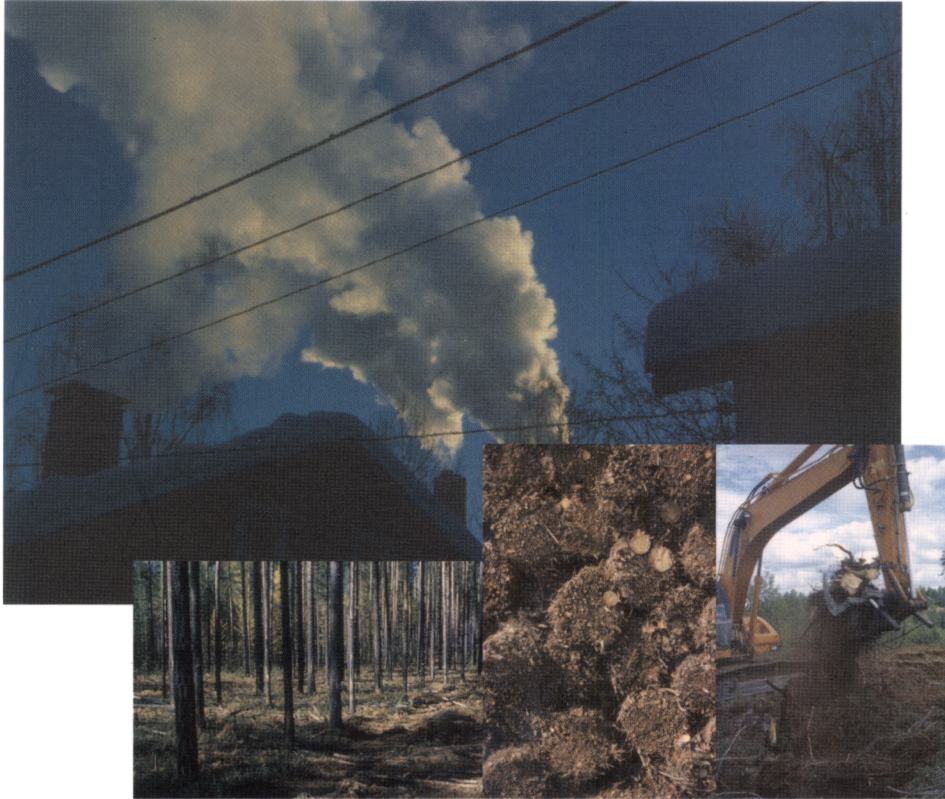


42.03.04  
METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 913, 2004



## METSÄHAKE JA METSÄTALOUS

Pertti Harstela (toim.)



PUUENERGIA

Suonenjoen tutkimusasema



2-03.04

# METSÄHAKE JA METSÄTALOUS

Pertti Harstela (toim.)

*Metsäntutkimuslaitos - Suonenjoen tutkimusasema*

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Suonenjoen tutkimusasema

**Harstela, Pertti (toim.).** 2004. Metsähake ja metsätalous.  
Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 913.  
80 sivua. ISBN 951-40-1908-3

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema

Hyväksytty painettavaksi: Kari Mielikäinen 29.1.2004

Tilaukset: Metla, Vantaan tutkimuskeskus, kirjasto, PL 18, 01301 Vantaa  
puh. 010 2111, fax 010 211 2101

Kansi ja taitto: Gravita Ky

Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2004

# Sisällys

Alkusanat.....	4
Johdanto, Pertti Harstela .....	5
Puuntuotanto ja tuotto, Jari Hynynen, Anssi Ahtikoski .....	7
Metsänuudistaminen ja taimikonhoito, Pertti Harstela .....	16
Puunkorjuu ja kuljetus, Antti Asikainen .....	26
Metsähake ja puukauppa, Timo Tahvanainen .....	37
Metsähake ja metsäsuunnittelu, Timo Tahvanainen .....	49
Ympäristövaikutukset, Antti Asikainen.....	55
Metsähake ja yrittäjyys, Pertti Harstela .....	63
Metsien monikäyttö ja maisemanhoito, Liisa Tahvanainen .....	68
Metsätalouden kannattavuus, Pertti Harstela .....	75
Tarkastelua, Pertti Harstela .....	77

# Alkusanat

Puuenergian teknologiaohjelman johtoryhmä tilasi käsillä olevan asiantuntijaselvityksen Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalta. Tehtävänä oli tarkastella hyvin kokonaisvaltaisesti metsähakkeen tuotannon vaikutuksia metsätalouteen. Työtä varten koostettiin tutkijaryhmä Vantaan ja Joensuun tutkimuskeskuksesta ja Suonenjoen ja Muhoksen tutkimusasemilta. Työtä varten tehtiin joitakin laskelmia ja koottiin alan tutkimustietoutta. Monilta osin jouduttiin kuitenkin tyytymään niin sanottuun valistuneeseen arvaukseen. Näin ollen kyseessä on paremminkin asiantuntijanäkemyks kuin tutkimus.

Aloite selvityksen tekemiseen tuli tutkimusohjelman johtajalta professori Pentti *Hakkilalta* ja hän myös osallistui aktiivisesti työn ohjaamiseen kirjoittajaryhmän kokouksissa. Työn loppuvaiheessa monet muutkin tutkimusohjelman johtoryhmän jäsenet esittivät arvokkaita korjausehdotuksia. Kirjoittajat lausuvat parhaat kiitokset tutkimusohjelman johtoryhmälle.

Kirjoittajat

# Johdanto

Pertti Harstela

Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema

e-mail: [pertti.harstela@metla.fi](mailto:pertti.harstela@metla.fi)

Metsähakkeen käyttöä on suoran polttoaineen tuotannon arvon ja mahdollisen päästökauppa-arvon ohella perusteltu yhteiskunnallisilla vaikutuksilla kuten vaikutuksilla työllisyyteen, energian tuotantovarmuuteen ja aluetalouteen. Keskeinen tavoite on ollut hiilidioksidipäästöjen alentaminen. Niin ikään on usein viitattu metsänhoidollisiin hyötyihin.

Metsätalouden toimijat näkevät yleensä metsätalouden päätehtäväksi puuntuotannon. Yhteiskunnassa on myös muita odotuksia, ja valtiovallan tahtona on ilmaistu metsäenergian käytön lisääminen osana ilmasto- ja energiapolitiikkaa. Myös voimaloiden ja lämpölaitosten intresseissä voi olla puuenergian käytön lisääminen muun muassa päästöjen vähentämisen vuoksi. Näin metsätalouden tavoitteita ei voi määrittää yksin metsätalouden sisällä ja metsäenergian käytön lisääminen tapahtuu pitkälti metsätalouden ulkopuolisten tekijöiden

vaikutuksesta. Keskustelua ja tavoitteiden asettamista varten on kuitenkin tarpeen tuntea monipuolisesti metsäenergian käytön vaikutukset myös metsätalouteen.

Vaikutukset metsätalouteen ovat kuitenkin monitahoisia ja aiheesta puuttuu kokonaisvaltainen tarkastelu. Aihetta on tosin tarkasteltu tietyiltä osa-alueilta kuten metsämaan ravinnetalouden tai metsänviljelyn laadun ja kustannusten näkökulmista, mutta hyötyjä ja haittoja ei ole kokonaisvaltaisesti suhteutettu toisiinsa. Joiltakin osa-alueilta tutkimukset ja tarkastelut kokonaan puuttuvat, joiltakin ovat puutteellisia. Tämän selvityksen tarkoituksena on kirjallisuuden ja erilaisten laskelmien avulla luoda asiantuntijanäkemyksensä metsähakkeen käytön metsätaloudellisista vaikutuksista.

Vuonna 2002 metsähakkeen laitoskäyttö oli 1,3 milj. m<sup>3</sup> ja pienkäyttö noin 0,4

**Taulukko 1. Laskelmissa käytetyt metsähakkeen tuotantomäärät.**

	2002		2010		2025	
	Milj. m <sup>3</sup>	Tuhatta ha	Milj. m <sup>3</sup>	Tuhatta ha	Milj. m <sup>3</sup>	Tuhatta ha
Hakkuutähdehake	1,1	22	2,5	50	5,0	100
Kantomurske	Δ	Δ	1,5	25	2,5	42
Pienpuuhake	0,6	8	1,0	20	2,5	50
Yhteensä	1,7	30	5,0	95	10,0	192

milj. m<sup>3</sup> (Uusitalo 2003) <sup>1)</sup>. Teknisesti korjuukelpoinen metsäbiomassa on arvioitu 10-16 milj. m<sup>3</sup>:ksi, joten sen valossa Suomen energia- ja ilmastostrategian mukainen metsähakkeen vuosituotannon tavoite 5 milj. m<sup>3</sup> vuoteen 2010 mennessä näyttää saavutettavalta. Tässä selvityksessä tuo 5 milj. m<sup>3</sup> tuotanto otetaan tarkastelujen lähtökohdaksi.

Kaukaisempana, vuoden 2025 tavoitteena on 10 milj. m<sup>3</sup> tuotanto, johon tarkastelua myös peilataan.

---

<sup>1)</sup> *Metsätilastotiedote 631. Metsäntutkimuslaitos.*

# Puuntuotanto ja tuotto

Jari Hynynen

*Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus*

*e-mail: jari.hynynen@metla.fi*

Anssi Ahtikoski

*Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema*

*e-mail: anssi.ahtikoski@metla.fi*

## Energiapuun korjuu osana metsänkasvatusketjua

Energiapuun kasvatusta voi olla joko metsänkasvatuksen päätavoite tai se voi olla muiden tavoitteiden joukossa oheistuote, jonka tuottamiseen metsänkasvatuksessa myös pyritään. Nykyisessä tilanteessa kotimaisilla pääpuulajeilla metsän kasvatusta pelkäänsä energiapuun tuottamiseksi ei ole taloudellisesti perusteltua. Sen sijaan energiapuu saattaa olla ainespuun tuotantoa täydentävä tuote, jolla voi olla myös ainespuun tuottamisen kannalta myönteisiä vaikutuksia.

Energiapuun korjuu sopii luontevasti metsikön kasvatusketjun osaksi toisaalta taimikonhoitovaiheessa, jossa poistettava puusto ei vielä kelpaa ainespuuksi, ja toisaalta päätehakkuun yhteyteen, jossa ainespuun korjuussa metsään jää huomattava osa energiakäyttöön soveltuvaa biomassaa hakkuutähteisiin ja juurakoihin.

Taimikonhoito on puuntuotannon kannalta ensiarvoisen tärkeä toimenpide. Sen suorittaminen ajallaan ja riittävän voimakkaana on edellytys sille, että metsästä saadaan seuraavissa harven-

nuksissa ja päätehakkuussa hyvälaatuisia ja riittävän järeää ja taloudellisesti arvokasta ainespuuta. Se on investointi, jonka hyödyt realisoituvat täysimääräisesti vasta vuosikymmenien kuluttua. Taimikonhoidon yhteydessä toteutettavan energiapuun korjuun avulla voidaan taimikonhoito saada jopa kannattavaksi metsänhoidon toimenpiteeksi. Energiapuun korjuu voisikin parhaimmillaan tarjota kannustimen toteuttaa metsänhoidollisesti tärkeää, mutta lyhyellä tähtämällä ainoastaan kustannuksia aiheuttavaa toimintaa.

Päätehakkuun yhteydessä toteutettavalla energiapuun korjuulla voi myös olla myönteisiä metsänhoidollisia vaikutuksia. Hakkuutähteiden poisto voi selvästi nopeuttaa uudistamistyötä ja alentaa kustannuksia. Hakkuutähteiden ja kantojen poisto ennen istutusta mahdollistaa tasaisemman istutustiheyden, mikä puolestaan parantaa hehtaarikohtaista tuotosta ja edelleen taloudellista tulosta.

Toisaalta energiapuun korjuuseen liittyy väistämättä ravinteiden menetys. Neulasiin ja hakkuutähteisiin on sitoutunut huomattavasti enemmän ravinteita kuin runkopuuhun. Tämä ravinnemenetys vaikuttaa kasvamaan jätettävän

puuston tai alueelle syntyvän uuden puusukupolven kasvuedellytyksiin. Vaikutuksen suuruus vaihtelee kasvu- paikan ja puulajin mukaan. Se riippuu lisäksi poistuneesta neulas- ja/tai hakkuutähdemassasta sekä siitä, missä puuston kehitysvaiheessa ravinteita poistuu.

Energiapuun korjuun vaikutuksia metsikön puuntuotukseen ja metsänkasvatuksen kannattavuuteen tarkastellaan seuraavassa kahden esimerkkimetsikön, kuivahkon kankaan männikön ja tuoreen kankaan kuusikon avulla. Laskelmat perustuvat kasvu- ja tuotosmallien avulla tuotettuihin kehitysennusteisiin ja ne on tehty Metsäntutkimuslaitoksen MOTTI-metsikkösimulaattorilla (Hynynen ym. 2002, Salminen ym. 2003).

## Esimerkkilaskelmat

Laskelmat tehtiin kuivahkon kankaan männikölle ja tuoreen kankaan kuusikolle. Molemmissa tapauksissa laskelmien lähtökohtana oli havupuuvaltainen, mutta runsaasti lehtipuusekoitusta sisältävä taimikko, jossa taimikonharvennus on ajankohtainen (Taulukko 1).

Energiapuun korjuun vaikutuksia ha-

**Taulukko 1. Esimerkkitaimikoiden lähtöpuustot.**

	<b>Männikkö</b>	<b>Kuusikko</b>
Metsätyyppi	VT	MT
Lämpösumma	1250	1201
Puustotiedot		
Puuston ikä, v.	30	15
Runkoluku, kpl/ha		
Mänty	3094	195
kuusi		3053
Rauduskoivu		1689
Hieskoivu	500	1364
Keskiläpimitta, cm		
mänty	8,6	1,1
kuusi		2,5
Rauduskoivu		1,8
Hieskoivu	6,2	1
Keskipituus, m		
mänty	6,7	1,7
kuusi		2,8
Rauduskoivu		2,6
Hieskoivu	6,1	2,3

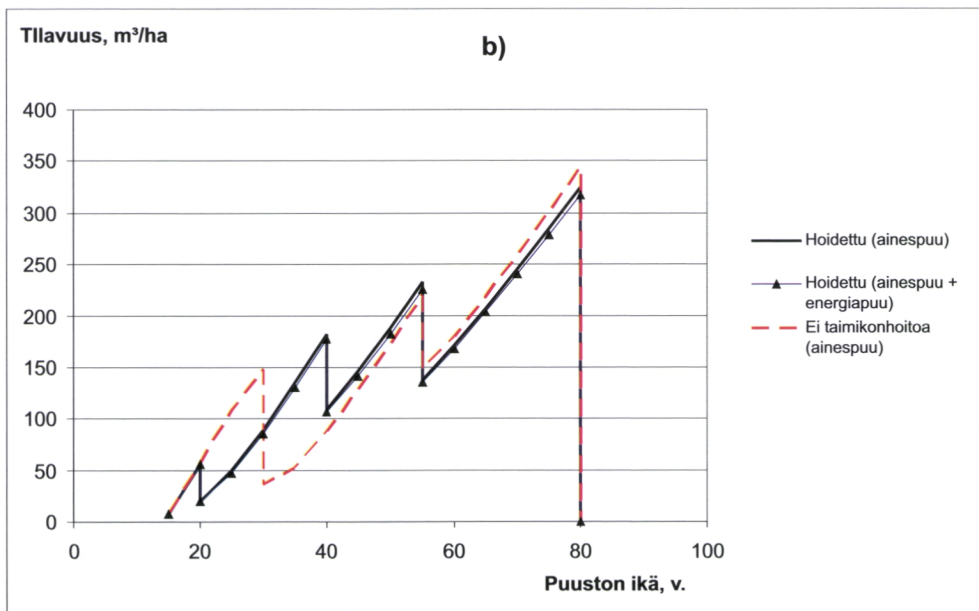
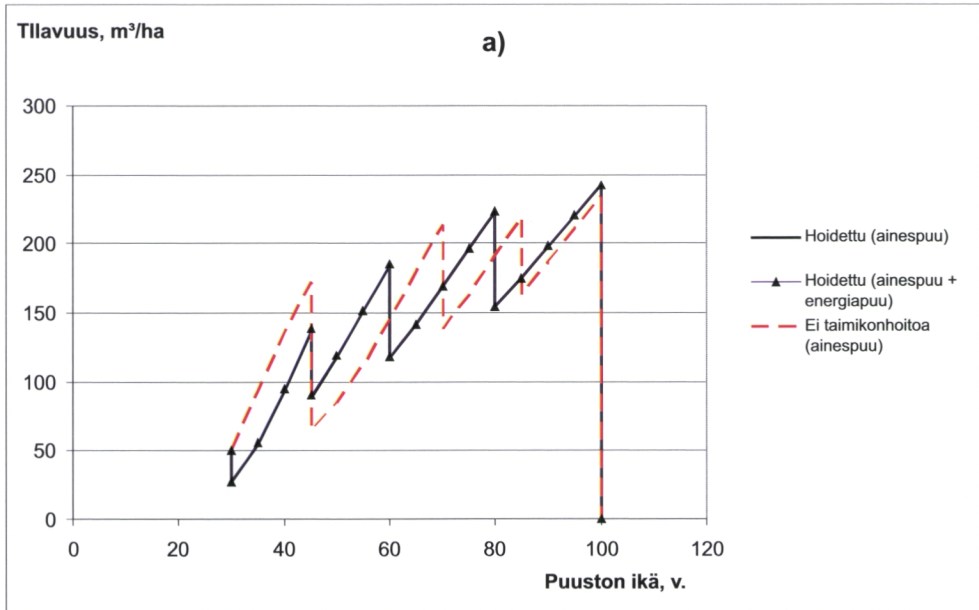
vainnollista-  
maan taimi-  
kolle tuotet-  
tiin kolme  
vaihtoehtois-  
ta kasvatus-  
ketjua:  
1. Suositus-  
ten mukainen  
kasvatusket-  
ju, jossa  
korjataan  
pelkästään  
ainespuuta.  
2. Suositus-  
ten mukainen  
kasvatusket-  
ju, jossa  
ainespuun  
lisäksi  
korjataan  
energiapuuta  
taimikonhar-

vennuksen ja päätehakkuun yhteydes-  
sä.

3. Taimikkovaiheessa hoitamatta jäävä  
metsikkö, josta korjataan harvennuksis-

sa ja päätehakkuussa pelkästään  
ainespuuta.

Molemmilla puulajeilla oletettiin, että  
energiapuuta korjattaisiin sekä taimikon-



**Kuva 1. Puuston tilavuuden kehitys eri käsittelyvaihtoehdoissa kuivahkon kankaan männikössä (a) ja tuoreen kankaan kuusikossa (b).**

harvennuksessa että päätehakkuussa, vaikka metsikössä käydäänkin kiertoaikana useimmissa tapauksissa vain keran ottamassa energiapuuta talteen - männiköissä taimikonharvennuksen yhteydessä ja kuusikoissa päätehakkuussa. Laskelmiin haluttiin kuitenkin sisällyttää kaikki ne tekijät, joilla saattaa olla merkitystä yllä esitettyjen vaihtoehtojen taloudellisessa vertailussa. Täten molemmilla puulajeilla laskettiin taimikonharvennuksen yhteydessä suoritettavan energiapuun talteenoton aiheuttamien ravinnemenetysten vaikutukset puun tuotokseen. Kaikissa kasvatusvaihtoehtoissa harvennukset tehtiin Tapion metsänhoitosuosituksen mukaisina. Männikkö suoritettiin kolme harvennusta ennen päätehakkuuta 95 vuoden iässä. Kuusikossa kiertoaika oli 80 vuotta ja harvennuksia tehtiin kaksi (kuva 1).

Kasvatusvaihtoehtossa 2 taimikonhoidon yhteydessä energiapuun korjuu toteutettiin siten, että taimikonhoidon yhteydessä poistettava puuston koko maanpäällinen biomassa otettiin talteen energiapuuna. Laskelmissa oletettiin, että taimikonhoidon yhteydessä talteen saadaan 62 % biomassasta. Päätehakkuun

yhteydessä korjattavan hakkuutähteiden ja kantojen keruussa oletettiin, että talteen saadaan 68 % biomassasta.

Energiapuuna korjattavan biomassan laskennassa käytettiin Marklundin ja Hakkilan biomassamalleja. Puuston tiheyksien ja lämpöarvojen laskennassa sovellettiin Hakkilan (1972, 1979, 1991) ja Nurmen (1993, 1995) esittämiä muuntokertoimia. Laskelmissa oletettiin hakkuutähteiden kosteusprosentin olevan 40 %. Energian taloudellisen arvon laskennassa metsähakkeen hinnaksi oletettiin 9 e/MWh. Lisäksi vertailulaskelmissa oletettiin, että metsänomistaja saa itselleen energiapuun (ml. kannot) tehollisesta lämpöarvosta joko 0,5 e tai 1,0 e/MWh.

Kaikille kasvatusvaihtoehtoille laskettiin kiertoajan aikaiset hakkuupoistumat puutavaralajeittain ja hakkuukerroittain. Kaikille kasvatusvaihtoehtoille laskettiin lisäksi sekä kiertoajan hakkuutulot ilman korkoa että hakkuutulojen nykyarvot kiertoajan alkuun diskontattuina 2, 3 ja 4 %:n korkokannoilla. Laskenta perustui kantohintoihin (Taulukko 2), eikä tuottojen laskennassa otettu huomioon metsänkasvatuksen kustannuksia.

**Taulukko 2. Laskelmissa käytetyt ainespuun puu- ja puutavaralajeittaiset kantohinnat**

Puulaji	tukkipuu, €/m <sup>3</sup>	kuitupuu, €/m <sup>3</sup>
mänty	47,3	14,1
kuusi	45,0	22,1
lehtipuu	45,60	13,6

## Ainespuun tuotos ja tuotto

Kaikissa kasvatusvaihtoehdoissa puuntuotos on määrällisesti mitattuna samaa suuruusluokkaa. Energiapuun korjuu taimikonhoidon yhteydessä, sen enempää kuin taimikonhoidon laiminlyöntikään ei mainittavasti vaikuta metsikön ainespuun kokonaistuotokseen. Sen sijaan käsittely vaikuttaa ainespuun puutavara-lajeittaiseen jakautumiseen ja sitä kautta hakkuukertymän arvoon. Taimikonhoitovaiheessa tehtävä energiapuun korjuun vaikutus ainespuun tuotokseen ja kantorahatuloihin on vähäinen. Taimikon hoitamattomuus puolestaan hidastaa puuston järeytymistä, minkä seurauksena tukkipuun tuotos jää alhaisemmaksi kuin hoidetussa metsässä. Se heijastuu diskontatuissa kantorahatuloissa yli 10 %:n tuottotappiona (Taulukko 3). Hoitamattomuuden seurauksena nuoren metsikön tuhoriskit kasvavat, mitä ei ole laskelmissa voitu ottaa huomioon. Mahdolliset tuhot luonnollisesti alentavat entisestään hoitamattoman metsikön tuotosta ja tuottoa.

Taulukkoa 3 voidaan tulkita seuraavasti: energiapuun talteenotto on laskennallisesti perusteltua metsänomistajalle, jos energiapuun diskontattu arvo ylittää diskontattujen kantorahatulojen erotuksen. Näin tapahtuu esimerkiksi kuusella silloin, kun laskentakorkokantana on 3% ja metsänomistajalle maksetaan 1,0 e/MWh (102 vs. 89).

## Energiapuun kertymät

Energiapuukertymät ja niitä vastaavat energiapuun lämpöarvot on esitetty taulukossa 4. Männikössä ainespuun korjuun yhteydessä toteutetussa energiapuun korjuussa saadaan energiapuuta talteen yht. 47 tonnia, josta 26% saadaan taimikonharvennuksessa ja loput 74% päätehakkuussa. Päätehakkuussa kantojen nostosta biomassaa kertyy 20 tonnia, joka on 43 % koko energiapuun kertymästä.

Kuusikossa energiapuuta kertyy männiköä enemmän, yhteensä 105 tonnia. Taimikonharvennuksessa korjattavan pienpuun biomassaa on 23 tonnia (22%), ja loput 82 tonnia päätehakkuussa (78%). Kantojen nostossa kertyy energiapuubiomassaa 41 tonnia, joka on n. 40% koko energiapuukertymästä.

## Energiapuun korjuun aiheuttaman ravinnemenetyksen vaikutukset

Energiapuun korjuun yhteydessä metsästä korjataan latvusbiomassaa, johon on sitoutunut runkopuuta enemmän ravinteita. Kasvatusvaiheessa energiapuun korjuusta koituvalla ravinnemenetyksellä on vaikutusta jäävän puuston kasvuun. Puusto kasvun kannalta merkittävin ravinne on typpi, joka on kangasmailla minimiravinne.

Laskelmissa ja jo esitetyissä kuvaajissa (kuva 1a ja 1b) ja taloudellisissa tuloksissa

(taulukko 3) on otettu huomioon taimikonharvennuksen yhteydessä poistuvien ravinnemenetysten tuotos- ja tuottovai-  
kutukset (Taulukko 5). Taimikonhoidon ja ensiharvennuksen yhteydessä tehtävän hakkuutahteiden korjuun aiheuttama kas-  
vutappion vaikutuksen laskenta perustuu korjattuun biomassan sisältävän typpi-

määrän arvioon. Biomassojen ravinnesi-  
sältö laskettiin Hakkilan (1976 ja 1991)  
esittämien pitoisuuksien avulla. Näin  
saadaan korjuun aiheuttama typen me-  
netys (kg/ha). Sen kasvuvaiikutus on ar-  
vioitu Kukkolan (2003, julkaisematon)  
laatimalla laskentamallilla, joka perustuu  
aikaisempiin lannoitustutkimuksiin sekä

**Taulukko 3. Ainespuun tuotos ja tuotto kiertoajan aikana eri kasvatusvaihtoeh-  
doissa sekä energiapuun laskennallinen arvo metsänomistajalle, kun metsäno-  
mistajan oletetaan saavan joko 0,5 e tai 1,0 e/MWh talteen otetun energiapuun  
(ml. kannot) tehollisesta lämpöarvosta.**

	VT-männikkö kiertoaika 100 v.			MT-kuusikko kiertoaika 80 v.		
	Hoidettu (aines- puun korjuu)	Hoidettu (yhdistetty ainespuun ja energia- puun korjuu)	Hoitamaton taimikko (ainespuun korjuu)	Hoidettu (aines- puun korjuu)	Hoidettu (yhdistetty ainespuun ja energia- puun korjuu)	Hoitamaton taimikko (ainespuun korjuu)
Ainespuun tuotos, m <sup>3</sup> /ha						
tukki	243	243	185	349	337	269
kuitu	175	174	257	133	131	197
Yht.	418	417	442	481	467	468
Koko kierto-ajan kantorahatulot, e/ha	13978	13943	12378	18538	17960	16335
Kantorahatulojen diskontatut nykyarvot, e/ha (suluissa erotus pelkkään ainespuun korjuuseen verrattuna)						
2,00%	2524	2513 (11)	2280(244)	4647	4485 (162)	4054 (593)
3,00%	1150	1144 (6)	1056 (94)	2435	2346 (89)	2147 (288)
4,00%	551	548 (3)	517 (34)	1318	1267 (51)	1194 (124)
Energiapuun diskontattu arvo metsänomistajalle (e/ha) , olettaen että hän saa sekä taimikonharven- nuksessa että päätehakuussa 0,5 e/MWh tai 1,0 e/MWh lämpöarvosta itselleen						
2 %: 0,5 e/MWh		29 / 17 <sup>a)</sup>		80 / 39		
1,0 e/MWh		59 / 33		160 / 77		
3 %: 0,5 e/MWh		17 / 12		51 / 32		
1,0 e/MWh		33 / 25		102 / 64		
4 %: 0,5 e/MWh		11 / 9		35 / 26		
1,0 e/MWh		22 / 18		70 / 52		

<sup>a)</sup> T-merkin jälkeinen lukuarvo (esim. 17) esittää pelkästään taimikonharvennuksen yhteydessä talteen otetun energiapuun diskontattua arvoa metsänomistajalle. Energiapuun arvon osalta taloudelliset laskelmat pohjautuvat taulukon 4 lukuarvoihin.

tutkimustuloksiin kokopuun korjuun kasvuvaiikutuksista.

Esimerkkilaskelmassa männikön taimikonharvennuksessa poistuvan typen määrä on 12 kg N/ha. Tästä aiheutuu kiertoajan kuluessa n. 1,5 kuutiometrin tuotostappio. Kantorahatulojen nykyarvon menetykseksi muutettuna se vastaa noin 0,5%:n tuottotappiota (Taulukko 5). Kuusikossa ravinnemenetyks on suurempi kuin männikössä, 28 kg N/ha. Se saa aikaan n. 14 kuutiometrin tuotostappion, joka merkitsee kantorahatulojen nykyarvossa noin 4% tuottotappiota kiertoaikana (Taulukko 5).

Energiapuun korjuun aikaansaama tuottotappio on kuitenkin pieni, jos vaihtoehtona on taimikon hoitamattomuus. Jos energiapuun korjuun avulla voidaan taimikoiden hoitotöiden määrää lisätä, niin sen myönteiset seuraukset sekä metsänhoitoon että metsänkasvatuksen kannattavuuteen ovat selvästi suuremmat kuin ravinnemenetyksistä aiheutuvat tuotos- ja tuottotappiot.

Päättehakkuihin yhteydessä hakkuutähteiden mukana poistuu männikössä typpeä n. 80 kg ja kuusikossa 230 kg. Jos lisäksi nostetaan kannot, on ravinnemenetyks männikössä n. 90 kg N/ha ja kuusikossa 260 kg N/ha. Ravinnemenetyk-

**Taulukko 4. Taimikonharvennuksessa ja päättehakuissa kertyvän energiapuun biomassat, tehoisat lämpöarvot ja energian arvot.**

	<b>Mänty</b>	<b>Kuusi</b>
<b>Taimikonharvennus</b>		
pienpuun biomassa	12	23
tehollinen lämpöarvo, MWh/ha	60	115
energian arvo, e/ha	542	1035
<b>Päättehakkuu</b>		
Hakkuutähteiden korjuu		
biomassa	14,9	40,6
tehollinen lämpöarvo, MWh/ha	76	205
energian arvo, e/ha	687	1840
Kantojen nosto		
biomassa	20	41
tehollinen lämpöarvo, MWh/ha	108	201
energian arvo, e/ha	977	1816
Päättehakkuu, yhteensä		
Biomassa	35,1	81,7
Tehollinen lämpöarvo, MWh/ha	184	406
Energian arvo, e/ha	1664	3656
<b>Koko kiertoaika, yhteensä</b>		
biomassa	47	105
tehollinen lämpöarvo, MWh/ha	244	521
energian arvo, e/ha	2206	4691

sen vaikutuksista seuraavan puusukupolven kasvuun on vielä varsin vähän tutkimustietoa, eikä näitä vaikutuksia ole sisällytetty laskelmiin. On kuitenkin oletettavaa, että ravinnemenetys jonkin verran hidastaa seuraavan puusukupolven kehitystä. Toisaalta hakkuutähteiden ja kantojen nosto helpottaa uudistamistyötä alentaen toimenpidekustannuksia ja mahdollistaen istutustaimien tasaisemman tilajärjestyksen. Luotettavan tutkimustiedon puuttuessa eri tekijöiden vaikutusta tuotokseen ja tuottoon ei ole vielä mahdollista kvantitatiivisesti arvioida.

## Lähteet

- Hakkila, P. 1972. Mechanized harvesting of stumps and roots. A sub-project of the joint Nordic research programme for the utilization of logging residues. Lyhenne: Kanto- ja juuripuu koneellinen korjuu. Yhteispuhjoispuu hakkuutähdetutkimuksen alaprojekti. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 77(1)1-71.
- Hakkila, P. 1976. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena. Summary: Stumpwood as industrial raw material. Folia Forestalia 292. 39 s.
- Hakkila, P. 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and

**Taulukko 5. Energiapuun korjuun aiheuttamat ravinnemenetykset taimikonharvennuksen ja päätehakkuu yhteydessä. Taimikonharvennuksen osalta esitetty myös ravinnemenetyksen aikaansaama tuotos- ja tuottotappio kasvatettavan metsikön koko kiertoaikana.**

	<b>Mänty</b>	<b>Kuusi</b>
Taimikonharvennus		
Ravinnemenetys	12	28
Kiertoajan aikainen kasvutappio, m <sup>3</sup> /ha	1,5	13,8
Ainespuun hakkuutulojen väheneminen, e/ha	229	578
Diskontattujen nettotulojen suhteellinen vähennys, korko 2 %	0,4	3,5
Diskontattujen nettotulojen suhteellinen vähennys, korko 3 %	0,5	3,6
Diskontattujen nettotulojen suhteellinen vähennys, korko 4 %	0,5	3,8
Päätehakkuu		
Hakkuutähteiden korjuu		
Ravinnemenetys	79	228
Kantojen nosto		
Ravinnemenetys	14	29
Päätehakkuu, yhteensä		
Ravinnemenetys, kg N/ha	93	257
Koko kiertoaika, yhteensä		
Ravinnemenetys, kg N/ha	105	285

- birch stems in Finland. Seloste: Mäntykuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96(3)1-59.
- Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. Folia Forestalia 773. 24 s.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Siipilehto, J., Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.
- Marklund, L.G. 1988. Biomassfunktioner för tall, gran och brjörk i Sverige. Institutionen för Skogstaxering, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport No. 45, 73 pp.
- Nurmi, J. 1993. Heating values of the above ground biomass of small-sized trees. Tiivistelmä: Pienikokoisten puiden maanpäällisten biomassojen lämpöarvot. Acta Forestalia Fennica 236. 30 s.
- Nurmi, J. 1995. Heating values of mature trees. Acta Forestalia Fennica 256. 28 s.
- Salminen, H., Lehtonen, M., Hynynen, J. 2003. Reusing legacy Fortran in the MOTTI growth and yield simulator. Käsikirjoitus. Tarjottu julkaistavaksi sarjassa: Computers and Electronics in Agriculture.

# Metsänuudistaminen ja taimikonhoito

Pertti Harstela

Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema

e-mail: [pertti.harstela@metla.fi](mailto:pertti.harstela@metla.fi)

## Metsikön perustaminen

Hakkeen pienkäyttö voi vähentää uudistusalojen raivauskuluja, jos raivauspuuta käytetään metsä-hakkeen tuottamiseen. Taloudellinen vaikutus ei kuitenkaan ole kovin suuri, koska uudistusalojen raivauskustannukset kaikkiaan ovat 4,7 milj. euron luokkaa (Metsätilastollinen... 2002). Saatavissa ei ole tietoa raivauspuun käytöstä metsähakkeen tuotannossa. Jos tulevaisuudessa 10 % raivattavasta alasta käytetään metsähakkeen tuottamiseen ja ajatellaan kaikki kulut hakkeen tuotantokustannukseksi, on vuotuinen säästö metsänuudistamiskuluissa 0,5 milj. euroa. Tällöin metsänhoitotöiden vaatima suorittavan työn työpanos alenee 3000 mtp ja työnjohtopanos vastaavasti 200 mtp.

Hakkuutähteiden korjuun vaikutus äestyyksen tuottavuuteen nykyaikaisilla koneilla on kyseenalainen. Vain runsaasti hakkuutähteitä sisältävillä kohteilla on todettu lievää ajonopeuden ja muokkausjäljen peittävyuden alenemista (Tynkynen 1974, Hämäläinen ja Kaila 1987, Saksa ym. 2002). Myös lautasten tukkeumat voivat lisääntyä. Sen sijaan kaivinkoneilla tehtävän laikutuksen ja mätästykseen työn tuottavuus on noussut hakkuutähteiden korjuun seurauksena selvästi eli 10 ... 15 % (Saksa ym. 2002, Saarinen 2003). Kaivinkoneella tehtä-

vän muokkauksen voidaan odottaa yleistyvän nykyisestä ehkä 30 000 hehtaaria 40 000 ... 50 000 hehtaariin. Oletetaan, että tästä määrästä vuonna 2010 hakkuutähteet olisi korjattu 30 000 hehtaarialta. Jos hakkuutähteiden korjuusta tulee säästöä runsas 10 %, on vuotuinen säästö noin 0,7 milj. euroa.

Laskelmaan aiheuttaa epävarmuutta jatkuvatoimisten mätästäjien mahdollinen yleistyminen, joka vastaavasti vähentää säästöä, jos näitä koneita tullaan käyttämään sekä hakkuutähteiden korjuun jälkeen että ilman korjuuta. Toisaalta niiden käyttö saattaa yleistyä juuri hakkuutähteiden korjuun yhteydessä, koska mätäiden laatu on todettu huonoksi ilman korjuuta (Hämäläinen ja Kaila 1987). Tällöin hakkuutähteiden korjuun hyväksi voitaisiin laskea 30...40 % säästö mätästyskustannuksissa siltä osin kuin mätästys tehtäisiin jatkuvatoimisilla koneilla. Tähän suuntaan vaikuttaa myös se, että maanmuokkauksen ja hakkuutähteiden metsäkuljetuksen yhdistäminen voi tuoda noin 10 % lisäsäästön sekä muokkaukseen että kuljetukseen (Hartikainen ym. 2002). Oletetaan hakkuutähteiden korjuun lisäävän jatkuvatoimisten mätästäjien käyttöä ja siten tuovan lisäsäästöä. Näin säästöksi oletetaan 1,0 milj. euroa vuodessa ja suorittavan työn työpanoksen säästöksi 2000 mtp, josta yrittäjäpanosta on kar-

**Taulukko 1. Metsähakkeen tuotannon ansiosta saatavat kustannussäästöt metsänuudistamisessa.**

	2010				2025			
	Hkt	Kah	Pph	Yht.	Hkt	Kah	Pph	Yht.
	Milj. e/v							
Uudistusalan raivaus	–	–	0,5	0,5	–	–	1,1	1,1
Maanmuokkaus	1,0	0,8	–	1,8	1,9	1,3	–	3,2
Istutus	1,2	0,4	–	1,6	2,5	0,7	–	3,2
Täydennysviljely	0,1	Δ	–	0,1	0,2	Δ	–	0,2
Yhteensä	2,3	1,2	0,5	4,0	4,6	2,0	1,1	7,7
e/ha	46,0	48,0	25,0		46,0	47,6	22,0	
e/m <sup>3</sup>	0,9	0,8	0,5		0,9	0,8	0,4	

Hkt = Hakkuutähdehake

Kah = Kantomurske

Pph = Pienpuuhake

keasti arvioiden kolmasosa. Toimihenkilöpanokseen vaikutus on pieni, koska työn nopeutuminen ei juurikaan vähennä suunnittelun ja valvonnan tarvetta

Manuaalisessa istutuksessa ei ole voitu kiistattomasti osoittaa säästöä. Saksan ym. (2002) tutkimuksessa tosin istutus hakkuutähteiden korjuun jälkeen oli 5 %

**Taulukko 2. Metsänuudistamisen työvoimatarpeen väheneminen metsähakkeen tuotannon vaikutuksesta.**

	2010				2025			
	Hkt	Kah	Pph	Yht.	Hkt	Kah	Pph	Yht.
	tuhatta mtp/v							
Uudistusalan raivaus, työntekijät	–	–	3,0	3,0	–	–	5,0	5,0
- toimihenkilöt	–	–	0,2	0,2	–	–	0,2	0,2
Maanmuokkaus, yrittäjät	0,7	0,3	–	1,0	1,4	0,5	–	1,9
- työntekijät	1,3	0,9	–	2,2	2,6	1,6	–	4,2
- toimihenkilöt	Δ	Δ	–	Δ	0,1	0,1	–	0,2
Istutus, yrittäjät	1,0	0,5	–	1,5	1,5	0,7	–	2,2
- työntekijät	2,5	1,7	–	4,2	3,6	2,5	–	6,1
- toimihenkilöt	0,1	Δ	–	0,1	0,1	Δ	–	0,1
Täydennysviljely, työntekijät	0,1	0,1	–	0,2	0,1	0,2	–	0,3
- toimihenkilöt	Δ	Δ	–	Δ	Δ	Δ	–	Δ
Yhteensä	5,7	3,5	3,2	12,4	9,4	5,6	5,2	20,2
Osuus metsätalouden työvoimasta, %				0,2				0,4

Hkt = Hakkuutähdehake

Kah = Kantomurske

Pph = Pienpuuhake

nopeampaa, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Toisaalta vapausasteiden määrä testissä oli pieni ja testaus näin ollen 'varovaista'. Metsurin kulmassa matkassa voitiin todeta noin 10 % ero, mikä selittäisi 5 % säästön.

Koneellisessa istutuksessa Bräcke istutuskoneella säästö sen sijaan on ollut jopa suurempi kuin mätästyksessä, 15 ... 25 % (Saksa ym. 2002, Saarinen 2003). Istutustyön laadussa ei edellä referoiduissa tutkimuksissa havaittu merkittäviä eroja hakkuutähteiden korjuu-alojen ja verrokkialojen välillä.

Oletetaan vuonna 2010 koneellisen istutuksen osuudeksi hakkuutähteiden korjuutyömailla noin 20 %. Kun manuaalisen istutuksen säästökseen oletetaan varovaisesti 3 % ja koneellisen istutuksen säästökseen 20 %, on kokonaissäästö noin 1,2 milj. euroa. Vastaava suorittavan ihmistyöpanoksen säästö on 3500 mtp, jonka oletetaan jakaantuvan yrittäjien 1 000 mtp ja kuljettajien ja metsurien 2 500 mtp työpanokseen. Toimihenkilötyöpanokseen on vaikutusta lähinnä manuaalisen istutuksen kautta 100 mtp.

Kantojen korjuu vähentää maanmuokkaustarvetta ja helpottaa istutustyötä pelkkään hakkuutähteiden korjuuseen verrattuna. Vaikutuksen suuruudesta ei kuitenkaan ole vielä tutkimustuloksia, vaikka kokeita onkin meneillään. Jatkossa tyydytäänkin karkeaan asiantuntijaarvioon, joka perustuu silmävaraisiin havaintoihin koetyömailta sekä joihinkin pienimuotoisiin julkaisemattomiin kokeisiin. **Arviot kantojen kor-**

**juun vaikutuksista ovat lisäsäästöjä siihen, että olisi tehty pelkkä hakkuutähteiden korjuu.**

Maanmuokkaukustannus kaivinkone- mätästyksessä vähenee 10 ... 30 % siitä riippuen, pyritäänkö mätästyksen myös paljastuneessa maassa vai ei. Oletetaan maanmuokkauksessa saatavan kannonnostoalueilla 20 % säästön. Yhden istutuspaan omaavien istutuskoneiden työn tuottavuuden oletetaan nousevan noin 5 % ja kahden istutuspaan koneiden 15% kantojen noston vaikutuksesta pelkään hakkuutähteiden korjuuseen verrattuna. Manuaaliseen istutukseen vaikutus olisi selvästi vähäisempi, mutta toisaalta voidaan olettaa, että koneellinen istutus mielellään suunnataan juuri kantojen nostoalueille. Oletetaan manuaalisen istutuksen työn tuottavuuden lisääntyvän 5 %.

Vuonna 2010 oletetaan kantoja käytettävän 1,5 miljoonaa kuutiometriä, jolloin nostoala on noin 25 000 ha. Siitä oletetaan koneellisesti istutettavaksi 7 000 ha. Tällöin hakkuutähteiden korjuun vaikutusten lisäksi saadaan 1,2 milj. euron ja 3 500 mtp:n säästöt, josta yrittäjien panos on 800 ja kuljettajien ja metsureiden 2500 mtp. Toimihenkilöpanos vähenee 30 mtp.

Edellä esitetyissä taulukoissa on koottuna arviot metsänuudistamisessa saatavista kustannussäästöistä ja työvoiman tarpeen vähenemisestä. Henkilöstöryhmittäin vähennys olisi vuonna 2010 seuraava:

- Koneyrittäjät ..... 11 työvuotta
- Kuljettajat ja metsurit . 30 “
- Toimihenkilöt ..... 1 “

**Työvoiman säästö on pieni, mutta hehtaarikohtainen kustannussäästö lienee metsäomistajille merkityksellinen. Ainakin se ylittää tällä hetkellä hakkuutähteistä maksettavat kantohinnat.**

### Taimikon hoito

Sekä Suomessa että Ruotsissa on saatu tuloksia, joiden mukaan taimien elossalo on hakkuutähteettömillä aloilla ollut suurempi ja tilajärjestys tasaisempi kuin hakkuutähteellisillä (Sinclair ym. 1992, Egnell ja Leijon 1996, Saksa ym. 2002). Saksa ym. (2002) eivät havainneet hakkuutähteiden korjuun vaikuttavan kuu-

sen taimien pituuskasvuun neljän ensimmäisen kasvukauden aikana, mutta Ruotsissa täydellisen hakkuutähteiden poistuman on todettu vähentävän kuusen taimien pituuskasvua kahden vuoden kasvun verran (Egnell ja Leijon 1996). Tämä lienee osittain vältettävissä, koska käytännön korjuussa hakkuutähteitä jää 20 ... 30 % korjaamatta. Männyn taimien kasvuun hakkuutähteiden korjuun ei ole todettu vaikuttavan (Rosen 1991, Mälkönen ym. 2001, Saksa ym. 2002). Kasvatuskelpoisia luontaisesti syntyneitä taimia oli kuusen ja rauduskoivun viljelyaloilla enemmän silloin, kun hakkuutähteet oli korjattu (Kardell 1992, Saksa ym. 2002).

Edellä esitetystä on vaikea tehdä suoria johtopäätöksiä taimikonhoitoon. Näyttää kuitenkin siltä, että kuusen ja rauduskoivun viljelyssä saadaan paremmin

**Taulukko 3. Metsähakkeen tuotannon vaikutus taimikonhoidon ja nuoren metsän kunnostuksen työvoimatarpeen vähenemiseen (olettaen, että ilman metsähakkeen tuotantoa sama määrä kunnostettaisiin ilman korjuuta)**

	2010				2025			
	Hkt	Kah	Pph	Yht.	Hkt	Kah	Pph	Yht.
	tuhatta mtp/v							
Taimikon perkaus								
- yrittäjät	-0,1	Δ	-	-0,1	-0,2	-0,1	-	-0,3
- työntekijät	-3,0	-0,6	-	-3,6	-6,0	-1,0	-	-7,0
- toimihenkilöt	-0,3	-0,1	-	-0,4	-0,6	-0,1	-	-0,7
Nuoren metsän kunnostus								
- yrittäjät	-	-	3,6	3,6	-	-	7,2	7,2
- työntekijät	-	-	20,0	20,0	-	-	40,0	40,0
- toimihenkilöt	-	-	2,0	2,0	-	-	4,0	4,0
Yhteensä	-3,4	-0,7	25,6	21,5	-6,8	-1,2	51,2	43,2
Osuus metsätalouden työvoimasta, %				0,4				0,8

Hkt = Hakkuutähdhake  
 Kah = Kantomurske  
 Pph = Pienpuuhake

**Taulukko 4. Metsähakkeen tuotannon vaikutus taimikonhoidon ja nuoren metsän kunnostuksen kustannuksiin olettaen, että ilman metsähakkeen tuotantoa sama määrä kunnostettaisiin ilman korjuuta. Korkokanta 3 %. (+ kustannussäästö, - kustannuslisä)**

	2010				2025			
	Hkt	Kah	Pph	Yht.	Hkt	Kah	Pph	Yht.
	Milj. e/v							
Taimikon perkaus	-0,4	-0,1	-	-0,5	-0,8	-0,2	-	-1,0
Nuoren metsän kunnostus								
-metsänomistajan hyöty			6,0	6,0	-	-	16,3	16,3
<b>Yhteensä</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,1</b>	<b>6,0</b>	<b>5,5</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,2</b>	<b>16,3</b>	<b>15,3</b>
e/ha	-8,0	-4,0	433,3		-8,0	-4,7	433,3	
e/m <sup>3</sup>	-0,2	-0,1	8,7		0,2	-0,1	8,7	

Hkt = Hakkuutähdehake

Kah = Kantomurske

Pph = Pienpuuhake

täystiheitä taimikoita silloin, kun hakkuutähteet on korjattu. Voidaan myös olettaa täydennysviljelytarpeen pienevän. Täydennysviljelyä tehdään kuitenkin verraten vähän, koska taimikoissa tyydytään luontaiseen taimiaineksen täydennykseen ja optimia harvempiin puustoihin.

Täydennysistutuksen tehollinen ala valtakunnassa on noin 2 % istutuspinnoalasta. Jos oletetaan hakkuutähteiden ja kantojen korjuutyömaille täydennystarpeen olevan ilman hakkuutähteiden korjuuta myös n. 2% ja sen vähenevän kolmasosalla hakkuutähteiden ja lisäksi 20 % kantojen korjuun ansiosta, ovat kustannusten ja työajan säästöt vastaavasti 0.1 ja 0.03 milj. euroa sekä 300 ja 100 mtp.

Hakkuutähteiden korjuun vaikutuksesta heinimistarpeeseen ei ole suoria tutkimuksia. Horsman peittävyys on to-

dettu lisääntyvän sekä hakkuutähteiden että kantojen korjuun seurauksena, mutta vadelman vähenevän (Kardell 1992). Ruohojen peittävydestä ja biomassatuotannosta on ristiriitaisia tuloksia. Toisessa tutkimuksessa ruohojen peittävyys väheni hakkuutähteiden korjuun seurauksena, mutta lisääntyi kantojen korjuun jälkeen (Kardell 1992). Toisessa tutkimuksessa taas ruohojen biomassasta hieman lisääntyi hakkuutähteiden korjuun seurauksena (Bergquist ym. 1999). Tuloksista ei ole vedettävissä suoria johtopäätöksiä heinimistarpeeseen.

Perkauksen työvaikeus riippuu luontaisesti syntyvän taimiaineksen määrästä. Saksan ym. (2002) tutkimuksessa hakkuutähteiden määrän ja luontaisen taimettumisen välillä ei ollut kovin selvää korrelaatiota, mutta suuria, yli 50 000 kpl/ha, taimimääriä tavattiin useammin hakkuutähteettömillä koaloilla. Ruot-

sisä sen sijaan raportoidaan hakkuutähteiden korjuun lisännen sekä luontaisien havupuiden että lehtipuiden määrää (Kardell 1992, Olsson ja Staaf 1995). Tästä voisi olettaa täydennysistutustarpeen olevan pienemmän, mutta perkaustarpeen suuremman hakkuutähteiden korjuun jälkeen.

Kardellin (1992) tutkimuksessa luontaisien taimien ja vesojen määrä kasvoi 27% hakkuutähteiden korjuun vaikutuksesta ja 51% hakkuutähteiden ja kantojen korjuun vaikutuksesta. On kuitenkin vaikeaa tehdä suoria johtopäätöksiä perkaustarpeeseen. Tulokset perustuvat koealoihin, joista hakkuutähteet korjattiin hyvin tarkasti. Tiheässä vesakossa voi tapahtua itseharvenemista ja järeyskehityksen viivästyminen harvempaan vesakkoon verrattuna. Näin vesojen lukumäärä ei suoraan kerro perkauksen työvaikeutta. Lisäksi varhaisperkausta tehtänee tulevaisuudessa myös koneellisesti ja lupaavan protokoneen tuotokseen vesojen lukumäärä ei juurikaan vaikuta.

Jos oletetaan, ettei ennen perkausta tapahdu merkittävää itseharvenemista eikä järeyskehityksen viivästyminen, lisäksi edellä esitetty perattavan puuston lisäys perkauskustannusta varhaisessa perkauksessa noin 15 %. Myöhäisessä perkauksessa lisäys voisi olla lievän itseharvenemisen vuoksi 30 % luokkaa. Jos varovaisesti oletetaan järeyskehityksenkin viivästyvän ja taimikon perkauskulujen nousevan vain 10% hakkuutähteiden korjuun ja lisäksi 5 % kantojen korjuun seurauksena, on kustan-

nusten vuotuinen nousu vastaavasti 0.4 milj. euroa ja 0.1 milj. euroa. Ihmistyön lisätarve manuaalisena työnä olisi 3 000 ja 600 mtp.

Kun nuoren metsän kunnostus korvataan energiaharvennuksella, on hyötyjen laskeminen problemaattista. Metsähakkeen tuotanto pienpuusta on kannattamatonta ilman valtion tukia. Näin ollen tuet voitaisiin tulkita negatiiviseksi hyödyksi, mutta niitä perustellaan metsähakkeen tuotannon välillisillä kansantaloudellisilla hyödyillä ja ilmasto- ja ympäristöpolitiikan tavoitteilla. Toisaalta kaikkea metsähakkeen käyttöä tuetaan tavalla tai toisella sen välillisten hyötyjen vuoksi. Taulukossa 4 onkin laskettu hyödyt ensin siten, että ajateltiin nuoren metsän kunnostuksen kustannusten siirtyvän kokonaan energiapuuhakkuun kustannukseksi. Nuoren metsän hoidon kustannuksista valtion tuen jälkeen metsänomistajalle lankeava osuus laskettiin metsänomistajaksi hyödyksi.

Hyödyiksi saadaan yhteensä 6,0 milj. euroa, josta metsänomistajan saamaa hyötyä on 2,1 milj. euroa vuodessa. Vastaavasti työvoiman tarve vähenee 98 työvuotta seuraavasti:

- Yrittäjät ..... 16 työvuotta
- Työntekijät ..... 75 “
- Toimihenkilöt ..... 7 “

Hehtaariohtainen hyöty nuoren metsän kunnostuksessa on metsänomistajalle huomattava, mutta sen edellytyksenä on metsähakkeen korjuun voimakas tukeminen.

**Taulukko 5. Välilliset hyödyt metsikön tulevana tuottona.**

	2010				2025			
	Hkt	Kah	Pph	Yht.	Hkt	Kah	Pph	Yht.
	Milj. e/v							
Taimikon laadun paraneminen	0,6	–	–	0,6	1,2	–	–	1,2
Uudistamisen nopeutuminen	0,6	–	–	0,6	1,2	–	–	1,2
Tuhoriskin pieneneminen	–	1,6	Δ	1,6	–	2,7	Δ	2,7
Ravinnetappiot								
-korvaava lannoitus	-2,2	-0,4	-0,9	-3,5	-4,4	-0,7	-2,2	-7,3
Nuoren metsän kunnostus	–	–	2,4	2,4	–	–	6,0	6,0
Yhteensä	-1,0	1,2	1,5	1,7	-2,0	2,0	3,8	3,8
e/ha	-20,0	48,0	100,0		-28,0	47,6	76,0	
e/m <sup>3</sup>	-0,4	0,8	2,0		-0,4	0,8	1,5	

Hkt = Hakkuutähdehake

Kah = Kantomurske

Pph = Pienpuuhake

## Hyödyt metsikön tulevana tuottona

Omassa luvussaan on käsitelty metsähakkeen korjuun vaikutuksia ravinnetalouteen ja puun tuotokseen sekä metsikön tuottoon. Tässä osaluvussa selvitetään hakkuutähteiden ja kantojen korjuun välillisiä metsänhoidollisia hyötyjä, jotka realisoituvat, nopean uudistamisen, metsikön terveydentilan ja taimikon rakenteen kautta metsikön tulevana tuottona. Kokonaiskuvan saamiseksi tehdään myös arviot vaikutuksista metsikön tulevaan tuottoon ja ravinteiden korvaamisesta lannoituksella.

Edellä on jo todettu, että hakkuutähteiden ja kantojen korjuun lisäävän luontaisten taimien määrää ja parantavan taimikon tilajärjestystä. Jonkin verran tämä on otettu jo huomioon täydennysviljelyn vähenemisenä, mutta vain 2 %:lla uudistamisalasta oletettiin olevan täydennysviljelyä. Taimikon laadun pa-

raneminen vaikuttaa paljon suuremmalla pinta-alalla. Hynynen (2003) on tutkimusryhmänsä laskelmien pohjalta esittänyt, että runsas koivusekoitus ja epätasainen taimikko voi vähentää kiertoaikaista kantorahatuloa jopa 20...30 %. Oletetaan, että 20 %:ssa siitä pinta-alasta, jolta hakkuutähteet korjataan, on taimikon epätasaisuutta. Tästä aiheutuvan tuottotappion oletetaan olevani ilman hakkuutähteiden (ja kantojen) korjuuta noin kolmasosan Hynysen ääriesimerkistä eli 10 %, mutta vähenevän nyt kolmasosan eli noin 7 %:iin. Koko pinta-alalle suhteutettuna tuottotappio vähenisi keskimäärin 0,6 %. Jos kantorahatulojen nettonykyarvo 3 % korkokannalla on keskimäärin 2000 euroa/ha, on taimikon laadun paranemisen hyöty 12 euroa/ha ja 0,6 milj. euroa vuodessa. Laskelma on kuitenkin äärimmäisen hypoteettinen.

Uudistusalojen annetaan yleisesti olla muokkaamattomina yhden talven yli,

jotta maanmuokkaustulos olisi parempi. Hakkuutähteiden korjuu poistaa tämän tarpeen. Koska nopeampaa uudistamista käytetään ilman hakkuutähteiden korjuutakin, oletetaan sen lisäävän uudistamisnopeutta vain keskimäärin puolella vuodella. Edellä käytetyn hehtaarikohdaisen tuoton nettohyötyarvon mukaan puolen vuoden kasvu vastaa noin 12 euroa hehtaarille ja noin 0,6 miljoonan euron vuosituottoa.

Suuri puuntuotannollinen hyöty on ilmeisesti saatavissa kantojen korjuulla tyvilahon saastuttamisessa metsiköissä. Oletetaan, että kaksi kolmasosaa kanto-puusta saadaan Etelä- ja Keski-Suomessa sellaisista kohteista, joissa ei voida tai haluta vaihtaa puulajia. Tamminen (1985) tutkimuksen mukaan tyvilaho vähentää leimikon kantoarvoa tällä alueella noin 5 %. Uudessa puusukupolven kantoarvon aleneminen olisi todennäköisesti suurempi, mutta sitä ei varovaisuusperiaatteen mukaan oteta huomioon. Jos käytetään edellä mainittua keskimääräistä kantorahan nykyarvoa ja oletetaan kantojen korjuun torjuvan tyvilahon siirtymisen uuteen puusukupolveen, on kantojen korjuun hyöty 66 euroa hehtaarille ja vuonna 2010 vuositasolla 1,6 milj. euroa. Lisäksi sulan maan aikaisessa korjuussa säästetään kantokäsittelyn kustannus. On oletettu myös tukkimiehentäituhojen vähenevän niiden lisääntymispaikkojen häviöissä, mutta tästä alan tutkijat eivät ole yksimielisiä.

Ravinnetappiot voitaisiin hinnoitella kokeissa havaittujen kasvutappioiden

tai poiskulkeutuvien ravinteiden perusteella. Koetulokset ovat joko suppeita tai niissä hakkuutähteet on korjattu hyvin tarkkaan. Havaitut kasvutappiot nettohyötyarvona johtaisivat paljon suurempaan kustannukseen kuin ravinteiden korvaaminen lannoituksella. Koska Mälkösen ym. (2001) tutkimuksissa lannoitus on estänyt kasvatusmetsissä kasvutappiot, valitaan se tässä laskenta-perusteeksi. Kustannukseksi laskettiin Mälkösen ym. (2001) esittämien lukujen perusteella poiskulkeutuvan tyypin korvaaminen lannoituksella. Kasvatushakkuissa lannoituksen oletettiin tapahtuvan välittömästi ja päätehakuilla tulevan ensiharvennuksen jälkeen. Jälkimmäisessä tapauksessa kustannus diskontattiin nykyhetkeen 3 % korolla. Päätehakuilla tyypin määrää alennettiin 30 % oletetun huuhtoutumisen vuoksi.

Nuoren metsän kunnostuksen oletettiin lisäävän metsikön kiertoaikaista tuottoa Ahtikosken (2002) tutkimusta mukailleen siten, että kokonaistuotokset ilman nuoren metsän hoitoa energiahakkuulla ja energiahakkuun jälkeen vastasivat Ahtikosken esittämiä. Energiahakkuun jälkeinen harvennus ja vertailutapausten ensimmäinen harvennus tapahtuivat samanaikaisesti ja niissä kertymä oli yhtä suuri, mutta tukkiosuus ensimmäisessä tapauksessa suurempi. Näin päätettiin 3 % korolla taulukossa 5 esitettyihin lukuihin.

Vaikka edellä mainitut laskelmat perustuvat pääosin 'valistuneisiin arvioihin', osoittanevat ne että välilliset metsänhoidolliset hyödyt voivat olla merkittäviä ja

**Taulukko 6. Yhteenveto metsähakkeen tuotannon vaikutuksista metsänuudistamis- ja taimikonhoitokustannuksiin ja metsikön tulevaan tuottoon 3% korkokannalla vuonna 2010.**

	hyöty milj. e/v
Vaikutukset kustannuksiin:	
Säästöt metsänuudistuksessa	4,0
Säästöt perkauksessa ja nuoren metsän kunnostuksessa	6,0
Yhteensä	10,0
Osuus metsän hoidon kustannuksista, %	4,5
Vaikutukset tuottoihin	
Metsikön tulevan tuoton nettonykyarvon muutos hakkuutähteiden ja kantojen korjuun seurauksena	-0,2
Metsikön tulevan tuoton nettonykyarvon muutos pienpuun korjuun seurauksena	1,5
Yhteensä	1,3
Osuus metsätalouden tuotoista, %	0,1
Kustannukset ja tuotot yhteensä	11,3
Osuus metsätalouden nettotuotoista, %	0,7

kompensoida reilusti ravinteiden poiskulkeutumisen aiheuttaman lannoitus-tarpeen.

### **Yhteenveto metsänhoidollisista hyödyistä ja vaikutuksista työvoiman tarpeeseen**

Kaiken kaikkiaan metsänuudistamisen ja taimikonhoidon vuosikustannukset alenisivat vuoteen 2010 mennessä hakkuutähteiden ja kantojen korjuun seurauksena noin 10,0 milj. euroa. Pienpuun korjuun seurauksena metsänomistajien nuoren metsän kunnostuskulut alenisivat nykyisellä tukitasolla n. 2,6 milj. euroa. Taimikon laadun paraneminen, uudistamisen nopeutuminen ja tyvilahon torjuminen sekä nuoren metsän

kunnostus lisäävät puun tuottoa, mutta ravinnetappiot alentavat sitä. Kokonaisvaikutus näyttäisi kuitenkin olevan positiivinen, ja 3 % korkokannalla lisätuotto arvioitiin 1,3 milj. euroksi vuonna 2010 (Taulukko 6).

Metsänhoitotöiden laatuun hakkuutähteiden ja kantojen korjuu vaikuttaa vain positiivisesti. Maanmuokkauksen helpottuminen lisää taimien tasaista tilajärjestystä ja hyvä istutuspaikka löytyy helpommin. Myös luonnontaimia syntyy enemmän täydentämään istutustaimikkoa.

Työvoiman tarve vähenee metsähakkeen tuotannon vuoksi vuoteen 2010 mennessä metsänuudistamisessa noin 42 työvuotta ja nuoren metsän kunnostuksessa noin 116 työvuotta, mutta li-

sääntyy taimikon perkauksessa noin 19 työvuotta. Kokonaisuutena työvoiman tarve vähenee 139 työvuotta jakautuen seuraavasti:

- Yrittäjät ..... 27 työvuotta
- Työntekijät ..... 105 “
- Toimihenkilöt ..... 8 “

Määrä on vain vajaa prosentti metsätalouden nykyisestä työvoimasta ja vajaa 10 % metsähakkeen korjuussa tarvittavasta lisätyövoimasta.

## Kirjallisuus

- Bergquist, J., Örlander, G. & Nilsson, U. 1999. Deer browsing and slash removal affect field vegetation on south Swedish clearcuts. *Forest Ecology and Management* 115: 171-182.
- Egnell, G. & Leijon, B. 1999. Survival and growth of planted seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* after different levels of biomass removal in clear-felling. *Scand.J.Res.* 14:303-311.
- Hartikainen, T., Karppinen, H., Laitila, J., Asikainen, A. & Hotari, S. 2002. Hakkuutähteen hankinnan ja maanmuokkauksen yhdistävä menetelmä. Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002. VTT. ss. 151-161.
- Hynynen, J. 2003. Alustus seminaarissa Metsänuudistamisen laatu - miksi se on tärkeä 20.3.2003. Metsäntutkimuslaitos.
- Hämäläinen, S. & Kaila, S. 1987. Maaston vaikutus maanmuokkausleitteiden työljälkeen. *Metsätehon tiedotus* 399.
- Kardell, L. 1999. Vegetationsförändring, plantetablering samt bärproduktion efter stubb- och riståkt. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för Skoglig Landskapsvård. Rapport 50. 80 s.
- Metsätalustollinen vuosikirja 2002. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki.
- Mälkönen, E., Kukkola, M. & Finér, L. 2001. Energiapuun korjuu ja metsämaan ravinnetase. Kirjassa: Nurmi, J. & Kokko, A. Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 31-52.
- Olsson, B.A. & Staaf, H. 1995. Influence of harvesting intensity of logging residues on ground vegetation in coniferous forests. *J. Appl. Ecol.* 32: 640-654.
- Rosen, K. 1991. Increased nitrogen leaching under piles of slash – a consequence of modern forest harvesting techniques.
- Saarinen, V.-M. 2003. Ennakkotuloksia maanmuokkaus- ja istutuskonetutkimuksista. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema.
- Saksa, T., Tervo, L. & Kautto, K. 2002. Hakkuutähte ja metsänuudistaminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 851. 41 s.
- Sinclair, E., Lejon, B. & Albrektson, A. 1992. Plantöverlevnad och tillväxt efter helytredsutnyttjande - sammanställning av fältförsök. Rapport från Vattenfall Utveckling AB. Projekt Bioenergi. Nr 7. 113 s.
- Tamminen, P. 1985. Butt-rot in Norway spruce in southern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 127:1-52
- Tynkkynen 1974. Työvaikeustekijöiden vaikutus lautasauraukseen. *Metsätehon tiedotus* 330.

# Puunkorjuu ja kuljetus

Antti Asikainen

Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus

e-mail: antti.asikainen@metla.fi

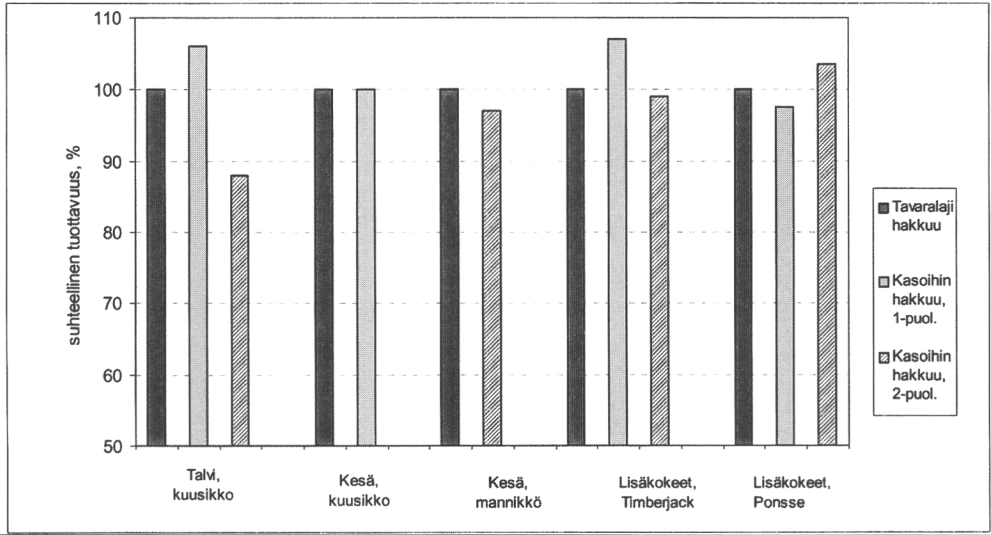
Metsähakkeen raaka-aine korjataan pääasiassa kohteilta, joilta korjataan myös teollisuuden ainespuuta. Puukaupan yhteydessä sovitaan hakkuutähteen talteenotosta tai ensiharvennusten kyseessä ollessa hakkuutähteen sekä almittaisten puiden korjuusta energiahakkeeksi. Metsäenergian korjuu vaikuttaa myös ainespuun korjuun järjestelyihin sekä tuottavuuteen. Tässä luvussa tarkastellaan metsäenergian talteenoton vaikutuksia ainespuun korjuuseen, käydään läpi metsähakkeen korjuuketjujen tuottavuuteen ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä sekä arvioidaan metsäenergian hankinnan kone- ja kuljetuskalustotarvetta.

## Puutavaran valmistus

Päätihakkuuolosuhteissa hakkuutähteet on hakattava kasoihin, jotta niiden metsäkuljetus voidaan hoitaa tehokkaasti. Tavanomaisessa hakkuussa puut käsitellään usein koneen edessä ja hakkuutähteet jäävät ajouralle ja puutavara jää kohtisuoraan suhteessa ajouraan. Hakkuutähteen korjuun huomioonottavassa hakkuutavassa puut käsitellään lähes poikkeuksetta ajouran sivulla ja useiden runkojen hakkuutähde pyritään saamaan samaan kasaan. Tämä edellyttää hakkuukoneen kuljettajalta harjaantumista uuteen työtapaan, ja puutavara jää ajouran suuntaisiin kourakasioihin.

Hakkuutähteen talteenoton vaikutuksia yksioteharvesterin tuottavuuteen on tutkittu useissa eri projekteissa niin Suomessa kuin Ruotsissakin. Kenttäkokeiden tulokset ovat hieman ristiriitaisia: Wigrenin (1992) tutkimuksessa hakkuutähteen kasoihinhakkuu johti 4 % alhaisempaan ainespuuhakkuun tuottavuuteen, kun hakkuu tapahtui molemmin puolin ajouraa. Tutkimuksessa oli vain yksi kone ja kuljettaja lisäksi kuljettaja oli tottumaton uuteen työmenetelmään. Oijalan ym. (1999) mukaan kasoihinhakkuu ei vaikuttanut hakkuun tuottavuuteen. Tutkimuksen aineistona oli yhteensä 13 koealaa viidellä työmaalla. Johtopäätöksenä voidaan esittää, että hakkuutähteen kasoihinhakkuu ei juuri vaikuta hakkuukoneen tuottavuuteen. Tehokas kasoihinhakkuu edellyttää kuitenkin kuljettajan harjaantumista uuteen työtapaan (Wigren 1992). Sen sijaan on esitetty, että koneen nosturi kuormittuu tavanomaista työtä enemmän, kun puita joudutaan käsittelemään kauempana koneesta kuin pelkässä ainespuuhakkuussa.

Erot menetelmien välillä syntyvät katkaisussa ja puun kaadossa ja siirrossa käsittelypisteeseen, sillä puu pyritään kaatamaan ja käsittelemään ajouran suuntaisesti hakkuutähteen kasoihinhakkuussa (Taulukko 1). Käyttötuntituottavuudet olivat vastaavasti 33,3 m<sup>3</sup>/



**Kuva 1. Hakkuutähteen kasoihinhakkuun vaikutus harvesterin tuottavuuteen (Oijala ym. 1999).**

h (kasoihinhakkuu) ja 34,5 m<sup>3</sup>/h (ainespuuhakkuu) (Wigren 1992).

Ensiharvennusolosuhteissa energianpuun talteenotto (latvusten kasaaminen ja/tai karsinta hakkuun yhteydessä) vaikuttaa tavaralajihakkuun tuottavuuteen sen sijaan merkittävästi (Vesisenaho 2002). Mitä enemmän latvakappaletta käsitellään, sitä suuremmaksi tuottavuusero tavaralajimenetelmään verrattuna muodostuu. Tästä aiheutuva aines-

puun hakkuukustannusten nousu kohdennetaan energiaositteelle ts. se on osa energiaositteen korjuukustannusta.

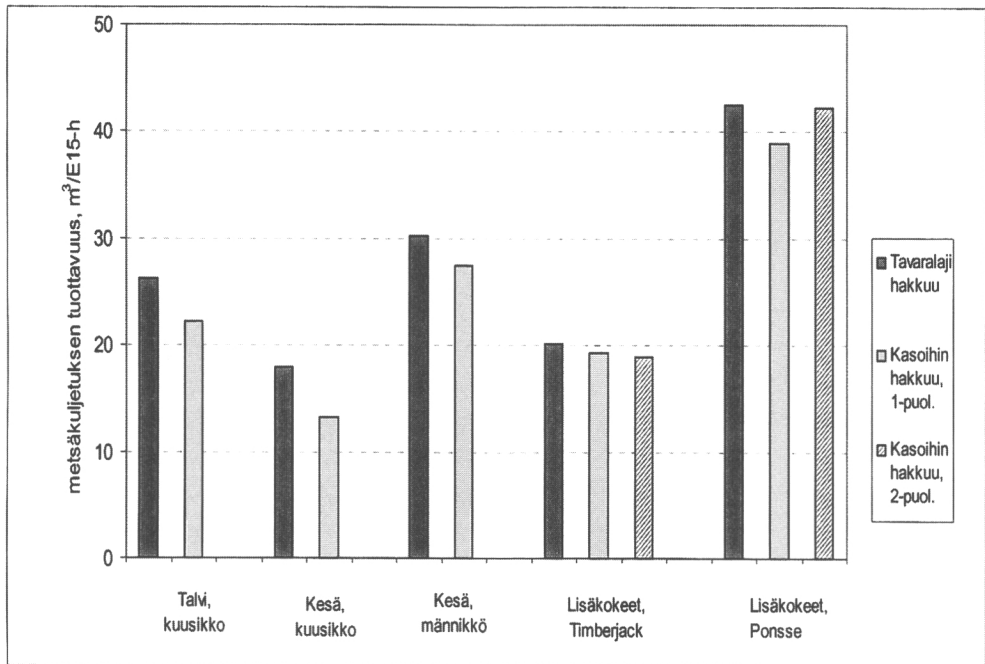
## Metsäkuljetus

Avohakkuulla hakkuutähteen talteenoton vaikutukset ainespuun metsäkuljetukseen ovat suurempia kuin ainespuun hakkuuseen. Tähänkin vaikuttavat voimakkaasti leimikon olosuhteet;

**Talulukko 1. Työvaiheittainen ajanmenekki hakkuutähteen kasoihinhakkuussa ja normaalissa ainespuuhakkuussa, cmin/puu. (Wigren 1992)**

Työvaihe	Kasoihinhakkuu	Ainespuuhakkuu
Kouran vienti	6,9	6,8
Katkaisu	6,7	6,1
Kaato-siirto	6,8	6,1
Karsinta-katkonta	36,0	36,3
Siirtyminen	5,4	3,4
Muu työskentelyaika	1,0	1,0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>61,9</b>	<b>59,7</b>

mitä enemmän leimikolta kertyy hakkuutähdettä, sitä suuremmat ovat vaikutukset. Koska hakkuutähdettä ajetaan yleensä ainespuiden ajon jälkeen, joutuu metsätraktori väistelemään



**Kuva 2. Ainespuun metsäkuljetuksen käyttötuntituottavuus eri kokeissa (Oijala ym. 1999).**

kasoja, eikä se voi liikkua vapaasti hakkuuaukolla. Lisäksi materiaalia joudutaan kuormaamaan kauempaa, jolloin kuormausaika pitenee. Metsäkuljetuksen tuottavuus alenee näin 2-12 % olosuhteista riippuen (Wigren 1992, Oijala ym. 1999). Oijalan ym. (1999) keskimääräinen tuottavuuden alenema oli 6%. Erot menetelmien

välillä syntyvät erityisesti kuormaustilanteissa. Jos hakkuutähteet on hakattu kasoihin, tavaralajien erottaminen on vaikeampaa (Wigren 1992) ja yhdestä työpisteestä kuormattava puutavaramäärä on pienempi (Oijala ym. 1999).

**Taulukko 2. Metsähakkeen hankinnassa käytettävien koneiden ja ajoneuvojen vuosisuoritteet sekä uushankintahinnat.**

	vuosisuorite, m <sup>3</sup>	uushankintahinta, €
Metsätraktori	30 000	270 000
Paalain	25 000	350 000
Hakkuri	30 000	660 000
Käyttöpaikkamurskain	120 000	1 500 000
Kaatokasauskone	10 000	360 000
Kaivinkone	17 000	240 000
Kanto- tai risuauto	25 000	270 000
Hakeauto	25 000	220 000
Puutavara-auto	25 000	220 000
Lavettiauto	-	150 000

## Puutavaran kaukokuljetus

Metsäenergian talteenoton vaikutuksen puutavaran kaukokuljetukseen ovat vähäisempiä ja rajoittuvat pääasiassa väli-varaston järjestelyistä aiheutuviin ongelmiin. Erityisesti irtonaiset hakkuutähteet vievät runsaasti tilaa, mutta risutukkien vaatima varastotila on rinnastettavissa ainespuutavaralajien viemään varastotilaan. Käytännössä varastot järjestetään siten, että ainespuulla on etusi- ja kuormausta ajatellen. Jos varastotilaa on niukasti, voidaan hakkuutähte joutua kasaamaan epäedullisiin paikkoihin.

Metsäenergian hankinta lisää metsäautotieverkolla tapahtuvaa liikennettä. Erityisesti jos kyseessä on tienvarressa tapahtuva haketus, tukkivat hakkuri ja hakeauto tien varaston kohdalla. Hakeautojen liikkumiskyky tieverkolla ei myöskään ole yhtä hyvä kuin puutavara-autoilla, minkä vuoksi autot jäävät herkemmin jyrkkiin mäkiin yms. erityisesti talviaikana (Luostarinen ym. 2001). Tämä aiheuttaa odotuksia myös puutavaran autokuljetukselle. Tienkäytön suunnittelulla voidaan kuitenkin ongelmatilanteita välttää. Tavallisesti puutavaran ja metsähakkeen autokuljetus ajoittuvat eri ajankohtiin, mikä vähentää tämän tyyppisiä ongelmia.

## Konemäärien kehittyminen

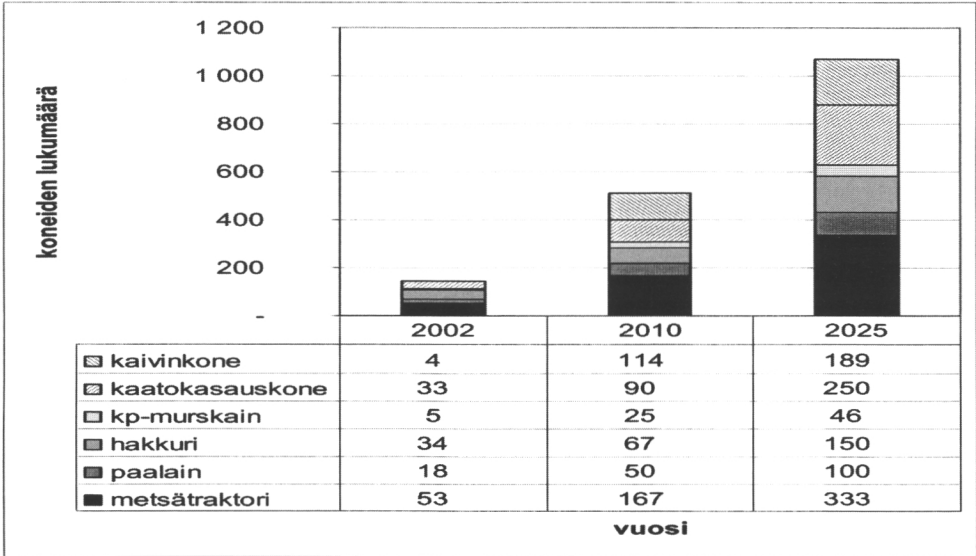
Metsähakkeen hankintamäärien kasvu investointeja korjuu-, haketus- ja kuljetuskalustoon. Tässä laskelmassa on arvioitu metsähakkeen hankinnan kasvun aiheuttamat kalustotarpeet hankintaketjun eri osissa. Kullekin materiaalille määriteltiin tyypilliset hankintaketjut, jonka koneille määriteltiin vuosisuoritteet kirjallisuuden (Asikainen ym. 2001, Korpilahti 2002) ja käynnissä olevin projektien aineistojen pohjalta (Taulukko 2). Vuosisuoritteet on arvioitu kaksivuorotyön pohjalta vuotuisen työajan ollessa 10 kk kaivinkonetta lukuun ottamatta, jolla työaika on 7 kk. Todellisuudessa osa hankinnassa työskentelevistä koneista on osa-aikaisia, minkä vuoksi metsäenergian hankinnassa mukana olevien koneyksiköiden määrä on suurempi kuin tässä esitetty laskelma edellyttää. Hakkuri -nimike sisältää sekä palstahakkurit että autoalustaiset väli-varastohakkurit. Laskelmassa on oletettu hankintamäärien kasvavan taulukon 3 mukaisesti.

Hakkuutähteen ja kantojen osalta käytetään täysin koneellistettuja hankintamenetelmiä. Pienpuuhakkeen hakkuussa kaatokasauksesta v. 2002 50% tehdään manuaalisesti, v. 2010 10% tehdään manuaalisesti ja v. 2025 kaatokasaus on täysin koneellistettu.

**Taulukko 3. Työllistymislaskelmien pohjana käytetyt metsähakkeen tuotantomäärät 1000 m<sup>3</sup>.**

vuosi	2002	2010	2020
hakkuutähtehake	920	2500	5000
pienpuuhake	340	1000	2500
kantohake	20	1500	2500

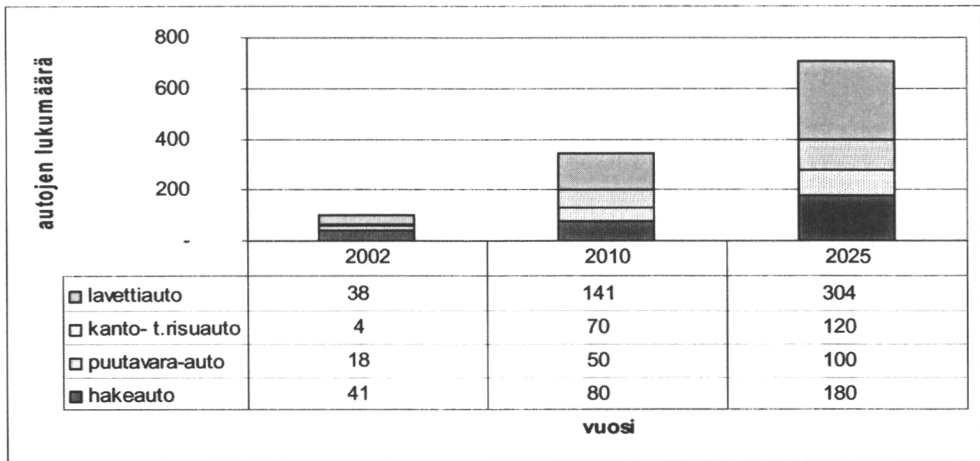
Koneiden ja autojen määrä kasvaa lineaarisesti korjuumäärän mukaan: Vuonna



*Kuva 3. Metsähakkeen korjuussa tarvittavien työkoneneiden määrien arvioitu kehitys 2002-2025.*

2010 tarvitaan noin 500 työkonetta huolehtimaan metsähakkeen tuotannosta (tässä käyttöpaikkamurskain ja autoalustainen hakkuri on luettu työkoneksi) (kuva 3). Saatuja lukuja voidaan verrata teollisuuden ainespuun hankintaan tarvittaviin kone- ja automääriin (n. 1100 harves-

teria, 1200 metsätraktoria ja 1100 autoa). Jos teollisuuden ainespuun hankintamäärät pysyvät nykytasolla, vuonna 2010 metsähakkeen korjuun työllistämät metsätraktorit, kaatokasauskoneet, kaivukoneet, paalaimet ja hakkurit merkitsisivät noin viidennesen lisäystä koneiden lukumää-



*Kuva 4. Metsäpolttoaineiden kuljetuksessa ja koneiden siirroissa tarvittava autokalusto.*

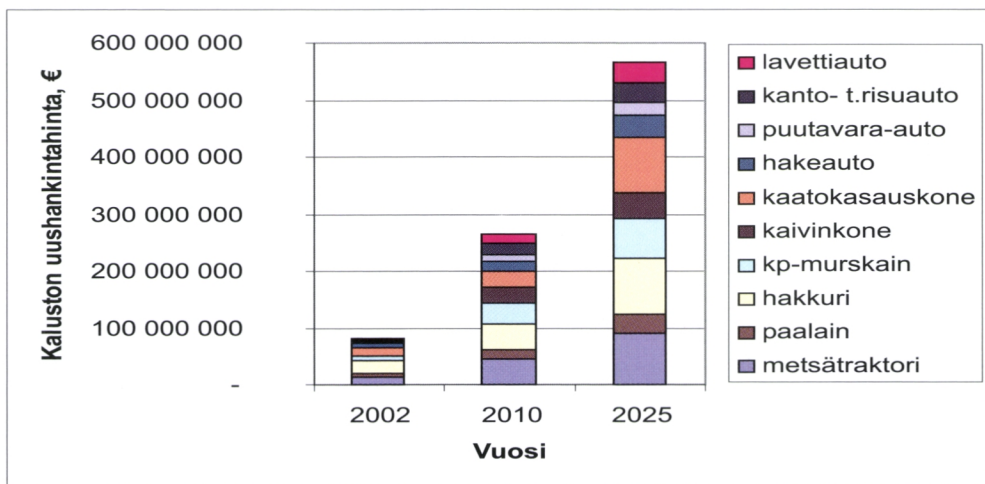
riin. Vastaavasti metsähakkeen autokuljetuksessa työskentelevät hake, risutukki- ja kantoautot lähes 20% lisäystä autokuljetuskalustoon (kuva 4). Lisäksi lavettiautojen määrä kasvaa lisäten maantiekaluston määrää osaltaan merkittävästi. Eri menetelmillä korjattavien hakemäärien suhteet vaikuttavat suoraan konetyyppien lukumäärien välisiin suhteisiin. Esimerkiksi käyttöpaikkahaketuksen yleistyminen vähentäisi tienvarressa toimivien hakureiden määrää ja lisääisi paalaimien lukumäärää. Tässä laskelmassa on oletettu eri toimitusmuotojen suhteiden pysyvän nykyisen kaltaisena.

Korjuukaluston siirroissa tarvittavien uusien lavettiautojen tarve voidaan arvioida lähtien nykyisestä ainespuun korjuukoneiden siirroissa tarvittavasta lavettimäärästä. Nykyisellään ainespuun korjuukoneiden siirroissa on käytössä noin 800 lavettia. Mikäli v. 2010 metsäenergiaa korjaa n. 420 laveteilla siirrettävää työkonetta (metsätraktorit, paalaimet, kaato-

kasauskoneet, kaivukoneet), niiden siirte- ly vaatisi n. 140 lavettiautoa (kuva 4).

Laskelmissa esitetyt konemäärät perustuvat varsin korkeisiin vuosisuoritteisiin ja kaksivuorotyöhön. Tällä hetkellä suuri osa metsäenergian korjuu- ja kuljetuskalustosta työskentelee yhdessä vuorossa ja ainespuun korjuuta vastaaviin vuositaisiin käyttötuntimääriin päästäneen vasta toiminnan volyymin kasvaessa. Siksi koneiden hankintatarve ennen vuotta 2010 voi olla tässä esitettyä merkittävästi suurempi.

Investointitarve korjuu- ja kuljetuskalustoon on laskettu kertomalla koneiden ja ajoneuvojen lukumäärät niiden verottomilla uushankintahinnoilla (kuva 5). Vuositason investointitarve korjuu- ja kuljetuskalustoon esimerkiksi vuonna 2010 olisi n. 150 milj. e., jos koko kaluston keskimääräinen pitoaika on 5 vuotta. Käytännössä metsäenergian korjuussa käytettävä konekanta ja erityisesti alustakoneet ovat



**Kuva 5. Metsäpolttoaineiden korjuu- ja kuljetuskaluston arvo uusinvestointihintana laskettuna.**

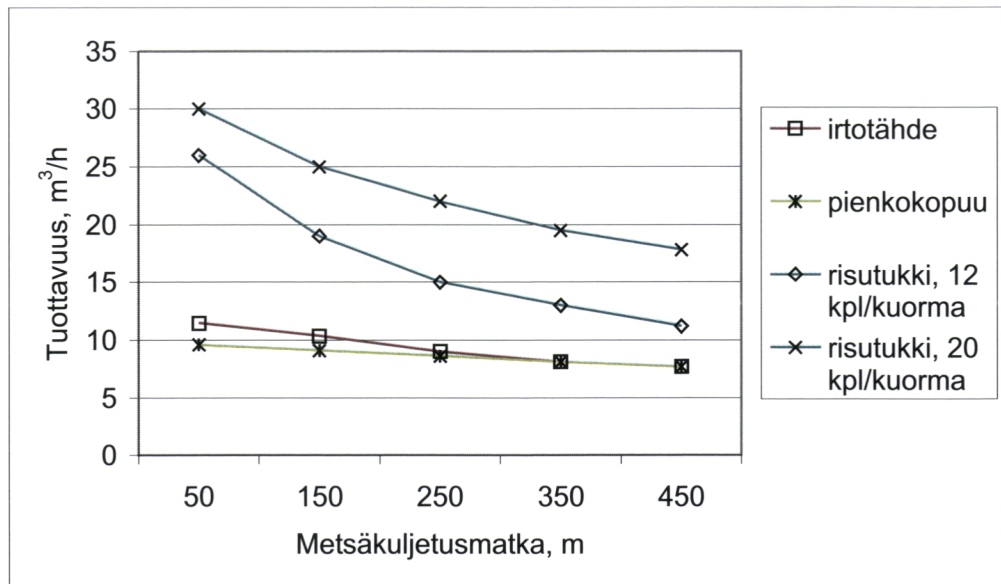
usein käytettyjä, mikä pienentää investointeja.

## Metsähakkeen korjuun tuottavuus ja korjuukustannukset

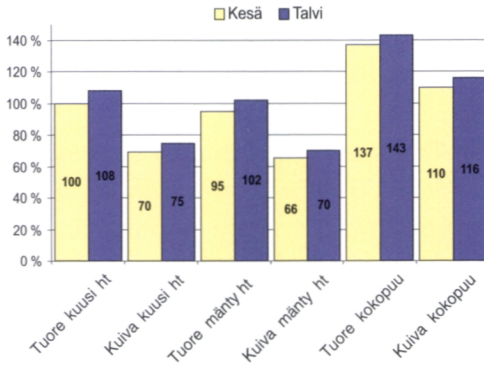
Metsähakkeen korjuukustannuksiin vaikuttavat voimakkaasti mm. käytetty korjuuteknologia, koneiden vuotuiset työmäärät, korjuuolosuhteet sekä hankinnan mittakaava (Asikainen ym. 2001, Ranta 2002). Eri korjuuketjut reagoivat lisäksi eri tavoin korjuuolosuhteiden muutoksiin (mm. Ranta 2002).

Leimikolta pienpuuta voidaan korjata joko pelkästään energiakäyttöön tai integroidusti aines- ja energiapuuksi. Energiakäyttöön menevä puu on edullisinta korjata kokopuuna, jolloin käy-

tään koneellista kaato-kasausmenetelmää tai manuaalista siirtelykaatoa. Koneelliseen kaato-kasaus voidaan toteuttaa tavanomaisella yksioteharvesterilla, hakkuukonealustaisella kaato-kasauslaitteella tai maataloustraktorilla, joka on varustettu hydraulikuormaimella ja kaato-kasauslaitteella (ks. esim. Persson 1994, Lilleberg 1998, Nevalainen 1998). Integroidussa korjuussa voidaan käyttää osapuumenetelmää, jossa puun tyveltä korjataan ainespuupölkky ja karsimaton latva kasataan erilleen kourakasoihin. Koko runko tai osapuuta voidaan myös karsia haluttuun latvaläpimittaan tai latvaan saakka (mm. Vesisenaho 2002). Kaato-kasauksen tuottavuus riippuu voimakkaasti rungon koosta. Kun poistuvien puiden runkopuun keskikoko on 50-60 litraa, tyypillinen käyttötuntituottavuus kaato-kasauksessa on yksioteharvesterilla 5-6 m<sup>3</sup>/h ja varsinaisella



**Kuva 6. Kuljetettavan materiaalin ja metsäkuljetusmatkan vaikutus hakkuutähteen metsäkuljetuksen käyttötuntituottavuuteen (Asikainen ym. 2001, Korpilahti**

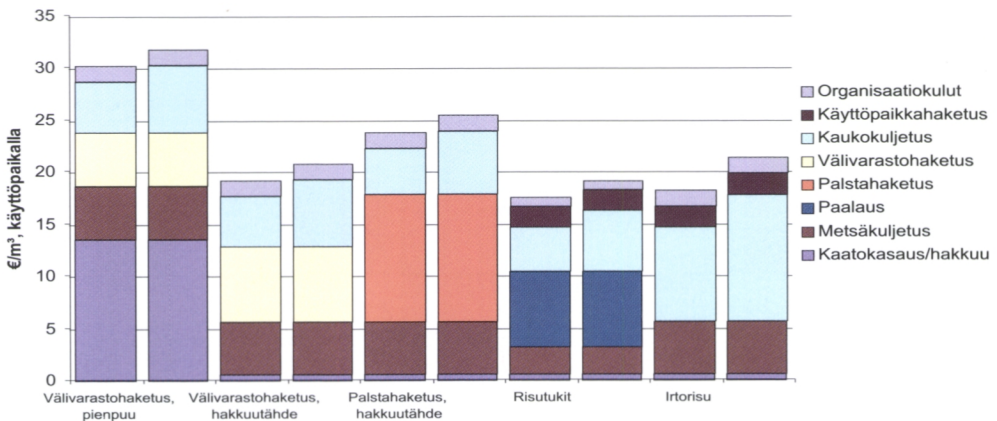


**Kuva 7. Hakkurin suhteellinen tuottavuus eri materiaaleilla. Tuore kuusi-hakkuutähde kesäolosuhteissa = 100 % = 83 i-m<sup>3</sup>/tehotunti (Asikainen ym. 2001)**

kaato-kasauksineella 7-8 m<sup>3</sup>/h (Persson 1994, Asikainen & Laitila 2003).

Paalauksen tuottavuuteen vaikuttaa ennen muuta paalattava materiaali. Paalauksen käyttötuntituottavuus on kuusi-valtaisilla kohteilla 9 m<sup>3</sup>/h, mäntyvaltaisilla 6,5 m<sup>3</sup>/h ja lehtipuuvaltaisilla 8,3 m<sup>3</sup>/h (Korpilahti 2002). Lisäksi kuivan hakkuutähden paalaus on hitaampaa kuin tuoreen (Asikainen ym. 2001).

Irtonaisen hakkuutähden ja pienpuun metsäkuljetuksessa (ja paalauksessa) tuottavuuden kannalta ratkaiseva tekijä on materiaalin kasaaminen on edellytys tehokkaalle metsäkuljetukselle. Pienpuuhakkuussa metsäkuljetuksen kuormausvaihe on koneellisen kaato-kasauksen jälkeen huomattavasti nopeampaa kuin manuaalisesti suoritetun hakkuun jälkeen, sillä koneellisessa kaato-kasauksessa kourakasat ovat suurempia ja lähempänä ajouraa kuin manuaalisessa hakkuussa (Asikainen & Laitila 2003). Kuorman koko vaikuttaa voimakkaasti hakkuutähden metsäkuljetuksen tuottavuuteen (kuva 6). Koneellisesti korjatun pienpuun metsäkuljetuksen tuottavuus on samaa tasoa kuin hakkuutähdeellä vastaavissa olosuhteissa. Paalien metsäkuljetuksen tuottavuus sen sijaan on selvästi korkeampi, kuin em. materiaaleilla; 250 m:n kuljetusmatkalla kuusi-valtaisissa kohteissa on käyttöaika tuottavuus n. 15 m<sup>3</sup>/h keskikokoisella ja n. 22 m<sup>3</sup>/h järeällä kuormatraktorilla (Korpilahti 2002).



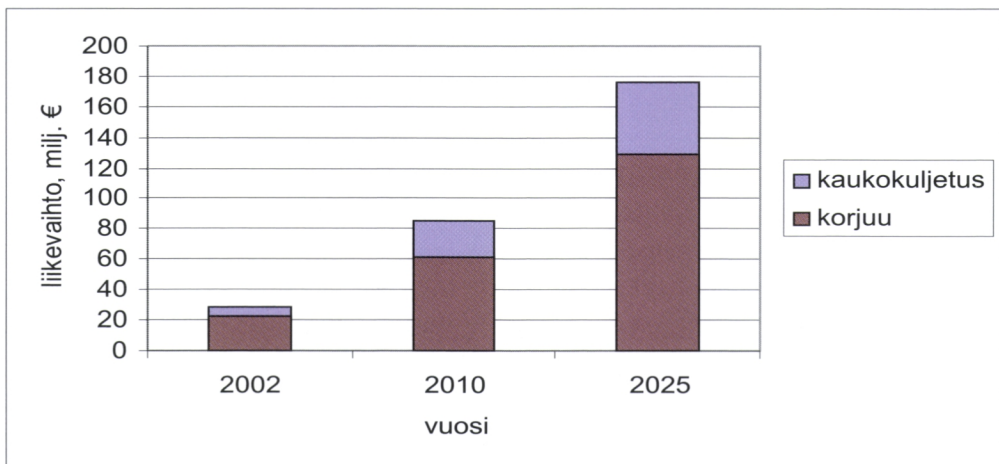
**Kuva 8. Metsähakkeen kustannusrakenne. (Metsäkuljetusmatka 250 m, kaukokuljetusmatka 40 ja 80 km).**

Välivarastolla tapahtuvan haketuksen osalta tärkeitä tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat materiaalin varastomuodostelman muoto sekä materiaalin puhtaus ja kuivuus (kuva 7). Murskainten tuottavuuteen materiaalin kuivuus ei sen sijaan juurikaan vaikuta.

Hakkuutähteen hankintakustannus on 20–25 e/m<sup>3</sup> ja pienpuuhakkeen hankintakustannus on lähellä 30 e/m<sup>3</sup> kaukokuljetusmatkasta riippuen (kuva 8). Ero hakkuutähde- ja pienpuuhakkeen tuotantokustannuksissa aiheutuu pienpuun kaatokasauskustannuksesta, jonka merkitys korostuu poistuvan puuston runkokoon pienessä. Pitkällä aikavälillä korjuuolosuhteiden voidaan olettaa heikkenevän, sillä metsäenergian talteenotto joudutaan ulottamaan epäedullisimmille kohteille käyttömäärien kasvaessa. Tästä aiheutuvaa korjuukustannusten nousua kuitenkin hillitsee korjuuteknologian kehittyminen sekä hankintaorganisaatioiden harjaantuminen metsäenergian korjuuseen.

## Metsäenergian korjuun liikevaihto ja työpaikat

Teollisuuden ainespuun korjuumäärä vuonna 2002 oli noin 54 milj. m<sup>3</sup> ja vuotuiset keskimääräiset korjuukustannukset n. 7,8 e/m<sup>3</sup> (sis. hakkuun ja metsäkuljetuksen). Näin puunkorjuun liikevaihto vuonna 2002 oli 424 milj. e. Metsäenergian korjuukustannuksista ei ole saatavissa yhtä kattavia aineistoja, joten näiltä osin joudutaan turvautumaan korjuukustannuksiin keskimääräisissä olosuhteissa. Kun tarkastellaan pelkästään hakkuuta, paalausta, metsäkuljetusta ja joko palstalla tai tien varressa tapahtuvaa haketusta, saadaan vuoden 2002 liikevaihdoksi n. 22 milj. e (kuva 9). Tämä on noin 5 % teollisuuden ainespuun korjuun liikevaihdosta. Vuoden 2010 metsäenergian korjuumäärä (5 milj. m<sup>3</sup>) nostaa korjuun liikevaihdon 65 milj. e:n, mikä on n. 15 % teollisuuden ainespuun korjuun liikevaihdosta. Tällöin oletetaan, että kotimaan ainespuun korjuumäärä ei muutu ja aines- ja energiapuun korjuun hintasuh-



Kuva 9. Metsäenergian korjuun (hakkuu, metsäkuljetus, paalaus, haketus palstalla ja tienvarressa) ja kaukokuljetuksen (vain maantiekuljetus) liikevaihdon kehitys 2002-2025.

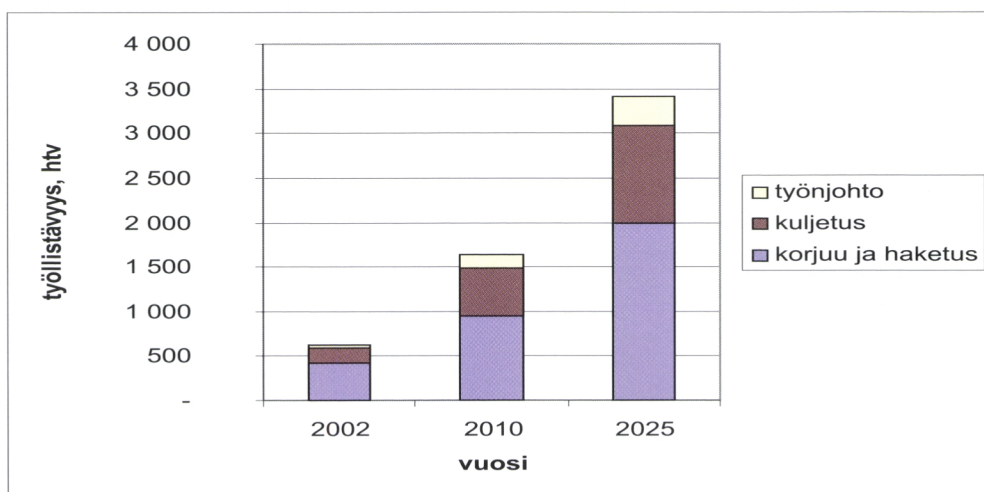
teet pysyvät vakiona. Lisäksi on oletettu, että eri menetelmillä korjattavien metsäenergiajakeiden suhteet eivät muutu merkittävästi.

Metsäenergian maantiekuljetuksen liikevaihto kasvaa samassa suhteessa kuin metsäpäänkin operaatioissa: vuonna 2002 liikevaihto oli n. 6,4 milj. e ja vuonna 2010 se on lähes 25 milj. e (kuva 9). Käyttöpaikalla tapahtuvaa murskausta ei ole sisällytetty kuvan 7 korjuun tai kaukokuljetuksen lukuihin, sillä sen voidaan katsoa kuuluvan tehtaan tai lämpölaitoksen toimintaan. Käyttöpaikalla tapahtuvan murskauksen liikevaihto on v. 2002 n. 630 000 e. v. 2010 0,4 milj. e ja v. 2025 0,8 milj. e.

Suurien työpaikkojen määrä on johdettu korjuu-, haketus- ja kuljetuskaluston määristä siten, että kunkin kone- tai autoyksikön on käytön on oletettu tarvitsevan 2 htv:n työpanoksen. lukuunottamatta lavettiautoja, jotka tarvitsevat 1 htv:n työ-

panoksen ja kaivinkoneita, jotka tarvitsevat 1,2 htv:n työpanoksen. Korjuun ja kuljetuksen suunnittelussa ja ohjauksessa työllistyvien määrä on laskettu käyttämällä 2 e/m<sup>3</sup> organisaatiokustannusta (Asikainen ym. 2001) ja kertomalla tämä luku vuotuisella hankintamäärällä ja jakamalla se edelleen keskimääräisellä vuotuisella palkkakustannuksella.

Tällä hetkellä metsäenergian hankinta työllistää suoraan noin 600 henkilöä ympäri vuoden ja määrän arvioidaan kasvavan noin 1600:aan vuonna 2010 (kuva 10).



Kuva 10. Metsäenergian hankinnan suorat työllisyysvaikutukset.

## Kirjallisuus

- Asikainen, A., Ranta, T., Laitila, J. & Hämäläinen, J. 2001. Hakkuutähdehakkeen kustannustekijät ja suurimittakaavainen hankinta. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, tiedonantoja 131. 107 s.
- Asikainen, A. & Laitila, J. 2003. Metsähakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka. Esitelmä. Kokkola 10.4.2003.
- Brunberg, B. & Persson, J. 1993. Skogsbränsleuttag vid gallring - studier hos Södra skogsägarna och Skaraborgs skogägare i samarbete med projekt Skogskraft. Skogforsk. 44(30) s.
- Korpilahti, A. 2002. Risutukkitekniikkaan perustuvan tuotantoketjun suorituskyky. Metsätehon raportti 132. 38 s.
- Lilleberg, R. 1998. Pienpuun keräilykääntöön perustuvan harvennuskoneen kehittäminen. Bioenergian tutkimusohjelma, julkaisuja 21:153-159.
- Luostarinen, K., Laihanen, M. & Tarjanne, R. 2001. Metsähakkeen autokuljetuksen logistiikan ja kuljetuskaluston kehittäminen. Osaprojekti: Metsähakevarastojen saavutettavuus. LTKK/Energiatekniikan osasto. 20(3)s.
- Nevalainen, P. 1998. Yhdistelmäkonen kehittäminen pienpuun korjuuseen sekä ensiharvennukseen. Bioenergian tutkimusohjelma, julkaisuja 21:207-209.
- Oijala, T., Saksa, T. & Sauranen, T. 1999. Hakkuutähteen korjuumenetelmien vertailu ja vaikutus metsänuudistamiseen. Benet bioenergiaverkosto. 73 s.
- Persson, J. 1994. Skogsbränsle från gallring. Studie hos Mälarskog av fällning och skotning av bränsleträddelar. Skogforsk. 22 s.
- Ranta, T. 2002. Logging residues from regeneration fellings for biofuel production - a GIS based availability and supply cost analysis. Doctoral Thesis, Acta Universitas Lappeenrantaensis 128. Lappeenranta University of Technology. 180 p.
- Vesisenaho, T. 2002. Latvahukkapuun hyödyntäminen energiapuuksi koneelliseen puunkorjuuseen integroituna varttuneen männikön harvennuksessa. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti. 21 s.
- Vesisenaho, T., Niemi, M., Wickstrand, H. & Väärämäki, M. 2002. Latvahukkapuun hyödyntäminen energiapuuksi koneelliseen puunkorjuuseen integroituna männikön ensiharvennuksella. Hankeraportti. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvarainstituutti. 28 s.
- Wigren, C. 1992. Studie av bränsleanpassad avverkning med engreppsskördare hos Mellanskog. Skogsarbeten. 6 p.

# Metsähake ja puukauppa

Timo Tahvanainen

*Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus*

*e-mail: timo.tahvanainen@metla.fi*

## Energiapuun hankinnan organisoinnissa eroja

Vaikka metsäteollisuus käyttää merkittäviä määriä metsähaketta omassa energian tuotannossaan, ei energiapuun hankinta ole lukeutunut sen puunhankinnan ydintoimintoihin (Hakkila 2002). Energiapuun korjuu antaa uusia mahdollisuuksia myös ainespuun hankinnalle ja se voidaan nähdä välineenä edistää puukauppaa, mahdollisuutena alentaa korjuun yksikkökustannuksia tai keinona laajentaa käytettävissä olevaa raaka-ainepohjaa. Puukauppatilanteessa osa myyjistä voi jo asettaa hakkuutähteiden poiston jopa puukaupan solmimisen ehdoksi. Metsänomistajille tehdyn kyselyn mukaan uudistamistöiden helpottuminen koetaan lisätuloja tärkeämmäksi hakkuutähteen korjuun motiiviksi (Rämö ym. 2001). Vastaavasti näyttävät metsänhoidolliset syyt ja energiapuun korjuun myönteiset vaikutukset maisemaan olevan nuorten metsien energiapuun korjuussa jopa lisätuloja tärkeämpi myyntiperuste (Rämö ja Toivonen 2002). Puukauppatilanteessa pitkäjännteisen puuntuottajan vaakakupissa painaa metsänhoidollisten hakkuiden laadukas ja oikea-aikainen toteutusmahdollisuus siinä missä ensiharvennuksen tuoma taloudellinen tuottokin. Liikkumista haittaavien hakkuutähteiden poisto oli myös merkittävä energiapuun

myyntiä edistävä tekijä erityisesti Etelä- ja Pohjois-Suomessa (Rämö ja Toivonen 2002). Paitsi kasvattamalla kantorahatuloja, voi energiapuun korjuu siten lisätä metsänomistajan kiinnostusta puukauppaa kohtaan myös lisäämällä metsänomistajan arvostamia metsänhoito-, maisema- ja virkistyskäyttöhyötyjä.

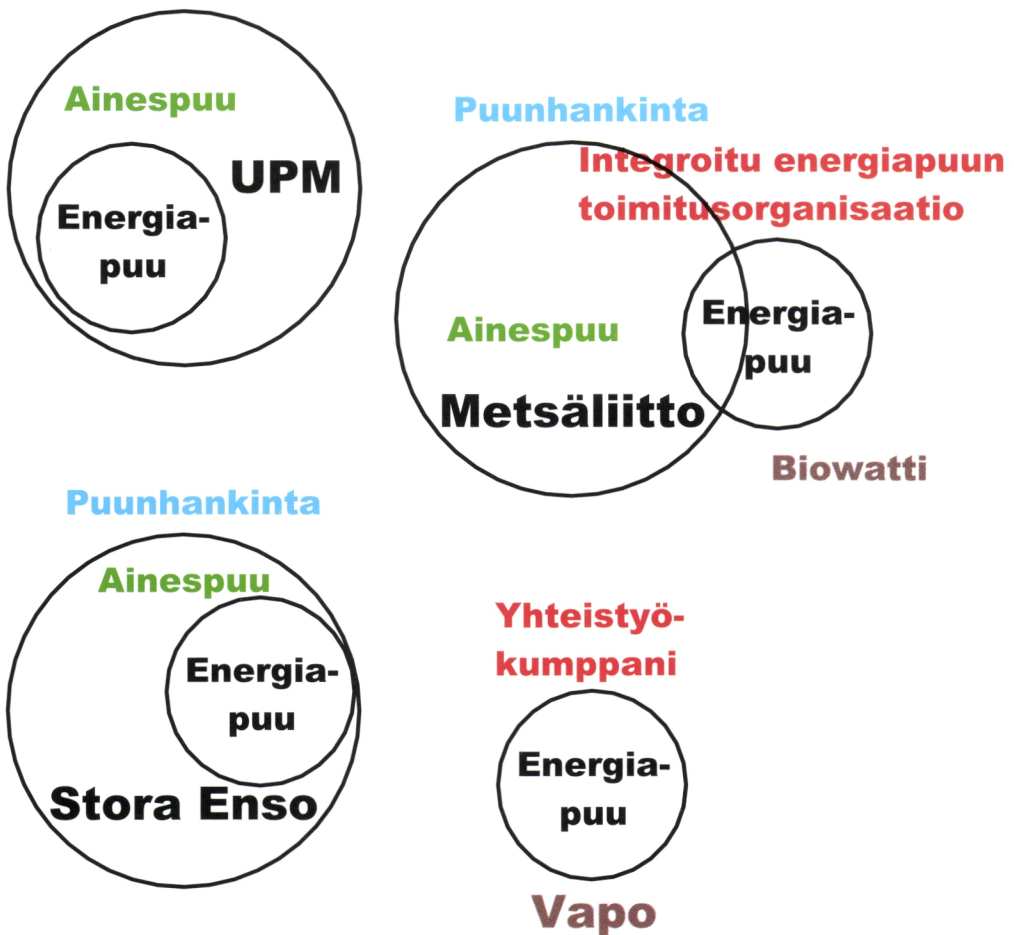
Energiapuun hankinnan merkitys kasvaa samalla kun puuenergian tuotanto lisääntyy, ja päästökiintiöt ja päästökauppa asettavat uusia tavoitteita myös metsäteollisuuden omalle energiapuun hankinnalle. Valtaosa metsäenergiasta korjataan päätehakkuilta ja nämä kohteet tulevat varsin kattavasti energiapuun hankinnan piiriin osana puukauppaa. Nuorten metsien tuottaman kokopuuhakkeen laatu ja sen tasaisuus ovat hakkuutähdettä paremmat, mikä helpottaa puuta polttavien laitosten raaka-ainehuollon säätelyä. Energiapuuharvennusten tuottaman raaka-aineen avulla voidaan myös tasata päätehakkuiden muutoksista aiheutuvia hakkuutähteen tarjontaheilahteluja. Vastaavasti pienpuuta ja ehkä myös päätehakkuiden kantopuuta voidaan käyttää sellun raaka-aineena ja siten kuitupuun tarjontavaihteluiden säätelijänä. Harvennushakkuiden toteuttaminen ajallaan on edellytys nuorten metsien järeytymiselle ja turvaa siten teollisuuden laaduk-

kaan raakapuun saannin tulevaisuudessa.

Puun hankkijalla on käytettävissään erilaisia tapoja organisoida energiapuun hankinta ja toimitukset. Se voi **1)** toteuttaa energiapuun oston, korjuun ja toimitukset ainespuun hankinnasta huolehtivalla organisaatiollaan, **2)** keskittää energiapuun oston, korjuun ja toimitukset tai osan näistä erilliseen energiapuun hankintaorganisaatioon, **3)** ulkoistaa ostamiensa energiapuuleimikoiden kor-

juun ja energiapuutoimitukset yhteistyökumppaneilleen tai **4)** ulkoistaa myös energiapuuvaltaisten hakkuukoh- teiden oston puunhankintaan erikoistuneille itsenäisille yrittäjille.

Metsäteollisuuden monialayrityksis- tämme UPM Kymmenen puunhankinta noudattaa selkeimmin ykkösvaihtoehtoa: ostamallaan leimikoilla UPM ura- koijineen huolehtii myös energiapuun korjuusta. Energiapuun toimituksista puunkorjuuorganisaatio tekee toimitus-



*Kuva 1. Metsäteollisuuden käyttämät tavat organisoida energiapuun hankinta. Lähde: Asikaisen (2001) mukaan.*

sopimukset puuta käyttävien lämpö- ja voimalaitosten kanssa. Metsäliiton ja Biowatin yhteistyö noudattaa vaihtoehtoa kaksi. Metsäliitto-yhtymän ostorganisaatio tekee puukaupan metsänomistajan kanssa ja huolehtii urakoitsijakuntansa avulla puun korjuusta tien varteen. Konsernin energiapuutoiminnoista vastaava Biowatti Oy tekee energiapuuta koskevat toimitussopimukset energiapuun käyttäjien sekä ostosta ja puunkorjuusta vastaavan Metsäliiton hankintaorganisaation kanssa. Biowatti hoitaa energiapuun toimitukset tienvarstavarastoista haketuksineen ja kuljetuksineen loppukäyttäjälle. Se ei tee itsenäisesti puukauppoja metsänomistajien kanssa, eikä myöskään vastaa puunkorjuusta itse tai omien sopimusurakoijien avulla. Kahdessa ensimmäisessä vaihtoehdossa energiapuun hankinta on kiinteä osa yrityksen ainespuun hankintaa ja puuvirrat sekä korjuuyrittäjät metsäteollisuusyrityksen suorassa ohjauksessa. Puukaupan kannalta tilanne on molemmissa selkeä: puukaupasta vastaa yksi organisaatio, joka huolehtii myös puunkorjuusta ja sen jäljestä.

Kolmannessa vaihtoehdossa energiapuun hankinnasta vastaa itsenäinen yhteistyökumppani, joka on erikoistunut energiapuun korjuuseen ja toimituksiin loppukäyttäjille. Energiapuun hankinnasta vastaava yritys voi puunkorjuun ohella ostaa itse energiapuuleimikoita ja se voi toimittaa hankkimaansa aines- ja energiapuuta useille ostajille. Metsäyhtiön kanssa tehtävät energiapuun hankintasopimukset voivat olla kahden suuntaisia: korjuupalvelua tarjoava yri-

tys voi sopia energiapuun korjuusta metsäyhtiön ostamista leimikoista tai se voi välittää yhtiön puunhankintaorganisaation toimittaman energiapuun omille loppuasiakkailleen. StoraEnso Oy:n ja VAPOn välinen hakkuutähteen korjuuta koskeva yhteistyö sisältää kolmosvaihtoehdon mukaisia piirteitä. StoraEnson hankintaorganisaatio vastaa pääosin omien laitostensa energiapuuhuollosta ja voimalaitostensa hankinta-alueella se hoitaa energiapuun oston ja korjuun omalla organisaatiollaan, samoin kuin UPM-Kymmenekin. Niillä alueilla, joilla energiapuu ei ohjaudu yhtiön omille laitoksille, tehdään yhteistyötä VAPOn kanssa. Hankkimansa energiapuun StoraEnso luovuttaa VAPOLle tienvarressa. VAPOn ostaa yhteisellä toiminta-alueella energiapuukohteita myös itsenäisesti.

## **Voidaanko energiapuun osto ulkoistaa?**

Neljännessä vaihtoehdossa puuta jalostava teollisuus on ulkoistanut energiapuun oston tai ainakin osan siitä itsenäisesti toimiville puunhankintayrityksille tai välittäjille. Puukaupassa toimivien yritysten lukumäärä on tässä vaihtoehdossa siten edellisiä vaihtoehtoja suurempi. Puun ostossa ja hankinnassa toimivien yritysten määrän kasvun tulisi periaatteessa lisätä kilpailua sekä parantaa sitä kautta puumarkkinoiden tehokkuutta ja laskea hankintakustannuksia. Kilpailukykyensä säilyttääkseen tulee puunhankinnassa toimivien yritysten vastaavasti pystyä löytämään puun os-

tosta, korjuusta tai toimituksista kohteita, joissa ne pystyisivät organisoimaan toimintaansa nykyisin käytössä olevia käytäntöjä tehokkaammin. Tässä vertailussa suurten puunhankintaorganisaatioiden volyymit ja pitkälle hiotut toimintatavat asettavat vaativan vertailukohdan.

Nykyisin puunkorjuussa toimiville koneyrittäjille muutos puun ostajaksi olisi suuri. Vastuunotto koko puunhankintaketjusta laajentaisi toiminnan korjuupalveluiden tuottamisesta kattamaan myös puun oston ja toimitukset loppukäyttäjille. Samalla se lisäisi oleellisesti toimintaan sisältyviä riskejä. Puukaupassa toimiminen edellyttää yksin energiapuun hankintaan rajattunakin hyvää vakavaraisuutta ja helposti myös kustannuksia aiheuttavia rahoitusjärjestelyjä. Nämä tekijät korostuvat laajamittaisessa puunhankinnassa, jossa logistiikkaetujen hyödyntäminen ja korjuun laadun ylläpito harvennushakkuissa edellyttävät kohtuullista leimikkovarantoa. Suurten energiapuuta käyttävien laitosten polttoainehuolto vaatii toimakseen pitkälle vietyä toimituslogistiikkaa, johon tarvittavia ohjausjärjestelmiä on nykyisin käytössä lähinnä suuryrityksissä. Suuruuden ekonomia tuo suuryrityksille suhteellista kilpailuetua myös erilaisten puukaupan oheistointojen, kuten maksutilitysten pitkälle viedyssä automatisoinnissa. Puun ostoa ja sen suunnittelu vaativat nekin resursseja: osaavia ihmisiä, tietojärjestelmiä sekä tietoa puun myyjistä ja tarjottavista energiapuukohteista.

Energiapuun ja ainespuun korjuun yhä voimakkaampi integroituminen tekee sinänsä energiapuun oston eriyttämisen ainespuukaupasta ongelmalliseksi: Puukauppatapahtuman kannalta on luontevaa, että myyjä voi tehdä samalla kertaa kaupan kaikista kyseiseltä leimikolta kertyvistä puutavaralajeista. Metsäyhtiöt ovat hiljattain tuoneet markkinoille pitkälle vietyjä hoitosopimusmalleja, joiden avulla ne pyrkivät entistä kiinteämpiin asiakkuussuhteisiin metsänomistajien kanssa. Sopimusten myötä puun ostaja tarjoaa asiakkaalle kokonaisvaltaista palvelua, joka ulottuu myös metsien hoitotoihin. Vastikkeeksi puun hankkija saa käyttöönsä tiedot metsien hakkuumahdollisuuksista. Pysyviin asiakkuuksiin tähtäävän kehityksen voi arvioida tukevan myös energiapuun oston säilyttämistä metsäyhtiöiden puunhankintaorganisaatioilla.

Toisaalta samanaikaisesti metsäyhtiöt ovat kehittämässä ns. alueyrittäjyysmallia, jossa yrittäjä ottaa kokonaisvastuun tietyllä alueella toteutettavista puunkorjuun ja metsänhoidon tehtävistä. Vastuualue voi ulottua maanmuokkauksesta taimikonhoitoon ja metsätien aurauksesta puun tehdastoimituksiin. Pisimmälle viedyssä mallissa myös puun ostoa on ulkoistettu yrittäjälle, jolloin päämies voi keskittyä ydintoimintoihinsa: puun haltuunottoon, jalostukseen, tuotekehitykseen sekä myyntiin ja markkinointiin. Alueyrittäjyys siirtää työnjohto- ja suunnittelutyötä metsäyhtiöltä alueyrittäjälle. Se edellyttää puunkorjuussa toimivilta yrityksiltä nykyistä suurempaa kokoa, johon voidaan edetä

yrittäjäkauppojen, fuusioiden ja erilaisien yhteenliittymien avulla. (Sipilä 2003)

Alueyrittäjyydessä on piirteitä, joiden voidaan arvioida sopivan hyvin erityisesti energiapuun hankintaan. Energiapuun kaukokuljetuksen ja koneiden siirtojen optimointi sekä hankinnan yleiskulut tarjoavat kenties eniten mahdollisuuksia säästää kustannuksia tehostamalla organisointia. Metsäenergia on paikallista energiaa ja kuljetus käyttöpaikalle muodostaa merkittävän osan metsähakkeen kokonaiskustannuksista. Energiapuun korjuukaluston ja muun erikoiskaluston käytössä leimikoiden tehokkaan ketjutuksen merkitys korostuu. Tiiviillä maantieteellisellä alueella toimiva alueyrittäjä voisi saavuttaa merkittäviä logistiikkaetuja, jotka heijastuvat alentuneina puunhankintakustannuksina. Energiapuun hankinnassa kehitys kohti alueyrittäjyyttä kohden voi edetä myös siten, että teollisuuden puunhankinta ulkoistaa urakoijilleen ensin energiapuun korjuun ja toimitukset käyttöpaikoille. Luontevimmin käyttöpaikkatoimituksiin voivat laajentaa yrittäjät, joilla korjuuketjuun sisältyy myös kaukokuljetus. Kasvuhaluisten koneyritysten joukossa on jo esimerkkejä, joissa yrittäjä on tehnyt sopimuksen kunnallisen lämpökeskuksen raaka-aineen hankinnasta. Jokunen yrittäjä on jopa lähtenyt mukaan lämpöyrittäjätoimintaan ja investoinut lämpökeskukseen ja jakeluverkkoon. Paikallisesti toimivien lämpöyrittäjien ja hakkeella lämpiävien kohteiden määrä onkin ripeässä kasvussa. Samalla koneyrittäjien

potentiaalinen asiakaskunta on laajenemassa kunnista ja julkisyhteisöistä yrityksiin. Lämpöyrittäjätoiminnan laajetessa raaka-ainelähteeksi eivät enää riitä osuuskunnan jäsenten omat metsät vaan puunhankintaa on laajennettava. Tämä kasvattaa energiapuun kysyntää ja voi lisätä toimijoiden määrää puun korjuussa ja ostossa. Osa lämpöyrittäjistä keskittyy lämmön tuotantoon ja käyttää puunkorjuussa koneyrittäjien palveluita.

On luultavaa, että energiapuun kauppamuodot kehittyvät tulevaisuudessakin pitkälti ainespuukaupan ehdoilla. Vaikka metsäyhtiöt etsivät puukauppaan kaiken aikaa uusia ratkaisuja, on kokonaan omasta puun ostosta luopuminen tuskin suunnitelmissa päällimmäisenä. Alueyrittäjyys ei sinänsä lisää kilpailua puukaupassa tai puunhankinnassa: vaikutus voi olla jopa päinvastainen, mikäli alueyrittäjä saavuttaa alueellaan hallitsevan aseman. Äärimmillään alueyrittäjämallin yleistyminen ja uudistuksen ulottaminen puukauppaan voivat johtaa myös pystykauppojen yleistymiseen: tällöin alueyrittäjä myisikin palveluitaan suoraan metsänomistajalle tai tämän edustajalle. Kehityksen suuntaa ja nopeutta on vaikea ennustaa ja viime kädessä puukauppapolitiikkaa ohjaa kehityksen suunta. Mikäli metsäteollisuus ryhtyy ulkoistamaan puun ostoa, näkisi se luultavimmin itsensä ja metsänomistajan välissä mieluummin alueyrittäjän, kuin esimerkiksi metsänhoitoyhdistyksen. Teollisuuden aktiivisuus hoitosopimuspalveluiden kehittämisessä ei myöskään ole välttämättä alueyrittäjyyden

kanssa vastakkainen suuntaus: pitkäaikaisiin asiakassuhteisiin ja kokonaispalveluun perustuva malli sopisi hyvin myös alueyrittäjän toiminnan perustaksi.

## **Energiapuuharvennuksille omat markkinat?**

Energiapuun hankinta on integroitunut ainespuun hankintaan ja varsinkin päätehakkuiden energiapuutarat tulevat luontevasti puukaupan piiriin. Nykyiset ja kehitteillä olevat puukaupan ja puunhankinnan organisointimallit antavat siellä hyvät puitteet tavoitteiden mukaiselle hakkuutähteen energiakäytölle. Käytön kasvaessa on myös harvennushakkuisten energiapuutarat otettava käyttöön. Nuorten metsien energiapuutarat hyödyntämisessä ongelmia on enemmän, eikä aines- ja energiapuun integrointi ole auttanut saavuttamaan harvennushakkuille asetettuja tavoitteita. Korjuutuesta huolimatta energiapuuharvennukset eivät ole metsäyhtiöiden puunhankintaorganisaatioille houkuttelevia kohteita: ainespuu hankitaan mieluummin puustoltaan järeämmistä metsistä ja kertymältään suuremmista leimikoista. Kansallisen metsäohjelman (Maa- ja metsätalousministeriö, 1999) tavoitteisiin yltyminen edellyttääkin uusia näkökulmia nuorten metsien energiapuun korjuuseen ja puukauppaan.

Päätehakkuita ohjaa metsänomistajan päätöksenteossa lähinnä rahan tarve, kun nuoren metsän kunnostushakkuissa ja ensiharvennuksissa tavoitteet ovat

enemmän metsänhoidollisia (Rämö ym. 2001). Pelkän ensiharvennusleimikon myynti on kuitenkin käytännössä vaikeaa. Metsänomistajan ratkaisu laimeaan kysyntään on usein tarjota vaikeammin myytäviä ensi- ja energiapuuharvennusleimikoita osana suurempaa leimikkoa. Kiireellistä hakkuuta vaativat kohteet saavat jäädä pitkiksikin ajoiksi riukuuntumaan ja odottamaan otollista puukaupan ajankohtaa. Ensiharvennusten määrä onkin pitkän aikaa jäänyt jälkeen metsänhoidollisesta tavoitteesta. Tämä hidastaa puuston järeyskehitystä, viivästyttää metsänomistajan saamia hakkuutuloja ja pitkällä aikavälillä heikentää myös teollisuuden järeän puun saantia.

Energiapuun hankkijan on vastaavasti nykytilanteessa vaikea saada aikaiseksi tehokkaita leimikkokeskityksiä, kun sopivia kohteita tulee markkinoille vain osana ainespuun hankintaa, kunkin metsäyhtiön tekemien puukauppojen sivutuotteena. Mikäli yrittäjä saisi kattavasti tietoonsa tietyllä alueella toimivat kohteet, paranisivat edellytykset ketjuttaa korjuuta ja hankkia erikoistunutta korjuukalustoa oleellisesti.

Ensi- ja energiapuuharvennusten puukauppa ”rahaleimikoiden kylkiäisenä” on tuskin tehokkain tapa organisoida nuorten metsien energiapuun hankinta. Koska metsänomistajalle energiapuuta tuottavien harvennushakkuiden motiivi eroaa päätehakkuita, voisi myös kaupan teon aikajänne olla erilainen. Puumarkkinoiden ja puukaupan toimivuuden kannalta voisi olla hyödyksi, jos

energiapuuvaltaisille harvennuksille kehittyisi erilliset puumarkkinat. Niillä puun hankkijoina toimisivat alueelliset, nuorten metsien harvennuksiin erikoistuneet korjuuyrittäjät tai sellaiset alueyrittäjyyden pohjalta toimivat yritykset, jotka pystyvät työllistämään tehokkaasti myös näille kohteille erikoistunutta kalustoa. Korjuu- tai alueyrittäjä ostaisi tällöin ainakin osaksi puuta myös omaan lukuunsa ja toimittaisi sitä tasaisesti ja pitkäaikaisten sopimusten perusteella puun jalostajille ja energiapuun käyttäjille. Energiapuun voitaisiin toimittaa myös alihankintana VAPOn ja Biowatin kaltaisille energiapuun hankintaorganisaatioille, jotka pystyvät vastaamaan myös suurien laitosten energiapuuhuollosta. Toimituspaikkana voi olla tienvarsivarasto tai käyttöpaikka. Metsäteollisuuden oman ostoorganisaation solmimien kauppojen keskikoko ei oleellisesti muuttuisi, vaikka ensiharvennuskuviot jäisivätkin pois päätehakkuleimikoiden kyljestä. Kaupan keskikoko voisi jopa kasvaa, jos merkittävä määrä pienimpiä harvennuskuvioita ohjautuisi suoraan aiemmin alirakojina käytetyille yrittäjille. Sahan puun pestykaupan sijasta tehtäisiin yksi toimitussopimus paikallisen urakoijan kanssa ja jäljelle jäävien kohteiden korjuu voitaisiin hoitaa varttuneisiin metsiin tarkoitettujen korjuuketjujen avulla.

Toimivien energiapuumarkkinoiden syntyminen ja kansallisten käyttötavoitteiden saavuttaminen erityisesti nuorisessa metsissä edellyttävät neuvontaorganisaatioiden aktiivisuutta: metsänomis-

tajien neuvontaa, tehokasta markkinointityötä ja uuden asian tutuksi tekemistä. Metsäkeskuksilla ja metsänhoitoyhdistyksillä on tärkeä rooli sekä metsäsuunnittelutiedon tuottajana että energiapuun korjuun markkinoijana. Tässä tehtävässä metsänhoidolliset hyödyt ja energiapuun korjuulle myönnettävä julkinen tuki toimivat hyvinä puhemiehinä. Huolimatta sovellettavista organisoititavoista vaatii tehokas kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen sekä kilpailuperiaatteen toiminta kattavaa tietoa energiapuun kysynnästä, tarjonnasta ja toimijoista. Energiapuun markkinoille tulossa, kaupankäynnin tehostamisessa ja puunhankintakustannusten kurissa pitämisessä avainasemassa ovat MottiNetin ([www.mottinetti.com](http://www.mottinetti.com)) kaltaiset internet-pohjaiset kauppapaikat (Tahvanainen ym. 2003).

Nuorten metsien energiapuun hankinnassa pitkällekin viety ulkoistaminen voisi tuoda metsäteollisuudelle kustannushyötyjä alentamalla oston ja puunhankinnan yleiskuluja. Erillisten markkinoiden mallista voi olla hyötyä myös silloin, kun puun jalostaja haluaa säilyttää puun oston omalla hankintaorganisaatiollaan. Omalle korjuuorganisaatiolle huonosti sopivat kohteet voitaisiin ohjata suoraan näille kohteille erikoistuneelle partneriverkostolle tai itsenäisille alueyrittäjille. Vaihtoehtoisesti omien urakojien kalustolle tai korjuun aika-tilaan sopimattomat harvennuskohdet voidaan välittää energiapuumarkkinoita palvelemaan julkiseen kauppaan ja kilpailuttaa niiden puunkorjuu alueellisten yrittäjien kesken. Pisim-

milleen vietyinä jopa puukaupassa hankittu hakkuuoikeus voitaisiin markkinoida eteenpäin. Tämän kaltaisten jälkimarkkinoiden syntyminen edellyttää luonnollisesti vakiintuneiden puukaupaehtojen uudelleen punnitsemista sekä korjuun laatuun liittyvien vastuukysymysten selkeää ratkaisua. Energiapuumarkkinoiden avoimuuden ja kilpailun lisääntyminen kaikissa puunhankinnan vaiheissa ostosta tehdastoimituksiin on varmin tausta kustannustehokkuuden paranemiselle. Nykyisten rakenteiden ennakkoluuloton arviointi ja laajan yrittäjäkunnan saaminen mukaan kehitystyöhön voi parhaiten johtaa uusiin innovaatioihin. Energiapuun hankinnan kustannusjohdossa voivat uudet organisointimallit avata nopeampia ja kustannustehokkaampia ratkaisuja, kuin panostaminen yksin korjuuteknologian kehittämiseen.

## **Metsänhoitoyhdistykset määrittelevät asemaansa**

Metsänhoitoyhdistyksille on useasti tarjottu hakkuukeskitysten organisoijan roolia kaivattaessa ratkaisua ensiharvennuskokkeiden ja turvemaiden hakkuurästeihin. Sama problematiikka koskee energiapuharvennuskokkeita, joiden markkinoille saattamisessa metsänhoitoyhdistykset eivät toistaiseksi ole olleet erityisen aktiivisia (Hakkila 2002). Läheisten metsänomistajasuhteiden ja kattavien puuvaratietojen ansiosta metsänhoitoyhdistyksillä on kiistattomat vahvuutensa energiapuun hankinnassa. Suhteellisen suurina ja vakaina organi-

saatioina yhdistykset voisivat ottaa vastuun myös esim. kuntakokoluokan lämpö- ja voimalaitosten energiapuuhuollosta. Nuorten metsien ns. KEMERATukikohteilla valtion kustantamat työjohtokorvaukset takaavat kohtuullisen korvauksen suunnittelupalveluista ja lisääntyvä kysyntä nuorten metsien energiapuuokkeista luo mahdollisuuksia myös maksullisille puukauppapalveluille. Hakkuutähteen korjuun ja maanmuokkauksen yhdistävän teknologian yleistyminen voisi avata metsänhoitoyhdistyksille tehtäviä myös päätehakkuiden energiapuun korjuussa, sillä maanmuokkaus liittyy kiinteästi metsänuudistamiseen ja yhdistysten ydinosaamisalueeseen. Hakkuutähteen korjuun yleistymisessä metsänhoitoyhdistysten suosituksilla on joka tapauksessa huomattavaa painoarvoa. Päätehakkuiden energiapuun korjuuta edistäisikin parhaiten tilanne, jossa metsänhoitotöiden helpottuminen olisi näkyvässä myös uudistamistöiden hinnoittelussa.

Energiapuun hankinnassa yhdistykset ovat pikemminkin tyytyneet sivustaseuraajan asemaan ja antaneet muiden toimijoiden määrittää asemansa muuttuneessa toimintaympäristössä. Verrattuna 1980-lukuun lukuisat metsänhoitoyhdistykset ovat vetäytyneet aiemmin keskeisestä asemastaan kunnallisten lämpölaitosten energiapuun hankinnassa. Osasyynä epäröinnille voi olla vaikeuksissa määrittää selkeä kanta energiapuun kantohintaa ja ravinnepoistuman arvottamista koskeviin kysymyksiin. Energiapuun hankintapalvelujen tuottajana yhdistyksillä olisi toisaalta

osin kaksijakoinen rooli metsänomistajien saamien puunmyyntitulojen ja metsänhoidollisten hyötyjen maksimoijana ja toisaalta tulostavoiteisen liiketoiminnan harjoittajana. Lähestymistavoissa voi olla yhdistysten välillä vaihtelua myös historiallisista syistä. Osalle yhdistyksistä luontevin toimintatapa olisi toimia selkeästi metsänomistajan toimeksiannosta toimivana energiapuukohteiden välittäjänä. Itsenäinen energiapuun hankkijan rooli sopisi puolestaan paremmin sellaisille yhdistyksille, joilla on ennestään aktiivisesti toimiva hankintapalvelu. Jälkimmäisessäkin tapauksessa luonteva toimintatapa olisi käyttää paikallisten korjuuyrittäjien ja metsäpalveluyrittäjien palveluita, jolloin toimintaan sisältyvät taloudelliset riskit ja mahdolliset metsänhoitoyhdistyslain tulkintatilanteet voitaisiin helpommin välttää.

Uusien puunkorjuun ja puukaupan toimijoiden tulo kasvaville nuorten metsien energiapuumarkkinoille ja jopa perinteisten metsänhoitopalveluiden tuottajiksi lisää väistämättä myös metsänhoitoyhdistysten kohtaamaa kilpailua. Vastatakseen kilpailuun metsänhoitoyhdistykset ovat yhdessä MTK:n ja metsänomistajien liittojen kanssa hiljattain perustaneet Metsänhoitoyhdistysten Palvelu Oy:n. Yhteisen organisaation ja yhdistysten ketjuuntumisen tavoitteena on yhdenmukaistaa yhdistysten palveluita ja taata niiden kattava saataavuus eri puolilla maata (MTK 2003). Yhdenmukaistamistarpeen voi arvioida koskevan myös energiapuukauppaan liittyviä palveluita. Oman lisävärinsä

metsänhoitoyhdistysten palvelujen kehittämiskeskusteluun syksyllä 2003 toi Metsäliitto esittämällä yhdistyksille yhteistyötä omien metsäpalveluasiakkaidensa palvelujen tuottamisessa. Yhteistyön avulla Metsäliitto voisi välttää oman metsänhoito-organisaation ylläpitokustannukset. Osa metsänhoitoyhdistyksistä on ollut kiinnostunut myös puukauppalveluiden sisällyttämisestä yhteistyösopimukseen, osa taas arvioi yhteistyön vaarantavan yhdistysten riippumattomuuden metsänomistajan edustajana. Muiden metsäyhtiöiden suhtautuminen yhteistyökuvioon on ollut kriittistä. (Riikilä 2003)

## **Hinnoittelumekanismien kehittäminen edellyttää käytännön kokeiluja**

Metsähakkeen korkeisiin käyttötavoitteisiin pääseminen edellyttää metsänomistajien ja puun käyttäjien yhteistä näkemystä energiapuun arvosta. Metsänomistajan hyödyt on pystyttävä selkeästi osoittamaan sekä päätehakuilla että nuorten metsien energiapuun korjuussa. Vaikka energiapuun korjuu tuo metsänomistajalle monia rahassakin arvotettavia hyötyjä, ovat niiden vastapainona ravinteiden poiston aiheuttamat kasvutappiot. Korvaukseton energiapuun otto-oikeus tuskin mahdollistaa pitkän päälle tavoitteiden mukaista käytön lisäystä ja häiriötöntä energiapuun markkinoille tuloa. Energiapuun käyttäjien maksukyky määräytyy kilpailevien polttoaineiden hintojen perusteella. Energiapuun tehdashinta voi siten sisäl-

tää kantohintaa vain mikäli puunhankinnan kustannukset alittavat vertailupolttoaineiden hintatason. Metsäenergian kilpailukykyyn voidaan vaikuttaa tuki- ja veropoliittisin ratkaisuin, mutta laajamittaisen energiapuun käytön edellytyksenä on aina puunhankinnan korkea kustannustehokkuus. Ainoastaan se voi pitkän päälle mahdollistaa kohtuullisen korvauksen raaka-aineesta vaarantamatta energiapuun käyttäjien kilpailukykyä.

Energiapuumarkkinat tarjoavat puukaupalle ja teollisuuden puunhankinnalle luonnollisessa mittakaavassa toimivan koekentän, jossa voidaan kehittää ja kokeilla uusia toimintamalleja. Toimivaksi osoitettuja malleja voidaan siirtää myöhemmin myös ainespuun hankintaan tai niillä voidaan täydentää perinteisten kauppamuotojen hallitsemia puumarkkinoita. Kehittämistarve koskee erityisesti nuoria metsiä, joissa korjuukustannusten alentaminen on puun markkinoille tulon keskeinen haaste. Energiapuun kasvava kysyntä antaa uusia mahdollisuuksia alentaa myös nuorten metsien ainespuukorjuun kustannuksia. Energiapuun talteenotto lisää hakkuukertymää ja nostaa hehtaarikohtaista poistumaa, joka rungon keskitilavuuden ohella on keskeinen korjuukustannusten selittäjä. Hehtaari- ja leimikkokohtaisten kertymien kasvaessa kohteiden ketjuttaminen helpottuu ja puunhankinnan yleiskulut laskevat. Korjuukustannuksia voidaan alentaa edelleen optimoimalla leimikolta korjattavien tavaralajien määrää ja ohjaimalla kertymältään vähäisiä tavaralaje-

ja energiapuuksi. Kuitupuun latvaläpimitan nosto vaikuttaa myönteisesti sekä korjuukustannuksiin että saatavan kuituraaka-aineen laatuun (Hakkila 2003). Nuorten metsien puunkorjuussa tiukka latvaläpimitaan perustuva jako aines- ja energiapuun välillä tulee muuttumaan: kysyntätilanne, kohteen sijainti ja korjuutekniset tekijät määrittelevät jatkossa enemmän puun ohjautumista eri käyttömuotoihin ja -paikkoihin.

Puukauppamuodoille irrottautuminen tiukasti ainespuun mitta- ja laatuvaatimuksiin perustuvasta katkonnasta asettaa uusia haasteita. Olipa ostajan valitsema korjuutapa ja katkontaohjelma mikä tahansa, tulisi puun myyjän voida verrata ostotarjouksia toisiinsa. Siirtymävaiheessa toteutunutta hakkuuta tulisi voida lisäksi verrata vaihtoehtoon, jossa korjuu olisi tehty perinteistä ainespuuhakkuuta noudattaen. Viimeksi mainitussa tapauksessa hinnoittelu muistuttaisi eräänlaista takuuhintaa, jossa vertailukohtana on perinteinen puunkorjuutapa. Koneellisen puunkorjuun myötä myös runkojen keskikokoon perustuva runkohinnoittelu, massaan perustuva hinnoittelu ja kokonaishinnan käyttö ovat kokeilun arvoisia hinnoittelumekanismia. Myös tarjousmenettelyssä voitaisiin tarkastella uusia ratkaisuja, kuten huutokauppaa. Kiinteään hintaan tehtävät tarjoukset ja huutokauppatyyppiset tarjousmenettelyt edellyttävät aktiivisesti toimivia energiapuumarkkinoita ja kehittyneitä tietojärjestelmiä: myytävistä kohteista on oltava riittävän luotettavat metsikkö- ja puustotiedot ja ostajakandidaatteja on oltava useita.

## **Puutavaran mittauksessa tarvetta uusille ratkaisuille**

Toimiva puukauppa edellyttää luotettavaa ja kaikkien osapuolten hyväksymää puutavaran mittausta. Nopeasti kehittyvät korjuumenetelmät sekä energiapuun monimuotoisuus edellyttävät mittaukselta uusia ratkaisuja. Energiajakeen tilavuusperustaisessa mittauksessa ei päästä edes koneellisen puunkorjuun osalta samaan tarkkuuteen, kuin yksin puin tapahtuvassa runkopuun prosessoinnissa ja mittauksessa. Nuorten metsien ainespuun ja energiapuun korjuun integrointi ja esim. puiden joukkokäsittely ulottavat mittausongelman myös ainespuun mittaukseen. PäätehakkUILta kerättävän muodoltaan monimuotoisen oksa- ja juuripuun heterogeenisuus vaikeuttaa yleiskäyttöisten mittausmenetelmien kehittämistä. Lisäongelmia aiheuttavat erilaiset puutavaran varastoinnin ja kuljetuksen aikana syntyvät tappiot.

Energiapuun korjuun kustannusjähdisä hyväksytyjen mittausmenetelmien puutetta tai kohoavia mittauskustannuksia ei pidä päästää syömään korjuumenetelmien kehityksen aikaansaamia kustannussäästöjä. Risutukkimenetelmä tarjoaa tuotoksen mitattavuuden osalta selkeitä etuja verrattuna muihin energiapuun korjuumenetelmiin tuottamalla tarkan tiedon korjatuista puu- ja energiamääristä. Käytännön toimintaa varten tarvitaan muitakin korjuuketjuja varten uusia mittausmenetelmiä, jotka ovat nopeita ja edullisia, ja joiden tarkkuus riittää puunhankinnan ohjauksen

tarpeisiin sekä puukaupan ja työsuoritusten maksuperusteeksi. Hakkuukoneiden mittalaitteiden tuottama tieto muodostaa hyvän tietopohjan uusille mittausjärjestelmille, sillä sen avulla saadaan nopeasti ja tarkasti suuri määrä energiapuuta koskevaa tietoa. Kenties lupaavimman lähestymistavan tarjoavat kuitenkin massaan perustuvat mittausmenetelmät, joiden etuna on mm. kiinteä yhteys puun energiasisältöön ja jalostusarvoon. Paino on myös kuljetuksissa yleisimmin käytetty maksuperuste ja tunnus, jota tälläkin hetkellä joudutaan seuraamaan autokuljetuksen kuormakoon optimoinnissa. Puutavara-autoissa painoa mittaava varustus on jo osittain käytössä ja myös metsätraktoreiden kuormaimissa valmius siirtyä taakan painon mittaukseen on hyvä. Painoon perustuvasta mittauksesta on myös ehditty hankkia käytännön kokemusta kuitupuun tehdasmittauksessa ja rautatiekuljetusten lastausten yhteydessä.

Energiapuun hankinnassa tilavuusperustaiset mittausmenetelmät eivät ole ehtineet saavuttaa yhtä vakiintunutta asemaa, kuin ainespuun mittauksessa ja myös tilavuusmitan puutteet nousevat korostuneemmin esiin. Painomittauksen käyttöönotto olisi helpompaa energiapuun hankinnan ollessa vielä sisäänajovaiheessa, kuin toiminnan vakiinnuttua lopulliseen laajuuteensa. Painoperusteisen puutavaran mittauksen edellytykset tulisikin viipymättä selvittää, sillä se tarjoaa mahdollisuuksia alentaa puunhankinnan kustannuksia ja selkiyttää puukaupan perusteita. Mikäli paino-

perusteinen arvon määrittäminen pääsee vaikiintumaan energiapuun hinnoitteluperusteena, voidaan sen käyttöä helpommin laajentaa myös kuitupuun hankintaan. Tämä avaisi uusia mahdollisuuksia raakapuun hinnoittelumekanismien kehitystyölle.

## Kirjallisuus

- Asikainen, A. 2001. Design of supply chains for forest fuels. 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, Vaxsjö, Sweden. Ss. 179-190.
- Hakkila, P. 2002. Puuenergian teknologiaohjelman katsaus 1999-2002. Puuenergian teknologian vuosikirja 2002. Puuenergian teknologiaohjelman vuosiseminaari, Joensuu, 18.-19. syyskuuta 2002. ss. 9-35.
- Hakkila, P. 2003. Fuel from early thinnings. Improving the Economics of Early Thinnings. Proceedings (CD) the IUFRO Seminar 7.-9.5.2003, Joensuu, Finland 7-9 May 2003. 8 s.
- Jaakkola, S. 2003. Alueyrittäjyyden uhat ja mahdollisuudet. Koneyrittäjä 8/2003. ss 15-16.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1999. Kansallinen metsäohjelma 2010. MMM:n julkaisuja 2/1999. 38 s.
- MTK. 2003. Metsänhoitoyhdistykset muodostavat ketjun. Tiedote 22.8.2003. 1 s. [www.mtk.fi](http://www.mtk.fi) <<http://www.mtk.fi>>.
- Riikilä, M. 2003. Metsäliitto ja yhdistykset lämmittelevät yhteistyötä. Metsälehti 22/2003. s. 9.
- Rämö, A-K & Toivonen, R. 2001. Metsänomistajien energiapuun tarjontahalukkuus alueittain. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita 46. 53 s.
- Rämö, A-K., Toivonen, R. & Tahvanainen, L. 2001. Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjonta ja suhtautuminen puun energiakäyttöön. Pellervon Taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja 175. 101 s. ISBN 952-5299-33-3
- Tahvanainen, T., Sikanen, L., Karppinen, H. & Tolvanen, K. 2003. Mottinetti - Marketing Chopped Firewood and Services via the Internet. Bioenergy 2003. Proceedings of the International Nordic Bioenergy Conference, 2.-5.9.2003, Jyväskylä, Finland. Ss. 514-516.

# Metsähake ja metsäsuunnittelu

Timo Tahvanainen

Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus

e-mail: [timo.tahvanainen@metla.fi](mailto:timo.tahvanainen@metla.fi)

## Metsäsuunnittelu tietolähteenä

Metsäsuunnittelua tehdään Suomen yksityismetsissä noin miljoonan hehtaarin vuosivauhtia (Tapio 2003) ja tämä tiedonkeruu vastaa runsaan 300 toimihenkilön vuotuista työpanosta. Lisäksi tulee Metsähallituksen sekä metsäyhtiöiden omilla ja sopimusasiakkaidensa mailla toteuttama metsäsuunnittelu. Yksityismetsien suunnitelmista metsäkeskuksen laatimia on runsas 90% ja lopuista vastaavat lähinnä metsänhoitoyhdistykset.

Energiapuun hankinnan ja korjuun operatiivisessa suunnittelussa paikkatietoon sidottu ja kuvioittaiseen arviointiin perustuva metsäsuunnittelutieto tarjoaa tällä hetkellä parhaan käytettävissä olevan tietolähteen. Alueellisia suunnittelutietoja on käytetty myös laadittaessa käyttöpaikkakohtaisia energiapuun saatavuusarvioita esim. lämpölaitosinvestointien taustaksi. Tarkkoihin mittauksiin ja systemaattiseen otantaan perustuva valtakunnan metsien inventointi tarjoaa luotettavia ennusteita suuralueille. Energiapuunvaroja, energiapuun tarjontaa ja esimerkiksi metsien muutosta koskevien laskelmien kohdealueena on tällöin kuitenkin oltava vähintään kunnan kokoinen maa-alue. Satelliittikuvien, ilmavalokuvien tai videokuvien

automaattiseen tulkintaan perustuvat inventointimenetelmät eivät vielä lähi-vuosina yllä edellä mainittujen tiedonkeruumenetelmien luotettavuustasoon, mutta ne voivat tarjota varteenotettavia mahdollisuuksia energiapuukohteiden paikantamisessa.

Muutamet metsäkeskukset ovat ryhtyneet keräämään metsäsuunnittelun yhteydessä tietoja potentiaalisista energiapuun korjuukohteista ja alueellisista metsäsuunnittelutiedoista on tuotettu myös energiapuunvaroja koskevia yhteenvetolaskelmia. Energiapuutietoja kirjataan nuorista kasvatusmetsistä, joissa katsotaan olevan hoidon tarvetta ja jotka yleensä myös täyttävät nuoren metsän kunnostukseen myönnettävän ns. KEMERA-rahoitustuen ehdot. Metsäsuunnittelija määrittää maastossa kohteen soveltuvuuden energiapuun korjuuseen, mikä ilmaistaan suunnittelujärjestelmässä käytettävällä erityisominaisuus-koodilla. Mahdolliselle KEMERA-tukikelpoisuudelle on oma koodinsa. Lisäksi suunnittelija arvioi energiapuun määrän, jolla yleensä tarkoitetaan kohteelta kertyvän tukki- ja kuitupuun soveltumattoman runkopuun määrää. Arvio perustuu oletetun hakkuuajankohdan kuviteltuun tilanteeseen. Varttuneempien metsien ja päätehakkuukohteiden osalta energiapuun korjuukelpoisuuteen liittyviä tietoja ei

metsäsuunnittelussa ole kirjattu, mutta vuoden 2004 alusta hakkuutähteen korjuuseen soveltuvat päätehakkuukohteet saavat oman erityisominaisuus-koodinsa.

## Nopeasti vanheneva tieto

Metsäsuunnittelussa ollaan hiljalleen siirtymässä tietojen jatkuvaan ylläpitoon, jossa puustotiedot pyritään pitämään reaaliajassa päivittämällä niitä toimenpiteiden yhteydessä (esim. hakkuu tai taimikon hoito). Metsikön normaalia kasvua ja kehitystä ennustetaan mallien avulla ”kasvattamalla” puusto tietokoneella vastaamaan tarkasteluvouden tilannetta. Tätä tavoitetta tukevat metsäkeskuksissa inventointi- ja laskentajärjestelmään 1990-luvun puolivälissä tehdyt muutokset, joiden seurauksena puustotunnukset kerätään nykyisin erikseen kutakin puulajia ja puujaksoa koskien. Suunnittelujärjestelmä ei kuitenkaan nykyisin sisällä ominaisuuksia, jotka tuottaisivat puustotietojen perusteella laskettavia ja kasvumallien avulla päivitettäviä energiapuutietoja.

Metsikkökuvioittain sekä puulajeittain ja -jaksoittain kerätty tieto tarjoaa sinänsä hyvän pohjan energiätunnusten laskennalle ja tietojen reaaliaikaiselle ylläpidolle. Energiapuun hankinnan kannalta nykyisessä tiedonkeruujärjestelmässä on yhä joitakin puutteita. Ensinnäkin kerätyt energiapuutiedot - kohteiden luokitukset ja kertymäärviot - ovat staattisia tietoja, joita ei voida automaattisesti päivittää metsikön kehityksen mukana.

Staattiset energiapuutunnukset sopivat huonosti reaaliaikaisen ylläpidon tavoitteeseen ja palvelevat vaivoin nopeasti kehittyvän energiapuun hankinnan tarpeita. Energiapuukertymää arvioidessaan suunnittelija on lähes mahdottoman tehtävän edessä, sillä yleensä korjuun todellinen ajankohta tai noudatettava korjuumenetelmä eivät ole tiedossa. Nuori metsikkö kehittyy kuitenkin nopeasti ja jo muutaman vuoden kasvu voi merkittävästi muuttaa puuston ja hakkuukertymän määrää sekä kuitupuun ja energiapuun suhdetta hakkuukertymässä. Myös puulajien kasvuerot ovat suuria metsikön nuoruusvaiheessa.

Vaihtelevat korjuumenetelmät tuovat lisävaikeutta hakkuukertymien arviointiin, sillä hakkuussa talteen saatava energiapuun määrä on myös suuresti riippuvainen valittavasta menetelmästä ja esimerkiksi hakkuuhetkellä noudatettavista katkontaohjeista. Energiapuun korjuu elää vielä toistaiseksi nopean kehityksen vaihetta ja korjuutavoissa tulee jatkossa olemaan yhä enemmän myös kohteen sijainnista ja markkinatilanteesta aiheutuvaa vaihtelua. Suunnitteluhetkellä on vaikea ennakoida mikä on korjuuhetkellä ja ko. puulajilla noudatettava kuitupuun minimiläpimitta ja puutavaralajikohtainen vähimmäiskertymä. Energiapuu voidaan korjata karstittuna, osapuu- tai kokopuu- menetelmää noudattaen ja korjuumenetelmien kehittyessä myös ravinteita säästävään suuntaan voi hakkuupaikalle jäävän neulasten osuus vaihdella jatkossa laajoissa rajoissa. Korjuumenetelmien

ohella muuttuvat myös energiapuun korjuun julkista tukea koskevat kriteerit.

Tiedonkeruun tarkkuudessa suurimmat kehitystarpeet liittyvät nuoriin metsiin ja erityisesti aiemmin hakkuin käsittelemättömiin puustoihin. Puun pituus- ja pohjapinta-alatietoihin perustuva inventointi antaa varsin luotettavan kuvan runkokuun kokonaisuudesta, mutta ei anna kuvaa metsikön todellisesta runkoluvusta tai läpimittajakaumasta (Siipilehto 1999, Maltamo ym. 2000). Runkoluku voi harventamattomissa metsiköissä vaihdella varsin laajoissa rajoissa, vaikka puuston pohjapinta-ala ja pituus säilyisivätkin samana. Mikäli laskennassa käytetään liian alhaista runkolukua, on seurauksena kuitupuukertymän yliarvio ja energiapuukertymän aliarvio. Korjuukustannuksiin suoraan vaikuttava rungon keskikoko arvioidaan samalla liian suureksi. Ennusteita voidaan tarkentaa lisäämällä puuston runkolukujakaumaa kuvaavaa tietoa (Siipilehto 1999, Kangas ja Maltamo 2000). Totuudenmukainen läpimittajakauma on hyödyksi myös ennustettaessa metsikön tulevaa kasvua ja kehitystä.

## **Tavoitteena hankintakustannusten alentaminen**

Teollisuuden käyttämän ainespuun hankinnassa valtaosa puunmyyntisuunnitelmista ja korjuun ennakkosuunnittelusta tapahtuu nykyisin metsäsuunnitelman tietoja käyttäen ”kirjoituspöytätyö-

nä”. Tämän tulisi olla tavoitteena myös energiapuun hankinnassa. Päätehakuilta kertyvän hakkuutähteen ja myös kanto- ja juuripuun määrä voidaankin arvioida suhteellisen luotettavasti metsäsuunnittelun tuottamien puustotietojen perusteella. Päätehakkuukohteilla myös käytettävän korjuumenetelmän valinta on helpompaa eikä metsäsuunnittelun tuottama tieto vanhene yhtä nopeasti kuin nuorissa metsissä. Nuorten metsien energiapuun korjuussa tiedon tarkkuusvaatimus on suurempi, sillä leimikkokohtaiset olosuhteet vaikuttavat suuresti korjuukustannuksiin ja edullisimman korjuumenetelmän valintaan. Nykyisin nuorten metsien energiapuukohteissa oston ja korjuun suunnittelu edellyttääkin yleensä kustannuksia aiheuttavaa maastokäyntiä. Suunnittelujärjestelmää ja tiedon kulkua kehittämällä tästä voitaisiin luopua ainakin tuoreimpien metsäsuunnittelutietojen osalta.

Metsäsuunnittelun maastoinventoinnin tavoitteena tulisi olla luotettavan ja kasvumallien avulla ylläpidettävän tiedon. Sen turvin käyttäjät voivat tuottaa käyttöhetken ja -tavan vaatimuksia palvelevia tarkkoja ennusteita energiapuukertymistä. Kerätyn maastotiedon sekä suunnittelujärjestelmän tarjoamien laskeutumallien avulla käyttäjän tulisi saada tarkka kuvaus kaupan kohteesta vuosikin myöhemmin tapahtuvassa puukaupan tai puunkorjuun suunnittelussa. Optimitalanteessa puun ostajan tulisi saada käyttöönsä kohteen päivitettyt puustotiedot, ei pelkästään keskimääräisiin oletuksiin perustuvia summatie-

toja. Näin ostajaehdokas tai hakkuuoikeuden omistaja voisi suunnitella sovellettavan korjuutavan omien raaka-ainetarpeidensa, korjuuresurssiensa, vallitsevien energiapuun korjuutukien ym. kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden pohjalta.

Metsäsuunnittelijan työssä tämä merkitsisi painopisteen siirtämistä yhä enemmän tarkan inventointitiedon keruuseen sekä metsänomistajien neuvontaan. Metsäsuunnittelun vaikuttavuuden lisääminen on nykyisin keskeinen kehittämistavoite. Vaikuttavuutta voidaan parantaa metsänomistajan osallistamisella ja suunnittelun yhteydessä tapahtuvalla neuvonnalla. Metsäsuunnittelija on usein metsänhoitotoimien tehokkain markkinoija ja yhtenä inventointimenetelmän keskeisenä kehittämistavoitteena tulisikin olla järjestää suunnittelijalle enemmän aikaa neuvontaan. Vaikeasti määritettävien puusto- ja kertymäärvioiden ja jopa toimenpidesuosituksen määrittelyssä työtä voitaisiin siirtää enemmän suunnittelujärjestelmän ja laskentasovellusten harteille. Tavoitteet ovat osittain ristiriitaisia, sillä tuloksekkaassa ja erityisesti maastotyön aikana tapahtuvassa neuvonnassa metsäsuunnittelijan tulisi pystyä antamaan myös käytännöllisiä toimenpide-ehdotuksia ja hakkuusuositukseen liittyviä kertymäärviointia. Maastossa tapahtuva kuvioittainen arviointi on jo nykyisellään suunnitteluprosessin kallein työvaihe, joten kaikkia työmääriä lisääviä ehdotuksia on tarkasteltava kriittisesti. Toisaalta laajan vuotuisen suunnittelupinta-alan ansiosta pienetkin parannuk-

set tiedonkeruun tuottavuudessa ja tuotetun tiedon tarkkuudessa, ylläpidettävyydessä tai käyttöasteessa voivat aikaansaada merkittäviä kustannussäästöjä joko suoraan metsäsuunnittelussa tai epäsuorasti alentamalla puun hankinnan kustannuksia. Suunnittelujärjestelmää onkin kehitettävä kokonaisuutena, jossa hyödynnetään uuden teknologian mahdollisuudet suunnittelun tietosisällön kehittämisessä ja kustannustehokkuuden parantamisessa

Uuden sukupolven maastotallentimet tuovat uusia mahdollisuuksia metsäsuunnittelun maastotyön kehittämiseen. Kehittyneiden paikkatieto-ominaisuuksien ohella maastotallentimiin voidaan liittää yhä enemmän suunnittelijan työtä helpottavaa laskentaa. Uuden sukupolven maastotallenninta ja sen tiedonkeruuhjelmistoa testattiin metsäkeskuksissa vuoden 2003 syksyllä. Tallentimen laskentaohjelma tuottaa inventoinnin yhteydessä mm. arvion energiapuun määrästä. Myös puustotietojen avulla tuotetuissa ja metsänomistajalle toimitettavissa metsäsuunnitelmatulosteissa riittää kehittämistä: energiapuun korjuuseen soveltuvien kohteiden tietojen listaaminen esim. suunnitelman liitteeksi voisi kannustaa metsänomistajaa kauppamaan energiapuuta myös käytännössä.

## **Verkkokauppa tuo kohteet markkinoille**

Metsäsuunnittelun tietojen hyväksikäyttö on aihe, joka on suunnittelun ke-

hittämisessä usein laiminlyöty. Metsänomistajat eivät tunnetusti hyödynnä suunnitelmiaan tehokkaasti metsien käytössään. Suunnittelutietoja ei myöskään pystytä käyttämään apuna puunhankinnassa siinä laajuudessa, mihin nykyinen tietotekniikka antaisi mahdollisuuksia. Merkittävän rajoitteen muodostaa suunnittelutietojen nauttima tietosuoja, joka rajaa tiedot metsäkeskusten ja metsänhoitoyhdistysten käyttöön. Lopputuloksena energiapuun hankintaan soveltuvat kohteet eivät tule nykyisin kattavasti ostajien tietoon, minkä vuoksi oston ja korjuun yleiskulut nousevat. Tämä on kasvattanut metsäyhtiöiden kiinnostusta mm. erilaisten hoitosopimuspalveluiden tarjontaan. Mahdollisuus saada kattava tieto alueen energiapuukohteista on erityisen tärkeää energiapuun hankinnassa, sillä korjuukustannusten kurissa pitäminen edellyttää erikoistuneen korjuukaluston käyttöä ja kohteiden tehokasta ketjuttamista. Puuttumatta metsäsuunnitelman tietosuojaan voidaan tietojen käyttöastetta nostaa kehittämällä puukaupan käytäntöjä ja integroimalla metsänomistajien neuvonta voimakkaammin metsäsuunnitteluprosessiin ja energiapuukohteiden markkinointiin. Tiedonkulun tehostaminen yli organisaatorajojen on tarpeen varsinkin nuorten metsien osalta, sillä niitä koskevat tiedot vanhenevat nopeasti.

Pohjois-Karjalan alueella on käynnistynyt vuoden 2002 lopulla kokeilu, jossa metsäsuunnittelu on liitetty tiiviisti metsänomistajien neuvontaan ja energiapuun markkinointiin. Kokeilussa met-

säkeskus lähestyy henkilökohtaisesti metsänomistajia, joiden metsissä on suunnittelun maastotyön aikana havaittu hoitohakkuuta tarvitsevia ja energiapuun korjuuseen soveltuvia kohteita. Metsänomistajalle esitetään metsänhoidollisten hyötyjen ohella energiapuun korjuutuen tuomat mahdollisuudet. Lopuksi metsäkeskuksen toimihenkilö vie metsänomistajan niin halutessa kohteen tiedot MottiNetti-verkkopalveluun ([www.mottinetti.com](http://www.mottinetti.com)), jossa tiedot ovat energiapuun hankintaorganisaatioiden, metsäyhtiöiden sekä paikallisten lämpö- ja polttopuuyrittäjien selattavissa. Kohteet voivat olla joko pystypuustoja tai esimerkiksi metsänomistajan jo tien varteen korjaamia kokopuu- tai rankapinoja. Kaupat solmitaan järjestelmän ulkopuolella, ostajan ja myyjän välisen neuvottelun tuloksena. (Tahvanainen ym. 2003)

Energiapuunkohteiden markkinointiin kehitetty toimintamalli on saanut kokeilulueilla vauhtia energiapuukauppaan ja muutamat metsäpalveluyrittäjät kertovat jo merkittävän osuuden työkohteistaan löytyvän palvelun välityksellä. Metsäkeskus on palvelun avulla voinut tehostaa metsänhoidollisten tavoitteidensa toteutumista ja jouduttanut konkreettisesti nuorten metsien harvennusrästien purkamista. Metsänomistajien joukossa tehty markkinointityö on lisännyt energiapuun hankintaorganisaatioiden kohdevalikoimaa ja paikallisilta polttopuuyrittäjiltä on tullut kiitosta helpottuneesta raaka-aineen hankinnasta. Sivutuotteena lisääntyneet energiapuu- ja ensiharvennukset edistävät myös

markkinoille tulevan kuitupuun tarjontaa.

Kokemukset MottiNetti-palvelun ympärillä toimivasta energiapuukaupan toimintamallista osoittavat sähköisen kauppapaikan tehostavan energiapuumarkkinoiden toimintaa. Hyvien kokemusten ja toimintamallin määrätietoisemmän kehittämisen myötä pohjoiskarjalainen ratkaisu levinnee aikanaan myös muiden metsäkeskusten alueelle. Verkopalvelu parantaa hakkuukohteita koskevaa tiedonsaantia ja lisää markkinoiden avoimuutta sekä ostajien välistä kilpailua. Myönteisten kysyntätekijöiden edellytyksenä on kuitenkin huolehtiminen energiapuukohteiden tarjonnasta. Palvelu ei toimi ilman taustaorganisaatioiden sitoutumista: neuvontaorganisaatioiden on hoidettava ja organisoitava energiapuukohteiden markkinoille tulo sekä siihen liittyvä aktiivinen markkinointityö ja metsänomistajien neuvonta.

## Kirjallisuus

- Kangas, A. & Maltamo, M. 2000. Percentile based basal area diameter distribution models for Scots pine, Norway spruce and birch species. *Silva Fennica* 34(4): 371-380.
- Maltamo, M., Kangas, A., Uuttera, J., Torniainen, T. & Saramäki, J. 2000. Comparison of percentile based prediction methods and the Weibull distribution in describing the diameter distribution of heterogenous Scots pine stands. *Forest Ecology and Management* 133: 263-274.
- Siipilehto, J. 1999. Improving the accuracy of predicted basal-area diameter distribution in advanced stands by determining stem number. *Silva Fennica* 33(4): 281-301.
- Tahvanainen, T., Sikanen, L., Karppinen, H. & Tolvanen, K. 2003. Mottinetti - Marketing Chopped Firewood and Services via the Internet. *Bioenergy* 2003. Proceedings of the International Nordic Bioenergy Conference, 2.-5.9.2003, Jyväskylä, Finland. Ss. 514-516.
- Tapio. 2003. Tapion vuositilastot 2002. 45 s.

# Ympäristövaikutukset

Antti Asikainen

Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus

email: antti.asikainen@metla.fi

## Yleistä

Metsien hakkuiden on todettu vaikuttavan voimakkaasti kasvupaikan kasvutekijöihin ja siten myös lajiston lukumäärään ja lajien suhteellisiin osuuksiin. Erityisesti avohakkuun jälkeen osa kasvupaikan lajeista häviää ja tilalle tulee metsän suksession alkuvaiheen lajistoa, ns. pioneerilajeja. Harvennusten osalta vaikutukset ovat vähäisempiä, sillä muutokset metsikön valaistus- ja ravineolosuhteissa ovat pieniä avohakkuuseen verrattuna. Hakkuu vaikuttaa myös metsikön lajiston käytettävissä oleviin ravinteisiin ja avohakkuulla myös metsiköstä huuhtoutuvien ravinteiden määrään erityisesti lyhyellä aikavälillä. Tässä luvussa tarkastellaan metsäenergian korjuun aiheuttamia lisävaikutuksia pääosin tavanomaiseen ainespuun korjuuseen verrattuna. Perustapauksen muodostaa siten ainespuun korjuu, ja sen aiheuttamat muutokset kasvupaikalla. Tähän perustasoon verrataan tapauksia, jossa energiajake otetaan talteen joko osittain tai kokonaan. Luvun pohjana on käytetty Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemaa tiedonantoa ”Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä” (Nurmi & Kokko (toim.) 2001) sekä ”Bioenergy from sustainable forestry - Guiding principles and practice” (Richardson et al. (toim.) 2002) kokoomateosta.

## Lajiston monimuotoisuus ja pintakasvillisuus

Metsäekosysteemin ajallinen ja paikallinen dynamiikka aiheuttaa elinympäristön laatua ja jakautumista kuvaavien muuttujien vaihtelua. Näistä muuttujista riippuvaiset organismit ovat kehittäneet keinoja, jotka mahdollistavat sopeutumisen elinympäristön muutoksiin. Puunkorjuu ja metsäenergian talteenotto vaikuttavat metsäekosysteemin dynamiikkaan sekä metsikkötasolla että suuralueilla. Metsäenergian talteenoton vaikutuksia lajistoon tarkastellaan seuraavassa Angelstamin ym. (2002) esittämän jaottelun pohjalta.

**Habitaatin koko:** Jos habitaatti on liian pieni, tietyn lajin elinympäristöä koskevat vaatimukset eivät täyty. Tällöin laji kaikkooa alueelta tai sen lisääntyminen ei onnistu. Elinympäristön kokovaatimus vaihtelee laajoissa rajoissa lajeittain yksittäisestä puusta satoihin hehtaareihin.

Energiajake korjataan talteen lähes aina alueilta, joilla korjataan myös ainespuuta. Nuorten metsien kunnostuskohteissa tästä voidaan poiketa eli alue hakataan vain energian talteenoton vuoksi. Ainespuuhakkuuseen verrattuna energia-puun talteenotto ei käytännössä vaikuta käsiteltävien alueiden kokoon eikä ai-

heuta esimerkiksi metsäalueiden lisäpirstoutumista.

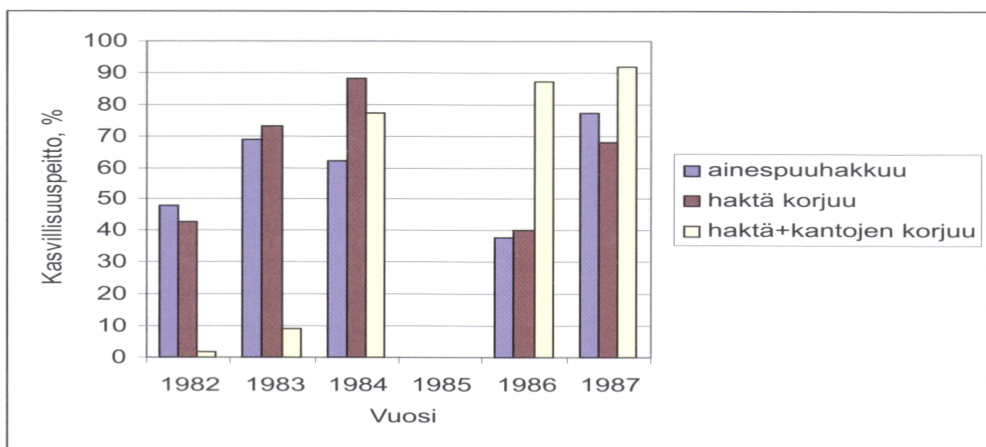
**Habitaatin laatu:** Vaikka elinympäristö olisi riittävän laaja, sen laatu voi estää lajin menestymisen alueella. Laatuun vaikuttavia tekijöitä voivat olla puulajikoostumus, puuston ikärakenne, puuston tai kasvillisuuden monimuotoisuus, kuolleen puuaineksen määrä jne.

Järeiden puiden määrä ja jakautuminen on monimuotoisuuden kannalta tärkeä laatutekijä luonnonmetsissä. Järeiden puiden riittävä määrä on edellytys useiden kasvilajien, selkärangattomien ja selkärankaisten esiintymiselle. Ne muodostavat metsään pitkäkestoisia ”pienoiselin ympäristöjä” kasveineen ja eliöineen sekä luonnollisten koloineen. Toinen keskeinen laatutekijä on lahoppuun määrä ja laatu metsikössä.

Hakkuutähteen korjuu vaikuttaa metsikön laatuun elinympäristönä. Kohteelta viedään noin kaksi kolmasosaa hakkuu-

tähteistä. Hakkuutähteet koostuvat pieniläpimittaisista rungon osista, oksista ja neulasista. Lisäksi kannot voidaan korjata energiakäyttöön. Mikäli järeä lahoppu jätetään korjaamatta, hakkuutähteen korjuulla eri ole käytännössä vaikutusta harvinaisten lajien esiintymiseen (Siitonen 2001). Lisäksi avainbiotoopit on rajattu metsäenergian korjuun ulkopuolelle. Myöskään kannot eivät toimi lisääntymisalustana tai ravintona uhanalaiselle lajistolle. Kantojen korjuun arvioidaan kohdistuvan maksimissaan noin 10-15%:lle hakkuukohteista, joten pääosa leimikoista jää tältä osin koskemattomaksi.

Myöskään **habitaattien lukumäärään ja kokonaispinta-alaan, habitaattien väliseen etäisyyteen tai niiden välialueiden ominaisuuksiin** metsäenergian talteenotolla ei ole merkittävää vaikutusta metsäluonnon monimuotoisuuden kannalta tavanomaiseen ainespuun hakkuuseen verrattuna.



**Kuva 1.** Hakkuutähteen ja kantojen korjuun vaikutus pintakasvillisuuden peittävyteen Lounais-Ruotsissa tehdyssä kokeessa (Staaf & Olsson 1994).

Pintakasvillisuuden kehittymiseen päätehakkuun jälkeen hakkuutähteen korjuulla ei ole suurta vaikutusta (StAAF & Olsson 1994). Kantojen korjuun seurauksena pintakasvillisuus vähenee voimakkaasti, mutta jo kolmantena vuonna kasvillisuus palautuu samalle tasolle kuin muissa käsitellyissä (kuva 1). Jotta kantojen noston tuoma etu metsän uudistamisessa voidaan hyödyntää on tärkeää, että istutus tai kylvö tehdään viivyttämättä hakkuun jälkeen. Tällöin taimet ehtivät lähteä kasvuun ennen pintakasvillisuuden voimistumista.

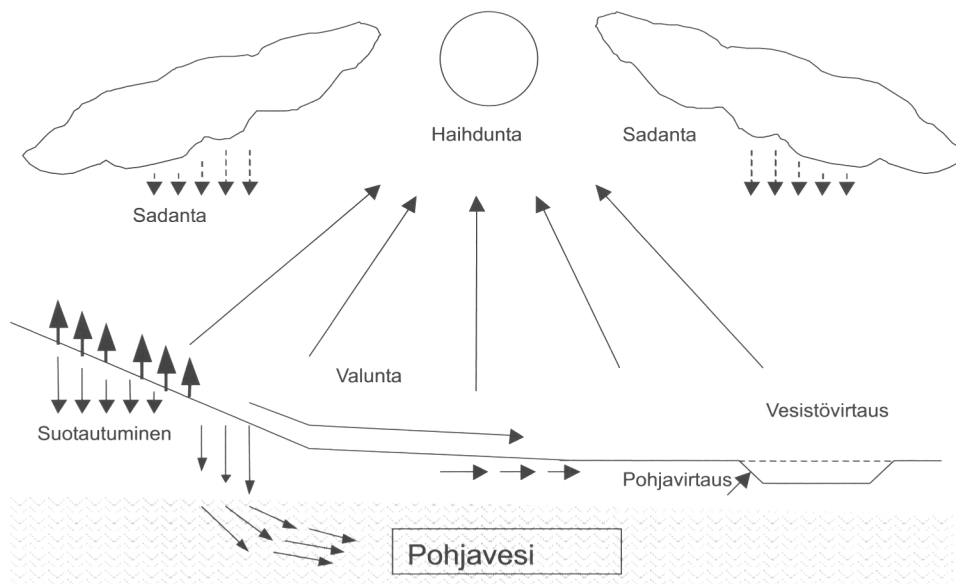
Johtopäätöksenä voidaan esittää, että metsikön monimuotoisuuden kannalta metsäenergian talteenoton aiheuttama lisävaikutus normaaliin ainespuuhakkuuseen verrattuna on vähäinen. Tärkeimpänä talousmetsien monimuotoisuuteen vaikuttavana tekijänä voidaan pitää lahopuun määrää. Järeiden puiden määrä ja jakautuminen on monimuotoisuuden kannalta tärkeä te-

kijä luonnonmetsissä. Nykyisten metsänkäsittelyohjeiden mukaan korjaamatta jätetään järeät, kuolleet puut ja lahopuut, jotka ovat tärkeitä elinympäristöjä useille sieni-, hyönteis- ja lintulajeille. Nämä on jätettävä korjuun ulkopuolelle myös metsäenergian korjuussa.

## Vesistövaikutukset

Vettä metsäekosysteemiin tulee pääasiassa sadannan kautta ja poistuu vastaavasti haihdunnan avulla. Osa sadevedestä suoutautuu maaperään ja erityisesti keväällä vettä poistuu valunnan kautta vesistöihin (kuva 2).

Harvennushakkuun vaikutukset ravinteiden huuhtoutumiseen kasvupaikalta ovat vähäisiä, sillä kasvamaan jätetty puusto kykenee ottamaan hakkuutähteestä vapautuvat ravinteet tehokkaasti käyttöönsä



Kuva 2. Veden kierto metsäekosysteemissä (Neary 2002).

(Mälkönen ym. 2001). Siten hakkuutäh- teen talteenotto ainespuun korjuun lisäksi ei käytännössä vaikuta huuhtoutumien määrään.

Avohakkuu lisää sen sijaan ravinteiden huuhtoutumista muutaman vuoden ajaksi, kunnes kasvillisuus voimistuu ja kykenee paremmin sitomaan vapaita ravinteita sekä tasaamaan pintavalumahuipuja sekä ravinteiden suotautumista veden mukana pohjamaahan ja -veteen. Tavanomaiseen avohakkuuseen verrattuna hakkuutähteen korjuun vaikutus nitraattitypen huuhtoutumiseen on jäänyt kenttäkokeissa hyvin vähäiseksi (Staaf & Olsson 1994, Mälkönen ym. 2001). Pohjaveden nitraattitypen pitoisuudet jäävät hieman alhaisemmalle tasolle pitkällä aikavälillä, jos hakkuutähteet on korjattu. Typen ohella myös kaliumin huuhtoutuminen hakkuualalta vähenee hakkuutähteen korjuun seurauksena. Vastoin ennako-odotuksia äestämällä tapahtuvan maanmuokkauksen ei ole myöskään havaittu nostavan maaveden typen määrää Ruotsissa tehdyissä kenttäkokeissa (Ring 1996).

Kiintoaineksen huuhtoutuminen hakkuun jälkeen vaihtelee voimakkaasti. Huuhtoutuminen riippuu mm. maaperän koostumuksesta, ilmastosta, alueen topografiasta, maaperäkasvillisuudesta sekä valuma-alueen tilasta. Huuhtouman määrän kasvu hakkuun yhteydessä johtuu suurelta osin maaperän muokkautumisesta, jonka vaikutuksia kasvillisuuden palautuminen alueelle puskuroi nopeasti. Suurimmat huuhtouman kasvut hakkuualalta aiheutuvat mekaanisesta maaperän

muokkauksesta, jyrkistä rinteistä, metsätienrakennuksesta sekä eroosioherkästä maaperästä (Neary 2002). Avohakkuun ja maanmuokkauksen seurauksena sekä ravinteiden että kiintoaineksen määrät valumavesissä nousevat merkittävästi toimenpiteiden jälkeen (Ahtiainen ym. 2003). Käsittelemättömän suojavajöhykkeen jättäminen vesistöjen reunoille kuitenkin vähentää merkittävästi ravinteiden ja kiintoaineksen huuhtoutumista hakkuualueilta, joilla myös maa on muokattu (Ahtiainen ym. 2003).

Normaaliin maanmuokkaukseen verrattuna metsäenergian talteenotolla ei ole käytännössä lisävaikutusta. Kantojen nosto tosin vaikuttaa kivennäismaan paljastumiseen, mutta mikäli paljastettavan maan pinta-ala ei muutu normaaliin maanmuokkaukseen verrattuna, vaikutusten voidaan arvioida olevan samaa tasoa kuin perustilanteessa (ainespuun korjuu ja maanmuokkaus). Kantojen noston vaikutuksia metsikön vesitalouteen tai metsiköstä poistuvien ravinteiden määrään ei ole valunnan osalta tutkittu. Kantojen poiston seurauksena hakkuualalle voi syntyä painanteita, joihin vesi jää seisomaan erityisesti heikosti vettä läpäisevillä mailla.

Lounais-Ruotsissa tehdyissä kenttäkokeissa seurattiin maaveden kemiallisia muutoksia avohakkuun jälkeen (Staaf & Olsson 1994). Vertailtavina käsittelyinä olivat 1. tavanomainen ainespuuhakkuu, jossa hakkuutähteet ja kannot jätettiin palstalle, 2. kokopuukorjuu, jossa hakkuutähteetkin poistettiin ja 3. täyskorjuu, jossa poistettiin myös hakkuutähteet ja kannot. Hakkuutähteen poisto vähensi

nitraatti-, ammonium- ja kaliumionien pitoisuuksia juuristokerroksen alaisessa maavedessä. Ammoniumionien pitoisuudet nousivat voimakkaasti hakkuun jälkeisenä vuonna, jos myös kannot poistettiin. Ravinteiden korkeat pitoisuudet selittyivät sillä, että täyskorjuun (kannotkin poistettu) jälkeen kahtena ensimmäisenä vuonna pintakasvillisuuden palautuminen oli hidasta, mutta kolmantena vuonna erityisesti metsälauha ja sarat levittäytyivät nopeasti paljastuneelle maapinnalle ja maaveden ravinnepitoisuudet laskivat nopeasti. Neljän vuoden kuluttua hakkuusta erot käsittelyjen välillä olivat tasoituneet (Staaf & Olsson 1994).

## Metsien terveydentila

Lyhyellä aikavälillä hakkuutähteen poistolla ei ole huomattavaa vaikutusta metsän hyönteistuhoriskiin tai tauteihin. Kantojen laajamittaisen varastoinnin vaikutuksista metsätuholaisriskiin ei ole olemassa tutkimuksia. Metsäenergian korjuun ja varastoinnin aiheuttamia hyönteistuhoriskejä voidaan alentaa ajoittamalla hakkuut ja materiaalin poiskuljetus metsätuhojen torjuntaa koskevien säädösten mukaisesti (Kytö & Korhonen 2001).

Kantojen poisto sen sijaan pienentää merkittävästi juurikäävän infektoitumisriskiä ja leviämistä juuristoyhteyksien kautta metsikössä. Juurikääpä tarttuu juuristovaurioiden, kantojen tuoreiden kaatopintojen sekä puusta puuhun siirtyen juurten kosketuskohtien välityksellä (mm. Korhonen 1993). Harvennuksessa syntyvä juurivaurio on sitä vaarallisempi mitä suu-

rempi ja syvempi se on. Kannot lienevät tärkein syy juurikäävän yleisyyteen taolousmetsissä sillä luonnonmetsissä ei ole terveiden puiden kantoja. Perinteisesti juurikääpä on torjuttu välttämällä talviaikaisia hakkuita, käsittelemällä kannot joko kemiallisin tai biologisin torjunta-ainein (esim. urealiuos tai harmaaorvakasuspensio) (Korhonen & Lipponen 2001). Kannot tarjoavat hyvän kasvu-alustan ja helpon pääsyn juuristoon. Kantojen poisto on siksi tehokas tapa torjua maannousemasiemen leviämistä: Tyvitervaksen vaivaamassa männikössä selvitettiin kantojen poiston vaikutusta taimien selviämiseen. Seitsemän vuoden jälkeen männyn taimista oli kuollut 6 % käsittelemättömillä koealoilla ja 2 % koealoilla, joilta kannot oli poistettu. Lehtikuusella vastaavat luvut olivat 10 ja 6 % (Kurkela 1988). Stenlidin (1986) mukaan kantojen poisto vähensi uusien kuusitaimien infektion 12-17 %:sta 1-2 %:iin 25-28 v:ssa.

Vaikka täydellinenkin kantojen poisto ei eliminoi täysin taudinaiheuttajaa maannouseman saastuttamasta metsiköstä, se vähentää taudin leviämiskäyttä uusille kohteille (Piri 2003). Kantojen poisto saastuneista mänty- ja kuusimetsiköistä on erityisen perusteltua tilanteissa, joissa puulajin vaihto ei ole esimerkiksi kasvupaikan viljavuuden vuoksi mahdollista. Esimerkiksi Englannissa useat kenttäkoheet ovat osoittaneet, että ainoastaan kantojen poisto on tehokas keino torjua maannousemasiemen leviämistä ja saastuneilla mailla se on ollut jo 30 vuoden ajan vakiintunut maannouseman torjuntakeino (Gibbs ym. 2002).

Kantojen poistolla voidaan alentaa myös tukkimiehentäin aiheuttamaa tuhoriskiä havupuun taimille. Tukkimiehentäi käyttää tuoreita kantoja lisääntymisalustanaan; hakkuuta seuraavana kesänä naaraat munivat aurinkoisilla paikoilla olevien kantojen juuriin ja kuorikasoihin. Poistamalla kannot poistetaan hakkuualalta tukkimiehentäiden lisääntymisalustat. Aikuiset tukkimiehentäit välttävät lisäksi liikkumista paljastetulla kivennäismailla, joten kantojen ja maanmuokkauksen aikaansaama kivennäismaan paljastuminen vaikeuttaa tukkimiehentäiden liikkumista hakkuualalla.

## **Tuhkan kierrätys ravinnetappioiden vähentäjänä**

Metsähakkeen poltossa syntyvä tuhka voidaan palauttaa metsään, jolloin osa biomassan mukana poistuneista ravinteista tuodaan takaisin kasvupaikalle sekä torjua metsämaan happamoitumista. Puun tuhkassa on rikkiä ja typpeä lukuunottamatta ravinteita samassa suhteessa kuin puubiomassassakin. Tuhkan kierrätyksellä voidaan välttää läjityksestä aiheutuvat kustannukset, mikä parantaa tuhkan levittämisen suhteellista hintakilpailukykyä. On kuitenkin huomattava, että päätehakkuun yhteydessä tapahtuva metsäenergian talteenotto ei edellytä välitöntä ravinteiden palautusta samaan metsikköön. Tuhkan palautus on edullisinta ajoittaa puuston nopean kasvun vaiheeseen eli levitys voidaan tehdä ensiharvennuksen yhteydessä (Mälkönen ym. 2001).

Kangasmailla puuntuhka vähentää tehokkaasti humuskerroksen happamuutta. Esimerkiksi nuoressa männikössä 12 vuoden kuluttua tuhkalannoituksesta humuskerroksen pH-arvot olivat 0,5 (1000 kg/ha) - 2,0 (5000 kg/ha) pH-yksikköä korkeammat kuin lannoittamattomassa maassa (Mälkönen ym. 2001). Kivennäismaan pintakerroksessa tuhkalannoituksen pH:ta nostava vaikutus jäi vähäiseksi. Äkilliset pH:n muutokset voivat olla haitallisia pintakasvillisuudelle. Tuhkan pelletointi tai rakeistaminen ennen levittämistä hidastaa tuhkan liukenemistä ja lieventää haittavaikutuksia (Mälkönen ym. 2001). Pelkän tuhkalannoituksen ei kuitenkaan ole todettu lisäävän kangasmetsän kasvua ainakaan lyhyellä aikavälillä, joten välitön taloudellinen hyöty tuhkalannoituksesta jää vähäiseksi (Mälkönen ym. 2001).

Suometsissä puuston kasvua rajoittaa typen saatavuuden asemesta fosforin, kaliumin ja boorin niukkuus. Tuhkalannoitus kohottaa pintaturpeen ravinnepitoisuuksia jopa vuosikymmeniksi lannoituksen jälkeen. Myös tuhkalannoituksen aikaansaamat kasvuvaikutukset ovat olleet pitkäkestoisia ja merkittäviä, kun käytetyt lannoiteannokset ovat olleet suuria (ts. vastanneet muiden lannoitteiden käyttösuosituksia). Suokokeilla männyn suhteellinen tilavuuskasvu on ollut jopa 200-250% korkeampi 10-20 vuoden kuluttua lannoituksesta lannoittamattomaan (100%) verrattuna (Mälkönen ym. 2001).

Tuhkan mukana kasvupaikalle tulee myös raskasmetalleja ja muita alkuaineita (kupari, nikkeli, kromi, alumiini, kadmium ja

arseeni), joiden määrä voi olla huomattava. Näiden määrä pintaturpeessa on kohonnut lannoituskokeissa 1-2 vuodeksi, mutta vanhoilla kokeilla kohonneita pitoisuuksia ei enää ole havaittu (Mälkönen ym. 2001). Sienten ja marjojen raskasmetallipitoisuuksia tuhkalannoitus ei ole merkittävästi muuttanut.

## Kirjallisuus

- Ahtiainen, M., Finér, L., Haapanen, M., Kenttämies, K., Mattsson, T., & Rämö, A. 2003 Näkyvätkö hakkuun ja maanmuokkauksen vaikutukset valumaveden laadussa - tehoavatko ympäristönsuojeluohjeet. Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta - tutkimustietoja ja työkaluja - seminaari, Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2003. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886:25-33.
- Angelstam, P., Mikusinski, G. & Breuss, M. 2002. Biodiversity and forest habitats. Teoksessa Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A.T. ja Smith, C.T. (toim.) Bioenergy from sustainable forestry - Guiding principles and practice. Forestry Sciences 71:216-243.
- Gibbs, J.N., Greig, B.J.W. & Pratt, J.E. 2002. Fomes root rot in Thetford Forest, East Anglia: past, present and future. Forestry Oxford 75(2): 191-202.
- Korhonen, K. 1993. Juurikäävän torjunta. Teoksessa Kurkela, T. & Lipponen, K. (toim.). Metsänsuojelututkimuksen tuloksia. Metsäntutkimuspäivä Van-  
taalla 9.12.1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 460:53-60
- Korhonen, K., & Lipponen, K. 2001. Juurikäpä - lajit, levinneisyys ja torjunnan nykytilanne. Metsätieteen aikakauskirja 3/2001:453-457.
- Kurkela, T. 1988. Juurikäpätuhot taimikoissa. Teoksessa Jokinen, K. (toim.). Juurikäpä - metsänkäsittelyn ongelma. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 319:8-9.
- Mälkönen, E., Kukkola, M. & Finér, L. 2001. Energiapuun korjuu ja metsämaan ravinnetase. Teoksessa Nurmi, J. & Kokko, A. 2001. (toim.) Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816:31-52.
- Neary, D. 2002. Hydrologic values. Teoksessa Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A.T. ja Smith, C.T. (toim.) Bioenergy from sustainable forestry - Guiding principles and practice. Forestry Sciences 71:190-215.
- Piri, T. 2003. Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland (Dissertation). Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 898.
- Ring, E. 1996. Effects of previous N fertilizations on soil-water pH and N concentrations after clear-felling and soil scarification at a Pinus sylvestris site. Scand. J. For. Res. Vol 11 No 1:7-16.
- Siitonen, J. 2001. Energiapuun hankinta ja metsälajiston monimuotoisuus. Teoksessa Nurmi, J. & Kokko, A. 2001. (toim.) Biomassan tehostetun

- talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816: 66-74.
- Staaf, H. ja Olsson, B. 1994. Effects of slash removal and stump harvesting on soil water chemistry in a clearcutting in SW Sweden. Scand. J. For. Res. 9:305-310.
- Stenlid, J. 1986. Biochemical and ecological aspects of the infection biology of *Heterobasidion annosum*. Dissertation. Avdelningen för Skoglig Mykologi och Patologi. Series Biochemical and ecological aspects of the infection biology of *Heterobasidion annosum*. Sveriges Lantbruksuniversitet

# Metsähake ja yrittäjäyys

Pertti Harstela

Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema

e-mail: [pertti.harstela@metla.fi](mailto:pertti.harstela@metla.fi)

Ainakin osaksi metsähaketta korjaavia koneyrittäjiä lienee noin 400 ja lämpöyrittäjiä noin 200. Monet metsäkoneyritykset pyrkivät laajenemaan ja metsähakkeen tuotanto on yksi keino siihen. Silti metsähakkeen lisääntyvä käyttö edellyttää lisää yrittäjiä alalle, vaikka samalla yrityskoon kasvu painottaa kuljettajien lisätarvetta. Kuten puunkorjuuta käsittelevässä luvussa on todettu vuoden 2010 hankintatavoite edellyttää alalle noin tuhatta uutta suorittavaa työtä tekevää henkilöä. Näistä suurin osa olisi kuljettajia.

Jo nyt vallitseva työvoimapula voi toisaalta pakottaa lisäämään yrittäjien osuutta. Yrittäjäyys voi olla keino saada pidemmällekin koulutettuja henkilöitä osittain suorittavaan työhön. Kaiken kaikkiaan alalle rekrytointi on yksi energiapuun käytön lisäyksen suuria ongelmia ja kaikki keinot tulisi käyttää alan kilpailukyvyyn parantamiseen. Tärkein keino on ympärivuotisen työn ja kohdullisen palkkatason takaaminen.

Ympärivuotinen työ on tärkeää myös yritysten kannattavuuden vuoksi. Niissä korjuuketjuissa, joissa samaa kalustoa voidaan käyttää sekä aines- että energiapuun korjuuseen, voi energiapuun korjuulla olla työn kausiluonteisuutta taustoittava vaikutus edellyttäen, että energiapuun korjuuta voidaan suunnata ke-

säkauteen, esimerkiksi 'ruskean' hakkuutähteen metsäkuljetukseen.

Toisaalta energiapuun erikoiskalustokin pitäisi voida työllistää mahdollisimman ympärivuotisesti. Kausiluonteisuutta tulee kuitenkin edelleen esiintymään muun muassa lumen haitatessa pienpuun korjuuta tai ainespuun korjuun rytmin vaikuttaessa hakkuutähteen korjuuseen. Myös vaatimus hakkuutähteen korjuusta ruskeana aiheuttaa kausiluonteisuutta, jos se korjataan erikoiskalustolla.

Joka tapauksessa metsähakkeen lisääntyvä käyttö mahdollistaa koneyritysten liikevaihdon kasvun ja lisännee myös koneiden kapasiteetin käyttöastetta. Nämä voivat parantaa yritysten kannattavuutta

## **Metsähakkeen korjuu ja ainespuun korjuukoneiden kesätyöllisyys**

Hakkuutähteen ja kantojen korjuu nopeuttavat metsänhoitotöiden koneellistamista. Jos laskelmissa edellytetyt istutuksen ja taimikonhoidon koneellistamisasteet toteutuvat, olisi meillä vuonna 2010 seuraavat määrät istutus- ja taimikonhoitokoneita:

- Istutuskoneita ..... 100 kpl
- Taimikonhoitokoneita ..... 50 kpl

Luvut osoittavat jonkinlaisen ylärajan harvestereiden kesätyöllisyydelle metsänhoitotöissä, sillä ainakin nyt osa istutuskoneista on asennettu kaivinkoneisiin.

Varsinaisessa metsähakkeen korjuussa ainespuun korjuukoneiden kesätyöllisyyttä voisivat lisätä kausiluonteiset työt riippuen siitä, mitä töitä tulevaisuudessa organisoidaan vain kesäkautena tehtäviksi. Periaatteessa pieniä ja keskikokoisia harvestereita voitaisiin kesäaikaan käyttää pien- ja harvennuspuun korjuuseen metsähakkeena. Samoin hakkuutähteiden paalausta ja metsäkuljetusta voidaan tehdä kesäaikaan varsinkin, jos hakkuutähteet halutaan korjata ruskeana. Edellytyksenä on tietysti myös se, että lisälaitteet peruskoneeseen ovat helposti riisuttavissa niin, että peruskone voidaan ottaa ainespuun korjuuseen. Jonkinlaisia ylärajoja ko. koneille osoittavat aikaisemmin esitetyt laskelmat konetarpeesta v. 2010:

- Kuormatraktorit ..... 125 kpl
- Paalaimet ..... 50 kpl
- Kaatokasauskoneet..... 90 kpl  
(harvesterit)

Edellä esitettyjen konemäärien kapasiteetti tarvitaan v. 2010 energiapuun korjuumäärien kasvaessa. Mikä osuus tästä voidaan kattaa nykyisten ainespuun korjuukoneiden kapasiteetin käyttöäsettä nostamalla jää nähtäväksi. Kun neljäsosa em. määristä vastaa noin 5 %

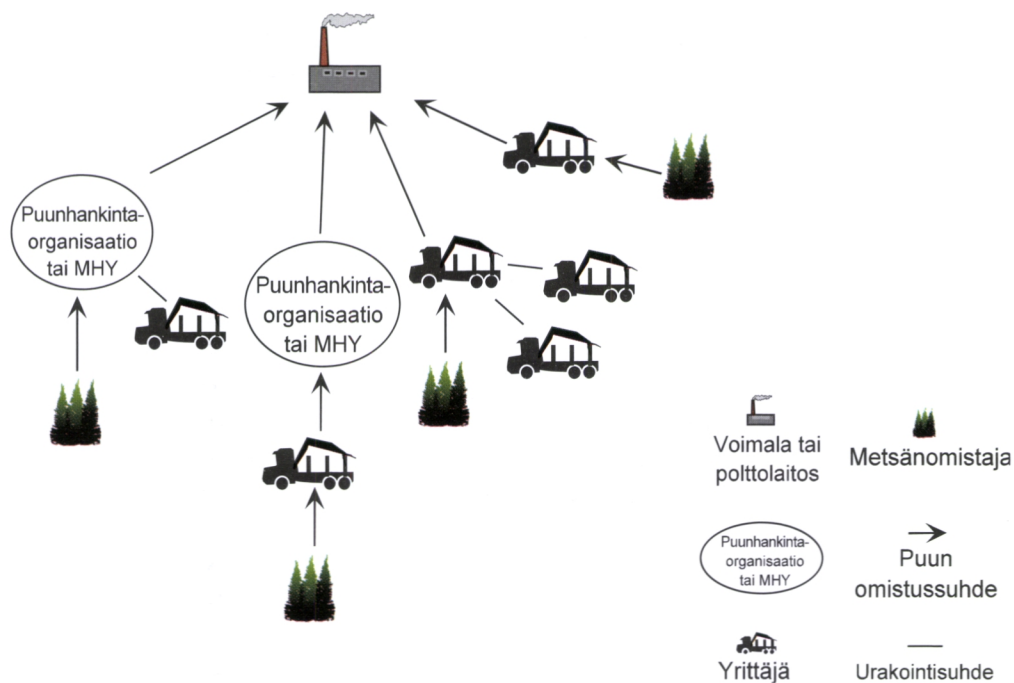
harvesteri- ja kuormatraktorikannasta, ei yleisesti ottaen metsähakkeen korjuusta voi olla suurta apua kesätyöllisyyteen, mutta yksittäisten, metsähakkeen hankintaan tai metsänhoitoon liikketoimintaa laajentavien, yrittäjien osalta merkitys voi olla suurikin.

## **Kannattavuus ja organisoituminen**

Koneyrittäjäyys metsähakkeen korjuussa jakautuu jo nyt energiapuun korjuuseen erikoistuneisiin ja ainespuun korjuun ohessa metsähaketta korjaaviin yrittäjiin. Miten tämä koneyrittäjien jakautuminen painottuu tulevaisuudessa riippuu osittain siitä, kehittyvätkö energiapuulle omat markkinat. Koneyrittäjät pitävät alan kannattavuutta melko huonona, joten alan houkuttelevuuden ja tuotantotavoitteiden saavuttamisen vuoksi kannattavuuden parantaminen olisi mitä toivottavinta (Hakkila 2002, Metsäkoneyritysten... 2002).

Hakkila (2002) listaa seuraavia kannattavuuteen liittyviä ongelmia: kaluston uusiminen on ongelma, koneita mukautetaan metsähakkeen tuotantoon yrittäjien omasta toimesta, jolloin tuottavuus voi kärsiä, tuotantoteknologia on vielä vakiintumatonta, kuljettajista on pulaa eikä järjestelmällistä koulutusta ole, kausivaihtelut ovat suuria ja mittaus ja sen viivästyminen jopa kuukausia koetaan ongelmaksi.

Yhtenä keinona parantaa kannattavuutta ja samalla edistää korjuuteknologian kehitystä ovat investointituet korjuuka-



**Kuva 1. Erilaisia hankintajärjestelmiä ja koneyrittäjien rooleja niissä.**

lustolle. Jos tuki kohdistuisi samalla myös ainespuun korjuussa käytettävään peruskalustoon, olisi sillä kilpailua väärin vaikuttava vaikutus eikä se myöskään edistäisi uuden teknologian kehitystä. Näin ollen tuki suunnataankin energiapuun korjuun erikoiskalustoon.

**Puukauppaa käsittelevä luku** sivuaa monella tavoin yrittäjyyttä. Jos energiapuumarkkinat ainakin jossain määrin eriytyvät ainespuumarkkinoista, voivat yrittäjävetoiset hankintajärjestelmät saada lisää merkitystä. Kuvaan 1 onkin hahmoteltu erilaisia hankintajärjestelmiä, joissa yrittäjillä on erilaiset roolit.

Koneyrittäjä voi periaatteessa olla nykyisin vallitsevaan tapaan konetyötä puunhankintaorganisaatiolle tai metsänhoitoyhdistyksille myyvä alihankki-

ja. Yrittäjä voi myös olla puun oston suorittava hankkija. On jo olemassa joitakin esimerkkejä kokonaan yrittäjävetoisesta energiapuun hankinnasta. Siinä yrittäjä tai yrittäjien verkosto tekee sopimuksen lämpö- tai voimalaitoksen kanssa raaka-aineen toimittamisesta tai toimii suorastaan lämpöyrittäjänä.

Verkostojen osapuolina voivat olla paitsi kone- ja kuljetusyrittäjät myös metsänhoitoyhdistykset, metsäpalveluyrittäjät, muut metsäpalvelun tuottajat, puunhankintayritykset, hakkeen käyttäjät ja lämpöyrittäjät. Myös metsänomistajat voivat osallistua metsähakkeen hankintaan. Verkottuminen vaihtelee löyhästä yhteistyöstä, sopimus pohjaisiin liittoihin tai yritysjärjestelyihin (vrt. Salo 2002). Laatuja järjestelmä voi lisätä luottamusta yrittäjään verkoston jäsenen-

nä ja on myös keino vakuuttaa asiakas toiminnan ja polttoaineen laadusta. Pienyritysten verkottumistutkimuksissa kuitenkin painottuu luottamuksen ja sopimuksista kiinni pitämisen merkitys (esim. Niemelä 2002).

Lämpöyrittämisessä kehitys on kulke-  
massa maatilayrityksen sivuelinkeinos-  
ta yhä enemmän itsenäisten yritysten ja  
suurempien kattilatehojen, jopa alue-  
lämpölaitosten suuntaan. Asiakkaina  
ovat kuntien lisäksi enenevässä määrin  
yritykset. Viimeksi mainitut yhdessä  
muun yksityissektorin kanssa ovatkin  
merkittävä asiakaspotentiaali. Inves-  
tointien jäädessä yrittäjälle, voivat ra-  
hoitus ja vakuudet tulla ongelmaksi.  
Lämpöyrittäjien pääpolttoaine on ranka  
nuorten metsien kunnostuskohteista,  
mutta toiminnan laajetessa muut poltto-  
ainelähteet saanevat lisää merkitystä.  
Lämpöyrittämisessä yritysmuotona  
ovat yksittäiset yrittäjät ja yrittäjäryh-  
mät sekä varsinkin suuremmissa koh-  
teissa osuuskunnat ja osakeyhtiöt. Toi-  
mitusehtoihin ja kannattavuuteen on  
oltu melko tyytyväisiä. Yrittäjät pitivät  
toimintaa edelleen huonosti tunnettuna,  
joten lämpöyrittäjyysidean markkinoin-  
tia tarvitaan. (Solmio ja Nikkola 2003,  
Nikkola 2003)

Yrittäjän vastuun lisääntyminen edel-  
lyttää uusia valmiuksia ja lisää koulu-  
tustarvetta. Esimerkkinä on lämmön  
tuotantoketjun hallinta kannolta itse  
lämmön ja sähkön tuotantoon, puun  
lämpöarvo tai asiakkaan vaatimukset  
yhtenä lähtökohtana. Tuotantoketjussa  
energiapuuta voidaan joutua varastoi-

maan suhteellisen pitkiäkin aikoja, joten  
lämpöarvon parantaminen tai säilyttä-  
minen varastoinnin aikana on tärkeä te-  
kijä. Lämpöyrittämisessä myös itse  
lämmityslaitteiden hallinta, korjaus ja  
huolto sekä lämmön hinnan sidonta ja  
määritys vaativat aivan uudenlaista am-  
mattitaitoa (Solmio 2001, Salo 2002).

Metsäpalveluyrittäjillä ei ole ollut vielä  
suurta roolia metsähakeen raaka-aineen  
hankinnassa metsuriyrittäjiä lukuunot-  
tamatta. Osana metsänomistajien koko-  
naisvaltaista palvelua voi meto-yrittä-  
jienkin rooli vahvistua

Yrittäjäverkostot voivat toimittaa ener-  
giapuuta pienillä organisaatiokustan-  
nuksilla varsinkin pienemmille energia-  
puun käyttäjille mukaan lukien kunnal-  
liset lämpölaitokset. Järjestelmät mah-  
dollistavat erilaiset innovatiiviset liike-  
ideat ja erilaisen energiapuun jakelun eri  
käyttäjille. Tällöin haketuskaluston tu-  
lee voida tuottaa käyttäjien laatuvaati-  
musten mukaisia tuotteita. Haketta tai  
lämpöä tuottavat yrittäjät voivat verkot-  
tua paitsi toistensa myös puuntuottajien  
kanssa.

Toisaalta puunhankintaorganisaatiot  
voivat markkinatilanteen ja hintasuhtei-  
den mukaan jakaa joustavasti harven-  
nuspuuta kuiduttavaan teollisuuteen ja  
energiantuotantoon oman konsernin  
puitteissa. Suurkäytössä käyttöpaikka-  
haketus (risutukit ja kannot) on myös  
ilmeisen edullinen logistinen vaihtoeht-  
to. Ilmeisesti eri käyttäjäryhmiä varten  
tarvitaankin erilaista organisoitumista.

## Kirjallisuus

- Hakkila, P. 2002. Puuenergian teknologiaohjelman katsaus 1999-2002. Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002. VTT Prosessit. Ss. 9-37.
- Koneyritysten tulos retkahti. 2002. Koneyrittäjä 3/2002:30-33.
- Niemelä, S. 2002. Menestyvä yritysverkosto. Verkostorakentajan ABC. Edita. Helsinki. 136 s.
- Nikkola, A. 2003. Lämpöyritysten määrä jatkaa kasvuaan. BioEnergia 4: 14-15.
- Salo, T. 2002. Metsäkone-, hake- ja kuljetusyrittäjien verkottuminen. TEKES, Puuenergian teknologiaohjelman tuloksia 1/2002.
- Solmio, H. 2001. Lämpöyrittämisen nykytila ja potentiaali. Työtehoseuran metsätiedote 3, 4 s.
- Solmio, H. & Nikkola, A. 2003. Lämpöyrittötoiminta vuonna 2002. Työtehoseuran metsätiedote 10.

# Metsien monikäyttö ja maisemanhoito

Liisa Tahvanainen

Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta

e-mail: liisa.tahvanainen@joensuu.fi

## Maisema on tärkeä tekijä maaseudun elinvoimaisuudessa

Peruselinkeinojen uudistaminen ja uusien elinkeinomahdollisuuksien tunnistaminen ja hyödyntäminen maaseudun vahvuuksien pohjalta ovat avainasemassa maaseudun elinvoimaisuuden ylläpitämisessä ja vahvistamisessa (Uusitalo 2000). Parempaa toimeentuloa ja lisäansiomahdollisuuksia maa- ja metsätalousyrittäjille on koetettu etsiä niin tuotantosuunnan vaihtamisesta kuin erilaisesta yritystoiminnastakin, esimerkkinä maaseutumatkailu. Mikään vaihtoehto ei kuitenkaan yksinään tarjoa toimeentuloa suurelle joukolle yrittäjiä. Maaseutuyrittäjien tulovirrat koostuvat yleensä useista pienistä lähteistä. Monikäytön suunnittelun näkökulmaa tarvitaan maaseutuyritysten tuotannon optimoinnissa.

Maaseutu tuottaa aineellisten maa- ja metsätaloustuotteiden lisäksi aineettomia hyödykkeitä. Vaikka nämä maaseudun tuottamat ympäristöön liittyvät arvot sinänsä ovat luonteeltaan markkina-hinnattomia julkishyödykkeitä, on niiden merkitys maaseutuyritysten tulomuodostuksessa noussut koko ajan tärkeämmäksi. Maisema on näistä helpoimmin kaikkien havainnoitavissa. Maaseudun tuotantoedellytysten muut-

tuminen näkyekin selvästi maaseudun maisemassa; esimerkiksi hoitamattomat pellot viestivät luopumisesta ja poislähdöstä. Sen sijaan lisääntyvä bioenergian käyttö näkyy metsämaisemassa parhaimmillaan hakkuutähteistä korjattuina hakkuualoina sekä hoidettuina ja helppokulkuisina nuorina metsinä. Puun energiakäyttö tarjoaa mahdollisuudet samanaikaisesti parantaa työllisyyttä, tuottaa maaseudulle taloudellista hyötyä sekä edistää ympäristönsuojelua ja ympäristöön liittyvää elinkeinotoimintaa.

Maiseman ja virkistyskäyttöarvojen huomioonottaminen lisää metsien käyttöarvoa. Esimerkiksi ulkoiluun käyttää jokamiehen oikeuden nojalla yksityisiä alueita kolme neljästä suomalaisesta ja noin 40% suomalaisista tekee luontomatkoja, jotka kestävät keskimäärin 4-5 päivää (Sievänen 2001). Miellyttävillä maisemilla on suuri merkitys ulkoilu- ja virkistysharrastusten nautittavuudelle. On tärkeää, että metsäalueilla voidaan helposti liikkua ja että metsässä on näkyvyyttä riittävästi. Pusikoituneet rannat ja tienvarret, tiheät lehtipuuvaltaiset metsät tai hakkuualueet, joilta hakkuutähteitä ei ole korjattu eivät miellytä matkailijoita ja muita virkistyskäyttäjiä. Maatilamatkailun vetovoimatekijänä maisema on yhtä tärkeä kuin hyvä ruoka ja ystävällinen palvelu ja selvästi esim. majoitustasoa tärkeämpi.

Maaseudun elinvoimaisuuden kannalta puunkäytön ympäristövaikutusten, erityisesti maisema- ja virkistyskäyttövaikutusten, huomioonottaminen on tärkeää. Vetovoimainen ympäristö luo edellytykset sekä innovatiiviselle yritystoiminnalle että miellyttävälle asumiselle.

## **Energiapuun korjuu parantaa maisemaa ja alueen käytettävyyttä**

Suomalaiset pitävät pääsääntöisesti järeistä ja helppokulkuisista metsistä. Metsän hakkuut muuttavat puiden kokojakaumaa ja lajisuhteita sekä pienentävät kasvuston tiheyttä. Hakkuilla on selvä ja välitön vaikutus maiseman kauneuteen. Metsänkäsittelyn vaikutukset näkyvät maisemassa erityisesti uudistushakkuissa, mutta myös harvennukset muuttavat metsäalueen ulkonäköä. Hakkuilla on pääsääntöisesti kaksi vastakkaisista kauneusarvoon liittyvää vaikutusta, positiivisena vaikutuksena on näkyvyyden lisääntyminen erityisesti metsän sisällä ja negatiivisena vaikutuksena ovat alueelle jäävät hakkuutähteet. Metsään jäävät hakkuutähteet voivat näkyä maastossa vielä monia vuosia hakkuun jälkeenkin. Hakkuutähteitä ja myös muita metsänkäsittelyn jälkiä pidetään yleisesti maisemaa ja virkistyskäyttöä ajatellen haitallisina (Tahvanainen ja Tyrväinen 1999).

*Metsätalouden vaikutusta maisemaan on selvitetty haastattelututkimuksessa (Silvennoinen ym. 2002), jossa tarkasteltiin erilaisia metsänhoito-, kasvatus-, energia-*

*puu- ja uudistushakkuita. Avohakkuu ja uudistushakkuu siemenpuita jättäen heikensivät maisema-arvoa selvästi. Sen sijaan kaikki tarkastellut harvennushakkuut vaikuttivat maiseman kauneuteen positiivisesti (kuva 1).*

*Avohakkuun vaikutuksia pidetään metsänkäsittelyvaihtoehdoista yleensä sekä maisemallisesti että virkistyskäytöllisesti epämiellyttävimpinä. Muutoksen maisemassa huomaa helposti ja toisaalta myös itse hakkuun jäljet on helppo havaita. Uudistushakkuiden välitöntä negatiivista vaikutusta maisemaan voidaan vähentää jättämällä alueelle siemen- tai suojuspuita. Hakkuutähteiden korjuulla vähennetään hakkuun jälkien näkymistä ja helpotetaan alueella liikkumista.*

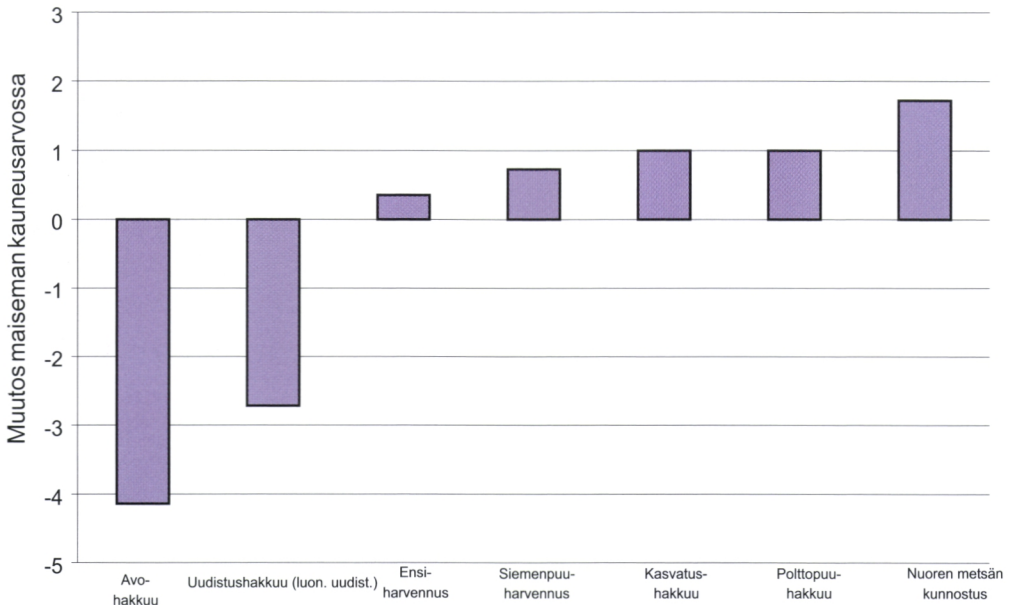
*Hakkuutähteiden korjuu vaikuttaa marjasatoihin. Metsäaukeat ovat tärkeitä kohteita esim. marjastajille. Virkistyskäyttöä ajatellen hakkuutähteiden korjuu uudistushakkuualoilta onkin ensiarvoisen tärkeää paitsi maisemien nautittavuuden myös alueella liikkumisen kannalta. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan erityisesti puolukkasato parani tarkastellun kuuden vuoden aikana, kun päätehakkuussa korjattiin hakkuutähteet talteen - sen sijaan kanto-puun korjuu heikensi sekä puolukan että mustikan marjasatoa tuntuvasti (Kardell 1992). Vadelman satoa kantojen korjuu kuitenkin lisäsi, toisin kuin pelkkä hakkuutähteen korjuu. Tyypilliset kanto-puun korjuukohteet ovat runsaspuustoisia ja varjoisia päätehakkuukuusikoita, joissa mustikan marjasadot ovat yleensä muutenkin vaatimattomia. Puolukkatyy-*

pin kasvupaikat ovat nekin harvoin kanto-  
puun korjuukohteena, joten menetelmän  
vaikutus marjasatoihin jäänee vähäiseksi.

*Harvennushakkuut yleensä parantavat  
maisema-arvoa.* Vaikutus on suurin ti-  
heissä ja nuorissa metsiköissä, kuten vii-  
västyneissä ensiharvennuskohteissa  
(Kuva 2). Tehdyssä tutkimuksessa met-  
sän käsittelyvaihtoehdoista selvästi  
suurin positiivinen vaikutus maisemaan  
oli nuoren metsän kunnostuksella, seu-  
raavaksi merkittävin oli polttopuuha-  
kuun (esim. leppä-, hieskoivu- tms. puus-  
ton poistoa kasvatusmetsästä) vaikutus  
(Kuva 1). Näissä kohteissa näkyvyys li-  
sääntyi selvimmin ja jäljelle jääneet puut  
olivat laadullisesti selvästi parempia ja  
isompia kuin poistetut puut. Kaikkein suu-

rin harvennuksen positiivinen vaikutus oli  
lehtipuu- ja sekametsissä (Silvennoinen  
ym. 2002).

*Maiseman visuaalinen laatu paranee  
nopeasti hakkuun jälkeen.* Jo muutama  
vuosi hakkuun jälkeen maisema koetaan  
erittäin paljon miellyttävämmäksi kuin vä-  
littömästi hakkuun jälkeen (Silvennoinen  
ym. 2002). Hakkuutähteiden negatiivi-  
nen vaikutus häviää niiden painuessa ja  
peittyessä aluskasvillisuuden alle. Har-  
vennushakkuiden positiivista maisema-  
vaikutusta voitaisiin korostaa ja pääte-  
hakkuiden negatiivista vaikutusta lieven-  
tää hakkuutähteiden korjuulla energiak-  
si. Hakkuutähteen korjuualalta saadaan  
talteen keskimäärin 2/3 hakkuutähteistä,  
jäävä osa on suhteellisen pieniläpimit-



**Kuva 1. Maiseman kauneusarvon muutos (asteikolla 1-10) erilaisilla met-  
sänkäsittelyillä. Y-akselilla on maiseman kauneusarvon muutos hakkuun jäl-  
keen ja juuri ennen hakkuuta. Kauneusarvossa hakkuun jälkeen on otettu  
huomioon sekä heti hakkuun jälkeen annettu arvostelu että tilannetta 1-3 vuotta  
hakkuun jälkeen kuvaavan maiseman saama kauneusarvo. Lähde: Silvennoinen  
ym. 2002.**



*Kuva 2a. Esimerkki nuoren metsän kunnostuskohteesta ennen käsittelyä, heti käsittelyn jälkeen ja muutaman vuoden päästä käsittelystä.*



*Kuva 2b. Esimerkki nuoren metsän kunnostuskohteesta ennen käsittelyä ja heti sen jälkeen.*

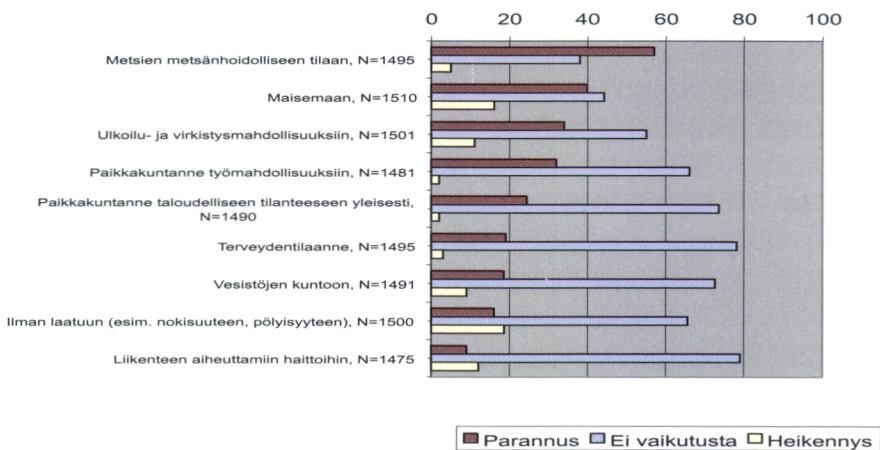
taista, lyhyeksi katkennutta oksamassaa sekä neulasia. Korjuussa jäävä hakkuutaide myös painuu maan pintaan nopeuttaen aluskasvillisuuden peittävää vaikutusta ja helpottaen alueella liikkumista.

### Kuluttajien kokemukset puuenergian ympäristövaikutuksista positiivisia

Kuluttajien ympäristöasenteet eivät ole yhdentekeviä energiapuusektorin maaseutua työllistävän vaikutuksen kannalta. Kuluttajien ympäristömyönteiset asenteet voivat heijastua monin tavoin puun energiakäyttöön. He voivat kokea puun käytön myönteisenä esim. ilmaston kannalta. Toisaalta siitä voidaan katsoa koituvan haittaa esimerkiksi metsäluonnolle tai omalle asuinympäristölle. Lisäksi puun energiakäytön on katsottu vaikuttavan myönteisesti maaseudun elinvoimai-

senä säilymiseen luomalla uusia työtilaisuuksia maaseudulle esim. energiapuun korjuussa ja lämpöyrittötoiminnassa. Asenteet ja aiomukset vaikuttavat puulla tuotetun energian kysyntään. Kysyntä lopulta ratkaisee sen, kuinka laajaksi puun energiakäyttö muodostuu (Rämö ym. 2002).

Vuonna 2000 PTT:n (Pellervon Taloudellinen Tutkimuslaitos) ja Joensuun yliopiston tekemässä tutkimuksessa (Rämö ym. 2002) selvitettiin suomalaisten kuluttajien käsityksiä puusta energialähteenä sekä heidän kiinnostustaan käyttää puulla ja muilla uusiutuvilla energialähteillä tuotettua energiaa (otokseen kuului 4000 henkilöä, joista kyselyyn vastasi 40%). Tulosten perusteella kuluttajat suhtautuvat myönteisesti puun ja muiden uusiutuvien energialähteiden käyttöön energiatuotannossa, pitävät niitä ympäristöystävällisinä ja haluaisivat lisätä niiden käyttöä energiatuotannossa.



**Kuva 3. Kuluttajien kokemukset energiapuun hankinnasta ja puun energiakäytöstä aiheutuvista vaikutuksista ympäristöön. N= vastaajien lukumäärä. Lähde: Rämö ym. 2002.**

Suurin osa kuluttajista oli havainnut energiapuun hankinnan ja energiakäytön vaikuttavan ympäristöön jollakin tavoin (Kuva 3). Useimmiten havainnot kohdistuivat metsien metsänhoidolliseen tilaan: 57% kuluttajista oli mielestään havainnut metsänhoidollisen tilan parantuneen. Maisemaan kohdistuvia vaikutuksia oli havainnut useampi kuin joka toinen kuluttaja: 40% oli havainnut maiseman parantuneen ja 16% heikentyneen.

Kokemukset energiapuun hankinnan ja puun energiakäytön vaikutuksista ympäristöön olivat yleensä myönteisiä, lukuun ottamatta vaikutuksia ilman laatuun ja liikenteen aiheuttamiin haittoihin. Näistä kokemukset olivat hieman useammin negatiivisia kuin positiivisia.

## Yhteenveto

Maisema on yksi konkreettisimmista ja ilman asiantuntemusta arvioitavista ympäristön ominaisuuksista. Siksi se on perusteltua ottaa huomioon luonnonvarojen käytössä ja käytön suunnittelussa.

Maisema vaikuttaa keskeisesti virkistys- ja asuinympäristön laatuun. Kauneusarvot sinänsä ovat ainakin osittain kulttuurisidonnaisia ja muuttuvat jossain määrin yhteiskunnan muuttuessa. Nykyisin arvostetaan luonnontilaisuutta ja työn jälkien näkymistä metsässä pidetään vähemmän toivottavina. Toisaalta arvostetaan näkyvyyttä, runsaasta aluskasvillisuudesta ja tiheistä metsiköistä ei pidetä. Yleisesti ottaen pidetään järeistä, helppokulkuisista metsistä, joissa näkyvyys on

hyvä ja aluskasvillisuutta on vähän. Avo- ja muiden uudistushakkuiden maisemavaikutuksia pidetäänkin yleensä negatiivisina mutta harvennushakkuiden positiivisina.

Hakkuutähteiden korjuu sekä energiapuun ja kunnostushakkuut näyttäisivät palvelevan varsin hyvin nykyisiä metsien monikäyttäjiä. Vaikkei uusiutuvan energian käytön globaaleja vaikutuksia huomioitaisikaan, hyötyvät energiapuun lisääntyneestä käytöstä niin energiapuuyrittäjät, metsänomistajat, matkailuyrittäjät, alueen asukkaat kuin metsien virkistyskäyttäjät ja matkailijatkin. Suuri osa kuluttajista kokee, että energiapuun korjuusta on hyötyä maisemalle ja virkistyskäytölle. Toisaalta ne kuluttajat, jotka eivät omistaneet itse metsää, eivät yleensä olleet havainneet energiapuun hankinnan tai puun energiakäytön aiheuttamia ympäristövaikutuksia lainkaan.

Metsänomistuksen tavoitteista maisemanhoito on puuntuotannon jälkeen tärkein, yhdessä metsän muiden tuotteiden (marjat, sienet yms.) kanssa, ja selvästi tärkeämpi kuin esim. luonnonsuojelu tai ulkoilu ja virkistys. Metsänomistajat pitävät maisemanhoitoa taloudellisten motiivien ohella yhtenä tärkeimmistä energiapuun korjuuseen ja myyntiin vaikuttavista motiiveista (Rämö ja Toivonen 2001).

Vaikka energiapuuhakkuiden ja hakkuutähteiden hyödyntämisen vaikutukset sekä maisemaan että virkistyskäyttöön ovatkin pääsääntöisesti varsin positiivisia, toisi monikäytön suunnittelu kokonaisvaltaista näkemystä energiapuun käytön vaikutuksista sekä johdonmukaisuutta monikäyttö-

arvojen huomioonottamiseen. Hakkuusuunnitelmissa voitaisiin maisemallisesti merkittävien kohteiden energiapuuhakkuita kiirehtiä tai huomioida ekologisesti tärkeät kohteet jättämällä ne intensiivisen käytön ulkopuolelle. Toisaalta vesistöjen lähialueilta ja virkistyskäytön kannalta merkittäviltä alueilta voitaisiin hakkuutähteet korjata, vaikka toimenpiteen kannattavuus muutoin olisikin keskimääräistä heikompi. Ongelmana metsien muiden kuin puuntuotannollisten arvojen huomioonottamisessa metsänomistajan kannalta on se, että saavutettavat hyödyt tulevat usein jollekin muulle kuin metsänomistajalle itselleen. Toisaalta maisema- ja virkistyskäyttöhyötyjen selkeämpi tiedostaminen voisi tuoda lisää kaivattua vauhtia energia-puun tarjontaan.

## Kirjallisuus

- Kardell, L. 1992. Vegetationsförändring plantetablerin samt bärproduktion efter stubb- och ristäkt. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig landskapsvård, 75007 Uppsala, Sweden. Report 50. ISSN 1101-0525. 63 s.
- Rämö, A-K & Toivonen, R. 2001. Metsänomistajien energiapuun tarjontahalukkuus alueittain. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita 46. 53 s.
- Rämö, A-K, Toivonen, R. & Tahvanainen, L. 2001. Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjonta ja suhtautuminen puun energiakäyttöön. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja 175. 101 s.
- Rämö, A-K, Toivonen, R., Tahvanainen, L. & Silvennoinen, H. 2002. Energiaa puusta - kuluttajien käsitykset puun energiakäytöstä. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita 52. 72 s.
- Sievänen, T. (toim.) 2001. Luonnon virkistyskäyttö 2000 (LVVI-tutkimuksen loppuraportti). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 802 <<http://www.metla.fi/julkaisut/mt/802/index.htm>>. 204 s. + liitteet.
- Silvennoinen, H., Pukkala, T. & Tahvanainen, L. 2002. Effect of cuttings on the scenic beauty of a tree stand. Scand. J. For. Res. 17: 263-273.
- Tahvanainen, L. & Tyrväinen, L. 1999. Maisema yritystoiminnassa ja maaseudun elinvoimaisuuden ylläpitäjänä. Tutkimushankkeen loppuraportti. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. 57 s.
- Uusitalo, E. 2000. Ihmisten maaseutu - maaseutupoliittinen kokonaisohjelma. Eduskunnan maaseutuohjelmaseminaari 20.09.2000. 8s. [www.mmm.fi/ytr/tiedotteet/ihmisten\\_maaseutu\\_.htm](http://www.mmm.fi/ytr/tiedotteet/ihmisten_maaseutu_.htm)

# Metsätalouden kannattavuus

Pertti Harstela

Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema

e-mail: [pertti.harstela@metla.fi](mailto:pertti.harstela@metla.fi)

Metsähakkeen käyttö voi vaikuttaa metsätalouden kannattavuuteen lisäämällä tai vähentämällä tulevaa puun tuottoa, vaikuttamalla suoraan työkustannuksiin tai yleiskuluihin tai tuottamalla kantohintaa energiapuusta. Periaatteessa myös metsän muut käyttömuodot voivat vaikuttaa kannattavuuteen, mutta niitä on vaikea ainakaan nykytilanteessa realisoida rahallisesti ja ne jätetäänkin tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Kantohinnasta ei ole vielä yhtenäistä käytäntöä. Sitä joko ei makseta lainkaan tai se on määrältään pieni. Yleensä ve-

dotaan siihen, että metsäenergian käytön liiketaloudellinen kannattavuus on niin huono, että kilpailukyky vaihtoehtoihin polttoaineisiin nähden ei kestä kantohinnan maksamista ja toisaalta metsänomistaja saa välillisiä hyötyjä metsähakkeen korjuusta. Metsähakkeen kilpailukyky voi merkittävästi parantua lähinnä päästökaupan vaikutuksesta. Taulukon 1 laskelmassa ei ole mukana kantohintaa.

Taulukossa on laskettu yleinen vaikutus metsätalouteen ottamatta huomioon sitä, kenelle hyöty tai tappio kohdistuu.

**Taulukko 1. Metsähakkeen tuotannon vaikutukset metsätalouden kannattavuuteen vuonna 2010. Korkokanta 3 %.**

Kustannussäästöt	milj. e/v
Säästöt metsänhoitotöissä	4,0
Säästöt perkauksessa ja nuoren metsän kunnostuksessa	5,5
Lisäkustannukset ainespuunkorjuussa	-2,2
Yhteensä	7,3
Osuus metsätalouden kustannuksista, %	2,4
Vaikutukset tuottoihin	
Metsikön tulevan tuoton nettonykyarvon muutos hakkuutähteiden ja kantojen korjuun seurauksena	0,2
Metsikön tulevan tuoton nettonykyarvon muutos pienpuun korjuun seurauksena	1,5
Yhteensä	1,7
Osuus metsätalouden tuotoista, %	,09
Tuotot ja kustannussäästöt yhteensä	9,0
Osuus metsätalouden nettotuotoista, %	0,5

Ravinnetappio hinnoiteltiin kompensoivan lannoituksen kustannuksena.

Laskelma perustuu edellisten lukujen hyöty- ja kustannuslukuihin sekä 5 miljoonan kuutiometrin määrän jakautumiseen niin, että 2,5 milj. m<sup>3</sup> tulee hakkuutähteestä, 1,5 milj. m<sup>3</sup> kantopuusta ja 1 milj. m<sup>3</sup> pienpuusta. Tulevaisuudessa osa ensiharvennuspuiden voi ohjautua energiantuotantoon, jolloin se korvanee lähinnä pienpuuta. Tätä vaihtoehtoa ei kuitenkaan otettu mukaan laskelmaan.

Vaikutus metsätalouden kannattavuuteen on selvästi positiivinen, mutta lisää nettotuottoa koko metsätaloudessa vain prosentin osia. Tämä oli odotettavissa, koska suurin vaikutus kohdistuu kustannusten alenemiseen, mutta kustannukset sinänsä ovat metsätaloudessa pienet verrattuna tuottoihin. Koska vaikutukset tuottoihin ovat sekä negatiivisia että positiivisia, jää kokonaisvaikutus niihin pieneksi, joskin positiiviseksi.

Osa kustannusvaikutuksista eli säästöt metsänhoitotöissä kohdistuvat suoraan metsänomistajan kuluihin ja osa puunkorjaajan kuluihin. Viimeksi mainitut voivat tosin pitkällä aikavälillä vaikuttaa välillisesti myös kantohintoihin.

Niiden metsänomistajien talouteen, jotka luovuttavat tai myyvät metsähakkeen

raaka-ainetta, vaikutus on suhteellisesti paljon suurempi kuin koko metsätalouteen. Vuonna 2010 hakkuutähdettä korjattaisiin noin kolmasosalta uudistusaloja. Vastaavasti pienpuuta korjattaisiin alle kolmasosalta vuotuisesta nuoren metsän kunnostusosalta. Näin ollen metsähakkeen raaka-ainetta luovuttavien metsänomistajien osalta suhteellinen vaikutus metsätalouden kannattavuuteen olisi kolmi-nelinkertainen taulukon lukuihin verrattuna eli hyötyjen osuus nettotuotoista olisi reilun prosentin luokkaa. Edellyttäen vielä, että ravinnetappiot korvattaisiin lannoituksella.

Jos energiapuusta maksetaan kantohintaa, on metsähakkeen käytön vaikutus metsätalouden kannattavuuteen edellä esitettyä suurempi. Esimerkiksi yhden euron varsin nimellinen kantohinta kiintokuutiometriä kohti lisäisi metsätalouden tuottoja 5 milj. euroa vuodessa eli lähes yhtä paljon kuin on metsänomistajan metsänhoitotöistä saama säästö. Jos nuoren metsän kunnostuskohteesta tulee ainespuuta, maksetaan sille yleisesti kantohintaa jo nyt, vaikka ainespuukin haketettaisiin energian tuotantoon.

Metsätalouden nettotuoton lisääntyminen sinänsä, vaikka onkin verraten pieni, vahvistanee metsänomistajien halua osallistua metsähakkeen hankintaan.

# Tarkastelua

Pertti Harstela

Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema

e-mail: [pertti.harstela@metla.fi](mailto:pertti.harstela@metla.fi)

Laskelmien lähtökohtana oleva käyttö-  
määrien kehitysarvio olettaa **kantojen  
käytön** lisääntyvän paljon nykyises-  
tään. Raaka-ainepotentiaalin puolesta  
se kyllä on mahdollista elleivät ympäris-  
tönäkökohdat nouse esteeksi. Kantojen  
nosto parantaa huomattavasti metsien  
terveydentilaa estämällä juurikäävän ja  
tyvitervaksen etenemistä seuraavaan  
puusukupolveen, mutta lisää tutkimus-  
tietoa kaivattaisiin erityisesti maaperä-  
ja vesistövaikutuksista. Merkittävään li-  
sän metsähakkeen tuotantoon tuo yh-  
dyskuntarakentaminen ja tienvarsien  
raivaus.

**Pienpuuhakkeen käytön** tulisi yli kak-  
sinkertaistua vuoteen 2010 menessä.  
Tällä hetkellä nuoren metsän kunnos-  
tusrästejä puretaan jopa tavoitteita  
enemmän. Muun muassa KMO:n ta-  
voitteena on lisätä taimikonhoitoa niin,  
ettei uutta rästää enää synny. Näin paino-  
piste pienpuuhakkeen lähteenä siirtyisi  
joko taimikon perkauksiin tai ensihar-  
vennuksiin. Ensin mainituissa kohteissa  
korjuu on kallista ja edellyttäisi nykyi-  
sen tukitason nostamista. Tässä rapor-  
tissa aikaisemmin esitettyjen puun tuo-  
tos- ja tuottolaskelmien mukaan taimi-  
konhoidon laiminlyönti ja korvaaminen  
nuoren metsän energiapuuhakuulla  
alentaa metsien tuottoa, joten taimikon  
hoidon lykkäämistä energiapuuharven-  
nuksen vuoksi ei voi suositella. Tätä  
vielä korostavat ajourien aikainen avaa-  
minen ja korjuuvauriot, joita laskelmissa  
ei otettu huomioon. Olisikin luonnol-

lista hankkia energiapuuta teollisen ai-  
nespuun tuotannon ulkopuolella olevis-  
ta **ensiharvennusemetsistä**.

Jos energiapuun ja ensiharvennusemetsien  
hinnat lähestyvät toisiaan muun muassa  
päästökaupan seurauksena, paranee  
energiatuotannon suhteellinen puusta-  
maksukyky. Nykyiselläänkin -tai aina-  
kin pienellä korjuutuella- on korjuutek-  
nisesti huonojenkin ensiharvennusten  
energiapuulla jo kantohinnan kantoky-  
kyä. Jos tuet pidetään sellaisella tasolla,  
ettei energiapuun kantohinta saavuta ai-  
nespuun kantohintoja, ei voitane puhua  
kilpailun vääristymisestä.

Turvemailla on paljon epätasaisia, huo-  
nosti ainespuuta tuottavia ensiharven-  
nuskohteita. Kokopuun ja hakkuutäh-  
teiden korjuun ei ole katsottu sopivan  
suometsiin ravinteiden poiskulkeutumi-  
sen vuoksi. Nieminen (2003)<sup>1)</sup> kuitenkin  
päättelee, että korjuu olisi hyödyksi ve-  
sistökuormituksen alentajana. Huuh-  
toutumisen vuoksi oksien ravinnevai-  
kutuksen olisi kyseenalainen ja vaatisi tut-  
kimuksia. Kokopuiden ja hakkuutäh-  
teiden korjuu saattaa olla jopa ympäristölle  
ja metsien tuotolle hyödyllistä, jos sitä  
seuraisi tuhkalannoitus. Metsähakkeen  
käytön lisääntyminen lisää myös **tuh-  
kan kierrätystarvetta**. Positiivinen  
kasvureaktio tuhkalla on saatu vain tur-  
vemailla. Tuhkalannoitus ei nykykäsi-  
tyksen mukaan lisää merkittävästi fos-  
fori- tai typpihuuhtoutumia turvemailla,  
jos levitys tehdään asianmukaisesti.

Metsähakkeen vuotuinen käyttötavoite 5 milj. m<sup>3</sup> on käyttöpaikka-**arvoltaan** n. 50 milj. euroa eli vain noin 2 % metsätalouden tuotoksesta markkinahintaan, joten sen kansantaloudellinen merkitys on enemmänkin välillinen. Tosin päästökauppa voi futuurien perusteella arvioiduna lisätä merkittävästikin metsähakkeen arvoa. Metsähakkeen tavoitteiden mukainen käyttö kattaisi huomattavan osan Suomen **hiilidioksidipäästöjen** alentamistavoitteesta ja olisi **aluetaloudelle** merkittävä. Sen välitön **työllisyysvaikutus**, noin tuhat henkeä, kohdistuisi pääasiassa suurten kasvukeskusten ulkopuolelle ja loisi sinne aitoa elinkeinotoimintaa.

Osana energiaklusteria metsähakkeen käyttö on jo nyt synnyttänyt teknologia-teollisuutta ja alan **teknologian ja tietotaidon vientiä**. Koska metsähakkeen tuotannon arvo koostuu pääasiassa ihmis- ja konetyöstä, lisää se merkittävästi **metsätalouden infrastruktuurin** käyttöä ja edes auttaa siten mm. tiestön taloudellista ylläpitoa, kun ylläpitokulut voidaan kohdistaa suurempaan käyttömäärään. Samalla kuitenkin tiestön kulutus lisääntyy ja kunto voi heiketä ellei ylläpitoa tehosteta.

Metsänomistajain samaa **nettotuoton** lisäys ilman kantohintaa on vain 0,4 % luokkaa koko metsätalouden nettotuotosta, mutta metsähakkeen raaka-ainetta luovuttaville metsänomistajille se on noin kolminkertainen. Hyödyt kohdistuvat vain hakkuutähdettä tai pienpuuta luovuttaville tiloille, mutta vertailuna oleva nettotuotto tulee koko metsäpinta-alalta. Pienikin taloudellinen hyöty voi sinänsä kannustaa luovuttamaan tai myymään energiapuuta. Koska metsänomistajan on vaikea edes mieltää kaik-

kia hyötyjä, voivat luovutushalukkuuteen enemmänkin vaikuttaa mahdollinen **kantohinta** ja korjuun **maisemaa parantava** vaikutus. Myös tunne osallistumisesta hiilidioksidipäästöjen alentamiseen ja siten ympäristönhoitoon voi motivoida energiapuun luovuttamiseen. Lisäksi **metsänhoitotöiden** tuottavuuden lisäys ja koneellistamismahdollisuuksien paraneminen edistävät sinänsä metsähoitotyöden tekemistä työvoimapolun sävyttämässä tilanteessa.

Energiapuuhakkuiden välilliset metsien **tuottoa lisäävät** vaikutukset kompensoinevat **ravinne- ja metsähoitotöiden** vaikutukset. Päätehakkuilla ravinteiden poiskulkeutumisen vaikutus seuraavaan puusukupolven on kuitenkin huonosti tunnettu ja vaatisi lisätutkimuksia. Kasvuhäiriöille alteilla vanhoilla kaski- ja peltomailla boorin poistuminen oksamassan mukana lisännee kasvunhäiriöiden riskiä. Näillä alueilla korvaava lannoitus booripitoisella lannoitteella tai tuhkan kierätyksenä tuntuu todella tarpeelliselta.

Nuoren metsän kunnostuksen seurauksena metsien **pitkän aikavälin puuntuotanto** lisääntyy merkittävästi, mutta kanavoituuko se kansantalouden käyttöön -kerrannaisvaikutuksineen metsäteollisuudessa - riippuu siitä, mikä tulee olemaan teollisuuden kapasiteetti ja kuinka suuri osa siitä katetaan kotimaisella puulla. Tässä teollisuuden kilpailukyky ja toimivat puumarkkinat ovat avainasemassa.

Koska kokopuuna korjuun ravinnetapit nuoren metsän kunnostus- tai ensiharvennuskohteissa ajoittuvat nopean kasvunvaiheeseen, olisi hyvä kehittää ja käyttää korjuuteknologiaa, jossa hienoin osa **latvusmassasta** jää palstalle.

Tämä on mahdollista jo nykytekniikalla-kin. Ohuet oksat aiheuttavatkin ongelmia varsinkin pienemmissä käyttökohteissa hakkeen holvaantussa syöttölaitteissa.

**Työvoiman lisätarve** on noin tuhat työvuotta vuoteen 2010 mennessä ja se kohdistuu lähinnä suorittavalle tasolle yrittäjiin ja koneenkuljettajiin. Tämän hetkistä valtakunnallista työttömyyttä se kerrannaisvaikutuksineen alentaisi noin yhdellä prosentilla, mutta muutotappioseuduilla suhteellinen vaikutus olisi selvästi suurempi. Toisaalta urakoijat ja kuljettajat asuvat nykyisin enimmäkseen taajamissa ja metsähakkeen tuotanto kilpailee yhä niukemmista työvoimaresursseista muun tuotannon kanssa.

Lisätyövoiman tarve voidaankin nähdä myös uhkana metsähakkeen tuotannolle, koska koko ajan realisoituva yhä huonompi huoltosuhde aiheuttaa **työvoimapulaa** ensi vaiheessa juuri maa-seutuammateissa. Painoa on syytä panna erityisesti **yrittäjyyden** lisäämiseen ja kehittämiseen, koska näin saadaan ehkä suorittavaan työhön mukaan myös korkeammin koulutettua väestöä. Alan houkuttelevuutta kaiken kaikkiaan on myös syytä lisätä muun muassa kehittämällä työtä ympärivuotiseksi ja huolehtimalla toiminnan kannattavuudesta ja palkanmaksukyvyistä sekä edistämällä koneyritysten sukupolvenvaihdosta.

Metsähakkeen tuotanto sinänsä mahdollistaa **korjuu- ja kuljetusyritysten** liikevaihdon ja koneiden käyttöasteiden lisäyksen ja parantaa siten yritysten **kannattavuutta**. Se voi tukea alan kesätyöllisyyttä, mutta kausiluonteisuus voi myös leimata energipuhun erikoistunutta tuotantoa. Yrittäjien vastuuta on lisätty ja uudenlaisen innovatiivisen ja riippumatto-

man yritystoiminnan kehittämises- sä nähdään mahdollisuuksia.

**Lämpöyrittäjäydessä** on myös paljon potentiaalia. Painopisteen siirtyessä kohti suurempia lämmitysyksiköitä, on vaihtoehtoiksi tulleet joko kone- ja lämpöyrittäjäyden yhdistäminen tai verkottuminen. Keskimääräisen alue- lämpölaitoksenkin käyttämä hakemäärä on niin pieni, ettei se työllistä järeämpää kalustoa. Kun yrittäjäydessä yleisem- minkin on tapahtumassa muutoksia, tar- vittaisiin **taloudellisia analyysejä** eri- lailla organisoidusta pienyritystoimin- nasta erilaisissa yritys ympäristöissä.

Varsin tuntuva vaikutus metsähakkeen tuotannolla tulee olemaan **metsäko- neen valmistukseen ja kauppaan**. Vaikka kuutiomääräiset korjuumäärät jäävätkin paljon jälkeen ainespuun kor- juusta ja kuljetuksesta, on työn tuotta- vuus sen verran alhaisempi, että koneita tarvitaan vuonna 2010 korjuupäähän lä- hes 500 kappaletta ja autoja autokulje- tukseen yli 300 kappaletta, mikä on 30 ... 40 % ainespuun konekannasta. Met- sähakeen korjuukalusto on tosin jakau- tunut erikoiskoneisiin ja yleiskoneisiin, joita käytetään sekä ainespuun että met- sähakkeen raaka-aineen korjuussa. Eri- koiskaluston valmistussarjat voivat jää- dä pieniksikin ja edessä lieneekin puto- tuspeli, jonka jälkeen muutamat korjuu- menetelmät valtaavat markkinat.

Metsähakkeen tuotantotavoitteiden saa- vuttaminen voi vaatia verotuksellisia päätöksiä, tukien lisäämistä ja muita **julkisen vallan toimia**. Metsähake tar- vitsee tuekseen **turvetta**, joten niiden yh- teinen käyttö pitäisi olla edullista fossiili- siin polttoaineisiin verrattuna.

**Puukauppaan** ja **puunhankintaan** metsähake on tuonut uuden ulottuvuuden. Vaikka valtavirta metsähakkeen raaka-ainekaupassa kulkeekin perinteisten puunhankintaorganisaatioiden kautta, on myös uusia toimijoita ilmaantunut. Hankintaa on ulkoistettu omiksi yhtiöiksi, ja yrittäjäve-toista lämpölaitosten metsähakkeen hankintaa tai pienkiinteistöjen ja lämpölaitosten lämpöyrittäjyyttä on enenevässä määrin. On arveltu, että tällä alueella tulee olemaan tilaa innovatiiviselle yrittäjyydelle. Nähtäväksi jää tuleeko energiapuulla olemaan roolia myös ns. alueurakoinnissa

Pienpuun hankintaan ovat jo osittain syntyneet ainespuun markkinoista **eriytyneet markkinat**, jotka saattavat voimistua. Onkin oletettu omien markkinoiden ja niitä ydinosaamisalueena kehittävien organisaatioiden olevan hyödyllisiä hakkeen tuotannon ja käytön kehitykselle. On myös valitettu, ettei pienpuun korjuuseen sopivia kohteita tule riittävästi hankintaorganisaatioiden tietoon. Tämän vuoksi raportissa esitetty pienpuumarkkinoita luova **sähköinen markkinapaikka** on mielenkiintoinen avaus.

Metsänhoitoyhdistysten aktivoitumista metsähakkeen hankintaan toivotaan monella taholla. **Yksityismetsätalouden organisaatioille** metsähakkeen tuotannon lisäys tarjonnee mahdollisuuden uusiin edistämishankkeisiin. Onkin esitetty, että metsätalouden tulisi toimia entistä 'asiakaslähtöisemmin' suhteessa yhteiskuntaan ja valtiovaltaan. Näiden tahtona on alue- ja ilmasto-politiikan tukeminen. Toisaalta on muistettava perustehtävä eli varsinainen puuhuolto, jonka merkitys kansantaloudelle on monin verroin suurempi kuin metsähakkeen. Metsähakkeen raaka-aineen tuotantoa ei pitäisikään julkisin varoin tukea siten,

että se vaarantaa ainespuun tuotantopuuston tuottokykyä.

Suuri yleisö kokee vaikutuksen **maiseen** positiiviseksi, mutta muun **monikäytön** osalta on sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia. Esimerkiksi hakkuutähteiden korjuu vähentää vadelmakasvustoa, mutta lisää puolukka- ja mustikkavarvustoa. Kokonaisuutena metsien monikäyttö ja erityisesti luontoa hyödyntävä **matkailu** kuitenkin hyötynee metsähakkeen tuotannosta, koska suuret matkailijajoukot ovat varsinaisen eräretkeilyn ulkopuolella ja 'suuri yleisö' pitää 'siivotusta' maisemasta. Myös **ympäristövaikutukset** ovat sekä positiivisia että negatiivisia. Positiivisia vaikutuksia ovat hakkuutähteiden korjuun vuoksi aleneva ravinnehuuhtoutuma ja mahdollisesti myös aleneva elohopeahuuhtoutuma päätehakkuilla sekä kantojen noston metsien terveydentilaa parantava vaikutus. Kantojen korjuulla voi olla negatiivisia vaikutuksia maaperään ja vesistöihin, mutta niitä ei tunneta riittävästi. Kasvillisuuden kehityksen perusteella voidaan vaikutukset kuitenkin todeta suhteellisen nopeasti ohimeneviksi.

---

<sup>1)</sup> *Metsälehti 19/2003.*



**ISBN 951-40-1908-3**  
**ISSN 0358-4283**