

*Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen
työpapereita*

*Pellervo Economic Research Institute
Working Papers*

Nro 106 (helmikuu 2008)

**METSÄENERGIAPOTENTIALIT
SUOMEN MAAKUNNISSA**

**Marjo Maidell
Perttu Pyykkönen
Ritva Toivonen**

Helsinki, helmikuu 2008

Tutkimus on osa Maatilatalouden kehittämisrahaston rahoittamaa BioReg -hanketta, jota koordinoi Helsingin yliopisto.

ISBN 978-952-5594-85-0 (PAP)

ISBN 978-952-5594-86-7 (PDF)

ISSN 1455-4623 (PAP)

ISSN 1796-4784 (PDF)

Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos PTT

Pellervo Economic Research Institute PTT

Eerikinkatu 28 A

00180 Helsinki

Helsinki 2008

MARJO MAIDELL - PERTTU PYYKKÖNEN - RITVA TOIVONEN. 2008. METSÄENERGIAPOTENTIALIT SUOMEN MAAKUNNISSA. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita nro. 106. 42 s. ISBN 978-952-5594-85-0 (NID), ISBN 978-952-5594-86-7 (PDF), ISSN 1455-4623 (NID), ISSN 1796-4784 (PDF)

Tiivistelmä: Tutkimuksessa esitetään arvio vuosittain korjattavissa olevasta metsäenergian määrästä Suomen maakunnissa. Energiapuupotentiaali lasketaan kolmella eri tasolla: Teoreettisella, teknis-taloudellisella ja tarjontahalukkuuden mukaisella tasolla. Nämä potentiaalit eroavat toisistaan siten, että niiden laskennassa on otettu huomioon eriasteisia korjuuta rajoittavia tekijöitä. Laskelmien pohjana ovat vuonna 2006 toteutuneet hakkuut ja metsänhoitotyöt, joiden yhteydessä syntyvä hakkuutähde, pieniläpimittainen puu ja kannot muodostavat energiapuuksi kelpaavan biomassan.

Tulosten mukaan Suomen teoreettinen metsäenergiapotentiaali on 27,6 miljoonaa m³, teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali on 12,0 miljoonaa m³ ja tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali 7,9 miljoonaa m³. Metsäenergiapotentiaali on keskittynyt Itä- ja Keski-Suomeen.

Puun energiakäyttöä lisäämällä on mahdollista kasvattaa uusiutuvien energianlähteiden osuutta energiantuotannossa. Tulosten mukaan puun energiakäyttöä on mahdollista lisätä maakunnasta riippuen huomattavastikin. Raaka-aineen saatavuutta ajatellen suurimmat mahdollisuudet käytön lisäämiselle ovat Pohjois-Savossa, jossa vuoden 2006 metsähakkeen käyttö vastaa vain 8 % teknis-taloudellisesta metsäenergiapotentiaalista. Puun energiakäyttö tukee aluetalouksia, sillä energian- ja lämmöntuotannon kasvu aiheuttaa alueellisia tulo- ja työllisyysvaikutuksia.

Avainsanat: Metsäenergiapotentiaali, maakunnat, bioenergia

MARJO MAIDELL - PERTTU PYYKKÖNEN - RITVA TOIVONEN. 2008. REGIONAL POTENTIALS FOR FOREST-BASED ENERGY IN FINLAND. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No. 106. P. 42. ISBN 978-952-5594-85-0 (NID), ISBN 978-952-5594-86-7 (PDF), ISSN 1455-4623 (NID), ISSN 1796-4784 (PDF)

Abstract: This study presents estimates of the amount of forest-based energy that can be collected annually in the Finnish regions. The forest-based energy potential is estimated on three different levels: theoretical, techno-economic and supply-based. These potentials differ due to the differing limitations applied in the calculations. The calculations are based on the commercial roundwood removals and silvicultural works carried out in 2006. Left-over biomass from these operations, such as logging residues, stumps and small-diameter trees constitutes the forest-based energy potential.

According to the results the theoretical forest-based energy potential in Finland is 27.6 mill. m³, the techno-economic potential is 12.0 mill. m³ and the supply-based potential is 7.9 mill. m³. The forest-based energy potential is concentrated in the Eastern and Central Finland.

Increasing the production of wood-based energy would boost the use of renewable energy sources. The results of this study indicate that, depending on the region, it is possible to notably increase the use of forest-based energy. In terms of the availability of the raw material, the best possibilities to increase the use of forest-based energy exist in Northern Savo. In this region the use of forest chips covers only 8% of the techno-economic forest-based energy potential. The use of wood-based fuels enhances regional economies through regional income and employment effects.

Key words: Forest-based energy potential, Finnish regions, bioenergy

SISÄLLYS

YHTEENVETO	1
SUMMARY	3
1. TAUSTA JA TAVOITTEET	5
1.1. Johdanto.....	5
1.2. Tavoitteet.....	8
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	10
3. HAKKUUTÄHDEPOTENTIAALI.....	14
3.1. Teoreettinen hakkuutähdepotentiaali.....	14
3.2. Teknis-taloudellinen hakkuutähdepotentiaali.....	16
3.3. Tarjontahalukkuuden mukainen hakkuutähdepotentiaali.....	18
4. PIENPUUPOTENTIAALI.....	19
4.1. Teoreettinen pienpuupotentiaali.....	19
4.2. Teknis-taloudellinen pienpuupotentiaali.....	22
4.3. Tarjontahalukkuuden mukainen pienpuupotentiaali.....	24
5. KANTOPOTENTIAALI.....	26
5.1. Teoreettinen kantopotentiaali.....	26
5.2. Teknis-taloudellinen kantopotentiaali.....	27
5.3. Tarjontahalukkuuden mukainen kantopotentiaali.....	28
6. METSÄENERGIAPOTENTIAALI SUOMEN MAAKUNNISSA.....	30
7. PÄÄTELMÄT JA TARKASTELU.....	36
LÄHDELUETTELO.....	39

YHTEENVETO

Tutkimuksen tulosten mukaan Suomen teoreettinen metsäenergiapotentiaali on 27,6 milj. m³ (55,1 TWh), teknis-taloudellinen potentiaali on 12,0 milj. m³ (23,5 TWh) ja tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali on 7,9 milj. m³ (15,4 TWh). Metsäenergiapotentiaali jakautuu epätasaisesti eri maakuntien välille, painottuen Itä- ja Keski-Suomeen.

Vuosittaista metsähakkeen energiakäyttöä Suomessa olisi mahdollista kasvattaa lähes nelinkertaiseksi (vuodesta 2006) ennen kuin teknis-taloudellinen potentiaali saavutettaisiin. Raaka-ainepohja mahdollistaisi metsäenergian tuotannon lisäyksen, tosin kasvumahdollisuudet vaihtelevat maakuntien välillä. Enimmillään metsähakkeen käyttöä olisi mahdollista lisätä jopa yli kymmenkertaiseksi. Metsäenergian parempi hyödyntäminen tarjoaisi osaratkaisun EU:n asettamiin vaatimuksiin uusiutuvien energianlähteitten käytön lisäämisestä. Jos metsäenergian käyttö kasvaisi nykyisestä siihen määrään, jonka metsänomistajat ovat valmiita tarjoamaan, olisi lisäys noin 2,5 % koko Suomen energiatarpeesta. Tämä vastaisi noin viidennestä EU:n ehdotuksen mukaisesta uusiutuvan energian käytön lisäystarpeesta. Lisäksi metsäenergian tuotanto synnyttää alueellisia tulo- ja työllisyysvaikutuksia.

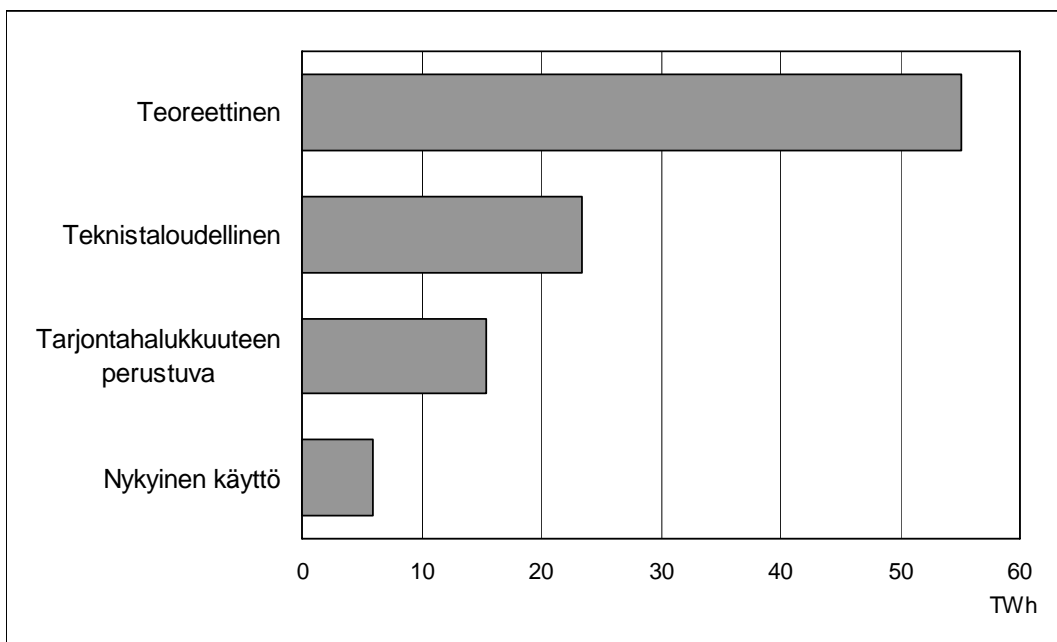
Tutkimuksessa arvioitiin maakuntakohtaisia, vuotuisesti korjattavissa olevia metsäenergiapotentiaaleja kolmella eri tasolla. Teoreettisessa potentiaalissa energiapuun korjuuta eivät rajoita biologiset, tekniset tai taloudelliset seikat eikä metsänomistajien tarjontahalukkuuden puute. Teknis-taloudellisessa potentiaalissa huomioidaan korjuun tekniset rajoitteet ja taloudellinen kannattavuus. Tarjontahalukkuuden mukaisessa potentiaalissa on teknis-taloudellisten rajoitteiden lisäksi huomioitu metsänomistajien energiapuun tarjontahalukkuus.

Yksityismetsänomistajien halukkuus energiapuun myyntiin perustuu vuodenvaihteessa 1999–2000 kerättyyn aineistoon. Aineiston iästä huolimatta tarjontahalukkuuden mukaisen ja teknis-taloudellisen potentiaalın välinen ero osoittaa, että metsänomistajien tarjontahalukkuus on tärkeä tekijä energiapuun saamisessa markkinoille. Metsänomistajien energiapuun tarjontahalukkuutta olisi mahdollista edistää neuvonnalla sekä luomalla energiapuun mittaamista ja hinnoittelua selkeyttävä järjestelmä.

Vuonna 2006 suomalaisissa lämpö- ja voimalaitoksissa käytettiin 3,1 milj. m³ metsähaketta. Käytetystä metsähakkeesta 57 % oli hakkuutähdettä, 19 % karsimatonta pienpuuta, 15 % kantoja ja juurakoita sekä loput järeää runkopuuta ja karsittua rankaa (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, lämpö- ja voimalaitosten käyttämän metsähakkeen raaka-aineet). Tässä työssä lasketusta teknis-taloudellisesta potenti-

aalista taasen 55 % muodostui pienpuusta, 27 % hakkuutähteistä ja 18 % kannoista. Tulosten mukaan nimenomaan pienpuun käyttöä olisi mahdollista lisätä huomattavasti. On kuitenkin todettava, että energiapuun korjuun taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttavat muuttujat koskettavat erityisesti juuri pienpuun korjuuta. Siksi esimerkiksi pienpuun korjuuseen myönnettävillä Kemera –tuilla sekä energiapuusta maksettavalla hinnalla on suuri vaikutus pienpuun käyttöönottoon.

Tämän tutkimuksen laskelmien pohjana olivat toteutuneet markkinahakkuut sekä metsänhoidolliset työt vuonna 2006. Metsäenergiapotentiaali koostuu tässä tutkimuksessa päätehakkuualoilta kerättävästä hakkuutähteestä ja kanto- ja juuripuusta sekä taimikonhoito- ja harvennuskohteitten pieniläpimittaisesta kokopuusta. Tulokset esitetään sekä kiintokuutiometreinä (m³) että giga- tai terawattitunteina (GWh, TWh). Laskemissa käytetyt kertymät ja rajoitteet perustuvat aikaisempiin tutkimuksiin sekä tekijöiden käsitykseen metsäenergian korjuumahdollisuuksista. Siksi tuloksia on tulkittava suuntaa antavina.



Kuvio 1. Metsäenergiapotentiaalit.

Lähde: PTT 2008 (Maidell, Pyykkönen ja Toivonen)

SUMMARY

According to the results of this study, Finnish theoretical forest-based energy potential is 27.6 million m³ (55.1 TWh), techno-economic potential is 12.0 million m³ (23.5 TWh) and the supply-based potential is 7.9 million m³ (15.4 TWh). The forest-based energy potential is spread unevenly between regions, concentrating in the Eastern and Central Finland.

The annual use of forest-based energy in Finland could be increased to almost four-folded from the year 2006 before the techno-economic potential would be reached. In terms of raw material, the potential to increase the use of energy wood varies between Finnish regions. At the most, the use of forest-based energy could be increased to over ten-folded. The better exploitation of the forest-based energy could be a partial solution to the goal set by the EU in order to increase the use of renewable energy sources. If the use of forest chips increased from the present situation to the amount that the forest owners would be willing to offer, the increase would account for 2.5% of the Finnish energy consumption in 2006. This would be approximately a fifth of the renewable energy target proposed by the EU. In addition, the production of forest-based energy results in regional income and employment effects.

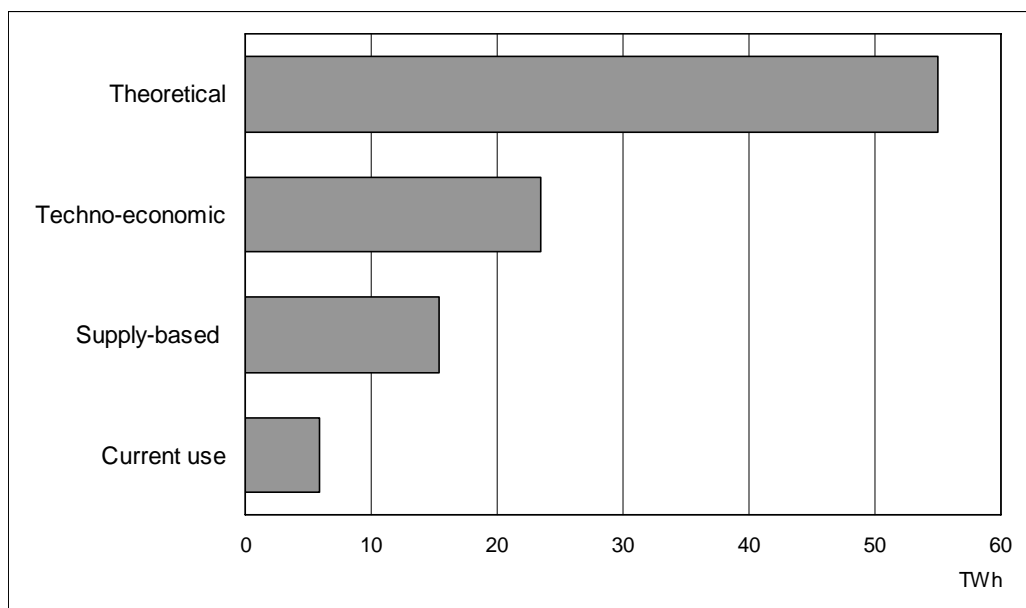
The aim of this study is to estimate the regional forest-based energy potentials that can be harvested annually. The potential is estimated on three levels. The theoretical potential does not consider biological, technical or economic constraints, nor does it take into account the forest owners' willingness to supply energy wood. The techno-economic potential is constrained by technical and economic issues of the energy wood harvesting. The supply-based potential considers in addition to the techno-economic constraints also the forest owners' willingness to supply energy wood.

The estimate of the private forest owners' willingness to sell energy wood is based on a data collected during the years 1999 and 2000. Despite the age of the data the gap between the techno-economic and the supply-based potential reveals that the forest owners' willingness to sell energy wood is an important factor in obtaining energy wood to the markets. The forest owners' willingness to sell energy wood can be enhanced by guidance and an unambiguous measuring and pricing system for energy wood.

In 2006 the Finnish heat and power plants used 3.1 million m³ of forest chips. These forest chips consisted of harvest residues (57%), small-diameter whole trees (19%), stumps and roots (15%), and stems and trimmed small-diameter trees (Finnish Forest Research Institute, Metinfo Forest Information Services). The techno-economic potential estimated in this study consisted of small-diameter trees (55%), harvest residues

(27%) and stumps and roots (18%). According to the results especially the use of small-diameter trees could be increased. It has to be stated, however, that particularly collecting of small-diameter trees for energy use is affected by the factors that determine the economic profitability of energy wood collecting. For that reason factors such as Kemera subsidies (Kemera is an abbreviation from The Act on the Financing of Sustainable Forestry) and price of energy wood have a great impact on the supply of energy wood.

The calculations of this study are based on the commercial roundwood removals and silvicultural works carried out in 2006. In this study the forest-based energy potential consists of harvest residues, stumps and roots from the final fellings as well as small-diameter whole trees from the tendings of seedling stands and thinnings. The results are presented in solid cubic meters (m³) and gigawatthours or terawatthours (GWh, TWh). The yields and constraints used in the calculations are based on the previous studies and the authors' insight of the harvesting potentials of the forest-based energy wood. For that reason the results must be interpreted as suggestive.



Kuvio 2. *Forest-based energy potentials.*

Source: PTT 2008 (Maidell, Pyykkönen and Toivonen)

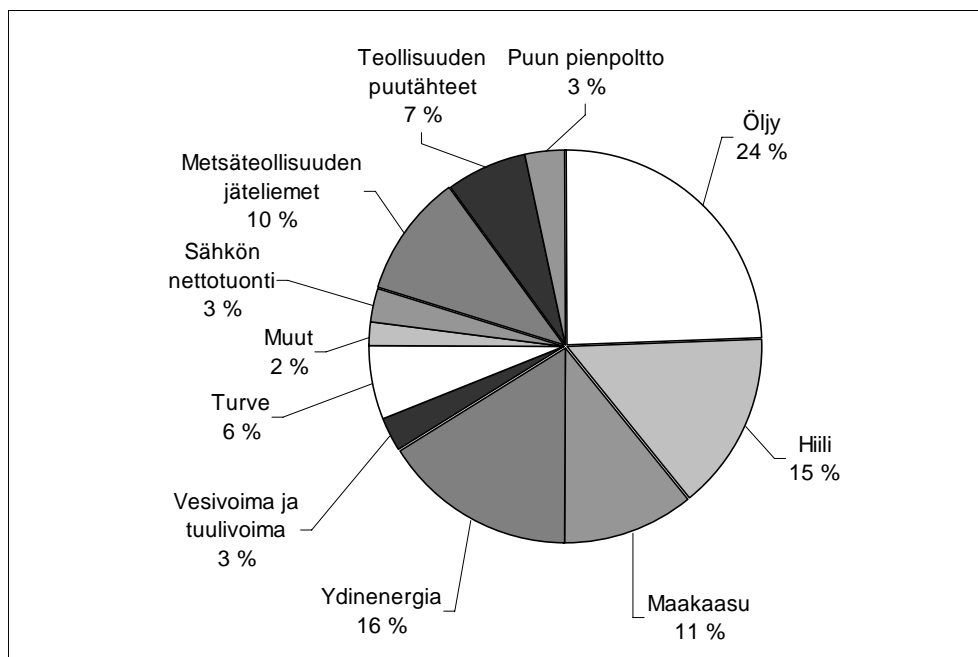
1. TAUSTA JA TAVOITTEET

1.1. Johdanto

Euroopan unioni (EU 27) on esittänyt jäsenmailleen tavoitteen, jonka mukaan 20 % unionin energiankulutuksesta tulisi perustua uusiutuviin energialähteisiin ja 10 % liikenteen polttoaineista korvata biopolttoaineilla vuoteen 2020 mennessä (Communication from the commission to the council...2007). Tavoitteen taustalla on monia toisiinsa nivoutuneita tekijöitä, kuten pyrkimys energiaomavaraisuuden parantamiseen, öljystä riippuvaisen energiantuotannon epävarmuus ja ilmastonmuutoksen hidastaminen korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla energialähteillä (Latvala et al. 2007, s. 26). Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuus energiankulutuksesta on suuri, 23 % vuonna 2006 (ennakkotieto: Energiakatsaus 1/2007, s. 32), mutta tästä huolimatta Suomelle asetettiin korkeampi, maakohtainen tavoite tammikuun 2008 aikana. Tämän tavoitteen mukaisesti 38 % Suomen energiankulutuksesta tulisi perustua uusiutuviin energialähteisiin vuoteen 2020 mennessä. Uusiutuvien energialähteiden lisäämistarpeen odotetaan edistävän etenkin biomassan käyttöä energian- ja lämmöntuotannon raaka-aineena koko unionin alueella (Helynen et al. 2007). Jotta EU:n vuodelle 2020 asettamat uusiutuvan energian osuutta koskevat tavoitteet olisivat saavutettavissa, tulisi unionin bioenergian tuotannon kasvaa arvioiden mukaan yli kolminkertaiseksi nykyisestä (Toivonen et al. 2007). Tämän päätelmän oletuksena on, että suurin osa uusiutuvan energian tuotannosta pysyy Euroopassa ja bioenergian osuus uusiutuvista energiasta pysyy noin 67 prosentissa (Toivonen et al. 2007).

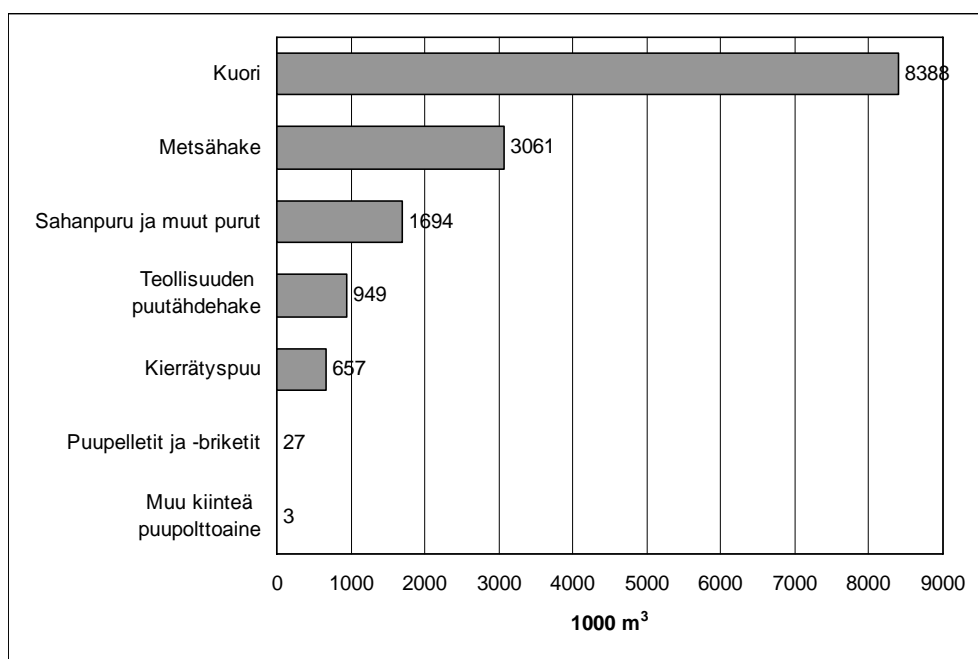
Energian kulutus Suomessa vuonna 2006 oli ennakkotietojen mukaan kokonaisuudessaan 411 TWh (Kuvio 3.), josta 83 TWh eli 20 % oli tuotettu puuperäisillä polttoaineilla (Energiakatsaus 1/2007, s. 32). Tärkeimpiä puuperäisiä polttoaineita ovat metsäteollisuuden jäteliemet (42 TWh vuonna 2006) sekä kiinteät puupolttoaineet, joista tuotettiin energiaa lämpö- ja voimalaitoksissa samana vuonna 28 TWh ja pientalokiinteistöissä 13 TWh (Kuvio 4.) (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, puuperäisten polttoaineiden käyttö).

Tärkein kiinteä puupolttoaine suomalaisissa lämpö- ja voimalaitoksissa vuonna 2006 oli kuori, joka muodosti 57 % voimalaitosten vuotuisesta 15 miljoonan kuutiometrin (28 TWh) energiakäytöstä (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö). Toiseksi tärkein kiinteä puupolttoaine oli metsähake (21 %), joka tarkoittaa hakettua metsästä saatavaa biomassaa, kuten hakkuutähteitä, pienpuuta, runkpuuta, kantoja ja juurakoita.



Kuvio 3. *Energian kokonaiskulutus energialähteittäin 2006.*

Lähde: Energiakatsaus 1/2007, s. 32

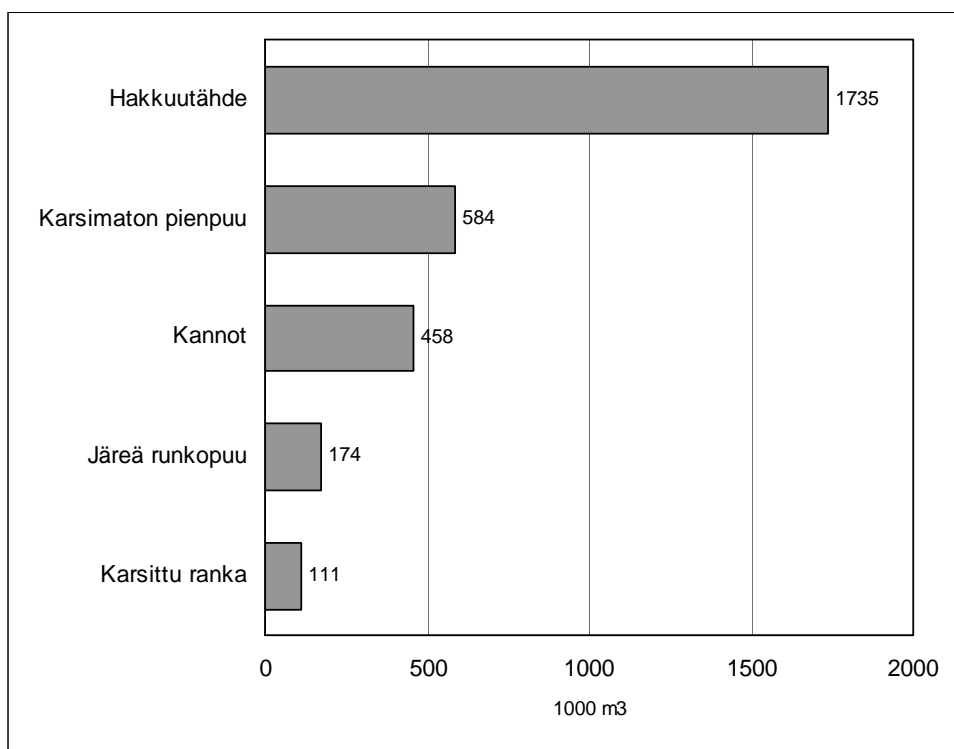


Kuvio 4. *Kiinteitten puupolttoaineiden käyttö Suomessa vuonna 2006.*

Lähde: Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö.

Metsähakkeen kysyntä on kasvussa. Vuotuinen metsähakkeen käytön kasvu Suomessa on vaihdellut kuudesta prosentista 36 prosenttiin vuosien 2000–2006 aikana, vuotuisen kasvun ollessa kyseisenä aikana keskimäärin 23 %. Vuonna 2006 energiantuotannon raaka-aineeksi käytettiin 3,1 miljoonaa m³ metsähaketta, jonka suurimpana yksittäisenä lähteenä oli hakkuutähde (1,7 miljoonaa m³). Karsimatonta pienpuuta käytettiin energiantuotannon raaka-aineeksi 584 000 m³ ja kantoja 458 000 m³ (Kuvio 5.). Vähäisemmissä määrin ener-

giaksi poltettiin myös järeää runkopuuta (174 000 m³) ja karsittua rankaa (111 000 m³). (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, lämpö- ja voimalaitosten käyttämän metsähakkeen raaka-aineet)



Kuvio 5. Metsähakkeen raaka-ainelähteet Suomessa vuonna 2006.

Lähde: Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, lämpö- ja voimalaitosten käyttämän metsähakkeen raaka-aineet.

Metsähakkeen kysynnän kasvun myötä metsien käytölle kohdistuu uudenlaisia vaatimuksia. Kilpailu metsien tarjoamasta puuraaka-aineesta saattaa koventua. Tämä luo tarvetta kehittää puun hankintaketjuja, korjuutapoja ja mahdollisesti myös metsänkasvatuksen malleja ja suosituksia, jotka tähtäävät tehokkaampaan energiapuun tuotantoon. Kun metsien erilaiset käyttömahdollisuudet lisääntyvät, tarvitaan innovatiivisempia keinoja yhdistää nämä metsiin kohdistuvat erilaiset tarpeet.

Kehityksen myötä metsätalouden ja –teollisuuden roolia suomalaisissa aluetalouksissa voikin olla mahdollista kasvattaa. Metsäsektorin tärkeys aluetalouksille, esimerkiksi työllistäjänä, voi vaihdella alueittain. Tähän on syynä muun muassa metsähaketta käyttävien lämpö- ja voimalaitosten maantieteellinen sijoittuminen (Kuva 1). Luonnollisesti eroja korostaa vaihtelu metsähakkeen alueellisessa saatavuudessa. Jotta on mahdollista arvioida puun energiakäytön tavoitellusta lisäyksestä aiheutuvat aluetaloudelliset vaikutukset, on tärkeää muodostaa estimaatit metsäenergian raaka-ainepotentiaaleista eri alueilla. Esimerkiksi sellaisia alueellisia arvioita metsäenergian raaka-ainepotentiaaleista, jotka ottaisivat

huomioon saatavuuteen vaikuttavat tekniset, taloudelliset ja tarjontahalukkuuden mukaiset rajoitteet, ei toistaiseksi ole tehty. Tämä tutkimus vastaa osaltaan tähän tietotarpeeseen.



Kuva 1. Metsähakkeen käytön jakautuminen (m^3) eri laitostokoluokkiin Suomessa vuonna 2005

Lähde: Energiatilasto 2006

1.2. Tavoitteet

Tämä tutkimus on osa laajempaa tutkimushanketta (BioReg), jonka päätavoitteena on maaseudun bioenergian tuotannon työllisyys- ja ympäristövaikutusten arvioiminen aluelouksien tasolla. Tarkastelun kohteena on bioenergia maatalouspolitiikan vaihtoehtoisena kehityspolkuna. Hanke on Helsingin yliopiston (taloustieteen laitos ja Ruralia-instituutin Seinäjoen yksikkö), Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (taloustutkimus), Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen, Vaasan energia-instituutin, Vaasan yliopiston sekä Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen yhteinen ja ajoittuu vuosille

2007-2010. PTT:n tehtävänä on arvioida metsäenergiapuun korjuumahdollisuuksia Suomen maakunnissa.

Tämän tutkimuksen tavoite on arvioida vuotuisia metsäenergiapotentiaaleja maakuntatasolla, toteutuneiden hakkuiden pohjalta. Vaikka arvioita valtakunnallisesta metsäenergiapotentiaalista on tehty aikaisemminkin, (esimerkiksi Ranta 2002, Helynen et al. 2007, Pöyry Forest Industry Consulting Oy 2006), vakiintunutta tapaa potentiaalilaskemiseen ei ole muotoutunut. Tässä tutkimuksessa tehdyt päätökset laskentaperusteista ja potentiaalirajauksista perustuvat aikaisempiin tutkimuksiin sekä tekijöille muodostuneeseen käsitykseen bioenergian korjuumahdollisuuksista Suomessa. Tämän sekä tarkastelun ison mittakaavan takia on syytä korostaa, että tutkimuksen tavoitteena on esittää suuntaantavat arviot metsäenergian korjuumahdollisuuksista Suomen maakunnissa.

Metsäenergia tarkoittaa metsänhoidollisten toimenpiteiden jälkeen metsiin jäävää biomassaa, joka on mahdollista korjata ja käyttää energiantuotantoon. Tämän tutkimuksen metsäenergiapotentiaalit koostuvat kolmesta eri raaka-ainelähteestä saatavasta energiapuusta, joita ovat hakkuutähteet metsien päätehakkuukohteilta, pienpuu varttuneista taimikoista, nuorista kasvatusmetsiköistä ja ensiharvennuksilta sekä päätehakkuikäisten puiden kannot ja juurakot.

Täsmällisemmin tavoitteena on tarkastella metsäenergiapotentiaaleja kolmella eri tasolla:

- 1) Teoreettinen taso, jolla oletetaan energiapuun korjuun onnistuvan ilman teknisiä, taloudellisia tai ekologisia rajoitteita. Tämä tarkoittaa, että kaikki kohteet olisivat ekologisesti sopivia sekä taloudellisesti kannattavia energiapuun korjuuseen. Lisäksi oletetaan, että tekninen saanto sekä metsänomistajien energiapuun tarjontahalukkuus ovat 100 %. Teoreettinen potentiaali vastaa siis Suomen metsistä vuosittain teoreettisesti korjattavissa olevaa energiapuupotentiaalia, kun hakkuut ovat vuoden 2006 hakkuiden tasolla.
- 2) Teknis-taloudellinen taso, jolla teoreettista potentiaalia on supistettu teknisten ja taloudellisten rajoitteiden mukaisesti. Teknis-taloudellinen potentiaali vastaa todellista korjuupotentiaalia silloin, kun teknisesti ja taloudellisesti korjattavissa oleva metsäenergiapuureservi saadaan otettua käyttöön sataprosenttisesti.
- 3) Tarjontahalukkuuden mukainen taso, jolla teknis-taloudellista potentiaalia on supistettu metsänomistajien energiapuun tarjontahalukkuuden mukaisesti. Dataa niiden metsänomistajien suhteellisesta osuudesta, jotka olisivat valmiita myymään energiapuuta itse määrittelemällään hinnalla, on saatavilla vuonna 1999 toteutetusta Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen kyselytutkimuksesta (Rämö et al. 2001).

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Maakunnittaisia metsäenergiapotentiaaleja arvioidaan tässä tutkimuksessa kolmella eri tasolla. Teoreettinen potentiaali sisältää Suomen kaikki potentiaalista metsäenergiapuuta sisältävät kohteet. Metsistä saatavaa, energiakäyttöön sopivaa biomassaa ovat päätehakkuiden yhteydessä kohteelle jäävät hakkuutähteet, kuten neulaset, oksat ja katkonnasta jäävät latvakappaleet, päätehakkuukohteille jäävien tukkipuiden kanto- ja juuripuu sekä taimikonhoidoista, nuoren metsän kunnostuskohteilta ja ensiharvennuksista saatava pienpuu, joka ei täytä ainespuun minimiläpimittoja. Teoreettisella tasolla oletetaan, että kaikki kohteet ovat soveltuvia sekä käytettävissä energiapuun korjuuseen ja että energiapuun talteensaanto on 100 %.

Teknis-taloudellisessa potentiaalissa teoreettista potentiaalia on supistettu siten, että ulkopuolelle on jätetty korjuuseen sopimattomat kohteet (esimerkiksi biologisten syiden takia) sekä kohteet, joilta energiapuun korjuu ei ole taloudellisesti kannattavaa. Lisäksi sopivilta kohteilta ei käytännössä ole mahdollista saada talteen kaikkea bioenergiaksi sopivaa biomassaa, vaan esimerkiksi koneiden ja korjuun tekniikasta riippuen biomassan saanto vaihtelee.

Teknis-taloudellinen potentiaali vaihtelee melko herkästi metsäsektorilla tapahtuvan kehityksen ja olosuhteiden muutosten myötä. Esimerkki teknisistä muutostekijöistä on korjuutekniikan kehittyminen. Teknisen kehityksen lisäksi teknis-taloudelliseen potentiaaliin vaikuttaa energiapuun korjuun kannattavuus. Tähän vaikuttavia taloudellisia muutostekijöitä on lukuisia: kilpailevien polttoaineiden hinta, kansainvälisen ja kansallisen energiapolitiikan päätökset sekä valitut ohjaukset, paperi- ja selluteollisuuden tulevaisuuden näkymät Suomessa ja siitä riippuvainen raakapuun hakkuumäärien kehitys.

Lopuksi teknis-taloudellisista potentiaaleista johdetaan tarjontahalukkuuden mukaiset potentiaalit. Energiapuun tarjontahalukkuuden alueittainen tarkastelu perustuu vuodenvaihteessa 1999–2000 tehtyyn Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen (PTT) kyselyyn, joka käsitteli yksityismetsänomistajien energiapuun myyntiin vaikuttavia tekijöitä sekä heidän suhtautumistaan energiapuun käyttöön ja korjuuseen. Kyselyn tulokset julkaistiin teoksessa Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjonta ja suhtautuminen puun energiakäyttöön (Rämö et al. 2001). Kyselyn perusjoukon muodostivat 5000 täyttä metsänhoitomaksua maksavaa suomalaista metsänomistajaa, joista joko pilottikyselyyn tai varsinaiseen kyselylomakkeeseen vastasi 2131 metsänomistajaa. Aineistosta laskettiin niiden metsänomistajien suhteellinen osuus kaikkien samasta läänistä vastanneiden metsänomistajien metsämaan pinta-alasta, jotka olivat valmiita myymään energiapuuta itse määrittämällä hinnalla (Taulukko 1). Myyntihalukkaiden metsänomistajien suhteellista osuutta läänin metsämaan pinta-alasta sovellettiin niiden maakuntien metsäenergiapotentiaalei-

hin, jotka kuuluvat kyseiseen lääniin. Ahvenanmaan maakunnalle ei ollut mahdollista laskea tarjontahalukkuuden mukaista metsäenergiapotentialiaa, sillä PTT:n energiapuun tarjontaa koskenut aineisto ei sisältänyt tilastollisesti merkitsevää otosta ahvenanmaalaisia metsänomistajia.

Taulukko 1. Energiapuun myyntihalukkuudet lääneittäin.

Lääni	Läätin maakunnat	Myyntihalukkaiden osuus läänistä vastanneiden metsämaan pinta-alasta
Etelä-Suomi	Uusimaa, Kanta-Häme, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala, Itä-Uusimaa	68 %
Länsi-Suomi	Varsinais-Suomi, Satakunta, Pirkanmaa, Keski-Suomi, Etelä-Pohjanmaa, Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa	65 %
Itä-Suomi	Etelä-Savo, Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala	65 %
Oulu	Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu	65 %
Lappi	Lappi	67 %

Lähde: Rämö et al. 2001.

Energiapuun korjuu vaikuttaa metsälön ravinnekiertoon siten, että biomassan mukana kohteelta poistuu maatuvaa ainesta ja ravinteita. Hyvän metsänhoidon suositusten mukaan ravinnetasapainosta tulisi huolehtia esimerkiksi jättämällä päätehakkuukohteelle noin 30 % hakkuutähteiden ravinteista (Hyvän metsänhoidon..., s. 53). Lisäksi ravinnetasapainon ylläpitämiseksi energiapuun korjuu on rajoitettua kivisiltä, ravinneköyhiltä tai muulla tavoin ekologisesti herkiltä kohteilta (Hakkila & Fredriksson 1996, s. 19). Tässä tutkimuksessa ravinnetasapaino on huomioitu siten, että teknis-taloudellisessa potentiaalissa vähemmän puuta tuottavat ja siksi usein myös taloudellisesti kannattamattomat korjuukohteet rajautuvat tarkastelun ulkopuolelle. Lisäksi korjuun tekniset rajoitteet takaavat sen, että saanto ei saavuta sataa prosenttia ja osa energiapuusta jää kohteelle. Energiapuun korjuun vaikutusta tulevien puusukupolvien kasvuun ei ole arvioitu.

Potentiaalilaskelmat perustuvat vuonna 2006 toteutuneisiin hakkuihin, jotka ovat saatavilla Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelusta. Toteutuneet hakkuut tilastoidaan kuitenkin metsäkeskuksittain, ei maakunnittain. Viisi Suomen kolmestatoista metsäkeskuksesta eivät noudata maakuntarajoja, siksi näiden metsäkeskusten metsäenergiapotentialit oli muutettava maakuntakohtaisiksi. Tämä tapahtui jakamalla potentiaali metsäkeskukseen kuuluvien kuntien kesken niiden puuston tilavuussuhteiden mukaan. Laskennassa siis

oletettiin, että kuntien hakkuutähde- ja kantopotentiaalit ovat suorassa suhteessa niiden puuston tukkipuutavaran kokonaistilavuuteen, samoin kuin pienpuupotentiaali on suhteessa puuston kuitupuutavaran kokonaistilavuuteen. Eri maakuntiin kuuluvat kunnat ovat listattuna suomi.fi -portaalissa, joka on julkishallinnon eri organisaatioiden kokoama, Suomea käsittelevä palvelusivusto (suomi.fi –portaaali). Kuntien puutavaralajien kokonaistilavuudet ovat saatavilla Metsäntutkimuslaitoksen kokoamista Valtakunnan metsien yhdeksännen inventoinnin tilastotiedoista (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. VMI9:n kunnittaiset metsävarat). Näin saadut kuntakohtaiset metsäenergiapotentiaalit ryhmiteltiin uudestaan maakuntarajojen mukaan. Viiden metsäkeskuksen metsäenergiapotentiaalit siis jaettiin 11 maakunnittaiseksi metsäenergiapotentiaaliksi.

Pirkanmaan, Etelä-Savon, Keski-Suomen, Pohjois-Savon, Pohjois-Karjalan, Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin maakunnan alueella toimii kussakin oma metsäkeskuksensa. Lisäksi Ahvenanmaalla on oma metsätoimistonsa.

Taulukko 2. Niiden metsäkeskusten maantieteelliset rajat, jotka eivät koostu yhdestä maakunnasta.

Metsäkeskus	Metsäkeskukseen kuuluvat kunnat
Rannikon metsäkeskus: Etelärannikko	Espoo, Hanko, Helsinki, Inkoo, Karjaa, Kauniainen, Kirkkonummi, Pohja, Siuntio, Tammisaari, Vantaa (Uudenmaan maakunta), Dragsfjärd, Houtskari, Iniö, Kemiö, Korppoo, Nauvo, Parainen, Västänfjärd (Varsinais-Suomen maakunta) ja Itä-Uudenmaan maakunta (pl. Askola, Myrskylä)
Rannikon metsäkeskus: Pohjanmaa	Pohjanmaan maakunta (pl. Isokyrö, Laihia, Vähäkyrö) ja Kokkola (Keski-Pohjanmaan maakunta)
Lounais-Suomen metsäkeskus	Varsinais-Suomen maakunta (pl. Dragsfjärd, Houtskari, Iniö, Kemiö, Korppoo, Nauvo, Parainen, Västänfjärd), Satakunnan maakunta
Häme-Uusimaan metsäkeskus	Uudenmaan maakunta (pl. Espoo, Hanko, Helsinki, Inkoo, Karjaa, Kauniainen, Kirkkonummi, Pohja, Siuntio, Tammisaari, Vantaa), Askola ja Myrskylä (Itä-Uudenmaan maakunta), Kanta-Hämeen ja Päijät-Hämeen maakunnat
Kaakkois-Suomen metsäkeskus	Kymenlaakson ja Etelä-Karjalan maakunnat
Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus	Etelä-Pohjanmaan maakunta, Isokyrö, Laihia ja Vähäkyrö (Pohjanmaan maakunta), Keski-Pohjanmaan maakunta (pl. Kokkola)

Lähde: Valtioneuvoston asetus metsäkeskuksista 2002.

Lopulliset tulokset esitetään sekä kiintokuutiometreinä (m^3) että tehollisina lämpöarvoina, yksikkönä gigawattitunti (GWh). Puun tehollinen lämpöarvo tarkoittaa palamisen yhteydessä vapautuvan lämpöenergian määrää, vähennettynä veden höyrystymiseen kuluneella energialla, kun vesihöyryn oletetaan savukaasujen mukana poistuessaan jäähtyvän polttoaineen alkuperäiseen lämpötilaan (Hakkila & Fredriksson 1996). Teholliset lämpöarvot (MJ/m^3) vaihtelevat puulajin, puutavaralajin sekä puun kosteusprosentin mukaan ja ne ovat saatavilla teoksesta Pienpuun korjuu polttoaineeksi (Hakkila 1978, s. 9). Hakkuutähteen, pienpuun sekä kanto- ja juuripuun tehollisten lämpöarvojen laskentaperusteet on selitetty jokaisessa potentiaaliluvussa erikseen.

Hakkuutähneiden ja pienpuun energiasisältöön vaikuttaa se, onko energiapuu kerätty tuoreena melko pian sen kaadon jälkeen vai kuivana kohteella tapahtuneen varastoinnin jälkeen. Mikäli hakkuutähde ja pienpuu korjataan kuivana, biomassakertymä on varisemisesta ja kuivumisesta johtuen pienempi, mutta korjattavan puun energiasisältö/ m^3 on pienemmästä kosteusprosentista johtuen suurempi (Hakkila & Fredriksson 1996, s. 20). Tässä tutkimuksessa energiapuu on oletettu korjattavan tuoreena, sillä kuivattamisen keston ja onnistumisen vaihtelun myötä puun kosteusprosentista ja siten tehollisesta lämpöarvosta on vaikeaa esittää keskimääräistä arviota.

3. HAKKUUTÄHDEPOTENTIAALI

3.1. Teoreettinen hakkuutähdepotentiaali

Laskentaperusteet

Hakkuutähdepotentiaalilaskelmien pohjana käytettiin vuonna 2006 toteutuneiden markkinahakkuiden tukkipuukertymiä, jotka ovat saatavilla Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelusta (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Markkinahakkuut vuosittain, metsäkeskuksittain). Tukkipuukertymistä laskettiin energiapuupotentiaali siten, että Etelä-Suomessa yhtä tukkipuukertymistä kohden kertyi hakkuutähdettä männyllä 0,21 m³, kuusella 0,44 m³ ja lehtipuilla 0,21 m³. Pohjois-Suomessa (Pohjois-Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa) kertoimet olivat suuremmat (Taulukko 1), sillä pohjoisessa latvuksen osuus kokonaisbiomassasta on suurempi (Ranta 2002, s. 106). Kertymät sisälsivät oksien ja neulasten biomassan, jotka oli muodostettu Hakkilan latvusmassakertoimien (Hakkila 1991, s. 14) sekä hakkuutähdehakkeen tiheyksien (Hakkila 1978, s. 9) avulla. Lehtipuiden lehdet eivät sisälly laskelmiin. Kertoimiin oli latvusmassan lisäksi laskettu alle ainespuumittainen, ja siksi metsään jäävä, hukkarunkomassa (Ranta 2002, s. 107; Helynen et al. 2007, s. 22).

Taulukko 3. Energiapuukertymä (m³) suhteessa päätehakuussa hakattuun tukkipuukuutiometriin.

	Mänty	Kuusi	Lehtipuut
Etelä-Suomi	0,21	0,44	0,21
Pohjois-Suomi	0,28	0,68	0,36

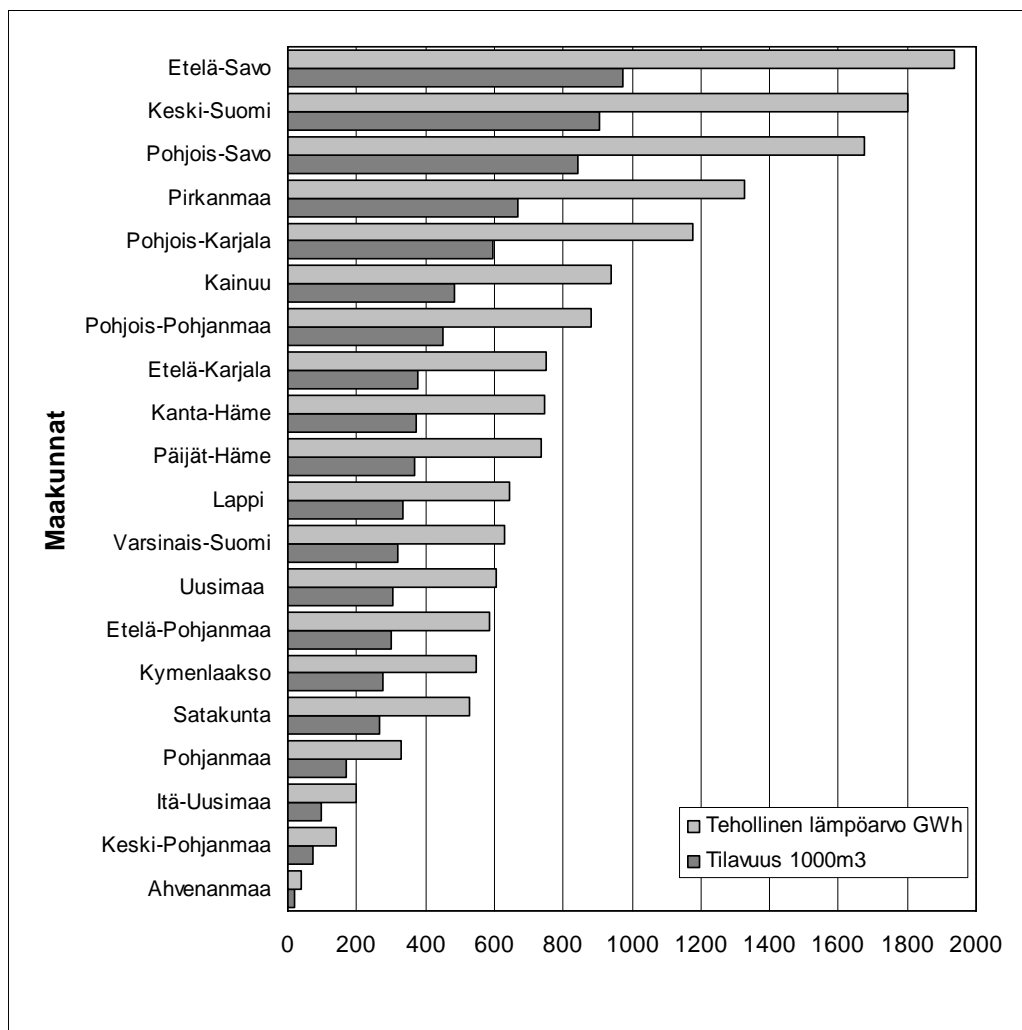
Lähde: Ranta 2002; Helynen et al. 2007.

Teoreettisessa potentiaalissa hakkuutähteitä oletettiin kerättävän kaikilta Suomen päätehakuualoilta, teknisen saannon ollessa 100 %.

Saatujen hakkuutähdepotentiaalien teholliset lämpöarvot laskettiin megawattitunteina tuoretta kuutiometriä kohden. Puun kosteusprosentiksi oletettiin 55 % (Alakangas 2000, s. 41). Kosteutta 55 % sisältävän hakkuutähdehakkeen teholliset lämpöarvot megajouleina (Hakkila 1978, s. 9) muutettiin megawateiksi, jonka jälkeen laskettiin puulajikohtaiset lämpöarvokertoimet yhtä kuutiometriä kohden. Kertoimet ovat männyllä 1,9 MWh/m³, kuusella 2,0 MWh/m³ ja lehtipuilla 2,3 MWh/m³.

Tulokset

Teoreettiseksi hakkuutähdepotentiaaliksi saadaan valtakunnan tasolla 8,2 miljoonaa m³ (16,2 TWh). Tästä on männyn hakkuutähdettä 2,3 miljoonaa kuutiometriä, kuusen 5,7 miljoonaa kuutiometriä ja lehtipuiden hakkuutähdettä 0,2 miljoonaa kuutiometriä. Suurin teoreettinen potentiaali on Etelä-Savon maakunnassa, 974 000 m³ (1,9 TWh). Pienin potentiaali on Ahvenanmaan maakunnassa, 19 000 m³ sekä Manner-Suomessa Keski-Pohjanmaan maakunnassa, 72 000 m³.



Kuvio 6. Vuotuiset teoreettiset hakkuutähdepotentiaalit Suomen maakunnissa.
Lähde: Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu; Hakkila 1978, 1991; Ranta 2002; Alakangas 2000.

3.2. Teknis-taloudellinen hakkuutähdepotentiaali

Laskentaperusteet

Arvio teknis-taloudellisesta potentiaalista muodostettiin kirjallisuusselvityksen perusteella. Eri kirjallisuuslähteiden arvioita Suomen teoreettisesta, teknisestä ja taloudellisesta hakkuutähdepotentiaalista verrattiin keskenään, jonka jälkeen muodostettiin käsitys teoreettisen ja teknis-taloudellisen potentiaalin suhteesta. Eri kirjallisuuslähteiden arvioiden välillä esiintyy vaihtelua, joka todennäköisesti johtuu erilaisista taloudellisen kannattavuuden edellytyksenä käytetyistä leimikkokriteereistä.

Ranta (2002) arvioi väitöskirjassaan Suomen metsien teoreettista, teknistä ja taloudellista hakkuutähdepotentiaalia. Rannan arvio perustui kolmen suuren metsäteollisuusyrityksen toteutuneisiin uudistus- sekä siemen- ja suojuspuuhakkuualoihin vuonna 2000. Tutkimuksen laskelmien mukaan teoreettinen, tuore hakkuutähdepotentiaali valtakunnallisesti oli 9,0 milj. m³. Kun sovellettiin 65 % saantoa (tekninen potentiaali) ja korjuuyritysten käyttämiä taloudellisesti kannattavien kohteiden valintakriteereitä, potentiaali väheni 4,1 miljoonaan kuutiometriin (Ranta 2002, s. 128). Tästä voidaan laskea, että teknis-taloudellinen potentiaali vastasi 46 % teoreettisesta potentiaalista ja 70 % teknisestä potentiaalista.

Puuenergian teknologiaohjelman 1999-2003 loppuraportissa (Hakkila 2004, s. 31) todetaan, että "Koko maan päätehakkuualoilla korjuukelpoisen hakkuutähteen määräksi arvioidaan vuositasolla 11-12 TWh, josta taloudellisesti korjattava osuus lienee nykytilanteessa 6-8 TWh. Jos leimikkokriteereitä kiristetään tai löysätään, saatavuudessa tapahtuu muutoksia". Tässä tutkimuksessa siis taloudellinen potentiaali muodostaa 61 % teknisestä potentiaalista.

Samassa Puuenergian teknologiaohjelman 1999-2003 loppuraportissa (Hakkila 2004, s. 36) olevan kaavion mukaan päätehakkuiden teoreettinen hakkuutähdepotentiaali on 14 milj. m³/a. Tästä korjuukelpoista arvioidaan olevan 7,5 milj. m³. Tekninen potentiaali olisi siis näiden lukujen mukaan 54 % teoreettisesta potentiaalista. Yhdistämällä tämän tiedon edellisessä kappaleessa saadun taloudellisen ja teknisen potentiaalin suhteen kanssa, todetaan että taloudellinen potentiaali vastasi 33 % teoreettisesta potentiaalista ja 61 % teknisestä potentiaalista.

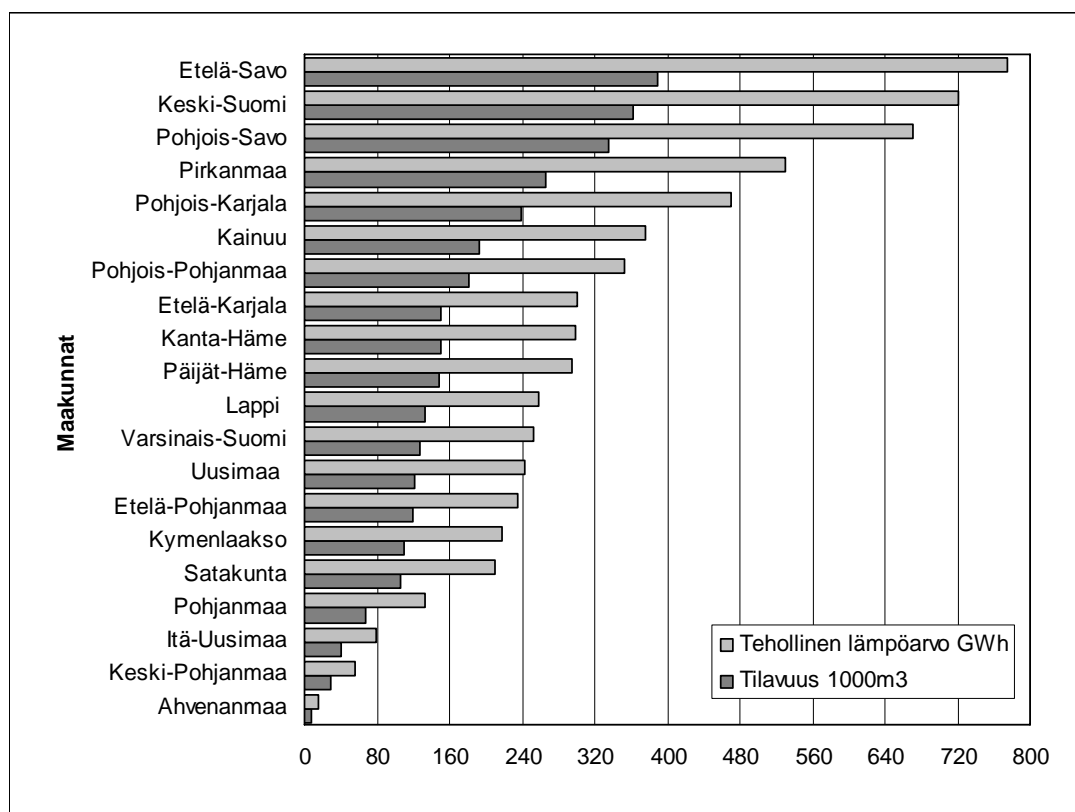
Electrowatt-Ekono Oy:n Kauppa- ja teollisuusministeriölle vuonna 2005 tekemässä selvityksessä arvioitiin metsähakkeen teoreettista ja teknis-taloudellista korjuupotentiaalia (Electrowatt-Ekono Oy 2005). Selvityksessä vuoden 2010 teoreettiseksi hakkuutähdepotentiaaliksi valtakunnan tasolla arvioitiin 16 770 GWh, joka saatiin olettamalla 65 % päätehakkuukohteitten hakkuutähteestä olevan korjattavissa. Mikäli teoreettinen potentiaali

laskettaisiin olettamalla 100 % saanto korjuukohteilta, kuten tässä tutkimuksessa on tehty, Electrowatt-Ekonon luvuksi muodostuisi 25 800 GWh. Samassa selvityksessä arvioitiin metsähakkeen teknis-taloudellisen hakkuutähdepotentiaalin olevan 11 040 GWh, joka johdettiin teoreettisesta potentiaalista rajaamalla pois osa leimikkokohteista joko liian pienen kertymän, liian pitkän kuljetusmatkan tai muun kannattavuutta alentavan syyn vuoksi. Electrowatt-Ekono Oy:n selvityksessä Puupolttoaineiden kysyntä, tarjonta ja toimitusvarmuus päästökauppatilanteessa (2005) teknis-taloudellinen hakkuutähdepotentiaali oli 43 % teoreettisesta potentiaalista.

Perustuen edellä kuvailtujen tutkimusten tuloksiin ja niistä muodostettuun suuntaantavaan keskiarvoon, tässä tutkimuksessa teknis-taloudellisena potentiaalina pidettiin 40 % teoreettisesta potentiaalista.

Tulokset

Suomen teknis-taloudellinen hakkuutähdepotentiaali on 3,3 miljoonaa m³ (6,5 TWh). Koska teknis-taloudellinen potentiaali muodostettiin kertomalla teoreettinen hakkuutähdepotentiaali kertoimella 0,4, maakuntien suuruusjärjestys pysyy samana. Etelä-Savon potentiaaliksi tarkentuu 390 000 m³. Ahvenanmaan teknis-taloudellinen potentiaali on pienimpänä 8 000 m³.



Kuvio 7. Vuotuiset teknis-taloudelliset hakkuutähdepotentiaalit Suomen maakunnissa.

Lähde: Ranta 2002; Hakkila 2004.

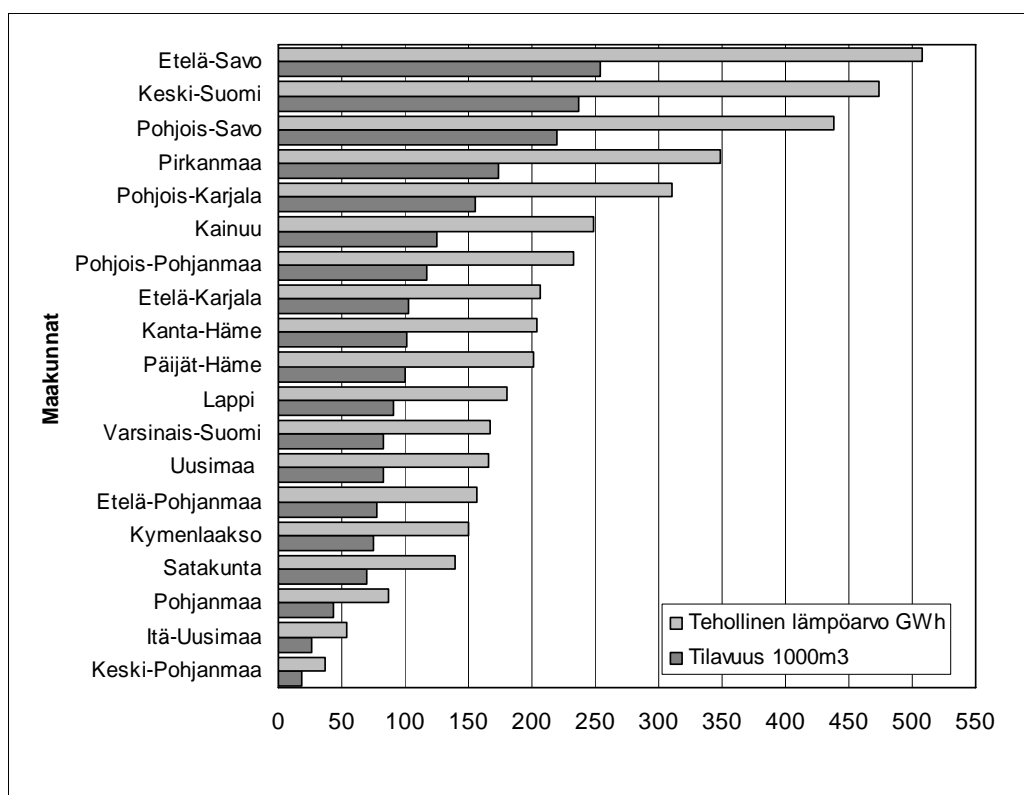
3.3. Tarjontahalukkuuden mukainen hakkuutähdepotentiaali

Laskentaperusteet

Energiapuun tarjontahalukkuutta tarkasteltiin laskemalla niiden metsänomistajien suhteellinen osuus kaikkien samasta läänistä vastanneiden metsänomistajien metsäpinta-alasta, jotka olivat valmiita myymään energiapuuta itse määrittelemällään hinnalla. Etelä-Suomen lääniin kuuluvissa maakunnissa myyntihalukkaiden osuus metsäpinta-alasta on suurin, 68 %. Länsi- ja Itä-Suomessa sekä Oulun läänissä kyseinen osuus on 65 % ja Lapin läänissä 67 % (katso luku 2). Tarjontahalukkuuden mukainen hakkuutähdepotentiaali muodostettiin kertomalla näillä myyntihalukkaiden prosentiosuuksilla maakuntakohtaiset teknis-taloudelliset hakkuutähdepotentiaalit.

Tulokset

Tarjontahalukkuuden mukainen hakkuutähdepotentiaali, 2,2 miljoonaa m³ (4,3 TWh), on 66 % teknis-taloudellisesta ja 26 % teoreettisesta hakkuutähdepotentiaalista. Suurin maakunnittainen tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali on Etelä-Savossa (254 000 m³) ja pienin Keski-Pohjanmaalla (19 000 m³).



Kuvio 8. Vuotuiset tarjontahalukkuuden mukaiset hakkuutähdepotentiaalit Suomen maakunnissa.

Lähde: Rämö et al. 2001.

4. PIENPUUPOTENTIAALI

4.1. Teoreettinen pienpuupotentiaali

Laskentaperusteet

Pienpuupotentiaali koostuu taimikonhoidoista, nuoren metsän kunnostuskohteilta ja ensiharvennuksilta saatavasta pieniläpimittaisesta puusta, jota ei joko kerry kaupallisesti hyödynnettävissä olevaa määrää tai joka ei täytä ainespuun läpimittavaatimuksia. Teoreettista pienpuupotentiaalia koskevat laskelmat perustuvat Metsänhoito- ja perusparannustyöt vuonna 2006 –tilastoon (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Metsien hoito, metsänhoito- ja perusparannustyöt). Tilasto sisältää vuonna 2006 toteutuneet taimikonhoito-, nuoren metsän kunnostus- ja ensiharvennuskohteitten pinta-alat metsäkeskuksittain.

Taimikonhoidosta ei kerry taloudellisesti kannattavaa määrää ainespuumitat täyttävää puuta, siksi kaikki taimikonhoidoista kertyvä biomassa voidaan olettaa kuuluvan teoreettiseen pienpuupotentiaaliin. Sirén et al. (2001) tutkivat metsänomistajien välisen yhteistyön vaikutusta nuorten metsien energiapuun korjuuseen ja laskivat samassa yhteydessä taimikonhoitokohteilta kertyvän energiapuun hehtaarikohtaisen arvion. Arvio perustui Etelä-Suomessa sijaitseviin kuvioihin, joille oli seuraavina 5- ja 10-vuotiskausina ehdotettu taimikonhoitoa. Kuvioden keskimääräiseksi energiapuukertymäksi mitattiin 26 m³/ha (Sirén et al. 2001). Koska kyseessä oli Etelä-Suomeen sijoittuvilta kuvioita saatu luku, Pohjois-Suomen taimikonharvennuksilta saatava keskimääräinen kertymäärä oli syytä asettaa pienemmäksi. Pohjois-Suomen kertymääräksi asetettiin 20 m³/ha.

Tutkimuksessa Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka (Laitila et al. 2004) tarkasteltiin pienpuun korjuun kustannusrakennetta ja simuloitiin energiapienpuun kertymiä seitsemän eri puolilla Suomea sijainneen kaupungin ympäristössä. Kertymätarkastelut perustuivat valtakunnan metsien 8. ja 9. inventoinnin metsäkeskuskohtaisiin koealatietoihin sekä monilähdeinventoinnin kuntakohtaisiin tietoihin. Tarkastelussa olivat ne varttuneiden taimikoiden ja nuorten kasvatusmetsien VMI –koealat, joilla oli ensimmäisellä 5 –vuotiskaudella taimikonhoidon tai ensiharvennuksen tarve. Kohteilta oletettiin korjattavan kaikki läpimitaltaan yli 4 cm:n puut kokopuuna energiapuuksi harvennusmallien alarajalle asti, teknisen talteenottoprosentin ollessa 100 %. Kun otettiin huomioon sellaiset leimikot, joilla ainespuun hehtaarikohtainen kertymä oli enintään 25 m³/ha ja joilla samanaikaisesti energiapuun hehtaarikohtainen kertymä oli vähintään 25 m³/ha, saatiin viiden eteläsuomalaisen kaupungin ympäristössä keskiarvokertymäksi 65 m³/ha (Laitila et al. 2004). Kahden pohjoissuomalaisen kaupungin ympäristössä kertymä oli keskimäärin 54 m³/ha (Laitila et al. 2004). Ainespuun maksimimäärää rajoittavan kriteerin taustalla oli periaate, jonka mukaan kaupallisesti hyödynnettävissä olevia määriä

ainespuun mittavaatimukset täyttävää puutavaraa ei ohjata energian tuotantoon, vaan korkeamman jalostusasteen omaavan tuotannon raaka-aineeksi. Tässä tutkimuksessa nuorten metsien kunnostuskohteiden teoreettisen pienpuupotentiaalin laskemisessa käytettiin edellä selostetun tutkimuksen hehtaarikohtaisia kertymiä, jotka siis olivat Etelä-Suomessa 65 m³/ha ja Pohjois-Suomessa 54 m³/ha.

Metsäteho Oy on kerännyt leimikkoaineistoa osakkaidensa ensiharvennuskohteiden rakenteesta vuosina 2000-2005. Leimikoita, jotka sijaitsivat eri puolilla Suomea, oli kaiken kaikkiaan yli 20 000 kappaletta. Kohteilta mitattavia parametreja olivat muun muassa puulaji, rungon keskikoko sekä ainespuun hehtaari- ja leimikkokohtainen kertymä. Leimikkojen keskiarvokertymäksi saatiin 44 m³/ha. (Kärhä et al. 2007)

Koska ainespuun keskiarvokertymä 44 m³/ha oli laskettu eri puolilla Suomea sijainneilta leimikoilta ja tarkkaa jakoa etelä- ja pohjoisosan välille aineistosta ei voitu tehdä, käytettiin keskiarvokertymää 44 m³/ha Etelä-Suomen maakunnissa. Näin pyrittiin ehkäisemään hehtaarikohtaisen kertymän yliarviointi. Pohjois-Suomen kertymäarvio muodostettiin siten, että kertymien suhde oli samankaltainen kuin nuoren metsän kunnostuskohteilla etelän ja pohjoisen välillä. Nuoren metsän hoitokohteilla etelän ja pohjoisen kertymien suhde oli 0,83, siten ensiharvennuksilla kyseiseksi suhteeksi asetettiin 0,80. Pohjois-Suomen ainespuun kertymäksi todetaan 35 m³/ha ja koko Suomen keskiarvokertymäksi 40 m³/ha.

Ensiharvennuksilta kerätyn ainespuun perusteella laskettiin kohteilta kertyvä energiapuun määrä. Ainespuun ja energiapuun suhdetta ensiharvennuksilla tarkasteltiin kahden eri lähteen avulla. Hakkila & Fredriksson (1996) arvioivat, että ensiharvennusleimikon biomassapoistumasta 45 % on potentiaalista kuitupuuta ja 55 % ensisijaista energiapuuta (kuitupuun vähimmäisläpimitan ollessa 7-8 cm). Sen sijaan männiköiden ensiharvennuspoistuman rakennetta ja ainespuun minimiläpimitan vaikutusta ainespuun suhteelliseen osuuteen poistuman tilavuudesta on tarkasteltu tutkimuksessa Harvennuskertymän rakenne ja energiapuun määrä ensiharvennusmännikössä (Tanttu et al. 2002, s. 31). Tutkimuksen mukaan, ainespuun minimiläpimitan ollessa 7 cm, poistuman kokonaistilavuudesta on ainespuuta 66 % ja potentiaalista energiapuuta 34 %.

Näiden tutkimustulosten tarkastelun jälkeen päädyttiin käyttämään aines- ja energiapuun suhteena seuraavaa: ensiharvennusten biomassapoistumasta 60 % on minimiläpimitat täyttävää, ensisijaista ainespuuta ja 40 % potentiaalista energiapuuta. Kyseiseen 60:40 suhteeseen päädyttiin, sillä Tantun et al. (2002) tutkimustuloksen koskiessa ainoastaan mäntyvaltaisia kohteita haluttiin energiapuun 34 % osuutta biomassasta nostaa. Hakkilan ja Fredrikssonin kertymäsuhdearvioon nähden Tantun et al. (2002) tutkimustulosta haluttiin kuitenkin painottaa, sillä viiden viime vuoden aikana kuitupuusta on keskimäärin 44 % ollut mäntyä ja 34 % kuusta (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Markkinahak-

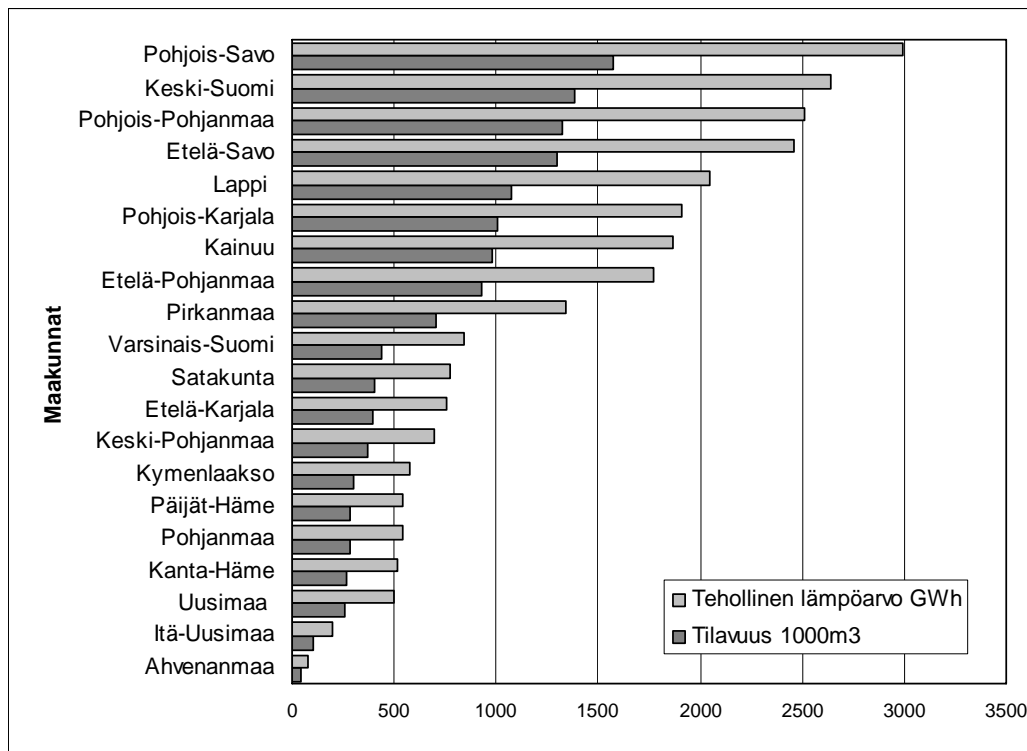
kuut vuosittain). Lisäksi Tantun et al. (2002) alhaisempaa arviota painotettiin siksi, että kuitupuun alentuneet minimilatvaläpimitat pienentävät energiapuuksi sopivan biomassan osuutta kokonaisbiomassasta.

Tässä tutkimuksessa energiapuun kertymäksi ensiharvennuksilta muodostui Etelä-Suomessa noin 29 m³/ha ja Pohjois-Suomessa noin 23 m³/ha.

Saatujen pienpuupotentiaalien teholliset lämpöarvot laskettiin megawattitunteina tuoretta kuutiometriä kohden. Puun kosteusprosentiksi oletettiin 50 % (Alakangas 2000, s. 41), sillä pienpuuhakkeen kosteus on alhaisempi kuin hakkuutähdehakkeen. Kosteutta 50 % sisältävän pienpuuhakkeen teholliset lämpöarvot megajouleina (Hakkila 1978, s. 9) muutettiin megawateiksi, jonka jälkeen laskettiin puulajikohtaiset lämpöarvokertoimet yhtä kuutiometriä kohden. Kertoimet olivat männyllä 1,8 MWh/m³, kuusella 1,8 MWh/m³ ja lehtipuilla 2,2 MWh/m³. Koska pienpuukohteilta kertyvää puuainesta ei kuitenkaan oltu luokiteltu puulajeittain, päädyttiin tehollisena lämpöarvona käyttämään keskiarvoa 1,9 MWh/m³ (havupuuta painotettiin suuremman hakkuumääränsä vuoksi).

Tulokset

Taimikonhoidoista saatava pienpuupotentiaali on kokonaisuudessaan 3,4 miljoonaa m³ (6,5 TWh). Nuorten metsien kunnostuskohteilta saatava teoreettinen pienpuupotentiaali on koko maassa 4,8 miljoonaa m³ eli 9,1 TWh. Ensiharvennusten pienpuupotentiaaliksi saadaan 5,2 miljoonaa m³ (9,9 TWh). Suomen teoreettiseksi pienpuupotentiaaliksi siis muodostuu 13,4 miljoonaa m³ (25,5 TWh), josta suurimpien maakuntien Pohjois-Savon potentiaalia on 1,6 milj. m³ ja Keski-Suomen potentiaalia 1,4 milj. m³.



Kuvio 9. Vuotuiset teoreettiset pienpuupotentiaalit Suomen maakunnissa.
Lähde: Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu; Sirén et al. 2001; Laitila et al. 2004; Kärhä et al. 2007; Hakkila & Fredriksson 1996; Tanttu et al. 2002; Hakkila 1978; Alakangas 2000.

4.2. Teknis-taloudellinen pienpuupotentiaali

Laskentaperusteet

Pienpuun korjuu on muihin metsähakkeen raaka-aineisiin verrattuna kallista sillä pienpuuhakkeen tuotantokustannukset ovat jopa 50 % hakkuutähdehaketta korkeammat (Laitila et al. 2004, s. 5). Pienpuukohteet ovat usein vaikeakulkuisia ja pieniläpimittaisista puista koostuvia leimikoita, joilla useat tekijät vaikuttavat korjuun kannattavuuteen. Eräs tärkeimmistä tekijöistä on riittävän suuri hehtaarikohtainen pienpuukertymä.

Taimikonhoitokohteilta korjattava biomassakertymä on pieni. Lisäksi jäävä puusto on pieniläpimittaisena tiheää ja vaurioille altista, tehden korjuusta työlästä, kallista sekä riskialtista. Tästä syystä taimikonhoitokohteita ei käytännössä korjata pienpuuta. Tässäkään tutkimuksessa taimikonhoitokohteilta kertyvää biomassaa ei lasketa kuuluvaksi pienpuun teknis-taloudelliseen potentiaaliin.

Nuoren metsän kunnostuskohteet ovat useimmiten ylitieheitä, puustoltaan pieniläpimittaisia metsiä, joiden taimikonhoito on joko tehty suosituksia lievempänä tai se on jäänyt kokonaan tekemättä. Valtakunnan tasolla tällaisia nuoria metsiä, joiden taimikonhoito tai

ensiharvennus on luokiteltu myöhässä olevaksi, on huomattava määrä (Korhonen et al. 2007, s. 158). Näiden kohteiden pienpuupotentiaali on varteenotettava, etenkin jos kohteella ei kerry myyntikelpoista määrää ainespuumitat täyttävää puutavaraa. Tällöin ainespuu luetaan energiapuuhun kuuluvaksi, mikä luonnollisesti kasvattaa pienpuukertymää ja parantaa pienpuun korjuun kannattavuutta. Pienpuukertymän kuutiometrikoon lisäksi korjuun kannattavuuteen vaikuttaa voimakkaasti valtion määrittelemilleen kohteille maksamat Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaiset korjuutuet. Edellä mainittujen KEMERA –tukien on todettu olevan jopa edellytys pienpuun korjuun kannattavuudelle (Helynen et al. 2007 s. 24).

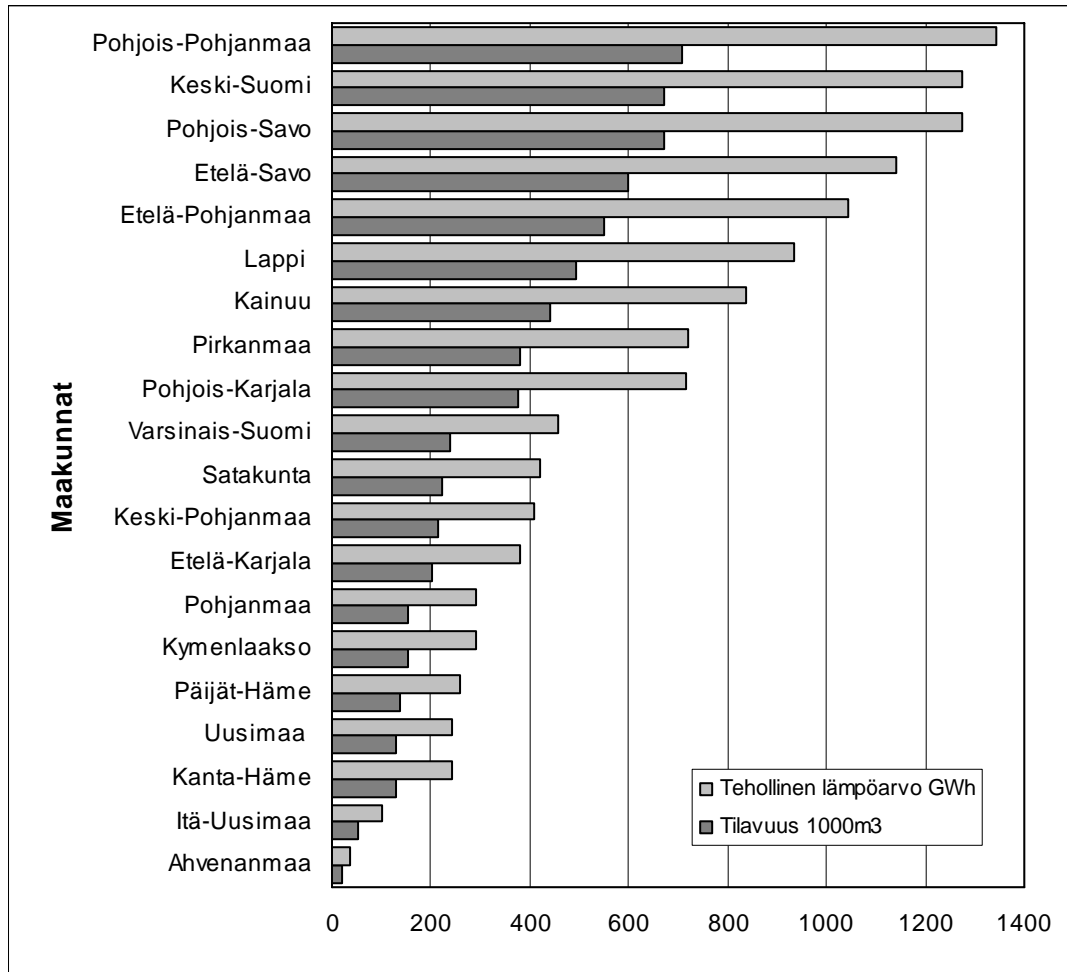
Tässä tutkimuksessa kaikkien nuorten metsien kunnostuskohteitten oletettiin olevan taloudellisesti korjuukelpoisia. Hehtaarikohtaista kertymää kuitenkin laskettiin teoreettisen potentiaalin luvuista, jotka olettivat teknisen talteenotto-prosentin olevan 100 %. Myös teknis-taloudellisen potentiaalin kertymäluvusta tehtiin kirjallisuuskatsaus, joka keskittyi toteutuneita pienpuukorjuita käsitteleviin tutkimuksiin. Metsätehon raportissa 193: Kokopuun korjuu nuorista metsistä (Kärhä et al. 2006) koottiin sekä seuranta- että aikatutkimuksella tietoa pieniläpimittaisen energiapuun korjuusta kokopuuna. Seuranta-tutkimuksen kokopuukertymäksi muodostui 52 m³/ha ja aikatutkimuksen tulokseksi saatiin noin viisi kuutiometriä korkeampi kertymä (Kärhä et al. 2006). Heikkilä et al. (2007) tarkastelivat ensi- ja energiapuuharvennuksen kannattavuutta ja energiapuun kertymää eri harvennusvaihtoehdoilla. Kokopuukertymän toteutuneeksi keskiarvoksi muodostui 53 m³/ha. Tutkimustulosten pohjalta oli aiheellista asettaa Suomen keskiarvokertymäksi energiapuukohteilta 52 m³/ha. Samaa suhdelukua, joka vallitsi teoreettisten pienpuukertymien välillä Etelä- ja Pohjois-Suomessa, käytettiin jakamaan teknis-taloudellinen keskiarvokertymä etelään ja pohjoiseen. Näin Etelä-Suomessa kertymäksi saatiin 57 m³/ha ja Pohjois-Suomessa 46 m³/ha.

Koska teoreettisen potentiaalin ensiharvennusten energiapuukertymät perustuivat jo toteutuneisiin hakkuisiin, on teknis-taloudellista potentiaalia laskettaessa aiheellista käyttää samoja hehtaarikohtaisia kertymiä. Sen sijaan on mahdotonta olettaa, että kaikki toteutuneet ensiharvennukset tuottaisivat taloudellisesti korjuukelpoista määrää pienpuuta ainespuun korjuun ohessa. Tässä tutkimuksessa päädyttiin rajaamaan 55 % ensiharvennusten pinta-alasta pois taloudellisesti korjuukelpoisten pienpuukohteiden joukosta, jolloin siis 45 % teoreettisesta potentiaalista siirtyi ensiharvennusten teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi.

Tulokset

Teknis-taloudellinen pienpuupotentiaali, 6,5 miljoonaa m³ (12,4 TWh) on 49 % teoreettisesta pienpuupotentiaalista. Tästä kokonaispotentiaalista 4,2 miljoonaa m³ (7,9 TWh) koostuu nuorten metsän kunnostuskohteitten pienpuusta ja 2,4 miljoonaa m³ (4,5 TWh)

ensiharvennusten pienpuusta. Maakunnista suurimmat kokonaispotentiaalit ovat Pohjois-Pohjanmaalla, 706 000 m³ (1,3 TWh) ja Keski-Suomessa 672 000 m³ (1,3 TWh).



Kuvio 10. Vuotuiset teknis-taloudelliset pienpuupotentiaalit Suomen maakunnissa.

Lähde: Kärhä et al. 2006; Heikkilä et al. 2007.

4.3. Tarjontahalukkuuden mukainen pienpuupotentiaali

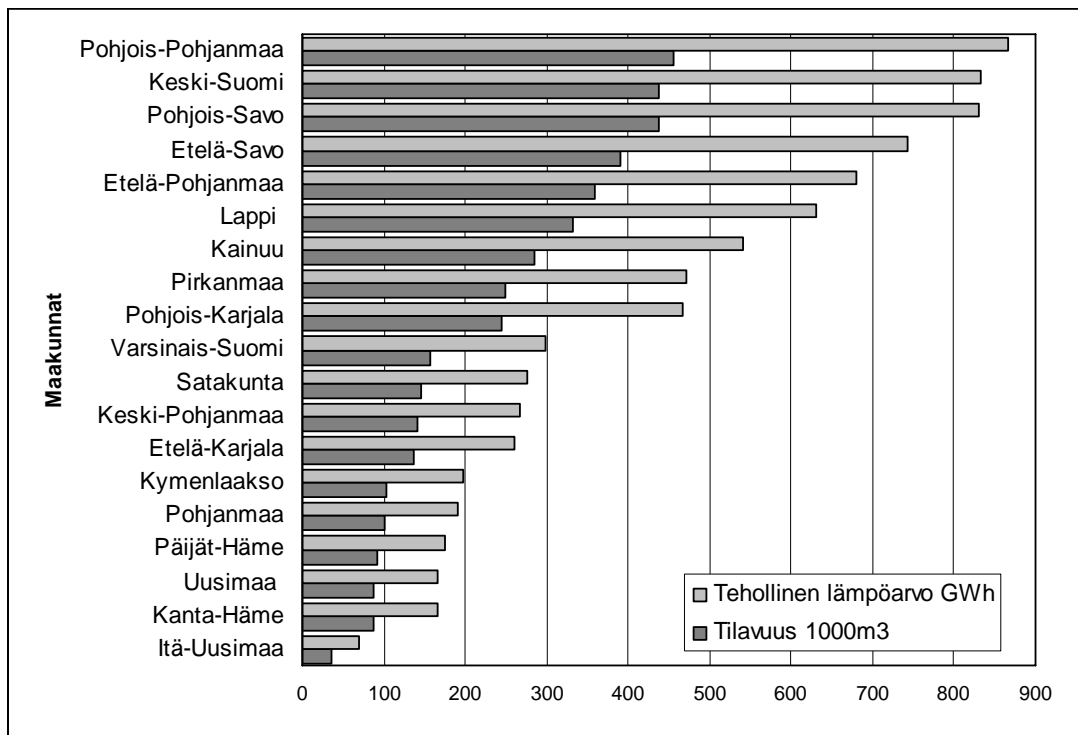
Laskentaperusteet

Energiapuun tarjontahalukkuutta tarkasteltiin laskemalla niiden metsänomistajien suhteellinen osuus kaikkien samasta läänistä vastanneiden metsänomistajien metsäpinta-alasta, jotka olivat valmiita myymään energiapuuta itse määrittelemällään hinnalla. Etelä-Suomen lääniin kuuluvissa maakunnissa myyntihalukkaiden osuus metsäpinta-alasta on suurin, 68 %. Itä- ja Länsi-Suomen sekä Oulun lääneissä myyntihalukkuus oli 65 % ja Lapin läänissä 67 % (katso luku 2). Tarjontahalukkuuden mukainen pienpuupotentiaali

muodostettiin kertomalla myyntihalukkaiden prosenttiosuuksilla maakuntakohtaiset teknis-taloudelliset pienpuupotentiaalit.

Tulokset

Tarjontahalukkuuden mukainen pienpuupotentiaali on 4,3 miljoonaa m³ (8,1 TWh). Tämä vastaa 65 % teknis-taloudellisesta ja 32 % teoreettisesta pienpuupotentiaalista. Vuonna 2006 karsimatonta pienpuuta käytettiin metsähakkeen raaka-aineeksi 584 000 m³ (Kuvio 5). Luvuista voidaan päätellä korjattavissa olevaa pienpuuta jäävän käyttämättömänä metsiin noin seitsenkertaisesti korjattuun määrään verrattuna. Pohjois-Pohjanmaalla on maakunnista suurin potentiaali, 456 000 m³, kun pienin maakuntakohtainen potentiaali on Itä-Uudellamaalla (36 000 m³).



Kuvio 11. Vuotuiset tarjontahalukkuuden mukaiset pienpuupotentiaalit Suomen maakunnissa.

Lähde: Rämö et al. 2001.

5. KANTOPOTENTIAALI

5.1. Teorettinen kantopotentiaali

Laskentaperusteet

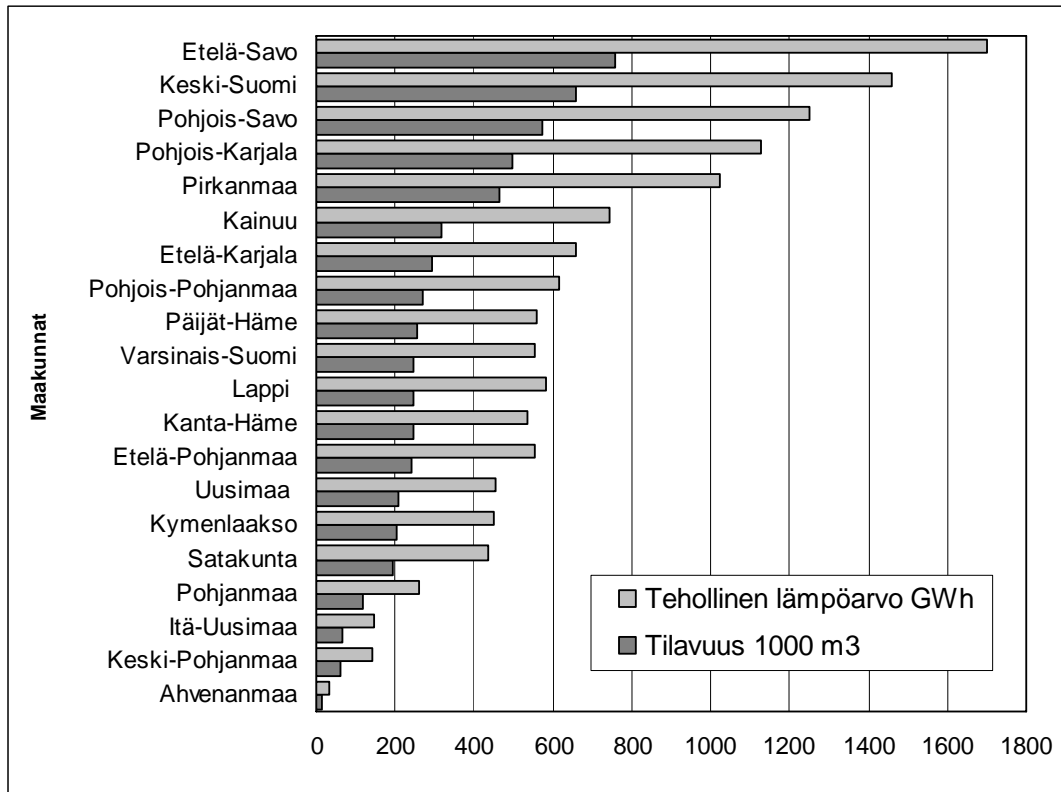
Puuenergian teknologiaohjelman 1999-2003 loppuraportin (Hakkila 2004, s. 33) mukaan juurakoiden nosto on mahdollista ainoastaan päätehakkuualoilta, sillä noston suorittavat koneet ovat raskaita ja ainoastaan näille kohteille soveltuvia. Päätehakkuukohteilta nostettujen tukkipuitten juurakoitten korjuukelpoinen kuivamassa on ollut 23–25 % rungon kokonaisuudessaan verrattuna, kun on otettu huomioon viiden sentin kokoiset ja sitä suuremmat juurenosat. (Hakkila 2004)

Kantopotentiaalilaskelmat perustuvat vuoden 2006 markkinahakkuutilastoon, joka sisältää tiedon metsäkeskuksittain kertyneestä tukkipuusta puulajeittain (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Markkinahakkuut vuosittain, metsäkeskuksittain). Teoreettisessa potentiaalissa kaikkien puulajien kuutiometrimääräiset tukkipuukertymät metsäkeskuksittain laskettiin yhteen, ja kertymään sovellettiin kerrointa 0,25.

Kantopotentiaalien teholliset lämpöarvot laskettiin megawatteina tuoretta kuutiometriä kohden. Puun kosteusprosentiksi oletettiin 35 % (Alakangas 2000, s. 41). Kosteutta 35 % sisältävän kantohakkeen teholliset lämpöarvot megajouleina muutettiin megawattitunneiksi (Hakkila 1978, s. 9), jonka jälkeen laskettiin männyn ja kuusen lämpöarvokertoimet yhtä kuutiometriä kohden. Lehtipuiden kanto- ja juuripuulle ei kuitenkaan Hakkilan (1978) Pienpuun korjuu polttoaineeksi -teoksessa ole laskettu tehollisia lämpöarvoja. Koska lehtipuiden lämpöarvot ovat kokopuuhakkeen ja hakkuutähdehakkeen kohdalla korkeammat kuin havupuilla, tyydyttiin kantopotentiaalia laskettaessa korvaamaan lehtipuiden lämpöarvot kuusta korkeamman männyn arvoilla. Tämä saattaa aliarvioida lehtipuiden kantojen tehollisen lämpöarvon. Ratkaisuun kuitenkin päädyttiin, sillä lehtipuiden osuus maakunnittaisista kantopotentiaaleista on pieni havupuihin verrattuna. Kertoimet olivat männyllä 2,4 MWh/m³, kuusella 2,1 MWh/m³ ja lehtipuilla siis sama kuin männyllä: 2,4 MWh/m³.

Tulokset

Valtakunnalliseksi teoreettiseksi kantopotentiaaliksi muodostuu 5,9 miljoonaa m³, jonka tehollinen lämpöarvo on 13,3 TWh. Kuusen päätehakkuualoilta saatavaa kanto- ja juuripuuta kertyy enemmän kuin muiden puulajien päätehakkuualoilta, 3,1 miljoonaa m³ (6,6 TWh). Maakunnista eniten kantopotentiaalia on Etelä-Savossa (756 000 m³) ja vähiten Ahvenanmaan maakunnassa (16 000 m³) ja Keski-Pohjanmaalla (62 000 m³).



Kuvio 12. Vuotuiset teoreettiset kantopotentiaalit Suomen maakunnissa.

Lähde: Hakkila 2004, 1978; Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu; Alakangas 2000.

5.2. Teknis-taloudellinen kantopotentiaali

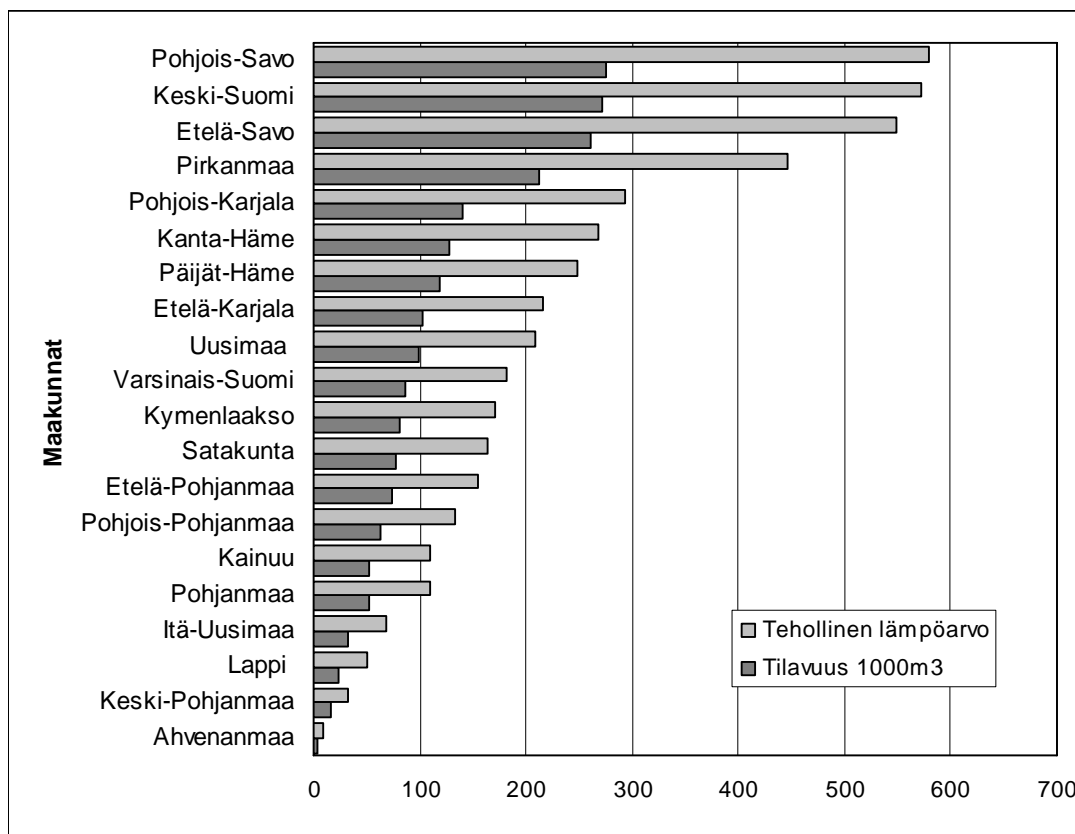
Laskentaperusteet

Muutettaessa kantojen teoreettista potentiaalia teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi otettiin huomioon tiettyjä korjuuta rajoittavia tekijöitä. Tärkein tällainen tekijä oli päätehakkukohteiden rajausta koskemaan ainoastaan kuusivaltaiset kohteet. Kuusen juurakko on helpompi irrottaa ja paloitella kuin männyn juurakko (Hakkila 2004, s. 33), lisäksi kuusen kantomurske on puhtaampaa kuin männyn, joka sisältää helpommin epäpuhtauksia kuten kiviä ja hiekkaa. Lisäksi tutkimuksessa oletettiin, että kuusen päätehakkualoista 65 % on sopivia kohteita kantojen korjuuseen ja että tällaisilla korjuuseen sopivilla kohteilla 95 % kannoista on korjattavissa. Jäljelle jäävässä 5 prosentissa kannon korjuun estävät ekologiset syyt (Helynen et al. 2007, s. 21).

Kun kantopotentiaali rajoitettiin koskemaan ainoastaan kuusen päätehakkuita, voitiin juurakoitten korjuukelpoista kuivamassan osuutta rungon kokonaisuudesta kasvattaa 28 prosenttiin. Vastaaviin lukuihin on päästy UPM-Kymmene Metsän korjaamalla kuusen päätehakkualoilla. (Hakkila 2004, s. 33)

Tulokset

Kanto- ja juuripuun teknis-taloudellinen potentiaali koko maassa on 2,2 miljoonaa m³ (4,6 TWh). Tämä vastaa 37 % teoreettisesta kantopotentialista. Muihin maakuntiin verrattuna suurin teknis-taloudellinen potentiaali oli Pohjois-Savossa, 276 000 m³ (583 GWh) ja pienin Ahvenanmaan maakunnassa, 5 000 m³ (9 GWh).



Kuvio 13. Vuotuiset teknis-taloudelliset kantopotentialit Suomen maakunnissa.

Lähde: Hakkila 2004; Helynen et al. 2007.

5.3. Tarjontahalukkuuden mukainen kantopotentiali

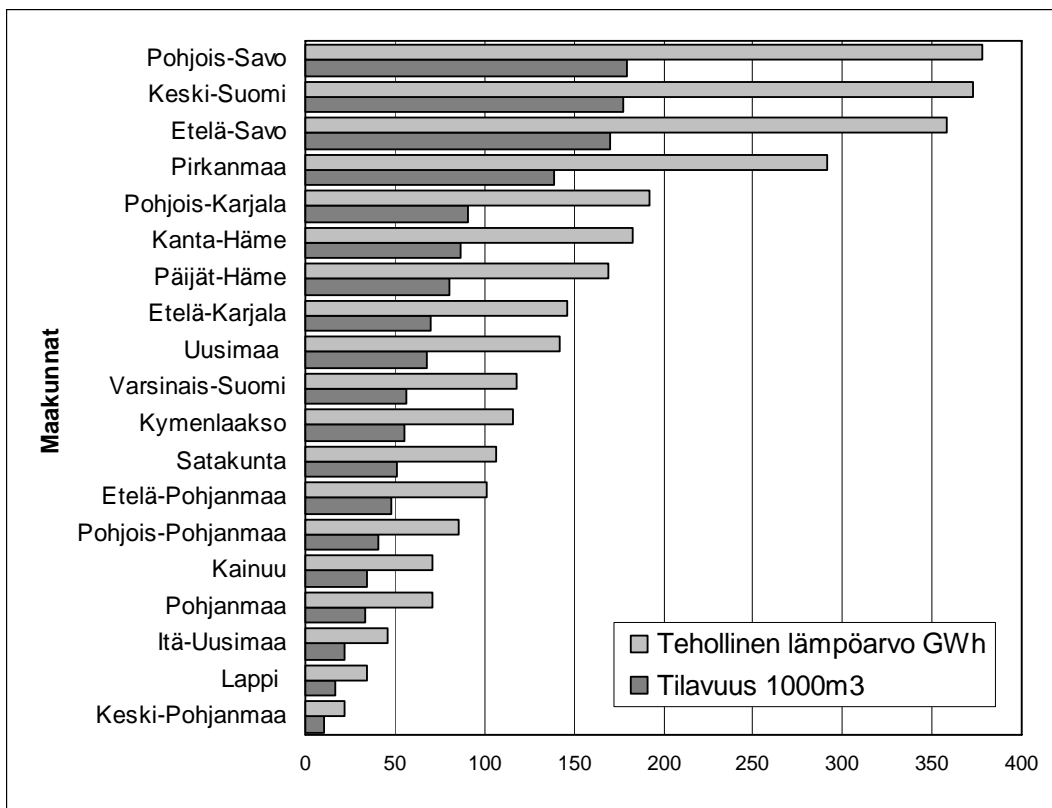
Laskentaperusteet

Energiapuun tarjontahalukkuutta tarkasteltiin laskemalla niiden metsänomistajien suhteellinen osuus kaikkien samasta läänistä vastanneiden metsänomistajien metsäpinta-alasta, jotka olivat valmiita myymään energiapuuta itse määrittelemällään hinnalla. Etelä-Suomen lääniin kuuluvissa maakunnissa myyntihalukkaiden osuus metsäpinta-alasta on suurin, 68 %. Itä- ja Länsi-Suomen sekä Oulun lääneissä myyntihalukkuus on 65 % ja Lapin läänissä 67 % (katso luku 2). Kertomalla maakuntakohtaiset teknis-taloudelliset

kantopotentiaalit myyntihalukkaiden metsänomistajien suhteellisella osuudella metsäalasta, saatiin tarjontahalukkuuden mukainen kantopotentiaali.

Tulokset

Suomen tarjontahalukkuuden mukainen kantopotentiaali on 1,4 miljoonaa m³ (3,0 TWh), joka on 24 % teoreettisesta ja 66 % teknis-taloudellisesta potentiaalista. Maakunnista suurin kantopotentiaali löytyy Pohjois-Savosta (180 000 m³ eli 380 GWh) ja pienin Keski-Pohjanmaalta, jossa kantopotentiaali oli 10 000 m³ (22 GWh). Kantojen käyttö metsähakkeen raaka-aineena vuonna 2006 oli 458 000 m³, mikä osoittaisi kantojen energiakäytössä olevan vajaan miljoonan kuutiometrin käyttämätön tarjontapotentiaali vuosittain.



Kuvio 14. Vuotuiset tarjontahalukkuuden mukaiset kantopotentiaalit Suomen maakunnissa.

Lähde: Rämö et al. 2001.

6. METSÄENERGIAPOTENTIAALI SUOMEN MAAKUNNISSA

Metsäenergiapotentiaalit

Viime vuosina on esitetty useita eri arvioita metsäenergian valtakunnallisesta korjuupotentiaalista. VTT:n tiedotteessa 2397: Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet (Helynen et al. 2007, s. 22) arvioitiin päätehakkuiden tekniseksi energiapuupotentiaaliksi 9 miljoonaa m³, josta latvusmassaa on 6,5 milj. m³ ja kantopotentiaalia 2,5 milj. m³. Nuorten metsien energiapuun potentiaali estimoitiin 6,9 miljoonan kuutiometrin suuruiseksi, jolloin vuosittaiseksi tekniseksi kokonaispotentiaaliksi saatiin 15,9 miljoonaa m³. Laskelmassa ei otettu huomioon korjuuta rajoittavia taloudellisia tekijöitä. Pöyry Forest Industry Consulting Oy arvioi Maa- ja metsätalousministeriölle tekemässään selvityksessä metsähakkeen teknis-taloudelliseksi potentiaaliksi Suomessa 24 TWh eli noin 12 miljoonaa m³, josta hakkuutähdettä on 11 TWh (5,5 milj. m³), kantohaketta 6 TWh (3 milj. m³) ja pienpuuhaketta 7 TWh (3,5 milj. m³) (Pöyry Forest Industry Consulting Oy 2006, s. 24).

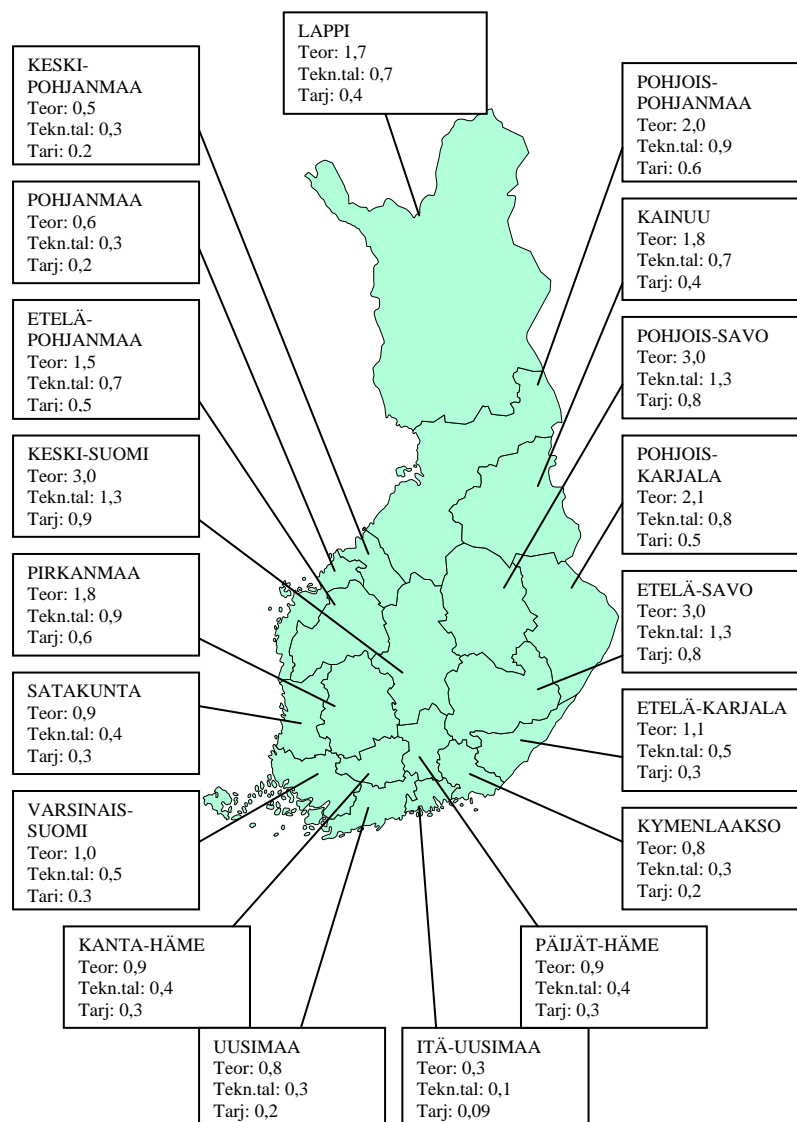
Tässä tutkimuksessa Suomen teoreettiseksi metsäenergiapotentiaaliksi arvioitiin 27,6 miljoonaa kuutiometriä. Tämä vastaa teholliselta lämpöarvoltaan 55,1 terawattituntia. Valtakunnallinen teknis-taloudellinen potentiaali on 43 % teoreettisesta potentiaalista ollen 12,0 miljoonaa m³ (23,5 TWh). Tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali on 7,9 miljoonaa m³, vastaten 29 % teoreettisesta potentiaalista. Tarjontahalukkuuden mukainen tehollinen lämpöarvo on 15,4 TWh.

Taulukko 4. Arvio Suomen vuosittaisesta metsäenergiapotentiaalista eri rajoitteilla.

	1000 m ³	GWh	% teoreettisesta
Teoreettinen potentiaali	27 600	55 100	100 %
Teknis-taloudellinen potentiaali	12 000	23 500	43 %
Tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali	7 900	15 400	29 %

Maakunnittain tarkasteltuna metsien energiaraaka-ainevarastot ovat epätasaisesti jakautuneita. Kolmen kärjen kaikilla potentiaalilin tasoilla muodostivat Etelä-Savo, Pohjois-Savo ja Keski-Suomi, jotka yhdessä muodostivat 33 % teoreettisesta potentiaalista ja 32 % teknis-taloudellisesta sekä tarjontahalukkuuden mukaisesta potentiaalista koko Suomen tasolla. Teoreettinen metsäenergiapotentiaali on Etelä-Savon, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen maakunnissa kaikissa noin 3,0 milj. m³ ja teknis-taloudellinen potentiaali kussakin edellä mainitussa maakunnassa noin 1,3 milj. m³. Tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali on Keski-Suomessa 0,9 milj. m³ ja Etelä- ja Pohjois-Savossa 0,8 milj. m³. Mui-

ta tärkeitä metsäenergiapuun potentiaalisia raaka-ainereservejä maakuntien joukossa ovat Pohjois-Karjala, Pirkanmaa ja Pohjois-Pohjanmaa. Maantieteellisesti tarkasteltuna metsäenergiapotentiaali on siis keskittynyt Itä- ja Keski-Suomeen. Pienimpiä energiapuureservejä on maakuntatasolla Ahvenanmaa sekä Manner-Suomessa Itä-Uusimaa ja Keski-Pohjanmaa. Nämä kolme muodostavat 3 % teoreettisesta kokonaispotentiaalista sekä saman verran teknis-taloudellisesta potentiaalista. Lisäksi Itä-Uusimaa ja Keski-Pohjanmaa vastaavat noin 3 % tarjontahalukkuuden mukaisesta potentiaalista. On kuitenkin huomiotava, että esitettyjä metsäenergian korjuupotentiaaleja ei ole suhteutettu maakuntien metsäpinta-aloihin tai puuston tilavuustietoihin, vaan luvut ovat absoluuttisia. Tästä syystä maakuntien metsäenergiapotentiaalien vertailu kertoo yksinkertaisesti maakuntien metsäpinta-alojen ja metsävarojen eroista, ei siis maakuntien esimerkiksi metsänhoidollisesta ”paremmuudesta”.

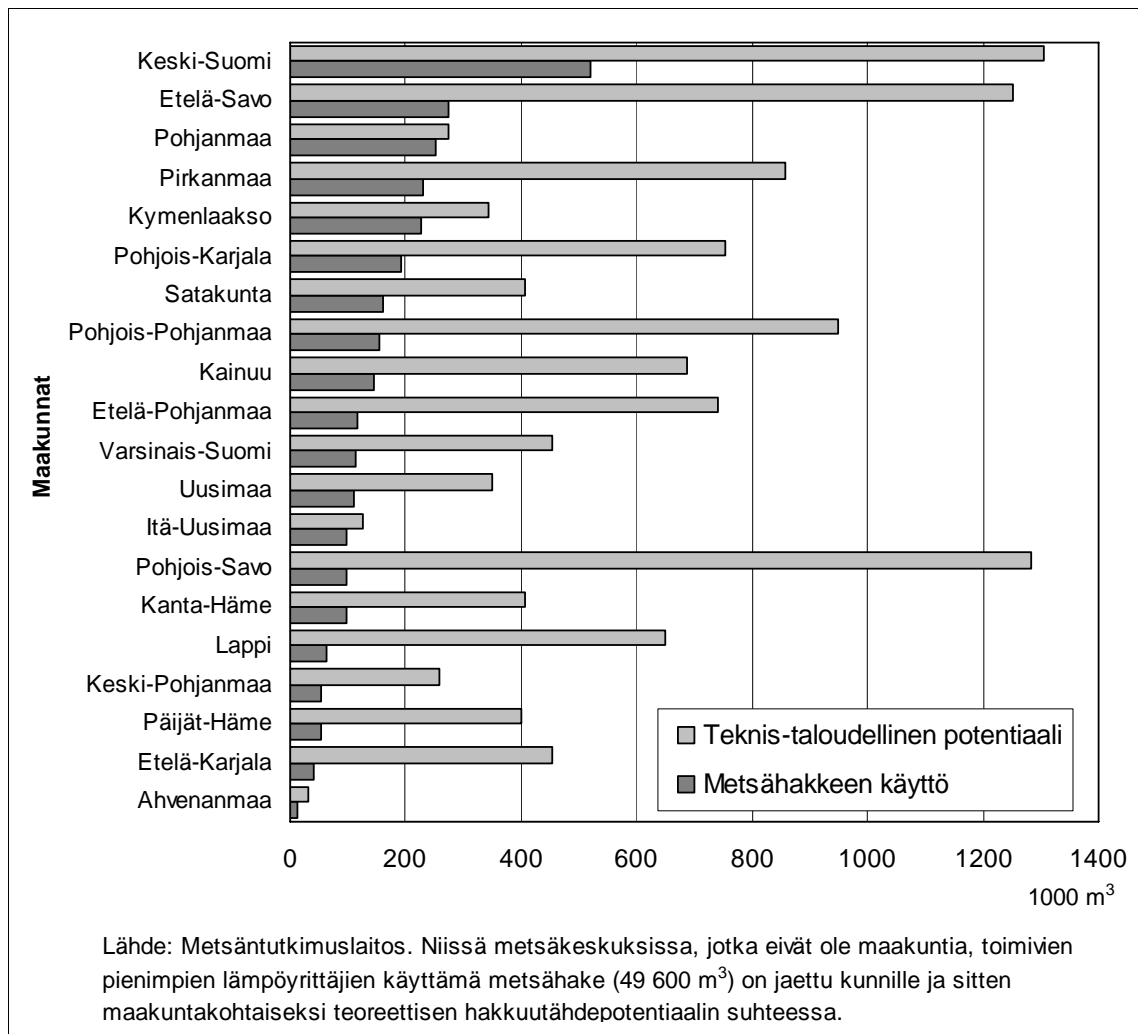


Kuva 2. Manner-Suomen maakuntien teoreettiset, teknis-taloudelliset ja tarjontahalukkuuden mukaiset metsäenergiapotentiaalit (milj. m³).

Metsäenergiapotentiaalien ja metsähakkeen käytön suhde

Metsäenergiapotentiaalien ja metsähakkeen käytön suhde vaihtelee alueellisesti melko paljon. Tämän voi todeta vertaamalla metsähakkeen energiakäyttöä vuonna 2006 teknis-taloudellisiin metsäenergiapotentiaaleihin. Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu julkaisee metsähakkeen energiakäyttötilaston metsäkeskuskohtaisena (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö 2006), mutta vertailua varten data muutettiin maakuntakohtaiseksi. Tarkastelutasoa muutettaessa oli otettava huomioon se, että niissä metsäkeskuksissa, jotka eivät sellaisenaan ole myös maakuntia, toimivien pienimpien lämpöyrittäjien käyttämää metsähaketta ei ollut mahdollista jakaa maakuntakohtaiseksi. Siksi näiden metsäkeskusten eli Etelärannikon, Lounais-Suomen, Häme-Uudenmaan, Kaakkois-Suomen, Etelä-Pohjanmaan sekä Pohjanmaan metsäkeskusten alueilla toimivien pienten lämpöyrittäjien käyttämä metsähake jaettiin kuntakohtaiseksi ja edelleen maakunnittaiseksi hakkuutähdepotentiaalin suhteessa. Kokonaisuudessaan edellä kuvailun mukaisesti jaettu metsähakkeen käyttö on alle 50 000 kuutiometriä eli lähes 2 % kokonaiskäytöstä.

Määrällisesti suurin käyttämätön metsäenergiapotentiaali on Pohjois-Savon maakunnassa, jossa teknis-taloudellisen potentiaalin ja vuoden 2006 käytön erotus on 1,2 miljoonaa m³. Käyttö vastaa vain 8 % potentiaalista. Suurimpana syynä tähän on Pohjois-Savon alhainen metsähakkeen energiakäyttö, joka oli vuonna 2006 Suomen kahdestakymmenestä maakunnasta kuudenneksi pienin. Muita suuren käyttämättömän potentiaalin omaavia maakuntia ovat Etelä-Savo (976 000 m³) ja Pohjois-Pohjanmaa (796 000 m³). Parhaimmin teknis-taloudellinen potentiaali on käytössä Pohjanmaan maakunnassa, jossa metsähakkeen vuoden 2006 käyttö on peräti 95 % potentiaalista. Kun Pohjanmaan maakunnan metsähakkeen käyttöä verrataan tarjontahalukkuuden mukaiseen potentiaaliin, ylittää käyttö potentiaalin 89 000 kuutiometrillä. Suurta metsäenergian käyttöastetta selittää Pietarsaareissa toimiva Oy Alholmens Kraft Ab, joka käyttää raaka-aineenaan 300 GWh metsähaketta vuosittain (Alholmens Kraft Ab, Tuotannon esittely). Tämä vastaa noin 60 % koko Pohjanmaan metsähakkeen käytöstä. Tämän suuren voimalaitoksen sijainti maakunnan pohjoisosassa tarkoittaa, että alueelle tuodaan metsähaketta tai sen raaka-ainetta yli maakuntarajojen.



Kuvio 15. Teknis-taloudelliset metsäenergiapotentiaalit ja metsähakkeen energiakäyttö lämpö- ja voimalaitoksissa vuonna 2006.

Lähde: Metsäntutkimuslaitos.

Selvityksessä Puupolttoaineiden kysyntä, tarjonta ja toimitusvarmuus päästökauppatilanteessa (Electrowatt-Ekono Oy 2005) esitetään arvio puupolttoaineiden maakuntakohtaisista teknisistä käyttöpotentiaaleista vuonna 2010. Suomen kokonaiskäyttöpotentiaali vuonna 2010 on arvioitu 49,6 TWh suuruiseksi, josta metsähakkeen käyttöpotentiaali on 17,4 TWh (35 %). Maakuntatasolla metsähakkeen tekninen käyttöpotentiaali vaihtelee suuresti: Ahvenanmaalla potentiaali on 50 GWh, Manner-Suomessa pienimmillään Itä-Uudellamaalla ja Kanta-Hämeessä 200 GWh. Suurimmat potentiaalit ovat Keski-Suomessa 1 900 GWh, Etelä-Karjalassa sekä Pohjois-Pohjanmaalla kummassakin 1 700 GWh ja Kymenlaaksossa 1 600 GWh.

Tarkastelemalla kyseisiä Electrowatt-Ekonon arvioimia käyttöpotentiaaleja sekä tässä tutkimuksessa arvioituja teknis-taloudellisia metsähakkeen korjuupotentiaaleja, on huomattavissa jonkinasteinen kysynnän ja tarjonnan kohtaanto-ongelma. Mikäli oletetaan

vuotuisen, teknis-taloudellisesti kerättävissä olevan metsähakkeen määrän pysyvän tämän tutkimuksen tulosten kaltaisena vuoteen 2010 asti, metsähakkeen kysyntä ylittää teknis-taloudellisen korjuupotentiaalin neljässä maakunnassa: Länsirannikolla Satakunnan ja Pohjanmaan maakunnissa sekä Kaakkois-Suomessa Kymenlaakson ja Etelä-Karjalan maakunnissa. Satakunnassa käyttöpotentiaali on 26 % suurempi kuin korjuupotentiaali, Pohjanmaalla käyttöpotentiaali on jopa yli kaksinkertainen teknis-taloudelliseen korjuupotentiaaliin nähden. Yhteensä näiden kahden maakunnan metsähakkeen maksimikysyntä on 2 100 GWh, teknis-taloudellisen potentiaalin ollessa 1 300 GWh. Etelä-Karjalassa käyttöpotentiaali ylittää teknis-taloudellinen korjuupotentiaalin 90 prosentilla kun taas Kymenlaaksossa käyttöpotentiaali on jopa 135 % suurempi kuin korjuupotentiaali. Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson yhteenlaskettu metsähakkeen maksimikysyntä on 3 300 GWh, teknis-taloudellisen korjuupotentiaalin ollessa hieman yli 1 600 GWh.

Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson maakuntien mahdollista metsähakkeen ylikysyntää saattaa helpottaa Etelä-Savon maakunnan läheisyys. Etelä-Savossa teknis-taloudellinen korjuupotentiaali on Suomen kolmanneksi suurin (1,3 miljoonaa m³ eli 2,5 TWh), lisäksi maakunnan tekninen käyttöpotentiaali hyödyntäisi tästä korjuupotentiaalista vuonna 2010 vain 32 %. Pohjanmaan ja Satakunnan maakuntien potentiaalista ylikysyntää taas on mahdollista helpottaa Etelä-Pohjanmaan ja Pirkanmaan teknis-taloudellisilla korjuupotentiaaleilla, joista maakuntien omat käyttöpotentiaalit pystyisivät käyttämään 49–59 %.

Muissa maakunnissa teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali ylittää käyttöpotentiaalin. Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin maakunnissa maksimikysyntä ylittää 93-96 prosenttiin teknis-taloudellisesta korjuupotentiaalista ja pienimmillään käyttöpotentiaali on vain 25 % korjuupotentiaalista, tämä Kanta-Hämeen maakunnassa. Koko Suomen tasolla teknis-taloudellisesta korjuupotentiaalista voidaan vuonna 2010 käyttää enimmillään 74 %.

Metsäenergian lisääntyvän käytön vaikutukset

Metsähakkeen hankinta ja käyttö luovat alueellisia työpaikkoja, synnyttävät tulovaikutuksia ja siten parantavat maaseudun alue- ja paikallistalouksien tasetta. Metsähakkeen hankintaketjujen tulo- ja työllisyysvaikutuksia on arvioitu tutkimuksessa Metsähakkeen energiakäytön työllisyys- ja tulovaikutukset – Case-tutkimus (Ahonen 2004). Tutkimus keskittyy Pohjanmaan sekä Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan maakunnissa sijaitsevien lämpö- ja voimalaitosten metsähakkeen toimitusketjuihin, jotka muodostuvat korjuusta, metsäkuljetuksesta, haketuksesta, hakkeen kuljetuksesta sekä hallintokuluista. Metsähaketta toimitettiin neljälle lämpö- ja voimalaitokselle yhteensä lähes 300 000 m³, josta välittömät työllisyysvaikutukset olivat 82 henkilötyövuotta (htv) ja välilliset työllisyysvaikutukset 34 htv. Yhteensä henkilötyövuosia kertyi 116, eli noin 37 henkilötyövuotta 100 000 kuutiometriä kohden. (Ahonen 2004)

Tutkimuksessa paikallistason nettotulovaikutuksiksi katsottiin maakunnassa – talousalueella ilmenevät välittömät ja välilliset nettotulot, joiden laskennassa on huomioitu tuotantontekijätulojen lisäksi verot sekä muut tulonsiirrot. Kahden pienemmän lämpölaitoksen (vuotuiset metsähakkeen toimitukset 2 900 m³ ja 9 900 m³) metsähakkeen toimitusketjujen nettotulovaikutukset olivat paikallisella tasolla keskimäärin 17 €/m³. Kahden suuremman voimalaitoksen (vuotuiset metsähakkeen toimitukset toiselle kohteelle 82 000 m³ ja toiselle ennakoarvion mukaan 200 000 m³) vastaavat nettotulovaikutukset olivat paikallisesti alle 8 €/m³. Pienten lämpölaitosten hakehankintaketjujen valtiolle kohdistuvat nettotulovaikutukset olivat yhtä ketjua lukuun ottamatta negatiivisia, kun taas suurempien voimalaitosten hankintaketjujen valtiolle kohdistuvat nettotulovaikutukset olivat kahta lukuun ottamatta positiivisia. Tähän vaikutti se, että pienempien lämpölaitosten hakekoostui lähes kokonaan pienpuusta, jonka nettotulovaikutukset paikallisesti ovat suuremmat mutta jonka korjuuta valtio tukee Kemera –tuilla. (Ahonen 2004)

Mikäli tässä tutkimuksessa estimoitu teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali otettaisiin käyttöön kaikissa Suomen maakunnissa, voidaan Ahosen (2004) tutkimustulosten pohjalta arvioida tarvittavien metsähakkeen korjuuketjujen työllisyys- ja tuloaikutuksia. Teknis-taloudellinen 12,0 miljoonan kuutiometrin metsäenergiapotentiaali käyttöön ottamalla olisi hankintasektorin työllistävyys mahdollista nostaa yli 4 000 henkilötyövuoteen valtakunnallisesti. Välittömät ja välilliset alueelliset nettotuloaikutukset vaihtelisivat 100-200 miljoonan euron välillä. Metsäenergian korjuun lisäys synnyttäisi kuitenkin skaalatuottoja, joiden takia todelliset työllisyys- ja nettotuloaikutukset jäisivät näitä lukuja alhaisemmiksi. Toisaalta, hankintaketjujen lisäksi metsäenergian lisääntynyt käyttö työllistäisi myös metsähaketta käyttävissä laitoksissa sekä metsäneuvonnassa ja –suunnittelussa.

Tulo- ja työllisyysvaikutusten jakautumiseen maakuntien välille vaikuttaa metsähakkeen saatavuus sekä korjuu- ja käyttöpotentiaalin välinen tasapaino. Kuten aikaisemmin on todettu, Satakunnan, Pohjanmaan, Kymenlaakson ja Etelä-Karjalan maakunnassa vuodeksi 2010 arvioitu käyttöpotentiaali ylittäisi vuosittaisen metsäenergian korjuupotentiaalin. Näissä maakunnissa, sekä mahdollisesti niitä ympäröivillä alueilla, metsähakkeen korjuun työllisyys- ja tuloaikutusten kasvu saattaa olla muuta Suomea voimakkaampaa.

7. PÄÄTELMÄT JA TARKASTELU

Sekä kansainväliset, etenkin Euroopan unionin asettamat, että kansalliset vaatimukset uusiutuvien energianlähteiden käytön lisäämiselle ovat vahvat. Suomessa vaatimuksiin on pyritty vastaamaan muun muassa kehittämällä biomassan käyttöä energiantuotannon raaka-aineena. Tärkeimpiä biomassan raaka-ainereservejä ovat metsät, joista saatavaa metsähakkeen vuotuista käyttöä pyritään Kansallisen metsäohjelman 2015 luonnoksen mukaan lisäämään 10–12 miljoonaa kuutiometriin (Kansallinen metsäohjelma...2007, s. 13). Metsähakkeen käytön lisäyksellä on monia aluetaloudellisia vaikutuksia, joiden estimoimiseksi tarvitaan arviot metsäenergiapotentiaaleista.

Tämä tutkimus tarkastelee metsäenergiapuun saatavuutta Suomen 20 maakunnassa. Potentiaali on laskettu kolmella eri tasolla: teoreettisella, teknis-taloudellisella ja tarjontahalukkuuden mukaisella tasolla. Teoreettinen potentiaali, joka ei ota huomioon energiapuun korjuun teknisiä, taloudellisia tai ekologisia rajoitteita, arvioitiin koko valtakunnan tasolla olevan 27,6 miljoonaa kuutiometriä (55,1 TWh). Teknis-taloudellinen potentiaali, joka ottaa huomioon edellä mainitut rajoitteet, arvioitiin 12,0 miljoonaksi kuutiometriksi (23,5 TWh). Tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali, jossa otetaan teknis-taloudellisten rajoitteiden lisäksi huomioon metsänomistajien halukkuus hakkuutähteiden, pienpuun tai kantojen myyntiin energiapuiksi, laskettiin olevan Suomessa 7,9 miljoonaa m³ (15,4 TWh). Tarjontahalukkuuden mukainen potentiaali perustuu vuosituhannen vaihteessa Pellervon taloudellisessa tutkimuslaitoksessa tehtyyn kyselytutkimukseen, jossa tiedusteltiin metsänomistajien halukkuutta energiapuun myyntiin itse määrittelemällään hinnalla.

Energiankulutus Suomessa vuonna 2006 oli ennakkotietojen mukaan 411 TWh, josta 95 TWh (23 %) oli tuotettu uusiutuvilla polttoaineilla (Energiakatsaus 1/2007, s. 32). Uusiutuviin polttoaineisiin lukeutuvat vesi- ja tuulivoima, metsäteollisuuden jäteliemet, teollisuuden puutähteet ja puun pienpoltto (Energiakatsaus 1/2007, s. 32). Metsähaketta käytettiin vuonna 2006 suomalaisissa voimalaitoksissa 3,1 milj. m³ (6,1 TWh) sekä pientalokiinteistöissä 0,4 milj. m³ (0,8 TWh) (Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, metsähakkeen kokonaiskäyttö). Metsähakkeen käyttö tuotti Suomen energian kokonaiskulutuksesta noin 2 %. Mikäli teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali otettaisiin käyttöön kokonaisuudessaan, voitaisiin metsähakkeella tuottaa miltei 6 % vuoden 2006 energiakulutuksesta. Jos lisäksi oletettaisiin muiden uusiutuvien energiamuotojen käytön pysyvän muuttumattomana, olisi uusiutuvien energianlähteiden osuutta mahdollista kasvattaa 23 prosentista noin 27 prosenttiin. Euroopan unioni asetti tammikuussa 2008 Suomelle tavoitteen nostaa uusiutuvan energian osuutta 38 prosenttiin energian kokonaiskulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Metsäenergiapotentiaalin nykyistä parempi hyödyntäminen energiantuotannossa tarjoaisi osaratkaisun tavoitteen saavuttamiseen.

Metsäenergiareservi on painottunut Itä- ja Keski-Suomeen, ja etenkin Etelä-Savo, Pohjois-Savo ja Keski-Suomi omaavat muihin maakuntiin verrattuna suuren metsäenergiareservin. Esitetyt maakuntakohtaiset metsäenergian korjuupotentiaalit ovat kuitenkin absoluuttisia lukuja, eli ne kertovat eroista maakuntien hakkuumäärissä ja tiettyjen metsänhoidollisten töiden lukumäärissä. Sen sijaan korjuupotentiaalin ja nykyisen käytön suhde antaa uutta informaatiota siitä, miten hyvin alueen metsäenergiareserviä hyödynnetään. Lisäksi on mahdollista verrata teknis-taloudellista korjuupotentiaalia arvioituun käyttöpotentiaaliin vuonna 2010, joka antaa viitteitä energiapuureservin mahdollisesta hyödyntämistäasteesta tulevaisuudessa.

Alueelliset, teknis-taloudelliset metsähakkeen korjuupotentiaalit ovat huomattavasti nykyistä käyttöä suuremmat. Tarkasteltaessa metsähakkeen käyttöä vuonna 2006 ja teknis-taloudellisia metsäenergiapotentiaaleja maakuntatasolla nähdään, että käyttöä olisi mahdollista kasvattaa esimerkiksi lähes nelinkertaiseksi nykyisestä Varsinais-Suomessa ja jopa yli kymmenkertaiseksi Pohjois-Savossa ennen kuin teknis-taloudellinen potentiaali saavutettaisiin. Ainoan poikkeuksen muodostaa Pohjanmaan maakunta, jossa metsähakkeen nykyinen käyttö ylittää 95 prosenttiin teknis-taloudellisesta potentiaalista. Tähän on syynä kapasiteetiltaan suuri Alholmens Kraftin voimalaitos, joka vastaa noin 60 % Pohjanmaan metsähakkeen käytöstä. Kaiken kaikkiaan metsähakkeen käyttöä energiantuotannossa olisi siis mahdollista lisätä.

Luvussa 6. vertailtiin Electrowatt-Ekonon arvioimia käyttöpotentiaaleja vuonna 2010 sekä tässä tutkimuksessa estimoituja teknis-taloudellisia metsähakkeen korjuupotentiaaleja. Kun oletettiin vuotuisen, teknis-taloudellisesti kerättävissä olevan metsähakkeen määrän pysyvän vakiona vuoteen 2010, maakunnittaisten korjuu- ja käyttöpotentiaalien suhteessa oli huomattavissa jonkinasteinen kohtaanto-ongelma. Metsähakkeen kysyntä nimittäin ylittää teknis-taloudellisen korjuupotentiaalin neljässä maakunnassa: Satakunnassa, Pohjanmaalla, Kymenlaaksossa ja Etelä-Karjalassa. Näissä maakunnissa metsähakkeen kysynnän ja käyttökapasiteetin kasvu todennäköisesti synnyttää positiivisia työllisyys- ja tulovaikutuksia. Tämä piristäisi maakuntien aluetalouksia, lisäksi vaikutusten voi olettaa ulottuvan myös ympäröiviin maakuntiin.

On kuitenkin muistettava, että metsähakkeen käytön kasvattamisella on todennäköisesti mahdollista korvata vain osa siitä uusiutuvan energian käytön lisäyksestä, jota EU odottaa Suomelta tammikuussa 2008 annetun direktiivin mukaan. Mikäli Euroopan bioenergian lisätarve katettaisiin ainoastaan lisääntyneellä puunkäytöllä, vuonna 2020 puun tarve olisi yli miljardi kuutiometriä (Latvala et al. 2007, s. 28). Vertailukohdaksi voidaan todeta, että vuonna 2004 raakapuun hakkuut Euroopassa (EU25) olivat polttopuu mukaan lukien 0,6 miljardia kuutiometriä (Metsätilastollinen vuosikirja 2006, s. 387). On siis nähtävissä, että Euroopan metsät ja niiden kasvupotentiaali eivät kata lisääntyvää energiakysyntää edes lyhyellä aikavälillä, jos oletetaan metsäteollisuuden puunkäytön pysyvän entisellään. Jotta

Suomessa olisi mahdollista saavuttaa Kansallisen metsäohjelman luonnoksessa vuodeksi 2015 asetettu päämäärä kasvattaa metsähakkeen käyttöä 10-12 miljoonaan kuutiometriin, tarvitaan monia tavoitetta tukevia toimenpiteitä. Teknologian kehitys ja tätä tukeva tutkimustyö, metsä- ja energiasektorin tukipolitiikka sekä muut ohjauskeinot, investointipäätökset sekä viestintä ja tiedonvälitys ovat kaikki tekijöitä, joiden kehityksellä on suuri vaikutus metsähakkeen käytön lisäämiselle (Asplund et al. 2005, s. 16).

Tulokset osoittavat, että metsänomistajien suhtautuminen energiapuun myyntiin on ratkaiseva tekijä energiapuun saatavuudessa. Tarjontahalukkuuden mukainen kokonaispotentiaali on 34 % pienempi kuin teknis-taloudellinen kokonaispotentiaali. Metsänomistajille suunnatulla neuvonnalla ja koulutuksella voidaan vaikuttaa halukkuuteen tarjota energiapuuta markkinoille, tulosten mukaan energiapuun mahdollinen tarjonta olisi vuodenvaihteessa 1999–2000 vallinneiden asenteiden mukaan jopa 4,8 miljoonaa kuutiometriä suurempi kuin vuoden 2006 metsähakkeen käyttö. Tästä syystä erilaisten vaikuttamiskanavien tehokkuutta metsänomistajien tavoittamiseksi olisi syytä tutkia. Tarjontahalukkuuden lisäämisessä tärkeässä asemassa olisi myös energiapuun hinnoittelun selkiyttäminen ja siitä maksettavan kantohintakäytännön vakiinnuttaminen. Tällä hetkellä energiapuulle ei ole yleisesti käytössä olevaa mittaus- ja hintajärjestelmää (Heikkilä et al. 2007), tosin tällaisen järjestelmän luominen on kehitteillä (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion lehdistötiedote 3.7.2007).

Tutkimuksessa muodostettuja potentiaaleja on tulkittava suuntaa antavina. Metsäenergian raaka-ainepohja, sen keräämiseen sopivat kohteet ja kohteilta saatavat kertymät ovat riippuvaisia monista tekijöistä, kuten kohteiden erilaisuudesta, niille asetetuista rajoituksista ja taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttavista muuttujista. Rajauspäätökset ovat perustuneet monilta osin aikaisempiin tutkimustuloksiin, joissa mittausolosuhteet saattavat vaihdella, sekä tekijöille muodostuneeseen käsitykseen energiapuun korjuupotentiaalista. Lisäksi kaikkien potentiaalilaskelmien pohjana on käytetty vuonna 2006 toteutuneita hakuumääriä ja harvennusaloja, siksi näiden lukujen vuosittainen vaihtelu aiheuttaa heilailua myös potentiaalien kokoihin.

Tarjontahalukkuuden mittaamisessa käytetty aineisto on kerätty vuosituhannen vaihteessa, mikä tarkoittaa että metsänomistajien asenteet energiapuun keräämiseen saattavat olla jossakin määrin muuttuneet 2000-luvun aikana. Lisäksi aineisto ei ota huomioon tarjonnan hintajoustoja vaikka tutkimusten mukaan energiapuun hintataso vaikuttaa huomattavasti metsänomistajien tarjontahalukkuuteen.

LÄHDELUETTELO

- Ahonen, A. 2004. Metsähakkeen energiakäytön tulo- ja työllisyysvaikutukset – Case-tutkimus. REDEC Kajaani, Working Papers 47. 61 sivua.
- Alholmens Kraft Ab, Tuotannon esittely. Internetsivusto <http://www.alholmenskraft.com/fi/production/index.htm>. [Viitattu 10.1.2008]
- Asplund, D., Korppi-Tommola, J. & Helynen, S. 2005. Uusiutuvan energian lisäysmahdollisuudet vuoteen 2015. VTT Prosessit, Jyväskylän Teknologiakeskus Oy, Jyväskylän yliopisto. 48 sivua. Saatavilla www-muodossa osoitteessa: [http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/all/E5063805F1B754D5C22570190028414D/\\$file/34642005.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/all/E5063805F1B754D5C22570190028414D/$file/34642005.pdf).
- Communication from the commission to the council and the European parliament. Renewable Energy Road Map Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future. COM(2006) 848 final. Brussels, 10.1.2007. Saatavana www-muodossa: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0848:FIN:EN:HTML>
- Electrowatt-Ekono Oy. 2005. Puupolttoaineiden kysyntä, tarjonta ja toimitusvarmuus päästökauppatilanteessa. Selvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Maaliskuu 2005. 37 sivua.
- Energiakatsaus 1/2007. Tilastoja: Taulukko 1. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin (1 000 toe) ja CO₂ -päästöt (Mt). Kauppa- ja teollisuusministeriö. 45 sivua.
- Energiatilasto 2006. Tilastokeskus. Helsinki 2006.
- Hakkila, P. 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Folia Forestalia 342. Metsäntutkimuslaitos. 38 sivua.
- Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Folia Forestalia 773. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki. 24 sivua.
- Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003. Loppuraportti. Teknologianohjelmaraportti 5/2004. 135 sivua.
- Hakkila, P. & Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. Metsäntutkimuslaitos ja Puuenergia ry. Vantaa 1996. 92 sivua.
- Heikkilä, J., Sirén, M. & Äijälä, O. 2007. Management alternatives of energy wood thinning stands. Biomass and Bioenergy: Volume 31, Issue 5, Pages 255-266.
- Helynen, S., Flyktman, M., Asikainen, A. & Laitila, J. 2007. Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet. VTT Tiedotteita 2397. Espoo 2007. 66 sivua.

- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 59 sivua. Saatavilla www-muodossa:
http://www.metsavastaa.net/tiedostot/dokumentit/8730/1_Hyvan%20_metsanhoidon_suosituksset.pdf
- Kansallinen metsäohjelma 2015 – Lisää hyvinvointia monimuotoisista metsistä. Versio 4.2. 22.11.2007. Maa- ja metsätalousministeriö. 42 sivua. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.mmm.fi/attachments/5fLUy9oi5/5tyXzDXVT/Files/CurrentFile/KMO2015-versio-4.2-22112007.pdf>
- Korhonen, K. T., Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. & Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004–2006 ja metsävarojen kehitys 1996–2006. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007: 149–213.
- Kärhä, K., Poikela, A. & Keskinen, S. 2007. Aines- ja energiapuun korjuun tehostaminen ensiharvennuksilla. Käsikirjoitus Metsätehon raportiksi.
- Kärhä, K., Keskinen, S., Liikkanen, R. & Lindroos, J. 2006. Kokopuun korjuu nuorista metsistä. Metsätehon raportti 193, 12.9.2006. 79 sivua + liitteet.
- Laitila, J., Asikainen, A., Sikanen, L., Korhonen, K. T. & Nuutinen, Y. 2004. Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka. Metlan työraportteja 3. 58 sivua.
- Latvala, T., Aro-Heinilä, E., Toivonen, R. & Järvinen, E. 2007. Bioenergian tuotanto ja markkinat vuonna 2007 sekä kehitysnäkymät vuoteen 2015. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja nro 205. 70 sivua.
- Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Markkinahakkuut vuosittain, metsäkeskuksittain. [Viitattu 11.6.2007] <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/>
- Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Metsien hoito, metsänhoito- ja perusparannustyöt. [Viitattu 20.6.2007] <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/>
- Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö. [Viitattu 30.8.2007] <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/>
- Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, lämpö- ja voimalaitosten käyttämän metsähakkeen raaka-aineet.[Viitattu 28.8.2007] <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/>
- Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, metsähakkeen kokonaiskäyttö. [Viitattu 10.11.2007] <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/>
- Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. Puun energiakäyttö, puuperäisten polttoaineiden käyttö. [Viitattu 30.8.2007] <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/>
- Metsäntutkimuslaitoksen tilastopalvelu. VMI9:n kunnittaiset metsävarat. [Viitattu 15.6.2007] <http://www.metla.fi/metinfo/vmi/>

- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion lehdistötiedote 3.7.2007. Energiapuun mittaukseen luodaan järjestelmä. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.tapio.fi/lehdistotiedotteet?id=10255040>
- Metsätilastollinen vuosikirja 2006. Metsäntutkimuslaitos. 438 sivua.
- Pöyry Forest Industry Consulting Oy. 2006. Metsäenergian tuotannon, korjuun ja käytön kustannustehokkuus sekä tukijärjestelmän vaikuttavuus päästökaupan olosuhteissa. Maa- ja metsätalousministeriö. Loppuraportti 9.8.2006. 47 sivua.
- Ranta, T. 2002. Logging residues from regeneration fellings for biofuel production – A GIS-based availability and supply cost analysis. Acta Universitatis Lappeenrantaensis 128. 182 sivua + liitteet.
- Rämö, A-K., Toivonen, R. & Tahvanainen, L. 2001. Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjonta ja suhtautuminen puun energiakäyttöön. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja N:o 175. Helsinki 2001. 101 sivua.
- Sirén, M., Tantu, V. & Aaltio, H. 2001. Metsähakkeen korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet ensiharvennuksissa. Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2001. VTT Symposium 216. s. 77–93
- Suomi.fi –portaali. Kunnat ja alueet kartalla: Maakunnat lääneittäin. Sivun päivitys 20.3.2007. [Viitattu 14.6.2007] http://www.suomi.fi/suomifi/suomi/a-o-hakemisto/kunnat_ja_alueet_kartalla/index.jsp
- Tantu, V., Sirén, M. & Aaltio, H. 2002. Harvennuskertymän rakenne ja energiapuun määrä ensiharvennusmänniköissä. Teoksessa: Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet. Sirén, M. (toim). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837, 2002.
- Toivonen, R., Latvala, T., Järvinen, E., Pyykkönen, P. & Rämö, A-K. EU:n tavoitteet edellyttävät laaja-alaista bioenergian tuotantoa. s. 53-54. Julkaisussa: PTT-katsaus 1/2007. Suhdannekuva. 54 sivua.
- Valtioneuvoston asetus metsäkeskuksista. 2002. Säädos 1205/2002. Annettu Helsingissä 19.12.2002



PELLERVON TALOUDELLINEN TUTKIMUSLAITOS PTT

Pellervo Ekonomiska Forskningsinstitutet
Eerikinkatu 28 A, 00180 Helsinki, Finland
puh. (09) 348 8844, telefax (09) 3488 8500
sähköposti: econ.res@ptt.fi, kotisivut: www.ptt.fi

Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, publikationer, Publications

19. Perttu Pyykkönen. 2006. Factors affecting farmland prices in Finland
18. Vesa Silaskivi. 2004. Tutkimus kilpailuoikeuden ja maatalouden sääntelyn yhteensovittamisesta
17. Aki Kangasharju. 1998. Regional Economic Differences in Finland: Variations in Income Growth and Firm Formation.
16. Pertti Kukkonen. 1997. Rahapolitiikka ja Suomen kriisi

Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja, forskningsrapporter, Reports

207. The effects of a revision of the Emission Trading Directive for the period starting in 2013 on the European pulp and paper industry
206. Pasi Holm – Raija Volk – Satu Nivalainen. 2008. Työvoiman alueellisen liikkuvuuden kannustavuus (verkkojulkaisu). Julkaisussa: Työvoiman alueellisen liikkuvuuden esteet ja kannustimet, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 1/2008
205. Terhi Latvala – Esa Aro-Heinilä – Ritva Toivonen – Erno Järvinen. 2007. Bioenergian tuotanto ja markkinat vuonna 2007 sekä kehitysnäkymät vuoteen 2015
204. Anna-Kaisa Rämö – Tapio Tilli. 2007. Metsänomistajien käsitykset metsien yhteisomistuksesta: Metsänomistajakysely
203. Anna-Kaisa Rämö – Ritva Toivonen. 2007. Metsä- ja puukauppapalveluiden laatu ja sen ulottuvuudet metsänomistajien näkökulmasta
202. Pasi Holm – Anneli Hopponen. 2007. Vammaisten työkyky vuonna 2007. Vertailua työtömiin.
201. Meri Virolainen – Panu Kallio – Philip Abbott. 2006. Implications of export subsidy removal for the Finnish and EU dairy sectors
200. Pasi Holm - Jaakko Kiander - Timo Rauhanen - Matti Virén. 2007. Elintarvikkeiden arvonlisäverokannan alentamisen vaikutukset

Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita, diskussionsunderlag, Working Papers

105. Janne Huovari – Hanna Karikallio – Petri Mäki-Fränti. 2008. Alueellisten asuntomarkkinoiden kehitys vuoteen 2010
104. Mika Maliranta – Petri Rouvinen. 2007. Aineettomat investoinnit Suomen yrityksissä vuonna 2004: Kokeilu yritysaineistoilla.
103. Mika Maliranta – Rita Asplund. 2007. Training and hiring strategies to improve firm performance
102. Antti Lönnqvist. 2007. Intellectual capital and productivity: Identification and measurement of the relationship at company-level
101. Esteban Fernández Vázquez - Bart Los. 2007 A Maximum entropy approach to the identification of productive technology spillovers.
100. Jukka Jalava – Pirkko Aulin-Ahmavaara – Aku Alanen. 2007. Intangible capital in the Finnish business sector, 1975-2005.
99. Allan Flink – Erno Järvinen – Ritva Toivonen. 2007. Northwest Russia: Development of the woodworking industry and opportunities as a potential market area for Finland
98. Liisa Kähkönen. 2007. Neljä näkökulmaa kuntasektorin palvelujen kilpailuttamiseen
97. Matti Virén. 2007. Analyzing the Incidence of Consumption Taxes
96. Janne Huovari – Jukka Jalava. 2007. Kansainvälinen ja vertaileva näkökulma Suomen tuottavuuskehitykseen
95. Ritva Toivonen – Raija-Riitta Enroth. 2007. Etsikkoaika. Metsäsektorin tulevaisuus Suomessa – selvitys asiantuntijanäkemyksistä