



Vesa Tanttua



Anssi Ahtikoskia



Matti Sirénin

Vesa Tanttua, Anssi Ahtikoskia ja Matti Sirén

## Korjuuvaihtoehtojen kannattavuus metsänomistajalle nuoren metsän harvennuksessa hankintakaupalla

**Tanttua, V., Ahtikoskia, A. & Sirén, M.** 2004. Korjuuvaihtoehtojen kannattavuus metsänomistajalle nuoren metsän harvennuksessa hankintakaupalla. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2004: 509–525.

Tutkimuksessa verrattiin energiapuuharvennuksen ja ainespuuharvennuksen kannattavuutta metsänomistajan näkökulmasta nuoren metsän harvennuksessa. Tutkimuskohteina oli 16 eteläsuomalaista nuoren metsän hoidon kemera-ehdot täyttävää metsikköä. Vertailtavina olivat ainespuun korjuu, energiapuun korjuu kokopuuna sekä aines- ja energiapuun integroitu korjuu, joissa toimintaan saatiin kemera-tuet. Ainespuun korjuussa kannattavuus laskettiin myös vaihtoehdolle, jossa pinta-alatukea ei myönnettäisi. Tarkastelussa kauppatapana oli hankintakauppa, jossa ainespuukorjuun hankintatulo realisoitui tienvarressa ja energiapuukorjuun lämpölaitoksella. Metsänomistaja vastasi korjuukustannuksista, jotka tarkastelussa olivat laskennallisia. Energiapuuvaihtoehdossa kannattavuustarkastelu tehtiin myös yrityksen näkökulmasta. Tällöin metsänomistajan oletettiin saavan energiapuusta korvauksen.

Energiapuun talteenotto kokopuuna oli metsänomistajalle kannattavin vaihtoehto konehakuksella 15 metsikössä ja moottorisahahakuksella 14 metsikössä, kun hakkeesta saatiin käyttöpaikalle toimitettuna 11 €/MWh. Ainespuun korjuu ilman tukia oli metsänomistajalle epäedullisin vaihtoehto konehakuksella 11 metsikössä ja moottorisahahakuksella 15 metsikössä. Integroitua korjuuta ei pääsääntöisesti kannata tehdä, koska energiapuuositteiden talteenotto ainespuuhakuun yhteydessä on kallista. Suurin hinta, jonka energiapuun hankintaa tekevä yritys olisi voinut tutkimusmetsiköissä energiapuusta maksaa, jotta sen toiminta olisi vielä kannattavaa, oli 2,7–10,2 €/m<sup>3</sup>.

Korjuuololtaan ainespuun korjuuseen kannattamattomissa kohteissa tuet voivat mahdollistaa taloudellisesti kannattavan energiapuun talteenoton. Kemera-ehdot täyttyvät kuitenkin usein myös hyvin ainespuun korjuuseenkin soveltuvissa kohteissa. Tällöin tuet saattavat kannustaa korjaamaan ainespuuta energiakäyttöön.

Asiasanat: energiapuuharvennus, hankintakauppa, kannattavuus, nuoret metsät, valtion tuet, kemera, integroitu korjuu

Yhteystiedot: Tanttua: Työteho-seura, PL 28, 00211 Helsinki; Ahtikoskia: Metla, Muhoksen tutkimusase-ma, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos; Sirén: Metla, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa  
Sähköposti: vesa.tanttua@tts.fi, anssi.ahtikoskia@metla.fi, matti.siren@metla.fi

Hyväksytty 19.11.2004

## I Johdanto

Metsiemme energiareservi on mittava. Taimikoiden harvennuspuusta muodostuvan energiapotentiaalin arvioidaan olevan 2,3 TWh ja vastaavasti ensiharvennusleimikoiden energiapuun 9,6 TWh, jotka yhdessä vastaavat noin kuutta miljoonaa kiintokuutiometriä puuta (Hakkila ja Fredriksson 1996). Lisäksi hakkuutähteeksi jää vuosittain noin 18,1 TWh, joka vastaa noin yhdeksää miljoonaa kiintokuutiometriä puuta. Teoreettinen biomassapotentiaali on kuitenkin edellä mainittua huomattavasti suurempi, noin 45 miljoonaa kiintokuutiometriä, kun myös juurakot otetaan laskelmiin mukaan (Hakkila 2003). Kaikkea energiapotentiaalia ei ole perusteltua korjata talteen, vaan korjuukelpoisen energiapotentiaalin määrä riippuu pääasiallisesti tuotantoteknologiasta ja kilpailevien polttoaineiden yleisestä hintakehityksestä (Hakkila 2003).

Rajanveto aines- ja energiapuun välillä vaikuttaa merkittävästi nuorten metsien energiapuupotentiaaliin. Ainespuun minimiläpimitan nostaminen 7 senttimetrinä 10 senttimetriin nostaisi valtakunnallista energiapuukertymää nykyisillä ensiharvennusmäärillä 3,5 miljoonaa m<sup>3</sup>/vuosi ja pienentäminen 7 senttimetrinä 4 senttimetriin laskisi sitä 0,9 miljoonaa m<sup>3</sup>/vuosi (Kivelä 2002). Leimikkotasolla männikön ensiharvennuksessa minimiläpimitan nostaminen 7 senttimetrinä 9 senttimetriin siirtää ainespuukertymästä 24 prosenttia energiapuuksi ja laskeminen 7 senttimetrinä 5 senttimetriin puolestaan kasvattaa ainespuukertymää 15 prosenttia (Tanttu ym. 2002). Korjaamalla energiapuu karsitun rangan sijaan kokopuuna saadaan 15–50 prosenttia suurempi kertymä ja samalla korjuutyön tuottavuus nousee 15–30 prosenttia, jolloin on mahdollista päästää 20–40 prosenttia pienempiin hakkeen tuotantokustannuksiin (Hakkila 2003).

Pientalokiinteistöt käyttivät lämmityskaudella 2000/2001 polttopuuta 6,1 miljoonaa kuutiometriä (Sevola ym. 2003). Määrä on varsin suuri verrattuna pelkän metsähakkeen käyttöön, joka vuonna 2000 oli alle miljoona kuutiometriä (Ylitalo 2001). Vuonna 2003 metsähakkeen käyttö oli kasvanut 2,1 miljoonaa kiintokuutiometriin, josta energialaitosten puupolttoainetta oli 1,7 miljoonaa kiintokuutiometriä (Ylitalo 2004). Metsähakkeesta 64 prosenttia val-

mistettiin hakkuutähteestä, 23 prosenttia pienpuusta, 8 prosenttia järeästä runkopuusta ja 5 prosenttia kannoista. Metsähakkeen kysynnän arvioidaan nousevan edelleen lähivuosina, sillä lämpövoimalaitosten kapasiteettia pyritään nostamaan (Rämö ja Toivonen 2001). Arvioidusta kysynnän lisäyksestä huolimatta nuorten metsiemme energiareservistä jää edelleenkin suurin osa hyödyntämättä. Nykyisellä energiapuun käytön tasolla Kansallisen Metsäohjelman tavoitteeseen on myös pitkä matka. Ohjelman tavoitteena on vuotuisen energiapuun käytön lisääminen 5 miljoonalla kuutiometrillä vuoteen 2010 mennessä (Kansallinen metsäohjelma... 1999).

Jos metsikön nuoruusvaiheen harvennuskäsittely on poikennut optimaalisesta ja on päädytty ylitiliteen ja ainespuuleimikolle epätaloudelliseen poistumarakenteeseen, kannattavaksi vaihtoehdoksi saattaa jäädä koko ensiharvennuspoistuman ohjaaminen energiapuukäyttöön. (Hakkila 2004). Tällaista nuoren metsän kunnostusta, jossa poistuma korjataan energiapuuksi, kutsutaan energiapuuharvennuksiksi. Myös varsinainen ensiharvennus, josta ainespuuta korjattaessa jää tähteeksi runsaasti alamittaista runkopuuta, voi olla energiapuun korjuuseen soveltuva kohde (Hakkila 2004). Kertymän talteenotto voidaan toteuttaa joko energiapuun korjuuna, ainespuun korjuuna tai aines- ja energiapuun integroituna korjuuna.

Valtion maksamat tuet ovat keskeisessä asemassa nuorten metsien energiapuun talteenotossa (esim. Hämäläinen ja Korpilahti 1999, Rämö ja Toivonen 2001, Rämö ym. 2001). Tukien ja tukijärjestelmän rakenteen vaikutuksia nuorten metsien energiapuun korjuun ekonomiassa onkin siksi syytä selvittää. Talousteoreettisesti ja metsäpoliittisesti yksi keskeinen kysymys on, kannustaako valtion nykyinen tukijärjestelmä metsänomistajia riittävästi energiapuun talteenottoon nuorista metsistä. Valtion tuen alkuperäisenä tarkoituksena on ollut turvata puuntuotannon jatkuvuus kannustamalla toimenpiteisiin, joiden vaikutukset realisoituvat vasta pitkän ajan jälkeen ja joiden ei ole katsottu yleensä olevan ilman tukea liiketaloudellisesti perusteltuja (esim. Aarnio 1997, Ovaskainen ym. 2004).

Kestävän metsätalouden rahoituslain (kemera) mukainen nuoren metsän hoito on metsänhoidollinen toimenpide, jonka toteuttamisesta syntyvät tuotot realisoituvat vasta vuosikymmenten kuluttua.

Nuoren metsän hoitoon kuuluvat varsinainen taimikonhoito sekä nuoren kasvatusmetsän harvennus ja sen yhteydessä tehtävä pieniläpimittaisen puuston poistaminen (Laki kestävän... 1996). Nuoren metsän hoidon lisäksi kemera-tukea on mahdollista saada myös kemera-kohteilta tehtävään energiapuun korjuuseen ja haketukseen.

Lämpöyrittäminen on toimintamuoto, jossa yrittäjä (yritys, yrittäjärengas, osakeyhtiö tai osuuskunta) vastaa kiinteistöjen ja alueämpölaitosten polttoainehuollosta ja käytöstä. Lämpöyrittäjä saa toiminnastaan korvauksen yleensä tuotetun lämmön perusteella (Solmio 2000). Metsähaketta lämpöyrittäjät käyttivät vuonna 2002 yhteensä 210 000 irtokuutiometriä (Nikkola ja Solmio 2003). Metsähakkeen raaka-aineen yrittäjät hankkivat pitkälti omista metsistään. Lämpöyrittäjätoiminnan laajetessa eivät omat metsät aina enää riitä raaka-ainelähteeksi, vaan puunhankintaa on laajennettava (Tahvanainen 2004).

Metsäteollisuudessa energiapuun hankinta on organisoitu joko ainespuunhankinnasta huolehtivan organisaation yhteyteen, keskittämällä hankinta erilliseen energiapuun hankintaorganisaatioon, ulkoistamalla energiapuunkorjuu ja puutoimitukset yhteistyökumppaneille tai ulkoistamalla koko hankinta energiapuuleimikoiden osto mukaan lukien erikoistuneille itsenäisille yrittäjille (Asikainen 2001, Tahvanainen 2004). Energiapuun kantohinnasta ei ole vielä yhtenäistä käytäntöä (Harstela 2004). Korvaus nuorten metsien energiapuusta maksetaan metsänomistajalle joko korjattavan kohteen pinta-alaan tai korjattuun energiapuumäärään perustuen (Salo 2004).

Tämän tapaustutkimuksen tavoitteena on selvittää, onko eteläsuomalaisissa nuoren kasvatusmetsän kemera-kohteissa energiapuun talteen ottaminen kilpailukykyinen vaihtoehto ainespuuharvennukselle. Kauppatapana käytettiin hankintakauppaa. Lisäksi haettiin leimikkotekijöitä ja korjuuolaja, joiden vallitessa energiapuun talteenotto on taloudellisesti perusteltua. Energiapuun hankinnan kannattavuutta tarkasteltiin myös yritysnekökulmasta. Tällöin yritys korjasi energiapuuta ja maksoi metsänomistajalle korvauksen.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Tutkimuskohteet

Tutkimusaineisto käsitti 16 metsäkeskus Häme-Uusimaan alueella sijaitsevaa ensiharvennuskohdetta. Tutkimusmetsiköt koostuivat kahdesta osasta:

**1) Metsiköt 1–5** olivat paikallisten metsänhoitoyhdistysten metsänhoitopalveluna toteuttamia nuoren kasvatusmetsän harvennuskohteita Hollolan ja Pornaisten kuntien alueella. Metsiköiden puustotiedot mitattiin systemaattista linjoittaista ympyräkoelaintoimintomenetelmää käyttäen. Koelaja- ja linjavälinä käytettiin 25–40 metriä metsikkökuvion koosta riippuen ja koelajan säteenä 5,64 metriä. Kustakin metsiköstä mitattiin 6–16 koelaa/ha otannan ollessa 6–16 prosenttia kuvioiden pinta-alasta. Mitattuja puita oli yhteensä 4764.

Koaloille tehtiin mallileimaus, jossa puut luokiteltiin harvennuksessa poistettaviin ja kasvatettaviin. Leimauksen voimakkuus perustui Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänhoitosuosituksen ylitiheiden pieniläpimittaisten ensiharvennusmetsien harvennusoheeseen ja taimikonhoitotiheyksiin (Hyvän metsänhoidon... 2001). Jos yksittäiseltä koelalta ei löytynyt riittävää määrää kasvatuskelpoisia puita, tasattiin runkolukua harvennusoheen mukaiseksi jättämällä seuraavalle koelalle ohjetta suurempi määrä kasvatettavia puita. Leimaustiedon lisäksi kaikista pituudeltaan yli 1,3 m olevista puista määritettiin puulaji sekä mitattiin rinnankorkeusläpimitta. Joka neljäs kasvatettava ja poistettava puu valittiin koepuuksi, joista mitattiin lisäksi pituus ja kannonkorkeusläpimitta.

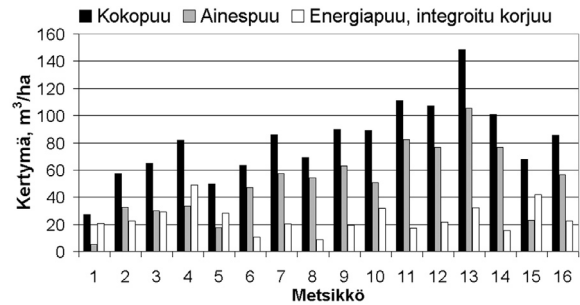
**2) Metsiköt 6–16** olivat Metsäntutkimuslaitoksen ensiharvennusleimikoiden rakennetta selvittäneen tutkimuksen (Sirén ym. 2002) yhteydessä Häme-Uusimaan metsäkeskuksen alueelta mitattuja kemera-kriteerit täyttäviä kivennäismaiden männiköitä. Puustotietojen mittausta varten kullekin leimikolle perustettiin 10 \* 20 m kokoinen koelaja, jolle määritettiin SLU-menetelmällä (Björheden ja Fröding 1986) mitattu ohjelevydelteään nelimetrisen ajoura. Koelalle tehtiin runkolukuun perustuva mallileimaus, jossa puut luokiteltiin 1) palstalta

**Taulukko 1.** Tutkimusmetsiköiden puustotiedot. Poistumassa ovat mukana kannonkorkeusläpimitaltaan yli 4,0 cm:n puut.

Metsikkö	Pääpuulaji	Poistuma, kpl/ha	Runkoluuku, kpl/ha	Valtapiuus, m	Pohjapinta-alalla painotettu rinnankorkeusläpimitta, cm
1	Kuusi	2288	1413	11,4	11,5
2	Kuusi	1738	1600	12,1	12,6
3	Kuusi	2360	1087	14,6	14,5
4	Koivu	3694	1118	13,8	14,1
5	Kuusi	2767	1162	12,9	14,6
6	Mänty	1100	1100	12,5	15,7
7	Mänty	2800	1100	13,5	14,8
8	Mänty	1000	1100	13,0	13,4
9	Mänty	2200	1200	12,9	14,2
10	Mänty	3050	1150	13,6	14,3
11	Mänty	2000	1100	13,2	14,0
12	Mänty	1800	1050	13,9	13,8
13	Mänty	3050	1100	13,3	15,4
14	Mänty	1500	1050	14,5	15,6
15	Mänty	2250	1050	13,9	15,5
16	Mänty	2500	1000	12,7	15,2
Keskiarvo		2256	1149	13,2	14,3

poistettaviin, 2) palstalla kasvatettaviin, 3) ajourapuihin, jotka olisivat ilman ajouraa kasvatettavia, 4) ajourapuihin, jotka olisivat ilman ajouraakin poistettavia sekä 5) alle ainespuumitan oleviin puihin. Kaikista pituudeltaan yli 1,3 metriä olevista puista mitattiin mm. puulaji, rinnankorkeusläpimitta ja pituus. Tässä tutkimuksessa mittauksen yhteydessä ajouran vuoksi poistettavat muuten kasvatettavien luokkaan kuuluvat puut siirrettiin kasvatettavien puiden luokkaan, jotta harvennusvoimakkuus saatiin nuoriin ylitiheisiin metsiköihin sopivaksi. Aineisto sisälsi yhteensä 1235 mitattua puuta.

Tutkimusmetsiköiden puustotiedot on esitetty taulukossa 1. Metsiköiden 3 ja 14 valtapiuus oli yli 14 metriä, joten ne täyttivät kemera-tuen saamiselle asetetut puustovaatimukset ainoastaan silloin, kun korjattava puu käytetään kokonaisuudessaan energiapuuksi (Kemera-opas 2004). Koska kyseiset metsiköt täyttivät kuitenkin muut kemera vaatimukset, ne otettiin mukaan aineistoon.



**Kuva 1.** Tutkimusmetsiköiden energia- tai ainespuukertymät eri korjuuvaihtoehdoilla.

## 2.2 Kertymien, tukien ja korjuukustannusten laskenta

Kussakin metsikössä vertailtiin kolmea eri vaihtoehtoa; ainespuun korjuuta, energiapuun korjuuta kokopuuna ja integroitua korjuuta. Integroidussa korjuussa otetaan talteen sekä ainespuu- että energiapuuosite, jolloin ainespuukertymät ovat samat kuin ainespuun korjuussa, mutta energiapuukertymä on pienempi kuin kokopuukorjuussa.

Puuston runko- ja ainespuutilavuudet laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen KPL-laskentaohjelmalla (Heinonen 1994) ja latvusmassat elävän latvuksen kuivamassayhtälöillä (Hakkila 1991). Energiapuun korjuussa kuolleitten oksien lisäksi metsään jäävänä korjuuhukkana vähennettiin latvusten kuivamassasta neulasten osuus. Latvusmassat muutettiin tilavuudeksi jakamalla ne kokopuun kuivatuoretiheyksillä. Männyn tiheytenä käytettiin 380 kg/m<sup>3</sup>, kuusen 390 kg/m<sup>3</sup>, koivun 470 kg/m<sup>3</sup> ja muiden lehtipuiden 360 kg/m<sup>3</sup> (Hakkila ja Fredriksson 1996). Integroidussa korjuussa neulaset ja ainespuiden latvasta kolmea metriä alempana olevat oksat laskettiin korjuuhukaksi Hakkilan (1991) ensiharvennusmetsiköiden puuston rakenteesta esittämien tulosten perusteella. Energiapuun korjuussa korjuukelpoiseksi minimirungoksi katsottiin kaikki kannonkorkeusläpimitaltaan yli 4,0 cm:n puut (rinnankorkeusläpimitta 2,9–3,4 cm) ja ainespuukorjuussa rungot, joiden järeys riitti vähintään 3 metriä pitkään kuitupuun minimiläpimitan (mänty 6 cm, kuusi 8 cm ja koivu 7 cm) täyttävään pölkkyyn. Kuvassa 1 on esitetty aines- ja energiapuukertymät eri vaihtoehdoissa ja taulukossa 2 kertymien rakenne.

**Taulukko 2.** Korjattavan puunosan keskikoko ja kertymän jakautuminen puulajeittain eri kertymävaihtoehdoissa.

Metsikkö	Ainespuukertymä					dm <sup>3</sup> / puu	Energiapuukertymä kokopuukorjuussa					dm <sup>3</sup> / puu	Energiapuukertymä integroidussa korjuussa				
	dm <sup>3</sup> / puu	Osuus kertymästä, %					Mä	Ku	Ko	Muu	dm <sup>3</sup> / puu		Osuus kertymästä, %				Mä
1	29	0	13	87	0	12	0	35	63	2	9	0	43	55	2		
2	103	15	37	48	0	33	10	47	43	0	13	2	73	24	1		
3	66	41	16	43	0	27	24	35	40	1	12	5	58	35	2		
4	46	60	12	28	0	22	35	31	31	3	12	14	49	32	5		
5	40	7	43	50	0	18	7	34	51	8	10	7	27	51	15		
6	94	100	0	0	0	58	96	0	0	4	10	79	1	0	20		
7	48	75	22	3	0	30	74	23	2	1	7	75	19	1	5		
8	83	100	0	0	0	69	100	0	0	0	9	100	0	0	0		
9	60	100	0	0	0	38	97	1	2	0	8	84	5	9	2		
10	42	91	0	9	0	28	93	1	6	0	10	97	2	1	0		
11	63	86	0	14	0	55	85	0	15	0	7	87	1	11	1		
12	77	100	0	0	0	60	100	0	0	0	12	100	0	0	0		
13	64	90	10	0	0	49	90	9	0	1	10	86	7	0	7		
14	70	100	0	0	0	67	98	0	0	2	10	89	0	0	11		
15	35	85	0	15	0	31	49	0	31	20	14	27	0	41	32		
16	54	83	0	17	0	32	73	4	16	7	8	42	14	17	27		
Keskiarvo	61	70	10	20	0	39	64	14	19	3	10	56	19	17	8		

**Taulukko 3.** Tutkimusleimikoiden alikasvos.

Metsikkö	Ainespuukorjuu		Integroitu korjuu Runkoluku, kpl/ha
	Runkoluku, kpl/ha	Kannonkorkeus- läpimitta, cm	
1	7200	4,1	5100
2	7275	4,6	5850
3	5080	4,6	3173
4	6769	4,7	3804
5	6500	4,1	4175
6	4700	2,0	4100
7	4150	3,2	2550
8	350	2,5	50
9	3600	2,9	2400
10	2500	4,6	650
11	950	4,3	200
12	800	5,9	0
13	5300	2,8	3900
14	2500	2,3	2100
15	2000	4,4	400
16	3000	3,4	1400
Keskiarvo	3917	3,8	2491

Ainespuukorjuussa ainespuumitat täyttämättömät yli 1,3 metriä pitkät puut luokiteltiin alikasvokseksi. Aines- ja energiapuun integroidussa korjuussa alikasvokseksi luokiteltiin kannonkorkeusläpimitaltaan alle 4 senttimetriä ja pituudeltaan yli 1,3 metriä pitkät puut. Alikasvospuuston määrä on esitetty taulu-

kossa 3. Alikasvospuiden kannonkorkeusläpimitat laskettiin tutkimusmetsiköistä koepuiden rinnankorkeusläpimitan ja kannonkorkeusläpimitan välille laskettujen regressioyhtälöiden avulla kaavoilla 1–3. Regressioyhtälöt toimivat rinnankorkeusläpimittaluokalla 1–8 senttimetriä.

$$\text{Mänty: } d_k = 13,372d_{1,3} + 5,3078; R^2 = 0,9973 \quad (1)$$

$$\text{Kuusi: } d_k = 11,929d_{1,3} + 4,683; R^2 = 0,9791 \quad (2)$$

$$\text{Lehtipuu: } d_k = 12,33d_{1,3} + 4,1943; R^2 = 0,9776 \quad (3)$$

missä

$d_k$  = kannonkorkeusläpimitta, mm

$d_{1,3}$  = rinnankorkeusläpimitta, cm

Tutkimusmetsiköiden kemera-tuet ja puunkorjuun yksikkökustannukset (€/m<sup>3</sup>) laskettiin sekä moottorisahakkuuseen että konehakuuseen perustuville korjuuketjuille seuraavilla vaihtoehdoilla:

- 1) Ainespuuharvennus ilman tukia. Korjuukustannukset sisältävät ainespuuhakuun ja metsäkuljetuksen.
- 2) Ainespuuharvennus, jossa kohteelle saadaan pinta-alaperusteinen nuoren metsän hoidon tuki. Korjuukustannukset sisältävät ainespuuksi kelpaamattoman puuston raivaamisen, ainespuuhakuun ja metsäkuljetuksen.

- 3) Energiapuun korjuu kokopuuna. Korjuukustannukset sisältävät kannonkorkeusläpimitaltaan yli 4 senttimetrinen puiden kaatokasauksen ja metsäkuljetuksen. Kohteelle saadaan pinta-alaperusteinen nuoren metsän hoidon tuki, energiapuun kasaamisen ja kuljetuksen tuki sekä haketustuki.
- 4) Integroitu korjuu, jossa korjuukustannukset sisältävät ainespuuhakkuun, ainespuuiden latvaosien kasaamisen ja sen yhteydessä tehdyn kannonkorkeusläpimitaltaan yli 4 senttimetrinen pienpuiden kaatokasauksen sekä aines- ja energiapuuositteiden erillisen metsäkuljetuksen. Kohteelle saadaan pinta-alaperusteinen nuoren metsän hoidon tuki, energiapuun kasaamisen ja kuljetuksen tuki sekä haketustuki.

Tukien laskenta perustui voimassa oleviin Kestävän Metsätalouden Rahoituslakiin (Laki kestävän... 1996) ja asetuksiin (Asetus nro 1311/1996 1996, Asetus nro 44/01 2001, Asetus nro 97/01 2001, Asetus nro 1312/2001 2001). Kaikki tutkimusmet-siköt sijaitsivat tukivyyhykkeellä 1, jossa tuet ovat seuraavat (Kemera-opas 2004):

- pinta-alaperusteinen nuoren metsän hoidon tuki (2. kehitysluokka ja palkattu ulkopuolinen työvoima) 210, 5 €/ha,
- tuki energiapuun kasaamiseen 3,5 €/m<sup>3</sup> ja kuljetukseen 3,5 €/m<sup>3</sup>,
- haketustuki rahoituslain nojalla hoidetusta nuoresta metsästä tai energiapuun korjuukohteelta peräisin olevalle energiapuulle 1,71 €/irto-m<sup>3</sup> eli 4,16 €/m<sup>3</sup>, kun yksi kiintokuutiometri sisältää 2,43 irtokuutiometriä haketta (Hakkila ja Fredriksson 1996).

Nuoren metsän hoidon, energiapuun korjaamisen ja haketuksen lisäksi tukea on mahdollista saada myös nuoren metsän hoitohankkeen toteutusselvitykseen (42,10 €/ha), energiapuun korjuun toteutusselvitykseen (4,21 €/ha) ja haketuksen toteutusselvitykseen (0,09 €/irto-m<sup>3</sup> eli 0,22 €/m<sup>3</sup>) (Kemera-opas 2004). Toteutusselvityksestä voidaan maksaa maanomistajalle tukea vain silloin, kun hän ei itse ole toteutusselvityksen laatija. Tässä tutkimuksessa metsänomistajan organisoimassa nuoren metsän harvennuksessa oletettiin, että toteutusselvitykset laati ja toteutusselvitystuet sai metsänhoitoyhdistys. Yrityksen organisoimassa korjuussa toteutusselvitykset laati ja toteutusselvitystuet sai energiapuun hankinnan tehnyt yritys.

Miestyönä tehtävän kokopuun siirtelykaadon, ainespuuhakkuun ja raivaussahatyön yksikkökustannukset perustuivat metsäalan työehtosopimuksen (Metsäalan palkkaus... 2001) mukaisiin työvälineosuuden sisältäviin palkkoihin, joihin lisättiin työn lakisääteisiä sivukustannuksia (Pöllänen 2002) ja muita sivukustannuksia (Örn 1997) hakkuutyössä 76,3 prosenttia ja metsänhoitotyöksi luokiteltavassa leimikon ennakkoraivauksessa 72,6 prosenttia. Yksikköpalkat laskettiin Metsäteho Oy:n taimikon perkausharvennuksen urakkahinnoittelun laskentamallilla (Örn ym. 2002) ja puutavaranhakkuun urakkahinnoittelun laskentamallilla (Örn ja Liikkanen 2002).

Moottorisahatyönä tehdyn aines- ja energiapuun integroidun korjuun hakkuukustannus muodostui ainespuuiden hakkuutaksasta, ainespuuksi kelpaamattomien latvusten kasaamistaksasta sekä pienpuiden siirtelykaatotaksasta. Latvusten kasaamistaksana käytettiin pienpuiden siirtelykaadon yksikkötaksaa (€/m<sup>3</sup>), koska kyseistä taksaa ei ole erikseen määritetty. Alikasvoksen raivauksen palkkana käytettiin varsinaista taimikonhoitoa helpomman työn johdosta uudistusalan raivauksen palkkaa, joka oli 70 prosenttia havu-lehtipuuston perkaus-harvennuksen taksasta. Ajouran suunnittelu sisällytettiin miestyöhakkuun yksikköpalkkoihin. Raivaamattomien kohteiden hakkuukustannuksiin sisällytettiin ainespuuharvennus ilman tukia- vaihtoehdossa työehtosopimuksen mukainen hakkuun yhteydessä tehtävän ajouran raivauksen taksa.

Kokopuun koneellisen kaatokasauksen tuottavuus laskettiin Laitilan ja Asikaisen (2002a, 2002b) esittämällä mallilla kaatokasauskoneelle puun käyttöosan koon funktiona. Kaatokasauksen tehotuntituottavuus muutettiin käyttötuntituottavuudeksi kertoimella 0,75. Kaatokasauskoneen käyttötuntikustannuksena laskelmissa oli Laitilan ym. (2004) käyttämä 65 €.

Koneellisen ainespuuhakkuun tuottavuus laskettiin Sirénin ja Aaltion (2001) ensiharvennushakkuukoneille esittämällä regressioyhtälöillä hakattavan puun käyttöosan koon funktiona. Raivaamattomissa kohteissa alikasvoksen tuottavuutta alentava vaikutus koneellisessa ainespuuhakkuussa laskettiin Tahvanaisen (2001) tulosten perusteella. Hakkuukoneen käyttötuntikustannuksena laskennassa oli 63 €, kun harvennusharvesterin tuntikustannus oli Ryynäsen ja



Rönkön (2001) mukaan 366 mk. Puulajin ei katsottu vaikuttavan koneellisen hakkuun kustannuksiin.

Aines- ja energiapuun integroidussa korjuussa energiapuuositteiden hakkuukustannukset laskettiin ainespuuiden latvusten hakkuulle ja ainespuuksi kelpaamattomille pienpuuiden hakkuulle. Ryynäsen ja Rönkön (2001) mukaan hakkuulaitteen viennin ja kaadon osuus on 40–47 prosenttia ensiharvennushakkuun tehoajasta. Tässä tutkimuksessa ainespuuksi kelpaamattoman pienpuun kaatamiseen ja kasaamiseen laskettiin kuluva 40 prosenttia keskimääräisestä ainespuurungon valmistamiseen kuluva ajasta. Vesisenahon ym. (2002) mukaan latvakappaleiden hakkuu lisää ainespuuhakkuun ajanmenekkiä (ilman työn keskeytyksiä) männikön ensiharvennuksessa 13 prosenttia, kun latvakappale karsitaan kokonaisuudessaan. Kun latvakappaleet hakataan vajaakarsituksi latvarangaksi varttuneen männikön harvennuksessa lisääntyy hakkuun ajanmenekki 5 prosenttia (Vesisenaho 2002). Asikaisen ja Laitilan (2002) mukaan ainespuuhakkuun yhteydessä tehty pelkkä ainespuuiden latvusten kasoille hakkuu ei sitä vastoin vaikuta hakkuun tuottavuuteen. Tässä tutkimuksessa ainespuuhakkuuseen yhdistetyn latvakappaleiden kasaamisen kustannus laskettiin olettaen, että latvusten talteenotto lisää ainespuuhakkuun ajanmenekkiä 5 prosenttia, koska latvakappaleet siirretään samoihin kasoihin pienpuuiden kanssa. Integroidussa korjuussa hakkuukustannuksissa huomioon otettu alikasvos sisälsi kantaläpimitaltaan alle 4 senttimetriä pienemmät yli 1,3 metriä korkeat puut.

Ainespuun metsäkuljetuksen tuottavuus laskettiin hakkuukertymästä Kuiton ym. (1994) esittämällä mallilla 5 metriä pitkälle havukuitupuulle kuljetusmatkan ollessa 250 metriä ja kuormien koon 11,6 m<sup>3</sup>. Kokopuun metsäkuljetuksen tuottavuus laskettiin ainespuun metsäkuljetuksen tuottavuudesta kertomalla pitkän kuitupuun metsäkuljetuksen ajanmenekit Kahalan (1981, 1984) tutkimuksista lasketuilla karsimattoman osapuun ja lehtikokopuun metsäkuljetuksen mukaisilla ajanmenekkipitoimilla (mänty 1,22, kuusi 1,49 ja lehtipuu 1,23) kuorman koon ollessa Laitilan ym. (2004) esittämä 6,2 m<sup>3</sup>. Integroidussa korjuussa aines- ja energiapuuositteiden metsäkuljetus laskettiin tapahtuvaksi erillisissä kuormissa. Alikasvos ei katsottu vaikuttavan metsäkuljetuksen tuottavuuteen. Miestyöhakkuuseen perustuvassa

korjuussa metsäkuljetuksen tuottavuutena käytettiin 15,2 prosenttia alhaisempaa tuottavuutta kuin koneellisen hakkuun vaihtoehdossa (Kuitto ym. 1994). Metsätraktorin käyttötuntikustannuksena laskennassa oli 50 €, joka vastaa ajankohdan kustannustasoa (esim. Laitila ym. 2004).

Metsähakkeen tuotannossa haketus- ja kaukokuljetuskustannuksena käytettiin 5 €/m<sup>3</sup> (esim. Asikainen ym. 2004) ja kaukokuljetuskustannuksena 5,8 €/m<sup>3</sup> (esim. Laitila ja Asikainen 2002a). Energiapuuta talteen ottavan yrityksen näkökulmasta tehtävissä herkkyyssanalyysissä hankinnan organisointikustannuksena oli Asikaisen ym. (2004) käyttämä 2 €/m<sup>3</sup>.

### 2.3 Kannattavuuslaskelmat

Ainespuun korjuun nettomääräinen hankintatulo laskettiin vähentämällä hankintahakkuutuloista korjuukustannukset olettaen, että metsänomistaja teettää hakkuun ja metsäkuljetuksen ulkopuolisella työvoimalla edellä esitettyjen kustannusperusteiden mukaisesti. Nettomääräinen hankintatulo määräytyi tien varressa, johon asti muodostuivat hakkuun ja metsäkuljetuksen kustannukset ja jossa hankintakaupasta saatava tulo realisoitui. Hankintakaupan puutavaralajeittaiset yksikköhinnat saatiin Metsäntutkimuslaitoksen METINFO-tilastopalvelusta (metsäkeskus Häme-Uusimaan keskiarvot kuitupuulle vuonna 2003: mänty 23,10 €/m<sup>3</sup>, kuusi 30,92 €/m<sup>3</sup> ja koivu 23,60 €/m<sup>3</sup>).

Metsähakkeen kauppahinnan oletettiin realisoidun käyttöpaikalla. Metsähakkeen tuotannossa metsänomistajalle kohdentuivat tällöin kaato-kausausten ja metsäkuljetuksen kustannusten lisäksi myös haketus- ja kaukokuljetuskustannukset. Lisäksi metsähakkeesta saatavan tulon ( $Q_{ej} \times U_e$ ) ja kemera-tukien ( $VT_{kj}$ ), toteutusselvitystukia lukuun ottamatta, oletettiin kohdentuvan kokonaisuudessaan metsänomistajalle kaavan 4 mukaisesti. Tästä tulosta metsänomistaja maksoi eri toimijoille (metsuri, koneurakoitsijat, hakettaja ja hakkeen kaukokuljetaja) kustannusten mukaiset korvaukset. Kaavana ilmaistuna kannattavuus määritettiin seuraavasti:

$$\sum_i^I HT_{ij} = \sum_k^K VT_{kj} + Q_{ej} \times U_e - \sum_n^N TAK_{nj} \quad (4)$$

missä

$HT_{ij}$  = puulajin  $i$  kuitupuun nettomääräinen hankintatulo metsikössä  $j$ , (bruttohankintatuloista vähennetty puun korjuun kustannukset),  $j = 1, 2, \dots, 16$ , €

$VT_{kj}$  = valtion tuki  $k$  energiapuumäärälle  $q$  ( $q$  määritetty kiintokuutiometreinä hehtaaria kohden) metsikössä  $j$ , €

$Q_{ej}$  = metsikön  $j$  energiapuumäärä  $q$  muutettuna energiaksi, MWh

$U_e$  = energian kynnyshinta ( $Q_{ej} \times U_e$  kuvaa metsänomistajan hakkeesta saamaa tuloa), €/MWh

$TAK_{nj}$  = energiapuun talteenoton kustannus työajassa  $n$  metsikössä  $j$  (työajit: hakkuu, metsäkuljetus, haketus, kaukokuljetus) energiapuumäärälle  $q$ , €

## 2.4 Nettotulos ja kynnyshinta

Kullekin kohteelle laskettiin nuoren metsän harvennuksen kannattavuus (nettotulos, €/ha) metsänomistajan näkökulmasta kaikilla neljällä toimintavaihtoehdolla sekä moottorisahahakkuuseen että konehakkuuseen perustuvilla korjuumenetelmillä. Käyttöpaikalle toimitetun metsähakkeen hintana laskelmissa oli 11 €/MWh. Toimintavaihtoehtojen nettotulosten keskiarvoja testattiin tilastollisesti riippumattomien otosten *t-testillä* (SPSS 12.0). Merkitsevyyden rajaksi testeissä asetettiin  $p < 0,05$ . Nettomääräinen hankintatulo saattoi olla myös negatiivinen (ts. hakkuun ja metsäkuljetuksen yhteenlasketut kustannukset suuremmat kuin hankintatulot, kaava 1:  $\sum HT_{ij} < 0$ ).

Itoimalla kaava 4 muuttujan  $U_e$  suhteen saatiin määritettyä energian kynnyshinta (€/MWh), jolla energiapuun talteen ottaminen on metsänomistajalle yhtä kannattavaa kuin pelkkä ainespuun korjaaminen. Kynnyshintaa verrattiin hakkeen hintaan 11 €/MWh.

## 2.5 Yrityksen näkökulma ja herkkyyksianalyysit

Herkkyyksianalyysien päätarkoitus oli kartoittaa tutkimusmetsiköistä kohteet, joissa energiapuun talteenotto oli yhtä aikaa kannattavaa sekä metsänomistajalle että energiapuun hankintaa tekeväälle yritykselle. Metsänomistajan näkökulman lisäksi tarkasteluun tuotiin energiapuun hankintaa harjoittavan yrityksen näkökulma, sillä toiminnan täytyy olla yhtä aikaa sekä yritykselle että metsänomistajalle kannattavaa, jotta energiapuun talteenotto on taloudellisesti perusteltua toteuttaa. Nämä laskelmat tehtiin korjuuvaihtoehdolle, jossa energiapuu korjattiin koneellisesti kokopuuna.

Yrityksen toimintatapana oli ostaa metsänomistajalta energiapuuleimikko, tehdä korjuu ja toimittaa hake käyttöpaikalle, jossa se sai siitä 11 €/MWh suuruisen korvauksen. Kaikki valtion tuet kohdennettiin energiapuuta talteen ottavalle yritykselle. Yrityksen näkökulmasta tarkasteltaessa laskelmissa käytettiin energiapuun hankinnan organisaatiokustannuksena 2 €/m<sup>3</sup> ja toteutuslaskelmat kohdennettiin yritykselle, muutoin laskentaperusteet olivat samat kuin nettotuloksen ja kynnyshinnan laskennassa. Energiapuun talteen ottava yritys maksoi metsänomistajalle energiapuusta kantohintaa joko 2 €/m<sup>3</sup> tai 4 €/m<sup>3</sup>. Vaihtoehtona oli myös pinta-alaperusteinen korvaus, 100 €/ha. Kannattavuus metsänomistajan näkökulmasta laskettiin seuraavasti:

$$KM_j = Q_j \times YH_q \quad (5)$$

missä

$KM_j$  = kannattavuus metsänomistajan näkökulmasta metsikössä  $j$ , €/ha

$Q_j$  = metsiköstä  $j$  saatava energiapuumäärä, m<sup>3</sup>/ha

$YH_q$  = energiapuusta maksettava yksikköhinta (2 €/m<sup>3</sup> tai 4 €/m<sup>3</sup>) tai pinta-alaperusteinen korvaus (100 €/ha); jälkimmäisessä tapauksessa  $Q_j$  on pelkkä laskennallinen kerroin, jonka suuruus on 1

Tässä tarkastelussa oletetaan energiapuun talteenoton kannattavuuden metsänomistajalle olevan riippumaton hakkeen tuotantokustannuksista, jotka kohdistuvat yritykselle. Kannattavuus energiapuuta talteen ottavan yrityksen näkökulmasta laskettiin seuraavasti:



$$KY_j = \sum_k^K VT_{kj} + Q_{ej} \times U_e - \sum_n^N TAK_{nj} - Q_j \times YH, \quad (6)$$

missä

$KY_j$  = kannattavuus yrityksen näkökulmasta metsikössä  $j$ , €/ha

$VT_{kj}$  = valtion tuki  $k$  energiapuumäärälle  $q$  (määritetty kiintokuutiometreinä) metsikössä  $j$ , €

$Q_{ej}$  = metsikön  $j$  energiapuumäärä  $q$  muutettuna energiaksi, MWh

$U_e$  = metsähakkeen hinta, 11 €/MWh

$TAK_{nj}$  = energiapuun talteenoton kustannus työläjissa  $n$  (hakkuu, metsäkuljetus, haketus, kaukokuljetus ja organisointi) metsikössä  $j$  energiapuumäärälle  $q$ , €

$Q_j$  = metsiköstä  $j$  saatava energiapuumäärä, m<sup>3</sup>/ha

$YH_q$  = energiapuusta maksettava yksikköhinta, €/m<sup>3</sup> (2 €/m<sup>3</sup> tai 4 €/m<sup>3</sup>) tai pinta-alaperusteinen korvaus, 100 €/ha

Lisäksi herkkyyksianalyysillä iteroitiin kussakin leimikossa korkein metsänomistajalle energiapuusta maksettava kantohinta (€/m<sup>3</sup>), jolla energiapuun hankintaa tekevän yrityksen toiminta oli kannattavaa, kun metsähakkeen hinta käyttöpaikalle toimitettuna oli 11 €/MWh.

## 3 Tulokset

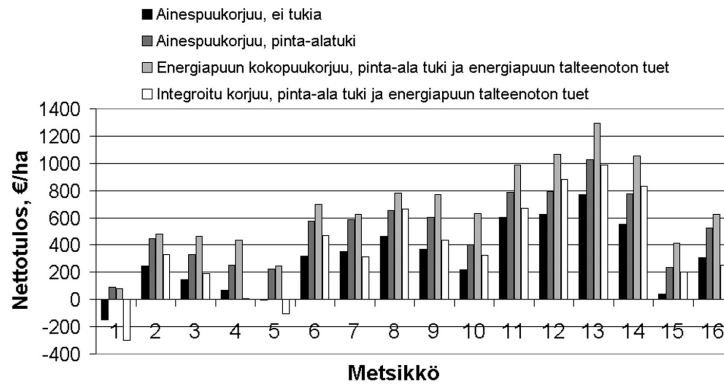
### 3.1 Korjuukustannukset

Hakkuukustannukset olivat alikasvoksen raivauksen jälkeen tehdyssä koneellisessa ainespuuhakkuussa keskimäärin 12,5 €/m<sup>3</sup> ja moottorisahatyössä 18,1 €/m<sup>3</sup>. Alikasvoksen raivauskustannus oli keskimäärin 3,6 €/m<sup>3</sup>. Ainespuun korjuussa ilman raivausta ja tukia alikasvos lisäsi hakkuukustannuksia konehakuksessa 24 prosenttia (3,9 €/m<sup>3</sup>) ja moottorisahakuksessa 5 prosenttia (0,9 €/m<sup>3</sup>). Koneellisessa ainespuuhakuksessa raivauksen tekeminen ennen hakkuuta olisi ollut pelkän hakkuussa saatavan kustannussäästön vuoksi kannattavaa joka toisessa

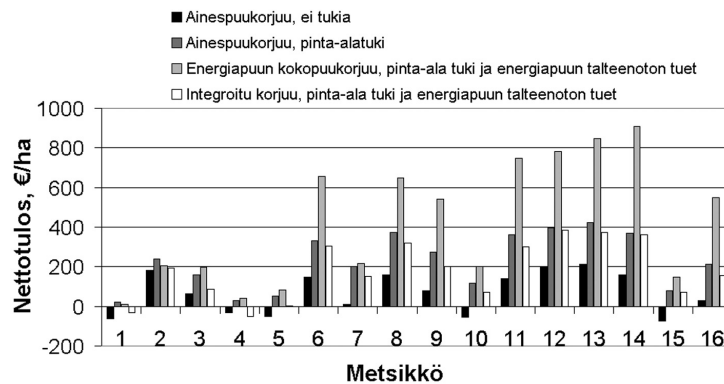
**Taulukko 4.** Metsiköiden puunkorjuun yksikkökustannukset sekä yksikkökustannusten keskiarvot ja keskihajonnat eri toimintavaihtoehdoissa moottorisaha- ja konehakukseseen perustuvassa korjuussa.

Metsikkö	Ainespuukorjuu, ei raivausta <sup>1)</sup>		Ainespuukorjuu, raivaus <sup>2)</sup>		Energiapuun korjuu kokopuuna <sup>3)</sup>		Integroitu korjuu <sup>4)</sup>	
	Moottorisaha	Kone	Moottorisaha	Kone	Moottorisaha	Kone	Moottorisaha	Kone
1	36,4	52,2	59,5	47,2	29,6	27,2	32,0	42,2
2	20,6	18,6	25,3	19,0	22,4	17,6	25,0	22,5
3	22,4	19,7	26,2	20,5	22,5	18,4	25,5	23,8
4	25,1	22,1	29,5	22,9	24,4	19,6	26,5	25,8
5	29,6	27,0	35,4	25,8	24,8	21,6	28,4	30,9
6	20,0	16,4	20,5	15,3	15,2	14,7	21,2	18,5
7	24,7	18,7	24,9	18,2	22,2	17,5	24,9	22,9
8	20,2	14,5	19,9	14,9	15,9	14,1	21,1	15,8
9	21,9	17,2	22,0	16,9	18,6	16,1	22,9	20,2
10	24,1	18,8	24,8	19,3	22,3	17,6	24,4	21,4
11	21,5	15,9	21,2	16,2	17,4	15,3	22,0	18,4
12	20,5	14,9	20,6	15,5	16,9	14,3	21,0	16,1
13	21,9	16,6	21,8	16,2	18,0	15,0	22,3	17,9
14	21,0	15,9	20,9	15,8	15,3	14,0	21,2	16,2
15	26,4	21,2	28,2	22,1	23,0	19,3	24,6	22,7
16	22,7	17,8	22,9	17,6	18,2	17,5	23,5	22,4
Keskiarvo	23,7	20,5	26,5	20,2	20,4	17,5	24,1	22,3
Keskihajonta	4,3	9,0	9,7	7,8	4,1	3,4	3,0	6,6

<sup>1)</sup> Ainespuuhakkuu ja metsäkuljetus. <sup>2)</sup> Ainespuuksi kelpaamattoman puuston raivaus, ainespuuhakkuu ja metsäkuljetus. <sup>3)</sup> Kaatokasaus kokopuuna ja metsäkuljetus. <sup>4)</sup> Ainespuuhakkuu, ainespuuiden latvusten kasaaminen, pienpuuiden kaatokasaus kokopuuna sekä aines- ja energiapuun metsäkuljetus.



**Kuva 2.** Nuoren kasvatusmetsän harvennuksen nettotulos eri toimintavaihtoehtoissa, kun hakkuu on tehty konehakuuna.



**Kuva 3.** Nuoren kasvatusmetsän harvennuksen nettotulos eri toimintavaihtoehtoissa, kun hakkuu on tehty moottorisahatyönä.

tutkimusleimikossa ja moottorisahahakkuussa joka neljännessä leimikossa. Ainespuun metsäkuljetuskustannukset olivat konehakuun jälkeen keskimäärin 4,0 €/m<sup>3</sup> ja moottorisahahakuun jälkeen 4,8 €/m<sup>3</sup>.

Kokopuukorjuussa koneellisen kaatokasauksen kustannukset olivat keskimäärin 11,9 €/m<sup>3</sup> ja moottorisahatyönä tehdyn siirtelykaadon 13,9 €/m<sup>3</sup>. Kokopuun metsäkuljetuskustannukset olivat vastaavasti 5,5 ja 6,5 €/m<sup>3</sup>. Integroidussa korjuussa aines- ja energiapuun keskimääräiset hakkuukustannukset olivat koneellisessa hakkuussa 17,6 €/m<sup>3</sup> ja moottorisahahakuussa 18,5 €/m<sup>3</sup>. Pelkän energiapuuositteen hakkuukustannukset, kun energiapuulle kohdistetaan kaikki ainespuuhakuun lisäksi syntyneet kustannukset, olivat koneellisessa hakkuussa keskimäärin 20,5 €/m<sup>3</sup> ja moottorisahahakuussa

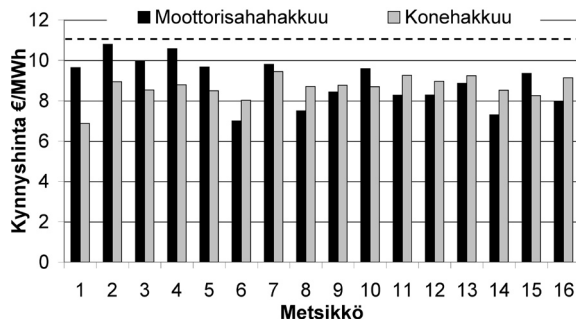
22,8 €/m<sup>3</sup>. Pelkän energiapuuositteen metsäkuljetuskustannukset olivat vastaavasti 6,5 ja 7,7 €/m<sup>3</sup>. Korjuun yksikkökustannukset metsiköittäin on esitetty taulukossa 4.

### 3.2 Hehtaarikohtainen nettotulos ja kynnyshinta

Energiapuun talteenotto kokopuuna oli metsänomistajalle kannattavin toimintatapa metsikköä 1 lukuun ottamatta kaikissa metsiköissä, kun hakkuu tehtiin konetyönä. Ainespuuhaku ilman tukia oli puolestaan metsänomistajalle epäedullisin toimintatapa 11 metsikössä, kun hakkuu tehtiin konetyönä (kuva 2). Konehakuun vaihtoehdon ainespuuharvennus ilman tukia nettotulosten keskiarvo (308 €/ha)

erosi tilastollisesti merkitsevästi pinta-alatukeen oikeutetun ainespuuharvennuksen nettotulosten keskiarvosta (519 €/ha) ja energiapuun kokopuukorjuun nettotulosten keskiarvosta (666 €/ha). Myös integroidun korjuun nettotulosten keskiarvojen (385 €/ha) ja energiapuun kokopuukorjuun nettotulosten keskiarvojen ero oli tilastollisesti merkitsevä. Ilman tukia tehdyn ainespuuharvennuksen nettotulos oli keskimäärin samaa suuruusluokkaa kuin integroidun korjuun nettotulos.

Energiapuun talteenotto kokopuuna (nettotulos keskimäärin 424 €/ha) oli metsänomistajalle kannattavin vaihtoehto metsiköitä 1 sekä 2 lukuun ottamatta kaikissa metsiköissä ja pelkkä ainespuuhakkuu ilman tukia (nettotulos keskimäärin 69 €/ha) epäedullisin toimintatapa metsikköä 4 lukuun ottamatta



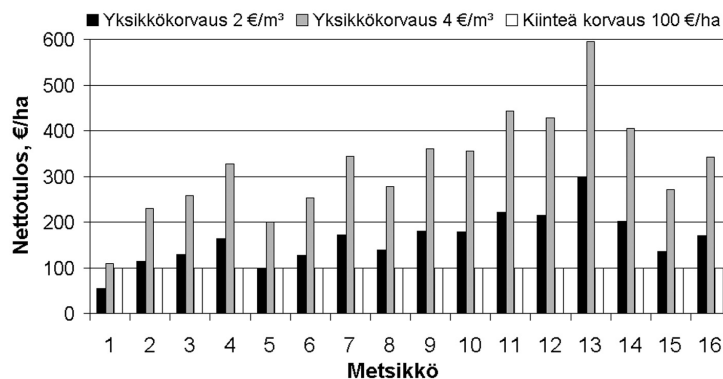
**Kuva 4.** Energian kynnys hinta, jolla energiapuun talteenotto olisi metsänomistajalle yhtä kannattavaa kuin pelkkä ainespuukorjuu. Katkoviiva kuvaa metsähakkeen hintaa 11 €/MWh.

kaikissa metsiköissä, kun hakkuu tehtiin moottorisahahakkuuna (kuva 3). Moottorisahahakkuussa eri toimintavaihtoehtojen nettotulosten keskiarvot erosivat tilastollisesti merkitsevästi kaikissa muissa paitsi pinta-alatuen sisältävän ainespuukorjuun (nettotulos keskimäärin 228 €/ha) ja integroidun korjuun vertailussa (nettotulos keskimäärin 181 €/ha).

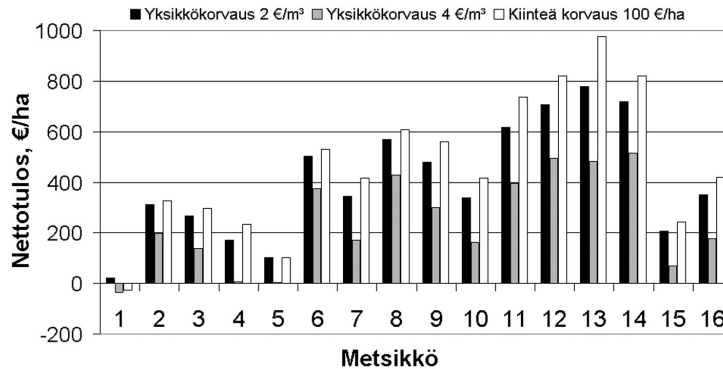
Metsähakkeen kynnyshinta oli konehakkuuseen perustuvassa kokopuun talteenotossa keskimäärin 8,7 €/MWh ja moottorisahahakkuuseen perustuvassa kokopuun talteenotossa 8,9 €/MWh. Koska laskettu kynnyshinta alitti oletuksena olevan metsähakkeen hinnan, 11 €/MWh, energiapuun talteenotto oli kaikissa tutkimusmetsiköissä ainespuukorjuuta kannattavampaa (kuva 4).

### 3.3 Energiapuun talteenoton kannattavuus ja kantohinta

Kuvassa 5 on esitetty hehtaarikohtaiset nettotulokset metsänomistajan näkökulmasta, kun energiapuun korjaava yritys maksaa energiapuusta metsänomistajalle korvauksen 2 €/m<sup>3</sup>, 4 €/m<sup>3</sup> tai 100 €/ha. Metsänomistajalle kannattavin vaihtoehto oli kantohinta 4 €/m<sup>3</sup> (keskimäärin 325 €/ha) ja kannattamattomin metsikköä 1 lukuun ottamatta pinta-alaperusteinen korvaus 100 €/ha. Metsänomistajan keskimääräinen nettotulos energiapuun kantohinnalla 2 €/m<sup>3</sup> oli 163 €/ha.



**Kuva 5.** Nuoren metsän harvennuksen kannattavuus konehakkuuseen perustuvassa kokopuuhakkeen tuotannossa yksityisen metsänomistajan näkökulmasta, kun yritys korjaa energiapuun ja maksaa metsänomistajalle energiapuusta korvauksen 2 €/m<sup>3</sup>, 4 €/m<sup>3</sup> tai 100 €/ha.



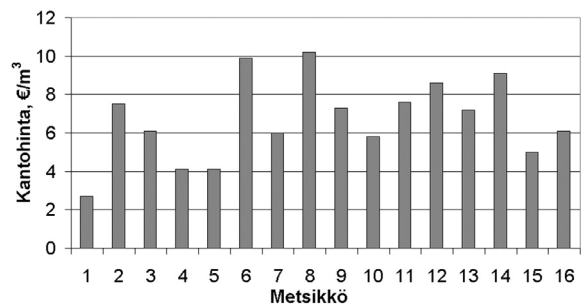
**Kuva 6.** Nuoren kasvatusmetsän harvennuksen kannattavuus konehakkukseen perustuvassa kokopuuhakkeen tuotannossa energiapuun hankintaa tekevän yrityksen näkökulmasta, kun yritys korjaa energiapuun ja maksaa metsänomistajalle energiapuusta korvauksen 2 €/m<sup>3</sup>, 4 €/m<sup>3</sup> tai 100 €/ha.

Kuvassa 6 on esitetty hehtaarikohtainen nettotulos yksityisen energiapuun hankintaa tekevän yrityksen näkökulmasta, kun yritys maksaa energiapuun korjuusta metsänomistajalle korvauksen 2 €/m<sup>3</sup>, 4 €/m<sup>3</sup> tai 100 €/ha. Energiapuun talteenotto oli yritykselle kannattavaa muissa metsiköissä paitsi metsikössä 1, jossa toiminta oli yrityksen näkökulmasta kannattamatonta, jos energiapuusta maksettaisiin 4 €/m<sup>3</sup> tai 100 €/ha. Yrityksen nettotulos oli energiapuun kantohinnalla 2 €/m<sup>3</sup> keskimäärin 405 €/ha, kantohinnalla 4 €/m<sup>3</sup> 243 €/ha ja kiinteällä 100 € hehtaari-korvauksella 468 €/ha.

Korkein laskennallinen kantohinta, jonka energiapuun hankintaa tekevä yritys voisi energiapuusta maksaa, jotta sen toiminta olisi vielä kannattavaa, oli keskimäärin 6,7 €/m<sup>3</sup>. Pienimmillään kannattavuusraja oli 2,7 €/m<sup>3</sup> metsikössä 1 ja suurimmillaan 10,2 €/m<sup>3</sup> metsikössä 8 (kuva 7).

## 4 Tulosten tarkastelu

Kansallisen Metsäohjelma 2010:n evaluoinnissa energiapuun käytölle asetettujen tavoitteiden kohdalla katsottiin ongelmaksi se, että energiapuun käyttöä ei ole kehitetty kokonaisvaltaisesti vaan ketjun loppupäättä painottaen. Nykyisten tukien vaikutusten ja vaikuttavuuden selvitystä pidettiin myös tärkeänä (Kivinen ja Paldanius 2002). Tämän tutkimuksen



**Kuva 7.** Suurin kantohinta, minkä energiapuun hankintaa tekevä yritys voisi maksaa energiapuusta, jotta sen toiminta olisi vielä kannattavaa.

tulosten mukaan energiapuun talteenoton kannattavuus nuorista metsistä on paljon kemera-tukien varassa. Kemera-ehdot täyttyvät kuitenkin usein myös hyvin ainespuun korjuuseenkin soveltuvissa kohteissa. Tällöin tuet saattavat kannustaa korjaamaan myös ainespuuta energiakäyttöön.

Jotta tutkimuksen tuloksia voidaan tarkastella oikein on, perusteltua kuvata nykyisen tukijärjestelmän erikoispiirteet, tutkimuksen rajoitteet sekä laskelmien oletukset. Nykyisessä tukijärjestelmässä energiapuun korjuu- ja haketustukea ei voi saada ellei kohde täytä nuoren metsän hoidolle asetettuja Kestävän Metsätalouden Rahoituslain edellytyksiä (Asetus Nro 44/01 2001). Tästä johtuen energiapuun talteenottoa on tarkasteltava siten, että kaikki val-

tion tukemat nuoren metsän hoidon työläjit (nuoren metsän hoidon tuki, energiapuun korjuun tuki, haketuslaki ja toteutusselvitystuet) ovat taloudellisissa laskelmissa mukana. Tällä on vaikutusta tuloksiin, sillä nuoren metsän hoidon tuki on tyypillinen pinta-alaperusteinen, tuotantomäärästä riippumaton epäsuora tuki, kun taas energiapuun korjuu- ja haketuslaki ovat suoria tuotantoperusteisia tukimuotoja. Osa toteutusselvitystuista on pinta-alaperusteisia ja osa tuotantoperusteisia.

Kyseessä on tapaus tutkimus, jonka aineisto käsitti 16 metsikkökohdetta Etelä-Suomessa tukivyohtykeellä 1. Pienehköstä otoksesta huolimatta tutkimus metsiköt edustivat verraten hyvin nuoren kasvatusmetsän harvennuskohdetta, sillä energiapuun korjuussa kokopuukertymät olivat 27–149 m<sup>3</sup>/ha ja poistettavan kokopuun keskijäretydet 12–69 dm<sup>3</sup>. Ainespuukertymät olivat vastaavasti 5–106 m<sup>3</sup>/ha ja ainespuun keskijäretydet 29–103 dm<sup>3</sup>. Männyn ja lehtipuun osuus kertymästä oli kaikissa kohteissa yli puolet.

Tutkimuksessa selvitettiin ainoastaan nuoren metsän harvennuksen kannattavuutta puunkorjuutoimenpiteenä, ei sen vaikutusta metsänkasvatuksen kannattavuuteen koko puuston kiertoaikana. Kaikilla tutkimuksessa käytetyillä vaihtoehtoisilla toimintatavoilla puusto harvennettiin samalla tavalla. Sitä vastoin metsään jäävän hakkuutähteen määrä vaihteli korjuumenetelmän mukaan, jolla mm. Mälkösen ja Finérin (2001) sekä Hynysen ja Ahtikosken (2004) mukaan on merkitystä metsikön ravinnetaseeseen ja tulevaan kehitykseen.

Laskelmissa tehtiin oletuksia, joista kolme on syytä ottaa esille. Ensinnäkin, aines- ja energiapuun talteenoton kustannukset olivat laskennallisia, eivät toteutuneita kustannuksia. Kustannusperusteet pohjautuivat aiempiin tutkimustuloksiin sekä Metsäalan työehtosopimukseen. Pienpuun korjuussa hakkuu on kallein työvaihe. Useiden tutkimusten (esim. Kärhä 2002, Laitila ja Asikainen 2002b) mukaan miestyönä tehdyn siirtelykaadon kustannukset ovat pienipuustoisissa kohteissa pienemmät kuin koneellisessa kaatokasauksessa. Toisaalta koneellisesti hakatun puun metsäkuljetuskustannukset ovat moottorisahatyönä hakatun puun metsäkuljetuskustannuksia alemmat (Kuitto ym. 1996, Laitila ym. 2004). Tällä hetkellä markkinoilla olevien kaatokasauslaitteiden optimaalinen käyttöalue rajoittuu tilavuudeltaan

alle 100 dm<sup>3</sup> oleviin puihin (Kärhä 2004). Kaatokasauskourien kehitys on kuitenkin vielä kesken ja kustannukset tulevat laitteiden kehittyessä oletettavasti vielä laskemaan (Laitila ym. 2004).

Metsähakkeen käyttöpaikkahinta laskemissa oli 11 €/MWh, jota mm. Korpilahti (2003) käytti energiapuun hintana pienkäytössä. Energialaitosten metsähakkeen keskimääräinen hinta vuonna 2003 oli 9,8 €/MWh (Ylitalo 2004). Laskelmissa käytettiin kuitenkin tätä korkeampaa hintaa, koska 65 prosenttia tilastoidusta metsähakkeesta oli pienpuuhaketta edullisempaa hakkuutähtehaketta. Lähinnä pienpuuta metsähakkeen raaka-aineena käyttäville lämpöyrittäjille kpa-kattilatohtaan yli 600 kilowatin laitoksissa tuotetusta lämmöstä maksettu korvaus oli vuonna 2002 noin 20 €/MWh (Nikkola ja Solmio 2003).

Toiseksi, nettomääräisen hankintatulon sijaan olisi voitu käyttää kantorahatuloa, mutta tällöin ei olisi voitu hyödyntää kullekin metsikölle korjuuolujen mukaan määritettyjä vallitsevia korjuukustannuksia. Korjuukustannukset vaikuttavat ainakin välillisesti kantohintoihin ja onkin epätodennäköistä, että kaikissa tutkimusmetsiköissä olisi voitu maksaa tilastoitujen kantohintojen mukaista hintaa ensiharvennuksen kuitupuusta. On syytä korostaa, että nyt käytetty nettomääräinen hankintatulo on laskennallinen suure.

Kolmanneksi, metsänomistajalle ei oletettu syntyvän organisointikustannuksia (hallintokustannuksia). Yrityksen näkökulmasta tehty tarkastelu sisälsi työn organisointikustannukset (2 €/m<sup>3</sup>), mutta ne eivät pohjautuneet toteutuneisiin kustannuksiin. Analyysissä käytetyt ns. laskennalliset kustannukset edustavat kuitenkin vallitsevaa käytäntöä ja niiden voidaan olettaa sisältävän jonkin verran myös epäsuoria, hallinnosta aiheutuvia kustannuksia.

Ainespuuensiharvennuksessa korjuukelpoisuus edellyttää vähintään 35 m<sup>3</sup>:n hehtaarikertymää (esim. Ylimartimo ym. 2001) ja 50 dm<sup>3</sup>:n poistettavan puun keskikokoa. Molemmat vaatimukset alittuivat metsiköissä 1, 4, 5 ja 15, joissa tämän tutkimuksen laskentaperusteilla ainespuuharvennus moottorisahatyönä ilman tukia oli metsänomistajalle kannattamatonta. Kun hakkuu tehtiin konetyönä, ainespuuharvennus ilman tukia oli kahdessa näistä metsiköistä kannattamatonta ja kahdessa ainoastaan niukasti kannattavaa. Ainespuukorjuu ilman tukia

vaihtoehdon nettotulos oli kuitenkin korjuuoloiltaan parhaissa metsiköissä yli 600 €/ha. Kestävän Metsätalouden Rahoituslain mukaista nuoren kasvatusmetseen harvennuksen tukea on täten mahdollista saada myös teknis-taloudellisesti varsin korjuukelpoisten ja hyvien ainespuukohteiden käsittelyyn.

Ainespuuksi kelpaamattoman puuston raivaaminen ennen koneellista ainespuuharvennusta olisi ollut pelkkien hakkuussa saatavien kustannussäästöjen vuoksi kannattavaa joka toisessa metsikössä. Ainespuuksi kelpaamattoman puuston raivaaminen ja sen myötä saatu pinta-alatuki tekivät ainespuuharvennuksen kannattavaksi kaikissa metsiköissä sekä koneellista että moottorisahahakkuuta käytettäessä. Hakkuutyön kustannussäästöjen lisäksi raivaamista puoltavat metsänhoidolliset tekijät. Raivauksella voi olla positiivisia vaikutuksia myös metsäkuljetuksen tuottavuuteen sekä korjuujälkeen (Kärhä ym. 2001). Näitä tekijöitä ei otettu kuitenkaan tässä tutkimuksessa huomioon. Ennen harvennusta tehtävää pelkkää alueen raivausta ei kemera-ohjeiden mukaan voida rahoittaa nuoren metsän hoitona (Kemera-opas 2004).

Hakkilan (2004) mukaan pienpuuhakkeen tuotantoon soveltuu parhaiten energiapuuharvennuskohte, jossa poistettava puusto on yleensä liian pientä ainespuuksi. Kuitupuumitat täyttävän puutavaran osuus kokopuukertymästä saisi Salon (2004) mukaan olla noin 30 prosenttia. Koneelliseen korjuuseen kannattavan energiapuukohteen tunnusmerkkeinä pidetään vähintään 20–30 dm<sup>3</sup>:n puun keskikokoa (Fredriksson 2004, Kärhä 2004, Salo 2004) sekä vähintään 30 m<sup>3</sup>:n hehtaarikertymää (Salo 2004). Tämän tutkimuksen metsiköistä energiapuuharvennuskohteen tunnusmerkit, kun kuitupuun osuutena kertymästä on 20–41 prosenttia, täytyivät metsiköissä 3, 4 ja 15. Poistettavan puun keskikoko jäi metsiköissä 1 sekä 5 alle 20 dm<sup>3</sup>:n ja kertymä metsikössä 1 alle 30 m<sup>3</sup>:n, muutoin tunnusmerkit täytyivät myös näissä metsiköissä.

Tulosten perusteella nykyinen tukijärjestelmä kannustaa nuorten metsien kemera-kohteissa energiapuun talteenottoon, sillä kertymän talteenotto kokopuuna oli koneellisessa korjuussa yhtä metsikköä lukuun ottamatta metsänomistajalle kannattavampaa kuin talteenotto ainespuuna, riippumatta siitä, saako metsänomistaja pinta-alaperusteista kemera-tukea vai ei. Tulos oli samansuuntainen myös moottori-

sahahakkuuseen perustuvassa korjuuketjussa. Korpilahden (2003) tutkimuksessa, jossa energiapuun hintana oli 11 €/MWh ja ainespuun 25 €/m<sup>3</sup>, kemera-kohteen raivauksella ja kuitupuun korjuulla saatiin niukasti pelkästään energiapuun korjuuta parempi hehtaaritulos. Käsillä olevassa tutkimuksessa kokopuuna tehdyn energiapuun talteenoton hehtaarinettotulos olisi jäänyt negatiiviseksi jokaisessa metsikössä, jos toimintaan ei olisi saatu kemera-tukia. Tukea saatiin kuitenkin myös kohteisiin, joissa pelkkä ainespuuharvennuskin oli kannattavaa. Tukien rajoittamista ensiharvennus-, nuoren metsän kunnostus- ja taimikonhoitokohteisiin, joissa energiapuun korjuu ilman niitä ei kannata, pidetään kuitenkin perusteltuna (mm. Kivelä 2002).

Energiapuun talteenotto kokopuuna oli metsänomistajan näkökulmasta aines- ja energiapuun integroitua korjuuta kannattavampaa kaikissa metsiköissä sekä konehakkuuna että moottorisahahakkuuna. Integroidun korjuun nettotulos oli kuitenkin yleensä parempi kuin ilman pinta-alatukea tehdyn ainespuukorjuun tulos ja keskimäärin lähes samaa tasoa kuin pinta-alatukea saavan ainespuunkorjuun. Integroitu korjuu oli koneellisessa korjuussa ainespuukorjuuseen verrattuna suhteellisesti kannattavampaa kohteissa, joissa oli hyvät edellytykset myös ainespuukorjuulle. Tämä johtui siitä, että integroidussa korjuussa energiapuuksi korjattavien ja ainespuuksi kelpaamattomien pienten puiden suuri määrä kasvatti integroidun korjuun hakkuukustannuksia enemmän kuin pelkän ainespuuhakkuun kustannuksia. Useissa tutkimuksissa alle ainespuukokoisten puiden käsittely yhtiötehakkukoneella on todettu hyvin kalliiksi (mm. Vesisenaho ym. 2002, Tanttu 2004). Vaikka aines- ja energiapuuta pystytäänkin hakkaamaan erilleen, pienten kertymien erilleen korjuu on ongelmallista myös metsäkuljetuksen (Kärhä 2004) ja korjuun logistiikan kannalta (Heikkilä ja Tanttu 2004). Tämän tutkimuksen tulosten mukaan kemera-kohteissa ei yleensä kannattaisi tehdä integroitua korjuuta, vaan ennemmin ottaa kertymä talteen pelkkänä energiapuuna tai ainespuuna.

Energiapuun talteenotto kokopuunen menetelmällä oli sekä metsänomistajalle että energiapuun hankintaa tekeväälle yritykselle kannattavaa toimintaa kaikissa tutkimusmetsiköissä, kun yritys maksoi metsänomistajalle korvauksen 2 €/m<sup>3</sup> tai 100 €/ha. Metsiköissä, joissa ainespuukertymä oli alle 35



m<sup>3</sup> ja ainespuun keskikoko alle 50 dm<sup>3</sup>, yrityksen nettotulos oli lähellä nollassa, kun yritys maksoi energiapuusta 4 €/m<sup>3</sup>. Suurin hinta, jonka yritys voisi energiapuusta kannattavasti maksaa, lähenteli korjuuoloiltaan parhaissa kohteissa kuitupuun kantohintatasoa. Mm. Kivelän (2002) mukaan tukipolitiikalla ei kuitenkaan pitäisi tukea energiapuun kantohintaa. Kohteissa, joissa ainespuukertymä oli alle 35 m<sup>3</sup> ja ainespuun keskikoko alle 50 dm<sup>3</sup>, yrityksen maksukyky energiapuusta oli 2,7–5,0 €/m<sup>3</sup>, joka vastaa herkkyyksianalyysissä käytettyjä yksikkökorvauksia.

Tässä tutkimuksessa metsähakkeen yksikköhinnan (€/MWh) oletettiin määräytyvän kokonaisuudessaan energiapuun talteenoton ulkopuolelta vaihtoehtoisten energiamuotojen kilpailusta. Jos energiapuun talteenoton volyymi kasvaa lähivuosina, vaikuttaa tämä myös metsähakkeesta maksettavaan hintaan. Nuorten metsien energiapuun talteenoton tukeminen on kuitenkin vielä tällä hetkellä välttämätöntä niin Suomessa (esim. Rämö ym. 2001) kuin muuallakin Euroopassa (esim. Scheider ja Kaltschmitt 2000), jotta energiapuu saadaan kilpailukyiseksi vaihtoehtoisten energiamuotojen kuten kivihiilen, turpeen ja öljyn kanssa.

## Kiitokset

Tutkimus on osa Metsäntutkimuslaitoksen hanketta ”Energiapuun korjuun tehostaminen nuorista metsistä metsänhoitoyhdistysten ja metsänomistajien yhteistyönä”. Hanke kuului VTT Prosessien koordinoimaan hankekokonaisuuteen ”Metsähakkeen tuotannon kehittäminen nuorista metsistä”. Hankekokonaisuutta ovat rahoittaneet Tekesin Puuenergian teknologiaohjelma, Biowatti Oy, Jyväskylän teknologiakeskus Oy, Maa- ja metsätalousministeriö, Stora-Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Metsäntutkimuslaitos ja VTT Prosessit. Hankekokonaisuuden johtoryhmän puheenjohtajana on toiminut Pentti Hakkila ja hankekokonaisuuden koordinaattorina Kari Hillebrand, molemmat VTT Prosesseista. Tutkimusaineiston keruussa ovat avustaneet Jouni Peltoniemi Askolan seudun metsänhoitoyhdistys ry:stä sekä Antero Lehti ja Juhani Jaskari Salpausselän metsänhoitoyhdistys ry:stä. Käsikirjoituksen

ovat lukeneet ja siihen arvokkaita parannusehdotuksia antaneet Jani Heikkilä, Pekka Ripatti ja Jari Valkonen. Kaikille edellä mainituille, kahdelle tutkimusartikkelin esitarkastajille, samoin kuin monille muille tutkimukseen myötävaikuttaneille tekijät esittävät parhaimmat kiitoksensa.

## Kirjallisuus

- Aarnio, J. 1997. Yksityismetsien puuntuotannon julkisen tuki. Julkaisussa: Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.). Kannattava puuntuotanto. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 136–139.
- Asetus 1311/1996. 1996. Maa- ja metsätalousministeriön asetus kestävän metsätalouden rahoituksesta. Annettu 30.12.1996 Helsingissä.
- Asetus 44/01. 2001. Maa- ja metsätalousministeriön asetus kestävän metsätalouden rahoituksesta annettuihin lain nojalla puuntuotannon kestävyys turvaamiseksi tehtävistä töistä. Päivämäärä 15.5.2001, nro1803/633/2001.
- Asetus 97/01. 2001. Maa- ja metsätalousministeriön asetus kestävän metsätalouden rahoituksesta annetun lain nojalla tehtävän suunnittelun ja puuntuotannon kestävyys turvaamiseksi tehtävien töiden rahoituksesta. Päivämäärä 19.12.2001, Dnro 4570/00/2001.
- Asetus 1312/2001. 2001. Maa- ja metsätalousministeriön asetus energiapuun haketukseen käytettävän tuen myöntämisestä ja tuen enimmäismäärästä. Annettu 17.12.2001 Helsingissä.
- Asikainen, A. 2001. Design of supply chain management for paper and timber industries. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> World Symposium on Logistics in Forest Sector, 12–15 August 2001, Växjö, Sweden. s. 179–190.
- & Laitila, J. 2002. Metsähakkeen tuotannon logistiikka – osaprojekti. Julkaisussa: Alakangas, E. (toim.). Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002. VTT Symposium 221. VTT Prosessit. s. 67–70.
- Björheden, R. & Fröding, A. 1986. Ny rutin för gallringsfrågan. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsteknik. Uppsatser och Resultat. 2: 71–76.
- Fredriksson, T. (toim.). 2004 Polttohakkeen tuotanto harvennusehdotuksista. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 24 s.
- Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Folia Forestalia 773. 24 s.

- 2003. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999–2003. Technology Programme Report 5/2003. 54 s.
- 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Teknologiaohjelmaraaportti 5/2004. 135 s.
- & Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. 92 s.
- Harstela, P. 2004. Metsätalouden kannattavuus. Julkaisussa: Harstela, P. (toim.). Metsähake ja metsätalous. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 913: 75–76.
- Heikkilä, J. & Tantt, V. 2004. Karsitun energiapuun erillis- ja integroitu korjuu. Julkaisussa: Nuoret metsät energialähteenä. Retkeily ja seminaari 31.8.–1.9.2004, Joensuun Tiedepuisto, Joensuu. Tekes. 11 s.
- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 79 s.
- Hynynen, J. & Ahtikoski, A. 2004. Puuntuotanto ja tuotto. Julkaisussa: Harstela, P. (toim.). Metsähake ja metsätalous. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 913: 7–15.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 95 s.
- Hämäläinen, J. & Korpilahti, A. 1999. Energiapuun hankinta taimikon harvennuksen ja ensiharvennuksen yhteydessä. Julkaisussa: Metsäpolttoaineiden tuotantokustannukset. Bioenergian tutkimusohjelma. Julkaisuja 24. 101 s.
- Kahala, M. 1981. Pieniläpimittaisen lehtikokopuun metsäkuljetus. Metsätehon katsaus 6/1981. 4 s.
- 1984. Osapuunakorjuu eteläsuomalaisissa harvennusmetsäolosuhteissa. Metsätehon tiedotus 386. 19 s.
- Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Maa- ja metsätalousministeriö. MMM:n julkaisuja 2/1999. 40 s.
- Kemera-opas. 2004. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja metsäkeskus Pirkanmaa 2002–2004. 14.10.2004. 50 s.
- Kivelä, H. 2002. Rajanveto aines- ja energiapuun välillä. Julkaisussa: Alakangas, E. (toim.). Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002. VTT Symposium 221. VTT Prosessit. s. 75–85.
- Kivinen, K. & Paldanius, J. 2002. Kansallinen metsäohjelma 2010:n evaluointi. Diskurssi Oy 16.9.2002. Maa- ja metsätalousministeriö. 107 s.
- Korpilahti, A. 2003. Puupolttoaineiden tuotantoketjujen kilpailukyky. Julkaisussa: Kariniemi, A. (toim.). Kehittyvä puuhuolto 2003 – seminaarijulkaisu. s. 73–81.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Metsätehon tiedotus 410. 38 s.
- Kärhä, K. 2002. (toim.). Nuoren metsän hoitotyön pienetknologia. Työtehoseuran julkaisuja 387. 82 s.
- 2004. Keto Forst Energy ja Valmet 945 saksi – energiapuun hakkuussa. Metsätehon katsaus 1/2004. 4 s.
- , Mäkinen, P., Rieppo, K. & Sirén, M. 2001. Tarkastelu ja johtopäätökset. Julkaisussa: Kärhä, K. (toim.). Harvennuspuun koneelliset korjuuvaihtoehdot. Työtehoseuran julkaisuja 328: 74–82.
- Laitila, J. & Asikainen, A. 2002a. Kaatokasauksen koneellistaminen nuorten metsien energiapuun korjuussa. Esitelmä tieteellisessä kokouksessa. Puuenergian teknologiaohjelman tutkijaseminaari, Pietarsaari 10.–11.4.2002.
- & Asikainen, A. 2002b. Koneellinen energiapuun korjuu harvennusmetsistä. Puuenergia 3: 8–9.
- , Asikainen, A., Sikanen, L., Korhonen, K.T. & Nuutinen, Y. 2004. Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka. Metlan työraportteja 3. 58 s.
- Laki kestävän metsätalouden rahoituksesta. 1996. Laki 1094/1996. Annettu Helsingissä 12.12.1996 (HE 63/1996, MmVM18/1996, EV 209/1996).
- Metsäalan palkkaus. 2001. Koulutusaineisto. IX Painos. Metsäalan palkkauksen projektiryhmä. 50 s.
- Mälkönen, E. & Finér, L. 2001. Energiapuun korjuu ja metsämaan ravinnetase. Julkaisussa: Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.). Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816: 31–52.
- Nikkola, A. & Solmio, H. 2003. Lämpöyrittäjätoiminta vuonna 2002. Työtehoseuran metsätiedote 10/2003 (668). 4 s.
- Ovaskainen, V., Aarnio, J. & Ollonqvist, P. 2004. Puuntuotannon investoinnit ja julkinen tuki. Julkaisussa: Aarnio, J. (toim.). Julkinen tuki yksityismetsätaloudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 923: 7–8.
- Pöllänen, J. 2002. Metsätyövoiman yhteiskäyttö ja siihen liittyvät sivukustannukset. Metsäteollisuus ry/Työmarkkinayksikkö. Kiertokirje M9/02. 15.4.2002. 3 s.
- Ryynänen, S. & Rönkkö, E. 2001. Harvennusharvestereiden tuottavuus ja kustannukset. Työtehoseuran julkaisuja 381. 67 s.
- Rämö, A.-K. & Toivonen, R. 2001. Metsänomistajan energiapuun tarjontahalukkuus alueittain. Pellervon ta-

- loudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita 46. 53 s.
- , Toivonen, R. & Tahvanainen, L. 2001. Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjonta ja suhtautuminen puun energiakäyttöön. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja 175. 101 s.
- Salo, M. 2004. Kokemuksia energiapuun korjuusta nuorista metsistä. Julkaisussa: Nuoret metsät energialähteenä. Retkeily ja seminaari 31.8.–1.9.2004, Joensuun Tiedepuisto, Joensuu. Tekes. 3 s.
- Schneider, B. & Kaltschmitt, M. 2000. Heat supply from woody biomass – an economic analysis. *Ecological Engineering* 16: 123–135.
- Sevola, Y., Peltola, A. & Moilanen, J. 2003. Polttopuun käyttö pientaloissa 2000/2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 894. 30 s.
- Sirén, M. & Aaltio, H. 2001. Seurantatutkimus. Julkaisussa: Kärhä, K. (toim.). Harvennuspuun koneelliset korjuuvaihtoehdot. Työtehoseuran julkaisuja 328: 43–46.
- , Tanttu, V., Mäntynen, E., Aaltio, H. & Siipilehto, J. 2002. Ensiharvennusten korjuuolot. Julkaisussa: Sirén M. (toim.). Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837: 9–19.
- Solmio, H. 2000. Lämpöyrittämisen kehittämistarve ja potentiaali. Työtehoseuran monisteita 9/2000 (83). 67 s.
- Tahvanainen, M. 2001. Ennakkoraivauksen kannattavuus. Julkaisussa: Kärhä, K. (toim.). Harvennuspuun koneelliset korjuuvaihtoehdot. Työtehoseuran julkaisuja 328: 62–64.
- Tahvanainen, T. 2004. Metsähake ja puukauppa. Julkaisussa: Harstela, P. (toim.). Metsähake ja metsätalous. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 913: 37–48.
- Tanttu, V. 2004. Integrated harvesting of delimbed industrial roundwood and energy wood. Esitelmä. NSR-Conference of forest operations. Hyytiälä Forest Field Station, Juupajoki, Finland 30.–31.8.2004.
- , Sirén, M. & Aaltio, H. 2002. Harvennuskertymän rakenne ja energiapuun määrä ensiharvennusemännikössä. Julkaisussa: Sirén M. (toim.). Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837: 27–36.
- Vesisenaho, T. 2002. Latvahukkapuun hyödyntäminen energiapuuksi koneelliseen puunkorjuuseen integroituna varttuneen männikön harvennuksessa. Hankeraportti. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Luonnonvarainstituutti. 21 s.
- , Wickstrand, H. & Vääräsmäki, M. 2002. Latvahukkapuun hyödyntäminen energiapuuksi koneelliseen puunkorjuuseen integroituna männikön ensiharvennuksella. Hankeraportti. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Luonnonvarainstituutti. 28 s.
- Ylimartimo, M., Harstela, P., Korhonen, K.T. & Sirén, M. 2001. Ensiharvennuskohteiden korjuukelpoisuus ojitetuilla turvemailla. *Metsätieteen aikakauskirja* 2: 253–263.
- Ylitalo, E. (toim.). 2001. Puupolttoaineen käyttö energiantuotannossa vuonna 2000. *Metsätalostatiedote* 574. Metsäntutkimuslaitos. Metsätalostollinen tietopalvelu 4.5.2001. 5 s.
- 2004. Puupolttoaineiden käyttö energiantuotannossa vuonna 2003. *Metsätalostatiedote* 719. Metsäntutkimuslaitos. Metsätalostollinen tietopalvelu 6.5.2004. 8 s.
- Örn, J. 1997. Metsä- ja metsäkonealan palkat. Julkaisussa: Häyrynen, J. (toim.). *Tapion taskukirja*. s. 532–537.
- & Liikkanen, R. 2002. Hakkuupalkan laskenta TES-kausi 1.3.2002–31.1.2003. *Metsäteho Oy:n ATK-laskentamalli*. 24.1.2002.
- , Poikela, A. & Liikkanen, R. 2002. Perkausharvennuksen urakkahinnoittelu. *Metsäteho Oy:n ATK-laskentamalli*. 24.1.2002.

## 60 viitettä