



Jussi Laurila



Tapani Tasanen



Risto Lauhanen

Jussi Laurila, Tapani Tasanen ja Risto Lauhanen

## Metsäenergiapotentiaali ja energiapuun korjuun resurssitarpeet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella

**Laurila, J., Tasanen, T. & Lauhanen, R.** 2010. Metsäenergiapotentiaali ja energiapuun korjuun resurssitarpeet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2010: 355–365.

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalue käsittää Etelä- ja Keski-Pohjanmaan maakunnat sekä kolme kuntaa (Isokyrö, Laihia & Vähäkyrö) Pohjanmaan maakunnasta. Alueen teknis-taloudelliseksi metsäenergiapotentiaaliksi laskettiin 1,6 TWh/v. Mikäli myös männyn kannot hyödynnettäisiin energiakäyttöön, niin alueen teknis-taloudellinen potentiaali olisi jopa 2,7 TWh/v. Alueen vuotuisen teknis-taloudellisen metsäenergiapotentiaalin täysimääräiseen hyödyntämiseen tarvittaisiin paljon energiapuun korjuukalustoa ja kuljettajia. Eniten resursseja tarvittaisiin ensiharvennusten integroituun aines- ja energiapuun korjuuseen. Toiseksi eniten resursseja tarvittaisiin nuoren metsän hoitokohteiden energiapuun korjuuseen. Kaiken kaikkiaan koneita tarvittaisiin 185 kpl/v ja niihin kuljettajia kaksinkertainen määrä. Metsäenergiapotentiaalit laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen tuottamasta valtakunnan metsien inventointiaineistosta (VM110) kuntakohtaisesti Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialueelle. Lisäksi laskelmissa hyödynnettiin alan kirjallisuutta sekä metsäenergia-alan organisaatioiden keräämiä aineistoja. Tutkimuksessa käytetty laskentatapa palvelee käytännön tarpeita ja malli soveltuu myös muille metsäkeskusalueille. Alueellisten metsäenergiavarojen tunteminen edistää maamme metsien ekologista, sosiaalista ja taloudellista kestäväää käyttöä.

Asiasanat: energiapuu, Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalue, korjuuresurssit, metsäenergiapotentiaali

Yhteystiedot: Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Maa- ja metsätalouden yksikkö, Ähtäri

Sähköposti [jussi.laurila@seamk.fi](mailto:jussi.laurila@seamk.fi)

Hyväksytty 23.11.2010

Saatavissa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff10/ff104355.pdf>

## I Johdanto

**M**aamme hallitus on sitoutunut noudattamaan MEU:n ilmasto- ja energiapolitiikkaa. Bioenergian käyttöä tulee lisätä merkittävästi ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja energiaomavaraisuuden nostamiseksi. Euroopan Unionin komissio on esittänyt, että vuonna 2020 uusiutuvilla energianlähteillä tuotetun energian osuuden tulisi maassamme olla 38 % nykyisen 28,5 %:n sijasta (Energy.eu. 2010). Suomen olosuhteissa metsäbiomassalla on parhaat edellytykset kasvattaa uusiutuvan energian osuutta kokonaisenergiantuotannossa. Metsäenergiaan kohdistuvat suuret odotukset. Kansallisen metsäohjelman tavoitteena on nostaa metsähakkeen vuotuinen käyttö 8–12 miljoonaan kiintokuutiometriin vuoteen 2015 mennessä, kun vuonna 2008 metsähaketta käytettiin maassamme noin 4,6 miljoonaa kiintokuutiometriä (Kansallinen metsäohjelma 2008, Peltola 2009). Metsäenergian käytön lisääminen on ympäristöystävällistä ja se parantaa työllisyyttä maassamme.

Maamme ainespuuvarat tunnetaan melko tarkkaan jo noin 90 vuoden ajalta, sillä ensimmäinen Valtakunnan metsien inventointi tehtiin 1920-luvun alussa (Metsäntutkimuslaitos 2009). Metsävarojen tunteminen on tärkeää päätettäessä mm. teollisuuden kapasiteetista ja tehtaiden sijainnista. Vastaavia tarkkoja ja yksityiskohtaisia metsäenergiälaskelmia ei ole ollut tarpeen laatia, koska tähän asti metsäbiomassaa on ollut tarjolla kysyntää enemmän. Tilanne voi kuitenkin muuttua bioenergiaan kohdistuneiden lisäämistavoitteiden myötä. Metsäenergia on rajallinen voimavara uusiutuvuudestaan huolimatta (Hakkila 2004).

Potentiaalilaskelmien keskinäistä vertailua vaikeuttavat erilaiset potentiaalimääritelmät ja alueajat. Yleensä teoreettisella potentiaalilla tarkoitetaan sitä kokonaismäärää, joka voitaisiin hyödyntää energiakäyttöön, mikäli ei huomioitaisi mitään rajoitteita. Teknis-taloudellinen potentiaali saadaan, kun rajoitetaan teoreettista potentiaalia teknologisilla ja taloudellisilla tekijöillä. Rajoitteet johtuvat mm. korjuutekniikasta, tuotantologistiikasta, vaihtoehtoisten polttoaineiden hintakehityksestä, tuista, verotuksesta, päästökaupasta, energia- ja ilmasto-  
politiikasta, metsähakkeen laatuvaatimuksista jne.

Rajoitteiden yhteisvaikutusta on vaikeaa arvioida tarkkaan (Hakkila 2004). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalue (kuva 1) käsittää Etelä- ja Keski-Pohjanmaan maakunnat sekä kolme kuntaa (Isokyrö, Laihia & Vähäkyrö) Pohjanmaan maakunnasta. Valtakunnan metsien inventointitietoihin perustuvia koko Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen kattavia kuntakohtaisia metsäenergiapotentiaalilaskelmia ei ole aikaisemmin esitetty.

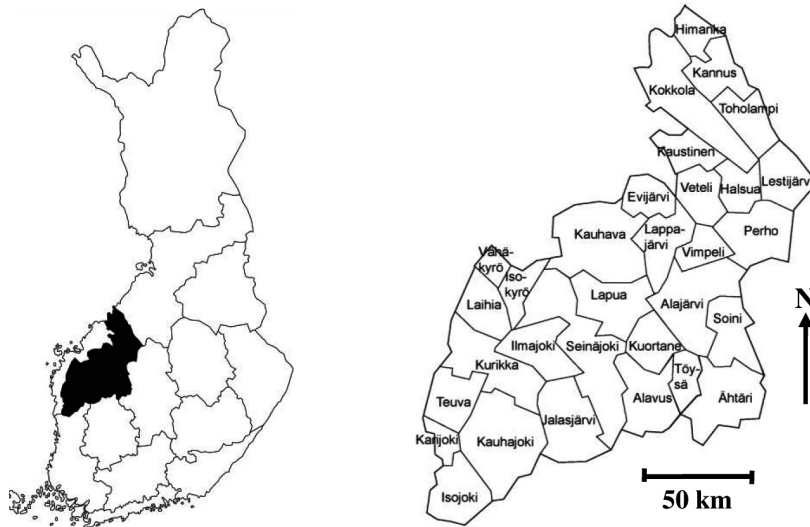
Pöyryn laatimassa maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannon mukaisessa raportissa (Maa- ja metsätalousministeriö 2006) metsäenergiapotentiaalit määritettiin maakunnittain. Etelä-Pohjanmaan maakunnan teknis-taloudelliseksi metsäenergiapotentiaaliksi saatiin 730 GWh vuodelle 2010 ja Keski-Pohjanmaan 240 GWh/v.

Keski-Pohjanmaan bioenergiaohjelmassa esitettiin Keski-Pohjanmaan maakunnan vuotuiseksi tekniseksi metsäenergiapotentiaaliksi noin 300 GWh/v ja teoreettiseksi potentiaaliksi 860 GWh/v. Koko Keski-Pohjanmaan maakunnan tekninen bioenergiapotentiaali oli noin 400 GWh/v (Härkönen 2008). Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuuden kehittämisstrategiassa esitettiin Etelä-Pohjanmaan maakunnan metsistä korjattavan energiapuun teknis-taloudelliseksi energiapotentiaaliksi noin 1,6 TWh/v (Uusiutuvaa voimaa Etelä-Pohjanmaalle 2008).

Lauhanen ja Laurila (2007) laskivat Etelä-Pohjanmaan Tavoite 2 -alueen metsäenergiapotentiaaloin vuonna 2007. Tavoite 2 -alueeseen kuuluivat Järvi-seudun, Kuusiokuntien, Eteläisten Seinänaapurien ja Suupohjan seutukunnat. Laskelmat tehtiin käyttäen ajantasaisesti VMI9-aineistoa. Tutkimuksessa Tavoite 2 -alueen metsäenergian vuotuiseksi tuotantopotentiaaliksi saatiin noin 0,9 TWh/v (Lauhanen & Laurila 2007).

Maidell ym. (2008) laskivat metsäenergiapotentiaalit maakunnittain ja saivat Etelä-Pohjanmaan maakunnan vuotuiseksi teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi 0,7 milj. m<sup>3</sup> eli noin 1,4 TWh/v, Keski-Pohjanmaan teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi 0,3 milj. m<sup>3</sup> eli noin 0,6 TWh/v ja Pohjanmaan teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi 0,3 milj. m<sup>3</sup> eli noin 0,6 TWh/v. Laskelmat perustuivat vuonna 2006 toteutuneisiin hakkuisiin ja metsänhoitotöihin.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsäenergiapotentiaali kunnittain Metsäntutkimuslaitoksen tuottamaa



Kuva 1. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialue.

valtakunnan metsien inventointiaineistoa (VMI10), alan kirjallisuutta sekä metsäenergia-alan organisaatioiden keräämiä aineistoja apuna käyttäen. Lisäksi tavoitteena oli selvittää energiapuunhankintaan tarvittavien koneiden ja ajoneuvojen sekä kuljettajien määrä. Alueellisista metsäenergiavaroista tarvitaan tietoa mm. päätöksenteon tueksi esimerkiksi lämpövoimalaitosten polttoaineen hankinta-alueita määrittäessä.

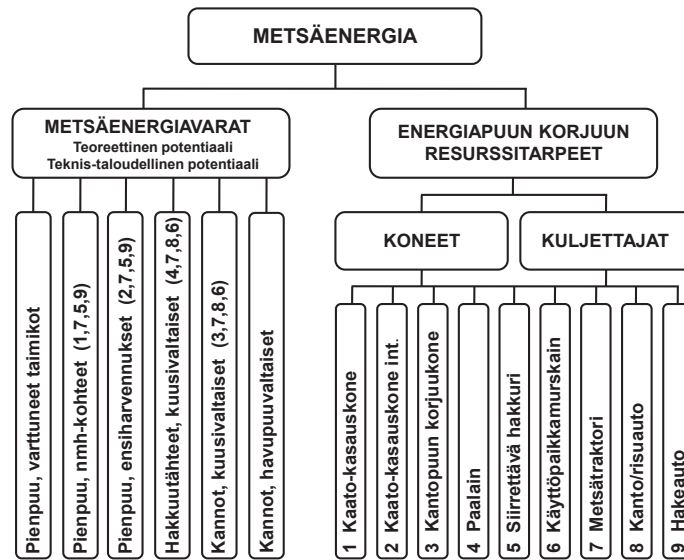
## 2 Aineisto ja menetelmät

Metsäenergiapotentiaali ja energiapuun korjuun resurssitarpeet laskettiin puuntuotannon metsämaalle Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialueelle kunnittain (kuva 1). Alueella oli vuoden 2009 alussa 31 kuntaa, joiden metsätalouden pinta-ala suojelualueineen oli yhteensä  $14\,600\text{ km}^2$  ja puuntuotannon metsämaa  $12\,500\text{ km}^2$  (Metsäntutkimuslaitos 2008). Puuntuotannon metsämaa käsittää metsämaan lukuun ottamatta suojelualueita. Suojelualueiden rajaukseen käytettiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kartta-aineistoa (Metsäntutkimuslaitos 2008). Potentiaalit laskettiin erikseen varttuneille taimikoille (T2), nuorille kasvatusmetsille (02) ja

uudistuskypsille metsille (04) Tapion kehitysluokituksen perustuen (Saarenmaa 2002). Energiapuun korjuun resurssitarpeet laskettiin konetyypeittäin. Tutkimuksen rakenne esitetään kuvassa 2.

Laskelmat perustuvat Metsäntutkimuslaitoksen kymmenenteen valtakunnan metsien inventointiaineistoon (VMI10) ja erityisesti maastossa tehtyihin hakkuuehdotuksiin, jotka perustuvat maastossa todettuun metsänhoidolliseen tilaan. VMI10-laskennoissa käytettiin vuosina 2004–2007 kerättyjä koalatietoja, joita oli yhteensä 10 757 kpl. Maastossa tehdyistä hakkuuehdotuksista lasketut hakkuukertymät eivät välttämättä vastaa kestävästä hakkuusuunnitusta. Hakkuuehdotukset on tehty seuraavalle 5-vuotiskaudelle ja ne esitetään VMI-aineistossa pinta-aloina kehitysluokittain ja hakkuutavoittain.

Metsäenergiapotentiaaleja määrittäessä energiapuun hakkuukertyminä käytettiin keskimääräisiä hehtaariohtaisia kertymiä, joiden tarkkuuden katsottiin olevan riittävä kuntatason tarkasteluun. Kertymät määritettiin tutkimuskirjallisuuden perusteella ja tiedot tarkistettiin metsäalan käytännön toimijoilta. Keskimääräisten kertymien käytöstä johtuen potentiaaleja ja korjuun resurssitarpeita tarkasteltiin myös herkkyyksianalyysin avulla, jossa selvitettiin  $\pm 20$  prosentin muutoksen vaikutusta lopputulokseen. Keskimääräiset kertymät sekä



**Kuva 2.** Tutkimuksen rakenne. Laskelmissa käytetyt korjuuketjut ovat numeroitu sulkumerkkien sisään korjuukohteittain. Lyhenteet: nmh = nuoren metsän hoito, kuusivaltaiset = kuusen osuus tilavuudesta vähintään 70 %, havupuuvaltaiset = kuusen osuus tilavuudesta alle 70 % ja toisena puulajina mänty tai pelkästään mäntypuustoiset alat, int. = integroitu aines- ja energiapuun korjuu.

herkkyysanalyysissä käytetyt kertymät kerrottiin VMI10-aineiston hakkuuehdotuspinta-aloilla kehitysluokittain ja hakkuutavoittain. Vuotuiseen potentiaaliin päästiin jakamalla 5-vuotiskauden tulokset viidellä. Teknis-taloudellisen kokonaispotentiaalin arvioitiin olevan 50 % teoreettisesta kokonaispotentiaalista (Hakkila 2004, Maa- ja metsätalousministeriö 2006, Lauhanen ja Laurila 2007, Maidell ym. 2008). Kokonaisuudessaan teknis-taloudelliset potentiaalit laskettiin kaavalla 1. Laskelmat käsittävät sekä kivennäis- että turvemaat ja kaikki metsämaan kasvupaikkatyyppit VMI10 hakkuuehdotusten mukaan. Laskelmissa käytettiin tuoreen kuorellisen puun energiasisältöä 2 MWh/m<sup>3</sup> (Alakangas 2000, Maa- ja metsätalousministeriö 2006).

$$P_{tt} = A_{hak} / 5 \times E_{\bar{x}} \times 0,5 \quad (1)$$

jossa:

$P_{tt}$  = Teknis-taloudellinen potentiaali, MWh/v

$A_{hak}$  = Hakkuuehdotuspinta-ala VMI10 mukaan (5-vuotiskausi), ha

$E_{\bar{x}}$  = Keskimääräinen hehtaarikohtainen energiapuukertymä, MWh/ha

## 2.1 Varttuneet taimikot ja nuoret kasvatusmetsät

Varttuneille taimikoille laskettiin ainoastaan vuotuisen teoreettinen potentiaali, koska pienen kertymän takia energiapuun korjuu näiltä kohteilta ei ole taloudellisesti kannattavaa. Laskelmissa varttuneiden taimikoiden keskimääräisenä kokopuukertymänä käytettiin 25 m<sup>3</sup>/ha, joka vastaa noin 50 MWh/ha (Sirén ym. 2001, Vesisenaho 2003, Hakkila 2004).

Nuoret kasvatusmetsät jaettiin laskelmissa toimenpiteen perusteella *nuoren metsän hoitokohteisiin* ja *ensiharvennuskohteisiin*. Nuoren metsän hoidolla tarkoitetaan tässä nuorissa kasvatusmetsissä tehtävää metsänhoitotoimenpidettä, josta voidaan korjata energiapuuta. Ainespuuta näistä kohteista ei oleteta kertyvän. Nuoren metsän hoitokohteilta energiapotentiaalia määritettäessä käytettiin keskimääräisenä kokopuukertymänä 50 m<sup>3</sup>/ha, joka vastaa noin 100 MWh/ha (Vesisenaho 2003, Maa- ja metsätalousministeriö 2006).

Tässä tutkimuksessa ensiharvennuskohteilla tarkoitetaan nuoria kasvatusmetsiä, joilta on korjattavissa sekä ainespuuta että energiapuuta. Näissä koh-

teissa korjuu voidaan tehdä integroituna korjuuna. Ensiharvennuksilta korjattavan energiapuupotentiaalin laskennassa käytettiin keskimääräisenä kokopuukertymänä  $35 \text{ m}^3/\text{ha}$ , joka vastaa noin  $70 \text{ MWh}/\text{ha}$  (Sirén 2001, Vesisenaho 2003, Hakkila 2004). Teollisuuden ainespuu ei kuulu mukaan energiapuukertymään.

## 2.2 Kuusivaltaiset ja havupuustoiset uudistuskypsät metsät

Kuusivaltaisiksi uudistuskypsiksi metsiksi määritettiin uudistusalat, joissa kuusen osuus tilavuudesta oli vähintään 70 %. Määritelmän tarkoituksena oli rajata mukaan uudistusalueet, joilta kuusen kantoja Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella käytännössä korjataan. Alaraja määritettiin Metsäliitolta saadun aineiston perusteella ( $n=11$ ). Aineiston mukaan kuusen keskimääräinen osuus kokonaistilavuudesta oli noin 80 % ja keskihajonta noin 10 % aloilla, joilla kuusen kantoja oli todellisuudessa korjattu energiakäyttöön. Keskiarvosta vähennettiin keskihajonta, jolloin kuusivaltaisuuden määritelmän alarajaksi saatiin 70 %. Tällöin normaalijakauman tapauksessa  $84\%$  ( $\sigma=34,1\%+34,1\%+13,6\%+2,1\%+0,1\%$ ) todennäköisyysmassasta kuuluu rajattuun alueeseen. Edellä kuvattua määritelmää tuki kaksi muuta alueellisesti merkittävää metsäenergiaorganisaation edustajaa (L&T Biowatti Oy & UPM-Kymmene Metsä). Kuusivaltaisten uudistusalojen energiapotentiaali laskettiin sekä kannoille että hakkuutähteelle. Kantojen keskimääräisenä kertymänä (kannot ja juurakot) käytettiin  $65 \text{ m}^3/\text{ha}$  joka vastaa noin  $130 \text{ MWh}/\text{ha}$ . Hakkuutähde-energiapotentiaalin laskennassa käytettiin keskimääräisenä kertymänä  $55 \text{ m}^3/\text{ha}$ , joka vastaa noin  $110 \text{ MWh}/\text{ha}$  (Hakkila 2004).

Kuusivaltaisten uudistusalojen lisäksi kantoenergiapotentiaali laskettiin myös havupuuvaltaisille uudistusaloille, joissa kuusen osuus tilavuudesta oli alle 70 % ja toisena puulajina oli mänty. Havupuustoisten uudistusalojen kantopotentiaali sisältää myös alat, joilla oli pelkästään mäntypuuta. Männyn kannot haluttiin ottaa tarkasteluun mukaan, koska osa metsäenergia-alan toimijoista nostaa myös männyn kantoja energiakäyttöön. Laskentaoletukset havupuustoisten uudistusalojen kantopotentiaaleille olivat samat kuin kuusivaltaisilla uudistusaloilla.

## 2.3 Korjuukaluston ja kuljettajien tarve

Metsäenergian korjuukaluston tarve laskettiin käyttäen Asikaisen (2004) määrittämiä metsähakkeen hankinnassa käytettävien koneiden ja ajoneuvojen vuosisuoritteita (taulukko 2). Laskelmissa oletettiin, että koneita ja ajoneuvoja käytetään kahdessa vuorossa, jolloin konetta kohti tarvitaan vähintään kaksi kuljettajaa. Koneiden vuotuinen työaika oli 10 kk lukuun ottamatta kantopuun korjuuseen soveltuvaa kaivinkonetta, jonka työaika oli laskelmissa 7 kk (Asikainen 2004). Nuorten kasvatusmetsien ensiharvennusten integroidussa aines- ja energiapuun korjuussa kaatokasauskoneen vuosisuoritteen arvioitiin olevan  $5\,000 \text{ m}^3/\text{v}$  energiapuun osalta (Asikainen 2004, Kärhä ja Mutikainen 2008).

Vuotuiset teknis-taloudelliset metsäenergiapotentiaalit ( $\text{m}^3$ ) jaettiin koneiden ja ajoneuvojen vuosisuoritteilla, jolloin saatiin tarvittavan konekaluston määrä kehitysluokittain sekä toimenpiteittäin. Lopuksi konekalusto- ja kuljettajatarpeet laskettiin yhteen kone- ja ajoneuvoluokittain. Pienpuun korjuuketjuksi nuoren metsän hoitokohteille oletettiin: kaatokasauskone, metsätraktori, siirrettävä hakkuri ja hakeauto. Ensiharvennusten integroiduksi pienpuun korjuuketjuksi valittiin: kaatokasauskone, metsätraktori, siirrettävä hakkuri ja hakeauto. Laskelmissa hakkuutähteen korjuuketjuksi oletettiin: paalain, metsätraktori, risuauto ja käyttöpaikkamurskain. Lisäksi kantojen korjuuketjuksi valittiin: kaivinkone, metsätraktori, kantoauto ja käyttöpaikkamurskain. Korjuuketjujen valintaperusteina olivat metsäkeskusalueella yleisesti käytössä olevat korjuuketjut tutkimusta vastaavilla kohteilla.

## 3 Tulokset

### 3.1 Varttuneet taimikot ja nuoret kasvatusmetsät

Varttuneille taimikoille (T2) laskettiin ainoastaan teoreettiset potentiaalit, koska nykyteknologialla taimikoiden energiapuun hyödyntäminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella varttuneiden taimikoiden vuotuinen teoreettinen potentiaali oli yhteensä  $690 \text{ GWh}/\text{v}$ .

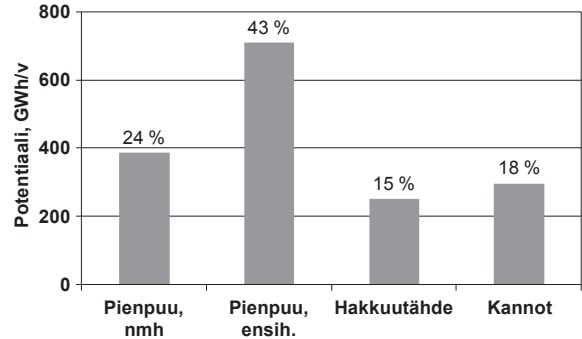
Suurin vuotuinen teoreettinen potentiaali oli Seinäjoella 63 GWh/v ja pienin Karijoella 6 GWh/v. Kaikkien kuntien keskimääräinen vuotuinen teoreettinen potentiaali oli 22 GWh/v.

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen nuoren metsän hoitokohteilla olevan vuotuisen teknis-taloudellisen metsäenergiapotentiaalin määrä oli yhteensä 387 GWh/v eli 193 485 m<sup>3</sup>/v (taulukko 1 & kuva 3). Herkkyysanalyysin mukaan vaihteluväli oli 310–464 GWh/v. Suurin vuotuinen teknis-taloudellinen potentiaali oli Kokkolassa 31 GWh/v ja pienin Karijoella ja Vähäsäkyrössä 3 GWh/v. Kaikkien kuntien keskimääräinen vuotuinen teknis-taloudellinen potentiaali oli 12 GWh/v.

Nuorten metsien hoitokohteiden teknis-taloudellisen potentiaalin täysimääräiseen hyödyntämiseen tarvittaisiin 19 kaatokasuskonetta, kuusi metsätraktoria, kuusi siirrettävää hakkuria ja kahdeksan hakeautoa (taulukko 2). Koneiden kuljettajia tarvittaisiin yhteensä 80. Herkkyysanalyysin mukainen alaraja oli 64 ja yläraja 96 kuljettajaa. Eniten kuljettajia tarvittaisiin kaatokasuskoneiden ohjaamiseen. Kaatokasuskoneiden ja niiden kuljettajien tarve olisi suurin alhaisesta vuosisuoritteesta johtuen.

Metsäkeskusalueen vuotuinen teknis-taloudellinen potentiaali nuorten kasvatusmetsien ensiharvennuskiltilta integroituna korjuuna oli yhteensä 709 GWh/v eli 354 603 m<sup>3</sup>/v (taulukko 1 & kuva 3). Herkkyysanalyysitarkastelun mukaan potentiaalin alaraja oli 567 ja yläraja 851 GWh/v. Kaikkien kuntien keskimääräinen vuotuinen teknis-taloudellinen potentiaali oli 23 GWh/v. Suurin potentiaali 53 GWh/v oli Kokkolassa ja pienin 7 GWh/v oli Karijoella ja Vähäsäkyrössä.

Nuorten kasvatusmetsien ensiharvennuskohdeiden vuotuisen teknis-taloudellisen potentiaalin integroituun korjuuseen energiapuun osalta tarvittaisiin 71 kaatokasuskonetta. Lisäksi tarvittaisiin 12 metsätraktoria, 12 siirrettävää hakkuria ja 14 hakeautoa. Kaatokasuskoneiden kuljettajia tarvittaisiin 142. Yhteensä koneiden kuljettajia tarvittaisiin 217 ja herkkyysanalyysin mukainen alaraja oli 174 ja yläraja 261 kuljettajaa.



**Kuva 3.** Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen vuotuiset teknis-taloudelliset metsäenergiapotentiaalit ”energiapuutavara-lajeittain” ja suhteelliset osuudet alueen teknis-taloudellisesta kokonaispotentiaalista.

### 3.2 Kuusivaltaiset ja havupuustoiset uudistuskypsät metsät

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen vuotuinen teknis-taloudellinen hakkuutähde-energiapotentiaali kuusivaltaisilla uudistusaloilla oli yhteensä 251 GWh/v eli 125 708 m<sup>3</sup>/v (taulukko 1 & kuva 3). Herkkyysanalyysin mukaan potentiaalin alaraja oli 201 GWh/v ja yläraja 302 GWh/v. Suurin vuotuisen teknis-taloudellinen hakkuutähdepotentiaali oli Kurikassa 23 GWh/v ja pienin Halsualla 1 GWh/v. Kuntien keskimääräinen hakkuutähdepotentiaali oli 8 GWh/v. Hakkuutähdepotentiaalin korjaamiseen tarvittaisiin viisi paalainta, neljä metsätraktoria, viisi risuautoa ja yksi käyttöpaiikkamurskain. Paalaimet sekä risuautot työllistäisivät kumpikin kymmenen kuljettajaa. Yhteensä koneiden kuljettajia tarvittaisiin 31. Herkkyysanalyysin mukaan kuljettajatarpeen alaraja oli 24 ja yläraja 37.

Alueen teknis-taloudellinen kantoenergiapotentiaali oli 297 GWh/v eli 148 564 m<sup>3</sup>/v (taulukko 1 & kuva 3). Herkkyysanalyysin mukainen potentiaalin vaihteluväli oli 238–357 GWh/v. Suurin vuotuinen teknis-taloudellinen kantopotentiaali oli Kurikassa 27 GWh/v ja pienin Halsualla 1 GWh/v. Kuntien keskimääräinen kantoenergiapotentiaali oli 10 GWh/v. Kuusivaltaisten uudistuskypsien metsien vuotuisen teknis-taloudellisen kantoenergiapotentiaalin korjuuseen tarvittaisiin yhdeksän kantuun korjuuseen soveltuvaa kaivinkonetta.

**Taulukko 1.** Yhteenveto Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen vuotuisista teknis-taloudellisista metsäenergiapotentiaaleista valtakunnan metsien inventoinnin (VMI10) hakkuuehdotusten sekä herkkyysohjauksen (+20 % keskimääräisistä hehtaarikohtaisista hakkuukohtaisista) mukaan pienpuun, hakkuutahtaiden sekä kantojen osalta gigawattitunteina kunnittain.

Kunta	Pienpuu nuoren metsän hoitokohteilta			Vuotuinen teknis-taloudellinen potentiaali			Kannot uudistus-hakkuulta (kuusivaltaiset)			Yhteensä					
	-20%	±0%	+20%	-20%	±0%	+20%	-20%	±0%	+20%	-20%	±0%	+20%			
		GWt/h/v			GWt/h/v			GWt/h/v			GWt/h/v				
Alajärvi	15	19	23	30	37	44	7	9	11	9	11	13	61	76	91
Alavus	11	13	16	18	22	27	4	4	5	4	5	6	36	45	54
Evijärvi	7	8	10	13	17	20	4	4	5	4	5	6	28	35	41
Halsua	9	11	13	11	14	16	1	1	1	1	1	1	21	26	32
Himanka	7	8	10	12	15	18	4	4	5	4	5	6	27	33	40
Ilmajoki	6	7	8	14	18	21	10	13	15	12	15	18	42	53	63
Isojoki	9	12	14	20	25	30	11	14	16	13	16	19	53	67	80
Isokyrö	4	6	7	9	12	14	5	7	8	6	8	9	25	32	38
Jalasjärvi	13	16	19	16	20	24	7	8	10	8	10	12	43	54	65
Kannus	12	15	18	18	22	27	3	4	5	4	5	6	37	46	55
Karjajoki	2	3	4	5	7	8	4	5	7	5	6	8	17	22	26
Kauhajoki	23	29	34	28	36	43	14	18	22	17	21	26	83	104	124
Kauhava	17	22	26	40	50	60	8	10	13	10	12	15	76	95	114
Kaustinen	8	10	12	13	16	20	2	3	3	3	3	4	26	33	39
Kokkola*	25	31	37	42	53	63	9	11	14	11	13	16	87	109	130
Kuortane	7	8	10	13	17	20	3	4	5	4	5	6	27	34	40
Kurikka	11	13	16	24	30	36	18	23	27	21	27	32	74	93	111
Laihia	7	9	10	18	22	27	12	15	18	14	17	21	50	63	75
Lappajärvi	7	9	11	16	20	24	4	5	5	4	5	6	31	39	46
Lapua	9	11	14	23	29	35	7	9	10	8	10	12	47	59	71
Lestijärvi	10	12	14	17	21	25	3	4	5	4	5	6	33	41	49
Perho	13	16	20	20	25	30	3	4	5	4	5	5	40	50	60
Seinäjoki	18	23	27	31	39	47	12	15	18	14	17	21	75	94	113
Soini	7	9	11	18	23	28	6	7	9	7	9	11	39	49	58
Teuva	7	9	10	15	19	22	12	16	19	15	18	22	49	61	74
Toholampi	12	15	18	17	21	25	4	5	6	5	6	7	38	47	57
Töysä	4	5	6	7	9	10	3	4	4	3	4	5	18	22	26
Veteli	10	13	15	17	21	26	4	5	6	5	6	7	36	45	55
Vimpeli	5	6	7	9	11	14	3	4	4	3	4	4	20	25	30
Vähäkylä	2	3	3	5	7	8	2	3	4	3	4	4	13	16	19
Ähtäri	12	15	17	27	33	40	11	14	17	13	17	20	63	79	95
<b>Metsäkeskus</b>	310	<b>387</b>	464	567	<b>709</b>	851	201	<b>251</b>	302	238	<b>297</b>	357	1316	<b>1645</b>	1974

\* Kokkola mukana ainoastaan Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen osalta (Kälviä, Lohja ja Ullava)

**Taulukko 2.** Yhteenvedo sekä herkkyyshanalyysi ( $\pm 20\%$  keskimääräisistä hehtaarikohtaisista hakkuukertymistä) korjuukaluston ja koneenkuljettajien tarpeesta vuotuisen teknis-taloudellisen metsäenergiapotentiaalin hankinnan osalta. (int. = integroitu korjuu).

Konetyyppi	Vuosisuorite m <sup>3</sup>	Teknis-taloudellinen potentiaali, 1000 m <sup>3</sup> /v			Konetarve, kpl			Kuljettajatarve, hlöä		
		-20%	$\pm 0\%$	+20%	-20%	$\pm 0\%$	+20%	-20%	$\pm 0\%$	+20%
Kaatokasauskone	10000	155	<b>193</b>	232	15	<b>19</b>	23	31	<b>39</b>	46
Kaatokasauskone, int.	5000	284	<b>355</b>	426	57	<b>71</b>	85	113	<b>142</b>	170
Kantopuun korjuukone	17000	119	<b>149</b>	178	7	<b>9</b>	10	14	<b>17</b>	21
Paalain	25000	101	<b>126</b>	151	4	<b>5</b>	6	8	<b>10</b>	12
Siirrettävä hakkuri	30000	438	<b>548</b>	658	15	<b>18</b>	22	29	<b>37</b>	44
Käyttöpaikkamurskain	120000	219	<b>274</b>	329	2	<b>2</b>	3	4	<b>5</b>	5
Metsätraktori	30000	658	<b>822</b>	987	22	<b>27</b>	33	44	<b>55</b>	66
Kanto- tai risuauto	25000	219	<b>274</b>	329	9	<b>11</b>	13	18	<b>22</b>	26
Hakeauto	25000	438	<b>548</b>	658	18	<b>22</b>	26	35	<b>44</b>	53
<b>Yhteensä</b>								296	<b>370</b>	444

Metsätraktoreita tarvittaisiin viisi, kantoautoja kuusi ja käyttöpaikkamurskaimia yksi. Eniten tarvittaisiin kaivinkoneenkuljettajia kannonnostoon. Yhteensä koneiden ja ajoneuvojen kuljettajia tarvittaisiin 42. Herkkyyshanalyysin mukainen kuljettajatarpeen alaraja oli 33 ja yläraja 50.

Mikäli kaikilta havupuustoisilta (mänty ja kuusi) uudistusaloilta korjattaisiin kantoenergiaa, niin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen vuotuinen teknis-taloudellinen kantoenergiapotentiaali olisi 1327 GWh/v. Potentiaalin lisäys tulisi männynkannoista. Eniten potentiaalia oli 99 GWh/v Seinäjoella ja vähiten 11 GWh/v Vähäsäkyrössä. Männyn kantoja korjattaessa konekalustoa ja kuljettajia tarvittaisiin vielä huomattavasti enemmän, kuin mitä edellä esitettiin.

### 3.3 Potentiaalien alueellinen jakautuminen

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen keskimääräinen hehtaarikohtainen teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali metsämaan pinta-alaa kohti tarkasteltuna oli 1,4 MWh/ha/v. Pienin potentiaali oli Alavudella 0,9 MWh/ha/v ja suurin Laihialla 2,0 MWh/ha/v. Suurimmat suhteelliset kuntakohtaiset teknis-taloudelliset potentiaalit sijaitsivat Etelä-Pohjanmaan maakunnan (Ilmajoki, Kurikka, Teuva, Karijoki ja Isojoki) länsiosissa sekä Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueeseen kuuluvan Pohjanmaan maakunnan osassa (Vähäkyrö, Isokyrö ja Laihia).

Keskimääräistä suuremmat potentiaalit olivat myös Keski-Pohjanmaan maakunnassa Himangalla, Kokkolassa ja Vetelissä.

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Potentiaalit

Tutkimuksessa selvitettiin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsäenergiapotentiaali valtakunnan metsien inventointitietoja (VMI10) apuna käyttäen. Potentiaalit laskettiin kuntakohtaisesti ja koko alueen vuotuinen teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali oli yhteensä 1,6 TWh/v. Herkkyyshanalyysitarkastelun mukainen metsäenergiapotentiaalin alaraja oli noin 1,3 ja yläraja 2,0 TWh/v. Suurimman osan potentiaalista muodosti nuorten kasvatusmetsien ensiharvennusten energiapuu. Kuntakohtaiset erot johtuvat puuntuotannon metsämaan pinta-alasta, metsien rakenteesta ja metsien metsänhoidollisesta tilasta.

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen vuotuinen teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali olisi jopa noin 2,7 TWh/v, mikäli mukaan laskettaisiin myös kaikkien havupuuvältaisten (kuusen osuus tilavuudesta < 70%) uudistusalojen mäntyjen kantoenergiapotentiaali. Männyn kantojen nosto ei kuitenkaan ole aina mahdollista korjuuteknologisista ja ravinnetaloudellisista syistä johtuen, koska mänty



kasvaa luontaisesti karummilla kasvupaikoilla kuin kuusi. Kannonostokohteiden sekä hakkuutähteiden että kokopuun korjuukohteiden rehevyyden tulisi olla vähintään kuivahkon kankaan tasoa tai viljavampaa. Karuulta kasvupaikoilta kantoja, hakkuutähteitä ja kokopuuta ei tule suositusten mukaan korjata, koska metsän ravinnetalous voi siitä kärsiä (Koistinen ja Äijälä 2005, Äijälä ym. 2010). Kantojen, hakkuutähteiden ja kokopuun korjuun ravinnetalousvaihtokuituksia ei tunneta vielä kovin tarkkaan ja tämän vuoksi ohjeissa noudatetaan varovaisuusperiaatetta. Karujen kasvupaikkojen energiapuupotentiaalit ovat marginaalisia, mutta niitäkin voitaneen hyödyntää, kunhan korjuussa poistuvien raviteiden määrä korvataan lannoituksella. Rankapuun korjuuta hyvän metsänhoidon suosituksissa ei rajoitetta ravinnetaloudellisista syistä ja rankaa voidaankin korjata kailkelta talousmetsien harvennuskohteilta (Äijälä ym. 2010). Tulevaisuudessa teknis-taloudellista metsäenergiapotentiaalia kasvattanee lisäksi varttuneiden taimikoiden (T2) taimikonhoitokohteet, joilta energiapuun korjuu voi tulla kannattavaksi teknologian kehittymisen myötä.

Tulosten vertailua aikaisempiin selvityksiin alue-tasolla vaikeuttavat erilaiset aluejaot ja potentiaali-määrittelmät. Lauhasen ja Laurilan (2007) laskemasta Tavoite 2 -alueen teknis-taloudellisesta potentiaalista saadaan Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen tuotantopotentiaaliksi 1,6 TWh/v, joka on sama kuin tässä tutkimuksessa saatu tulos. Laskelma on kuitenkin yleistävä eikä se huomioi kuntakohtaisia eroja. Maidellin ym. (2008) raportista voitiin laskea kolmen maakunnan perusteella Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi noin 2,1 TWh/v. Raportti perustuu vuonna 2006 toteutuneisiin hakkuihin ja metsänhoitotöihin (Maidell ym. 2008). Samalla periaatteella laskien saadaan Pöyry Consultingin laatiman maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannon mukaisen raportin perusteella Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi noin 1,1 TWh/v vuodelle 2010 (Maa- ja metsätalousministeriö 2006). Aikaisempia VMI -aineistoon perustuvia kuntakohtaisia potentiaalilaskelmia ei ole esitetty koko Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelta koskien.

## 4.2 Resurssitarpeet

Vuotuisen teknis-taloudellisen metsäenergiapotentiaalin täysimääräinen hyödyntäminen työllistäisi Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella yhteensä 370 koneenkuljettajaa. Herkkyysanalyysitarkastelun mukainen kuljettajatarpeen alaraja oli 296 ja yläraja 444. Aluetalousvaikutuksilta määrä olisi merkittävä. Metsäenergian hankinnassa käytettävien koneiden, ajoneuvojen ja kuljettajien määrät laskettiin Asikaisen (2004) esittämiä vuosisuoritteita hyödyntäen. Laskelmissa koneita oletettiin käytettävän kahdessa vuorossa. Käytännössä kaikki metsäenergian parissa työskentelevät koneet ja laitteet eivät kuitenkaan työskentele kahdessa vuorossa. Tällöin konekohtainen vuosisuorite on alempi kuin laskelmissa käytetyt arvot, joten todellisuudessa koneyksiköiden määrä olisi vielä suurempi kuin laskelmissa esitetään. Voimavaroja tarvittaisiin vielä huomattavasti enemmän, mikäli kantoenergiaa korjattaisiin myös männyn uudistusaloilta. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelle ei ole tehty aikaisempia energiapuun korjuun resurssitarvelaskelmia. Koko maata koskevat laskelmat osoittavat, että nykytasolla metsäenergian hankinnassa tarvitaan 2000 työntekijää. Maksimivaihtoehdossa metsäenergian tuotannon ja käytön työvoimatarve on vuonna 2020 noin 7000 työntekijää (Helynen ym. 2007).

## 4.3 Laskentoihin liittyvät epävarmuudet

Absoluuttisen tarkkoja metsäenergiapotentiaaleja ei voida esittää, koska potentiaalilaskentoihin liittyy aina epätarkkuustekijöitä. Lisäksi joudutaan tekemään jonkin verran oletuksia. Tässä tutkimuksessa metsäenergiavaralaskelmissa käytettiin keskimääräisiä kirjallisuuteen perustuvia hehtaarikohtaisia energiapuukertymiä. Hehtaarikohtaisiin kertymiin vaikuttaa metsien rakenne, kasvupaikka, metsien metsänhoidollinen tila ja muut tekijät. Esimerkiksi integroitu korjuu ensiharvennuksilta ei aina käytännössä toteudu, sillä on mahdollista, että koko hakkuukertymä hyödynnetään energiantuotantoon, jolloin kertymä on keskimääräistä suurempi. Hakkuutähteiden ja kantojen kertymä on suoraan sidoksissa alueelta hakattuun ainespuumäärään. Suuria pinta-aloja laskennallisesti käsiteltäessä jo muutaman

kuutiometrin virhe hehtaarikohtaisessa kertymässä vaikuttaa merkittävästi lopputulokseen. Keskimääräisistä kertymistä mahdollisesti johtuvia virheitä haarukoitiin herkkyysoanalyysitarkastelulla.

Aikaisempien metsäenergiapotentiaalilaskelmien perusteella teknis-taloudellisen potentiaalioletettiin olevan puolet teoreettisesta potentiaalista (Hakkila 2004, Maa- ja metsätalousministeriö 2006, Lauhanen ja Laurila 2007, Maidell ym. 2008). Absoluuttisen tarkan suhteen esittäminen teoreettisen ja teknis-taloudellisen potentiaalioletteen välille on kuitenkin vaikeaa.

Kantoja nostetaan Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella pääasiassa kuusivaltaisilta uudistusaloilta. Tässä tutkimuksessa kuusivaltaisiksi uudistuskypsiksi metsiksi määriteltiin alat joissa kuusen osuus tilavuudesta oli vähintään 70 %. Absoluuttisen tarkkaa kuusivaltaisuuuden määritelmää ei kuitenkaan voida esittää. Maastossa käytännön toimissa kuusivaltaisuuuden määrittäminen on tapauskohtaista ja perustuu aina jossain määrin arvioon. Pienempi kuusen osuus kuusivaltaisuuuden määritelmässä kasvattaisi laskelmien hakkuutähteen ja kantojen korjuupinta-aloja sekä metsäenergiapotentiaaleja ko. luokassa jolloin osa potentiaalioletteen lisäyksestä tulisi männyn kannoista ja hakkuutähteistä.

Puun energiasisältöön vaikuttaa oleellisesti puuaineen kosteus. Tuoreen puun energiasisältö on alempi kuin kuivan. Laskelmissa käytettiin yleisesti potentiaalilaskelmissa käytettyä tuoreen kuorellisen puuaineen energiasisältöä 2 MWh/m<sup>3</sup> (Alakangas 2000). Käytännössä energiapuu käytetään kuitenkin kaatotuoreta kuivempuna, jolloin energiasisältö on suurempi kuin 2 MWh/m<sup>3</sup>. Tästä johtuen myös todellinen teknis-taloudellinen potentiaali lienee korkeampi kuin käsillä olevassa tutkimuksessa esitetyt luvut.

Tutkimuksessa käytetyn laskentatavan hyviä puolia ovat mm. uusimman VMI10-aineiston käyttö, kuntakohtaisuus ja monistettavuus muille metsäkeskusalueille. Tutkimus poikkeaa aikaisemmista potentiaalilaskelmista erityisesti kuntatason lähestymistavan ja VMI-hakkuuehdotusten käytön ansiosta. Puutason biomassamalleilla olisi mahdollista laskea edelleen tarkempia tilakohtaisia ja jopa kuviokohtaisia metsäenergiapotentiaaleja, mutta tässä yhteydessä niiden käyttö ei ollut perusteltua.

#### 4.4 Tulosten hyödynnettävyys

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää metsäenergian tuotannon ja käytön alueellisessa suunnittelussa ja päätöksenteossa. Lisäksi tuloksia voidaan hyödyntää uusituvan energian käyttöön liittyviä strategioita luotaessa, aluetaloudellisia vaikutuksia tarkasteltaessa sekä alan koulutusta ja aloituspaikkoja suunniteltaessa. Tulokset palvelevat lämpölaitoksia, metsäorganisaatioita, kuntia, oppilaitoksia, alkuutuottajia ja muita energia-alan toimijoita. Tutkimuksessa käytetty laskentatapa soveltuu myös muille metsäkeskusalueille. Alueellisten metsäenergiavarojen tunteminen turvaa osaltaan metsiemme ekologista, sosiaalista ja taloudellista kestävästä käytöstä.

### Kirjallisuus

- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoainoiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045. 172 + 17 s.
- Asikainen, A. 2004. Puunkorjuu ja kuljetus. Teoksessa: Harstela, P. (toim.). Metsähake ja metsätalous. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 913: 26–36.
- Energy.eu. 2010. Europe's Energy Portal. [Internetsivu] Saatavissa: <http://www.energy.eu/#renewable> [Viitattu 26.3.2010]
- Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Metsähakkeen tuotantoteknologia. Loppuraportti. Tekes. Teknologiaohjelmaraaportti 5/2004. 135 s.
- Helynen, S., Flyktman, M., Asikainen, A. & Laitila, J. 2007. Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet. VTT tiedotteita 2397. 66 s.
- Härkönen, M. 2008. Keski-Pohjanmaan bioenergiaohjelma 2007–2013. 73 s.
- Kansallinen metsäohjelma 2015. 2008. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3/2008. [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: [http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywg0T9jr/3\\_2008FI\\_netto.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywg0T9jr/3_2008FI_netto.pdf). [Viitattu 7.5.2009]. 44 s.
- Koistinen, A. & Äijälä, O. 2005. Energiapuun korjuu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 40 s.
- Kärhä, K. & Mutikainen, A. 2008. Moipu 400ES ensiharvennuspuiden integroidussa korjuussa. TTS tutkimuksen tiedote. Luonnonvara-ala: metsä 10/2008 (726). 6 s.

- Lauhanen, R. & Laurila, J. 2007. Etelä-Pohjanmaan tavoitte 2 -alueen metsäenergiapotentiaali. Teoksessa: Lauhanen, R. & Laurila, J. (toim.). Bioenergian hankintalogistiikka. Tapausutkimuksia Etelä-Pohjanmaalta. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. s. 11–25.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2006. Metsäenergian tuotannon, korjuun ja käytön kustannustehokkuus sekä tukijärjestelmien vaikuttavuus päästökaupan olosuhteissa. Pöyry Forest Industry Consulting Oy. 52A07161-Ejpc-1. 9.8.2006. Loppuraportti. 47 s.
- Maidell, M., Pyykkönen, P. & Toivonen, R. 2008. Metsäenergiapotentiaalit Suomen maakunnissa. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita 106 (helmikuu 2008). 42 s.
- Metsäntutkimuslaitos. 2008. Valtakunnan metsien 10. inventointi. Excel-taulukot.
- Metsäntutkimuslaitos. 2009. Valtakunnan metsien inventoinnin historia. [Verkkójulkaisu]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-historia.htm>. [Viitattu 13.3.2009].
- Peltola, A. (toim.) 2009. Metsätilastollinen vuosikirja 2008. Metsäntutkimuslaitos. 456 s.
- Saarenmaa, L. 2002. Metsien luokitus. Teoksessa: Hyvämäki, T. (toim.) 2002. Tapion taskukirja. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. s. 311–322.
- Sirén, M., Tantu, V. & Aaltio, H. 2001. Metsähakkeen korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet ensiharvennuksissa – PUUT04. Teoksessa: Alakangas, E. (toim.). Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2001. VTT Symposium 216. s. 77–93.
- Uusiutuvaa voimaa Etelä-Pohjanmaalle. Etelä-Pohjanmaan energiaomavaraisuuden kehittämisstrategia. 2008. Raportteja 27. Helsingin yliopisto. Ruralia-instituutti. 53 s.
- Vesisenaho, T. 2003. Puuperäiset polttoaineet – metsähakkeet. Teoksessa: Knuuttila, K. (toim.) 2003. Puuenergia. Jyväskylä 2003. s. 37–40.
- Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 31 s.

## 20 viitettä