tuottavuudessa.</p> <p>Tutkimuksen tuloksista voi todeta, että kummallakin koneella on mahdollista nostaa männyn kantoja tuottavasti. Kantojen laatu oli kummallakin koneella hyvää niin puhtauden kuin kosteuden osalta. Tuottavuudessa oli selvä ero Kareliatechin yksiotekantoharvesterin eduksi, tosin tutkimuksessa ei huomioitu laitekustannuksia.</p>		
<p><b>Asiasanat (avainsanat)</b></p> <p>Kannonnosto, energiapuu, tuottavuus, laatu</p>		
<p><b>Sivumäärä</b></p> <p>22 S.</p>	<p><b>Kieli</b></p> <p>SUOMI</p>	<p><b>URN</b></p> <p>URN:NBN:FI:MAMK- OPINN201083837</p>
<p><b>Huomautus</b></p>		
<p><b>Ohjaavan opettajan nimi</b></p> <p>Timo Antero Leinonen</p>	<p><b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b></p>	

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Date of the bachelor's thesis</b> 25.11.2010
<b>Author</b> Hannu Havu	<b>Degree programme and option</b> Degree Programme in Forestry Forestry	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  <b>The Suitability of Single Grip Stump Harvesters and Stump-Grubbing Harrow Suitability for Pine Stump Lifting</b>		
<b>Abstract</b>  <p>This thesis aimed to compare the Kareliatech single grip harvesters and stump grubbing harrows in pine stump lifting. The thesis was based on research, which was ordered by Forest Center of Middle Finland Forest Center relating to the project of Forest energy's new opportunities and development in 2008-2010. This thesis aimed to develop and improve the harvesting technologies of pine stumps.</p> <p>The thesis compared two different machines. One of the machines is specialized in lifting pine stumps and the other one is mainly used for spruce stumps. In this study machines were compared in productivity, quality of stumps, sizes of the lifting holes and transportation productivity.</p> <p>Results of the thesis showed that both machines can lift pine stumps productively. The Quality of stumps with both machines was good and they were almost clean of soil. There was a big difference between machines production: Kareliatech's machine was the better one, but in this thesis we did not compare the cost of the equipments.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Stump lifting, energy wood , productivity and quality		
<b>Pages</b> 22S.	<b>Language</b> SUOMI	<b>URN</b> URN:NBN:FI:MAMK- OPINN201083837
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b> Timo Antero Leinonen	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Uusiutuvien tavoitteiden myötä Suomi on keskittynyt uusiutuvaan energiaan yhä enemmän. Kaikki energiamuodot tulee hyödyntää entistä tehokkaammin, että vuoden 2020 tavoitteeseen päästään. Suomen tulee nostaa uusiutuvien energiamuotojen käyttöastetta vuoden 2009 tasolta 20 prosenttiyksiköllä vuoteen 2020 mennessä. Tämä koskee merkittävästi myös metsäalaa. Kantojen nostoa on Suomessa tehty jo 1970-luvulla, mutta kantojen varsinainen käyttö energiantuottamisessa on aloitettu vasta 2000-luvun alussa. Vuoden 2020 uusiutuvien energiamuotojen tavoitteen saavuttamisen kannalta on siis tärkeää, että maamme energiapotentiaali saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tarkkaan kantojenkin osalta.

Kannoista saadaan hyvää ja laadukasta polttoainetta energialaitoksille, kunhan nosto- ja kuljetuslaitteet ovat kunnossa. Kantojen puhtaus on erittäin tärkeä asia, koska isot kivet tylsyttävät murskaimia, eivätkä polttolaitokset halua uuneihinsa kiveä ja hiekkaa huonontamaan tuhkapitoisuuksia. Myös hankintaorganisaatiot tavoittelevat mahdollisemman puhdasta kantoainesta, sillä ne maksavat metsäkuljetuksesta yleensä tonnitaksalla.

Uusia laitteita kannonnostoon on viime vuosina kehitelty useita. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää mäntykannoille suunnitellun koneen toimivuutta ja tuottavuutta. Yleensä Suomessa nostetaan vain kuusen kantoja, koska ne on saatu tehokkaammin ja laadukkaampina ylös maasta. On tärkeää saada hyödynnettyä myös männyn kantoja, mikä lisää kantojen nostopotentiaalia maassamme. Tällä hetkellä sekametsät eivät ole haluttuja kannon nostoaloja, koska mäntyjä ei saada ylös tuottavasti kaikilla tämän hetkisillä kannonnostolaitteella.

Tutkimuksessa olevalla Kareliatechin koneella voidaan kuitenkin nostaa sekä kuusen että männyn kantoja. Mäntykantojen nostolla voidaan myös tervehdyttää aloja, jotka ovat männyn tyvitervaksen vaivaamia. Näin alue voidaan uudistaa jälleen samalle puulajille.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on vertailla Kareliatechin konetta kantoharatyyppiin koneeseen mäntykantojen nostossa. Vertailukohteina ovat tuottavuus sekä nostossa että kuljetuksessa. Vertailua tehdään myös kantojen laadussa ja puhtaudessa sekä kannonnoston työjäljen laadussa. Tutkimuksessa halutaan nähdä koneiden soveltuvuus mäntykantojen nostoon.

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää ja parantaa kantojen korjuukoneita siten että se soveltuu myös mäntykantojen nostoon sekä parantaa maa-aineksen erottamista juurakoista. Tutkimuksessa vertailtiin kahta erilaista konetta. Toinen koneista oli Kareliatechin mäntykannoille suunniteltu laite, ja toinen koneista oli varustettu kantoharalla.

Tavoitteena oli vertailla näiden kahden laitteen tehokkuuseroja mäntykantojen nostossa. Kantojen puhtauksia vertailtiin kahdessa vaiheessa: näytekantoja otettiin heti nostamisen jälkeen sekä kolmen viikon kuivumisen ja kuormatraktorilla tienvarteen siirtämisen jälkeen. Ajokoneella tienvarteen siirrettyjen kantokuormien kuljetuksen tuottavuutta kelloitettiin ja vertailtiin. Myös koneiden tekemää työjäljen laatua vertailtiin toisiinsa.

## 2 KANNON NOSTO

### 2.1 Historia

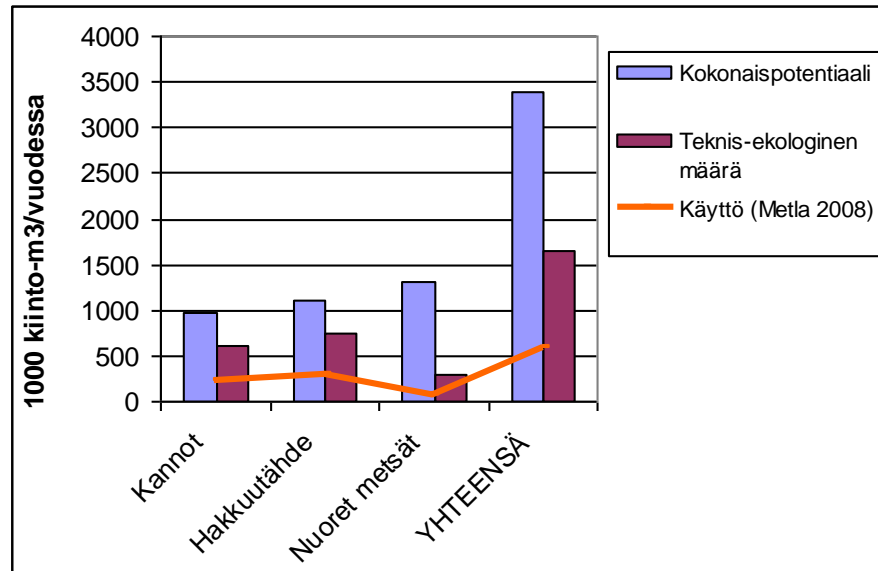
Kannon nosto on uudehko energiapuun hankintatapa Suomessa, vaikkakin kantojen nosto teolliseen käyttöön Suomessa on alkanut jo 1970-luvulla mäntykuitupuun vähäisyyden takia. Tällöin haluttiin tutkia juurakoista saatavan raaka-aineen keräämistä tuottavasti. Tutkimuksesta tuli Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton kokoamana kansallinen ohjelma, jota toteutettiin 1970-luvun alussa. (Hakkila 2005, 74.) Silloista kehitystä edisti maailmanlaajuinen energiakriisi. Suomeen rakennettiin 1970-luvulla hakkeella ja turpeella toimivia aluelämpölaitoksia ja lämpökeskuksia (Kuitto 2005, 93.)

Kajaani Oy ja Metsäteho tekivät vuosina 1981–1982 yhteistyöhankkeen, jossa tutkittiin kannon korjuuketjun työn tuottavuutta, työajan menekkiä ja taloudellisuutta. Kannot nostettiin Pallarin tela-alustaisella kaivukoneella. Suurimmat kannot paloiteltiin 2-3 osaan ja kasattiin palstalle. Kuivumisen jälkeen kannot murskattiin Kajaani-yhtiön kannoille tehdyllä murskaimella. Valmis kantomurske kuljetettiin hakeautoilla Kajaani Oy:n tehtaalle, jossa kantomurskeen polttoteknisiä ominaisuuksia tutkittiin. (Kuitto 2005, 226–227.)

Kantojen nosto yleistyi uudestaan 2000-luvun alussa UPM:n toimesta, kun se alkoi kerätä kantoja Jämsänkosken energialaitokselle. UPM:n kokeilussa nostettiin kuusen kantoja. Kantojen nostoon käytettiin normaalia kaivinkonetta ja kannot ajettiin metsätraktorilla tienvarteen, jossa ne murskattiin siirrettävällä murskaimella. Kokeilu onnistui hyvin teknisesti ja polttotulokset olivat positiivisia, mikä edisti kannon käytön lisäämistä UPM:n Keski-Suomen tehtailla. (Markkila 2003, 69.)

## **2.2 Merkitys energiantuotannossa**

Euroopan Unionin ilmastopöytäkirjassa on asetettu kovat tavoitteet vuodelle 2020. Tavoite on pudottaa kasvihuonepäästöjen määrää vuoden 1990 tasosta 30 prosenttia. Vuoteen 2020 mennessä uusiutuvien energialähteiden osuutta on nostettava 20 prosenttia nykyisestä määrästä. (Ilmastopöytäkirjat 2009.) Kansallisen ilmasto- ja energiastrategian mukaan Suomen tulee lisätä energiapuun käyttöä 12 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2020 mennessä (kuvio 1). Viime vuonna määrä oli vain 5 miljoonaa kuutiometriä. (Kankare 2010.)



**KUVIO 1. Energiapuun potentiaali Keski-Suomessa 2010 (Kauppinen 2010).**

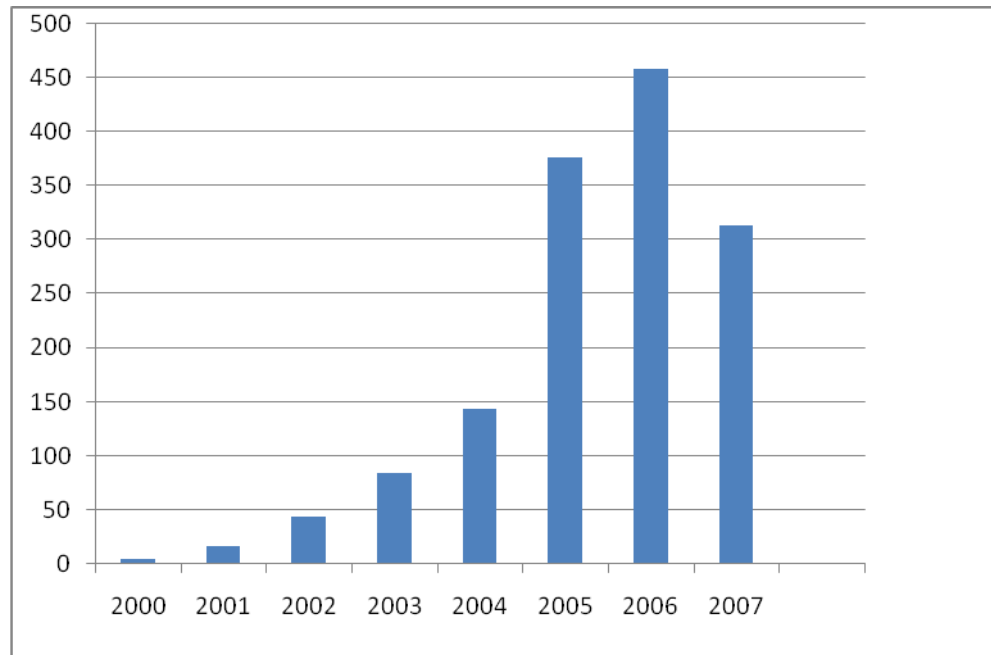
Vuonna 2005 pelkästään Jämsänkoskella tuotettiin 150 gigawattituntia energiaa kannoilla, ja tänä vuonna tavoitteena on tuottaa 450 gigawattituntia energiaa (taulukko1). ("Metsäenergia on todellinen vaihtoehto 2005").

Vuonna 2007 kantohakkeen käyttömäärä oli 0,3 miljoonaa kiintokuutiometriä lämpö- ja voimalaitoksissa, ja suurin osa siitä oli kuusen kantoja (kuvio 2). Kuusen kantojen teknisestä korjuupotentiaalista hyödynnettiin noin 12 %. (Laitila 2008,3–4.) Kannon nostopotentiaaliin vaikuttavat kahden edellisen vuoden päätehakkuumäärät.

**TAULUKKO 1. Männyn ja kuusen kantojen kuivapaino, tilavuus ja lämpöarvo, jotka on laskettu kantoläpimitan mukaan (Laitila 2008-3-4).**

Kantoläpimitta, cm	Männyn kuivamassa kg	Männyn tilavuus, m <sup>3</sup>	Männyn energiasisältö MJ	Kuusen kuivamassa, kg	Kuusen tilavuus, m <sup>3</sup>	Kuusen energiasisältö, MJ
16	8	0.017	144	6	0.014	106
19	12	0.026	217	11	0.026	200
22	17	0.036	303	18	0.041	311
25	22	0.047	402	25	0.058	437
28	29	0.060	514	33	0.076	579
31	35	0.075	638	42	0.097	738
34	43	0.091	775	52	0.120	912
37	51	0.109	924	63	0.145	1103
40	60	0.128	1086	75	0.173	1310
43	70	0.148	1260	87	0.202	1533
46	81	0.170	1448	101	0.234	1772





**KUVIO 2. Lämpö - ja voimalaitosten käyttämän kantohakkeen määrä (1 000 kuutiometriä) vuosina 2000–2007 ( Peltola 2008, 294).**

### 2.3 Kannon nostossa käytettävät menetelmät

Yleensä nostettavat kannot ovat kuusen kantoja. Ne nostetaan tela-alustaisella kaivinkoneella (kuva 1), jossa on kantohara. Nostolaitteita on kehitetty siten, että kanto saadaan mahdollisimman puhtaana ylös, jonka jälkeen laite pilkkoo kannon osiin. Myös maanmuokkaus istutusta varten onnistuu samalla laitteella.

Kannon nostoa tehdään yleensä vain päätehakkuuleimikoissa tai alueilla, jotka siirtyvät metsänkäyttömuodosta johonkin muuhun esim. rakennettavaksi maaksi. Parhaita nostoaloja ovat rehevät kuusikot. Kaikkia kantoja ei kuitenkaan nosteta. Jättökantoina suositaan yleensä mäntyjen ja lehtipuiden kantoja. (Markkila 2003, 69–70.)

Harvennusaloilta kantoja ei nosteta ollenkaan, koska se aiheuttaisi jäävän puuston juuristolle suuria vaurioita. Kantojen nostossa turvemaat ovat kivennäismaita parempia, koska kannot saadaan ylös puhtaampina. Kivennäismailta nostetut kannot pitää aina murskata kantomurskaimella, kun taas turvemaalta nostetut kannot voidaan hienontaa rumpuhakkurilla (Vesisenaho 2003, 40.)



**KUVA 1. Tela-alustainen kaivinkone, jossa muokkauslevyllä varustettu kantoharra (Leinonen 2009).**

Kuivuminen ja puhtaus ovat tärkeintä kannoissa. Noston yhteydessä kantoja ravistellaan, jolloin niistä irtoaa maa-ainesta. Kannot pysyvät kasassa paremmin kuin ne pilkotaan, ja samalla sillä nopeutetaan kantojen kuivumista ja puhdistumista. Noston jälkeen kannot kuivavat palstalla pari viikkoa, jonka jälkeen ne kuljetetaan tienvarsi-varastoon. Kuljetuksen yhteydessä kannoista irtoaa lisää maa-ainesta. Tienvarressa kannot kasataan korkeiksi kasoiksi, missä ne saavat kuivaa useita kuukausia. Yleensä kantoja kuivataan seuraavan talven yli. Jos kannot on nostettu syksyllä, ne ovat valmiita polttoon tulevana keväänä. Kannoilla on huomattavasti parempi lämpöarvo kuivana kuin märkänä, ja epäpuhtaudet aiheuttavat ongelmia polttolaitoksella. (Kärkkäinen 2004, 20–21.)

Kannonnostolaitteiden kehitys jatkuu edelleen voimakkaana Suomessa. Myös mäntykantojen nostoon soveltuvia laitteita kehitetään ja tutkitaan. Kareliatech Oy on kehittänyt lupaavan kannonnostolaitteen männyille. Laitteen rakenne perustuu neljään ristikkäiseen veitsenterään. Niiden avulla laite pilkkoo kannon neljään osaan, minkä an-

siosta männyn kanto saadaan helpommin ylös maasta ja kuivuminen nopeutuu. Laitteessa on myös täristystoiminta, joka irrottaa tehokkaasti kivet ja maa-aineksen kannosta. Puhdistavan kouran ansiosta on mahdollista vähentää puhdistukseen käytettävää aikaa kannon nostossa ja samalla parantaa kannon noston tuottavuutta. Valtion teknisen tutkimuskeskuksen eli VTT:n alustavien tutkimusten mukaan laite soveltuu hyvin sekä kuuselle että männylle. ( Raitila 2009, 40.)

## 2.4 Ympäristövaikutukset

Kantojen nosto vaikuttaa maaperään, josta ne nostetaan, koska alueelle jää entistä vähemmän orgaanista ainesta. Se muuttaa kannon nostoalueen maanperän ekosysteemiä. Esimerkiksi maaperissä, jotka läpäisevät hyvin vettä, valunta lisääntyy, koska orgaanista ainesta ei ole maassa sitomassa veden kulkua. (Kuusinen 2008, 13.) Kannon nostossa muokkautuneessa maassa tapahtuu ravinteiden huuhtoutumaa (Helmisaari 2008). Kannon nostossa paljastuvan maa-aineksen suuri määrä lisää kiintoaineksen huuhtoutumisriskiä nostoalueella. Kannon ravinteista suurin osa on sen hienojuurissa, joista suurin osa jää maahan. Koko puun ravinteista kannossa on noin 25 %. (Laitila 2008, 7.)

Maa muokkautuu kannon nostossa enemmän kuin perusmaanmuokkauksessa istutusta varten. Maata paljastuu jopa 65–90 % enemmän. Seurauksena on vesakon määrän lisääntyminen kannon nostoalueella jopa 1,3–1,5 kertaiseksi. Vesakoitumiseen vaikuttaa kuitenkin monet muutkin seikat kuin pelkkä kannon nostossa paljastuva maa. Kannon noston työtekniikkaan ja työjälkeen on kiinnitetty huomiota koko ajan enemmän, että maanpintaa rikkoutuisi mahdollisimman vähän. (Laitila 2008, 7.)

Kuusen- ja männynjuurikäävät aiheuttavat jopa 10 miljoonan euron menetykset metsätaloudelle vuosittain. Kannon nostoa voidaan pitää taudille yhtenä torjuntakeinona. On tärkeää, että kannon nostotekniikka on kehittynyt niin, että suurin osa lahoistakin kannoista saadaan ylös. Metsiä on siis voitu uudistaa samalla puulajilla nostamalla kannot tyvilahon vaivaamista kuusikoista ja tyvitervastautisista männiköistä. (Lipponen 2007, 6–7.)

Juurikäävän tuhoamiseksi kannot täytyy kuljettaa leimikolta välivarastoon viimeistään kahden vuoden kuluessa, että sienellä ei ole aikaa levittää itiöitään metsään. Näin

myös tehdään, koska kannot halutaan saada mahdollisimman nopeasti polttoon, kunhan ne ovat ensiksi kuivuneet kunnolla palstalla ja tienvarsivarastossa. Kannot kuivavat yleensä yli vuoden verran ennen polttoa. (Kuusinen ym. 2009.)

Tuoreet kannot tuottavat etanoli- ja terpeeniyhdisteitä, jotka houkuttelevat tukkimiehentäitä alueelle. Runsasmääräisenä tukkimiehentäit voivat aiheuttaa suuria tuhoja kuusen- ja männyntaimikoissa. Tukkimiehentäi suosii männyn kantoja lisääntymispaikkana, mutta kuusenkin kannot kelpaavat hyvin sen lisääntymispaikaksi. Paras tapa suojata taimikko tukkimiehentäitä vastaan on istuttaa pidempiä taimia alueelle. (Laitila 2008, 8.)

Kannonnoston seurannaisvaikutuksia tutkivat yhteistyössä Metsäntutkimuslaitos ja UPM- Kymmenen. Nostoalueeksi ei sovi mikä tahansa metsä. On tärkeää valita oikein, ettei esim. ravinteita karkaa liian köyhiltä mailta. Yleensä suositaan reheviä kuusikoita. Kannon nostossa maata pyritään käsittelemään mahdollisimman vähän ja pieneltä alalta. Tällä koitetaan estämään ravinteiden huuhtoutuminen eteenpäin. Kaikkia kantoja ei nosteta alueelta, vaan kantoja yritetään jättää nostopaikasta riippuen 10–20 kappaletta hehtaarille. Tämä takaa yhtenäisen kasvipeitteen, ja samalla varmistetaan alueen eliöstön monimuotoisuuden säilyminen. Tavoitteena on, että nostoalueesta jää koskemattomaksi noin kolmasosa. (Jokinen 2005, 21.)

### **3 AINEISTO JA MENETELMÄT**

#### **3.1 Kantojen noston aikatutkimus**

UPM toimitti tutkimukseen Kareliatechin mäntykannoille erikoistuneen yksioteharvesterin (kuva3). Kareliatechin alustana toimi Volvon tela-alustainen EC210C, sen teho on 110 kW (150 hv) ja työpaino 21 700–23 100 kg. Metsähallitus toimitti oman urakoitsijansa, ja hänen kaivinkoneenaan toimi tela-alustainen New Holland 215 E, jonka työpaino on 23 310 kiloa ja teho 118 kW (160 hv). Laitteessa oli kantoharapää. Tutkimus toteutettiin kantojen noston osalta 17.–18 .6.2010 Tovivakan Heinälammella Metsähallituksen palstalla. Koko palstan koko oli 3,2 hehtaaria ja tutkimusalueen koko oli 1.4 hehtaaria. Kuormatraktorilla kannot siirrettiin tien varteen 9.7.2010.

Tutkimusalue oli mäntykangasta. Kasvupaikkatyypiltään se on puolukkatyyppi eli kuivahko kangas. Maaperältään palsta oli keskikarkeaa moreenia ja alueen reunoilla oli huomattavaa kivisyyttä.

Kannot merkattiin maastoon bambutikuilla (kuva 2), joiden päässä oli oranssia eri-koisteippiä, joihin oli kirjoitettu kannon numero. Bambutikut kiinnitettiin kantoon poraamalla kolmen millimetrin paksuinen reikä. Osa kannoista varmistettiin myös tussimerkinnällä suoraan kantoon. Alue rajattiin mahdollisimman tasapuoliseksi molemmille koneille, pahimpia kivikoita välteltiin.



**KUVA 2. Kannot oli merkattu oranssilla teipillä, joka oli liimattu tikun päähän (Erkkilä, 2010).**

Kareliatechin koneelle merkattiin 300 kantoa ja Metsähallituksen urakoitsijalle 200 kantoa, koska kannot loppuivat kesken ja alueen kivisyys lisääntyi. Jokaisen 500 kannon läpimitta mitattiin mittasaksilla. Kannoista mitattiin kuoren alusmitat, ensiksi maksimi läpimitta ja sitten ristimitta. Kummaltakin koneelta kerättiin kymmenen koekantoa, jotka merkattiin maastoon numerolipun lisäksi sinisellä merkkimaalilla. Alue rajattiin oransseilla auraskepeillä. Alueen jako kahtia oli merkattu keppilinjalla, jossa oli oranssia kuitunauhaa.

Koneita verrattiin työvaiheiden ajanmenekin ja tuottavuuden perusteella. Kummankin koneen toimintoja kellotti Ismo Tiihonen VTT:ltä. Hänellä oli kannettava tietokone

mukanaan ja siinä kellotusohjelma. Tiuhonon kulki koneen mukana ja kellotti kaikki 500 kantoa. Kellotus tehtiin kannoittain.

Mitattavia asioita koneen työskentelyssä olivat:

1. Ajoaika koe kantojen välillä,
2. kannon siirtoaika karheelle,
3. keskeytysaika ja tauot,
4. kuopan tasausaika,
5. kouran vientiaika kannolle,
6. nosto- ja puhdistusaika ja ajomatka metreinä
7. kouranvienti karheelle.

Koneelle mitattiin myös ns. apuaika, jossa huomioitiin koneen tekemät järjestelyt ja ylimääräiset työt koekantojen takia. Tutkijat Ari Erkkilä ja Jyrki Raitila kuvasivat kantojen noston koko alueelta.



**KUVA 3. Kareliatechin mäntykannoille erikoistunut laite.**

**Kaivinkoneena toimii Volvon 23-tonninen EC210C (Erkkilä 2010).**

Kummankin koneen jälkiä tarkasteltiin yhteensä kahdenkymmenen kannon nosto-kuopan kohdalta. Työjäljestä mitattiin ensiksi jäljen pisin sivu, jonka jälkeen mitattiin siihen nähden mahdollisimman kohtisuora sivu. Viimeiseksi mitattiin kuopan suurin

syvyys. Kuoppien kokoon vaikuttaa kannon koko ja se, kuinka laajalle alueelle juuret ovat levinneet. Kone ja kuljettaja vaikuttavat myös paljon siihen, miltä nostojälki näyttää, koska kuopan päällä tapahtuva ravistelu palauttaa osan maa-aineksesta takaisin kuoppaan. Kareliatechin kuljettaja tasoitteli kuoppaa kannon juurilla siirtämällä irtomaata takaisin kuoppaan. Kantoharan kuljettaja tasoitteli sen koneen harapäällä.

Tapion hyvän metsänhoidon suositusten mukaan kantoja nostettaessa tulee välttää tarpeetonta kivennäis- ja turvemaan paljastamista ja maan mylläämistä. Kannonnosto jälkiä voidaan hyödyntää istutuksessa, kunhan istutuspaikkoja tulee tarvittava määrä taimille. Muuten tarvitaan täydennysmuokkausta.

### **3.2 Kantojen lähikuljetuksen aikatutkimus**

Kantojen kuljetuksesta vastasi Ponssen Elephant (kuva 4), jonka oma paino on 17–900- 20–200 kg riippuen varusteista. Koneen maksimi kuormankantokyky on 18 000 kg ja tehoa koneessa on 205 kW (275 hv). Koneessa on tavaratilaan laitettavat putkisermit, jotka estivät kantojen putoamisen pankkojen välistä. Pankot laitettiin leveimpään asentoonsa kantojen kuljetusta varten.

Kuormatraktorin toimia kellotti VTT:n Ismo Tiihonen koneen hytistä häiritsemättä kuitenkaan kuljettajan työskentelyä. Tiihonen kellotti työvaiheet kannettavalla tietokoneella, jossa oli kellotukseen soveltuva ohjelma. Kellotuksessa seurattiin kuljettajan tekemiä työvaiheita. Niitä olivat:

1. kouranvienti karheelle
2. taakan otto
3. kouran tuonti
4. taakan jättö
5. materiaalin lajittelu-aika
6. ajoaika, keskeytykset
7. huollot ja tauot.

Myös ajomatka huomioitiin jokaiselle kuormalle. Koneen toimista laskettiin myös koontikourataakat ja purkutaakat kappalemäärinä. Koneen puomissa oli kuormainvaaka, jolla otettiin jokaisen kuorman jälkeen talteen kuorman massa kiloina.

Kuormia tuli yhteensä seitsemän. Kareliatechin 300 kantoa ajettiin neljässä kuormassa, joista kolme oli täysiä ja kantoharakoneen 200 kannosta tuli kaksi täyttä kuormaa ja yksi vajaa kuorma.



**KUVA 4. Kannot tienvarteen ajoi Ponsse Elephant, jossa oli lisänä kuormatilaan laitettavat 'putkisermi' (Raitila 2010).**

### 3.3 Kantojen laatu ja puhtaus

Kantojen laatua ja puhtautta tutkittiin 20 koekannosta. Kummankin koneen nostamista kannoista otettiin kymmenen koekantoa. Kannon nostopalstalla koneet nostivat kannot suoraan ravistelun jälkeen pressujen päälle, jotta saatiin talteen kaikki kannoista irtoava aines. Kannot pilkottiin moottorisahalla sopivan kokoisiksi paloiksi, jotta kannot mahtuivat suursäkkeihin. Säkit siirrettiin kuormatraktorilla tien varteen ja siitä ne tuotiin VTT:lle Jyväskylän Rauhalahteen. VTT:llä kannot punnittiin. Säkki tuotiin pressun päälle, jossa se avattiin, jotta kaikki mukana tullut maa- ja puuaines saataisiin talteen. Puhdistus tapahtui varovaisesti rapsuttelemalla kantoja. Kuntan, saven ja kiven osalta puhdistus tapahtui reilummalla otteella. Pressulta kivet kerättiin erilleen ja punnittiin. Hiekka ja kunta kerättiin erikseen, josta ne punnittiin omina yksiköinä (kuvia 5). Molemmista otettiin pussiin näytteet kosteusmittausta varten.



Kosteusnäytteitä otettiin myös kannoista. Kantoihin porattiin reikiä useisiin kohtiin ja paloihin, koska haluttiin mahdollisimman monipuolisesti näytteitä.

Poraamisesta syntynyt puulastu kerättiin pussiin kosteusnäytteitä varten.

Kosteusnäytteet laitettiin punnittuihin foliovuokiin, ja niistä punnittiin paino ennen uuniin laittoa. Uunin lämpötila oli 105 astetta, ja foliovuokia pidettiin siellä 24 tuntia. Tämän jälkeen ne taas punnittiin, jolloin saatiin laskettua näytteiden kosteusprosentit.



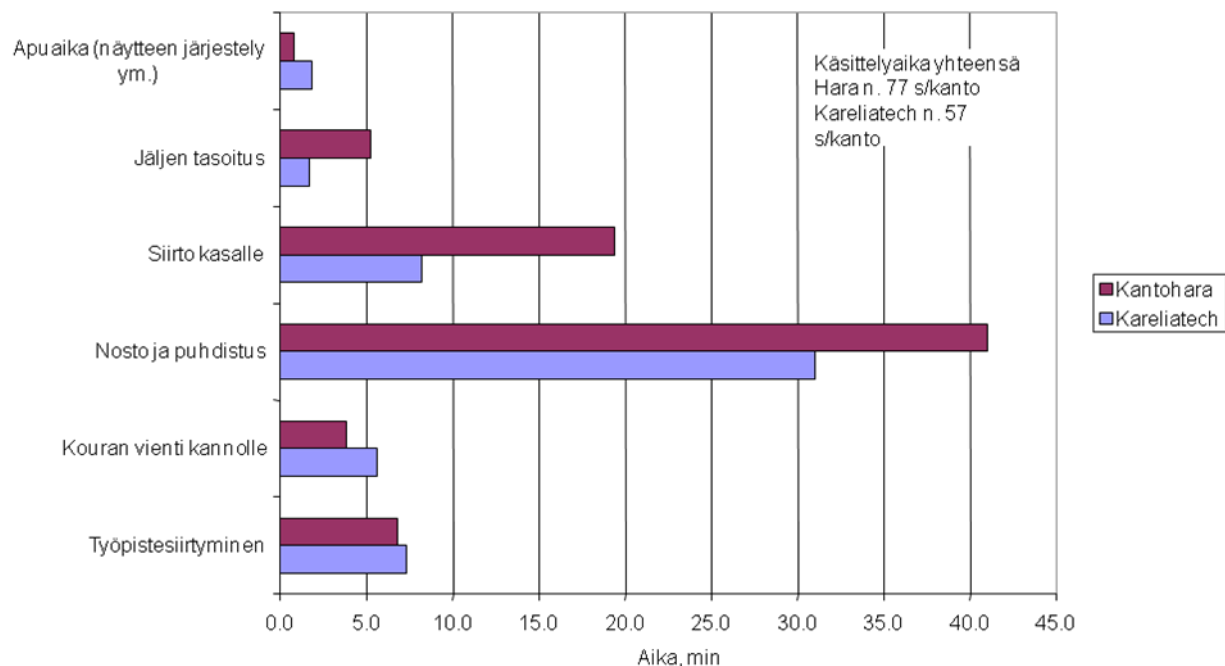
**KUVA 5. Kuvassa on kannosta kerättyjä näytteitä: hiekkaa, humusta ja kiveä (Erkkilä 2010).**

Kolme viikkoa palstalla kuivuneet kannot ajettiin tienvarteen Ponsse Elephantilla, ja näistäkin kannoista otettiin näytteet. Kareliatechin nostamista kannoista otettiin kolme suursäkillistä kannon paloja. Pusseihin ei saatu kokonaisia kantoja, koska kuormatraktori keräsi ne karheelta. Kannot kuitenkin kerättiin tasaisesti kolmesta kuormasta. Kantoharakoneen nostamista kannoista otettiin näytteet yhteen suursäkkiin ja kolmeen pieneen säkkiin. Kaikki säkit tuotiin VTT:lle puhdistettavaksi. Puhdistus tapahtui pressun päällä, jossa irrotettiin hiekka, humus ja kivet. Kannoista, hiekasta ja humuksesta otettiin kosteusnäytteitä.

## 4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 4.1 Kantojen noston aika- ja tuottavuuslaskennan tulokset

Kannon nostossa mitattiin (kuvio 3) eri työvaiheisiin kulunut aika nostolaitteen vienistä kannolle, aina kannon siirtämisestä karheelle. Kellotuksessa oli useita työvaiheita, jotka on kerrottu aikaisemmin. Kareliatechin koneen tulos keskimäärin kantoa kohhti oli 57,6 sekuntia. Kantoharakoneen kantokohtainen aika oli 77 sekuntia. Kareliatechin mäntykannoille soveltuvalla päällä saatiin parempi tuottavuus selvästi kanto-kohtaisissa ajoissa, se oli keskimäärin jopa 11,4 sekuntia nopeampi kuin kantoharakone.



**KUVIO 3. Kuviossa koneiden kannon nostoaikoja työvaiheittain.**

Kantojen kappalemäärät muutettiin tilavuudeksi. Ne saatiin Hakkilan kaavoilla, joissa hyödynnetään kantojen läpimittaa. (Hakkila 1977.) Tehotuntituottavuudeksi Kareliatech Oy:n koneelle saatiin 4,7 kuutiota tuntia kohden. Kantoharakoneen tuottavuus puolestaan oli 3,3 kuutiota tuntia kohden.

Kareliatechin koneen tuottavuus oli noin 30 prosenttia parempi kuin kantoharakoneella. Koneiden suurimmat erot olivat nosto- ja puhdistusajassa, koska Kareliatechin kone sai kannon yleensä kerralla ylös maasta ja hydraulinen tärinä puhdisti kantoja nopeammin. Kantoharakone taas joutui keräämään kannot paloina ylös ja manuaalinen puomilla tapahtuva ravistelu oli hidasta ja se jouduttiin tekemään joka palalle erikseen.

#### 4.2 Kantojen nostojäljen tarkastelun tulokset

Kantojen nostojälkiä tarkasteltiin konekohtaisesti. Keskimäärin kuopan koko oli pienempi Kareliatechin koneen nostamissa kohdissa. Kareliatechin koneen kuopat olivat kaikissa mitattavissa kohdissa vähintään 23 prosenttia pienemmät kuin kantoharan tekemät kuopat (taulukko 2). Alla olevassa taulukossa on tarkemmat tulokset. Kareliatechin kone sai kannon yleensä kerralla yhtenä palana, joten kuopasta ei tullut niin suurta. Kantoharakone puolestaan joutui nostamaan kannon monessa osassa ylös, ja siten maahan repeää isompi kuoppa. Koneiden nostamien kantojen koko oli lähes identtinen, joten sekään ei vaikuttanut tulokseen.

#### TAULUKKO 2. Taulukossa on muokkausjälkien kokojen keskiarvotulokset.

	Muokkausjäljen koot		
	<u>Leveys</u>	<u>Pituus</u>	<u>Syvyys</u>
Kareliatech	72,7	103,4	14,4
Hara	94,4	157	18,9
Kareliatech pienempi %	23	34	24

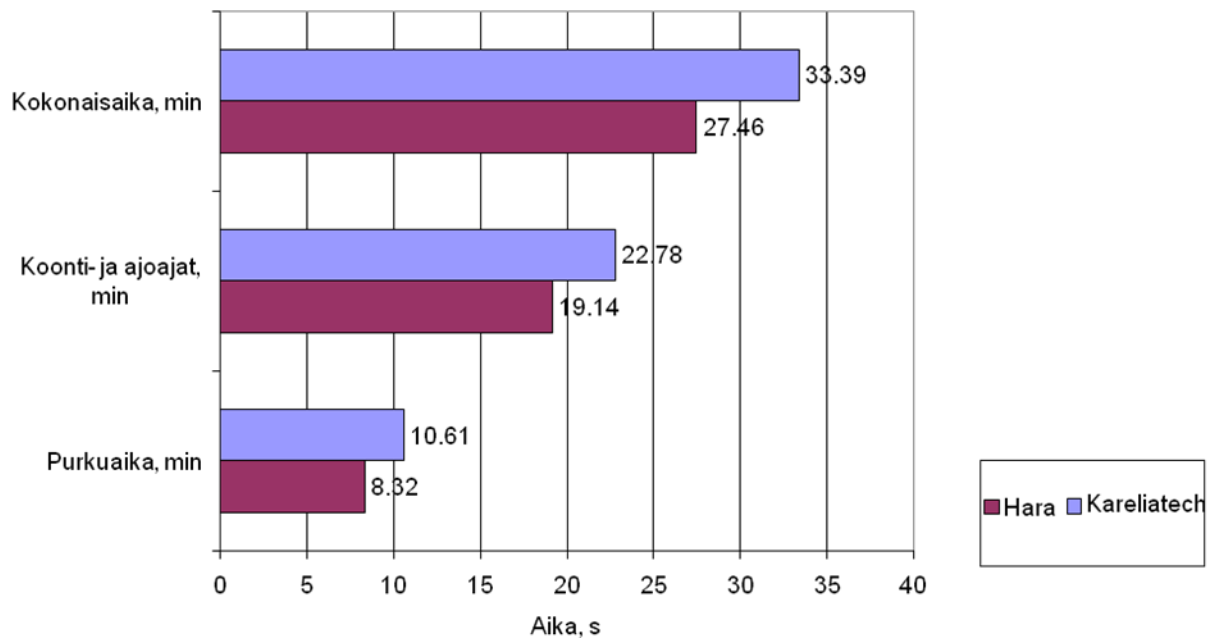
#### 4.3 Kantojen kuljetuksen aika- ja tuottavuuslaskennan tulokset

Kantojen kuljetusta kelloitettiin eri työvaiheittain. Kellotuksella tutkittiin kantojen kuljetuksen eri työvaiheiden ajanmenekkiä. Kannot oli kasattu eritavoin. Kareliatechillä kannot olivat karheella ja Kantoharakoneen kannot olivat pienissä kasoissa. Kannot olivat myös eri tavalla paloitetuja. Kareliatechin koneen kannot oli pilkottu neljään osaan, tai ne halkesivat viimeistään kuljetuksen aikana. Kantoharakoneen nostamien kantojen palamäärät taas riippuivat siitä, kuinka hyvin kuljettaja oli saanut kannon ylös ja montako kertaa sitä oli pitänyt halkoa. Kantoharakoneen kantojen lähikuljetuk-

sen kokonaisajanmenekki (taulukko 3) tienvarteen oli 27 minuuttia ja 28 sekuntia. Kuormakohtainen keskiarvo Kareliatechillä oli 33 minuuttia ja 23 sekuntia (kuvio 4).

### TAULUKKO 3. Taulukossa kuormakoot ja kokonaisaika.

	Kuormamassa kg/kuorma	kokonaisaika s	Tuottavuus kg/h
Kareliatech	5280,75	33,39	9429,91
Hara	4379,33	27,46	9520,28



### KUVIO 4. Kuviossa koneiden kuljetuksen kellotusajat osioittain.

Kuljetuksen yhteydessä kuormain vaa'antulokset rekisteröitiin ajokoneen tietokoneeseen, jonka avulla laskettiin kuljetuksen tuottavuutta. Kiloissa mitattuna tuottavuus tunnissa oli Kareliatechin kantoja ajettaessa 9 429,91 kiloa/tunti. Kantoharakoneen tuottavuus oli 9 520,28 kiloa/tunti. Kuutioina tulos Kareliatechilla oli 20,0 kuutiota tunnissa ja kantoharakoneella 20,1 kuutiota tunnissa (taulukko 4). Tuottavuudessa ei ole kuutioina mitattaessa juuri ollenkaan eroa, vain 0,1 kuutiota. Tuloksen perusteella

voi todeta, että metsäkuljetuksen ajanmenekkiin ei vaikuttanut kone, jolla kannot oli nostettu.

#### **TAULUKKO 4. Taulukko kantojen tienvarteen ajon tuottavuudesta.**

	Tehotunti tuottavuus m <sup>3</sup> /h	Tuottavuus kg/h
<b>Kareliatech</b>	<b>20,0</b>	<b>9429,9</b>
<b>Hara</b>	<b>20,1</b>	<b>9520,3</b>

## **5 KANTOJEN LAATU JA PUHTAUS**

### **5.1 Kantojen laatu**

Tässä osiossa käsitellään kantojen puhtaus- ja kosteusnäytteiden tuloksia ja vertaillaan niitä keskenään. Molempien koneiden kannoista kerättiin siis talteen hiekka, humus ja kivet. Tavoitteena oli saada mahdollisimman vähän hiekkaa, humusta ja kiveä kannon mukana. Kareliatechin koneella oli heti kannon noston jälkeen keskimäärin 95,3 prosenttinen puhtaus. Puhtaus tässä tapauksessa tarkoittaa puun osuutta koko tuoremasasta. Kantoharapällä nostetuilla kannoilla keskiarvoinen puhtaus oli 95,2 prosenttia. Kummankin koneen kannoista löytyi kiviä juuttuneena juuren kainaloihin. Hiekkaa oli myös aina. Humusta ei ollut kuin puolessa kannoista. Kiviä ei ole huomioitu tuloksiin, sillä niiden määrässä oli suuria vaihteluita., Vaihteluväli oli nollasta neljään ja puoleen kiloon. Kivien määrät olivat hyvin epäsäännöllisiä.

Puhtaus oli siis lähes identtinen kymmenen kannon keskiarvolla. Kantojen puhtaus heti noston jälkeen oli molemmilla laitteilla hyvällä tasolla. On kuitenkin muistettava edellä kerrotut tiedot, että kantoharakoneella tähän puhtauteen pääseminen kesti huomattavasti kauemmin kuin Kareliatechin koneella.

Kolme viikkoa kuivuneiden ja kuormatraktorilla tien varteen ajettujen kantojen puhtaudesta saatiin myös hyvät tulokset. Kareliatechin koneella nostettujen kantopalojen keskiarvoinen puhtaus oli 96,4 prosenttia ja kantoharakoneen nostamien kantojen puhtaus oli 95,8 prosenttia. Puhtaudet olivat molemmilla koneilla taas hyvät. Yksit-

täisten kantojen sijaan jouduimme ottamaan paloja. Tällöin pusseihin tuli usean kannon pääosia, eikä niinkään juuria. Kannon pääosissa on yleisimmin suurin osa kivistä, hiekasta ja humuksesta, kun taas juurissa on vain vähän hiekkaa.

## 5.2 Kosteusnäytteiden tulokset

Kosteusnäytteitä otettiin kannoista, hiekasta ja humuksesta (taulukko 5). Kareliatechin koneen nostamien näytteiden keskimääräiseksi tulokseksi saatiin 40,4 prosentin kosteus puulle. Hiekan kosteusprosentti oli 13,6 ja humuksen 34,4. Kantoharakoneen kannon kosteustulokset olivat puulla 47,1 prosenttia, humuksen oli 38,3 ja hiekalla se oli 15,9 prosenttia. Kolme viikkoa palstalla kuivuneista ja ajokoneella tienvarteen ajetuista kannonpaloista otettiin myös kosteusnäytteitä. Eroja kosteuksille ei suoraan saatu selville.

Kareliatechin koneen kannonpalojen keskimääräinen puun kosteus oli 22,4 prosenttia ja hiekan kosteus oli 3,8 prosenttia. Kantoharakoneen kannonpalojen kosteus oli puulla 26 prosenttia ja hiekan kosteus 3,7 prosenttia. Kolmessa viikossa puusta oli haihtunut vettä lähes 20 prosenttiyksikköä pois.

Kesä-heinäkuun vaihteessa vallinneet kuumat ja kuivat sääolosuhteet olivat otollinen olosuhde kuivumiselle. Kannot olisivat tuossa kosteudessa valmiita murskattavaksi ja polttoon, sillä poltettavan kantomurskeen tavoitekosteus (taulukko 6) on alle 40 prosenttia. Tokihan näitä kantoja pidetään tien varressa vielä vuoden verran puhtauden parantamiseksi, joten kantojen kosteus tulee muuttumaan valitsevien sääolosuhteiden mukaan.

### TAULUKKO 5. Taulukossa kosteusnäytteiden tuloksia.

Kone	Näytteen keruu	Puun Kosteus	Humus Kosteus	Hiekka Kosteus
Kareliatech	Nosto	40,4	34,4	13,6
Kantohara	Nosto	47,1	38,3	15,9
Kareliatech	Kuormatraktori	22,4	0	3,80
Kantohara	Kuormatraktori	26	0	3,70

**TAULUKKO 6. Taulukossa näkyy kosteusnäytteiden tulosten vertailu, lämpölaitosten yleisiin kosteustavoitteisiin kantohakkeelle.**

Kone	Näytteen keruu	Puun Kosteus	Lämpölaitosten tavoite kosteus	Tavoitteen savuttam
Kareliatech	Noston jälkeen	40,4	30–40 %	Ei
Kantohara	Noston jälkeen	47,1		Ei
Kareliatech	Kuormatraktori	22,4		Kyllä
Kantohara	Kuormatraktori	26		Kyllä

## 6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tutkia mäntykannoille soveltuvaa Kareliatech Oy:n yksiotekantoharvesteria ja vertailla sen soveltuvuutta ja tuottavuutta perinteiseen kantoharaan. Kareliatechin kone pärjäsikin tutkimuksessa hyvin. Sillä oli mahdollista nostaa mäntykantoja tuottavasti ja tehokkaasti. Kantojen puhtaus oli hyvää luokkaa, siinä apuna toimi hydraulinen tärisytin sekä yksilöity toiminto noston tehostamiseksi, joka nopeuttaa toimintaa huomattavasti verrattaessa kantoharan työhön.

Koneiden kannot olivat lähes yhtä puhtaita, mutta kantoharan puhdistusaika oli huomattavasti pidempi. Kun kantoharakone puhdistaa kantoja kaivinkoneen puomia hyödyntämällä, se rasittaa konetta ja kuljettajaa huomattavasti enemmän kuin Kareliatechin hydraulinen puhdistin.

VTT teki tutkimusta tämän laitteen kanssa myös vuonna 2009. Siihen tutkimukseen verrattuna puhtausnäytteiden laatu on parantunut suoraan nostettujen osalta. Vuonna 2009 suoraan noston jälkeen otetuista kannoista keskimääräinen puuainespitoisuus tuoremassasta oli 90,5 prosenttia, kun taas tässä tutkimuksessa tulos oli 95,3 prosenttia. Edellisvuonna kannot kuivuivat vain viikon palstalla, ja puhtaustulos oli 97,5 prosenttia. Näiden tutkimusten välisiä eroja selittävät metsätyyppi, maalaji, hakkuun ajankohita ja kantojen kuivumisaika. Tämän vuoden tulos oli huonompi eli 96,4 prosenttia. Muuta vertailukohtaa ei ole, sillä tutkimuksia ei ole tehty aikaisemmin. Vuonna 2009 tutkimuksessa ei ollut mukana muita laitteita. Puhtaustulokset olivat hyviä. Kare-

liatechin koneella oli mahdollista nostaa kantoja 40 prosenttia tuottavammin kuin kantoharakoneella. Kantoharakoneen kuljettaja oli erittäin taitava, keskiverto kuljettaja ei välttämättä olisi päässyt näinkään lähelle tuloksissa Kareliatechin tulosta. Kareliatechin laite on helpompi kuljettajalle, koska koneella saadaan yleensä nostettua kanto kokonaisena ylös ja lähes aina yhdellä yrityksellä, mikä lisää helppoutta koneen käyttäjälle. Kareliatechin kantopää rasittaa myös vähemmän sen alustana toimivaa kaivinkonetta. Kantoharan käyttö mäntykantojen nostossa vaatii ison koneen, joka joutuu kovalle rasitukselle, kun sillä nostetaan ja puhdistetaan kantoja. Oletettavasti Kareliatechin käyttäjän kaivinkoneen jälleenmyyntiarvo säilyy parempana vaihdettaessa kuin kantoharakoneella.

Tutkimuksen tulosten perusteella molemmat koneet soveltuvat männyn kantojen nostoon tuottavasti. Laitteilla nosto onnistuu nopeasti ja kantojen puhtaus on hyvää luokkaa. Kareliatechin kone tuo uusia mahdollisuuksia urakoitsijoille, koska tällöin saadaan nostettua myös sekametsiä ja mäntyvaltaisia metsiä. Tämä helpottaa Suomen energiapuupotentiaalin käyttämistä.



## LÄHTEET

Ensimmäinen yksiotekantoharvesteri markkinoille. 2009. Koneviesti 14/2009, 29.

Erkkilä, Ari 2009. Metsäenergian uudet mahdollisuudet ja niiden kehittäminen. VTT:n tutkimus- ja toteutussuunnitelma 2009,3,10.

Erkkilä, Ari 2010. Kuvat 5,6 ja 8

Hakkila, Pentti 2005. Tutkimus kehityksen veturina. Teoksessa Kuitto, Pekka-Juhani, (toim.) 2005. Metsästä polttoaineeksi. Polttohakkeen tuotannon puolivuosisataa. Laukaa: ER-Paino Oy.

Halmi, Jari 2007. Kantokasat eivät houkuttele tukkimiehentäitä. Bioenergia 5/2007,22 – 23.

Ilmastopöytäkirjat 2009. WWW dokumentti.  
<http://www.ek.fi/www/fi/ilmasto/ilmastopoytakirjat.php>. Päivitetty 11.11.2009. Luettu 1.4.2010

Jokinen, Aimo. Metsäenergia on todellinen vaihtoehto. Metlan sähköinen asiakaslehti 3/2005. WWW-dokumentti  
<http://www.metla.fi/asiakaslehti/2005/metsantutkimus2005-3.pdf>. Ei päivitystietoa. Luettu 6.04.2010

Kankare, Matti 2010. WWW-dokumentti. Risupakettia on vaikea erottaa ydinvoima-päätöksestä. <http://www.talouselama.fi/uutiset/article381063.ece>. Päivitetty 4.3.2010. Luettu 12.4.2010.

Kannot hyödyntämätön voimavara. Puuenergian teknologiaohjelman tuloksia 2/2004 WWW-dokumentti. <http://www.tekes.fi/julkaisut/kannot.pdf>. Päivitetty 11.12.2009. Luettu 6.4.2010

Kantojen noston ja metsäkuljetuksen tuottavuus. Metlan työraportti 2007. WWW-dokumentti. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp046.htm>. Ei päivitystietoa. Luettu 6.04.2010

Kauppinen, Veli Pekka 2009. Keski-Suomen metsien energiapuuvarat. Keski-Suomen Metsäkeskus 28.10.2009. Luennot.

Kuusinen, Martti 2008. Energiapuuunkorjuulla monenlaisia ympäristövaikutuksia. Koneviesti 2/2008, 13 - 14.

Kuusinen, Martti, Nieminen, Mari, Saaristo Lauri 2009. Talousmetsien luonnonhoito. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy

Kylmänen, Matti 2009. METKA – Metsäenergiaa kannattavasti. Teho 1/2009, 26–27.

Kärkkäinen, Tarja 2004. Puhdas ja kuiva kanto parasta polttoainetta. Puumies 5/2004, 20 - 21.

Laitila, Juha 2008. Nykyisten kannonnostomenetelmien soveltuvuus mäntykantojen nostoon. Metsäntutkimuslaitos, Joensuu raportti VTT:lle. 2008, 3- 4, 7-8

Leinonen, Timo 2009. Kuva 4.

Lipponen, Katariina 2007. Kantojen nosto torjuu juurikäpää. Koneviesti 7/2007, 6 – .

Metsäenergia on todellinen vaihtoehto. Metlan sähköinen asiakaslehti. WWW-dokumentti  
<http://www.metla.fi/asiakaslehti/2005/metsantutkimus2005-3.pdf>>. Ei päivitystietoa. Luettu 1.4.2010.

Peltola, Aarre 2008. Metsätilastollinen vuosikirja 2008. WWW-dokumentti  
[http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2008/vsk08\\_09.pdf](http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2008/vsk08_09.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 20.4.2010

Vesisenaho, Tero 2003. Metsähakkeet. Markkila, Matti 2003. Kantomurskeen tuotanto. Teoksessa Knuuttila, Kirsi (toim.)2003. Puuenergia. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Raitila, Jyrki 2009. Uutta teknologiaa metsäpolttoaineen hankintaa. Koneviesti 12/2009, 40–41.

Raitila, Jyrki 2010. Kuva 7.