

# Laatuhakkeen tuotanto -opas



## 2. painos

© Metsäkeskukset

Päätoimittaja: Tanja Lepistö, Kehittyvä metsäenergia -hanke  
Taitto: Jorma Anttoora, Kehittyvä metsäenergia -hanke  
Kannen kuva: Tommi Lahti, Kotimaiset Energiat Oy  
Takakannen kuva: Perttu Suonperä  
Painatus: Vammalan kirjapaino, Sastamala 2010  
ISBN 978-951-98723-7-7 (nid.)  
ISBN 978-951-98723-8-4 (PDF)

# sisällys

<b>Esipuhe</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>Johdanto</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>1 Energiapuuharvennuksen lähtökohdat</b> . . . . .	<b>6</b>
1.1 Käyttökohteen asettamat vaatimukset . . . . .	6
1.2 Korjuukohteen valinta . . . . .	7
1.3 Korjuumenetelmä kohteen puuston mukaan . . . . .	9
1.4 Korjuun ympäristövaikutukset . . . . .	13
<b>2 Käytännön toteutus</b> . . . . .	<b>16</b>
2.1 Työmaasuunnittelu . . . . .	16
2.2 Palstakuivatus . . . . .	17
2.3 Lähikuljetus . . . . .	18
<b>3 Varastointi</b> . . . . .	<b>19</b>
3.1 Varastopaikan valinta . . . . .	19
3.2 Hyvän varaston rakenne . . . . .	20
3.3 Varastointiajat . . . . .	26
<b>4 Haketus</b> . . . . .	<b>27</b>
4.1 Erilaiset hakkurit . . . . .	27
4.2 Haketuksen vaikutus hakkeen laatuun . . . . .	31
<b>5 Hakkeen keinokuivaus</b> . . . . .	<b>32</b>
<b>6 Energiapuukauppa</b> . . . . .	<b>34</b>
6.1 Energiapuun mittaus . . . . .	34
6.2 Kustannusten muodostuminen . . . . .	35
6.3 Kuivauksen vaikutus tuloihin . . . . .	35
<b>7 Työturvallisuus</b> . . . . .	<b>36</b>
7.1 Vahingot ja varautuminen . . . . .	36
7.2 Työsuojelu eri työvaiheissa . . . . .	36
<b>Kiitokset</b> . . . . .	<b>39</b>
<b>Lähteet</b> . . . . .	<b>40</b>
<b>Liitteet</b> . . . . .	<b>42</b>

# Esipuhe

Metsähakkeen valmistamiseen osallistuu tavallisesti useita ihmisiä eri työvaiheissa. Oman työn vaikutuksia seuraavan vaiheen toteutukseen ei välttämättä osata ottaa huomioon. Hyvin suunnitellussa työssä huomioidaan laatu, tehokkuus sekä se, kuinka voidaan edistää seuraavien työvaiheiden toteutusta. Tärkein yksittäinen työvaihe on varaston teko. Varastointi vaikuttaa suoraan hakkeen laatuun sekä seuraavien työvaiheiden ja hakkeen käytön kustannuksiin – kuiva hake tuottaa paremman hyötysuhteen kuin tuore hake.



Päätoimittaja Tanja Lepistö.  
(Kuva: Sanna-Kaisa Rautio)

Tässä oppaassa tarkastelemme metsähakkeen koko tuotantoketjua siitä näkökulmasta, että loppukäyttäjää saa laadukasta ja taloudellisesti tuotettua haketta. Oppaan alussa tarkastellaan hakkeen käyttökohteita ja niiden asettamia vaatimuksia käytettävälle polttoaineelle. Seuraavaksi tarkastellaan energiapuukorjuukohteen ja työmenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä. Luvuissa 2 - 4 tarkastellaan korjuuseen ja haketukseen liittyviä asioita. Viimeiseksi käydään läpi kannattavuuskysymyksiä sekä työturvallisuutta.

Oppaassa käsitellään harvennusenergiapuun käyttöä. Kantojen ja latvusmassan korjuuseen liittyy paljon erityispiirteitä, minkä vuoksi asian käsittely jätetään tämän oppaan ulkopuolelle.

Toivomme, että opas tavoittaa energiapuun korjuusta ja kuljetuksesta vastaavat toimijat, hakettajat, hakkeen ostajat, neuvontaa antavat toimihenkilöt sekä metsänomistajat.

Opas julkaistiin ilmeiseen tarpeeseen, sillä ensimmäinen painos oli paikoin loppunut muutamassa kuukaudessa. Tähän toiseen painokseen on tehty pieniä lisäyksiä ja tarkennuksia käytännön toimijoilta saadun palautteen perusteella.

Kälviällä, 21.5.2010

# Johdanto

Kansainvälisissä sopimuksissa ja useissa kansallisissa ohjelmissa on asetettu tavoitteita uusiutuvan energian käytön lisäämiselle. Suomen pyrkiessä alentamaan fossiilisten polttoaineiden osuutta energianlähteenä, lisääntyy ensisijaisesti lämmöntuotantoon tarkoitettujen puuperäisten polttoaineiden käyttö. Tämä kannustaa kehittämään metsähakkeen tuotantoketjua.

Vuonna 2009 noin neljännes tuotetusta metsähakkeesta oli peräisin energiapuuharvennuksilta ja nuoren metsän hoitokohteilta. Näiden kohteiden korjuussa on huomattava lisäsmahdollisuus, koska tällä hetkellä niiltä korjataan hieman yli 10 prosenttia korjattavissa olevasta biomassasta.

Samaan aikaan kun energiapuun kokonaiskorjuumäärät lisääntyvät, kasvaa myös sijainniltaan ja metsänhoidolliselta tasoltaan heikompien metsien osuus korjuukohteista. Korjuun suunnittelulta vaaditaan enemmän, kun korjuuolohteet heikkenevät.

Opasta kirjoitettiin vuonna 2009, jolloin metsäteollisuuden tuotteiden ja raaka-aineiden kysyntä oli alhainen maailmantalouden heikentyneen tilanteen ja taantumaa edeltäneen vilkkaan puukaupan takia. Takana oli myös kaksi huonoa turvetuotantokautta. Samaan aikaan energiapuun korjuumäärät kasvoivat ja toiminta erityisesti nuoren metsän hoitokohteilla oli aktiivista. Ajoittain energiapuun kysyntä oli niin suurta, että myös kuitupuuta poltettiin.



Kuva: Tanja Lepistö

# I Energiapuuharvennuksen lähtökohdat

## 1.1 Käyttökohteen asettamat vaatimukset

Ennen energiapuuharvennuksen toteutusta tulee miettiä puuerän todennäköinen käyttökohde ja sen kuljetus käyttöpaikalle. Käyttökohde vaikuttaa siihen, korjataanko energiapuu kokopuuna vai karsittuna rankana. Jos puu-erä haketetaan käyttöpaikalla tai terminaalissa, pitää rungot katkoa korjuussa siten, että ne mahtuvat käytettävään kaukokuljetuskalustoon. Varastopaikan suunnittelussa tulee huomioida varastoitavan puun ja käytettävän kaluston tilantarve sekä käsittelysuunnat, jos puu-erä haketetaan varastopaikalla.

## Pienkohteet, 20 - 200 kW

Omakotitalo- ja maatalouskokoluokan lämpökattilat ovat vaativimpia hakkeen laadun suhteen. Hakkeen tulee olla tasalaatuista ja kuivaa, jotta häiriön aiheuttamia katkoja ei tulisi kohtuuttomasti. Hakkeeksi soveltuvat hyvin sahaustuotteet, karsittu ranka sekä rumpuhaketettu kokopuuhake. Teknisesti riittävän hyvää haketta saadaan tuotettua kartioruuvi- ja laikkahakkurilla sekä rumpuhakkurilla, jos käytetään tiheää seulaa. Hakkeen kosteuden tulisi olla alle 25 prosenttia.



Tuoretta kokopuurankaa (Kuva: Tanja Lepistö)

## Keskikokoiset lämpölaitokset, 200 - 1000 kW

Pienkohteisiin soveltuvien polttoaineiden lisäksi keskikokoisissa lämpölaitoksissa voidaan käyttää kokopuu- ja latvusmassasta tehtyä haketta. Myös tämän kokoluokan lämpölaitoksissa on huolehdittava tasaisesta palakoosta, tosin kokovaihtelu voi olla isompaa kuin pienkohteissa. Hakkeen käyttökosteuden tulisi olla alle 40 prosenttia.

## Isot lämpölaitokset, > 1000 kW

Isot lämpölaitokset eivät ole polttoaineen laadun suhteen yhtä tarkkoja kuin pienemmät laitokset. Tekniikka mahdollistaa tässä kokoluokassa paremmin kosteiden hake-erien polton. Paras hyötysuhde ja toimintavarmuus saavutetaan kuitenkin tasalaatuisella polttoaineella.



Aluelämpölaitos (Kuva: Tanja Lepistö)

## Huonon hakkeen haitat

Hakkeen laatu tulee parhaiten esille lämpölaitoksella. Huono hake on käytäjälleen aina kallista raaka-ainetta riipumatta käyttökohteen kokoluokasta.

- Märkä hake alentaa polttoaineen lämpöarvoa, lisää laitoksen sähkönkulutusta ja alentaa lämpölaitoksen hyötysuhdetta.
- Pidempiaikaisessa varastoinnissa märkä hake voi alkaa hajota ja lämmetä, minkä seurauksena hakkeen energiasisältö alentuu ja ääritapauksessa hake voi syttyä itsestään palamaan. Myös homeongelmat voivat lisääntyä.
- Märkä hake voi jäättyä talvella varastossa, jolloin hakkeen syöttö kuljettimelle häiriintyy.
- Märkä hake lisää tuhkan määrää.
- Hakkeen syöttö kattilaan voi häiriintyä kuljettimella eri syistä. Tällaisia voivat esimerkiksi olla pitkien tikkujen aiheuttama hakkeen jumiutuminen tai kosteuden tuottama häiriö optisissa antureissa.
- Hakkeen palakoko tulee olla laitteistolle soveltuvaa, jotta kuljettimet toimivat.

## 1.2 Korjuukohteen valinta

Energiapuuharvennuksia voidaan tehdä varttuneissa taimikoissa ja nuorissa kasvatusmetsissä. Varttuneissa taimikoissa puiden rinnankorkeusläpimitta ( $d_{1,3}$ ) on alle 8 senttimetriä sekä havupuiden valtapituus alle 7 metriä ja koivujen alle 9 metriä. Tärkeimpiä energiapuuharvennuskohteita ovat kuitenkin nuoret kasvatusmetsät. Nuorissa kasva-

tusmetsissä puiden valtapituus on yli 7 metriä ja läpimitta on 8 - 16 senttimetriä. Taimikonhoitoa tai ensiharvennusta ei tule viivästyttää energiapuumäärän lisäämiseksi, koska viivästyminen aiheuttaa puuston järeyskehityksen hidastumista sekä puu- ja puutavaralajisuhteiden muuttumista korjuun ja jatkokasvatuksen kannalta epäedulliseen suuntaan.

Metsien lisäksi energiapuuta on korjattavissa pellon-, tien- ja ojanvarsilta, joissa saanto voi olla huomattava ja korjuukustannukset metsikön harvennuksesta alhaisemmat. Lepikoilla on myös paikoin huomattava merkitys energiapuun raaka-aineenlähteenä. Vajaatuottoisia lepikoita uudistetaan kuuselle, jolloin energiapuukertymä voi yltyä 100 m<sup>3</sup>:iin hehtaarilla. Myös myöhemmin taimikon päältä korjattava ylispuulepät soveltuvat erinomaisesti energiapuuksi.

Valtio on ohjannut kestävän metsätalouden rahoitustukea (kemera) myös nuorten metsien energiapuukorjuuseen. Vuonna 2010 voimassa olleilla



## Tietolaatikko 1

### Mistä voi korjata pienpuuta energiaksi?

Karsittua rankaa voi korjata kaikilta metsätyypeiltä.

### Kokopuukorjuuta tulee välttää:

- hoidetuissa kuusikoissa, joissa kuusen osuus runkoluvusta on yli 75 % ennen harvennusta
- kasvuhäiriölle alttiilta kohteilta
- kuivahkoilla kankailla, jolla ohut humuskerros metsäpalon tai kuloutuksen seurauksena
- kuivilla kankailla
- puolukaturvekankailla tai sitä karummilla turvekankailla
- metsiköissä, joissa on korjattu latvusmassaa edellisessä uudistushakkuussa tai kokopuuta nykyisen puuston kasvuaikana.

Koistinen ja Äijälä, 2006

ehtoilla tukea myönnettiin korjuuseen, jossa jäävän puuston rinnankorkeusläpimitta on alle 16 senttimetriä. Energiapuun korjuukohteilla puille ei ole asetettu puiden pituusrajaa. Poistettavia, kantoläpimitaltaan yli 4 senttimetrin



Pienpuuta voidaan korjata kokopuuna tai karsittuna rankana. (Kuvat: Tanja Lepistö)



runkoja tulee olla yli 1000 kpl hehtaarilla. Kerralla korjattavien kuvioiden pinta-ala tulee olla yhteensä 1 ha ja kertymä 20 m<sup>3</sup>.

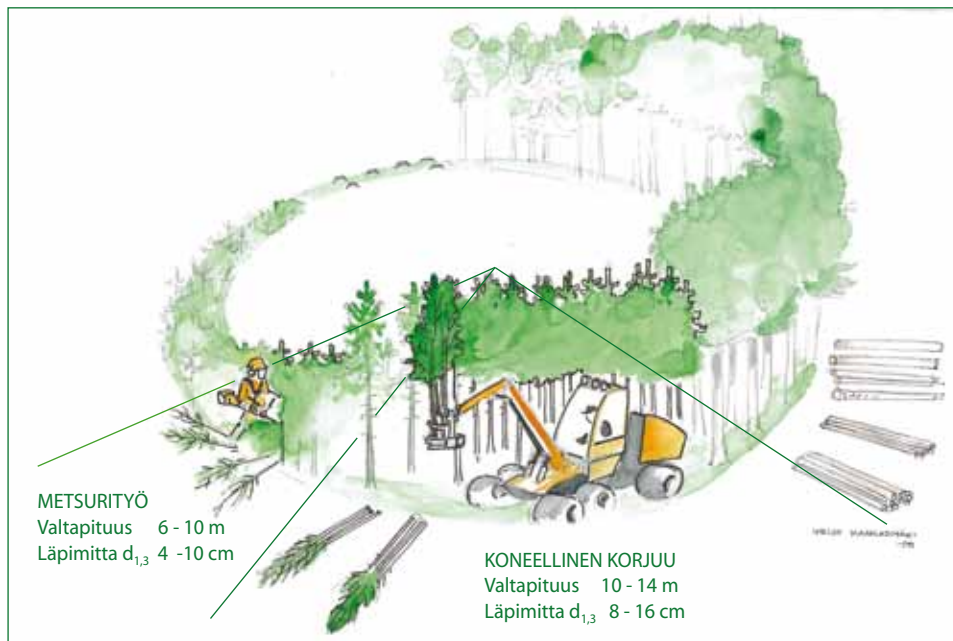
Energiapuukorjuuseen myönnetään vuonna 2010 seuraavia kemera-tukia: Nuoren metsän hoidon tuki (pinta-ala-tuki), energiapuun korjuutuki, haketus-tuki ja toteutusselvityksen laadintatuki. Voimassa olevat tukien määrät esitetään liitteessä 1. Tukien myöntämisperusteet voivat muuttua, joten metsänomistajan tulee tarkistaa voimassa olevat ehdot ennen metsänhoitotoimenpiteitä.

### 1.3 Korjuumenetelmä kohteen puuston mukaan

Energiapuuharvennus voidaan toteuttaa metsurityönä tai koneellisena kor-

juuna. Kaupalliset toimijat suosivat koneellista korjuuta sen tehokkuuden vuoksi. Koneellinen korjuu ei ole kannattavaa kohteessa, jossa puun tilavuus on pieni. Kannattavalle koneelliselle korjuulle asetetut puuston ja kertymän vähimmäisvaatimukset vaihtelevat toimijoiden kesken. Ohjeellisena alarajana puulle voidaan kuitenkin pitää noin 7 metrin pituutta sekä 8 cm rinnankorkeusläpimittaa (tällöin puun tilavuus on 20 litraa) ja energiapuukertymälle 25 m<sup>3</sup>/ha.

Jos taimikonhoito on viivästynyt tiheässä taimikossa, puusto voi riukuuntua. Tällaisessa energiapuuharvennuskohteessa on suuri runkoluku ja kiireellinen hoitotarve ennen kuin se on kannattavan konekorjuun mitat täyttävää. Metsänomistajan tulisi silloin harkita metsurikorjuuta joko itse tehtynä tai ostopalveluna.



Parhaiten soveltuva korjuumenetelmä energiapuuharvennukseen määräytyy puuston koon mukaan. (Piiros: Veijo Kangasmäki)



Ennakkoraivaus avaa näkymää. (Kuvat: Tanja Lepistö)

### **Korjuuta edeltävä ennakkoraivaus**

Ennakkoraivauksessa avataan korjuunäkymää kaatamalla maahan kantolämpimitaltaan alle 4 senttimetrin rungot. Huono näkyvyys lisää koneellisessa korjuussa runkovaurioiden sekä kouran vaurioitumisen riskiä. Lehtipuut on syytä raivata erityisesti kesäkorjuukohteilla. Myös alikasvoskuuset haittaavat näkyvyyttä.

Alikasvoksen määrä vaikuttaa ennakkoraivauksen tarpeeseen. Rehevällä



Koneellisessa korjuussa puuryhmien harvennus vaatii huolellisuutta, jotta jäljelle jätettävään runkoon ei tule vaurioita. ( Kuva: Tanja Lepistö)

kasvupaikalla, jossa alikasvosta on huomattavasti, on tarpeellista ennakkoraivata jopa metsurityötä korjuun jouduttamiseksi. Käytännön ohjeen mukaan raivaus on tarpeellinen, jos relaskoopilla katsottaessa ei nähdä laskettavien puiden runkoja. Energiapuuharvennuksen työmaasuunnitelma kannattaa tehdä jo ennen ennakkoraivausta. Tällöin voi samassa yhteydessä avata ajouralinjat ja koota isommat rungot energiapuukasaan.

### **Metsurityö**

Jos energiapuuharvennus tehdään metsurityönä, voi työn tehokkuutta ja työergonomiaa parantaa huomattavasti moottorisahaan lisättävillä kaatokahvoilla. Kaatokahvojen avulla harvennusta voidaan tehdä siirtelykaatona, jossa toinen käsi on vapaana ohjaamaan kaadettavaa puuta suoraan kourakasoisiin. Ammattitaitoinen metsuri voi saavuttaa siirtelykaadolla jopa 20 m<sup>3</sup> päivätuotoksen, kun hakkuukoneiden päivätuotos on 20 - 40 m<sup>3</sup>.

### **Koneellinen korjuu**

Puuston järeys ja kertymä vaikuttavat eniten koneellisen korjuun kannattavuuteen. Lisäksi leimikon kantavuus

asettaa rajoituksia käytettävälle konekalustolle.

Koneellisessa kokopuukorjuussa hakkuukoneeseen on asennettu kaato- ja kasauskoura, jossa on useimmiten joukkokäsittelykoura. Koura leikkaa poistettavat puut yleensä giljotiiniterällä ja kerää puut kourakasoihin hakkuun yhteydessä. Energiapuukouramallit eroavat toisistaan siinä, kuinka hyvin niillä pystyy karsimaan useita runkoja samalla kertaa. Yleensä kuormatraktori on varustettu energiapuun kuormaukseen soveltuvalla kouralla ja kuormainva'alla.

Koneellinen energiapuukorjuu voidaan toteuttaa niin, että kaikki puut ohjautuvat energiantuotantoon tai korjuussa erotellaan aines- ja energiapuu erilleen eli toteutetaan nk. integroitu korjuu. Integroidulla korjuulla voidaan saavuttaa korkeampi tuottavuus kuin perinteisessä ensiharvennuksessa. Kuitupuun laatuksiteerit voidaan täyttää vaikka puita joukkokäsittelään. Integroitu korjuu mahdollistaa aines- ja energiapuun taloudellisen korjuun perinteisiltä ensiharvennusleimikoilta ja se soveltuu parhaiten mänty- ja koivuvaltaisiin metsiköihin. Kuitu- ja energiapuu voidaan katkoa giljotiiniterällä, mutta tukkipuu on katkottava ketjusahalla varustetulla kouralla.

Energiapuun koneelliseen korjuuseen on myös mahdollista varustaa ajokone joukkokäsittelykouralla, jolla voidaan myös kuormata. Tällöin nk. korjurilla suoritetaan sekä hakkuu että lähikuljetus, joka tehdään korjuun yhteydessä. Korjuri on pääomakustannuksiltaan edullinen korjuukone verrattuna perinteiseen korjuuketjuun.



Siirtelykaadossa metsuri siirtää korjatut puut vapaalla kädellä suoraan kourakasoihin. (Kuva: Hannu Humalamäki)

## Tietolaatikko 2

### Karsinnan hyvät ja huonot puolet

- + Karsiminen alentaa palstan ravinnetappioita.
- + Karsiminen edistää energiapuun kuivumista.
- + Karsitusta rangasta saadaan pinottua tiiviimpiä ja täydempiä kuormia, mikä alentaa kuljetuskustannuksia.
- + Pienempi neulasten määrä polttohakkeessa vähentää kattiloiden kuumakorrosion riskiä.
- + Hakkutähteillä voidaan suojata juuristoa sulan maan aikana toteutetussa korjuussa
- Karsiminen vähentää energiapuukertymää n. 20 %.



Joukkokäsittelykouralla ja kuormainvaa'alla varustettu ajokone suorittaa energiapuun hakkuun ja lähikuljetuksen. ( Kuva: Veli-Pekka Kauppinen)



Nuoren metsän hoitokohde ennen ja jälkeen koneellisen energiapuuharvennuksen. (Kuvat: Tanja Lepistö)

Menetelmien soveltuvuus eri kohteille		
	Metsurityö Moottorisaha/siirtelykaato	Kannattava koneellinen korjuu
<b>Valtاپیتuus</b>	6 - 10 m	10 - 14 m
<b>Läpimitta <math>d_{1,3}</math></b>	4 - 10 cm	8 - 16 cm
<b>Rungon tilavuus</b>	$\geq 4$ l	$\geq 20$ l
<b>Kertymä</b>	10 - 20 m <sup>3</sup> /päivä	20 - 40 m <sup>3</sup> /päivä
<b>Erityistä</b>	Taidon kehittyessä päiväker- tymä voi nousta siirtelykaa- dossa yli 20 m <sup>3</sup> :n.	Energiapuun korjuussa teh- dyt ajourat soveltuvat myö- hempään koneelliseen kor- juuseen sellaisenaan.



Vasemmassa kuvassa puun katkaisu tapahtuu giljotiiniterällä. Oikean puoleisessa kuvassa on koura ketjusahalla ja rullasyöttölaitteella. (Kuvat:Tiina Sauvula-Seppälä)

## 1.4 Korjuun ympäristövaikutukset

### Ravinteet

Typen puutetta pidetään Suomen oloissa yleisimpänä kivennäsmaiden kasvua rajoittavana tekijänä. Puun lehdistä ja neulasista on noin kymmenkertainen määrä typpeä runkopuuhun ja oksiin verrattuna. Energiapuunkorjuussa poistuvien ravinteiden pitkäaikaisista vaikutuksista maaperään ei ole vielä saatavilla tutkimustuloksia. Tarkemman tiedon puuttuessa on kokopuun korjuulle asetettu suositukset varovaisuusperiaatteella. Toistaiseksi on selvinnyt, että kuusikot ovat herkempiä latvusten korjuusta aiheutuvalle ravinteiden vähenemiselle. Siksi kokopuun korjuuta tulisi välttää hoidetuissa kuusivaltaisissa metsissä. Tarkemmat tiedot kokopuun korjuulle suositelluista rajoituksista on esitetty tietolaatikossa 1.

Ravinteiden jäämisestä metsään kokopuun korjuun yhteydessä voidaan huolehtia jättämällä 1 - 2 metriä puun latvaosaa palstalle. Jätettävien oksien ja latvojen tulisi olla tasaisesti koko palstalla, jotta kasvava puusto pystyy niitä hyödyntämään. Myös palstakuivatus (luku 2.2) edistää ravinteiden jäämistä metsään.

Energiapuun mukana korjatut ravinteet voidaan korvata lannoituksella. Hakkeen poltossa muodostuvan puutuhkan hyödyntäminen lannoitteena on vielä melko vähäistä, mutta lisääntymään päin. Puutuhkassa ei ole typpeä, mutta muuten se sopii ravinnejakamansa puolesta hyvin metsälannoitteeksi. Tuhkan tehoa voidaan lisätä täydentämällä lannoitusta typellä. Suomessa on Metsäntutkimuslaitoksen kokeissa saatu hyviä tuloksia mm. yhdistetyllä puutuhka- urealannoituksella. Puutuhkaa pidetään erityisen hyvänä lannoitteena turvemailla, joilla typpi ei ole kasvua rajoittava tekijä.

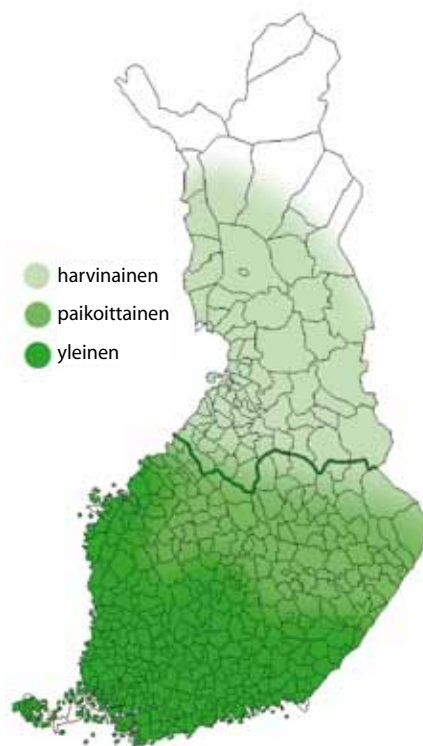
### Metsien terveys

Energiapuuharvennusten yhteydessä tulee ottaa huomioon korjuun vaikutus metsien terveyteen aivan kuten ainespuun korjuussa. Suurimmat riskit liittyvät juurikäpään. Energiapuun harvennuskohteilla tulee juurikäävän lisäksi huomioida mäntyä tuhoava ytimennävertäjä sekä tuntea varastointia koskeva lainsäädäntö.

Juurikäpä on Suomen yleisin ja vahingollisin tuhosieni. Kun työskennellään juurikäävän levinneisyysalueella (ks.

kartat), tulisi juurikäävän leviämisen riski huomioida. Tyypillisesti energiapuukorjuussa runkojen poistuma on suuri, jolloin itiöiden leviämislle alttiita kantoja on paljon. Koska energiapuuharvennus tapahtuu metsikön kiertoajan alussa, tartunta ehtii levitä laajalle päätehakkuuseen mennessä.

Juurikäävän leviäminen terveeseen metsään tapahtuu sulan maan aikana kaadettujen mäntyjen ja kuusten kantojen kautta ja edelleen juuriyhteyksien kautta terveisiin puihin. Levitäkseen lahottajasieni vaatii 10 senttimetrin kantoläpimitan, viimeisimmän tutkimustiedon mukaan leviäminen saattaa kuitenkin tapahtua läpimitaltaan jo paljon pienemmissä puissa. Tämäntyyppisiä kantoja on runsaasti koneellisen energiapuukorjuun kohteilla. Koska juurikäpäitiö voi levitä jopa 300 km etäisyydelle itiöemästä, tulee juurikäpään suhtautua vakavasti. Taudin levinneisyysalueella tulee aina kesäkorjuussa suojata havupuiden kannot itiötartunnalta. Kantokäsittely onnistuu parhaiten energiapuukouraan liitettävän kantokäsittelylaitteen avulla. Juurikäävän ehkäisyyn myönnetään kemera-tukea.



Kuusenjuurikäävän levinneisyys pääpiirteissään. Tummanvihreällä alueella sienien aiheuttamat tuhot ovat suurimmat. Rajaviiva osoittaa kuusen riskialueen pohjoisrajan, se on Etelä-Pohjanmaan, Keski-Suomen, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten pohjoisraja. Rajan eteläpuolella kuusen kantojen käsittelyä suositellaan kesäaikaisissa hakkuissa kovilla mailla. (Kartta: Piri, 2010, Kuvateksti: Metinfo, 2006)

### Tietolaatikko 3

#### Juurikäävän torjunnan pääkohdat energiapuuharvennuksilla.

Kesäkorjuu tehdään leimikoissa, joissa kantoläpimita on alle 10 cm tai joissa valtaosa poistettavasta puustosta on lehtipuuta.

Kantoläpimitaltaan yli 10 cm:n havupuukannot käsitellään kesäkorjuussa harmaaorvaka- tai urealiuoksella.

Vältetään energiapuuharvennuksia myöhäisyyksillä sekä keväällä nila-aikaan.

(Viiri ja Piri, 2008)

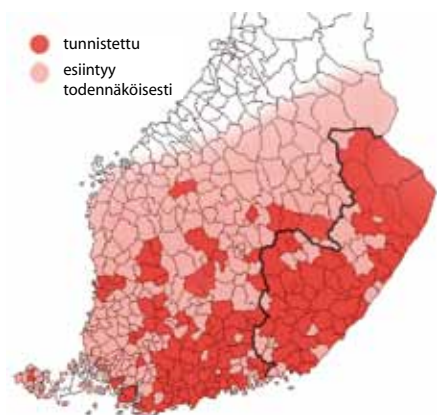


Kymmensenttisille ja sitä isommille havupuukannoille on syytä antaa kantokäsittely. (Kuva: Tuula Piri)

Taudin leviämistä voidaan ehkäistä myös korjaamalla riskikohteet pakkasen aikaan. Tämän lisäksi korjuuvaurioiden välttäminen on avainasemassa. (ks. luku 2.1).



Juurikäävän lahottama kuusen kanto. (Kuva: Tuula Piri)



Männynjuurikäävän levinneisyys. Kunnat, joista sieni on Metlassa varmuudella tunnistettu on merkitty tummempalla punaisella. Vaaleampi väri osoittaa alueen, jolla sienien esiintyminen on todennäköistä. Rajaviiva osoittaa tyvitervastaudin riskialueen, jolla kantokäsittelyä suositellaan männiköiden kesäaikaisissa hakkuissa. Riskialueen ulkopuolella käsittelyä suositellaan niissä kunnissa, joissa männynjuurikäävän on todettu esiintyvän. (Kartta: Piri, 2010, Kuvateksti: Metinfo, 2006)

Korjuuvauriot, jotka syntyvät nila-aikana tai syyskesällä tehdystä korjuusta, aiheuttavat suurimman riskin juurikäätartunnalle. Nila-aikana puun kuori irtoaa herkästi ja syksyllä lepotilassa oleva puu ei pysty suojautumaan tehokkaasti sieniä vastaan.

Ytimennävertäjät lisääntyvät keskikesän yli metsässä olleessa puuvarastossa. Eläville männyille ne aiheuttavat latvustuhoja, joista aiheutuu kasvutappioita ja jopa kuolemista. Jos energiapuuran-kaa varastoidaan yhden kesän yli, voivat varastosta leviävät ytimennävertäjät vaurioittaa viereisiä eläviä puita. Energiapuuharvennuksen voi toteuttaa lehtipuu- tai mäntyvaltaisilla kohteilla turvallisesti kesä-elokuussa. Tällöin varastoitu puu on seuraava kesänä riittävän kuivaa, eivätkä ytimennävertäjät pysty hyödyntämään sitä.

#### Tietolaatikko 4

##### Puutavaran varastointia koskevat säännöt

Laki metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta (1991/263) on laadittu ennen energiapuun korjuun yleistymistä, eikä se siten suoraan koske energiapuutavaralajia. Varovaisuusperiaatteen mukaan on hyvä noudattaa energiapuun varastoinnissa voimassa olevia ohjeita varastointiajoista, etenkin kun energiapuukasassa voi olla joukossa ainespuumitat täyttävää puutavaraa.

##### Mänty

- Korjuu tapahtunut 1.9. - 31.5. → Varasto poistetaan Oulun ja Lapin läänissä 15.7., muualla 1.7. mennessä.

##### Kuusi

- Korjuu tapahtunut 1.9. - 31.5. → Varasto poistetaan Oulun ja Lapin läänissä 15.8., muualla 1.8. mennessä.

# 2 Käytännön toteutus

## 2.1 Työmaasuunnittelu

Harvennuskohte tulisi suunnitella siten, että energiapuukorjuussa tarvittavia ajouria voidaan hyödyntää myöhempien harvennusten yhteydessä. Ajouravälin tulisi olla vähintään 20 metriä, jotta tuottavan metsämaan ala pysyy riittävänä. Erilaisilla pienkoneilla toteutetussa korjuussa on vaikea saavuttaa riittävä ajourien etäisyys.

Hyvällä ajouraverkon suunnittelulla vältetään monta ongelmaa. Tasainen ajourien käyttö ehkäisee syvien raiteiden muodostumista. Riittävän leveät ja suorat ajourat sekä ajouralla olevien

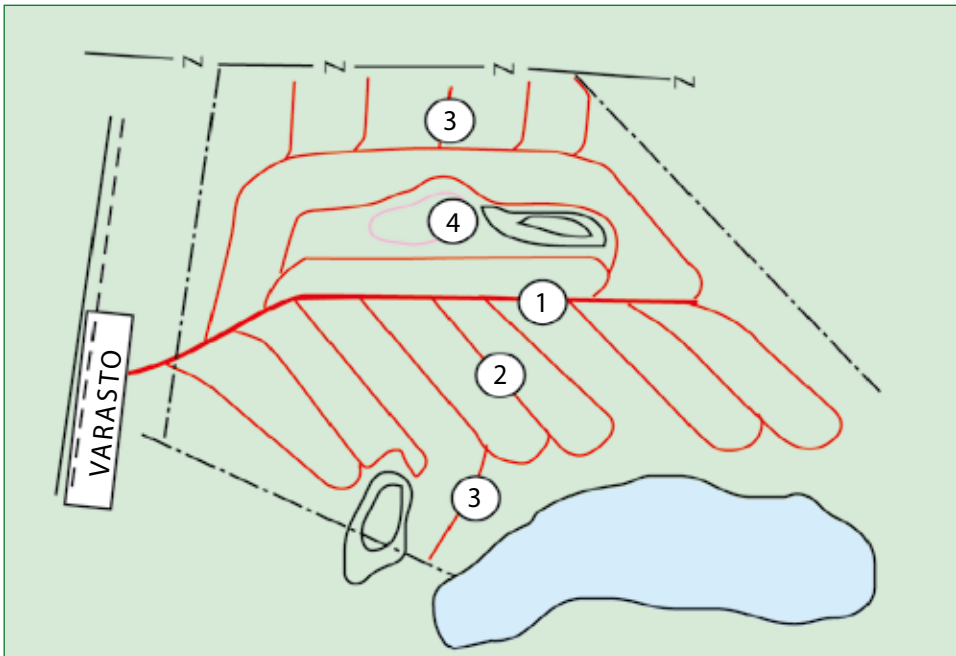
### Tietolaatikko 5

#### Ajourien vaatimukset

- Ajouraväli on yli 20 m
- Ajouran leveys on noin 4 - 4,5 m (kaarteisissa ja epätasaisella suurempi)
- Ajourien sijoittelussa tulee välttää sivukaltevuuksia ja jyrkkiä risteyskohtia
- Sähkö- ja puhelinjat alitetaan kohtisuoraan linjaan nähden

Koistinen ja Äijälä, 2006

kantojen madaltaminen vähentävät huomattavasti elävän puuston korjuuvaurioita. Erityisen tärkeää ajoverkko-suunnittelu on pehmeillä mailla.



Työmaakartta helpottaa korjuuta. Karttaan merkitään leimikon rajat, varastopaikat ja erityistä vaaraa aiheuttavat kohteet, kuten sähkö- ja puhelinlinjat.

- 1 Kokoojaura
- 2 Keruu-ura
- 3 Peruutusura (esim. rinteeseen)
- 4 Metsäluonnon arvokas elinympäristö

(Lähde: Tapio)



Työmaasuunnittelun lisäksi koneiden painumista voidaan estää säätämällä kuorman kokoa, koneiden rengaskokoa, rengaspainetta, käyttämällä teloja sekä vahvistamalla ajouria. Ajouran vahvistamiseen käytettyjä puita ei korjata energiapuuksi niissä olevien epäpuhtauksien vuoksi.

Harvennusten korjuujäljen laatuseuran mukaan energiapuuharvennusten korjuujäljessä on paljon parannettavaa. Ongelmia esiintyy erityisesti hoitamattomilla kohteilla. Runko- ja juuristovauriot alentavat metsien terveyttä ja puiden laatua ja liian tiheä ajouraverkosto alentaa tuottavan metsämaan osuutta. Siksi energiapuuharvennusten suunnittelussa tulee kiinnittää aiempaa enemmän huomiota työmaasuunnitteluun ja korjuuseen.

## 2.2 Palstakuivatus

Hakkeen kuivuuden merkitystä ei voida liioitella. Korjuun suunnittelusta lähtien tulisi miettiä, mitä eri vaiheissa hakkeen tuotantoa tulee tehdä, jotta lopputuote on kuivaa.

Energiapuun ensimmäisen kuivatus voidaan tehdä palstalla kourakasoissa. Siinä hyödynnetään maahan kaadetun puun lehtien tai neulasten haihduttavaa vaikutusta.

Kesäaikainen 2 - 4 viikon palstakuivatus kannattaa tehdä kohteilla, joissa maapohjan kantavuus on riittävä. Palstakuivatus kourakasoissa toimii hyvin myös karsituissa puissa, joiden kuori on rikki.

Oikein tehtynä kourakasat ovat irti maasta. Alimmaisten kourakasojen alla hyödynnetään puiden kantoja ilma-



Liian kapeasta ajourasta seuraa vaurioita jätetyille puille. (Sivun kuvat: Kalle Kärhä, Metsäteho Oy)



Ajouria suunniteltaessa tulisi pyrkiä suoriin linjoihin. Ylimääräiset kaarrokset hankaloittavat työtä.



Ajouralle jätetty korkea kanto kallistaa kärryä aiheuttaen turhia painaumia ja vaurioita viereisille puille.

## Tietolaatikko 6

### Palstankuivatuksessa huomioitavaa

- Kokoa puut kourakasoihin korjuu-urien viereen.
- Ensimmäiset kourakasat tulee asettaa kantojen päälle ja letittää lomittain edellisen kasan päälle.
- Palstan tulee olla kesäkorjuukelpoinen.
- Kourakasoja ei tule unohtaa palstalle. Heinittyneiden kourakasojen korjuu tuo epäpuhtauksia varastoon.

vuuden varmistamiseksi. Sen jälkeen kourakasat pinotaan lettimäiseen muotoon ristikkäin toistensa päälle ajouran sivuille. Pinoaminen kourakasoihin tehdään varastopaikalta poispäin. Kun puita kootaan ajokärryyn päällimmäisiä kasoja keräämällä, voidaan keruu toteuttaa perältä kohti varastoa.

Palstakuivatus on tehokas kuivatustapa oikein toteutettuna. Kesällä hakattu ja palstalla kuivattu puu voi saavuttaa riittävän kuivuuden normaalina kesänä, jolloin se voidaan hakettaa välittömästi pinoon ajon jälkeen. Tällöin rahan kiertä nopeutuu. Palstakuivatuksen merkitys on erityisen suuri silloin, kun puille varattu varastopaikka on huono.

### 2.3 Lähikuljetus

Energiapuuvarasto altistuu monenlaisille epäpuhtauksille, jotka hidastavat haketusta ja alentavat valmiin hakkeen laatua. Hakettajan työ hidastuu välittömästi, jos kouranippuja joudutaan pudottelemaan ja ravistelemaan epäpuhtauksien irrottamiseksi. Epäpuhtaudet hidastavat työtä myös välillisesti, jos hakkurin tylsyneitä tai katkenneita teriä joudutaan huoltamaan enemmän epäpuhtauksien takia. Maa-aines aiheuttaa myös kattilassa useita ongelmia.

Energiapuuvarasto altistuu monenlaisille epäpuhtauksille, jotka hidastavat haketusta ja alentavat valmiin hakkeen laatua. Välitöntä työn hidastumista seuraa siitä, kun kouranippuja joudutaan pudottelemaan ja ravistelemaan epäpuhtauksien irrottamiseksi. Epäpuhtaudet hidastavat työtä välillisesti, jos hakuria joudutaan huoltamaan enemmän epäpuhtauksien takia.

Maa-ainesta kulkeutuu varastoon esimerkiksi kasattaessa palstalle useaksi vuodeksi kourakasoihin unohtunutta tai maahan muuten jäätynyttä energiapuuta. Tienvarsivarasto altistuu puolestaan aurauksessa tai linkouksessa lentävälle lumelle, jonka mukana kasaan joutuu hiekkaa ja muuta tiellä olevaa roskaa.

Energiapuun metsäkuljetuksessa ajokoneen kuormatilan tilavuutta voidaan kasvattaa lisäpankoilla. Pankko tulee aina kiinnittää pulteilla. Kiinnittämättömät pankot irtoavat herkästi ja joutuvat varastokasaan, josta ne voivat ajautua hakkuriin huomaamattomuutensa takia. Mikäli varaston tekijä tietää, että varastoon on joutunut kasatessa epäpuhtauksia, tulee siitä kertoa hakettajalle.

Metsänomistaja ei välttämättä osaa ottaa huomioon kaikkia energiapuun varastontekoon liittyviä asioita tilatessaan urakoitsijan siirtämään puut palstalta varastoon. Kun konekuljettaja ymmärtää olevansa avainasemassa laadukkaana hakkeen tuottamisessa ja tuntee ammattilypeyttä tekemästään työstä, hän huolehtii siitä, että metsänomistajalle saadaan aikaan hyvä varasto.

# 3 varastointi

## 3.1 Varastopaikan valinta

Varastoinnin merkitystä hakkeen kuivumiseen ei voida liioitella, siksi varastopaikan valintaan ja varastokasan tekoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tutkimusten mukaan tärkein energiapuun kuivumiseen vaikuttava tekijä on varastopaikka aluspuineen. Peittämisellä on toiseksi tärkein merkitys. Välipuiden avulla on voitu lisätä kuivumista hieman, mutta sen merkitys kuivumiselle on mainituista tekijöistä vähäisin.

Hyvä varastopaikka on kuivapohjainen, aukea, tuulinen, muuta ympäristöä korkeampi, eteläaurinkoon päin oleva paikka. Varastoa ei saa tehdä sähkölinjan alle.

Varastopaikka tulee aina ennakkoraivata pienpuustosta. Mikäli ennakkoraivusta ei tehdä, on vaarana, että hakkurin

### Tietolaatikko 7

#### Varastopaikan suunnittelussa huomioitavaa

- Varastopaikan alustan tulee olla kuiva, ympäristöään korkeammalla ja puhdas.
- Varastopaikan tulee sijaita aukealla tuulisella paikalla ja kaksi autoa tulisi mahtua varastolle rinnakkain.
- Varastoa ei tule perustaa louhikon eikä ojan päälle.
- Hakkurin kourakuormaajan tulee ylettyä helposti varastopinoon.
- Varastolla työskennellään mieluiten nokka lähtösuuntaan päin, joten huomioi hakkurin syöttösuunta ja varastopaikan sijoittelussa.
- Tilantarve 4-5- metriä korkealle ja 4 metriä leveälle varastolle on pituus suunnassa:
  - kokopuukorjuussa n. 12 metriä harvennettua hehtaaria kohti
  - rankapuukorjuussa n. 10 metriä harvennettua hehtaaria kohti



Varaston jatkokäsittelyssä käytettävä kalusto asettaa vaatimuksia varaston sijoittelulle. (Kuva: Tanja Lepistö)



Ilma pääsee kiertämään tehokkaasti, kun varasto on reilusti irti maasta. Aluspuuristikossa voi hyödyntää varastopaikalla olevat vanhat korkeat kannot. Tämän kasan alta mahtuu kissa kulkemaan häntä pystyssä. (Kuva: Tanja Lepistö)

Kerran hyvin koottua aluspuuristikkoa voi käyttää useiden varastojen alla, ja se vaatii vain hieman ehostamista ennen uuden varaston pinoamista. (kuva: Tanja Lepistö)



kouraan tarttuu varastopaikalla puita juurineen.

Kun varastoa käsittelevän kaluston tilantarve on huomioitu, on varastolla työskentely vaivatonta. Kalustolla tulee olla varaston läheisyydessä tilava kääntöpaikka. Ison varaston käsittelyssä tulee varautua täysperävaunun tilantarpeeseen. Jos puu haketetaan varastopaikalla, tulisi hakkurin ja hakeauton mahtua rinnakkain kasalle.

Energiapuun korjuuseen liittyvä tienvarsihaketus on uusi työlaji verrattuna ainespuun korjuuseen. Jotta energiapuun korjuu säilyttää yleisen hyväksynnän, tulee varastopaikka ja haketuspaikka siistiä risuista ja roskista työskentelyn jälkeen.

### 3.2 Hyvän varaston rakenne

#### Aluspuut

Hyvässä varastossa on kantava alusta ja reilut aluspuut. Kasan tulee olla selvästi irti maasta. Ilmavan perustan varastolle saa, kun kasaa järeästä kuitu- ja tukkipuusta monikerroksisen ristikon. Maan kantavuus vaikuttaa siihen kuinka monta kerrosta aluspuuta tarvitaan.

Tukeva ristikko syntyy, kun varastoitavien puiden suuntaisia aluspuuta ladataan 3 - 5 metrin välein ja poikittais-suuntaisia puita vähintään kolme riviä. Tiheällä ristikoinnilla vältetään aluspuiden katkeamiselta ja varaston romahtamiselta.

Jos järeää puutavaraa ei ole käytettävissä, voidaan energiapuuta käyttää aluspuina. Tällöin kouranipuista muodostetaan aluspuiksi kaksi poikittaista riviä. Kouranipuista tehdyt aluspuut eivät



Myyntiin kelpaamaton järeä puutavara, kuten haapa ja leppä, kannattaa hyödyntää aluspuita tehdessä. (Kuva: Tanja Lepistö)

kuitenkaan vastaa lähellekään kunnollisen ristikon kuivattavaa vaikutusta, sillä ohut energiapuunippu ei jaksakaan kantella varaston painoa vuotta irti maasta.

Käytännössä näkee paljon ojien päälle tehtyjä varastokasoja. Tämä ei ole suositeltavaa. Ojien heikkous on alapuolisen tuen puuttuminen, jonka seurauksena alimmat puut voivat taipuessaan kat-

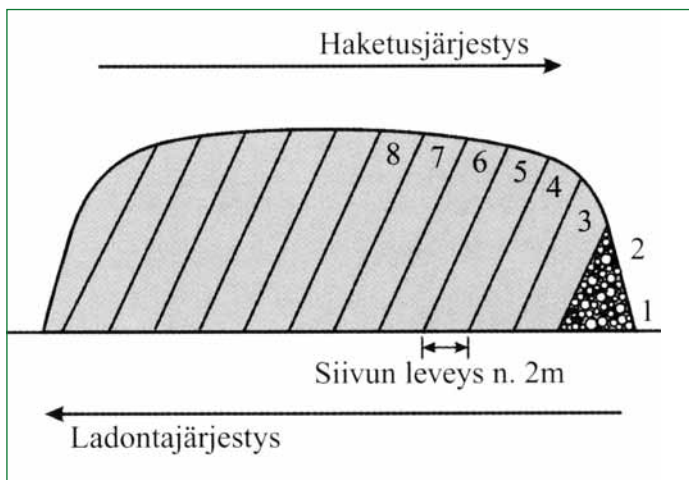
keta ja koko varaston ryhti murtua. Ojat myös tukkeutuvat varastolle jäävästä hukkapuusta.

### Varastokasa

Hyvä varastokasa on korkea, ilmava ja se säilyttää kuivumista edistävän muodon koko varastoinnin ajan. Korkeassa varastossa sateelle altistuvien pintapuiden osuus koko varaston tilavuudesta on pienempi, ja näin korkeasta varastosta tehtävän hake-erän keskimääräinen kosteus on alhaisempi.

Välipuilla voidaan lisätä varaston ilmastuutta sekä parantaa varaston muotoa. Välipuiden olisi hyvä olla normaalimitaista energiapuuta lyhyempiä, noin kolmen metrin mittaisia ja mieluiten karsittua rankaa. Pitkät välipuut vaikeuttavat haketusta, koska varastoa puretaan haketuksessa lyhyinä lohkoina kasan pinnasta maahan asti.

Hakettajien kokemus välipuista vaihtelee. Välipuut voidaan kokea haketusta hidastavaksi. Jos varasto on tarkoitettu hakettamiseen varastopaikalla, kannattaa välipuiden käytöstä keskustella urakoitsijan kanssa.



Varasto kootaan siivutain muutaman metrin levyisissä lohkoissa aluspuiden päältä täyteen korkeuteen.

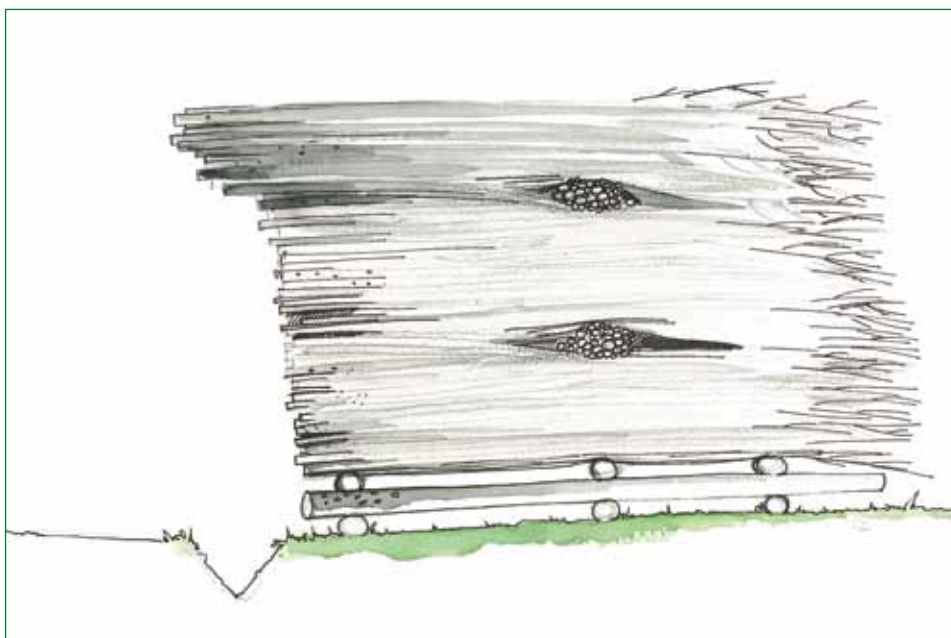


Välipuut lisäävät varaston ilmavuutta ja edistävät kuivumista. Laittamalla latvapäähän paksumpi kerros välipuita saadaan korjattua varaston profiilia. (Kuva: Tanja Lepistö)

Varasto painuu kuivuessaan ja altistuu romahtamiselle. Ryhdikkään varaston kasaaminen vaatii taitoa. Varastoa tulee kasata koko matkalta hieman etunojaan. Hyvin kasattu varasto on vielä kuivumisenkin jälkeen ryhdikäs. Varaston päällimmäinen kerros energiapuu- ta muodostaa lipan. Suojaava lippa on 0,5 - 1 metriä muuta varastoa ulompana ja vähintään puoli metriä paksu. Lipat- tomassa varastossa kaikkien rankojen päät altistuvat sateelle ja vesi valuu run- koja myöten kasan sisään.

Varastoitavan puun pituus tulisi olla maksimissaan 6 metriä. Muuta varastoa huomattavasti pidempien puiden latvat nojaavat herkästi maahan, jotka jäätyes- sään maahan kiinni nostavat erityisesti talvihaketuksen yhteydessä epäpuh- tauksia hakkurin teriin. Lähikuljetuksen yhteydessä tulisi siksi kasata pidemmät puut erilliseen kasaan ja tehdä niistä va- rastoinnin lopuksi kasaan lippa.

Muita varaston puita pidemmät puut kannatta sijoittaa lippaan. Välipuun oikea sijoittelu on puun pituuden puolivälin takana. (Piirros: Veijo Kangasmäki)



## Peittäminen

Varaston peittäminen estää veden pääsyä kasan sisään. Talvella suojasään ja pakkasen vuorotellessa peittämätön kasa voi jäätyä niin, että haketus ei onnistu. Peitemateriaalin valinnassa on tärkeää, että materiaali on vettä läpäisemätön ja peite pysyy ehjänä sekä paikallaan tarvittavan ajan.

Kesän kuivaava vaikutus voidaan hyödyntää tehokkaammin siten, että kasa peitetään vasta elokuussa. Mutta jos on riski, että erikseen hoidettava peittäminen jää tekemättä, on kuivumisen kannalta parempi peittää varasto välittömästi kasauksen yhteydessä. Ylimääräinen peittämisskerta tuo lisäkustannuksia, joka tulee huomioida arvioitaessa itselle sopivaa toimintatapaa.

Hyvä vaihtoehto on puutavaran peittämiseen suunniteltu peitepaperi, jonka asettelu isosta rullasta käy parhaiten kourakuormaimen avulla. Peitepaperin etuna on, että se voidaan haketta hakkeen joukkoon ja varastopaikka jää siistiksi. Vuonna 2010 peitepaperin hinta oli 0,5 €/m<sup>2</sup> (0 % alv). Rullan koko on 300 m \* 4 m (1200 m<sup>2</sup>).

Muovista materiaalia, kuten pressua, ei suositella käytettäväksi. Muovi rikkoutuu herkästi pakkasessa, jolloin sitä voi kulkeutua hakkeen mukana lämpölaitokselle. Peitteen kappaleita voi myös jäädä sotkemaan varastoalueen ympäristöä. Jos muovipressua kuitenkin käytetään, voidaan peitteen repeämistä ehkäistä välttämällä pakkasaikaista käsittelyä. Siistit, karsitusta rangasta kootut varastokasat sopivat myös kokopuukasoja paremmin pressuilla peitettäväksi.

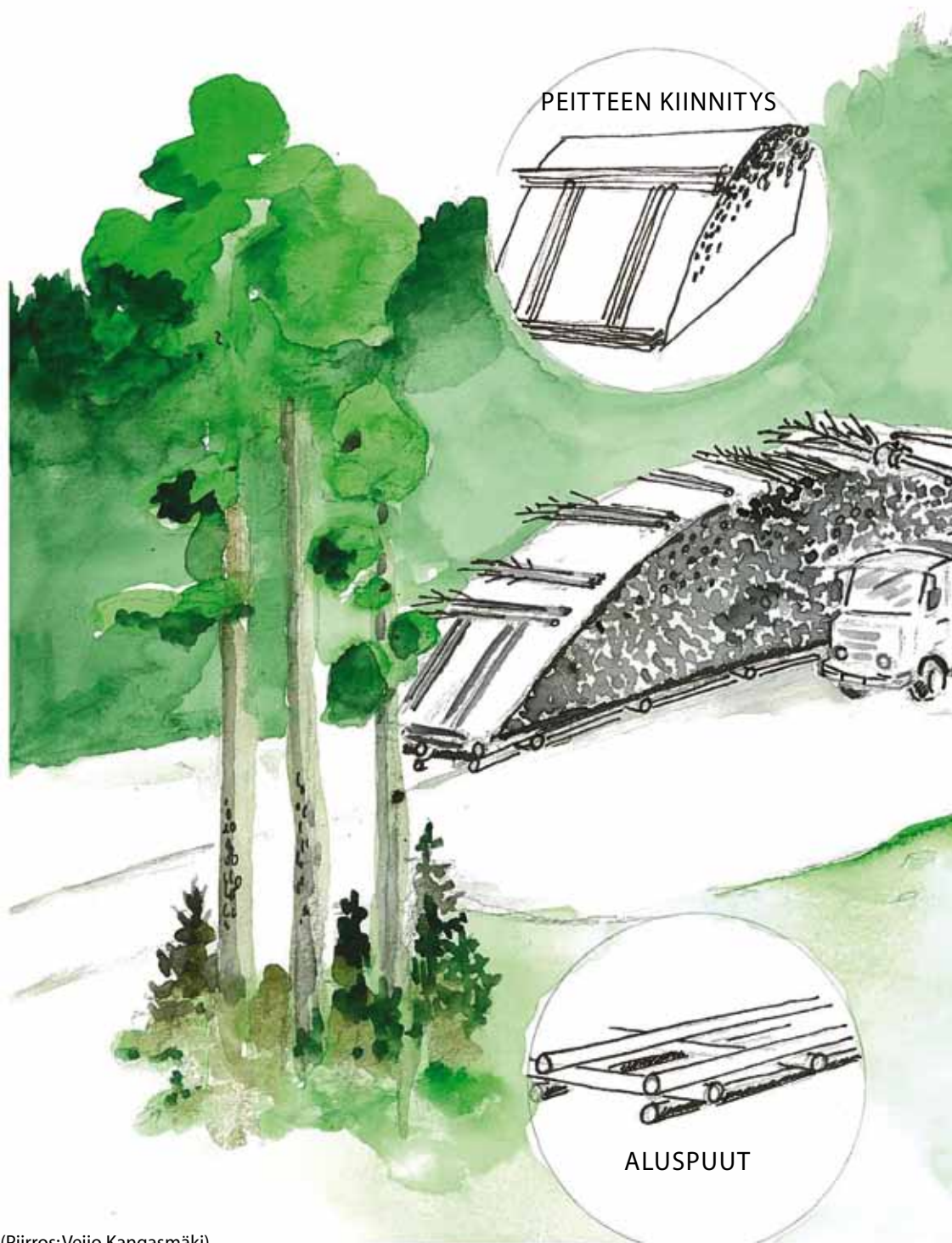


Peitepaperin saa levitettyä hyvin kasan päälle, kun se on kiinnitetty peiterautaan, josta kourakuormaimella saa hyvän otteen.  
(Kuva: Veli-Pekka Kauppinen)



Peitteen tulisi olla niin leveää, että se ulottuu peittämään latvukset. Kun peite taittuu myös etureunan yli, ohjautuu kaikki sadevesi pois kasasta. (Kuva: Tanja Lepistö)

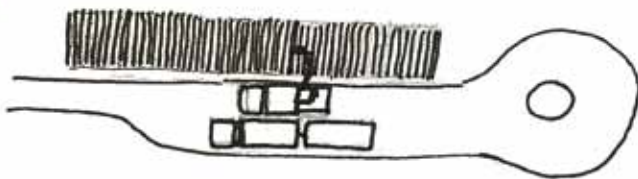
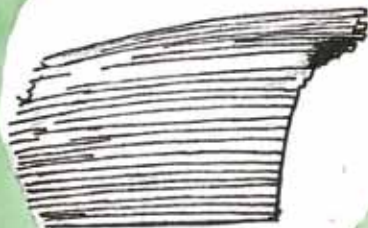
**Laatuhakkeen tuottamisen kannalta  
tärkeät varaston ominaisuudet.**



(Piirros: Veijo Kangasmäki)



LIPPA



TILAVA VARASTOAIKKA

ETELÄ



Peite tulee kiinnittää varastoon huolellisesti energiapuunpuilla, jotta se pysyy paikallaan koko varastoinnin ajan. Kasan peitteen kiinnittäviiin päällyspuihin kuuluu helposti metsäkärnyllinen energiapuuta. (Kuva: Tanja Lepistö)

Varaston puolittainen peittäminen alentaa aina varaston laatua täyspeittoon verrattuna. Jos peite kattaa latvaosan, mutta jättää varaston etuosan paljaaksi, kastuu suurin osa varaston puumassasta. Jos taas peite jättää paljaaksi puiden latvaosan, ne jäätyvät märkinä toisiinsa. Tällöin varaston hakettaminen talvella hidastuu huomattavasti eikä pahimmassa tilanteessa edes onnistu. Kun varaston muoto on päältä tasainen ja peite kattaa varaston koko pinnan, sade ohjautuu kasasta pois. Peitepaperia tulisi laittaa kaksi riviä, kun peitetään 6 - 7 metristen puiden pinnoa.

Aina ei ole mahdollista saavuttaa täydellistä varastoa. Lähikuljetuskustannusten takia voidaan joutua tyytymään

varastopaikkaan, jonka valinnassa on tehty kompromisseja. Jos jostakin hyvän varaston ominaisuudesta joudutaan luopumaan, ensimmäisenä niistä on varaston sijainnin ilmansuunta. Paikan tuulisuudesta, varastopaikan kuivuudesta, hyvistä aluspuista eikä peitteestä tule koskaan tinkiä.

Palstakuivatuksen puuttuessa tulee oikeaoppiseen varaston kasaamiseen kiinnittää erityistä huomiota. Palstakuivatusta ei voida hyödyntää, jos kohde ei ole kesäkorjuukelpoinen tai jos korjuu suoritetaan korjurilla, jolloin varasto tehdään tuoreesta puusta hakkuun yhteydessä.

### 3.3 Varastointiajat

Kesän kuivattava vaikutus on huomattava, jos ei ole poikkeuksellisen sateinen sää. Varastoidun puun tulisi antaa kuivua vähintään yhden kesän yli. Jos varastokasa on ilmava ja tuulisella paikalla, voi kosteus tuoreena varastoidussa puussa alentua kesän aikana jopa alle 40 prosenttiin. Tällöin kesän alkuun mennessä korjattu ja varastoitu puu voidaan hakettaa jo seuraavana talvena. Jo kuivunut, varastoitu pienpuu ei kastu talven aikana hakkuutähteen tavoin.

Kokopuiden ja joukkokäsittelyiden puiden on todettu kuivuvan yhtä tehokkaasti. Kokopuun tuore lehti- tai havumassa edistää kuivumista ja kuoren rikkoutuminen karsinnassa edistää puolestaan veden haihtumista rungosta.

# 4 Haketus

## 4.1 Erilaiset hakkurit

### Laikkahakkuri

Tavallisimmat tällä hetkellä käytössä olevat hakkurityyppit ovat laikkahakkuri, rumpuhakkuri ja kartioruuvihakkuri. Pienen kokoluokan hakkureista laikkahakkuri on yleisin.

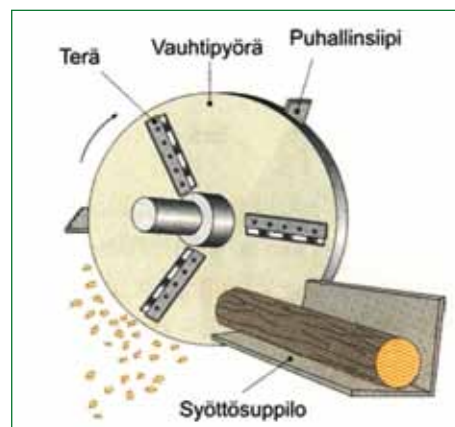
Laikkahakkuri tekee tasalaatuista haketta, mutta se tarvitsee myös tasa-

laatuisen raaka-aineen. Sopivia raaka-aineita ovat karsittu ranka, kokopuu tai sahapinnat. Palakokoa voi muuttaa säätämällä terien etäisyyttä vastateristä.

Laikkahakkurin terärakenne vaurioituu herkemmin kuin rumpuhakkurin terä. Tästä syystä se ei sovellu latvusmassan haketukseen ja on erityisen herkkä varaston epäpuhtauksille.



Laikkahakkuri, hakkurin toimintaperiaate ja haketta (Kuvat: Tanja Lepistö. Piirroksen lähde Knuutila, 2003)

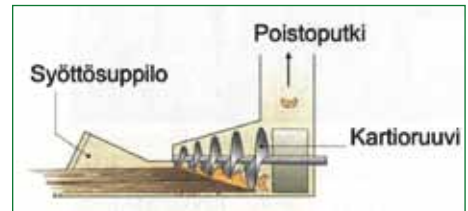


## Kartioruuvihakkuri

Kartioruuvihakkuri on perustekniikaltaan yksikertainen. Se soveltuu kuitenkin hyvin vain karsitun rangan ja sahauspintojen hakettamiseen, eikä näin ollen käy yleishakkuriksi.



Kartioruuvihakkuri, hakkurin toimintaperiaate ja haketta. (Kuvat: hakkurikuva: Laitilan Metalli Laine Oy, hake: Tanja Lepistö. Piirroksen lähde Knuuttila, 2003)



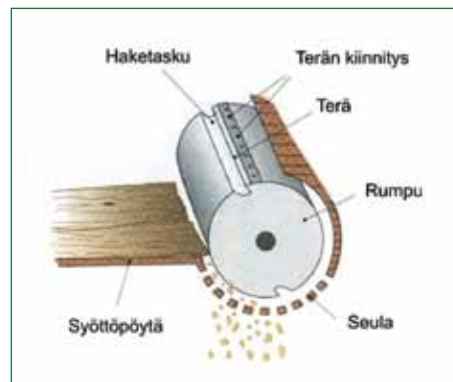
## Rumpuhakkuri

Rumpuhakkuri on laikkahakkuria kaik-  
kiruokaisempi. Laikkahakkurin raaka-  
ainevalikoiman lisäksi rumpuhakkurit  
soveltuvat latvusmassan, suurtehorum-  
puhakkurit jopa risutukkien haketuks-  
seen.

Rumpuhakkureissa voidaan käyttää eri-  
kokoisia seuloja, joiden avulla säädel-  
lään hakkeen kokoa. Rumpuhakkurin  
heikkoutena ovat pitkät tikkumaiset  
hakepalat, joista voi aiheutua ongelmia  
lämpölaitoksella hakkeen kuljettimilla.  
Tiheän seulan käyttö parantaa hakkeen  
laadun tasaisuutta.



Kuvissa rumpuhakkuri, hakkurin toimintaperiaate ja haketta (vasen seulottu 50 mm seulalla, oikea seulomaton). (Kuva: Urpo Hassinen, kuva hakkeesta: Tanja Lepistö. Piirroksen lähde Knuuttila, 2003)





Murskain ja kantomurskaa. (Kuvat: Tanja Lepistö)

## Murskaimet

Murskaimien puuraaka-ainevalikoima on tässä esitellyistä laitteista laajin ja lisäksi murskaimet kestävät parhaiten epäpuhtauksia.

Murskaimet ovat ison kokoluokan laitteita, jotka soveltuvat suurien määrien ja laadultaan vaihtelevien puuerien käsittelyyn. Tyypiltään ne voivat olla joko kiinteitä murskaimia tai mobiilimurskaimia. Murskaimen heikkoutena on



Kooste hakkureista ja murskaimista (suluissa määrät irtokuutiaina)				
	Kartioruuvihakkuri	Laikkahakkuri	Rumpuhakkuri	Murskain
<b>Hakettettava raaka-aine</b>	Sahauspinnat, karsittu ranka 1)	1) ja lisäksi kokopuu 2)	2) ja lisäksi latvusmassa, isoissa hakkureissa risutukit	Kaikki käytettävissä oleva puuaines
<b>Tuntituotos m<sup>3</sup> (i-m<sup>3</sup>)</b>	30 - 50 (75 - 125)	pienet: 2 - 8 (5 - 20) suurteho hakkurit: 40 - 80 (100 - 200)	> 60 m <sup>3</sup> (> 150)	Mobiilimurskaimet: 100 (250) Kiinteät murskaimet: 200 (500)
<b>Ominaista</b>	Toimintavarmuus	Tasalaatuinen tulos	Laaja puuraaka-ainevalikoima, hake käy seuloja vaihtamalla eri kokosiin laitteisiin.	Laaja raaka-ainevalikoima. Laatu ja tuottavuus hyvät suurten laitteiden tarpeisiin

Lähde: Kuitto, 2005

hakkeen laadun epätasaisuus. Epätasaisuus ei kuitenkaan ole ongelma, jos haketta tuotetaan suurille laiteksille.

#### **4.2 Haketuksen vaikutus hakkeen laatuun**

Tylsillä terillä haketus on hidasta ja hakkeen laatu huonoa. Tylsät ja katkenneet terät ovat seurausta joko varaston epäpuhtauksista tai siitä, että hakkurin terien huollosta ei ole huolehdittu.

Hyvälaatuista varastokasaa hakettaessa pystyy huolletulla hakkurilla hakettamaan päivän työn ilman terien huoltotaukoa. Puun aiheuttama vähäinen tylsyminen on tarvittaessa hoidettavissa hakekärryn tyhjentämisen tuoman tauon aikana.

Erityisesti pienkohteille myytävässä hakkeessa on tasaisella laadulla iso merkitys. Monet arvostavat lämmityksessä vaivattomuutta. Tylsillä terillä hakettu hake sisältää paljon pitkiä tikkuja, jotka voivat aiheuttaa käyttöpaikalla kuljettimen tukkeutumista ja sitä kautta polttoaineen syöttöhäiriöitä.

Hakettajan työn jälki näkyy haketuspaikalla haketuksen jälkeen. Peitemateriaali ja hakkuriin kelpaamaton puuaines eivät saa jäädä epäsiististi sotkemaan maisemaa. Laatua on myös se, että hake suunnataan tehokkaasti kuormaamaan välttäen ohiohjausta. Maahan ohjautunut hake pienentää hakkeesta maksettavaa korvausta ja alentaa työn kannattavuutta metsänomistajalle sekä hakettajalle itselleen.

Rumpuhakkurin terien kenttäteroitus. (Kuva: Tanja Lepistö)



# 5 Hakkeen keinokuivaus

Tällä hetkellä suurin osa Suomessa lämmitykseen käytetystä hakkeesta on kuivunut luonnonolosuhteissa palstalla ja varastokasassa. Kosteus luonnonkuivaamassa hakkeessa on tavallisesti 30 - 50 prosenttia, mutta jos kuivatus on erityisen onnistunut, voi hakkeen kosteus olla peräti 25 prosenttia. Keinokuivauksella voidaan saavuttaa 15 prosentin kosteus. Keinokuivausta voidaan käyttää tuorehakkeen kuivaamiseen tai parantaa varastokuivauksessa saatua tulosta. Keinokuivaus kuluttaa huomattavia määriä energiaa ja lisää hakkeen tuotantokustannuksia.

Kaikissa kuivurimalleissa kuivaus tapahtuu puhallettavalla ilmalla, joka ohjataan lattiassa olevien ilma-aukkojen kautta hakkeeseen. Puhallusilma voi

Kuivausilma ohjautuu takaseinälle rakennetun lokeron kautta korokepohjan alle, josta se kulkeutuu hakkeen läpi. (Kuva: Anders Wikberg)



Ilmakanavat lattiavalussa. Sivukanavien leikkauspintojen pinta-ala tulee olla samankokoinen pääkanavan poikkileikkauksen pinta-alan kanssa, jotta ilma jakautuu tasaisesti koko pinta-alalle. (Kuva: Esa Koskiniemi)

Reikälevykuivurin ilmakanavat muodostuvat levyn alle asennettujen kantavien lankkujen väleihin. (Kuva: Anders Wikberg)





kulkea joko puurakenteen päälle asennetun reikälevyn tai lattiaan valettujen ilmakanavien kautta.

Puhallettava ilma voi olla joko kylmää tai lämmitettyä, mutta yleisesti hakkeen keinokuivaaminen tapahtuu Suomessa kylmäilmakuivauksella. Poikkeuksen tässä käsitelystä keinokuivaamisesta tekevät suuren kokoluokan kaukolämpölaitokset, joissa hyödynnetään jonkin verran hukkalämpöä hakkeen kuivamisessa.

Kaikissa kuivaajamalleissa tulee arvioida kuivaukseen tarvittava ilma tunnettua haketilavuutta kohden sekä riittävä ilman virtausnopeus. Kuivurit voivat olla malliltaan kiinteitä tai liikuteltavia. Liikuteltava kuivuri soveltuu hyvin usean hakkeen pienkäyttäjän yhteiseksi investoinniksi, ja se voidaan rakentaa esimerkiksi viljavaunuun.

Jos kylmäilmakuivurilla kuivataan 35 %:n kosteudessa oleva hake 20 %:n kosteuteen, haihtuu 300 irtokuutiosta haketta noin 11 000 litraa vettä (11 000 kg). Loppukesällä ympäröivän ilman ollessa lämmintä ja suhteellisen kuivaa yhden vesigramman haihduttamiseen kuluu ilmaa yksi kuutio. Tällöin kuivausaika on noin kaksi viikkoa. Sähköä yhden hakeirtokuution kuivaamiseen kuluu tuolloin 6 - 10 kWh.

## Tietolaatikko 8

### Muistilista kuivaajarakennuksen rakentamiseen

- Mitoita kuivaaja vastaamaan noin vuoden haketarvetta.
- Hakepatsas voi olla kahdesta kolmeen metriä korkea.
- Ilman virtausnopeus tulisi olla enintään 5 m/s.
- Puhallustarve: 300 - 500 m<sup>3</sup> ilmaa/ tunti/ i-m<sup>3</sup>.

### Kuivaajarakennus

- Traktorilla sisään ajettavan kuivaajan mitat:
  - Sisäkorkeuden tulee olla vähintään 5 m kippauksen varalle.
  - Ovileveyden tulee olla vähintään 4,5 m.
- Oven edessä on hyvä olla valettu tai muunlainen laatta, jolta karisseen hakkeen saa siivottua siististi varastoon.
- Ilmakanaalien suunnan tulee olla sama traktorin kulun kanssa.
- Huomioi traktorin paino lattiarakenteen suunnittelussa.

Kuivatuksessa hakkeesta poistuva kosteus tiivistyy hallin yläosaan. Asianmukaisesti johdettu poistoilma estää kosteuden tiivistymisen rakenteisiin. Poistoilmaa varten voidaan asentaa poistoilmapuhallin, tai rakentaa harjan alle rakennuksen molempiin päihin poistoluukut.

### Esimerkki kahdesta kylmäilmakuivurista

Kuivurityyppi	tuuletinteho	pohjapinta-ala	hakevetoisuus
Viljavaunu	3 kW	12,5 m <sup>2</sup>	12 i-m <sup>3</sup>
Kiinteä kuivuri	11 kW	100 m <sup>2</sup>	300 i-m <sup>3</sup>

# 6 Energiapuukauppa

## 6.1 Energiapuun mittaus

Vuonna 2008 ilmestyi Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ja Metsäntutkimuslaitoksen laatima Energiapuun mittausopas, joka on yleisesti käytössä eri toimijoilla. Oppaassa käydään huolellisesti läpi kaikki mittaukseen liittyvät asiat, mittaustapoja ja riitatilanteita myöten. Opas on ladattavissa ilmaiseksi internetistä osoitteessa <http://www.metla.fi/metinfo/tietopakettit/mittaus/aineistoja/energiapuun-mittausopas-2008.pdf>. Tässä energiapuun mittausta käsitellään pintapuolisesti.

Energiapuun määrän mittausmenetelmäksi tulee valita kulloinkin tarkoitukseenmukaisin vaihtoehto. Mittauksen dokumentoinnissa tulee ilmetä ainakin seuraavat asiat: mittaustoimituksen osapuolet, mittauspaikka, mittaustulos, mittaussuureet ja mittausmenetelmä.

Käytännössä energiapuun mittaus voi tapahtua kuormainvaakapunnitusella ja pinon kehysmittauksella, josta johdetaan pinon puumäärä kuutioina. Varaston lämpöarvoa voidaan arvioida etukäteen puumäärän, puulajin ja korjuuajankohdan tietojen perusteella. Tarkka lämpöarvo voidaan kuitenkin saada selville vain määrittämällä kosteus hakenäytteistä. Eri puulajeille ja puun eri osille on tiedossa keskimääräiset lämpöarvot eri kosteuksissa.

Energiapuukaupassa käytetään maksun perusteena useita eri yksiköitä, jotka menevät helposti sekaisin. Tällä hetkellä käytössä ovat ainakin €/tonni, €/m<sup>3</sup>, €/i-m<sup>3</sup> ja €/MWh. Muuntokertoimia yksiköiden välille ja kaupankäynnin avuksi esitellään oppaan lopussa liitteessä kolme.

Hakekuorman purku lämpölaitokselle. (Kuva: Jussi Laurila)



Energiapuun kauppatavat		
Kauppatapa	Maksuperuste	Mitattavat asiat
<b>Pystykauppa</b>	€/ha €/m <sup>3</sup> €/tonni €/ i-m <sup>3</sup>	pinta-ala (ha) pinomitta (m <sup>3</sup> ), kuormaimen taakka (kg) kuorman massa (tonni) kuormakuutio (i-m <sup>3</sup> )
<b>Tienvarsikauppa</b>	€/m <sup>3</sup> €/ i-m <sup>3</sup> €/ MWh	pinomitta (m <sup>3</sup> ), kuormaimen taakka (kg) kuormakuutio (i-m <sup>3</sup> ) lämpöarvon määrittäminen (MWh)
<b>Laitostoimitus</b>	€/ i-m <sup>3</sup> €/tonni €/ MWh €/m <sup>3</sup>	kuormakuutio (i-m <sup>3</sup> ) kuorman massa (tonni) lämpöarvon määrittäminen (MWh) pinomitta (m <sup>3</sup> ), kuormaimen taakka (kg)

## 6.2 Kustannusten muodostuminen

Hakkeen tuotannon kustannuksiin vaikuttavat hakkuu, metsäkuljetus, hakeutus ja hakkeen kaukokuljetus. Energiapuun korjuun kallein kustannuserä on energiapuun hakkuu. Hakkuun kustannuksiin vaikuttavat erityisesti poistettavan puuston keskijäreys ja korjattavan energiapuun määrä. Erityisesti hoitamattomien metsien hakkuukustannukset ovat korkeat, koska poistettavan puuston keksijäreys on pieni. Myös korjuuolosuhteet hoitamattomassa metsässä ovat vaikeat ja hidastavat työskentelyä.

Toiseksi suurimman kustannuserän muodostaa metsäkuljetus. Kokopuuna korjatun energiapuun metsäkuljetuskustannukset kiintokuutiota kohti ovat suuremmat kuin rankana korjatun energiapuun, koska rankana korjattu energiapuu mahtuu tiiviimmin kärryyn. Metsäkuljetuskustannuksia voidaan vähentää kasvattamalla kärryn tilavuutta esimerkiksi pidemmällä pankoilla. Metsäkuljetus on hieman kalliimpi miestyönä korjatussa leimikossa kuin koneellisesti korjatussa, koska miestyössä kourakasat jäävät pienemmiksi ja ne ovat kauempana ajourasta.

Kaukokuljetuksen kustannuksiin vaikuttavat yleiset kuljetuksen reunaehdot kuten matka ja kuljetettavan tavarán määrä. Polttoaineen hinta vaikuttaa kustannuksiin kaikissa korjuun ja kuljetuksen vaiheissa.

Haketuksen kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä on kerrottu toisaalla tässä opissa. Jos varasto on kaikin puolin huono, voi haketukseen kulua aikaa kolminkertainen määrä hyvää kasaan verrattuna.

Koska kustannukset vaihtelevat alueellisesti ja kustannuksiin vaikuttava polttoaineen hinta ei ole vakaa, emme esitä tässä tarkkoja lukuja. Liitteessä 1 esitetään muutamalla esimerkillä keskimääräisen energiapuuharvennuksen ja haketuksen kustannukset sekä myynnistä ja tuista saatavat tulot.

## 6.3 Kuivumisen vaikutus tuloihin

Energiapuerän rahallinen arvo nousee merkittävästi kuivuessaan. Tuoreen havupuun kosteus on n. 50 prosenttia. Huolellisella palsta- ja varastokuivauksella energiapuu voidaan kuivattaa jopa 30 prosentin kosteuteen. Esimerkiksi sadan irtokuution (100 i-m<sup>3</sup> = n. 40 m<sup>3</sup>) hake-erän arvo nousee tällöin viime vuosien keskiarvoinnoilla laskeutena reilusti yli sata euroa.

# 7 Työturvallisuus

## 7.1 Vahingot ja varautuminen

### Turvallisuusasiat

Työntekijä voi altistua tapaturmalle kaikissa hakkeen tuottamisen vaiheissa. Laitteiden huolto ja työn toteutuksen suunnittelu ovat avainasemassa tapaturmien ennaltaehkäisyssä. Raportoituja lääkärihoitoa vaatineita työtapaturmia on tapahtunut erityisesti energiapuun hakkuussa mutta myös haketuksessa sekä työkoneiden ja lämpölaitosten korjaus- ja huoltotöissä. Tapaturmille altistavat työntekijöiden väsymys, pitkät ajomatkat, laiteviat, tärisyvät työtilat ja puutteelliset sosiaali-tilat. Häkää ja heksanaalia voi muodostua hake- ja pellettivarastoissa, joissa on viime vuosina sattunut kuolemantapauksia myös Suomessa. Haketta käsittelevät ammattilaiset voivat alistua myös homepölylle, jolla on yhteys keuhkosairauksiin.

### Vastuasiat

Työmaan haltija vastaa, että aliurakoitsijat ja näiden työntekijät saavat tiedot työmaiden vaara- ja haittatekijöistä sekä ensiavusta. Aliurakoitsijat vastaavat omista työntekijöistään. Työntekijöiden ammattitaito tulee varmistaa palkattaessa uutta henkilöstöä tai aloittaessa uutta työmenetelmää. Työmaan ulkopuolista liikennettä ja henkilöitä tulee tarvittaessa varoittaa.

### Ensiapu ja avunsaanti

Työmaalla on oltava riittävä määrä ensiaputaitoisia henkilöitä ja soveltuva

ensiapuvarustus. Avunsaanti hätätapausten varalle (esim. matkapuhelimen kuuluvuus katvealueilla ja varastoissa) tulee varmistaa. Työturvallisuuden varmistamiseksi työntekijän tulee sopia yhteydenpidosta kotiin ja työnjohtoon.

## 7.2 Työsuojelu eri työvaiheissa

### Energiapuun korjuu

Energiapuun korjuussa tulee noudattaa samoja turvallisuusohjeita kuin ainespuunkorjuussa. Ennen hakkuutyön aloittamista on selvitettävä työmaakohtaisesti työturvallisuuteen vaikuttavat jyrkänteet, pehmeät paikat, vesistöjen ylitykset, sähkölinjat, kulkuväylät ja muut olennaiset vaaratekijät. Ennalta on tehtävä työsuunnitelmat ja kartat, joista työmaan vaara- ja haittatekijät selviävät.

Hakkuukonetyössä ja huoltotöissä on muistettava noudattaa kone- ja laitevalmistajien antamia konekohtaisia turvaohjeita. Vaarallisia korjaus- ja huoltotöitä ei saa tehdä yksin. Metsurit ja koneet eivät saa työskennellä palstalla liian lähellä. Myös turvaetäisyys koneisiin tulee muistaa. Näkyvä suojavaatetus (varoitustaatetus) on tarpeen työmaila liikkuessa. Energiapuuksi korjattavat myrskytuhometsät ja tuulenkaatotyömaiden korjuu on mahdollisuuksien mukaan tehtävä koneella.

Ajourat tulee tehdä riittävän leveiksi, jotta kuormatraktori pääsee joustavasti ja turvallisesti liikkumaan leveän



kuorman kanssa. Hakkuun yhteydessä on syytä ottaa huomioon upottavat tai mäkiset paikat. Lisäksi turvaetäisyydet sähkölinjoihin on muistettava. Ajouravälin on oltava riittävän lyhyt, jotta raskaiden puiden ja pölkkyjen manuaaliselta siirtelyltä vältytään.

Moottorisahahakkuissa on muistettava henkilökohtainen suojavarustus; turvakypärä, silmiensuojain, kuulosuojaimet, suojavaatetus ja turvasaappaat (Kuva: Teppa Reinikainen)

### Metsäkuljetus

Pehmeät paikat ja kivikot on kierrettävä metsäkuljetuksessa, ettei kuorma kaadu.

Kuorman tyhjennyksessä ja varastojen sijoittamisessa on otettava huomioon sähkölinjat. Lisäksi muita tiellä liikkujia on varoitettava korjuutyöstä.

### Varastot

Varastot on hyvä merkitä varoituskolmioin ja kieltää kiipeäminen. Varastot on sijoitettava siten, että niihin ulottuu hakkurin kouralla asianmukaisesti, mutta ne eivät ole liian lähellä tietä vaarantamassa liikenneturvallisuutta. Yleisen

Sähköjohtojen suojaetäisyyksiä			
Vähimmäisetäisyys metreinä			
Avojohto			Riippujohto
Nimellisjännite, kV	Alla	Sivulla	
Alle 1	2	2	0,5
1-45	2	3	1,5
110	3	5	
220	4	5	
440	5	5	

Vaadittu vähimmäisetäisyys sähkölinjasta nimellisjännitteen ja sähkölinjan tyypin mukaan

tien varrella oleva varastoalue on merkittävä varoitusmerkinnöin kuljetus- ja haketusvaiheen aikana.

### Haketus ja murskaus

Varoitusvaatetusta ja suojakypärää on käytettävä hakkuri- ja murskaintyömailla liikuttaessa. Hengityksensuojain saattaa olla tarpeen haketustyömaan pölyisissä työtehtävissä. Varoetäisyyksiä koneisiin on noudatettava. Murskainten turvaetäisyys on vähintään 65 metriä syöttösuuntaan nähden. Muuta liikennettä on varoitettava asianmukaisilla kylteillä ja merkeillä, mutta jos murskaintyömaata lähestyy ihmisiä ja ajoneuvoja, työ on keskeytettävä välittömästi vaaran välttämiseksi.

Terminaalihaketuksesta tai lähellä asutusta tapahtuvasta toiminnasta aiheutuu tilapäistä melua. Kunnan ym-



Varasto tulee merkitä asianmukaisin varoitusmerkein. (Kuva: Jussi Laurila)

päristönsuojeluviranomaiselta saa tarkempia ohjeita meluhaitta-asioissa. Haketuksen ja murskauksen jälkeen tulee varastopaikka jättää siistiksi.

Hakeurakoitsija altistuu pölylle. (Kuva: Tanja Lepistö)



# kiitokset

Kiitos arvokkaista kommenteista työn eri vaiheissa Esa Koskiniemi, Heikki Kykyri, Perttu Suonperä, Esko Koivukangas, Mauri Tuuna, Urpo Hassinen, V-P Kauppinen, Pekka Moilanen, Petri Ahokangas, Tuula Piri, Helena Sarvikas, Tapani Tasanen, Jussi Laurila sekä kaikki, jotka olette vieneet opasta eteenpäin yhteisissä keskusteluisamme.

Erytisen suuri kiitos teille Essi Ulander ja Tiina Sauvula-Seppälä sekä taittajamme Jorma Anttoora.

Lisäksi kiitos luvun 7 kommentoinnista Metsäliitto osuuskunnan apulaispäällikkö Heikki Sippolalle sekä STM:n Hannu Jokiluomalle ja Hannu Tapolalle korjausehdotuksista käsikirjoitukseen. Mainittakoon, ettei tämä teksti ole STM:n virallinen ohje tai kannanotto. Viranomaisten tarkat säädökset ja ohjeet on painettu erikseen ja viranomaisilta saa tarkat ja yksityiskohtaiset tiedot metsäenergian tuotannon ja käytön turvallisuusasioista.

## **Kirjoittajat:**

Luvut 1-6:

Bioenergianeuvoja Tanja Lepistö, MMM  
Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskus  
tanja.lepisto@metsakeskus.fi

Luku Koneellinen korjuu:

Bioenergianeuvoja Juha Viirimäki, Mti  
Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskus  
juha.viirimaki@metsakeskus.fi

Luku 7:

Avustava tutkija Risto Lauhanen, MMT  
Seinäjoen ammattikorkeakoulu  
risto.lauhanen@seamk.fi

# Lähteet

Ahonen, I. & Liukkonen, T. 2008. Pellettivarastojen ilman epäpuhtaudet ja niiden aiheuttamien vaarojen ehkäiseminen. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 32. [www-dokumentti] Saatavissa: [http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres/21091CCB-9102-4516-BE26-F12256ECE1F7/0/pellettivarastojen\\_ilman\\_epa-puhtaudet.pdf](http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres/21091CCB-9102-4516-BE26-F12256ECE1F7/0/pellettivarastojen_ilman_epa-puhtaudet.pdf) [Viitattu 20.8.2009]

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2045. 172 s. + liitt. 17 s.

Helmsaari, H.-S., Finér, L., Kukkola, M., Lindroos, A.-J., Luiro, J., Piirainen, S., Saarsalmi, A., Smolander, A. & Tamminen, P. 2008. '3. Energiapuun korjuu ja metsän ravinnetase' Ss. 18-29 julkaisussa Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. [www-dokumentti] Saatavissa: [www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti](http://www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti) [Viitattu: 4.1.2010]

Hillebrand, K. & Nurmi, J. 2004. Nuorista metsistä korjatun energiapuun kuivatus ja varastointi. Projektiraportti PRO2/P6014/05, VTT Pros t.

Energiapuun siirtelykaato 2008. Tapion Metsänhoitokortti 09-001. Puuenergia & Tapio.

Kansallinen metsäohjelma 2015 2008. Valtioneuvoston periaatepäätös 27.3.2008. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3/2008. [www-dokumentti] Saatavissa: [http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywg0T9jr/3\\_2008FI\\_netti.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywg0T9jr/3_2008FI_netti.pdf) [Viitattu 22.10.2009]

Kivihiihen, maakaasun ja kotimaisten polttoaineiden käyttäjähinnat lämmöntuotannossa (ei sis. alv:a). [www-dokumentti] Saatavissa: [http://www.tilastokeskus.fi/til/ehkh/2009/03/ehkh\\_2009\\_03\\_2009-12-16\\_tau\\_006.xls](http://www.tilastokeskus.fi/til/ehkh/2009/03/ehkh_2009_03_2009-12-16_tau_006.xls) [Viitattu 20.1.2010]

Knuutila, K. (toim.) 2003. Puuenergia. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 115 s.

Koistinen, A. & Äijälä, O. 2006. Energiapuun korjuu. Tapio

Kuitto, P.-J. (toim.) 2005. Metsästä polttoaineeksi. Polttohakkeen tuotannon puoli vuosisataa. Finbio – Suomen Bioenergiayhdistys ry. 327 s.

Kärhä, K. & Mutikainen, A. 2009. Moipu 400ES ensiharvennumännikön integroidussa hakkuussa. Metsätehon tulosalvosarja 2/2009.

Kärhä, K., Högnäs, T., Kumpare, T., Kovettu, A. & Mutikainen, A. 2009. Ponsse H53e ensiharvennumännikön integroidussa hakkuussa. Metsätehon tulosalvosarja 5/2009.

Laki metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta 8.2.1991/263. Finlex.fi 1991. [www-dokumentti] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19910263> [Viitattu: 22.1.2010]

Lauhanen, R., Suojaranta, J., Rätty, H. & Petäinen, J. 2009. Työturvallisuus bioenergian tuotannossa maataloilla. Work safety of farmers and heating entrepreneurs in 2008. TTS tutkimuksen tiedote. Luonnonvara-ala: Metsä 4/2009 (730): 1-4.

Laurila, J. & Lauhanen, R. 2009. Ennakkoraivauksen merkitys nuoren metsän hoitokohteella. Teoksessa: Havimo, M. & Rasinmäki, J. (toim.) 2009. Kollokvioiden satoa - Tutkimuksia metsänarvioinnista, metsä- ja puuteknologiasta. Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 45. Helsingin yliopisto.



Lindblad, J., Äijälä, O. & Koistinen, A. 2008. Energiapuun mittaust. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja Metsäntutkimuslaitos.

Lämpöyrittämisen ABC -tietokansio 2005. Motiva OY.

Melan työturvallisuussivut. Mela.fi. 2009. [www-dokumentti] Saatavissa: [www.mela.fi/tyoturvallisuus](http://www.mela.fi/tyoturvallisuus) [Viitattu 28.8.2009]

Metinfo metsien terveys 22.5.2006. Kuusen ja männyn lahovikaisuus ja sen torjunta. Metsäntutkimuslaitos. [www-dokumentti] Saatavissa <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lahontorjunta/index.htm> [Viitattu 22.1.2010]

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. [www-dokumentti] Saatavissa: [http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus\\_311008.pdf](http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf) [Viitattu 22.1.2010]

Takaluoma, J. 2009. Bioenergiapotentiaali metsäautoteiden varsilla Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusten alueella. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Valtioneuvoston asetus (749/2001) puunkorjuutyön turvallisuudesta. Finlex.fi. 2001. [www-dokumentti] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010749> [Viitattu 25.8.2009]

Viiri, H. & Piri, T. 2008. '7. Metsien terveys ja tuhot' Ss. 47-52 julkaisussa Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. [www-dokumentti] Saatavissa: [www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti](http://www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti) [Viitattu 4.1.2010]

Viirimäki, J. (toim.) 2008. Maatilan Hakelämmitysopas. Metsäkeskukset.

Ylitalo, E. 2010. Puun energiakäyttö 2009. Metsätalostatiedote 16/2010. [www-dokumentti] Saatavissa: <http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilatiedotteet/2010/puupolttoaine2009.htm> [Viitattu 19.5.2010]

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. 2010. Energiapuun korjuu- ja kasvatussuositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. (Julkaisematon käsikirjoitus 6.5.2010)

# Liitteet

**Liite 1.** Kolme esimerkkilaskelmaa energiapuun nettohinnasta, kun nuoren metsän hoitokohteen energiapuuharvennus on teetetty vieraalla.

Kustannusten laskemiseen on käytetty Juha Laitilan Kokopuuhakkeen kustannuslaskelmaohjelmaa ([http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/perustietoa\\_bioenergiasta/erilaisia\\_laskureita/](http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/perustietoa_bioenergiasta/erilaisia_laskureita/)), johon syötettiin kuljetusmatkoja, kärrykokoa ja puustoja koskevat esitiedot.

## Vakioidut arvot

- Korjattava ala 2 ha
- hakkeen tilityshinta 19 €/MWh
- energiasisältö 0,8 MWh/i-m<sup>3</sup> (vaihtelu 0,7- 0,9 MWh/i-m<sup>3</sup>)
- Ennakkoraivaus 260 €/ha
- Metsäkuljetus 200 m
- Haketus välivarastolla
- Kaukokuljetus 40 km, kuormakoko 60 i-m<sup>3</sup>
- Peittämiskustannus 0,9 / m<sup>3</sup>
- Yleiskulut (työnjohto + tienhoito ym.) 3,9 €/m<sup>3</sup>
- Kemera-tuet
  - Energiapuun korjuutuki 7 €/ m<sup>3</sup>
  - Haketustuki 1,7 €/ i-m<sup>3</sup>
  - Nuoren metsän hoidon tuki 252,60 €/ ha (tukivyoähyke 2. Vaihtelu eri tukivyoähykkeillä 210,5—294,7 €)

## Vaihtuvat muuttujat

- hakkuukertymä
- korjatun puuston keskitilavuus

Laskupohjassa tummennetut luvut ovat annettuja, joista muuiden yksiköiden arvot on johdettu. Taulukoiden hinnat ovat alv 0 %. Tulee huomata, että hinnan ja työkustannusten vaihtelu on valtakunnallisesti suurta. Laskelmat ovat suuntaa-antavia ja kuvaavat parhaiten sitä, miten kertymä ja puuston koko vaikuttavat korjuun kannattavuuteen.

## Esimerkki 1. Vaatimaton kohde

Hakkuukertymä 30 m<sup>3</sup>/ha

Keskitilavuus 25 litraa

	€/i-m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>	€/MWh	€/ha
Hakkeesta saatava hinta	15,20	38,00	<b>19,00</b>	1140,00
Energiapuun korjuutuki	2,80	<b>7,00</b>	3,50	210,00
Haketustuki	<b>1,70</b>	4,25	2,13	127,50
NMH tuki	3,37	8,42	4,21	<b>252,60</b>
<b>Tulot yhteensä</b>	<b>23,07</b>	<b>57,67</b>	<b>28,84</b>	<b>1730,10</b>
Ennakkoraivaus	3,47	8,67	4,33	<b>260,00</b>
Hakkuukustannus	7,72	<b>19,30</b>	9,65	579,00
Metsäkuljetus	3,08	<b>7,70</b>	3,85	231,00
Peittäminen	0,36	<b>0,90</b>	0,45	27,00
Haketus + kuljetus	5,60	<b>14,00</b>	7,00	420,00
Yleiskulut	1,56	<b>3,90</b>	1,95	117,00
<b>Menot yhteensä</b>	<b>21,79</b>	<b>54,47</b>	<b>27,23</b>	<b>1634,00</b>
<b>Nettohinta</b>	<b>1,28</b>	<b>3,20</b>	<b>1,60</b>	<b>96,10</b>

## Esimerkki 2. Keskitason kohde

Hakkuukertymä 50 m<sup>3</sup>/ha

Keskitilavuus 40 litraa

	€/i-m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>	€/MWh	€/ha
Hakkeesta saatava hinta	15,20	38,00	<b>19,00</b>	1900,00
Energiapuun korjuutuki	2,80	<b>7,00</b>	3,50	350,00
Haketustuki	<b>1,70</b>	4,25	2,13	212,50
NMH tuki	2,02	5,05	2,53	<b>252,60</b>
<b>Tulot yhteensä</b>	<b>21,72</b>	<b>54,30</b>	<b>27,15</b>	<b>2715,10</b>
Ennakkoraivaus	2,08	5,20	2,60	<b>260,00</b>
Hakkuukustannus	5,32	<b>13,30</b>	6,65	665,00
Metsäkuljetus	2,56	<b>6,40</b>	3,20	320,00
Peittäminen	0,36	<b>0,90</b>	0,45	45,00
Haketus + kuljetus	5,40	<b>13,50</b>	6,75	675,00
Yleiskulut	1,56	<b>3,90</b>	1,95	195,00
<b>Menot yhteensä</b>	<b>17,28</b>	<b>43,20</b>	<b>21,60</b>	<b>2160,00</b>
<b>Nettohinta</b>	<b>4,44</b>	<b>11,10</b>	<b>5,55</b>	<b>555,10</b>

## Esimerkki 3. Hyvä kohde

Hakkuukertymä 80 m<sup>3</sup>/ha

Keskitilavuus 60 litraa

	€/i-m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>	€/MWh	€/ha
Hakkeesta saatava hinta	15,20	38,00	<b>19,00</b>	3040,00
Energiapuun korjuutuki	2,80	<b>7,00</b>	3,50	560,00
Haketustuki	<b>1,70</b>	4,25	2,13	340,00
NMH tuki	1,26	3,16	1,58	<b>252,60</b>
<b>Tulot yhteensä</b>	<b>20,96</b>	<b>52,41</b>	<b>26,20</b>	<b>4192,60</b>
Ennakkoraivaus	1,30	3,25	1,63	<b>260,00</b>
Hakkuukustannus	3,96	<b>9,90</b>	4,95	792,00
Metsäkuljetus	2,20	<b>5,50</b>	2,75	440,00
Peittäminen	0,36	<b>0,90</b>	0,45	72,00
Haketus + kuljetus	5,28	<b>13,20</b>	6,60	1056,00
Yleiskulut	1,56	<b>3,90</b>	1,95	312,00
<b>Menot yhteensä</b>	<b>14,66</b>	<b>36,65</b>	<b>18,33</b>	<b>2932,00</b>
<b>Nettohinta</b>	<b>6,30</b>	<b>15,76</b>	<b>7,88</b>	<b>1260,60</b>

## Liite 2. Energiapuukaupan kauppakirjaesimerkki

Ostajan nimi ja logo

### Energiapuukauppakirja

Tämä kauppakirja käsittää \_\_\_\_ varastoa. Yksi varasto voi sisältää puuta usealta kemerahankkeelta. Nämä voidaan eritellä kauppakirjassa.

#### Myyjän tiedot

Myyjä \_\_\_\_\_ Y-tunnus \_\_\_\_\_ Pankki ja tilinumero \_\_\_\_\_

Arvonlisäverovelvollisuus, kyllä \_\_\_\_ ei \_\_\_\_ Tilan omistusmuoto (yksityinen, kuolinpesä tms.) \_\_\_\_\_

Tilan nimi \_\_\_\_\_ Kiinteistötunnus \_\_\_\_\_

Energiapuun myyjä on puuta ostavan organisaation, \_\_\_\_\_ osuuskunnan jäsen.

#### Energiapuuvaraston tiedot

Sijainti \_\_\_\_\_

Haketus- ja kuljetuskelpoisuus talvi \_\_\_\_ kesä \_\_\_\_ aina \_\_\_\_

Energiapuulaji: kokopuu \_\_\_\_ karsittu ranka \_\_\_\_ hakkuutähde \_\_\_\_ kannot \_\_\_\_

Aurauksesta huolehtii varaston myyjä \_\_\_\_ energiapuun ostaja \_\_\_\_

Varastointiajankohta (kk/v) \_\_\_\_/\_\_\_\_ Varaston mittausajankohta (kk/v) \_\_\_\_/\_\_\_\_

Pääpuulaji: havu \_\_\_\_ lehti \_\_\_\_ sekapuu (pääpuulajin osuus alle 70 % kokonaistilavuudesta) \_\_\_\_

Varaston mitattu koko \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

#### Kemeratuki

Korjatulle puulle haetaan nuoren metsän hoidon kemeratukea: kyllä \_\_\_\_ ei \_\_\_\_

Pinta-alatuki maksetaan ostajalle \_\_\_\_ myyjälle \_\_\_\_ hakettajalle \_\_\_\_

Energiapuun korjuutuki maksetaan ostajalle \_\_\_\_ myyjälle \_\_\_\_ hakettajalle \_\_\_\_

Haketustuki maksetaan ostajalle \_\_\_\_ myyjälle \_\_\_\_ hakettajalle \_\_\_\_

Toteutusvelvityksen laadintatuki maksetaan \_\_\_\_\_ lle

Kemeratuen hanke nro. \_\_\_\_\_ sisältää kuviot \_\_\_\_\_

Pinta-ala \_\_\_\_ ha Puumäärä \_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Kemeratuen hanke nro. \_\_\_\_\_ sisältää kuviot \_\_\_\_\_

Pinta-ala \_\_\_\_ ha Puumäärä \_\_\_\_ m<sup>3</sup>

#### Hinta- ja toimitustiedot

Omistusoikeus siirtyy ostajalle kauppakirjan allekirjoituksen yhteydessä.

Haketuksesta tielle mahdollisesti aiheutuva kunnostuskustannus kuuluu varaston myyjälle \_\_\_\_ ostajalle \_\_\_\_.

Varasto haketetaan \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ mennessä.

Hinta: \_\_\_\_ €/ MWh tai \_\_\_\_ €/ m<sup>3</sup> tai \_\_\_\_ € / i-m<sup>3</sup>

Maksu suoritetaan \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ mennessä tai \_\_\_\_ päivää haketuksen jälkeen.

Lisätietoja \_\_\_\_\_

Paikka ja aika

Myyjän allekirjoitus

Ostajan allekirjoitus

Jos myyjä tai ostaja on useita, esimerkiksi kuolinpesä tai yhtymä, tulee molempien osapuolten huolehtia kaupan teon yhteydessä tarvittavista valtakirjoista ym.

Tätä kauppakirjaa on tehty kaksi kappaletta, yksi Ostajalle ja yksi Myyjälle.

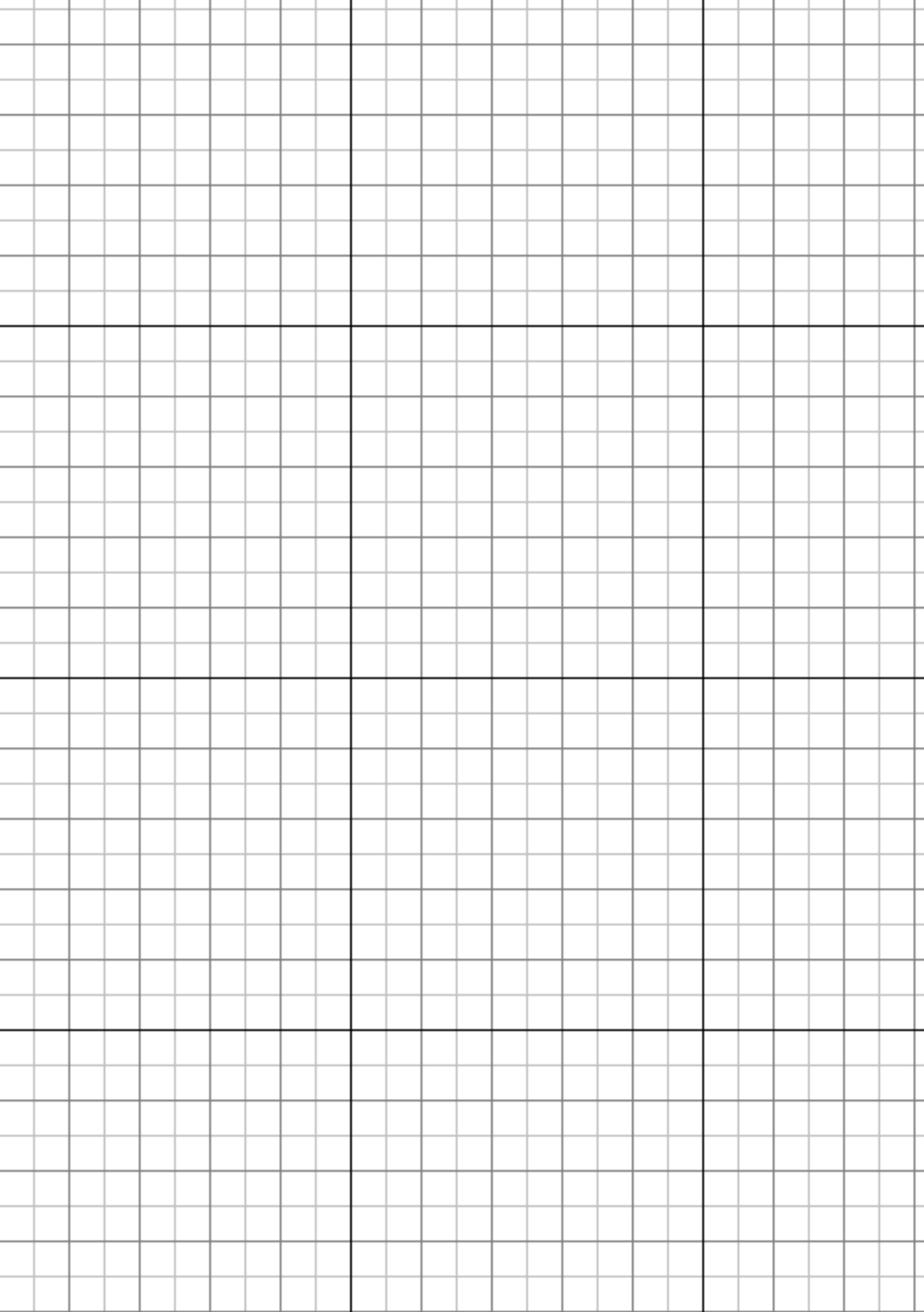
**Liite 3.** Energiapuukaupassa käytössä olevia yksiköitä ja yksiköiden välisiä muun- tokertoimia. Luvut ovat vakiintuneita keskimääräisiä kertoimia. Irtotiheyden (kg/ i-m<sup>3</sup>) massa ja tilavuus on mitattu toimitustilassa.

Yksikkömuunnos	Kerroin
m <sup>3</sup> → i-m <sup>3</sup>	2,5
m <sup>3</sup> → MWh	2,0
i-m <sup>3</sup> → m <sup>3</sup>	0,4
i-m <sup>3</sup> → MWh	0,8
MWh → m <sup>3</sup>	0,5
MWh → i-m <sup>3</sup>	1,25

### Hyödyllisiä verkkolinkkejä

- Bioenergiaportaali, jossa muun kattavan tiedon ohella erilaisia kustannuslaskureita, [www.bioenergia.fi](http://www.bioenergia.fi)
- Energiapuun mittausopas  
<http://www.metla.fi/metinfo/tietopakettit/mittaus/aineistoja/energiapuun-mittausopas-2008.pdf>
- Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset  
<http://www.metla.fi/julkaisut/muut/2008-02-08-energiapuun-korjuu-raportti.pdf>
- Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Verkkojulkaisu. Tapio 2010. [www.tapio.fi/verkkojulkaisut](http://www.tapio.fi/verkkojulkaisut)
- Alueellisten metsäkeskusten bioenergiaprojektit ja -neuvojen yhteystiedot, [www.metsakeskus.fi](http://www.metsakeskus.fi)

# Muistiinpanoja





## Kehittyvä Metsäenergia -hanke



Seinäjoen ammattikorkeakoulu  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



**Euroopan maaseudun  
kehittämisen maaseuturahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin**

