

## **Pohjois-Karjalan metsäenergian käytön aluetaloudelliset ja ilmastovaikutukset**

Tanja Ikonen, Johanna Routa, Harri Strandman, Piritta Torssonen,  
Maarit Kallio, Karri Pasanen, Heli Peltola, Seppo Kellomäki,  
Antti Asikainen ja Antti Kilpeläinen

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute -sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmiä ja kokouskoosteita yms.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>  
ISSN 1795-150X

#### Toimitus

PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
faksi 029 532 2103  
sähköposti [julkaisutoimitus@metla.fi](mailto:julkaisutoimitus@metla.fi)

#### Julkaisija

Metsäntutkimuslaitos  
PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
faksi 029 532 2103  
sähköposti [info@metla.fi](mailto:info@metla.fi)  
<http://www.metla.fi/>

<b>Tekijät</b>			
Tanja Ikonen, Johanna Routa, Harri Strandman, Piritta Torssonen, Maarit Kallio, Karri Pasanen, Heli Peltola, Seppo Kellomäki, Antti Asikainen ja Antti Kilpeläinen			
<b>Nimeke</b>			
Pohjois-Karjalan metsäenergian käytön aluetaloudelliset ja ilmastovaikutukset			
<b>Vuosi</b>	<b>Sivumäärä</b>	<b>ISBN</b>	<b>ISSN</b>
2014	19	978-951-40-2514-3 (PDF)	1795-150X
<b>Yksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet</b>			
Itä-Suomen alueyksikkö / Forest energy2020 /Työkalu metsäbioenergian ympäristö- ja talousvaikutusten arviointiin -METY 7517			
<b>Hyväksynyt</b>			
Antti Asikainen, professori 12.12.2014			
<b>Tiivistelmä</b>			
<p>Tutkimuksessa tarkastellaan Pohjois-Karjalan metsäenergiavarojen käytön aluetaloudellisia vaikutuksia ja ilmastovaikutuksia. Eniten metsähakkeen korjuuseen vaikuttivat uudet laitosinvestoinnit, jotka lisäävät alueellista tarjontaa niiden läheisyydessä. Sen sijaan tarkastelluilla päästöoikeuden hinnan vaihtelulla ei ollut merkittävää vaikutusta markkinatasapainohintoihin eikä metsäenergian tarjontaan Pohjois-Karjalassa. Alueen energialaitokset käyttävät jo nyt verraten paljon tai yksinomaan puuta polttoaineeksi, vaikka päästöoikeuden hinta on matala. Alueen laitoskapasiteetti on sellaista, ettei esimerkiksi kivihiihi ole vaihtoehtoinen polttoaine ja turvekin vain osalla laitoksista. Siten puun käytön lisäämiseen ei ole suurta mahdollisuutta tai päästökaupasta seuraavia taloudellisia vaikuttimia. Osa alueella toimivista lämpölaitoksista ei pienen kokonsa vuoksi edes kuulu päästökaupan piiriin. Tämän selvityksen perusteella Kemera-tuen määrällä oli vain lievää vaikutusta energiabiomassan alueelliseen tarjonnan määrään ja rakenteeseen. Pohjois-Karjalan metsähakkeen korjuu- ja hyödyntämispotentiaali näyttäisi kasvavan vuoteen 2050 mennessä. Metsähakkeen käyttö vähensi alueella CO<sub>2</sub>-päästöjä hilliten ilmaston lämpenemistä, kun metsähakkeen käyttöä verrattiin vastaavan energian tuottamiseen kivihiihilellä. Kun metsähakkeen käyttöä lisätään, säteilypakote vähenee ja ilmastohyödyt metsähakkeen käytöstä realisoituvat nopeammin. Säteilypakotteen muutos ei kuitenkaan tapahdu hetkessä, vaan metsähakkeen korvausvaikutukset näkyvät ilmastovaikutuksissa viiveellä ja se edellyttää riittävän laajaa toimintaa alueellisesti.</p>			
<b>Asiasanat</b>			
metsäenergia, aluetalous, ilmastovaikutus, päästöoikeus			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b>			
<a href="http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp317.htm">http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp317.htm</a>			
<b>Tämä julkaisu korvaa julkaisun</b>			
<b>Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla</b>			
<b>Yhteydenotot</b>			
Johanna Routa, Metla, PL 68, 80101 Joensuu Sähköposti: <a href="mailto:johanna.routa@metla.fi">johanna.routa@metla.fi</a>			
<b>Muita tietoja</b>			
taitto: Anne Siika/Metla			

## Sisältö

<b>1 Johdanto</b> .....	5
1.1 Tutkimuksen tavoitteet.....	6
<b>2 Aineisto ja menetelmät</b> .....	6
2.1 ForEner-markkinatasapainomalli.....	6
2.2 Ilmastovaikutuslaskenta.....	8
<b>3 Tulokset</b> .....	9
3.1 Perusskenaariotarkastelu .....	9
3.2 Metsäenergian tarjontaan vaikuttavat tekijät .....	10
3.2.1 <i>Kemera-tuki</i> .....	10
3.2.2 <i>Lisääntynyt metsäenergian kysyntä ja uudet laitosinvestoinnit</i> ...	12
3.2.2 <i>Päästöoikeuden hinta</i> .....	12
3.3 Metsäenergian markkinatasapainohintoihin vaikuttavat tekijät Pohjois-Karjalan alueella .....	14
3.4 Ilmastovaikutukset .....	16
<b>4 Johtopäätökset</b> .....	17
<b>Lähteet</b> .....	18

## 1 Johdanto

Euroopan Unionin tavoitteena on, että energian loppukulutuksesta 20 prosenttia perustuu uusiutuvien energianlähteiden käyttöön vuoteen 2020 mennessä. Suomen kansalliseksi tavoitteeksi on asetettu uusiutuvien energianlähteiden osuuden nostaminen nykyisestä 28,5 prosentista 38 prosenttiin (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008). Tämän tavoitteen saavuttamisessa metsien rooli on tärkeä, sillä noin 80 prosenttia uusiutuvan energian tuotannostamme perustuu puuhun. Suomessa puuta polttamalla pystytään tuottamaan energiaa ilman, että sen kasvatus-, korjuu- ja tuotantoketjussa syntyy merkittäviä hiilidioksidipäästöjä. Koska puu on uusiutuvaa, sen katsotaan olevan myös hiilidioksidineutraali polttoaine, kun huomioidaan puuntuotannon ja käytön koko elinkaari.

Pohjois-Karjalan ilmasto- ja energiaohjelman asettaman tavoitteen mukaan maakunnallinen metsäenergian käyttötavoite vuoteen 2020 mennessä on noin miljoona kiintokuutiometriä. Se vastaa myös tämän hetkistä arviota metsähakkeen teknistaloudellista tuotantopotentiaalista. Jotta tämä tavoite saavutettaisiin, nykyisten käyttömäärien pitäisi kaksinkertaistua (Lohilahti & Pitkänen 2011).

Puunjalostusteollisuuden sivutuotteet hyödynnetään Suomessa jo täysimääräisesti, joten puunkäytön lisäys on mahdollista lähinnä metsähakkeen käyttöä lisäämällä. Metsähakkeen käyttö lämmön ja energian tuotannossa on kasvanut koko 2000-luvun ajan. Metsähaketta on käytetty Suomessa vuonna 2013 jo 8,7 miljoonaa kuutiometriä (Torvelainen ym. 2014). Pienpuu on tärkein metsähakkeen raaka-aine; vuonna 2013 metsähakkeeksi käytetyn runkopuun määrä ylitti 4 miljoonaa kuutiometriä. Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on käyttää metsähaketta sähkön- ja lämmöntuotannossa noin 13,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa vuoteen 2020 mennessä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013).

Suomen metsähakevarojen määrää on arvioitu 2000-luvulla sekä puustotietojen että biomassayhtälöiden ja -kertoimien avulla (Malinen ym. 2001, Ranta 2002, Hakkila 2004, Ranta 2005, Ranta ym. 2007, Helynen ym. 2007, Laitila ym. 2008, Kärhä ym. 2010). Helysen ym. (2007) sekä Laitilan ym. (2008) mukaan teknisesti korjattavissa olevan metsähakkeen määrä on noin 16 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Anttilan ym. (2013) laskelmien mukaan metsähakkeen käytön suurin kasvumahdollisuus on pienpuussa, jonka korjuupotentiaali on 6,6–10,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Koko valtakunnan tasolla metsähakkeen korjuupotentiaali on riittävä kansallisten käyttötavoitteiden saavuttamiseksi. Toisaalta Anttilan ym. (2013) tutkimuksen mukaan käyttöpaikat eivät välttämättä sijaitse alueilla, joilla potentiaali on suurin. Esimerkiksi latvusmassapotentiaali länsirannikolla sekä kantopotentiaali Pohjois-Suomessa ovat jo täysikäytössä.

Metsähakepotentiaalien kartoitus antaa tarvittavaa taustatietoa nykyisistä energiantuotantomahdollisuuksista. Tämän lisäksi kokonaisvaltaisilla hiilitasetarkasteluilla (elinkaariarviointi) voidaan kehittää menetelmiä metsäenergian kestävyuden arviointiin pitkällä aikavälillä. Tämä mahdollistaa arvioida paremmin myös metsien roolia ilmastonmuutoksen hillinnässä ja fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa energia-tuotannossa.

Metsähakkeen käyttömäärien kasvaessa kilpailu aluetasolla ja kuljetusmatkat kasvavat. Koska metsäenergia-alan pk-yrityksissä ja toimitusketjuissa useat tuotantontekijät ovat samankaltaisia (koneet, raaka-aineet), kilpailukykyä ja kustannustehokkuutta tulee etsiä toimitusketjujen optimoinnista ja kuljetusten hallinnasta (Jahkonen & Ikonen 2014). Tällöin toimintaa tulee arvioida.

da kiinnittäen huomiota sellaisiin tuotanto- ja kilpailukykytekijöihin, joiden merkitys erityisesti pienten yritysten kohdalla voi olla huomattava.

Metsähakkeen tuotantopotentiaalia, käytön taloudellista kestävyyttä ja ilmastonmuutoksen hillintäpotentiaalia fossiilisten polttoaineiden korvaamisella tulisi arvioida yhdessä ja riittävän pitkällä aikavälillä. Tämä mahdollistaa sen, että metsissä tuotetaan tehokkaasti ja samanaikaisesti energiabiomassaa, ainespuuta ja niihin sidotaan sekä varastoidaan hiiltä siten, että tuotato ja käyttö ovat tasapainossa.

## 1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä tutkimuksessa on tavoitteena selvittää Pohjois-Karjalan metsäenergiavarojen käytön alue-taloudellisia vaikutuksia ja ilmastovaikutuksia. Tutkimus liittyy Työkalu metsäbioenergian ympäristö- ja talousvaikutusten arviointiin -METY -hankkeeseen ([www.uef.fi/fi/mety](http://www.uef.fi/fi/mety), Pohjois-Karjalan ELY-keskus (EAKR), koordinoija Suomen Ympäristökeskus), jossa kehitettiin työkalu metsäbioenergian tuotannon ja käytön ympäristö- ja ilmastoriskien hallintaan ja talousvaikutusten arviointiin. Tässä tutkimuksessa arviointimenetelmiä hyödynnetään Pohjois-Karjalan alueelle tehtävissä laskelmissa (METY-hankkeen Osakokonaisuus 3), joilla tarkastellaan yhdessä metsäbioenergian käytön aluetaloudellisia vaikutuksia ja sen tuotanto- ja käyttökäskenaarioiden ilmastovaikutuksia sekä niiden ilmastonmuutoksen hillintäpotentiaaleja suhteessa kivihiilen käyttöön. Tätä varten selvitetään Pohjois-Karjalan kuntakohtaisten metsäenergiavarojen taloudellisesti tehokasta käyttöä siten, että korjuu- ja kuljetuskustannukset minimoituvat ja toisaalta energiantuotannosta saatava taloudellinen hyöty alueella maksimoituu. Laskelmien tuloksena saadaan kuntakohtaiset markkinaehtoiset metsähakkeen käyttömäärät sekä markkinatasapainohinnat. Tämän lisäksi Pohjois-Karjalan alueelle lasketaan metsähakkeen käytön ilmastovaikutukset energiantuotannosta verrattuna kivihiilen käyttöön.

Alueellisten laskelmien tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää nykyisten ja tulevien metsävarojen kehityksen arvioinnissa. Erityisesti tuotetun tiedon hyödyntäjiä ovat alueella toimivat metsäpolttoaineiden tuottajat ja käyttäjät (energialaitokset, biojalostamot yms.). Uusia laskentamenetelmiä ja tutkimustietoa tarvitaan, jotta metsäbiomassaa voidaan tuottaa ja hyödyntää kestävästi alueellisesti sekä arvioida metsien roolia ilmastonmuutoksen hillinnässä ja energiantuotannossa fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 ForEner-markkinatasapainomalli

Tutkimuksen tavoitteena on tarkastella taloudellisesti tehokasta Pohjois-Karjalan metsäenergiavarojen käyttöpotentiaalia, kun nykyinen ja tuleva metsävarojen kehitys ja metsäpolttoaineiden käyttäjät (energialaitokset, biojalostamot yms.) tunnetaan. Tutkimuksessa käytettävät lähtötiedot perustuvat pääasiassa julkisista lähteistä kerättyyn aineistoon lämpö- ja voimalaitoksista Pohjois-Karjalassa ja muualla Suomessa sekä valtakunnan metsien kymmenennen inventoinnin (VMI10) koealatietoihin (MetINFO 2014).

Laskelmat tehtiin GAMS-ohjelmistolla mallinnetulla päivitetyllä ForEner-mallilla (Kallio ym. 2011). ForEner on metsähakkeen täydellisen kilpailun markkinatasapainomalli, joka yhdistää metsähakkeen laitoskohtaisen kysynnän ja kuntakohtaisen tarjonnan Suomen eri alueilla. Mallissa metsähakkeen käyttäjät tuottavat ennalta annettun määrän sähköä, lämpöä ja mahdollisesti biopolttoaineita minimoiden polttoainekustannuksiaan valitsemalla laitokselle saatavissa olevan metsähakkeen eri jakeiden ja laitoksesta riippuen mahdollisesti myös kilpailevien polttoaineiden, kivihiiilen ja turpeen, väliltä. Metsähakkeen tuottajat maksimoivat voittoaan myymällä eri metsähakejakeita niille laitoksille, jotka maksavat niistä parhaan hinnan. Tuottajien tarjontaa rajoittaa hakkeen myytävissä oleva resurssi. Mallin toimintaperiaate yhtälöineen on esitetty Kallio ym. (2010) julkaisussa.

Markkinatasapainossa<sup>1</sup> hake ohjautuu, milloin se on taloudellisesti kannattavaa, kunnasta toiseen, jolloin kuntien väliset kuljetuskustannukset vaikuttavat markkinahintoihin. Muita markkinahintoihin vaikuttavia tekijöitä ovat kilpailevien polttoaineiden hinnat ja niiden käyttöön kohdistuvat muut maksut (verot, päästöoikeuden hinta), metsähakkeelle tai metsähakkeella tuotetulle energialle mahdollisesti maksettavat tuet, ja metsähakkeen korjuukustannukset. Myös metsähakkeen saatavuus vaikuttaa markkinahintaan: esimerkiksi korjuukustannuksiltaan alhaisimpien hakkuutähteiden hinta nousee kilpailutilanteessa yleensä kustannuksiltaan kalliimpien käytössä olevien metsähakejakeiden hintojen tasolle.

Laskennassa vuotta 2012 käytettiin perusvuotena, johon muutoksia hakkuu- ja tuotantomäärissä verrattiin. Laskennassa tarkastelu kohdistui seuraaviin skenaarioihin

- Muutokset päästöoikeuden hinnoissa
- Muutokset Kemera-tuessa.
- Muutokset tuotannossa (uusi nestemäisen biopolttoaineen tuotantolaitos)

Laskennassa laitosten metsähakkeen käyttömäärät jakautuvat eri raaka-ainejakeiden kesken. Laitosten hankkiman metsähakkeen oletettiin tulevan puuntuotannon käytössä olevalta metsämaalta, johon eivät kuulu suojelualueiden metsämaat eivätkä kitu- ja joutomaat.

Pienpuulle laskettiin kuntakohtaiset potentiaalit käyttäen erilaisia kertymärajoitteita. Pienpuuta korjataan pääasiassa varttuneista taimikoista ja ensiharvennuskohteilta, joten aineistoon valittiin koealoista Pohjois-Karjalan alueelta ne, joille oli maastoinventoinnissa ehdotettu taimikonhoitoa tai ensiharvennusta seuraavan viiden vuoden kuluessa. Pienpuun potentiaalit laskettiin käyttäen kolmea eri korjuuvaihtoehtoa: korjuu rankana, korjuu kokopuuna ja integroitu aines- ja energiapuun korjuu.

Koska latvus- ja kantobiomassan potentiaalit ovat sidoksissa teollisuuden raakapuun käyttöön, laskettiin ne arvioimalla latvusten, oksien, runkohukkapuun ja kantojen osuutta korjattuun ainespuumäärään vuonna 2012 (Anttila ym. 2013). Latvusmassan talteensaannoksi oletettiin noin 70 prosenttia. Kantojen potentiaalilaskennassa oletettiin, että 65 prosenttia pätehakkuualoista on sopivia kannonostokohteita. Näiltä kohteilta puolestaan talteensaanto on noin 95 prosenttia (Laitila ym. 2008). Laskelmaan sisällytettiin vain kuusen kannot.

---

<sup>1</sup> Markkinatasapaino on tilanne, jossa kaikki toimijat (metsähakkeen ostajat ja myyjät) ovat yhtä aikaa omassa taloudellisesta voittoa maksimoivassa optimissaan vallitsevilla markkinahinnoilla. Tasapainossa kenenkään toimijan ei ole kannattavaa yksipuolisesti muuttaa valintaansa käytetyn polttoaineen määrän tai laadun (ostajien valinta) tai hakkeen eri ostajille suunnatun myyntimäärän (myyjien valinta) suhteen. Markkinatasapainossa myös käyttö +vienti on yhtä suuri kuin korjuu+ tuonti kaikille tuotteille kaikilla alueilla.

**Taulukko 1.** Laskentamallissa käytetyt kuntakohtaiset metsäenergiapotentiaalit, m<sup>3</sup>.

Kunta	Latvus	Kanto	Pienpuu
Ilomantsi	41 612	11 071	118 448
Joensuu	75 390	30 222	85 678
Juuka	32 183	13 409	54 557
Kesälahti	3 078	2 433	12 317
Kitee	28 276	11 269	28 354
Kontiolahti	23 963	9 077	25 362
Outokumpu	11 030	3 543	13 054
Lieksa	56 454	17 382	137 230
Liperi	23 681	8 998	16 547
Nurmes	25 484	9 575	59 848
Polvijärvi	18 407	7 039	23 899
Rääkkylä	15 485	5 622	11 226
Tohmajärvi	26 033	10 448	28 312
Valtimo	13 201	5 545	29 075

## 2.2 Ilmastovaikutuslaskenta

Metsähakkeen (pienpuu, hakkuutähteet, kannot ja juuret) ilmastovaikutuslaskennassa käytettiin metsätuotannon LCA-työkalua ja SIMA-ekosysteemimallin simulointituloksia (Kilpeläinen ym. 2011, 2012, Kellomäki et al. 2008). Perustuen kymmenennen Val-takunnan metsien inventoinnin koealoihin, ekosysteemimallilla ennustettiin vuotuinen metsähakepotentiaali ja metsien nettohiilenvaihto Pohjois-Karjalan alueelle vuoteen 2050 asti. Näiden avulla laskettiin metsähakkeen energiakäytön ilmastovaikutukset suhteessa kivihiilen käyttöön. Metsänhoitoskenaariot noudattivat metsänhoidon suosituksia sekä harvennuksissa että metsän uudistamisessa (Äijälä et al. 2014). Harvennuksia tehtiin perustuen puuston pohjapinta-alaan ja valtapituuteen, ja päätehakkuu perustuen puuston pohjapinta-alalla painotettuun keskirinnankorkeusläpimittaan.

Myös energiabiomassan korjuussa käytettiin niille laadittuja suosituksia (Äijälä et al. 2010). Energiabiomassaa korjattiin Pohjois-Karjalassa ”Perus” -skenaariossa MT-kasvupaikoilla ja sitä viljavimmilla kasvupaikoilla. Kannonnostoa tehtiin noin viidellä prosentilla uudistamisaloista. Energiabiomassan korjuumäärän kasvun vaikutuksia tutkittiin käyttämällä kahta vaihtoehtoista korjuuskenaarioita, joissa energiabiomassan korjuumäärää kasvatettiin suhteessa ”Perus”-skenaarioon. Korjuumäärän lisäys tehtiin siten, että VT-kasvupaikan männiköt otettiin mukaan korjuuseen energiapuuharvennuk-sissa ja kannonkorjuualojen määrää lisättiin suhteessa ”Perus”-skenaarioon. ”Perus+11” -skenaariossa metsähakkeen korjuumäärää nostettiin noin 11 prosenttia verrattuna ”Perus” –skenaarioon ja ”Perus+17” –skenaariossa sitä nostettiin noin 17 prosenttia keskimäärin koko tarkastelujakson yli. ”Perus+11”- ja ”Perus+17” –skenaarioissa. ”Perus” -skenaariossa metsähakkeen määrä vastasi tarkastelujakson alussa nykyistä metsähakkeen korjuumäärää Pohjois-Karjalan alueella.

Metsähakkeen käytölle tehtiin ilmastovaikutuslaskenta Pohjois-Karjalassa vertailemalla sitä kivihiilen käyttöön. Vertailulaskelmissa tarkasteltiin saman energiamäärän tuottamista joko metsäbioenergialla tai kivihiilellä. Laskenta huomioi metsähakkeen tuotannon ja käytön suorat ja epäsuorat CO<sub>2</sub> päästöt. Nettoilmastovaikutus muodostuu kahden eri energiasysteemin välisenä



erotuksena ja erotus esitetään metsäbioenergian tuotannon ja käytön aiheuttaman ilmakehän hiidioksidimäärän muutoksena ajanjaksolla 2010–2050. Tulokset esitetään metsähakkeen käytön skenaarioiden aiheuttaman säteilypakotteen ( $\text{mW m}^{-2}$ ) muutoksena verrattuna vastaavaan kivihiilen käyttöön energian tuotannossa.

## 3 Tulokset

### 3.1 Perusskenaariotarkastelu

Markkinatasapainossa alueella toimivat laitokset pyrkivät toimimaan mahdollisimman tehokkaasti tavoitellen suurinta mahdollista hyötyä. Perusskenaariossa tarkasteltiin taloudellisesti tehokasta metsähakkeen käyttöä Pohjois-Karjalan alueella kolmella eri metsähakkeen tarjontaskenaariolla; korjuu rankana, korjuu kokopuuna sekä integroitu korjuu. Eri tarjontaskenaarioiden kautta määritettiin saatavilla olevan metsähakkeen ja erityisesti pienpuun potentiaali Pohjois-Karjalan alueella. Perusskenaariossa kemeratuen tasoksi oletettiin  $7\text{€}/\text{m}^3$ , joka vastaa energiapuun korjuutukea. Koska kemera-tukeen oli tulossa muutoksia vuoden 2013 alussa ja haketustuki oli poistumassa, sitä ei otettu huomioon myöskään tässä laskelmassa. Päästöoikeuden hinnaksi oletettiin  $7,69\text{€}/\text{tCO}_2$ , mikä vastaa vuoden 2012 viimeisen vuosineljänneksen keskitasoa.

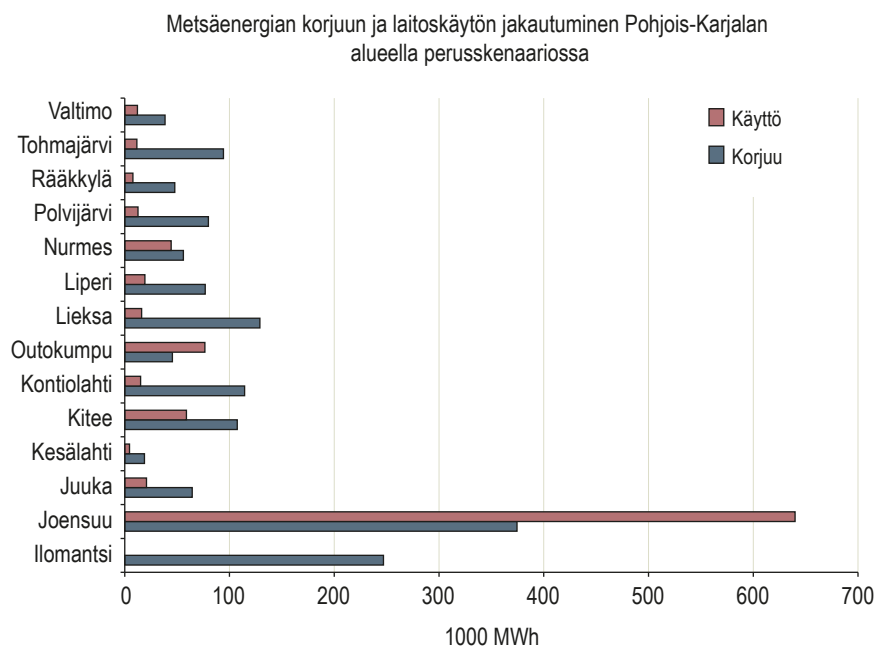
Perusskenaariossa Pohjois-Karjalasta korjattiin metsähaketta noin 1494 GWh ja käytettiin alueen laitoksissa noin 1240 GWh (taulukko 2, kuva 1). Käytön ja korjuun välinen ero aiheutuu siitä, että alueen kunnista viedään metsähaketta myös muille alueilla, ja laitokset voivat käyttää myös Pohjois-Karjalan ulkopuolelta tuotua haketta. Pohjois-Karjalan tilastoitu metsähakkeen käyttö vuonna 2012 oli 945 GWh (Metsäntutkimuslaitos 2014).

**Taulukko 2.** Pohjois-Karjalan kuntakohtainen metsähakkeen käyttö ja korjuu perusskenaariossa keskimäärin, GWh.

Kunta	Korjuu, GWh	Käyttö, GWh
Ilomantsi	246,6	0,0
Joensuu	374,5	639,9
		(+ 300 GWh pyrolyysi)
Juuka	64,4	20,8
Kesälahti	18,8	4,5
Kitee	107,4	58,9
Kontiolahti	114,5	15,2
Outokumpu	45,6	76,5
Lieksa	129,1	16,1
Liperi	76,9	19,2
Nurmes	56,0	44,3
Polvijärvi	79,8	12,7
Rääkkylä	47,8	7,8
Tohmajärvi	94,2	11,6
Valtimo	38,5	12,1
<i>Yhteensä</i>	<i>1494,1</i>	<i>1239,6</i>

Runkopuun kuntakohtaiset korjuupotentiaalit oli arvioitu suurimmiksi kokopuukorjuumenetelmää käyttäen. Vaikka kokopuukorjuumenetelmän kustannukset oletettiin laskelmissa samoiksi kuin integroidussa tai rankana korjuussa, suurempi korjuupotentiaali mahdollisti suuremmat korjuumäärät metsähaketta käyttävien laitosten lähialueilta, mikä pienensi kuljetuskustannuksia ja alensi tuotettavan metsäenergian hintaa. Kokopuukorjuuta käyttäen metsähakkeeksi korjattavan runkopuun kokonaismäärä kasvoi Pohjois-Karjalassa vain hieman verrattuna tilanteeseen, jossa käytettäisiin vain integroitua tai rankana korjuuta, mutta korjuumäärä jakaantui kuntien kesken hieman eri tavoin. Menetelmän valinta ei vaikuttanut muiden metsäenergiajakeiden korjuuseen eikä metsähankkeen käyttömääriin.

Suurin osa Pohjois-Karjalan alueella tuotettavasta metsähakkeesta ohjautuu Joensuuhun, jossa metsähakkeen kysyntä on suurinta. Muualla Pohjois-Karjalan alueella toimivat metsähaketta käyttävät laitokset ovat huomattavasti pienempiä. Sen sijaan metsäenergian korjuu ja metsähakkeen tarjonta jakautuu tasaisemmin Pohjois-Karjalan eri kuntien kesken (kuva 1).



Kuva 1. Pohjois-Karjalan metsähakkeen kysyntä (käyttö) ja tarjonta (korjuu) kunnittain.

### 3.2 Metsäenergian tarjontaan vaikuttavat tekijät

Tarjontaan vaikuttavista tekijöistä tutkimuksessa tarkasteltiin kysynnän tasoa (Biopolttoaineskenaariot), päästöoikeuden hintaa sekä Kemera-tukien tasoa (taulukko 3).

#### 3.2.1 Kemera-tuki

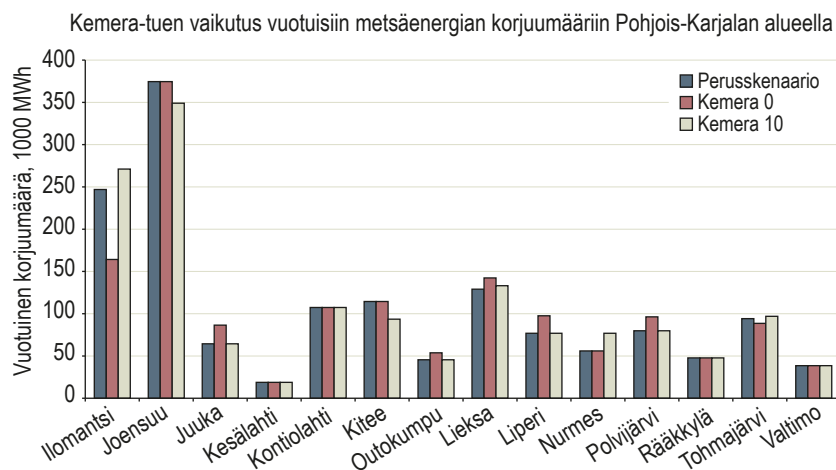
Muutokset Kemera-tuen tasossa vaikuttivat hieman Pohjois-Karjalan alueelliseen metsähakkeen tarjontaan ja sen rakenteeseen, mutta kokonaiskäyttöön tukien tasolla ei ollut juuri vaikutusta. Skenaarioissa tuen poistaminen jopa lisäsi lievästi metsähakkeen kokonaistarjontaa Pohjois-Karjalassa, koska kantojen korjuu kasvoi enemmän kuin mitä pienpuun korjuu väheni. Näin tapahtui erityisesti suurten käyttöpaikkojen ympärökunnista kuten Liperistä, Lieksasta ja Juuasta. Syynä tähän odotustenvastaiseen tulokseen on se, että kantobiomassan kilpailukyky viennissä alueen ul-

**Taulukko 3.** Metsäenergian korjuu eri skenaarioissa, GWh. Perusskenaariossa Kemera-tuki on 7 €/m<sup>3</sup> ja päästöoikeuden hinta 7,7 €/tCO<sub>2</sub>.

Kunta	Perus- skenaario	Kemera 0 €	Kemera 10 €	Biopolttoaineet 300 GWh Jns +260 GWh Lks	Biopolttoaineet 500 GWh Jns	Päästö 0 €	Päästö 25 €
Ilomantsi	247,0	164,2	271,1	260,3	321,9	185,7	268,7
Joensuu	374,5	374,5	349,0	374,5	374,5	374,5	374,5
Juuka	64,4	86,5	64,4	148,2	64,4	64,4	64,4
Kesälahti	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
Kitee	107,4	107,4	107,4	107,4	107,6	107,4	107,4
Kontiolahti	114,5	114,5	93,6	114,5	114,5	114,5	114,5
Outokumpu	45,6	53,7	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6
Lieksa	129,1	142,4	133,1	142,7	129,5	129,0	129,1
Liperi	76,6	97,6	76,9	83,2	96,3	76,9	97,6
Nurmes	56,0	56,0	76,9	158,7	118,4	56,0	56,0
Polvijärvi	79,8	96,3	79,8	79,8	79,8	79,8	79,8
Rääkkylä	47,8	47,8	47,8	47,8	51,2	47,8	47,8
Tohmajärvi	94,2	88,6	97,0	101,3	103,0	88,6	94,2
Valtimo	38,5	38,5	38,5	78,7	38,5	38,5	38,5
<b>Yhteensä</b>	<b>1494,2</b>	<b>1511,7</b>	<b>1499,9</b>	<b>1761,5</b>	<b>1664,0</b>	<b>1427,5</b>	<b>1536,9</b>

kopuolelle paranee, kun runkopuuta ei tueta. Koko Suomen tasolla Kemera-tuen käyttöönotto perusskenaariota tasolle 7 €/m<sup>3</sup> mahdollisti runkopuun kannattavan korjuun ja lisäsi metsähakkeen käyttöä selvästi, noin 28 prosenttia, verrattuna tilanteeseen jossa tukea ei makseta ja jossa päästöoikeuden hinta on alhainen.

Kemera-tuki lisää metsähakkeen kokonaistarjontaa kauempana suurista käyttöpaikoista, kuten Ilomantsissa, Nurmeksessa ja Tohmajärvellä (kuva 2). Tuen noustessa 7 eurosta 10 euroon, energia-puun korjuumäärät lisääntyivät näissä kunnissa verrattuna perusskenaarioon. Vastaavasti metsähakkeen tarjonta suurten käyttöpaikkojen läheisyydessä kuten Joensuussa ja Kontiolahdella väheni tai pysyi ennallaan lähialueen kantojen korjuun hävitessä kilpailukyvyssä kauempaa tuotavalle Kemera-tukea saavalle runkopuulle. Perusskenaariota oletuksilla tuen nosto 7 eurosta 10 euroon lisäsi pienpuun korjuuta Pohjois-Karjalassa noin 43 000 kuutiometrillä 370 000 kuutiometriin, joten yhden lisäkuutiometrin kustannukseksi voidaan laskea noin 25 euroa olettaen jokaisen korjatuun kuutiometrin saaneen tukea. Suomi-tasolla metsähakkeen käyttö lisääntyy noin 5 prosenttia.



**Kuva 2.** Kemera-tuen vaikutus metsäenergian tarjontaan Pohjois-Karjalassa.

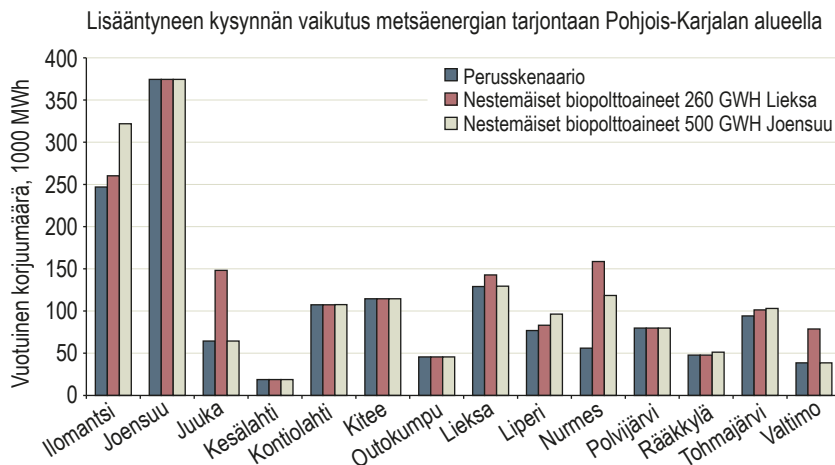
### 3.2.2 Lisääntynyt metsäenergian kysyntä ja uudet laitosinvestoinnit

Uudet nestemäisten biopolttoainelaitosten investoinnit nostavat metsäenergian alueellista kysyntää ja vaikuttivat sekä vuotuisten metsäenergian korjuiden määrään että korjuiden maantieteelliseen kohdistumiseen. Perusskenaariossa on otettu huomioon Joensuun pyrolyysilaitoksen kapasiteetti ja puuntarve, joka on muutettu gigawattitunneiksi (n. 300 GWh).

Vaihtoehtoskenaariossa 1 tutkittiin tilannetta, jossa Joensuun pyrolyysilaitoksen energiapuun tarve pysyy ennallaan ja kysyntä lisääntyi Lieksassa 260 GWh biopolttoainelaitoksen vuoksi. Vaihtoehtoskenaariossa 2 Joensuun pyrolyysilaitoksen energiapuun tarve nostetaan 500 GWh:in.

Perusskenaariossa metsäenergian vuotuinen tarjonta oli 1494 GWh. Vaihtoehtoisskenaariossa 1 metsähakkeen kysynnän lisääntyminen Lieksassa lisää metsähakkeen tarjontaa ja korjuumääriä Pohjois-Karjalan pohjoisimmissa kunnissa, erityisesti Juuassa, Nurmeksessa ja Valtimolla (kuva 3). Kokonaisuudessaan skenaario 1 lisää metsäenergian tarjonnan määrää 17 prosenttia verrattuna perusskenaarioon ollen 1761 GWh vuodessa.

Vaihtoehtoisskenaariossa 2 oletetaan, että Joensuun pyrolyysilaitoksen puuntarve nousee nykyisestä noin 300 GWh noin 500 GWh:n tasolle, mikä vaikuttaa alueen metsäenergian korjuuseen. Kokonaistarjonta nousee noin 11 prosenttia verrattuna perusskenaarioon ollen noin 1664 GWh vuodessa. Skenaariossa 2 pyrolyysilaitoksen tarvitsema metsäenergiapuun tarve katetaan vaihtoskenaariota 1 tasaisemmin, mutta eniten korjuumäärät kasvavat Ilomantsissa ja Nurmeksessa.



Kuva 3. Metsäenergian tarjonnan taso perusskenaariossa sekä eri biopolttoaineskenaarioissa.

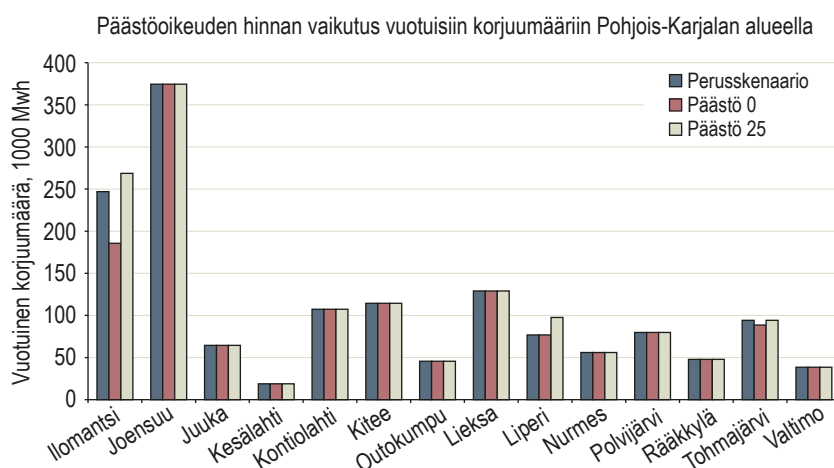
### 3.2.2 Päästöoikeuden hinta

Päästöoikeuksien hinnan vaihteluilla ei ole merkittävää vaikutusta Pohjois-Karjalan alueen markkinatasapainoon. Pohjois-Karjalan metsäenergiaa käyttävät laitokset ovat pääosin pieniä, jolloin ne eivät kuulu päästökaupan piiriin. Lisäksi suuremman kokoluokan laitoksissa, jotka kuuluvat päästökaupan piiriin, uusiutuvien polttoaineiden ja metsäenergian osuus polttoaineiden kokonaisuudesta on jo nyt korkea (yli 65 prosenttia) ja turvetta käytetään seospolttoaineena. Myöskään näissä laitoksissa päästöoikeuksien hintojen vaihtelulla ei ole merkittävää vaikutusta metsähak-

keen kysynnän määrään. Vaikutus olisi suurempi laitoksissa, joilla turve on lähtötilanteessa pääpolttoaine sekä jossain määrin laitoksilla jotka, käyttävät kivihiiltä laitospolttoaineena. Kivihiilen korvaaminen metsähakkeella edellyttää kuitenkin investointeja laitostekniikkaan.

Metsähakkeen käyttäjät tuottavat energiaa ja mahdollisesti biopolttoaineita pyrkien minimoimaan tuotantoprosessin kustannukset valitsemalla metsähakkeen eri jakeiden sekä mahdollisesti myös kilpailevien polttoaineiden väliltä. Päästöoikeuksien hinnat vaikuttavat metsähakkeen käyttöön, milloin ne muuttavat metsähakkeen ja muiden laitoksella käytettävissä olevien polttoaineiden keskinäistä edullisuusjärjestystä. Päästöoikeuden hinnan noustua tiettyyn pisteeseen turvetta tai kivihiiltä käyttävän laitoksen on laitostekniikan salliessa edullisempaa korvata näitä polttoaineita puulla ja myydä käyttämättä jäänyt päästöoikeus. Vastaavasti päästöoikeuksien hinnan laskiessa voi olla edullisempaa ostaa markkinoilta tarvittaessa jopa lisää päästöoikeuksia ja käyttää polttoaineena hiiltä tai turvetta puun sijaan. Päästökaupalla voi olla epäsuorasti vaikutusta myös päästökaupan ulkopuolisten laitosten polttoainevalintoihin, koska puun käytön mahdollinen kasvu päästökauppaa käyvillä laitoksilla nostaa metsähakkeen markkinahintoja.

Päästöoikeuden hinnan ollessa 20 €/tCO<sub>2</sub> tai enemmän, metsähakkeen kysyntä kasvaa verrattuna perusskenaarioon, koska tällöin suuren kokoluokan laitokset pyrkivät korvaamaan kilpailevia polttoaineita metsähakkeella (taulukko 3, kuva 4). Pääosa muutoksista kohdistuu kannonnottoon. Sen sijaan hakkuutähteen keruun määriin päästöoikeuden hinnalla ei ole vaikutusta, koska näiden korjuumahdollisuus on jo paremmin hyödynnetty. Vastaavasti päästöoikeuden hinnan laskiessa nollatasolle, myös metsähakkeen kysyntä laskee, koska laitosten on kannattavampaa polttaa kilpailevia polttoaineita, kuten turvetta.



**Kuva 4.** Päästöoikeuden hinnan vaikutus metsäenergian tarjontaan Pohjois-Karjalan alueella

### 3.3 Metsäenergian markkinatasapainohintoihin vaikuttavat tekijät Pohjois-Karjalan alueella

Markkinoilla kysyntä ja tarjonta pyrkivät tasapainoon hinnan kautta. Päästökauppa, Kemera-tuen muutokset ja metsähakkeen kysynnän kasvu aiheuttavat kaikki metsähakkeen markkinahinnan muutoksia. Uusien biopolttoainelaitosten rakentaminen Pohjois-Karjalaan nostaa Biopolttoaineskenaariossa metsähakkeen markkinatasapainohintaa verrattuna perusskenaarioon lisääntyneen kilpailun vuoksi (taulukko 4). Uudet biojalostamot nostavat metsähakkeen hintaa ja syrjäyttävät sen käyttöä lämmön ja sähkön tuotannossa. Mitä kireämpi on kilpailutilanne eri käyttöpaikkojen välillä, sitä enemmän metsähakkeen hinta nousee (Kallio, Anttila ym. 2011). Vastaavasti päästöoikeuden hinnan nousu yli 20 €/tCO<sub>2</sub> lisää metsähakkeen kysyntää verrattuna vaihtoehtoiseen polttoaineisiin. Tämä lisää kilpailua metsähakkeesta eri laitosten välillä ja nostaa sen seurauksena metsähakkeen markkinahintaa.

Muutokset Kemera-tuen tasossa vaikuttavat pienpuun kysyntään, tarjontaan ja markkinatasapainohintaan (taulukko 4). Puun myyjälle maksettava tuki mahdollistaa pienpuun korjuun hintaan, joka on alle korjuukustannusten. Tällöin tuellinen hinta voidaan tulkita puun myyjän todellisuudessa saamaksi hinnaksi, joka ei ole tässä tapauksessa sama kuin ostajan puusta maksama hinta. Vastaavasti, jos tuki maksettaisiin puun ostajalle, tällä olisi mahdollisuus maksaa pienpuusta korkeampaa hintaa kuin ilman tukea. Tässäkin tapauksessa markkinatasapainohinta olisi pienpuun tuellinen hinta, jonka puun myyjä saisi. Mallin tuottaman tulokseen ei siten vaikuta, ajatellaanko Kemera-tuki maksettavaksi puun ostajalle vai myyjälle. Tuki siirtyy myyjälle ajattelutavasta riippuen joko suoraan tai välillisesti ostajan kautta. Tuellinen markkinatasapainohinta ei kuitenkaan välttämättä ole se hinta, jonka ostaja puusta myyjälle maksaa eli havaittava markkinahinta.

Metsähakejakeiden hintaan ja keskinäisiin hintasuhteisiin vaikuttaa lisäksi oletus niiden lämpöarvosta. Tarkasteluissa oletettiin, että latvusmassan lämpöarvo on 2 MWh/m<sup>3</sup>, rankapuun 1.8 MWh/m<sup>3</sup>, ja kantojen 2,3 MWh/m<sup>3</sup>.

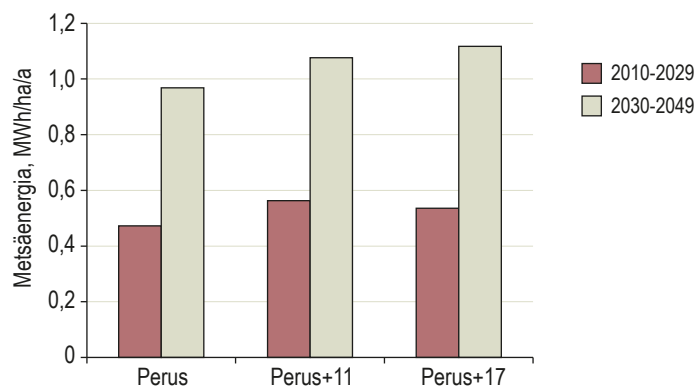
**Taulukko 4.** Metsähakkeen markkinatasapainohinnat eri skenaariossa, €/MWh. Pienpuun hintaan sisältyy Kemera-tuki. Tarkasteluissa oletettiin, että latvusmassan lämpöarvo on 2 MWh/m<sup>3</sup>, kantojen 2 MWh/m<sup>3</sup> ja runkokuu 1,8 MWh/m<sup>3</sup>.

	Perus- skenaa- rio	Kemera 0 €	Kemera 10 €	Biopolttoaineet 300 GWh Jns+260 GWh LKS	Biopoltto- aineet 500 GWh JNS	Päästö 0 €	Päästö 25 €
Ilomantsi, latvusmassa	16,4	17,1	15,7	16,4	16,5	16,1	16,7
Ilomantsi, kannot	17,6	18,2	17,3	17,6	17,7	17,6	17,6
Ilomantsi, pienpuu	25,6	21,7	27,3	25,6	25,8	25,6	25,6
Joensuu, latvusmassa	18,0	18,7	17,3	18,0	18,1	17,7	18,3
Joensuu, kannot	18,0	18,7	17,3	18,0	18,1	18,0	18,3
Joensuu, pienpuu	27,3	23,4	29,0	27,3	27,5	27,3	27,3
Juuka, latvusmassa	16,7	17,7	16,1	16,7	16,7	16,4	17,2
Juuka, kannot	17,3	17,4	17,3	17,3	17,3	17,3	16,7
Juuka, pienpuu	25,6	21,7	27,3	25,7	25,6	25,6	25,6
Kesälahti, latvusmassa	16,7	17,7	15,8	16,7	16,7	16,4	17,1
Kesälahti, kannot	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	16,6
Kesälahti, pienpuu	25,6	21,7	27,3	25,6	25,6	25,6	25,6
Kitee, latvusmassa	16,4	17,1	15,8	16,6	16,6	16,2	16,8
Kitee, kannot	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	16,2
Kitee, pienpuu	26,2	23,1	27,9	26,2	26,3	26,2	26,2
Kontiolahti, latvusmassa	17,6	18,3	16,9	17,6	17,7	17,3	17,9
Kontiolahti, kannot	18,3	18,9	17,3	18,3	18,4	18,3	18,3
Kontiolahti, pienpuu	26,8	23,0	28,6	26,9	27,1	26,8	26,9
Outokumpu, latvusmassa	18,2	18,9	16,9	18,2	18,3	17,9	18,4
Outokumpu, kannot	17,3	17,5	17,3	17,3	17,3	17,3	17,0
Outokumpu, pienpuu	26,1	22,2	28,0	26,1	26,4	26,1	26,1
Lieksa, latvusmassa	15,9	16,6	15,2	15,9	16,0	15,6	16,4
Lieksa, kannot	17,3	17,8	17,3	17,3	17,3	17,3	17,2
Lieksa, pienpuu	25,6	21,7	27,3	28,2	25,6	25,6	25,6
Liperi, latvusmassa	17,4	18,1	16,7	17,4	17,5	17,1	17,7
Liperi, kannot	17,3	17,9	17,3	17,3	17,4	17,3	17,5
Liperi, pienpuu	26,6	22,6	28,4	26,7	26,9	26,6	26,7
Nurmes, latvusmassa	16,3	17,1	15,6	16,3	16,4	16,0	17,5
Nurmes, kannot	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	16,6
Nurmes, pienpuu	25,6	21,7	27,3	26,7	25,7	25,6	25,6
Polvijärvi, latvusmassa	17,6	18,4	16,4	17,6	17,8	17,4	17,8
Polvijärvi, kannot	17,3	17,4	17,3	17,3	17,3	17,3	17,0
Polvijärvi, pienpuu	26,3	22,4	28,0	26,3	26,5	26,3	26,3
Rääkkylä, latvusmassa	16,6	17,3	15,9	16,6	16,7	16,3	16,9
Rääkkylä, kannot	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	16,6
Rääkkylä, pienpuu	25,8	21,9	27,5	25,8	26,0	25,8	25,8
Tohmajärvi, latvusmassa	16,7	17,4	16,1	16,8	16,8	16,4	17,0
Tohmajärvi, kannot	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	16,6
Tohmajärvi, pienpuu	25,9	22,0	27,6	25,9	26,1	25,9	25,9
Valtimo, latvusmassa	16,0	17,0	15,8	16,0	16,0	15,7	18,0
Valtimo, kannot	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,2
Valtimo, pienpuu	25,6	21,7	27,3	26,1	25,9	25,6	25,6

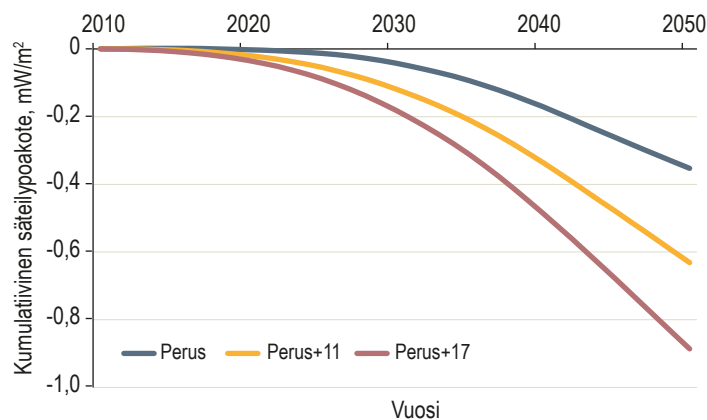
### 3.4 Ilmastovaikutukset

Metsäenergian korjuumäärä Pohjois-Karjalassa on esitetty kuvassa 5 kahdella 20 vuoden jaksolla vuoteen 2050 asti eri korjuuskenaarioissa. Perusskenaarioon verrattuna metsäenergian korjuumäärää lisättiin 11 ja 17 prosenttia. Lisäys oli samansuuruinen koko tarkastelujakson yli kuin lisääntyneessä kysyntätilanteessa (ks. kohta 3.2.2). Perusskenaariossa metsäenergian korjuumäärä oli noin 0,45 MWh/ha ensimmäisellä 20-vuotisjaksolla (2010–2029), kun taas toisella jaksolla se kasvoi noin 1 MWh:iin (kuva 5). Suurimmillaan metsäenergian keskimääräinen korjuumäärä oli viimeisellä jaksolla ”Perus+17”-skenaariossa noin 1,1 MWh/ha. Huomioitavaa on, että toisella jaksolla korjattavan metsähakkeen määrä kasvaa myös perusskenaariossa.

Kun metsähakkeen käyttöä verrattiin Pohjois-Karjalan alueella kivihiilen käyttöön energiantuotannossa, voidaan kuvan 6 perusteella nähdä sen ilmastovaikutus eri korjuuskenaarioissa. Kun metsähakkeen korjuumäärää lisättiin, ilmakehän CO<sub>2</sub> pitoisuuden väheneminen aiheutti 1,5 kertaisen vähenemisen säteilypakotteeseen vuoteen 2050 mennessä verrattuna vastaavan energian tuottamiseen kivihieillä (kuva 6). Tämä johtui siitä, että metsäbioenergialla voitiin laskennassa korvata enemmän kivihieiltä energiantuotannossa. Vaikka metsäenergialla polton CO<sub>2</sub> päästö on energiayksikköä kohden suurempi kuin kivihieillä, ilmastovaikutukset pienenevät metsäenergian käytön vaikutuksesta verrattuna kivihiilen käyttöön, kun huomioidaan myös puun tuottamisessa sidottu hiilen määrä pitkällä aikavälillä.



Kuva 5. Pohjois-Karjalan metsäenergiapotentiaali vuosina 2010–2029 ja 2030–2049.



Kuva 6. Metsäenergian käytön ilmastovaikutus verrattuna kivihiilen käyttöön säteilypakotteena Pohjois-Karjalassa.



## 4 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella Pohjois-Karjalan metsäenergiavarojen käytön aluetaloudellisia vaikutuksia ja ilmastovaikutuksia. Talousvaikutuksia tarkasteltiin markkinatasapainotilanteessa, jolloin alueella toimivat laitokset maksimoivat voittoaan. Pohjois-Karjalan alueella suurin osa käytettävistä metsäenergiavaroista ohjautuu Joensuun alueelle, jossa on suurin kysyntä. Sen sijaan tarjonta jakautuu tasaisemmin eri kuntien kesken. Tutkimuksessa tarkasteltiin eri tekijöiden vaikutusta metsäenergian tarjontaan ja markkinatasapainohintaan.

Eniten metsähakkeen korjuuseen vaikuttivat uudet laitosinvestoinnit, jotka lisäävät alueellista tarjontaa niiden läheisyydessä. Sen sijaan tarkastelluilla päästöoikeuden hinnan vaihtelulla ei ollut merkittävää vaikutusta markkinatasapainohintoihin eikä metsäenergian tarjontaan Pohjois-Karjalassa. Tähän on kaksi pääasiallista syytä. Ensinnäkin Pohjois-Karjalan energialaitokset käyttävät jo nyt verraten paljon tai yksinomaan puuta polttoaineeksi, vaikka päästöoikeuden hinta on matala. Alueen laitospotentiaali on sellaista, ettei esimerkiksi kivihiili ole nykyiselle kattilateknologialle vaihtoehtoinen polttoaine ja turvekin vain osalla laitoksista. Siten puun käytön lisäämiseen ei ole suurta mahdollisuutta tai päästökaupasta seuraavia taloudellisia vaikuttimia. Perinteisessä sähkön ja lämmön tuotannossa käytön kasvua rajoittaa alueen lämpökuorma: Kaukolämmön ja prosessihöyryn käytön ei arvioida kasvavan tulevina vuosina olennaisesti. Siten metsähakkeen käytön lämpö- ja voimalaitoksissa arvioidaan jäävän alle 500 000 m<sup>3</sup>:n vuonna 2020 ja raaka-ainetta riittäisikin muuhun biojalostukseen (Anttila ym. 2014). Osa alueella toimivista lämpölaitoksista ei pienen kokonsa vuoksi edes kuulu päästökaupan piiriin. Toisaalta vaikka muualla Suomessa metsähakkeen käyttö saattaa päästöoikeuksien hinnan nousun myötä kasvaa voimakkaammin kuin Pohjois-Karjalassa, pitkät kuljetusmatkat kustannuksineen rajoittavat metsähakkeen korjuuta kauemmas muille alueille vietäväksi ja siten vähentävät muualla voimistuneen kysynnän heijastumista metsähakkeen hintoihin, korjuuseen ja käyttöön Pohjois-Karjalassa. Päästöoikeuden hinnan ollessa 20 €/tCO<sub>2</sub> tai suurempi, metsähakkeen kysyntä kasvaa kuitenkin verrattuna perusskenaarioon, koska tällöin suuren kokoluokan laitokset pyrkivät korvaamaan kilpailevia polttoaineita metsähakkeella. Pohjois-Karjalan alueen kunnissa vaikutukset jäivät kuitenkin vähäisiksi tämän tutkimuksen perusteella.

Tämän selvityksen perusteella Kemera-tuen määrällä oli vain lievää vaikutusta energiabiomassan alueelliseen tarjonnan määrään ja rakenteeseen. On kuitenkin huomioitava, että tässä tutkimuksessa käytetty malli on tarkoitettu etupäässä pitkän ajan trendien sekä muutosten eli ”mitä-jos”-kysymysten tarkasteluun vaihtoehtoisten oletusten valossa eikä yksittäisten vuosihavaintojen enustamiseen.

Pohjois-Karjalan metsähakkeen korjuu- ja hyödyntämispotentiaali näyttäisi kasvavan vuoteen 2050 mennessä. Tulevaisuuden metsähakepotentiaalilaskenta ei huomioinut tässä tutkimuksessa mahdollisia teknisiä rajoitteita korjuussa eikä alueen laitospotentiaalia, joten skenaarioiden tulokset on tulkittava teoreettisina korjuupotentiaaleina. Metsähakkeen käyttö vähensi alueella CO<sub>2</sub>-päästöjä hilliten ilmaston lämpenemistä, kun metsähakkeen käyttöä verrattiin vastaavan energian tuottamiseen kivihieillä. Kun metsähakkeen käyttöä lisätään, säteilypakote vähenee ja ilmastohyödyt metsähakkeen käytöstä realisoituvat nopeammin. Säteilypakotteen muutos ei kuitenkaan tapahdu hetkessä, vaan metsähakkeen korvausvaikutukset näkyvät ilmastovaikutuksissa viiveellä ja se edellyttää riittävän laajaa toimintaa alueellisesti.

## Lähteet

- Anttila, P., Nivala, M., Laitila, J., Flyktman, M., Salminen, O. ja Nivala, J. 2014. Metsähakkeen alueellinen korjuupotentiaali ja käyttö vuonna 2020. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 313. 55 s. ISBN 978-951-40-2504-4. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp313.htm>.
- , Nivala, M., Laitila, J. & Korhonen, K. 2013. Metsähakkeen alueellinen korjuupotentiaali ja käyttö. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 267. 24 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp267.htm>. [viitattu 21.8.2014].
- Hakkuut ja poistuma. MetINFO – Metsätalustopalvelut. 2014. Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/hakkuut/> [viitattu 21.8.2014].
- Helynen, S., Flyktman, M., Asikainen, A. ja Laitila, J. 2007. Metsätaloutteen ja metsäteollisuuden perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet. VTT tiedotteita 2397. 66 s.
- Hakkila, P. (toim) 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Loppuraportti 5/2004. TEKES. 135 s.
- Jahkonen, M. ja Ikonen, T. 2014. Toimijoiden näkemykset metsähakkeen toimitusketjun laadusta Pohjois-Karjalan alueella. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 2014: 20. ISBN 978-951-40-2457-3.
- Kallio, A.M.I., Anttila, P., McCormick, M. ja Asikainen, A. 2011. Are the Finnish targets for the energy use of forest chips realistic - Assessment with a spatial market model. *Journal of Forest Economics* 17(2): 110–126.
- Kellomäki, S., Peltola, H., Nuutinen, T., Korhonen, K.T., Strandman, H. 2008. Sensitivity of managed boreal forests in Finland to climate change, with implications for adaptive management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 2341–2351.
- Kilpeläinen, A., Alam, A., Strandman, H. ja Kellomäki, S. 2011. Life cycle assessment tool for estimating net CO<sub>2</sub> exchange of forest production. *Global Change Biology Bioenergy* 3: 461–471.
- , Kellomäki, S. ja Strandman, H. 2012. Net atmospheric impacts of forest bioenergy production and utilization in Finnish boreal conditions. *Global Change Biology Bioenergy* 4: 811–817.
- Kärhä, K., Elo, J., Lahtinen, P., Räsänen, T., Keskinen, S., Saijonmaa, P., Heiskanen, H., Strandström, M. ja Pajujoja, H. 2010. Kiinteiden puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa vuonna 2020. TEM julkaisuja *Energia ja Ilmasto* 66/2010.
- Laitila, J., Asikainen, A. & Anttila, P. 2008. Energiapuutarat. Julkaisussa: Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) *Energiapuukorjuun ympäristövaikutukset*. Tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. Saatavissa: [www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti](http://www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti). s. 6–12.
- Lohilahti, H. ja Pitkänen, P. 2011. Pohjois-Karjalan ilmasto- ja energiaohjelma 2020. Pohjois-Karjalan Maakuntaliitto. 88 s.
- Malinen, J., Pesonen, M., Määttä, T. ja Kajanus, M. 2001. Potential harvest for wood fuels from logging residues and first thinnings in Southern Finland. *Biomass and Bioenergy* 20: 189–196.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. 130 s.
- Puun energiakäyttö. MetINFO – Metsätalustopalvelut. 2014. Saatavissa: [http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/puunkaytto/puunkaytto\\_energia\\_t.html](http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/puunkaytto/puunkaytto_energia_t.html) [viitattu 21.8.2014].
- Ranta, T. 2002. Logging residues from regeneration fellings for biofuel production – a GIS-based availability and supply cost analysis. Väitöskirja, *Acta Universitatis Lappeenrantaensis* 128, Lappeenrannan Teknillinen yliopisto. 180 s.
- 2005. Logging residues from regeneration fellings for biofuel production – a GIS-based availability analysis in Finland. *Biomass and Bioenergy* 28: 171–182.
- , Lahtinen, P., Elo, J. and Laitila, J. 2007. The effect of CO<sub>2</sub> emission trade on the wood fuel market in Finland. *Biomass and Bioenergy* 31: 535–542.
- Torvelainen, J., Ylitalo, E. ja Nouro, P. 2014. Puun energiakäyttö 2013. *Metsätalustotiedote* 31/2014.7 s.
- Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiaosasto. 2013. Suomen kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. VNS 2/2013. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 8/2013. 55 s.

- Äijälä, O., Kuusinen, M. ja Koistinen, A. 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 32 s.
- , Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. ja Väisänen, P. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – METSÄNHÖITO, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 264 p.