

Laatuhakkeen tuotanto -opas



© 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: Vammaspaino, Sastamala 2010
ISBN 978-951-98723-5-3 (nid.)
ISBN 978-951-98723-6-0 (PDF)

sisällys

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

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. Oppaassa tarkastellaan aluksi 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 pienpuun 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.

Kälviällä, 20.1.2010

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 2008 noin neljännes tuotetusta metsähakkeesta oli peräisin energiapuuharvennuksilta ja nuoren metsän hoitokohteilta. Näiden kohteiden korjuussa on huomattava lisäysmahdollisuus, 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 korjuuolosuhteet 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 Energiapuuharven- nuksen 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 termina-
naalissa, pitää rungot katkoa korjuussa-
siten, että ne mahtuvat käytettävään
kaukokuljetuskalustoon. Varastopaikan
suunnittelussa tulee huomioida käytet-
tävän kaluston tilantarve sekä käsittely-
suunnat, jos puu-erä haketetaan varas-
topaikalla.

Pienkohteet, 20 - 200 kW

Omakotitalo- ja maatalouskokoluokan lämpökattilat ovat vaativimpia hakkeen laadun suhteen. Hakkeen tulee olla ta-
salaatuista ja suhteellisen kuivaa, jotta
häiriön aiheuttamia katkoja ei tulisi
kohtuuttomasti. Hakkeeksi soveltuvat
hyvin sahaustuotteet, karsittu ranka
sekä rumpuhakkurilla haketettu koko-
puuhake. Teknisesti riittävän hyvää ha-
ketta 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 käyttökoestuden 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 jäätymällä varastossa, jolloin hakkeen syöttö kuljettimelle häiriintyy.
- Märkä hake lisää tuhkan määrää.
- Hakkeen syöttö kattilaan voi häiriintyä kuljettimella eri syistä. Tällaisia voi 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 jatkojalostuksen kannalta epäedulliseen suuntaan.

Metsien lisäksi energiapuuta on korjattavissa pellon-, tien- ja ojanvarsilta, joissa saanto voi olla huomattava ja korjuukustannukset metsikköharvennusta alhaisemmat. Lepikoilla on myös paikoin huomattava merkitys energiapuun raaka-aineenlähteenä. Vajaatuotaisia lepikoita uudistetaan kuuselle, jolloin energiapuukertymä voi yltää 100 m³:iin hehtaarilla. Myös myöhemmin taimikon päältä korjattava ylispuulepät soveltuvat erinomaisesti energiapuuksi.

Valtio on ohjannut kestävän metsätalouden rahoitustukea (Kemera-tukia) nuorten metsien energiapuukorjuu-



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
- kuivat kankaat
- puolukkaturvekankailla tai sitä karummilla turvekankailla
- metsiköissä, joissa on korjattu latvusmassaa edellisessä uudistushakkuussa tai kokopuuta nykyisen puuston kasvuaikana

Koistinen ja Äijälä, 2006

seen. Vuonna 2010 voimassa olleilla ehdoilla tukea myönnettiin korjuuseen, jossa jäävän puuston rinnankorkeusläpimitta on alle 16 senttimetriä. Energiapuun korjuukohteilla puulle ei ole ase-



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

tettu puiden pituusrajaa. Poistettavia, kantoläpimitaltaan yli 4 senttimetrin runkoja tulee olla yli 1000 kpl hehtaarilla. Kerralla korjattavien kuvioiden pinta-ala tulee olla yhteensä 1 ha.

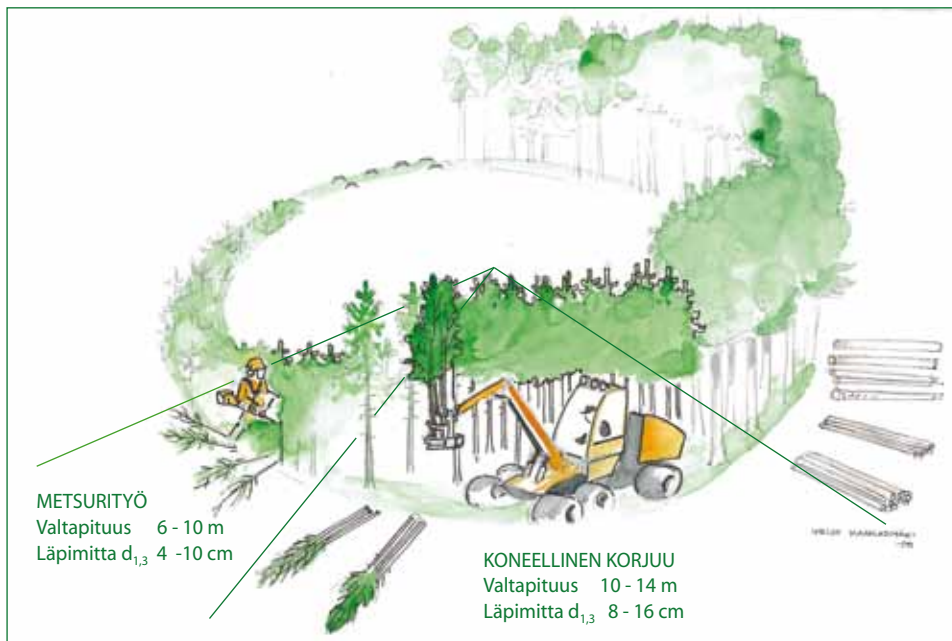
Energiapuukorjuuseen myönnetään tällä hetkellä seuraavia tukia: Nuoren metsän hoidon tuki (pinta-aratuki), energiapuun korjuutuki, haketustuki ja toteutusselvityksen laadintatuki. Voimassa olevat tukien määrät esitetään liitteessä 1. Tukien myöntämisperusteet voivat muuttua, joten metsänomistajan tulee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

1.3 Korjuumenetelmä kohteen puuston mukaan

Energiapuuharvennus voidaan toteuttaa metsurityönä tai koneellisena

korjuuna. Kaupalliset toimijat suosivat koneellista korjuuta sen tehokkuuden vuoksi. Koneellinen korjuu ei ole kannattavaa kohteessa, jossa puun tilavuus on pieni. Kannattavalle koneelliselle korjuulle asetettu puun minimikoko vaihtelee toimijoiden kesken. Vaihteluun vaikuttaa mm. konekaluston järeys. Ohjeellisenä alarajana puulle voidaan kuitenkin pitää noin 20 litran tilavuutta (esim. mänty $d_{1,3}$ 8 senttimetriä, pituus 7 metriä) ja energiapuukertymälle 25 m³/ha.

Jos taimikonhoito on viivästynyt tiheässä taimikossa, puusto voi riukuuntua. Tällaisessa energiapuuharvennuskohteessa on suuri runkoluku ja kiireellinen hoitotarve paljon 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 kantoläpimitaltaan alle 4 senttimetrin rungot. Huono näkyvyys lisää koneellisessa korjuussa runkovaurioiden sekä kouran vaurioitumisen riskiä. Lehtipuut on syytä raivata erityisesti kesäkorjuukohteilla. Myös alikasvoskuuset haittaavat näkyvyyttä.



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

Alikasvoksen määrä vaikuttaa ennakkoraivauksen tarpeeseen. Rehevällä kasvupaikalla, jossa lehtipuuta on huomattavasti, on ennakkoraivaus tarpeen suorittaa jopa ennen 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 energiapuuerään.

Metsurityö

Jos energiapuuharvennus tehdään metsurityönä, voi työn tehokkuutta parantaa huomattavasti moottorisahaan lisättävillä kaatokahvoilla. Kaatokahvojen avulla harvennusta voidaan tehdä siirtelykaatona, jossa toinen käsi on vapaana ohjaamaan kaadettavaa puuta suoraan kourakasoihin. Ammatitaitoinen metsuri voi saavuttaa siirtelykaadolla jopa 20 m³ päivätuotoksen, kun hakkuukoneiden päivätuotos on 20 - 40 m³.



Kaatokahvat mahdollistavat työskentelyn selkä suorana. (Kuva: Jussi Laurila)



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

Koneellinen korjuu

Kannattava koneellinen korjuu asettaa leimikolle vaatimuksia. Maaston täytyy kantaa konetta. Lisäksi puuston järeyden ja kertymän tulee olla riittäviä.

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 laatuksia voidaan täyttää vaikka puita joukkokäsittellään. Integroitu korjuu mahdollistaa energiapuun taloudellisen korjuun perinteisiltä ensiharvennusleimikoilta ja se soveltuu parhaiten mänty- ja koivuvaltaisiin metsiköihin. Kuitu- ja energiapuun voidaan katkoa giljotiiniterällä, mutta tukkipuu on katkottava ketjusahalla varustetulla kouralla.

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 kuumakorroosion riskiä.
- Karsiminen vähentää energiapuukertymää n. 20 %.

Koneellisessa kokopuukorjuussa hakkuukoneeseen on asennettu kaato- ja kasauskoura, jossa on useimmiten joukkokäsittelykoura. Koura leikkaa poistettavat puut yleensä giljotiiniterällä ja kerää puut kourakasoihin hakkuun yhteydessä. Energiapuukoura-



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
Valtapiuus	6 - 10 m	10 - 14 m
Läpimitta $d_{1,3}$	4 - 10 cm	8 - 16 cm
Rungon tilavuus	≥ 4 l	≥ 20 l
Kertymä	10 - 20 m ³ /päivä	20 - 40 m ³ /päivä
Erityistä	Taidon kehittyessä päiväker- tymä voi nousta siirtelykaa- dossa yli 20 m ³ :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)

mallit eroavat toisistaan siinä, kuinka hyvin niillä pystyy karsimaan useita runkoja samalla kertaa. Yleensä kuormatraktori on varustettu energiapuun kuormaukseen soveltuvalla kouralla ja kuormainvaa'alla.

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.

1.4 Korjuun ympäristövaikutukset

Ravinteet

Typen puutetta pidetään Suomen oloissa yleisimpänä kivennäismaiden kasvua rajoittavana tekijänä. Puun lehdistä ja neulasissa 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 kor-

juulle 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 kokopuun korjuun yhteydessä metsään voidaan huolehtia jättämällä 1 - 2 metriä puun latvaosaa palstalle. Jätettävien oksien ja latvojen tulisi olla tasaisesti koko palstalla, jotta kasvava puusto pystyy niitä



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

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 ravinnepuoleltaan puoleltaan hyvin metsälannoitteeksi. Tuhkan tehoa voidaan lisätä täydentämällä lannoitusta tyypellä. Suomessa on Metsäntutkimuslaitoksen koikeissa saatu hyviä tuloksia mm. yhdistetyllä puutuhka-urealannoituksella. Puutuhkaa pidetään erityisen hyvänä lannoitteena turvemaidilla, 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 juurikäypään. Energiapuun harvennuskohteilla tulee juurikäyvän lisäksi huomioida mäntyä tuhoava ytimennävertäjä sekä tuntea varastointia koskeva lainsäädäntö.

Juurikäypä on Suomen yleisin ja vahingollisin tuhosieni. Kun työskennellään juurikäyvän levinneisyysalueella (ks. kartat), tulisi riski juurikäyvän leviämisestä huomioida. Tyypillisesti energiapuukorjuussa runkojen poistuma on suuri, jolloin itiöiden leviämiselle alttiita kantoja on paljon. Koska energiapuuharvennus tapahtuu metsikön kiertoajan alussa, tartunta ehtii levitä laajalle päätehakkuuseen mennessä.



Kuusenjuurikäyvän 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)

Juurikäypä leviää terveeseen metsään sulan maan aikana kaadettujen männyn ja kuusen kantojen kautta ja edelleen juuriyhteyksien kautta terveisiin puihin. Levitäkseen lahottajasieni vaatii 10 senttimetrin kantoläpimitan. Tämänkokoisia kantoja on runsaasti koneellisen energiapuukorjuun kohteilla. Siksi koneellisessa kesäkorjuussa taudin levinneisyysalueella tulee aina suojata havupuiden kannot itiötartunnalta.

Tietolaatikko 3

Juurikäävän torjunnan pääkohdat energiapuuharvennuksilla.

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

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

Vältetään energiapuuharvennuksia myöhäissyksyllä sekä keväällä nila-aikaan.

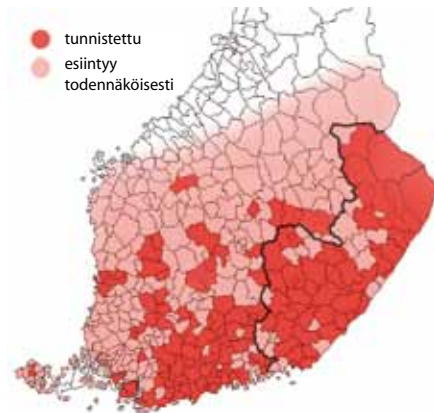
(Viiri ja Piri, 2008)

Kantokäsittely onnistuu parhaiten, kun energiapuukouraan liitetään kantokäsittelylaite.

Taudin leviämistä voidaan ehkäistä myös korjaamalla riskikohteet pakkasen aikaan ja välttämällä korjuuvaurioita (ks. luku 2.1).

Korjuuvauriot, jotka syntyvät nila-aikana tai syyskesällä tehdyssä korjuussa, aiheuttavat suurimman riskin juurikäpärtartunnalle. 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 energiapuunkaava 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.



Männynjuurikäävän levinneisyys. Kunnat, joista sieni on Metlassa varmuudella tunnistettu on merkitty tummempalla punaisella. Vaaleampi väri osoittaa alueen, jolla sienin esiintyminen on todennäköistä. Rajaviiva osoittaa tyvitervastaudin riskialueen, jolla kantokäsittelyä suositellaan männiköiden kesäaikaisissa hakkuissa. Riskialueen ulkopuolella käsiteltyä suositellaan niissä kunnissa, joissa männynjuurikäävän on todettu esiintyvän.

(Kartta: Piri, 2010, Kuvateksti: Metinfo, 2006)

Tietolaatikko 4

Puutavaran varastointia koskevat säännöt

Laki metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta (1991/263) on laadittu ennen energiapuunkorjuuta, 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

Harvennuskohde tulisi suunnitella siten, että energiapuukorjuussa tarvittavia ajouria voi hyödyntää myöhemmin ensiharvennuksen yhteydessä.

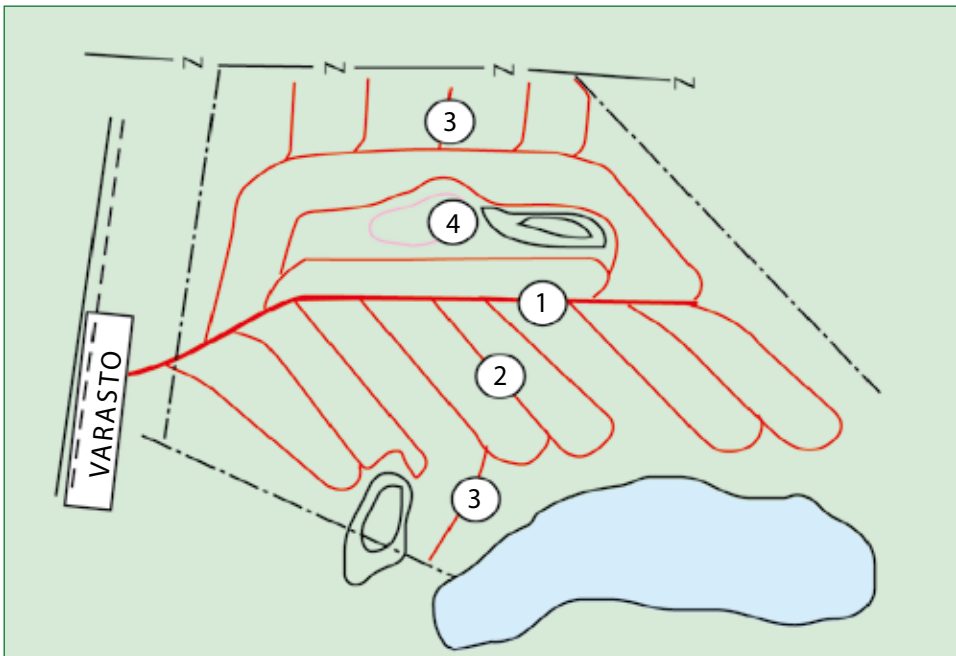
Mikäli energiapuuharvennus tehdään pienillä korjuukoneilla, joissa nosturin ulottuvuus on alle 10 metriä, käytetään korjuu-urien välissä ns. haamu-uraa. Näin ajouraväli voidaan kasvattaa 20 - 30 metriin. On hyvä pyrkiä 20 metrin ajouriin, sillä liian tiheä ajouraverkosto vähentää tuottoisan metsämaan pinta-alaa.

Tietolaatikko 5

Ajourien vaatimukset

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

Koistinen ja Äijälä, 2006



Piirros leimikkosuunnitelmasta

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)

Hyvällä ajouraverkon suunnittelulla vältetään monta ongelmaa. Tasainen ajourien käyttö ehkäisee syvien raiteiden muodostumista. Riittävän leveät ja suorat ajourat sekä ajouralla olevien kantojen madaltaminen vähentävät huomattavasti elävän puuston korjuuvauriota. Erityisen tärkeää ajoverkko-suunnittelu on pehmeillä mailla.

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

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 riittävän hyvä. Palstakuivatus kourakasoissa toimii hyvin myös karsituissa puissa, joiden kuori on rikki.

Oikein tehtynä kourakasat ovat irti maasta. Ensimmäisten kourakasojen alla hyödynnetään puiden katkaisukohtia ilmavuuden varmistamiseksi.



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.
- Kourakasat tulee asettaa puun katkaisukohtien päälle ja letittää lomittain edellisen kasan päälle.
- Palstan tulee olla kesäkorjuukelpoinen.
- Kourakasoja ei tule unohtaa palstalle. Heinittyneiden kourakasojen korjuu tuo epäpuhtauksia varastoon.

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. Näin myös rahan kierto nopeutuu. Palstakuivatuksen merkitys on erityisen suuri silloin, kun puille varattu varastopaikka on huono.

2.3 Lähikuljetus

Energiapuuvarasto kasataan lähikuljetuksen yhteydessä. Ajokoneen kuljettaja onkin hakkeen tuotantoketjussa avainasemassa. Hakettavan energiapuuerän puhtaus sekä varaston puuta kuivattava vaikutus ovat ajokoneen kuljettajan ammattitaidon tulosta.

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 hakkuria joudutaan huoltamaan enemmän epäpuhtauksien takia.

Huolimattomassa varaston teossa kasaan voi kulkeutua epäpuhtauksia, jotka hakkuriin joutuessaan tylsyttävät tai katkovat teriä. 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 ole välttämättä osaa ottaa huomioon kaikkia energiapuun varastontekoon liittyviä asioita tilatessaan urakoitsijan siirtämään puut palstalta varastoon. Kun konekuljettaja ymmärtää olevansa avainasemassa laadukkaan hakkeen tuottamisessa ja tuntee ammattiympeyttä tekemästään työstä, hänen tulee huolehtia 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. Peittäminen edistää kuivumista toiseksi eniten. Välipuiden avulla on voitu lisätä kuivumista hieman, mutta sen merkitys kuivumiselle on mainituista tekijöistä vähäisin.

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

Varastopaikka tulee aina ennakkoraivata pienpuustosta. Mikäli ennakkoraiva-

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.
- Hakkurin kourakuormaajan tulee ylettyä helposti varastopinoon.
- Hakkurin syöttösuunta ja varaston sijoittaminen: varastolla työskennellään mieluiten nokka lähtösuuntaan päin.

usta ei tehdä, on vaarana, että hakkurin 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 käsittelys-



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

sä tulee varautua täysperävaunun tilantarpeeseen. Jos puu haketetaan varastopaikalla, tulisi hakkuri ja hakeauto 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.

Tukeva ristikko syntyy, kun varastoitavien puiden suuntaisia aluspuuta lado-

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)

taan 3 - 5 metrin välein ja poikittais-suuntaisia puita vähintään kolmeen jonoon. Tiheällä ristikoinnilla vältetään aluspuiden katkeamiselta ja varaston romahtamiselta.

Jos järeää puutavaraa ei ole käytettävissä, voidaan energiapuuta käyttää aluspuuna. Tällöin kouranipuista muodostetaan aluspuiksi kaksi poikittaista jonoa. Kouranipuista tehdyt aluspuut eivät vastaa lähellekään kunnollisen ristikon kuivattavaa vaikutusta. Ohut energiapuunippu ei jaksakaan kantaa varaston painoa vuotta irti maasta.

Toiset suosivat vedettömien ojien, kuten tienvarsiojien hyödyntämistä ilmavan varaston rakentamisessa. Näiden heikkous on kuitenkin alapuolisen tuen puuttuminen, jonka seurauksena alimmat puut voivat taipuessaan katketa ja koko varaston ryhti murtua.



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

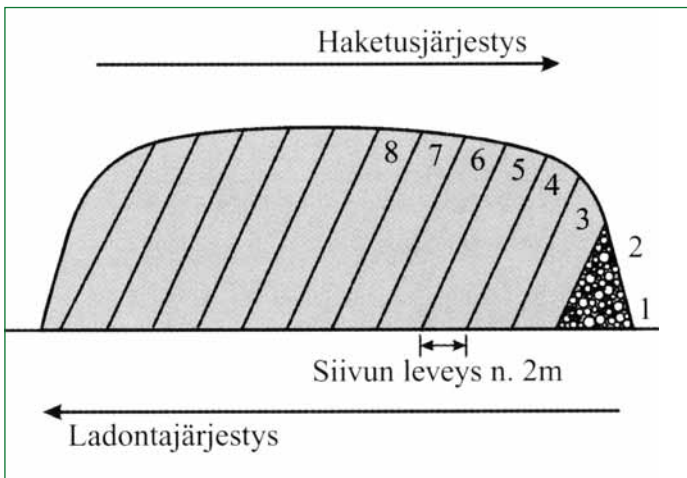
Varastokasa

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 ilmaavuutta sekä auttaa varaston pysymistä pystyasennossa. Välipuiden olisi hyvä olla normaalimittaista energiapuuta lyhyempiä, noin kolmen metrin mittaisia ja mieluiten karsittua rankaa. Pitkät välipuut vaikeuttaisivat 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 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 energiapuuta muodostaa lipan. Suojaava lipa on 0,5 - 1 metriä muuta varastoa ulompana ja vähintään puoli metriä paksu. Lipattomassa varastossa kaikkien rankojen päät altistuvat sateelle ja vesi valuu runkoja myöten kasan sisään.



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



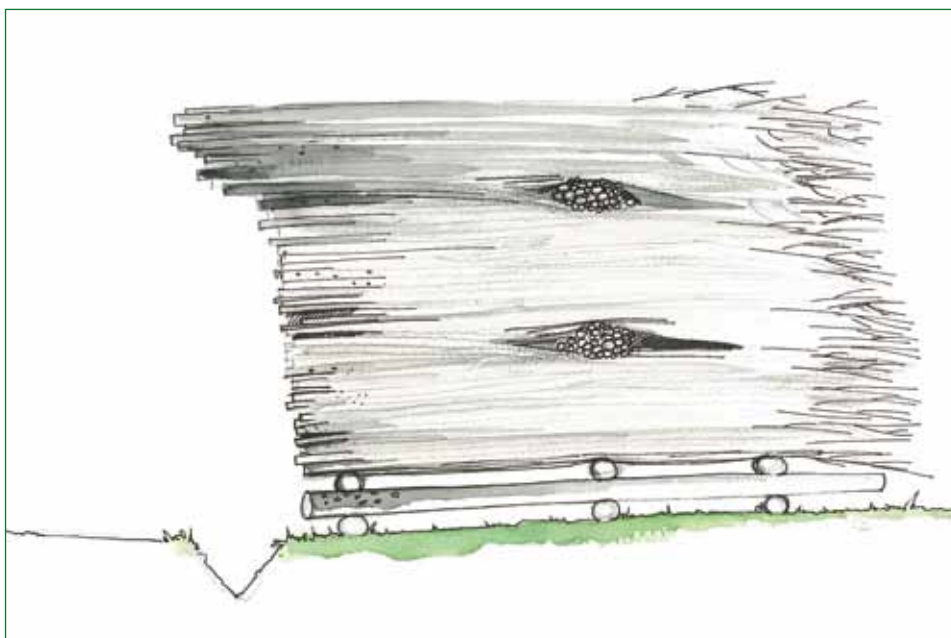
Välipuut lisäävät varaston ilmavuutta ja edistävät kuivumista. (Kuva: Tanja Lepistö)

Keskimäärin varastoitavan energia-puun pituus vaihtelee 5 - 7 metriin. Muuta varastoa huomattavasti pidempien puiden latvat nojaavat herkästi maahan, johon kiinni jäätyessään ne nostavat erityisesti talvihaketuksen yhteydessä epäpuhtauksia hakkurin teriin. Lähikuljetuksen yhteydessä tulisi siksi kasata pidemmät puut erilliseen kasaan ja tehdä niistä varastoinnin loppuksi kasaan lippa.

Peittäminen

Varaston peittäminen vähentää 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 paikallaan tarvittavan ajan.

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



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 €/m² (0 % alv). Rullan koko on 300 m * 4 m (1200 m²).

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.

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 5 - 7 metristen puiden pinoa.

Aina ei ole mahdollista saavuttaa täydellistä varastoa. Lähikuljetuskustannusten takia voidaan joutua tyytymään varastopaikkaan, jonka valinnassa on

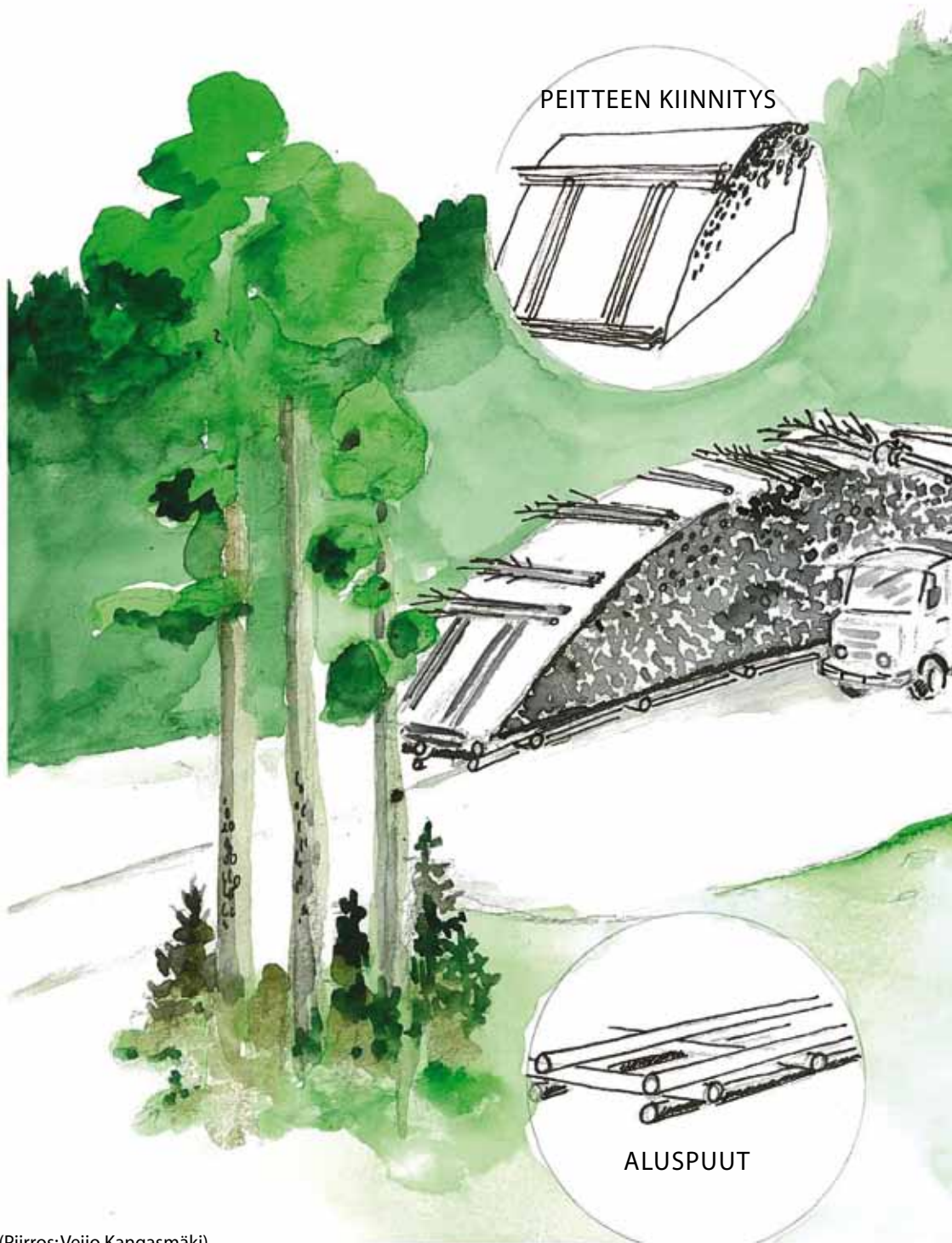


Peitepaperin saa levitettyä hyvin kasan päälle, kun se on kiinnitetty peiterautaan, josta kourakuormaimella saa hyvän otteen. (Kuva: Veli-Pekka Kauppinen)



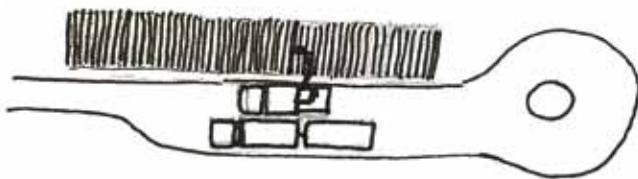
Peitteen tulisi olla niin leveää, että se ulottuu peittämään latvukset. Kun peite taittuu myös etureunan yli, ohjautuu kaikki sadevesi pois kasasta. (Kuva: Tanja Lepistö)

**Laatuhakkeen tuottamisen kannalta
tärkeät varaston ominaisuudet.**



(Piirros: Veijo Kangasmäki)

LIPPA



TILAVA VARASTOAIKKA

ETELÄ



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 käyttää, 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

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

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 joukkokäsitellyiden 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 hakkurityypit ovat laikkahakkuri, rumpuhakkuri ja kartioruuvihakkuri. Pienen kokoluokan hakkureista laikkahakkuri on yleisin.

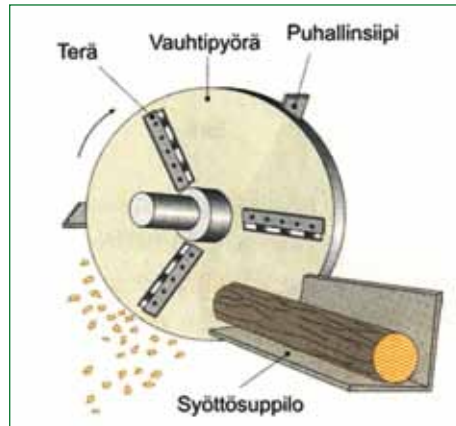
Laikkahakkuri tekee tasalaatuista haketta, mutta se tarvitsee myös tasalaatuisen raaka-aineen. Sopivia raaka-aineita ovat karsittu ranka, kokopuu tai sahapinnat.

Laikkahakkureissa on raskas vauhtipyörä, jossa on säteen suuntaisesti kahdesta kuuteen terää. Pienissä hakkureissa terät vetävät puuerää hakkurin sisään, jolloin ei tarvita erillistä syöttölaitetta. Isommissa laikkahakkureissa käytetään



hydraulisia syöttö- ja painorullia. 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 vastaston epäpuhtauksille.



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

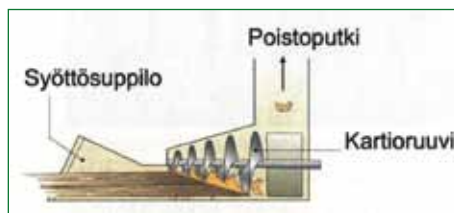


Kartioruuvihakkuri

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

Syöttösuppilosta puu työntyy kohti kartioruuvia, joka kierteisellä liikkeellään vetää puuta hakkuriin. Erilaisilla syöttövälineillä on mahdollista saada tehostettua tuottavuutta.

Kartioruuvihakkuri, hakkurin toimintaperiaate ja haketta. (Kuvat: Hakkuri kuva: Laitilan Metallilaine Oy, hake: Tanja Lepistö. Piirroksen lähde Knuutila, 2003)



Rumpuhakkuri

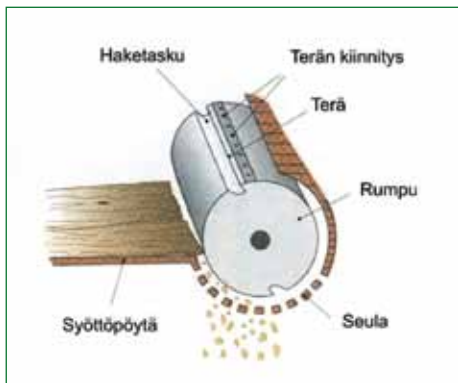
Rumpuhakkuri on laikkahakkuria kaikirkuokaisempi. Laikkahakkurin raaka-ainevalikoiman lisäksi rumpuhakkurit

soveltuvat latvusmassan, suurtehorumpuhakkurit jopa risutukkien hakettamiseen. Rumpuhakkurin terärakenne kestää epäpuhtauksia hieman paremmin kuin muut hakkurityypit.

Rumpuhakkurissa on lieriömäinen rumpu, jonka ulkokehällä on mallista riippuen 2 - 20 terää. Rumpuhakkureissa puun syöttö tapahtuu joko ketjukuljettimella tai telamatolla. Kunnollinen syöttöpöytä mahdollistaa puuaineen tasaisen syötön terille. Rumpuhakkureissa voidaan käyttää erikokoisia seuloja, joiden avulla saadaan halutun kokoista haketta. Seulat ohjaavat liian isoksi jääneen hakkeen takaisin rummulle. 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). (Kuvat: 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. Vasaramurskaimessa on akselin varassa liikkuvia metallivarsaroita, levymurskaimessa toisiinsa loimittuvat murskainlevyt. Kattila- ja kaukalomurskaimessa puuaines ohjautuu kaukaloon, jonka pohjalla on joko vasara tai levymurskain.



Kooste hakkureista ja murskaimista (suluissa määrät irtokuutiaina)

	Kartioruuvihakkuri	Laikkahakkuri	Rumpuhakkuri	Murskain
Hakettettava raaka-aine	Sahauspinnat, karsittu ranka 1)	1) ja lisäksi kokopuu 2)	2) ja lisäksi latvusmassa, isoissa hakkureissa risutukit	Kaikki käytettävissä oleva puuaines
Tuntituotos m³ (i-m³)	30 - 50 (75 - 125)	pienet: 2 - 8 (5 - 20) suurteho hakkurit: 40 - 80 (100 - 200)	> 60 m ³ (> 150)	Mobiilimurskaimet: 100 (250) Kiinteät murskaimet: 200 (500)
Ominaista	Toimintavarmuus	Tasalaatuinen tulos	Laaja puuraaka-ainevalikoima, hake käy seuloja vaihtamalla eri kokosiin laitoksiin.	Laaja raaka-ainevalikoima. Laatu ja tuottavuus hyvät suurten laitteiden tarpeisiin

Lähde: Kuitto, 2005

Murskaimet ovat suuren kokoluokan laitteita, jotka soveltuvat suurien määrien ja laadultaan vaihtelevien puuerien käsittelyyn. Tyypiltään ne voivat olla joko kiinteitä murskaimia tai mobiilimurskaimia. Murskaimen heikkoutena on epätasalaatuinen hake. Epätasalaatus ei kuitenkaan ole ongelma, jos haketta tuotetaan suurille laitoksille.

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.

Rumpuhakkurin terien kenttäeroitus. (Kuva: Tanja Lepistö)



5 Hakkeen keinokuivaus

Tällä hetkellä suurin osa Suomessa lämmitykseen käytetystä hakkeesta on kuivunut luonnonolosuhteissa palstalla ja varastokasassa. Kosteus luonnon kuivaamassa 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 aiheuttaa lisäkustannuksia.

Kuivurit voivat olla malliltaan kiinteitä tai liikuteltavia. Kaikissa malleissa kuivaus tapahtuu puhallettavalla ilmalla, joka ohjataan lattiassa olevien ilma-aukko-

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)



jen kautta hakkeeseen. Puhallusilma voi 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 talteen otettua lämpöä hakkeen kuivaamisessa.

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

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

Kuivatuksessa hakkeesta poistuva kosteus tiivistyy hallin yläosaan. Asian-

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 m³ ilmaa/ tunti/ i-m³.

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.
- Keskimääräinen sähkönkulutus yhden irtokuution kuivaamiseen on 6 - 10 kWh

mukaisesti 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 ²	12 i-m ³
Kiinteä kuivuri	11 kW	100 m ²	300 i-m ³

6 Energiapuukauppa

6.1 Energiapuun mittaus

Vuonna 2008 ilmestyi Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ja Metsätutkimuslaitoksen 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/tietopaketit/mittaus/aineistoja/energiapuun-mittausopas-2008.pdf>. Tässä energiapuun mitausta käsitellään pintapuolisesti.

Energiapuun määrän mittausmenetelmäksi tulee valita kulloinkin tarkoituksenmukaisin mukaisin vaihtoehto. Mittauksen dokumentoinnissa tulee ilmetä ainakin seuraavat asiat: mittaus-toimituksen osapuolet, mittauspaikka, mittaustulos, mittaussuureet ja mittausmenetelmä.

Varastosta mitataan kehystilavuus, josta johdetaan kiintotilavuus kiintotilavuusprosentin avulla. (Kuva: Tanja Lepistö)

Käytännössä energiapuun mittaus voi tapahtua kuormainvaakapunnituksella ja pinon kehysmittauksella, josta johdetaan pinon puumäärä kuutioissa. 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 tavalliselta kuluttajalta. Tällä hetkellä käytössä ovat ainakin €/tonni, €/m³, €/i-m³ ja €/MWh. Muuntokertoimia yksiköiden välille ja kaupankäynnin avuksi esitellään oppaan lopussa liitteessä kolme.



Energiapuun kauppatavat			
Kauppamuoto	Maksuperuste	Mitattavat asiat	Mittaustapa
Pystykauppa	€/ ha €/ m ³	ha m ³ kg	pinta-ala pinomitta kuormakuutiot
Tienvarsimitta	€/ m ³	i-m ³ pinotiiveys järeys	pinomitta paino, mikäli tieto saatavilla
Laitostoimitus	€/ i-m ³ €/ MWh	i-m ³ kosteus-% kuutiopaino	näytteen analysointi kuorman kuutiointi

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 tavaran määrä. Polttoaineen hinta vaikuttaa kustannuksiin kaikissa korjuun ja kuljetuksen vaiheissa. Haketuksen kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä on kerrottu toisaalla tässä oppaassa.

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

6.3 Kuivumisen vaikutus tuloihin

Energiapuu-erän 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-m³ = n. 40 m³) hake-erän arvo nousee tällöin viime vuosien keskiarvoinnoilla laskettuna 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.

Vastuuasiat

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.

Koneellisen energiapuun hakkuun työskentelyuraa käytetään myös metsäkuljetuksessa. On tarpeen tehdä riit-



tävän leveät urat, joilla kuormatraktori pääsee joustavasti ja turvallisesti liikkumaan leveän kuorman kanssa. Hakkuun yhteydessä on syytä ottaa huomioon upottavat tai mäkiiset 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, kuulonsuojaimet, suojavaatetus ja turvasaappaat (Kuva Teka 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			
Nimellisjännite, kV	Avojohto		Riippujohto
	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 kommentteista työn eri vaiheissa Esa Koskiniemi, Heikki Kykyri, Perttu Suonperä, Esko Koivukangas, Mauri Tuuna, Urpo Hassinen, V-P Kauppinen, Pekka Moilanen, Tuula Piri, Helena Sarvikas, Tapani Tasanen, Jussi Laurila sekä kaikki, jotka olette vieneet opasta eteenpäin yhteisissä keskusteluissamme.

E erityisen 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 [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 [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 [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 [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. Polttihakkeen 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 [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 [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 [Viitattu 4.1.2010]

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

Ylitalo, E. 2009. Puun energiakäyttö 2008. Metsätalostatiedote (SVT Maa-, metsä- ja kalatalous) 15/2009. [www-dokumentti] Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/tilatut/mtt/puupolttoaine2008.pdf> [Viitattu: 22.1.2010]

Liitteet

Liite 1. Esimerkkilaskelma ensiharvennuksen korjuukustannuksista, kun työ teet-
tään vieraalla. Laskelma sisältää vuonna 2010 maksettavat kemera-tuet (alv 0 %).

Hakkeen tilityshinta €/MWh laitokselle toimitettuna	17
Hakkeen energiasisältö MWh/i-m ³	0,8
Hakkuukertymä m ³ / ha	50
Lähikuljetusmatka m	100

Vaihtee 0,7 - 0,9 MWh / i-m³

	€	€	€
	Irtokuutio	Kiintokuutio	Hehtaari
Hakkeesta saatava hinta	13,60	34,00	1700,00
Energiapuun korjuutuki	2,80	7,00	350,00
Haketustuki	1,70	4,25	212,50
NMH tuki	2,02	5,05	252,60
Tulot yhteensä	20,12	50,30	2515,10
Hakkuukustannus	4,36	15,00	750,00
Metsäkuljetus	2,80	7,00	350,00
Haketus + kuljetus	6,00	15,00	750,00
Hallinto + työnjohto	1,00	2,00	100,00
Menot yhteensä	14,16	39,00	1950,00
Kantohinta	5,96	11,30	565,10

KEMERATUET

- Haketustuki 1,70 €/irtokuutio
- Energiapuun korjuutuki 7 €/kiintokuutio
- Nuoren metsän hoidon NMH – tuki (pinta-alatuki) 252,60 €/ha

1 Kiintokuutiosta tulee 2,5 irtokuutiota haketta

HUOM HINNAT KESKIMÄÄRÄISIÄ!!

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 omistumuoto (yksityinen, kuolinpesä tms.) _____

Tilan nimi _____ Kiinteistötunnus _____

Energiapuun myyjä on puuta ostavan organisaation, _____ osuuskunnan jäsen.

Energiapuuvaramon 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 _____ m³

Kemeratuki

Korjatulle puulle haetaan nuoren metsän hoidon kemeratukea: kyllä ____ ei ____

Pinta-alamatki maksetaan ostajalle ____ myyjälle ____ hakettajalle ____

Energiapuun korjuutuki maksetaan ostajalle ____ myyjälle ____ hakettajalle ____

Haketusuki maksetaan ostajalle ____ myyjälle ____ hakettajalle ____

Toteutusvelvityksen laadintatuki maksetaan _____ lle

Kemeratuen hanke nro. _____ sisältää kuviot _____

Pinta-ala ____ ha Puumäärä ____ m³

Kemeratuen hanke nro. _____ sisältää kuviot _____

Pinta-ala ____ ha Puumäärä ____ m³

Hinta- ja toimitustiedot

Omistusoikeus siirtyy ostajalle kauppakirjan allekirjoituksen yhteydessä.

Haketuksesta tielle mahdollisesti aiheutuva kunnostuskustannus kuuluu varaston myyjälle ____ ostajalle ____.

Varasto haketetaan ____ . ____ . ____ mennessä.

Hinta: ____ €/ MWh tai ____ €/ m³ tai ____ €/ i-m³

Maksu suoritetaan ____ . ____ . ____ mennessä tai ____ päivää haketuksen jälkeen.

Lisätietoja _____

Paikka ja aika

Myyjän allekirjoitus

Ostajan allekirjoitus

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

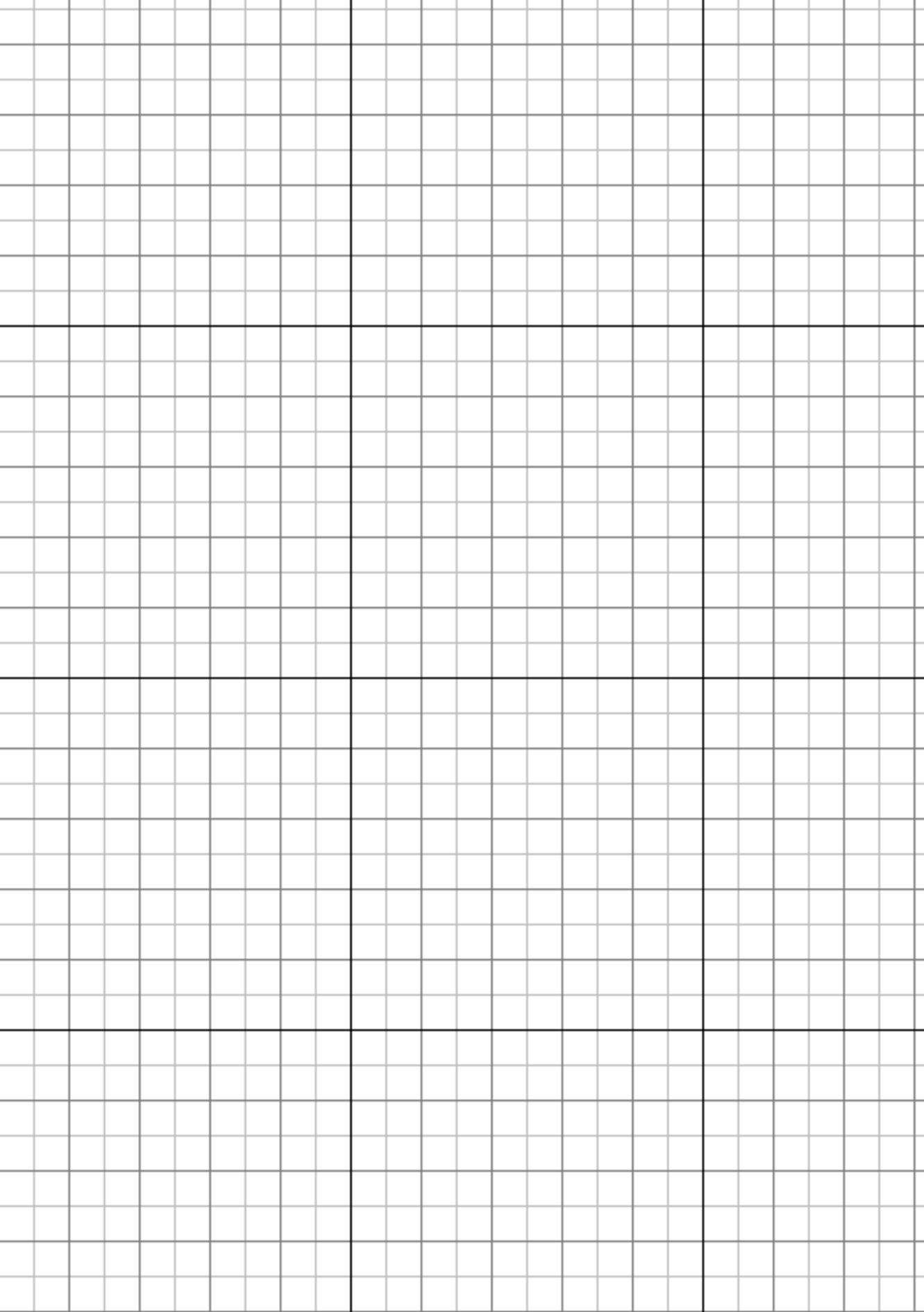
Tätä kauppakirjaa on tehty kaksi kappaletta, yksi Ostajalle ja yksi Myyjälle.

Liite 3. Energiapuukaupassa käytössä olevia yksiköitä ja muuntokertoimia.

kiintokuutiometri (m ³) puuta	=	2,5 irtokuutiometriä (i-m ³) haketta	=	noin 2 megawattituntia (MWh) energiaa
irtokuutiometri (i-m ³) haketta	=	noin 0,4 kiintokuutiometriä (m ³) puuta	=	0,7 - 0,9 megawattituntia (MWh) energiaa

Irtotiheyden (kg/i-m³) massa ja tilavuus mitattu toimitustilassa

Muistiinpanoja





Kehittyvä Metsäenergia -hanke



metsäkeskus
etelä-pohjanmaa

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Euroopan maaseudun
kehittämisen maaseuturahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

