

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Tutkintotyö

Jani Mäkinen

## **ENERGIAPUUN HAKKUUN KANNATTAVUUS KONEYRITTÄJÄN NÄKÖKULMASTA**

Työn ohjaaja Lehtori Ari Vanamo

Työn teettäjä Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkka, Kenttäesimies Miika Bucktman

Tampere 2009

Tekijä	Jani Mäkinen
Työn nimi	Energiapuun hakkuun kannattavuus koneyrittäjän näkökulmasta
Sivumäärä	31 sivua
Työn ohjaaja	Lehtori Ari Vanamo
Työn tilaaja	Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkka, Kenttäesimies Miika Bucktman

---

## TIIVISTELMÄ

Energiapuun korjuu on kasvavassa roolissa metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkassa ja nyt on aika perehtyä energipuun korjuun kannattavuuteen koneyrittäjän kannalta. Suomessa energipuun korjuu on melko uutta toimintaa näin suuressa mittakaavassa ja niinpä korjuun kannattavuuteen on kiinnitetty melko vähän huomiota.

Tässä työssä on pyritty tutkimaan energipuun hakkuun tuottavuutta maastomittausten avustuksella. Varsinaisten maastomittausten lisäksi tarkisteltiin hakkuun tuottavuutta vertaamalla hakkuukonekuljettajan hakkuuseen käyttämää aikaa sekä työmaita että koealoja kohden.

Tutkimuksen maastomittaukset suoritettiin talven 2008–2009 ja kevään 2009 aikana. Koealamittauksia suoritettiin niin korjatuille kuin korjattaville kohteille. Koealoilta mitattiin puuston tiheys, läpimitta ja pituus. Tutkimuksessa saatiin tuottavuus lasketuksi vertaamalla poistumaa hakkuuseen kuluneeseen aikaan, sekä maastomittausten avulla saatiin poistuman keskijäreys.

Tutkimus osoitti, että energipuun hakkuun tuottavuuden parantamiseksi tulee metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkan alueella kiinnittää entistä enemmän huomiota. Energiapuun korjuun piiriin tulevien kohteiden valinta tulee tehdä tarkasti, jotta energipuun korjuu saadaan kannattavaksi.

TAMK University of Applied Sciences  
Department of forestry

Writer	Jani Mäkinen
Thesis	Energy wood felling profitability from machine entrepreneur point of view
Pages	31 pages
Graduation time	June 2009
Thesis supervisor	Lecturer Ari Vanamo
Co-operating Company	Forest management association Pohjois-Pirkka, Field supervisor Miika Bucktman

---

#### ABSTRACT

The logging of the energy wood is one of the growing parts in Forest management association Pohjois-Pirkka. The meaning of this thesis is to get acquainted with the profitability of the logging from the machine entrepreneur's point of view. In Finland the logging of the energy wood is quite new business in such a large scale. So, the profitability of the logging has been only a little noted.

The purpose of the thesis is to research the profitability of the fuel wood felling with the help of field surveying. In addition to the actual field surveys under the research was the profitability compared to the time the harvest driver uses for both blocks and sample areas.

The field surveys of the thesis were performed during winter 2008-2009 and spring 2009. Surveys were made at both already harvested areas and areas that are about to be harvested. The measurements on the sample areas were taken on the density, the diameter and the length of the forest. The profitability was calculated by comparing the removal to the time used in harvesting and besides removal's thickness was revealed with the help of field surveys.

The thesis proved that Forest management association Pohjois-Pirkka should pay more and more attention to the logging to make it more profitable. The choosing of the areas has to be done carefully so the logging of the energy wood is productive.

---

Keywords	Energy wood, harvesting of energy wood, productivity
----------	---------------------------------------------------------

**SISÄLLYS**

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTTAMINEN .....	6
	2.1 Työn tavoitteet .....	6
	2.2 Työn toteuttaminen.....	6
3	ENERGIAPUUN KORJUUN KASVATUSMETSISTÄ.....	6
	3.1 Metsänhoidolliset perustelut.....	7
	3.2 Korjuukohteiden valinta .....	8
	3.3 Energiapuun korjuun menetelmät.....	9
	3.4 Kembra-tuki .....	10
	3.5 Koneellisen energiapuuharvennuksen kustannukset.....	12
	3.6 Energiapuuharvennusten hyödyt ja tulevaisuus.....	12
	3.7 Energiapuuharvennusten ongelmat .....	14
	3.8 Energiapuun energiasisältö .....	15
4	KOYTEIDEN VALINTA JA MITTAUS .....	16
	4.1 Energiapuuharvennukseen tuleva kohde .....	16
	4.2 Mittaus korjattavalle kohteelle .....	17
	4.3 Koealojen tulkinta .....	18
	4.4 Tuottavuus.....	18
	4.5 Tulosten pohdinta .....	20
	4.6 Energiapuuharvennetut kohteet .....	21
	4.7 Mittaus korjatuille kohteille.....	21
	4.8 Kohteiden tulkintaa .....	22
	4.9 Tuottavuus .....	23
	4.10 Tulosten pohdinta .....	23
	4.11 Keskijäreyden vaikutus hakkuu aikaan .....	24
5	MUUT TYÖMAAT.....	24
	5.1 Tuottavuus.....	25
6	HAKKUUN KUSTANNUKSET .....	26
7	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT .....	27
	LÄHTEET .....	29

## 1 JOHDANTO

Metsät ovat uusiutuva luonnonvara. Tämän vuoksi metsäenergia lasketaan luontoystävälliseksi. Suomen tavoite on lisätä metsähakkeen käyttöä jopa kahdentoista miljoonan kiintokuutiometrin vuositasolle vuoteen 2015 mennessä. Nykyisin metsähakkeen käyttö on 3,4 miljoonaa kiintokuutiometriä vuodessa, kun mukaan on huomioitu pienkäytön osuus 0,4 miljoonaa kiintokuutiometriä. Pienkäytön osuus koostuu lähinnä maatalouksien käyttämästä hakkeesta. (Kansallinen metsäohjelma 2015; Metsätilastollinen vuosikirja 2008)

Puuenergian käytöllä on monia suotuisia vaikutuksia, jotka puoltavat sen käytön kasvattamista. Ensinnäkin puuenergian käytöllä on suoranaisia ilmastollisia vaikutuksia, sillä puupolttoaineita käyttämällä rajoitetaan ympäristölle haitallisia päästöjä. Puuenergian ilmastolliset vaikutukset ovat huomioitu esimerkiksi Euroopan Unionin energia- ja ilmastopolitiikan tavoitteissa. Näissä tavoitteissa Euroopan Unioni sitoutuu yhtenäisesti vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä kahdellakymmenellä prosentilla vuoteen 2020 mennessä. (Kangas 2008)

Energiapuun käytöllä ja varsinkin käytön lisäämisellä on kansan-, alue- ja yritystaloudellisia vaikutuksia. Tämä perustuu siihen, että kotimaisella energialla voidaan korvata aikaisemmin ulkomailta tuotuja energialähteitä. Puuenergian käytön lisääminen voisi työllistää suoraan ja välillisesti jopa yksitoistatuhatta henkilöä. (Knuutila 2003) Toisaalta tätä työllistävää vaikutusta kohden ohjaa Euroopan Unionin energiaomavaraisuusohjelma. Tämä ohjelma määrittelee Suomelle vuoteen 2020 mennessä uusiutuvalla energialla tuotettavaksi 38 prosenttia energiasta. Kasvua olisi täten vuoden 2005 tasoon nähden liki kymmenen prosenttiyksikköä. (Metsätilastollinen vuosikirja 2008) Energiapuun käyttöä on mahdollista lisätä tuntuvasti erityisesti Pirkanmaan alueella, sillä metsähakkeen käyttö tulisi kaksinkertaistaa Pirkanmaan alueellisen metsäohjelman 2006–2010 mukaan. (Pirkanmaan metsäohjelma 2006–2010)

Energiapuun käytöllä on myös yhteiskunnallisia vaikutuksia. Energiapuun korjuulla ja käytöllä lisätään maatalojen ja maaseudun elinvoimaisuutta. Jos energiapuun volyymin lisätään tavoitellusti, luodaan mahdollisuudet kasvavalle liiketoiminnalle ja kilpailukyvyyn paranemiselle. Samanaikaisesti korjuutekniikka kehittyisi entisestään ja sivuvaikutuksina työllistäisi metalliteollisuutta. (Knuutila 2003)

Energiapuuksi luetaan polttoon tai muuhun energian käyttöön tarkoitettu puu tai puutavara muodosta ja lajista riippumatta. Tärkeimmät metsästä saatavat energiapuun

Jani Mäkinen

lähteet ovat metsähakkeiden raaka-aineet. Metsähakkeella taas tarkoitetaan ranka-, kokopuu- ja hakkuutähdehaketta, vastaavasti kantohake on kannoista tai liekopuusta tehty hake. (Knuutila 2003) Energiapuun korjuu tarkoittaa oksien, latvojen, koko puiden, hakkuutähteiden, kantojen ja lahopuiden keräämistä metsistä. Useimmiten energiapuuta korjataan taimikonhoidon ja päätehakkuun yhteydessä tai sitten erillisissä energiapuuharvennuksissa. Teknillistaloudellisesti korjattavissa olevan energiapuumäärien arviot vaihtelevat 12–16 miljoonan kuutiometrin välillä, joten korjuuta on mahdollista kasvattaa. (Uusivuori 2006)

## 2 TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTTAMINEN

### 2.1 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on tutkia energiapuun hakkuuta yrittäjän näkökulmasta ja ennen kaikkea tutkia sen kannattavuutta nykyisillä kustannustekijöillä. Työn tavoitteisiin kuuluu määritellä tekijöitä, jotka vaikuttavat energiapuun hakkuun kustannuksiin. Tässä työssä energiapuusta puhuttaessa tarkoitetaan nimenomaan kokopuusta saatavaa haketta. Pienpuuhaketta tehdään energiapuuharvennuksina nuorista metsissä, joissa taimikonhoito on jäänyt vaillinaiseksi tai korjattavissa olevan ainespuun osuus on muuten vähäistä, ja metsä vaatii hoitoa. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006)

### 2.2 Työn toteuttaminen

Työ suoritettiin Pohjois-Pirkan metsänhoitoyhdistyksen Oriveden alueella, jossa hankintapalvelun kaikesta energiapuun korjuusta vastaa Metsäkonetyö Seppo Korri Ky. Kaikki energiapuun korjuukohteet oli hakannut sama metsäkonekuljettaja, jonka työtunneista saatiin tiloimistolta lista. Näistä listoista taas eroteltiin energiapuukohteet. Vastaavasti näiltä kohteilta saatiin metsänhoitoyhdistykseltä pinomittauksella otetut kiintotilavuudet ja jo haketetuilta kohteilta saatiin hakkeen irtotilavuudesta muunnetut kiintokuutiotilavuudet, jolloin pystytään laskemaan eri työmailla koneen tuntikohtaisia tuotoksia ja kustannuksia. Työmaiden välisten eroavaisuuksien määrittelemiseksi tehtiin lisäksi koemittauksia niin jo korjatuille kohteille, kuin myös energiapuun korjuun piiriin tulevista kohteista.

## 3 ENERGIAPUUN KORJUUN KASVATUSMETSISTÄ

Metsähakkeen käyttö on nykyisin 3,4 miljoonaa kiintokuutiometriä, josta pienpuuna markkinametsähakkeeksi tuotetaan 0,7 miljoonaa kiintokuutiometriä. Markkinametsähakkeella tarkoitetaan taloudellisessa mielessä tehtävää toimintaa jossakin vaiheessa hankintaketjua. Kansallisen metsäohjelman 2015 metsähakkeen

Jani Mäkinen

käytölle asettaman tavoitteen 8–12 miljoonaa kiintokuutiometriä täyttymiseksi tulee energiapuuharvennusten määrä kasvattaa huomattavasti, sillä lisäyspotentiaalia löytyy nimenomaan nuorista metsistä. PäätehakkUILta korjattavat metsähakemäärät ovat nykyisillään paremmin hyödynnetty niiden mahdollisuuksiin nähden kuin nuorten metsien energiavarat. Koko Suomen energiapotentiaalIn energiAharvennuksissa on arvioitu olevan neljä miljoonaa kiintokuutiometriä. Energiapuuharvennusten määrän kasvattamista puoltaa valtiovallan lupaus tukea pienpuun korjuuta ja haketusta energiakäyttöön. (Metsätalastollinen vuosikirja 2008; Kansallinen metsäohjelma 2015; Uusivuori 2006)

### 3.1 Metsänhoidolliset perustelut

Metsätaloudellisesti ja puuntuotannollisesti kaikkein heikoin vaihtoehto on säästää metsikön kiertokulun alkuvaiheen hoidoista. Taimikoiden ja nuorten metsien oikea-aikaisilla hoidoilla vaikutetaan voimakkaasti koko metsikön kiertoaikaiseen kehitykseen. Näiden hoitotöiden viivyttely tai puutteellisuus aiheuttaa metsikössä taloudellisia vahinkoja ja kasvutappioita, joita on vaikea tai lähes mahdoton myöhemmin korjata. (Fredriksson 2004)

Hoidettujen metsien taloudellinen tulos hoitamattomaan verrattuna voi olla jopa kolminkertainen huomioimattakaan sitä vaihtoehtoa, että taloudellisesti arvottomat puulajit muodostaisivat vallitsevan puuston. (Fredriksson 2004)

Energiapuun ja ainespuun yhdistetty kasvatusta voidaan tehdä tietoisena valintana. Tämä yhdistetty kasvatusta onnistuu niin luontaisesti kuin viljelyllisesti syntyneissä taimikoissa, kuitenkin vaatien kasvatettavan puulajin hyvät kasvumahdollisuudet ja riittävää tiheyttä, vähintään kolmea tuhatta runkoa hehtaarilla. (Heikkilä 2006)

Yhdistetyssä kasvatuksessa taimikon harvennus tehdään kuusella 3-5 metrin pituudessa ja männiköissä vähintään viiden metrin pituudessa, kasvamaan jätetään kolmesta tuhannesta aina neljään tuhanteen runkoon hehtaarille. Täydennykseksi kasvatettavalle puulajille jätetään siemensyntyisiä lehtipuita. Energiapuuharvennus tehdään 10–13 metrin valtapituudessa, jolloin kasvamaan jätetään 1000–1400 runkoa hehtaarille. Taimikkovaiheessa tulee taata kasvatettavien puiden mahdollisimman hyvät olot, jolloin taimikonhoidon varhaistöitä ei tule unohtaa, vaan muun muassa taimikon perkaukset tulee tehdä ajoissa, kuten ainespuun kasvatusketjussa. (Heikkilä 2006)

Kokopuuna korjattavien energiapuuharvennuksien ulkopuolelle tulisi kuitenkin jättää joitakin kohteita, vaikka ne muuten vaikuttaisivat sopivilta. Tällaisia kohteita ovat kuusikot, joissa kuusen osuus runkoluvusta on ylitse 75 prosenttia, sillä

Jani Mäkinen

energiapuuharvennuksen jälkeen ongelmaksi muodostuu käyttökelpoisten ravinteiden määrä ja seurauksena voi olla kasvun voimakas taantuminen. Metsitetyt pellot ja muutenkin kasvuhäiriöille alttiit kasvupaikat, kuten vanhojen kaskimaiden kuusikot, sillä energiapuuharvennuksella vaarannetaan ravinnetasapainoa. Kuivahkojen kankaiden männiköt humuskerroksen ollessa ohut tulisi jättää korjuun ulkopuolelle. Ohut humuskerros johtuu esimerkiksi aikaisemman puusukupolven kiertoaikana olleista metsäpaloista tai kulotuksesta. Kuivat kankaat ja sitä karummat kangasmaat tulisi jättää energiaharvennuksen ulkopuolelle. Sama koskee turvemaiden energiapuunkorjuuta, jolloin puolukkaturvekankaat ja sitä karummat turvemaat tulisi jättää energiapuukorjuun ulkopuolelle. Lisäksi energiapuuta tulisi korjata vain kerran metsikön kiertokulussa, jolloin energiapuun korjuuta ei suositella, mikäli edellisessä päätehakuussa on korjattu hakkuutähteitä tai nykyisen puusukupolven aikana on tehty kokopuukorjuuta. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006)

### 3.2 Korjuukohteiden valinta

Energiapuun korjuu nuorista metsistä tulee kyseeseen kohteilla, joissa taimikonhoito on jäänyt tekemättä tai se on tehty puutteellisesti. Myös nuorissa metsissä, joissa on selvästi harvennuksen tarvetta, mutta kuitupuun saanti jää pieneksi tulee harkita energiapuuharvennusta. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006)

Energiapuuharvennusvaihtoehtoa mietittäessä tulee aina olla lähtökohtana, että metsikkö vaatii hoitotoimenpiteitä. Tämän jälkeen tulee miettiä onko oikea vaihtoehto raivaussahalla tehtävä taimikon harvennus vai ainespuuta tuottava ensiharvennus. Energiapuuharvennus kokopuun korjuuna sopii erityisesti kohteille, joissa keskipituus on 10–14 metriä eli taimikon harvennusvaihtoehto ei tule enää kyseeseen. Toisaalta mikäli korjattavan ainespuun osuus jää alle 20 m<sup>3</sup>/ha tai ainespuun osuus on alle 35 prosenttia kokonaispoistumasta, tulee suorittaa energiapuuharvennus. Toinen energiapuuharvennukselle hyvin soveltuva kohde ovat taimikot, joiden päällä on valtapuustona taloudellisesti vähäarvoinen verhopuusto. Metsänhoidollisessa mielessä verhopuusto tulee poistaa energiapuuksi parhaimmat säästäen ennen kuin ne häiritsevät taimikon kehitystä. Useimmiten verhopuuston poisto kannattaa suorittaa taimikon ollessa yhdestä kahteen metriin pituista. (Koistinen 2006; Hyvän metsän hoidon suositukset; Knuutila 2003)

Energiapuuharvennusten korjuukohteiden valinnan vaihteluväliin vaikuttaa kaksi seikkaa. Ensinnäkin onko kohteelle saatavissa valtion tukea energiapuun korjuuseen (kts. luku 3.4). Tämä vaikuttaa erityisesti liikuttaessa energiapuuharvennusten piiriin tulevilla puustoltaan järeimmissä kohteissa. Nykyisillä markkinahinnoilla ainespuulle maksetaan parempaa hintaa kuin energiapuulle, jolloin kohteen jo ohittaessa kemera-



Jani Mäkinen

tuen ylärajan ei energiapuuharvennus ole kannattava vaihtoehto. Toisaalta korjuukohteen alarajana tulevat vastaan korjuun kustannukset suhteessa maksettavaan energiapuunhintaan. Korjuun kustannukset nousevat huomattavasti puuston pienentyessä. Vaikka kyseessä on myös metsänhoidollinen toimenpide, tulee miettiä, paljonko kannattaa korjuusta maksaa. Energiapuuharvennuskohteiden ongelmana on kohteiden suuri vaihtelu, joka hankaloittaa taloudellisesti yhdellä korjuukalustolla kaikkien kohteiden korjuuta. (Tanttu 2007)

Tyypillinen koneellinen energiapuuharvennus korjuukohde on valtapituudeltaan 10–14 metrinen, jolloin poistuman rungon keskijäreys vaihtelee 20 dm<sup>3</sup>:n aina 60 dm<sup>3</sup>:n välillä. Tällöin poistuman rungon rinnankorkeuden keskiläpimitta vaihtelee tyypillisesti seitsemästä senttimetrinä aina 12 senttimetriin. Energiapuuharvennus kohteille on tyypillistä suuri runkoluku hehtaaria kohden. Useimmiten runkoluku vaihtelee 3000 jopa 7000 runkoon hehtaarilla. Tästä suuresta runkoluvusta voi päätellä, että kohteille on tyypillistä korjuuta haittaavan alikasvoksen runsaus. (Koistinen 2006; Hyvämäki 2002)

### 3.3 Energiapuun korjuun menetelmät

Kokopuun korjuussa hakkuu voidaan suorittaa niin kone- kuin miestyönä. Nykyisin miestyön osuus on jäänyt varsin vähäiseksi. Miestyönä hakkuu tapahtuu siirtelykaatomenetelmällä, jolloin työskentelyssä voidaan käyttää kaatokahvoilla varustettua moottorisahaa, tavoitetaan korkeampi tuottavuus kuin pelkällä moottorisahalla ja parannetaan samanaikaisesti työergonomiaa.

Siirtelykaatomenetelmässä tartutaan toisella kädellä kaadettavan puun runkoon kun toisella sahataan ja samanaikaisesti kaatokahvat nojaavat reittä vasten. Näin voidaan puuta työntää ajouraa kohden ja tarvittaessa jopa kahdella kädellä heittää kohti ajouran reunassa olevaa energiapuukasaa. Siirtelykaatomenetelmä on parhaimmillaan pieniläpimittaisessa puustossa. Puuston rinnankorkeuden läpimitta tulisi tällöin olla kolmesta senttimetrinä kymmeneen senttimetriin, maksimissaan viisitoista senttimetriä. Siirtelykaatomenetelmässä energiapuiden metsäkuljetus hoidetaan ajokoneella, jossa mahdollisuuksien mukaan katkaisulaite tasaa energiapuiden pituuksia. (Työtehoseura 2009; Koistinen 2006)

Koneellisessa energiapuuharvennuksessa on hakkuu mahdollista suorittaa joukkokäsittelynä tai perinteisesti yksinpuin hakkuuna. Yksinpuin hakkuu on kuitenkin liian hidasta energiapuun korjuussa ja niinpä sen käyttö on melko vähäistä. Energiapuun hakkuuta tehdään erilaisilla hakkuupäillä. Hakkuupäissä on siis lähes aina joukkokäsittelypihdit, lisäksi puun katkaisu ja kaato on mahdollista suorittaa joko ketjuterällä tai leikkurilla. Hakkuupäät ovat mahdollisuuksien mukaan valittavissa joko karsimateriaalien kanssa tai ilman. Hakkuukoneella korjaustekniikka on kaato-

Jani Mäkinen

kasausmenetelmä. Joukkokäsittelyssä puut kerätään hakkuupäähän kouran ollessa pystyssä, jonka jälkeen ne kaadetaan nippuna maahan ja katkaistaan tämän jälkeen jälleen nippuna sopivan mittaisiksi ajatellen metsäkuljetusta. Kustannuksellisessa mielessä energiapuun hakkuu tulee kaikkein halvimmaksi sellaisella koneella, johon ei tarvitse asentaa mittalaitteita, mutta tämä vaatisi sen, että hakkuukone olisi ympäri vuoden korjaamassa energiapuuta jolloin ainespuun mittausta on mahdotonta. (Granö 2003)

Metsäkuljetus suoritetaan energiapuuharvennuksilla aivan samoilla ajokoneilla kuin ainespuidenkin metsäkuljetus. Energiapuun kuljetuksen ongelmana on pieni kiintotilavuusosuus kuormassa. Keskivertona kiintotilavuuden prosenttimäärittämisen kertoimena energiapuun pinomittauksessa käytetään 25–35 prosentin väliltä olevaa lukua, joka on lähes puolta pienempi kuin kuitupuun pinomittauksessa käytettävät kertoimet. Tämä tarkoittaa sitä, että pinomittauksella saadussa kasassa on ainoastaan 25–35 prosenttia puuta kun vastaavasti loppuosuus on ilmaa. Tämä johtuu puiden kokorajuun aiheuttamasta oksaisuudesta ja monimutkaisuudesta, jolloin niitä ei saada kasatuksi kovinkaan tiiviisti. (Bucktman 2009)

Korjuri on yksi mahdollisuus energiapuuharvennukselle. Korjuri on metsäkone, jolla hoidetaan samanaikaisesti puiden hakkuu ja kuljetus. Korjurin hakkuupää on puiden hakkuun lisäksi varustettu nostopihdeillä, jotka mahdollistavat kuormaamisen. Korjurin hyödyt tulevat esille erityisesti pienialaisissa leimikoissa, jolloin kohteelle ei tarvitse kuljettaa kuin yksi metsäkone perinteisen kahden metsäkoneen sijaan. Korjuri on kuitenkin tuottavuudeltaan hieman heikompi kuin hakkuukone-ajokoneen yhdistelmä. Jolloin se on juuri pienialaisella leimikoilla parhaimmillaan alhaisilla ylläpitokustannuksilla. (Jylhä 2006)

Energiapuuharvennusten ongelmana on, että kaikki kokonaiskustannukset kohdentuvat suoraan koko energiajakeelle, kun taas hakkuutähteitä korjatessa lähes kaikki kustannukset ovat kohdentuneet jo aikaisemmin hakatuille ainespuille. (Knuutila 2003)

### 3.4 Kemera-tuki

Nykyisillä metsähakkeesta maksettavilla markkinahinnoilla ja korjuutekniikalla ei pystytä tuottamaan kilpailukykyistä raaka-ainetta energiapuuharvennuksilta ilman Maa- ja metsätalousministeriön maksamaa kestävän metsätalouden rahoitustukea eli kemera-tukea.

Kestävän metsätalouden rahoitustuki (kemera-tuki) on valtion metsäpolitiikan taloudellisista ohjauskeinoista kaikkein keskeisin, jota ohjataan muuttamalla kestävän

Jani Mäkinen

metsätalouden rahoituslakia. Kemera-tukien tarkoituksena on taata puuntuotannon kestävyys, metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen ja näitä toimia tukevat toimenpiteet. Tukea myönnetään ainoastaan yksityisille maanomistajille. Yksityisellä maanomistajalla tarkoitetaan maatalo- tai metsätaloutta harjoittavaa henkilöä tai henkilöiden muodostamaa yhteisöä, kuten esimerkiksi perikunta, yhtiö, osuuskunta, säätiö tai yhteismetsä. (Hyvämäki 2002)

Energiapuuharvennus vaihtoehtoa harkittaessa tulee siis varmistaa, että metsikkö täyttää seuraavat vaatimukset:

- Energiapuuharvennuksen jälkeen jäävän puuston rinnankorkeusläpimitta saa olla maksimissaan 16 senttimetriä.
- Metsikön pituus tulee olla havupuuvaltaisessa metsässä harvennuksen jälkeen alle 14 metriä tai lehtipuuvaltaisessa metsässä alle 15 metriä, mutta kerättäessä kaikki puut energiapuuksi ei pituus rajoitus vaikuta toimintaan.
- Poistuvan puuston runkoluku tulee olla vähintään tuhat runkoa hehtaarilta ja poistuman kantoläpimitta vähintään neljä senttimetriä.
- Jäljelle jäävän puuston runkoluku pitää olla puulajista riippuen 800–1600 runkoa hehtaarille. Joissakin erikoistapauksissa hyväksytään 2000 runkoa hehtaarille.

Energiapuun korjuulle maksetaan tukea, mikäli puuaines luovutetaan tai myydään ulkopuoliselle energiankäyttäjälle, tästä vaaditaan kirjallinen sitoumus metsäkeskukselle. Pienin tuettava energiapuukorjuun erä on 20 kiintokuutiometriä. (Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkka 2009)

Kemera-tuki ehtojen täytyessä maksetaan energiapuuharvennuksille Pirkanmaalla tukea taulukon 1 mukaisesti kun työt teetetään vieraalla työvoimalla.

**Taulukko 1** Kemera-tukien määrä työlajeittain

Työlaji	Tuen määrä
Nuoren kasvatusmetsän hoito	210,05 €/ha
Toteutusselvitystuki alle 2,6 ha kohteiden metsänhoidosta	42,10 €/ha
Toteutusselvitystuki vähintään 2,6 ha kohteiden metsänhoidosta ja kertamaksu	15,20 €/ha+72 €
Toteutusselvitys energiapuunkorjuulle	4,21 €/ha
Energiapuun metsäkuljetus	3,5 €/km <sup>3</sup>
Energiapuun kasaus	3,5 €/km <sup>3</sup>
Haketustuki	1,7 €/i-m <sup>3</sup>
Haketuksen toteutusselvitys	0,09 €/i-m <sup>3</sup>

(Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkka 2009)

Nämä tarkat kemera-tukien ehdot ohjaavat siihen, että varsinaiset ainespuuharvennukset eivät tule energiapuuharvennusten piiriin. (Tanttu 2007)

Jani Mäkinen

### 3.5 Koneellisen energiapuuharvennuksen kustannukset

Tässä opinnäytetyössä paneudutaan eritoten energiapuukorjuukohteen aiheuttamiin hakkuun kustannuksiin ja tuottavuuteen. Korjuukustannukset johtuvat suurimmalta osin korjuuoloista eli leimikon koostumuksesta. Korjuukustannuksien kannalta keskeisimmät vaikuttavat tekijät ovat seuraavanlaisia:

- Poistettavien runkojen keskikoko
- Poistuman määrä hehtaaria kohden
- Leimikkokohtainen poistuma eli leimikon pinta-ala

Lisäksi energiapuuharvennusten ongelmia ovat korjuuta haittaava runsas pieniläpimittaisen alikasvoksen määrä ja maaston heikko kantavuus erityisesti metsäkuljetuksessa. Korjuun kustannusten rajoittamiseksi nykyisellä korjuukalustolla tulisi erityisesti painottaa huomiota korjattavien energiapuuleimikoiden huolelliseen valintaan. (Oikari 2008)

Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003 on asettanut pienpuuhakkeelle hankintakustannusten tavoitehinnaksi kolmekymmentä euroa kiintokuutiometriä kohden, joka tarkoittaa 15 euron hintaa megawattituntia kohden. Vuonna 2006 metsähakkeen keskihinta käyttöpaikalla oli 12 euroa megawattitunnilta. (Tekes 2004; Lauhanen 2007)

Energiapuuharvennuksilla korjuun kustannustekijöihin vaikuttavat samat tekijät kuin ainepuun korjuun kustannuksiin. Leimikon poistuman keskijäreyden laskiessa ja metsäkuljetusmatkan kasvaessa korjuun kustannukset nousevat. Toisaalta, kun leimikon pinta-ala ja hehtaarikohtainen kertymä kasvavat korjuun kustannukset laskevat. (Lauhanen 2007)

Hakkuun kustannukset vaihtelevat eri tutkimuksissa esimerkiksi Kärhän ym. (2006) mukaan hakkuun tuottavuus on ollut 4,2 kiintokuutiometriä hakkuukoneen käyttötuntia kohden rungon koon ollessa 20 litraa. Vastaavasti taas Laitilan ym. (2004) tutkimuksessa hakkuun tuottavuus on ollut 4,9 kiintokuutiometriä hakkuukoneen käyttötuntia kohden rungon koon ollessa 30 litraa. Hakkuun tuottavuus vaihtelee kahdesta kiintokuutiometrissä jopa 13 kiintokuutiometriin käyttötuntia kohden rungon koon kasvaessa viidestä litrasta 60 litraan.

### 3.6 Energiapuuharvennusten hyödyt ja tulevaisuus

Ainakaan vielä tällä hetkellä energiapuuharvennusten tekemistä ei voida pitää metsänomistajan kannalta liiketaloudellisesti kovinkaan kannattavana toimintana, vaan se on ennemminkin metsänhoidollinen toimenpide, josta ei koidu metsänomistajalle

Jani Mäkinen

kustannuksia. Tämä perustuu vielä nykyisin korkeisiin korjuukustannuksiin ja energiapuun melko alhaiseen kantohintaan, jolloin metsästä saatavalle energijakeelle ei voida maksaa maanomistajalle juuri mitään. Energiapuuharvennus ei ole vielä osana kasvatusketjua, mutta tulee muuttumaan sellaiseksi. Nykyisillä energiapuuharvennuksilla korjataan aiempien metsänhoitotöiden puutteita tai niiden tekemättä jättämiä. Tulevaisuudessa kuitenkin energiapuun tuottaminen oikein tehtynä alentaa metsänhoitokustannuksia. (Fredriksson 2004)

Energiapuuharvennusten suurin hyöty on metsikön taloudellisen tuottavuuden parantaminen. Aikaisemmin ongelmaksi on muodostunut juuri energiapuuharvennukselle sopivien metsänhoitoa vaativien kohteiden hoidon kalleus tai ainespuukorjuun kannattamattomuus. Nyt nämä kohteet saadaan kuntoon ja puusto järeytyy. Puuston järeytyessä ensimmäisestä ainespuuharvennuksesta tulee entistä kannattavampi. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006)

Energiapuuharvennuksella lisätään voimakkaasti männiköiden laatua. Kasvattamalla männiköiden puustoa jopa suosituksia tiheämpänä nuoruusvaiheessa tuotetaan päätehakkuuseen laadukasta tukkipuuta. Metsätaloudelle tuhoa aiheuttavat lumi- ja myrskytuhot ovat suurimmillaan hoitamattomissa ylitiheissä metsissä, joissa voimakkaat harvennukset vain lisäävät riskiä. Näitä riskejä voidaan vähentää oikea-aikaisilla metsänhoitotoimenpiteillä, kuten taimikonhoidolla, sekä useilla ja kohtuullisen lievillä harvennuksilla, jolloin energiapuuharvennus tulee hyvin kyseeseen. (Heikkilä 2006)

Energiapuun käyttöä lisäämällä hillitään kasvihuoneilmiötä, sillä puuenergiaa käyttämällä vähennetään hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi puuenergian käytön lisäämisellä on laajat kansantaloudelliset, aluetaloudelliset ja yritystaloudelliset vaikutukset. Energiapuuharvennuksista saatavalla metsähakkeella on kuutiometriä kohden huomattavasti laajemmat työllistävät vaikutukset kuin metsätähdehakkeen tai kantomurskeen tuottamisessa. (Heikkilä 2006)

Maisemallisessa ja virkistyskäytöllisessä mielessä energiapuuharvennukset parantavat metsikön käyttöä. Silloin ei jää maahan niin paljon raivauspuustoa rumentamaan maisemaa ja häiritsemään maastossa liikkumista. (Fredriksson 2004)

Tulevaisuudessa energiapuu saattaa kehittyä omaksi puutavaralajiksi, jolloin se tulee osaksi metsänkasvatusketjua. Lisäksi energiapuu sisältynee lähitulevaisuudessa puutavaranmittauslakiin. Mittaustarkkuus tulee tosin olemaan jotain muuta kuin ainespuulle vaadittavan neljän prosentin tarkkuus. Tämä johtuu energiapuun monimuotoisuudesta ja mittateknisistä ongelmista. Kansallisen metsäohjelman 2015

Jani Mäkinen

perusteella energiapuuharvennusten määrät tulevat tulevaisuudessa kasvamaan, sillä metsähakkeen kasvattamiselle vaadittavaa määrää ei tulla täyttämään ainoastaan metsätähdehakkeella ja kantomurskeella. Lisäksi Maa- ja metsätalousministeriö on luvannut tukea pienpuunkorjuuta ja haketusta. (Kansallinen metsäohjelma 2015; Fredriksson 2004; Maa- ja metsätalousministeriön ryhmämuistio 2006)

### 3.7 Energiapuuharvennusten ongelmat

Energiapuuharvennusten koneellinen korjuu on vielä hyvin uutta toimintaa metsätaloudessa, joten sen kaikkia ongelmia ei vielä aivan täysin tunneta. Taloudellisessa mielessä energiapuuharvennusten suorittaminen on hyvin kallista toimintaa suhteessa tuotavuuteen. Kohdassa 3.5 on näitä korjuuseen aiheuttavia kustannusongelmia pohdittu syvemmin. Kokonaiskustannusten kannalta energiapuun ongelmaksi on muodostunut puun pitkäaikainen varastointi ja näin omaisuuden sitoutuminen pitkäksi ajaksi raaka-aineeseen ennen varsinaisen tuotteen eli energian tuottamista. Energiapuun korjuun yhtenä ongelmana on energiapuun mittaus ja erityisesti varsin moninkertaiset mittaukset. Tyypillisesti energiapuuharvennuksella energiapuut mitataan työmittausta varten, jonka jälkeen tarvitaan luovutusmittaus niin metsänomistajalta tuotanto-organisaatiolle kuin tarvitaan mittaus tuotanto-organisaatiolta käyttäjälle. Energiapuuharvennuksilla tarvitaan vielä mittausta tuotantotukea maksavalle viranomaiselle. Tässä ketjussa puuenergian olomuoto ehtii muuttua moneen kertaan, jolloin on mahdotonta selvittää tuotantoketjusta yhdellä mittauksella, saati että kaikissa mittauksissa voitaisiin käyttää yhtä ja samaa mittasuureta. Tuotantoketjujen pidentyessä ja tulosten vaihtuessa maksetaan niin metsänomistajalle kuin urakoitsijalle ennakotili, jolloin lopullisen tasaustilin maksuun saattaa pahimmillaan tulla vuoden viive. Pienpuunhakkeen tuotannon kannalta ratkaisuksi saattaa muodostua kuormainvaakamittaus. Sillä hoidettaisiin yhdellä mittauksella niin metsänomistajalta luovutusmittaus tuotanto-organisaatiolle, kuin korjuun työmittaus ilman viiveitä. Paino-otanta mittauksella hoidettaisiin myös osittain kemera-tuen mittaus. (Maa- ja metsätalousministeriön ryhmämuistio 2006)

Energiapuuharvennusten kohteiden valinnan yhtenä kriteerinä on korjuun vaikutus metsämaan ravinnetalouteen. Rankapuuna korjattavien kohteiden valinnan rajoittavaksi tekijäksi ravinteet eivät tule missään vaiheessa, johtuen siitä, että runkokuun ravinteiden osuus suhteessa oksien, neulasten tai lehtien ravinteisiin on olematon. Mikäli metsikössä poistetaan energiaharvennuksessa systemaattisesti kaikki hakkuutähteet, voi se johtaa metsikön kasvutappioihin. Tällaisessa harvennusemetsikössä kasvutappiot voivat ilmetä seuraavan 10–15 vuoden aikana, jolloin vaikutukset ovat konkreettisesti näkyvissä seuraavien hakkuiden pienempänä kertymänä. On arvioitu, että kokopuunkorjuun vaikutukset voivat olla kiertoaikana

Jani Mäkinen

maksimissaan männiköissä viisi kiintokuutiometriä hehtaaria kohden ja kuusikoissa kymmenen kiintokuutiometriä hehtaaria kohden pienempinä tilavuuksina, kuin muuten. Ravinnetalouden tasapainon säilymisen takaamiseksi tulevaisuudessa, on rajoitettu suosituksissa joitakin kohteita pois energiaharvennuksen piiristä ja suosittelemalla, että kokopuunkorjuuta tehtäisiin vain kerran puuston kiertoajassa. (Fredriksson 2004; Hyvän metsänhoidon suositukset 2006)

Energiaharvennusten koneellisen korjuun suorittamisen toisena ongelmana kalliiden kustannusten lisäksi on korjuun vaativuus. Kohteiden korjuun vaativuutta lisäävät samat seikat kuin korjuun kustannuksia nostavat tekijät: Poistuman pieni keskijäreys ja suuri runkoluku. Kun suuresta runkoluvusta pitää ruveta harventamaan korjuuvaurioiden riski kasvaa huomattavasti, lisäksi ajouraverkoston suunnitteleminen on hankalampaa kuin normaalissa ainespuuharvennuksessa heikon näkyvyyden takia. Kokopuun korjuussa lisäksi maaston kantavuuden parantamiseksi ei juuri voida hyödyntää hakkuutähteitä. (Koistinen 2006)

Energiapuuta ei lasketa toistaiseksi ainespuuksi, mutta lähes jokaisella kohteella on ainakin jonkin verran ainespuun mitat täyttävää havupuuta. Ainespuun mitat täyttävä havupuutavaran seisoessa pitkään metsävarastossa kasvaa kaarnakuoriaistuhojen riski varaston lähimetsiin. Riskin vähentämiseksi tulisi nämä energiapuukat hakettaa mäntyvaltaisilla kohteilla kesäkuun ja kuusivaltaisilla kohteilla heinäkuun loppuun mennessä. (Koistinen 2006; Fredriksson 2004)

### 3.8 Energiapuun energiasisältö

Metsähakkeen tuotannon kannalta on olennaista tietää, kuinka paljon metsähakkeella on mahdollista tuottaa lämpöä tilavuusyksikköä kohden, sillä energian tuottajat maksavat juuri sen mukaan hakkeesta. ”Tavoitteena pitää olla mahdollisimman paljon megawatteja mahdollisimman vähillä moteilla”, toteaa OK Oy:n projektipäällikkö Paavo Parviainen Metsätrans lehden syyskuun 2008 numerossa. Metsähakkeen energian kannalta keskeisiä ominaisuuksia ovat lämpöarvo, kosteus ja käsittelyyn vaikuttavat tiheys ja palakoko. Lämpöarvoa mitataan energiatiheytensä, johon vaikuttavat olennaisesti puulaji ja sen tiheys sekä hakkeen kosteus. Pienissä lämpölaitoksissa hakkeen kosteus ei saisi ylittää neljääkymmentä prosenttia, kun kaatotuoreen puun kosteus puulajista riippuen on 40–60 prosenttia. Hakkeen palakoolla on suuri merkitys lämpölaitoksen toimintavarmuudelle. Puubiomassan energiatiheiden suuruusluokaksi katsotaan yleisesti kaksi megawattituntia kiintokuutiometriä kohden. Yhdestä kiintokuutiometrillä puuta tulee 2,5 kuutiometriä haketta, jolloin yhden hakekuutiometrin energiatiheys on 0,8 megawattituntia. (Knuutila 2003)

Jani Mäkinen

Energiapuuharvennuksia tehdessä energiapuulle sovitaan metsähakkeena tietyt laatuluokitukset, joiden mukaan metsähakkeesta maksetaan. Täten tuottajalla on intressejä tuottaa laadukasta raaka-ainetta ja käyttäjälle taataan laadukasta metsähaketta. Laatuluokituksessa on määritelty hakkeen lämpöominaisuuksien kannalta tärkeimmät tekijät. Energiapuuharvennuksilta saatavassa metsähakkeessa puuaineen osuus on suurempi kuin hakkuutähdehakkeessa. Käytännön käsittelyssä, kuten metsäkuljetuksessa ja haketuksessa kokopuuta on myös helpompi käsitellä ja kuivattaa kuin metsätähdehaketta, jolloin hakkeen laatu saadaan korkeammaksi. (Knuutila 2003; Fredriksson 2004)

**Taulukko 2** Metsähakkeen kaupallinen laatuluokitus

Luokka	Energiatiheys, MWh/i-m <sup>3</sup> , saapumistilassaan vähintään	Kosteuspitoisuus, p-% enintään	Palakoko, 95% < mm*
1	0,9	40	30
2	0,8	50	45
3	0,7	60	60
4	0,6	65	100

\*vähintään 95 % polttoaineesta läpäisee taulukosta valitun seulakoon

## 4 KOHTEIDEN VALINTA JA MITTAUS

Opinnäytetyön mittaukset suoritettiin talven ja kevään 2009 aikana. Mittaukset tehtiin yhdeltä energiapuuharvennuksen piiriin tulevalta kohteelta ja lisäksi kahdelta vuonna 2007 harvennetuilta kohteilta, joiden energiapuu oli hakettu ennen mittausten suorittamista.

### 4.1 Energiapuuharvennuksen tuleva kohde

Kyseessä kohde valittiin sattumavaraisesti, sillä se oli lähiaikoina tulossa energiapuuharvennuksen. Metsikkö oli kasvupaikkatyypiltään kuiva kangas, jossa kasvoi luontaisesti alkunsa saanut 25-vuotias männikkö, jota ei ollut missään vaiheessa hoidettu. Maastoltaan metsikössä on hieman korkeusvaihtelua, mutta tämä ei juuri aiheuttanut korjuun kannalta toimenpiteitä.

Energiapuuharvennuksilla laskennat tehtiin tehotuntia kohden. Tehoajamenekillä tarkoitetaan ajanmenekkiä, josta on poistettu keskeytykset ja korjuuta haittaavan alikasvoksen raivuuseen kuluva aika. Tehoaika siis sisältää työpisteiden välisen siirtymisen ja hakkuuseen kuluvan ajan. Mukaan on huomioituna apuaika, joka sisältää esimerkiksi kouran kuljettamisen puun tyvelle. (Rajamäki 1996) Tehollisesta

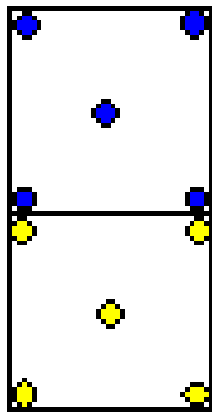


Jani Mäkinen

hakkuuajasta päästään koneen tuottavuutta paremmin kuvaavaan käyttötunti tuottavuuteen kertoimella 1,393 (Kärhä 2006).

## 4.2 Mittaus korjattavalle kohteelle

Kohteelle muodostettiin kaksi 2500 neliömetrin koealaa. Ne olivat muodoiltaan neliöitä, jolloin kunkin sivun pituus on viisikymmentä metriä. Kummastakin koealasta mitattiin viidestä eri kohdasta puustotiedot. Puustotietojen mittauksen muodostivat 3,99 metriä säteinen ympyrä. Ympyräkoalat sijoitettiin neliökoelalle alla olevan kuvan mukaisesti. (Hyvämäki 2002 s.323–329)



kuva 1 Koeala järjestelyt

Kulmissa ympyrän säde sivusi kahdelta sivulta neliökoelalan sivuja ja keskimäinen mittaus tehtiin neliön keskipisteestä. Puustotietojen keruussa mitattiin kokonaisrunkoluku ja eroteltiin korjuuta haittaavan, mutta kertymän kannalta olemattoman puuston runkoluku. Tällaisiksi raivattavaksi puiksi määriteltävät määriteltiin silmävaraisesti, ne olivat alle neljän senttimetrin rinnankorkeusläpimitan puut. Tämän jälkeen mitattiin ympyrän keskipistettä lähimpänä olevan kymmenen puun rinnankorkeusläpimita ja pituus. Näiden tietojen perusteella muodostettiin tieto koealan puuston keskipituudesta, keskiläpimitasta ja puulajijakaumasta. Puuston keskitilavuuden määrittely tehtiin Laasasenahon tilavuusyhtälöillä. Tilavuusyhtälöissä käytettiin rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvaa yhtälöä. Yhtälön keskivirhe vaihtelu on 7,2–8,5 prosentin välillä riippuen pituudesta. Jokaiselle puulajille laskettiin keskiarvoilla keskitilavuus, joista saatiin koealan puuston keskijäreys huomioiden puulajijakauma. (Hyvämäki 2002 s.329)

Koealoista toiseen tehtiin kevyt ennakkoraivaus ja toinen koeala jätettiin koskemattomaksi. Energiapuut mitattiin ja ajettiin kummaltakin koealoilta eri kasoihin, lisäksi leimikon muut energiapuut ajettiin kolmanteen kasaan erikseen.

Jani Mäkinen

Hakkuukonekuljettaja työskentelystä pidettiin tarkkaa aikapäiväkirjaa tuottavilta tehotunneilta. Tämän jälkeen koealojen poistuma mitattiin metsäkuljetuksen jälkeen kuitupuun pinomittaus oppaan mukaisesti. Taulukossa 3 on esillä koealojen puustotiedot.

**Taulukko 3** Koealojen puustotiedot

<b>Koealan 1 puustotiedot</b>			
puulajijakauma		runkoluku r/ha	5440
mänty	89,0 %	korjuuta haittaavien runkojen määrä r/ha	6880
kuusi	0,0 %		
lehtipuut	11,0 %	Puuston keskiläpimitta, cm	6,5
		Puuston keskipituus, m	7,2
		Rungon keskitilavuus, dm <sup>3</sup>	14

<b>Koealan 2 puustotiedot</b>			
puulajijakauma		runkoluku r/ha	4520
mänty	77,9 %	korjuuta haittaavien runkojen määrä r/ha	5440
kuusi	1,8 %		
lehtipuut	20,4 %	Puuston keskiläpimitta, cm	8,2
		Puuston keskipituus, m	9,2
		Rungon keskitilavuus, dm <sup>3</sup>	25

### 4.3 Koealojen tulkinta

Puustotiedoiltaan koealat eivät vastaa kovinkaan hyvin toisiaan, vaikka olivatkin aivan vierekkäin. Tätä eroavaisuutta ei tullut pohdittua juuri koealoja luodessa, sillä mittauksilla oli kiire kohteen tullessa jo seuraavana päivänä korjuun piiriin. Mittaukset kuitenkin tehtiin, sillä oli riskinä että energiapuuharvennusten piiriin ei lähiaikoina ollut tulossa muita kohteita. Puulajijakaumaltaan koealat olivat varsin hyvin toisiaan tukevia, mutta ainoana ongelmana oli koealan kahden noin tuhat runkoa hehtaarille pienempi tiheys niin raivattavan kuin harvennettavan puuston kohdalta, mikä aiheuttaa tuloksiin vääristymiä. Toisaalta koeala kahden harvempi kasvutiheys aiheuttaa automaattisesti puuston suuremman keskijäreiden, laajemman kasvutilan ja pienemmän kilpailun takia. Koeala kahdelta löytyy yli 200 dm<sup>3</sup> puita, kuin koeala yhden suurin koepuu on hieman alle 60 dm<sup>3</sup>.

### 4.4 Tuottavuus

Korjuun kannalta tulokset olivat hyvin ennustettavissa tutkittaessa koealojen puustotietoja. Koealalta kaksi saadaan suurempi saanto ja lyhyemmässä ajassa, jolloin tuottavuus on parempi (taulukko 4).

Jani Mäkinen

**Taulukko 4** Kertymä ja tehollinen hakkuuaika

	kertymä, m <sup>3</sup>	tehollinen hakkuuaika, h	kertymä/tehotunti, m <sup>3</sup> /h
<b>Koeala 1</b>	17,3	4,03	4,3
<b>Koeala 2</b>	19,3	3,75	5,2

Tuloksien eroavaisuus on yksinkertaisesti selitettävissä koeala kahden poistuman suuremmalla rungolla. Toisaalta ennakkoraivuun suorittaminen koealalle yksi tasoittaa eroavaisuutta. Ennakkoraivuu suoritetaan hakkuukonekuljettajan ohjeiden mukaisesti, hänen mukaansa hakkuun nopeuttamiseksi ja työn helpottamiseksi on erityisen tärkeää raivata näkyvyyttä häiritsevä alikasvoskuusikko maahan. Toisaalta näkyvyyttä häiritsemättömien kuivien mäntykarahkoiden ja lehtipuiden vesat voivat jäädä pystyynkin, kunhan ovat kannolta poikki. Näin kertymän kannalta oleellisia puita kaadettaessa ne tulevat mukaan, kun koura suljetaan, eivätkä häiritse kaatoterän toimintaa kaadettaessa. Usein hakkuun yhteydessä juuri pienet vesat lyövät ketjuterän pois paikoiltaan sahattaessa tullessaan kouraan hieman kauempaa. (Halttunen 2008)

Tällaisella kohteella ennakkoraivuun kustannus on sata euroa hehtaaria kohden, jolloin koealalla kustannus on 25 euroa. Tämä tarkoittaa 1,45 euron kustannusta aina yhtä kuutiometriä kohden. Ilman ennakkoraivuuta koealan yksi hakkuuaika olisi lisääntynyt, aivan kuten koealan kaksi olisi pienentynyt, mikäli se olisi ennakkoraivattu. On vaikea määrittellä, kuinka paljon ennakkoraivuulla on oikeasti vaikutusta johtuen koealojen liian suurista sisäisistä eroista.

Energiapuuharvennuksen jälkeen koealojen väliset erot tasoituivat johtuen siitä, että harvennus oli tehty laatuharvennuksena (taulukko 5). Jäljelle jäänyt puusto oli huomattavasti järeämpää kuin lähtötilanteessa. Tämäkin on selitettävissä laatuharvennuksella, jossa poistetaan ensisijaisesti kasvussa heikommalle jäänyt puusto, ennen kuin kosketaan laadullisesti heikompiin ylispuihin.

Jani Mäkinen

**Taulukko 5** Energiapuuharvennuksen jälkeinen puusto

<b>Koealan 1 jäljelle jäänyt puusto</b>			
puulajijakauma		runkoluku r/ha	1400
mänty	91,0 %		
kuusi	0,0 %		
lehtipuut	9,0 %		
		Puuston keskiläpimitta, cm	9,7
		Puuston keskipituus, m	9,4
		Rungon keskitilavuus, dm <sup>3</sup>	41

<b>Koealan 2 jäljelle jäänyt puusto</b>			
puulajijakauma		runkoluku r/ha	4520
mänty	94,0 %		
kuusi	0,0 %		
lehtipuut	6,0 %		
		Puuston keskiläpimitta, cm	10,7
		Puuston keskipituus, m	10,1
		Rungon keskitilavuus, dm <sup>3</sup>	65

#### 4.5 Tulosten pohdinta

Tulosten vertailun kannalta koealat ovat aivan liian eroavaisia toisistaan, jolloin erityisesti idea ennakkoraivuun vaikutuksesta hakkuun tuottavuuteen energiapuuharvennuksella on vaikea osoittaa mitään selviä tuloksia. Tehollisesta hakkuuajasta huomaa, että sillä on selkeästi vaikutusta, mutta tarkkaa vaikutusta on hankala esittää. Kuinka paljon ennakkoraivuu parantaa hakkuu tuottavuutta suhteessa sen aiheuttamiin kustannuksiin? Vastauksen saamiseksi tarvittaisiin huomattavasti samankaltaisten koealojen muodostamista ja koejärjestelyn toistamista muutaman kerran, ennen kuin varsinaista tulosta voidaan esittää.

Tuottavuuden kannalta tulokset erityisesti koeala yhden kohdalta antavat samansuuntaisen tuloksen kuin Kärhä ym. (2006) ovat saaneet. Verrattaessa Heikkilän ym. (2005) tulokseen on tuottavuus jopa noin 0,5 m<sup>3</sup> korkeampi. Koealalla kaksi tuottavuus on aivan samansuuntainen kuin Heikkilän ym. (2005) tutkimuksessa. Verrattaessa Kärhän ym. (2006) tuottavuuteen on tulos kuitenkin pettymys. Sillä Kärhän tutkimuksessa on saatu lähes kaksi kiintokuutiometriä korkeampi tuottavuus. Ehkä koeala yhden korkeaa tuottavuutta selittää sille tehty ennakkoraivaus.

Hakkuun tehollisen ajan määrittämisen kannalta koealojen tulisi olla suurempia, jotta olisi helpompaa määritellä milloin on koealalla. Hakkuun kannalta 0,25 hehtaarin koealalle ei mahdu montaakaan kokonaista työpistettä, jolloin kuljettajan olisi helpompaa korjata isompia koealoja ja saada juuri oikealle koealalle oikeat hakkuuajat ja tehostaa hakkuukonekuljettajan työskentelyä. Koealoilta vieläpä korjattiin puut omiin kasoihin, jolloin konekuljettajan oli huomioitava, että koealojen puut tulivat selvästi erikseen muusta leimikosta.

Jani Mäkinen

## 4.6 Energiapuuharvennetut kohteet

Energiapuuharvennetuista kohteista valitaan tarkoituksen mukaisesti kaksi sellaista kohdetta, joiden energiapuut ovat jo haketettuja, sillä energiapuun todellisesta määrästä luotettavin tulos saadaan nykyisin hakkeen määrästä. Polttohakkeen tiiviiden vaihteluväli on melko suppea, yleensä 0,38–0,44 ja yleisesti tiiviyslukuna käytetään 0,40, joka tarkoittaa, että yhdestä kiintokuutiometristä energiapuuta saadaan 2,5 irtokuutiometriä haketta. (Knuutila 2003) Muuten kohteet valittiin sattumanvaraisesti niistä kuudesta valittavana olevasta leimikosta. Molemmat kohteet ovat korjattu kasvukauden 2007 jälkeen. Toinen leimikko on tehty heinäkuussa 2007 ja toinen lokakuussa 2007. Kohteista ensimmäinen on kasvupaikaltaan tuoreen kankaan kuusikko ja jälkimmäinen kuivan kankaan männikkö.

## 4.7 Mittaus korjatuille kohteille

Korjatuista kohteista on tarkoitus mitata energiapuuharvennuksen yhteydessä poistuneiden puiden keskijäreys, jotta saadaan selville poistuman keskijäreiden vaikutus hakkuuseen kuluneeseen aikaan. Poistuman keskijäreiden mahdollisimman objektiivisen määrittämisen vuoksi mittauspisteet määritellään metsätalouden kehittämiskeskus Tapion kehittämän korjuujäljen inventointimenetelmän mukaisesti. Leimikoiden kaikki kuviot tulee käsitellä mittauksissa yhtenäisenä, sillä haketettuja määriä ei ole eroteltu ja leimikon kaikki energiapuut on ajettu yhteen varastoon. Mittauksessa määritellään kartasta leimikon pisin suora linja, jolle määritellään määrämittaisin olevia ympyräkoaloja. Linjassa pysyminen varmistetaan linjaamalla bussolilla ja koalojen keskipiste määritellään linjamittauksella. Toiselle leimikolle määritellään kymmenen koalaa ja toiselle kaksikymmentä koalaa. Koalojen määrä kuviota kohden määritellään niin, että leimikon kokonaispinta-alan kannalta kullekin kuviolle tulee juuri oikea määrä koaloja. Ensimmäinen kohde muodostuu kokonaisuudessaan metsätaloussuunnitelmassa määriteltynä yhtenä kuviona. Toinen kohde muodostuu neljästä kuviosta, joiden sisällä on selviä eroavaisuuksia. (Äijälä 2003)

Koealamittaukset tehdään 3,99 metrin säteisinä ympyröinä. Koealoilta mitataan jäljelle jääneiden puiden rinnankorkeusläpimitta ja pituus jokainen puu erikseen. Lisäksi mitataan jokaisen kannon läpimitta. Kannot määritellään läpimitan perusteella joko kertymän kannalta tuottaviksi tai korjuuta haittaaviksi kannoiksi. Kertymään olemattomasti vaikuttavien kantojen läpimitan rajaksi määritellään viisi senttimetriä. Alla olevasta taulukosta (taulukko 6) selviää koalojen keskiarvotulokset kohteittain.

Jani Mäkinen

**Taulukko 6** Kohteiden puustotiedot

Kohde 1	Runkoluku, r/ha	Keskiläpimitta, cm	Keskipituus, m	Runkotilavuus, dm <sup>3</sup>
Kasvat	1070	8,3	8,1	25
Kertymä	1880	8,7	8	25
Haittaavat	2920	2,3		

Kohde 1	Prosenttia luokastaan		
Puulajijakauma	Kasvat	Kertymä	korjuuta haitanneet
mänty	6,5 %	0,5 %	0,0 %
kuusi	74,8 %	44,1 %	44,7 %
koivu	17,8 %	36,2 %	41,0 %
muu	0,9 %	19,1 %	69,7 %

Kohde 2	Runkoluku, r/ha	Keskiläpimitta, cm	Keskipituus, m	Runkotilavuus, dm <sup>3</sup>
Kasvat	1220	11,5	11,4	80
Kertymä	1120	8,9	9,4	33
Haittaavat	1360	2,1		

Kohde 2	Prosenttia luokastaan		
Puulajijakauma	Kasvat	Kertymä	korjuuta haitanneet
mänty	70,0 %	44,6 %	5,9 %
kuusi	10,0 %	23,2 %	35,3 %
koivu	20,0 %	30,4 %	36,8 %
muu	0,0 %	1,8 %	22,1 %

Määriteltäessä kohteiden tilanne ennen korjuuta, mitataan kasvavista puista yhden kasvukauden pituus ja läpimitan kasvu, samoin kuin mitataan, kuinka nopeasti puut kapenevat kannoilta siirryttäessä rinnankorkeuden tasalle. Tämä kapeneminen on keskiarvoltaan puoli senttimetriä, joten kaadettujen puiden rinnankorkeuden läpimitan määrittämiseksi vähennetään puoli senttimetriä kantojen läpimitasta määriteltäessä poistuman keskijäreyttä. Kaadettujen puiden pituuden määrittämiseksi hyödynnetään metsänhoitoyhdistykseltä saatavia kuviotietoja. Kummankin kohteen kuviotiedot ovat päivitetty syksyllä 2006, joten pituuden saamiseksi tulee lisätä yhden kasvukauden vaikutus. Poistuman pituuden määrittelyssä ei voida hyödyntää kasvamaan jätettyjen puiden pituutta, sillä energiapuuharvennukset on tehty melko selkeällä alaharvennuksella, jolloin kasvamaan on suurimmalta osin jätetty valtapuusto. Lisäksi korjuuta haittaavan puuston pituuden määrittely on hankalaa, niiden ollessa alikasvosta ja täten huomattavasti metsätaloussuunnitelmassa määriteltäviä keskipituutta lyhyempiä.

#### 4.8 Kohteiden tulkintaa

Kohde yksi muodostuu neljästä metsätaloussuunnitelmasta poimitusta kuvioista, joiden yhteispinta-ala on 2,8 hehtaaria. Mittausten perusteella kuvioiden välisten keskipituuksien vaihtelut ovat 5,3 metristä 12,3 metriin. Yhteensä 1,2 hehtaarin pinta-

Jani Mäkinen

alalla keskipituuksien keskiarvo jää alle kuuden metrin. Leimikon kuvioiden sisällä on siis runsaasti keskinäistä vaihtelua, joka vaikuttaa huomattavasti hakkuun tuottavuuteen. Lisäksi osasta leimikkoa on havaittavissa kasvavan puuston kiertoaikana aikaisemmin tehtyjä metsänhoidollisia toimenpiteitä, todennäköisesti polttopuiden keruuta.

Kohde kaksi muodostuu yhdestä kuviosta, jossa on tehty vajavaiseksi jäänyt taimikonhoito noin viisitoista vuotta sitten. Kohteen kokonaisrunkoluku on 3700 hehtaarille, joista ainakin osa on kasvanut taimikonhoidon jälkeen vesataimina.

Maastoltaan kohteiden välillä ei ole suuria eroavaisuuksia. Kohteella yksi on hieman korkeuden vaihtelua ja täten hakkuun suunnitteluun on käytettävä hieman enemmän aikaa.

## 4.9 Tuottavuus

Kohteiden tuottavuudessa ei ole juuri eroja, vaikka niin voisikin kuvitella tarkastellessa puustotietoja (Taulukko 7). Kohteella kaksi poistuma on huomattavasti järeämpää, poistuman runkoluku on pienempi ja korjuuta haittaavien runkojen määrä on yli puolta pienempi. Toisaalta kertymä hehtaaria kohden jää myös kohteella kaksi yli puolta pienemmäksi kuin kohteella yksi, mikä on yllättävää. Kohteen kaksi tuottavuus on 9,1 prosenttia korkeampi kuin kohteen kaksi. Hakkuun tehotuottavuuden määrittämiseksi on hakkuuaika kerrottu teoksessa "Kokopuun korjuu nuorissa metsissä" määritetyllä kertoimella 1,393.

**Taulukko 7** Hakkuun tuottavuus

	kertymä, m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	hakkuuaika, h	kertymä/tehotunti, m <sup>3</sup> /h
<b>Kohde 1</b>	217	77,5	76,5	3,95
<b>Kohde 2</b>	68	37,8	22	4,31

## 4.10 Tulosten pohdinta

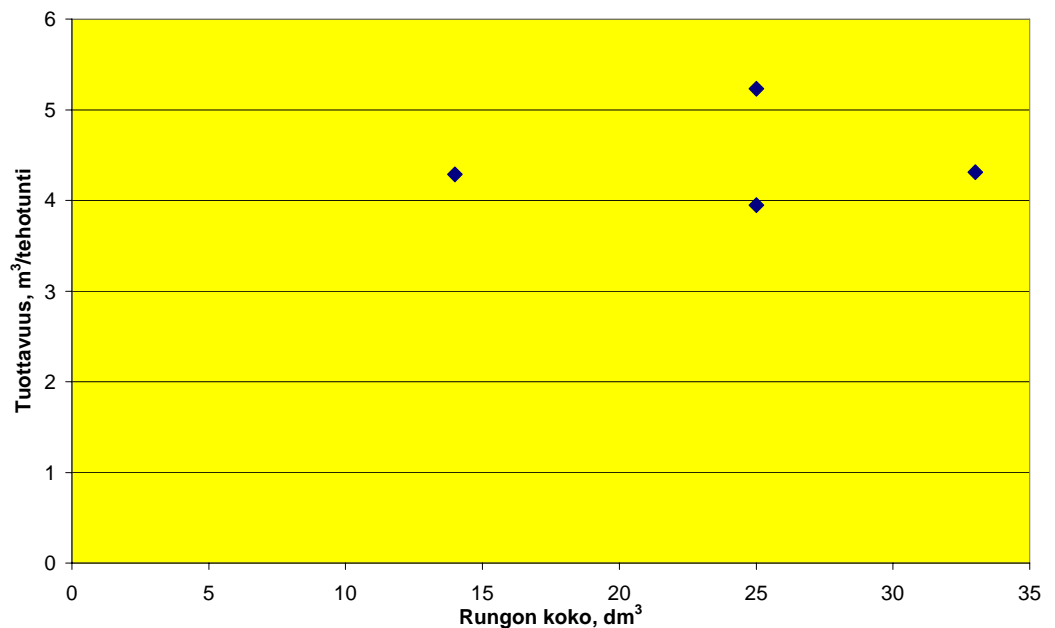
Hakkuuseen kuuluneet tunnit on saatu konekuljettajan tuntilistoista, joihin on merkitty, mikäli työssä on ollut jotain muutakin kuin hakkuuta, kuten huoltoa tai ketjunlaittoa. Näistä tunneista on vähennetty jokaiselta huolto-, tai ketjunlaittomerkinnältä puoli tuntia olettaen, että se on ollut normaalia kaluston lyhytaikaista huoltoa. Kuitenkin oletetaan, että alle viidentoista minuutin taukoja ei ole merkitty. Näihin taukoihin sisältyy esimerkiksi hakkuun suunnittelua, organisointia, lepoa, ajoa, lyhyitä huoltoja ja korjauksia. (Rajamäki 1996)

Jani Mäkinen

Lisäksi kohteella kaksi hakkuukoneen kuljettaja muistelee, että varsinaisen energiapuuhakkuun lisäksi hän kaatoi isännälle lähimetsiköstä sahapuita, jolloin on mahdotonta muistella yli puolentoista vuoden päähän tarkkoja muuhun hakkuuseen kuluneita aikoja. Niinpä kohteen kaksi tarkassa hakkuuajan merkinnässä on tapahtunut jonkinasteinen virhe.

#### 4.11 Keskijäreyden vaikutus hakkuu aikaan

Hakkuun tuottavuuden kannalta keskijäreyden suuruudella on suuri merkitys. Energiapuuharvennusten hakkuun kannalta suuri kysymys on kuinka keskijäreydeltään pieniin kohteisiin koneellinen korjuu kannattaa ulottaa. Kyseisen työn keskijäreyden määrittämisen otanta on hyvin pieni, mutta se toimii suuntaa antavana. Kohteiden eroavaisuuksista tulee muistaa, että keskijäreydeltään kaikkein pienimpään on suoritettu kevyt ennakkoraivaus, joka ilmenee melko korkeana tuottavuutena (Kuva 2).



Kuva 2 Rungon koon vaikutus tuottavuuteen

## 5 MUUT TYÖMAAT

Maastomittausten lisäksi vuosien 2006–2008 aikana metsänhoitoyhdistyksen välityksellä tehdyistä energiapuuharvennuksista tehdään hakkuun taloudellisen tuottavuuden vertailua työmaiden välillä. Näistä työmaista on tarjolla tiedot hakkuukonekuljettajan hakkuuseen käyttämästä ajasta ja kiintotilavuudet energiapuusta, joissakin tapauksissa niin tienvarsimittauksena, kuin hakkeen

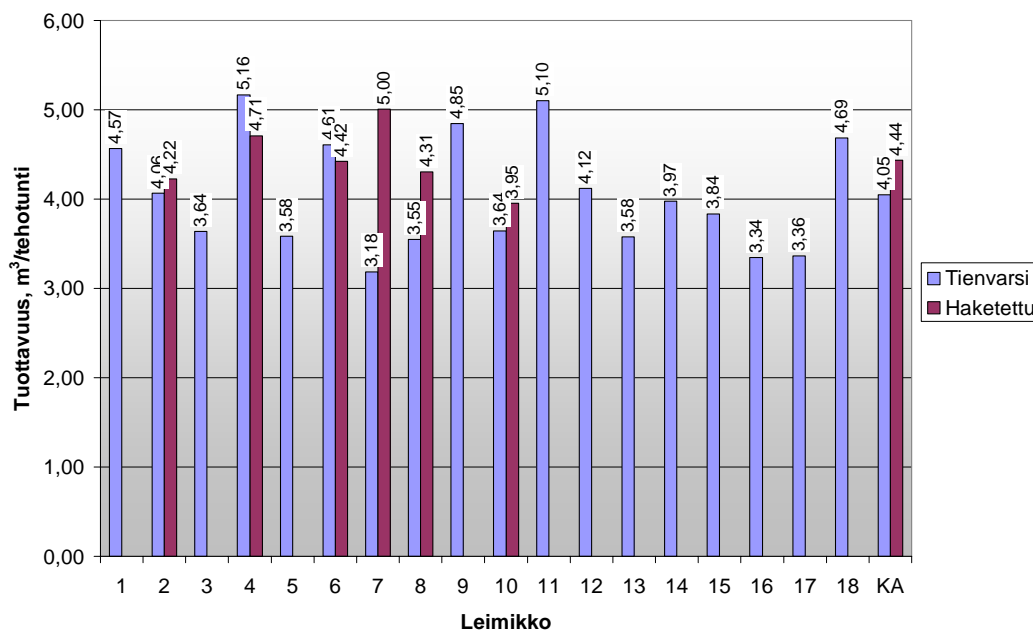


Jani Mäkinen

irtotilavuudesta muutettuna kiintotilavuutena. Jokaisen energiapuuharvennuskohteen on harventanut sama kuljettaja, jolloin kuljettajan vaihtumisesta johtuvaa vaikutusta ei näy eri työmaiden välillä. Hakkuun taloudellisen kannattavuuden vaikutukseen urakointitaksoituksessa vaikuttaa yksinkertaisesti se, kuinka paljon kiintokuutioita saadaan aikaiseksi tuntia kohden. Hakkuukoneen tuntikustannukset ovat melko tarkasti määriteltävissä.

## 5.1 Tuottavuus

Hakkuun tehollisen tuottavuuden määrittämiseksi käyttötuntien aikana saavutetuista tilavuuksista käytetään kerrointa 1,393. Tulosten tarkastelussa käytetään hakkeen irtotilavuudesta määriteltävissä olevia kiintotilavuuksia niiden ollessa käytettävissä. Muuten huomioidaan tienvarsimittauksen tulokset.

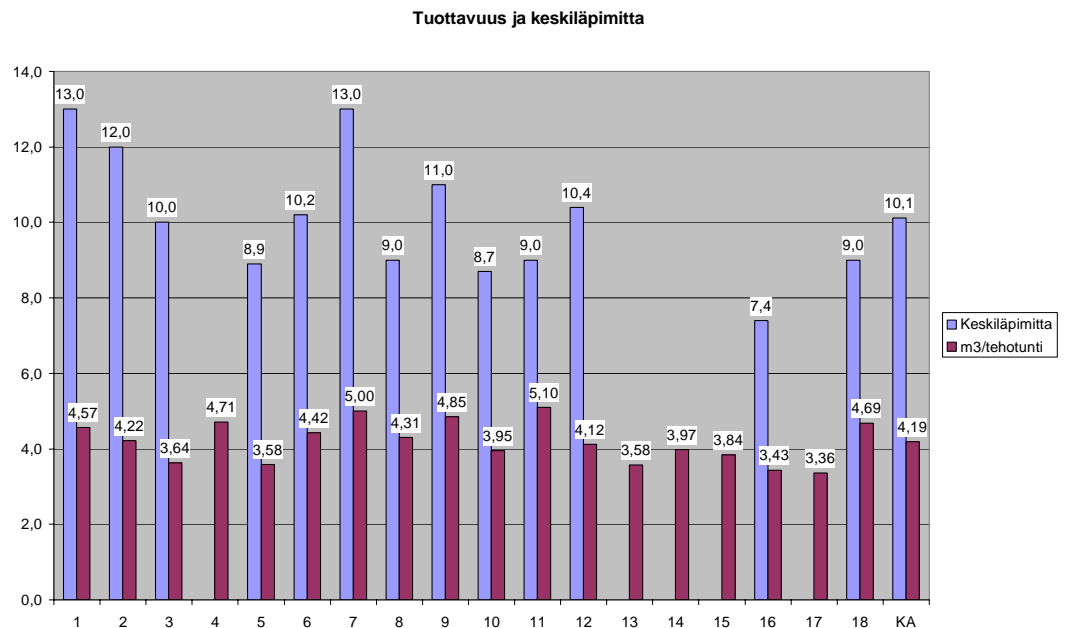


**Kuva 3** Työmaiden tuottavuus

Energiapuuharvennuksella vuosien 2006–2008 aikana korjattujen kohteiden tuottavuuden keskiarvoksi saadaan tienvarsimittauksella 4,05 m<sup>3</sup> tehotuntia kohden ja haketetuista kohteista 4,44 m<sup>3</sup> tehotunnille. Hakkuun tuottavuuden vaihteluväli on 3,36–5,10 kiintokuutiometriä tehotunnille. Siis tuottavuuden kannalta parhaimman leimikon tuottavuus on puolitoistakertainen verrattuna heikoimpaan leimikkoon. Hakkuun tuottavuuden vaihtelu on selitettävissä leimikoiden puustotiedoilla. Puuston rinnankorkeuden keskiläpimitan vaihtelu on samansuuntainen kuin tuottavuuden vaihtelu leimikoiden kesken (kuva 4). Kaikista leimikoista ei ollut saatavissa keskiläpimittaa, sillä tiedot kerättiin metsänhoitoyhdistyksen käyttämästä Silavadata-

Jani Mäkinen

ohjelmistosta. Lisäksi tulee muistaa, että ohjelmistoon syötetyt puustotiedot olivat suuntaa antavia, eivätkä tarkoin mitattua tietoa.

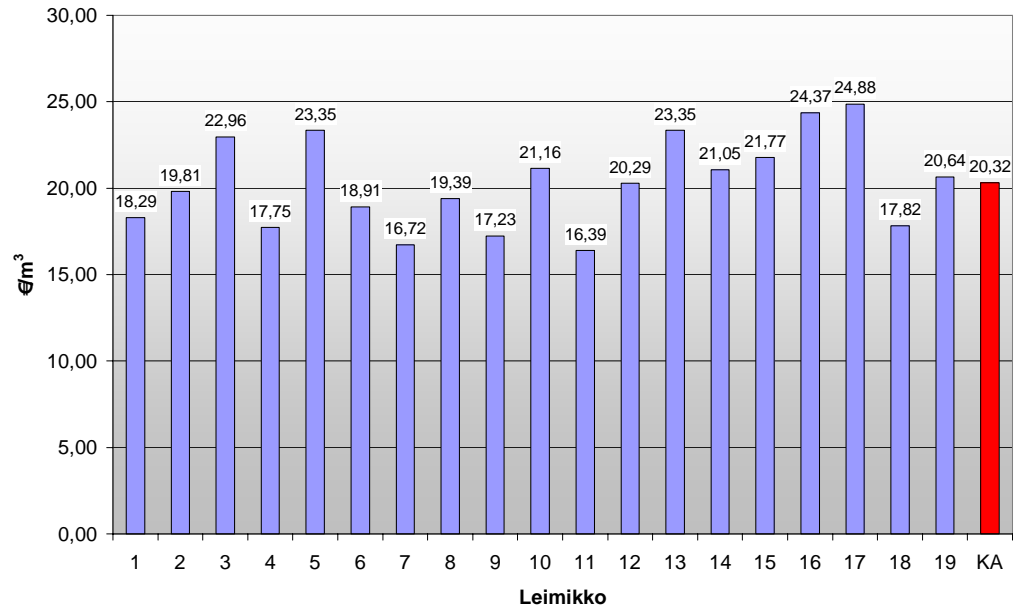


**Kuva 4** Hakkuun tehotunti tuottavuutta verrattaessa leimikoiden puuston keskiläpimittaan

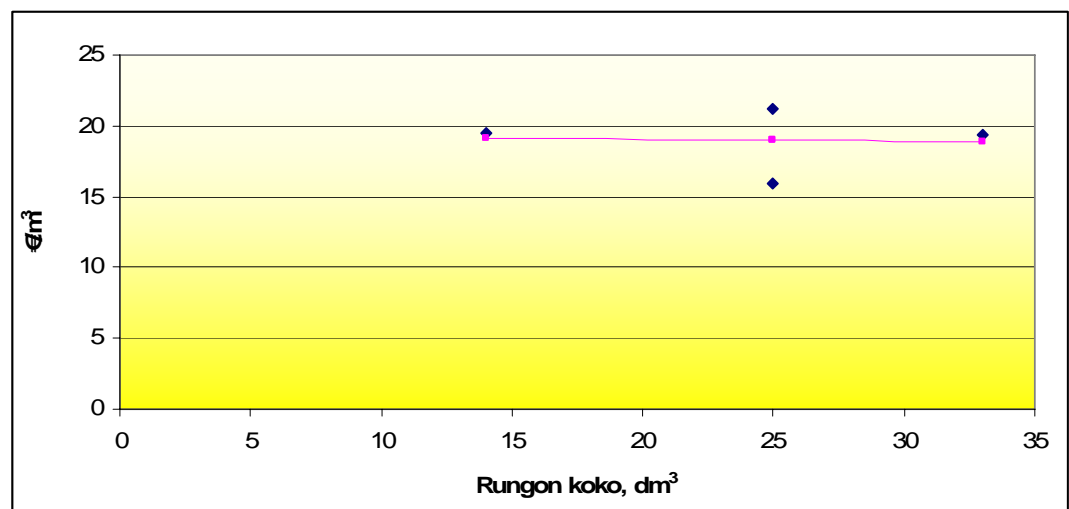
## 6 HAKKUUN KUSTANNUKSET

Hakkuun käyttötuntikustannuksena käytetään kuuttakymmentä euroa tuntia kohden. Tämä on seitsemän euroa vähemmän kuin vuoden 2006 harvennushakkuukoneiden keskiarvo on ollut. (Lauhanen 2007) Syynä alhaisempaan tuntihinnoitteluun on hakkuukoneen ikä, jolloin koneen hankintahinta on alhainen ja alhaisemman lainan vuoksi korkovaikutus pienempi. Metsänhoitoyhdistyksen alueella vuosien 2006–2008 aikana tehtyjen työmaiden hakkuukustannusten (Kuva 5) keskiarvoksi kuudenkymmenen euron tuntihinnalla tulee 20,32 euroa kiintokuutiometriä kohden. Hakkuun kustannusten erot ovat pahimmillaan peräti 8,16 euroa tuntia kohden. Rungon koon vaikutusta hakkuun kustannuksiin (Kuva 6) tällaisella otannalla on vaikea arvioida, vielä kun kaikkein keskijäreydeltään kaikkein pienimpään kohteeseen suoritettiin ennakkoraivaus ja näin pienennettiin hakkuukoneelle muodostuvia kustannuksia.

Jani Mäkinen



Kuva 5 Hakkuun kustannukset käyttötuntia kohden



Kuva 6 Rungon koon vaikutus hakkuun kustannuksiin käyttötuntia kohden

## 7 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Verrattaessa tämän työn energiapuun hakkuulle nuorissa metsissä saatuja kustannuksia samankaltaisiin tutkimuksiin on niissä saatu hieman alhaisempia kuin tässä työssä. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusraportissa, Heikkilä ym. (2005) saivat kokopuun hakkuulle kustannukseksi 19,7 €/m<sup>3</sup> keskijäreiden ollessa 21 dm<sup>3</sup>. Lisäksi Heikkilä (2005) käytti hakkuukoneen kustannuksina 65 euroa tuntia kohden. Vastaavasti Kärhä ym. (2006) saivat hakkuukustannuksiksi 16,5–18,9 €/m<sup>3</sup>, rungon koon ollessa 20 dm<sup>3</sup>. Vastaavasti hakkuukoneen tuntihintana käytettiin koneesta

Jani Mäkinen

riippuen 67–79 euroa. Hakkuun tehollisessa tuottavuudessa on havaittavissa samansuuntaista muutosta, tuottavuus jää tässä työssä noin  $0,7 \text{ m}^3$  tehotuntia kohden heikommaksi kuin näissä tutkimuksissa. Suuntausta selittävänä tekijänä toimii pieniläpimittaisen puuston runsas määrä, joka on korjattu energiapuuksi. Usein kuitenkin tämä pieniläpimittainen puusto sijaitsee hakattavien runkojen välittömässä lähiympäristössä, jolloin se ei juuri vaikuta hakkuu aikaan.

Tarkempiin päätelmiin päästäksemme tulee seuranta jatkaa ja tehdä vielä korjuun piiriin tuleville kohteille mittauksia. Ennen kaikkea ennakkoraivuun vaikutuksesta energiapuuharvennuksen tuottavuuteen tulee jatkossa tehdä mittauksia, sillä nyt mitatuilla kohteilla pieniläpimittaisten runkojen ( $d_{1,3} < 4 \text{ cm}$ ) keskiarvoksi tuli peräti 4150 runkoa hehtaaria kohden. Kohteet vaikuttavat olevan melko pitkälti tähän asti jääneet ilman minkäänlaista metsänhoitoa, mikä lisää puuston lähtötilanteen runkolukua ja järeyden vaihtelua huomattavasti lisäten korjuun vaativuutta ja hankaluutta. Tulevaisuuden kannalta metsänhoitoyhdistyksen tulisi mahdollisuuksien mukaan ottaa energiapuun tuotanto mukaan metsän kasvatukseen.

Hakkuuseen kulunut aika on otettu hakkuukonekuljettajan työaikakirjanpidosta. Herää siis kysymys, onko työtunneista tehdyt vähennykset riittäviä saavuttamaan hakkuukoneen tuottavat käyttötunnit. Varsinkin leimikon aloituksen suunnittelu ja siirtoihin kuluva aika ovat voineet jäädä hieman liian pienelle huomiolle. Tämä näkyy erityisesti hakkuukonekuljettajan tietäessä mittakoealoista, jolloin tuottavuudet ovat parantuneet.

Jani Mäkinen

**LÄHTEET**

Bucktman, Miika, metsätalousinsinööri, kenttäesimies. Puhelinhaastattelu 22.4.2009

Fredriksson, Tage (toim.). Polttohakkeen tuotanto harvennusemetsistä. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2004

Granö, Ulf-Peter. Harvesterilaitteistoja energiapuun korjuuseen. Bioenergiaa metsästä 3003–2007 Euroopan Unionin osaksi rahoittama Interreg-projekti. Projekti 114. Jyväskylä

Halttunen, Otto, metsäteknikko, metsänhoitoyhdistyksen alueneuvoja. Haastattelu 2.12.2008. Eräjärvi

Heikkilä, Jani – Sirén, Matti – Hynynen, Jari – Sauvula Tiina. Energiapuuta ainespuusta tinkimättä. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006

Heikkilä, Jani – Laitila, Juha – Tanttu, Vesa – Lindblad, Jari – Sirén, Matti – Asikainen, Antti – Pasanen Karri – Korhonen Kari T. Karsitun energiapuun korjuuvaihtoehdot ja kustannustekijät. Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja 10/2005. Saatavissa:  
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp010.pdf>

Hyvämäki, Touko (toim.). Tapion taskukirja. Metsälehti kustannus. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Jyväskylä 2002. 555 s.

Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006.

Jylhä, Paula – Väätäinen, Kari – Asikainen, Antti. Korjuri osaksi puunkorjuukalustoa. Saatavissa: [http://www.metsateho.fi/uploads/Esitys\\_16\\_Jylha\\_1.pdf](http://www.metsateho.fi/uploads/Esitys_16_Jylha_1.pdf)

Kangas Hanna-Liisa. Energia- ja ilmastopolitiikan keinojen soveltaminen metsäsektorilla. Väitöskirja-aiheen esittely 29.5.2008. [www-sivu]. [viitattu 31.3.2008] Saatavissa:  
[http://www.metla.fi/hanke/50168/pdf/kangas\\_ohjausryhman\\_kokous\\_290508.pdf](http://www.metla.fi/hanke/50168/pdf/kangas_ohjausryhman_kokous_290508.pdf)

Kansallinen metsäohjelma 2015. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3/2008. Valtioneuvoston periaatepäätös 2008

Jani Mäkinen

Knuutila Kirsti (toim.). Puuenergia. Jyväskylän teknologiakeskus, BENET  
bioenergiaverkosto. Jyväskylä 2003. 115 s., [10] ilmoitussivua

Koistinen, Arto – Äijälä Olli. Energiapuun korjuu. Metsätalouden kehittämiskeskus  
Tapio 2005

Korjuri pieniläpimittaisen kokopuun korjuussa. Metsätehon katsaus 23/2206. Helsinki  
2006

Korri, Seppo, metsäkoneyrittäjä. Haastattelu 8.3.2009. Neulaniemi, Orivesi

Kärhä, Kalle – Keskinen, Sirkka – Liikkanen, Reima – Lindroos Jarmo. Kokopuun  
korjuu nuorista metsistä. Metsätehon raportti 193/2006. Helsinki 2006

Laitila, Juha – Asikainen, Antti – Sikanen, Lauri – Korhonen, Kari T. – Nuutinen, Yrjö.  
Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka.  
Metsäntutkimuslaitoksen työraportti 3. 2004 Saatavissa:  
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp003.pdf>

Lauhanen, Risto – Laurila Jussi. Bioenergian Hankintalogistiikka. Seinäjoen  
ammattikorkeakoulu. Seinäjoki 2007. 138 s.

Maa- ja metsätalousministeriön ryhmämuistio 2006:8. Selvitys energiapuun mittauksen  
järjestämisestä ja kehittämisestä. Helsinki 2006

Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkka. [www-sivu]. [viitattu 28.5.2009] Saatavissa:  
[http://www.mhy.fi/pohjoispirkka/metsanhoito/fi\\_FI/kemera/](http://www.mhy.fi/pohjoispirkka/metsanhoito/fi_FI/kemera/)

Metsätilastollinen vuosikirja 2008. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 11/2008.  
Päätoimittaja Aarre Peltola

Oikari, Matti – Kärhä, Kalle – Palander, Teijo – Pajuoja, Heikki – Ovaskainen, Heikki.  
Puunkorjuun tehostaminen nuorissa metsissä. Metsätehon katsaus 36/2008.  
Helsinki 2008

Pirkanmaan metsäohjelma 2006–20010. [www-sivu]. [viitattu 31.3.2008] Saatavissa:  
[http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/F8C20472-C694-46F2-826D-8EAA62B9A278/5833/mets%C3%A4ohjelma\\_ver3.pdf](http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/F8C20472-C694-46F2-826D-8EAA62B9A278/5833/mets%C3%A4ohjelma_ver3.pdf)

Jani Mäkinen

Rajamäki, Juha – Kariniemi, Arto – Oijala, Teppo. Koneellisen harvennushakkuun tuottavuus. Metsätehon raportti 8/1996. Helsinki 1996. Saatavissa:

<http://www.metsateho.fi/uploads/ek9dcp.pdf>

Savinainen, Esko. Toiminnanohjausjärjestelmä bioenergiaketjun hallintaan. Metsätrans. 4/2008, s. 30–32

Tanttu, Vesa. Viekö bioenergiabuumi kalikat massatehtaan myllyistä? Teho – Työtehoseuran metsätalousnumero 4/2007, s. 34–35

Tekes. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003. Teknologiaohjelmaraportti 5/2004

Työtehoseura. Siirtelykaatomenetelmä hankintahakkuiden vauhdittajana? [www-sivu].

[viitattu 22.4.2009] Saatavissa:

[http://www.tts.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=449&Itemid=506](http://www.tts.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=449&Itemid=506)

Uusivuori, Jussi (toim.). Suomen metsiin perustuva hyvinvointi 2015.

Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja 26/2006.

Äijälä, Olli. Maastotyöohje: korjuujäljen tarkastus. Metsätalouden kehittämiskeskus

Tapio. Helsinki 2003. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/uploads/7h48da.pdf>