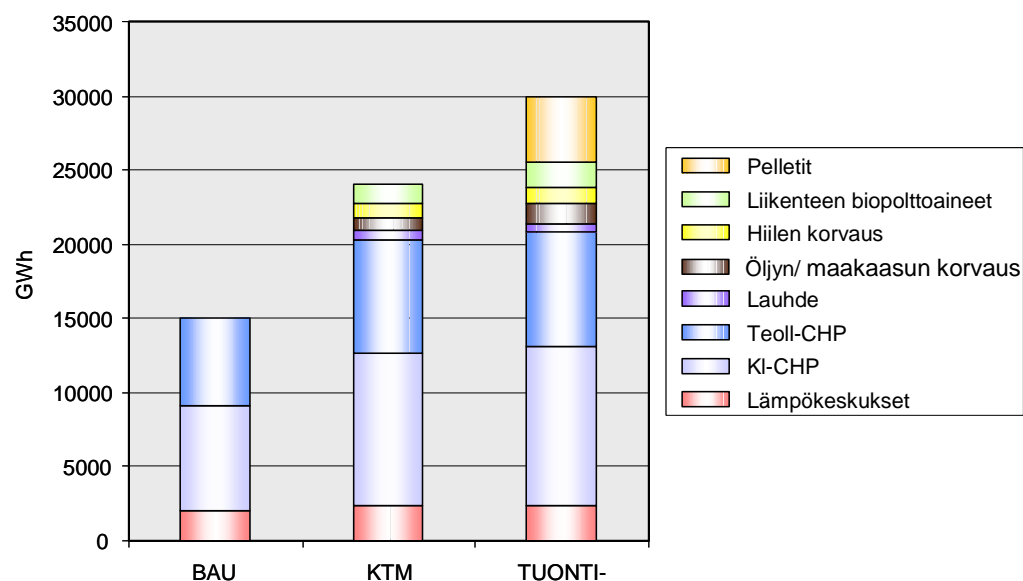


Metsähakkeen käyttö eri sektoreilla eri skenaarioissa vuonna 2020



Satu Helynen, Martti Flyktman,
Antti Asikainen & Juha Laitila

Metsätaloutteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet

Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet

Satu Helynen & Martti Flyktman

VTT

Antti Asikainen & Juha Laitila

Metla

ISBN 978-951-38-6942-7 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 978-951-38-6943-4 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

VTT, Koivurannantie 1, PL 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 2597

VTT, Koivurannantie 1, PB 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 2597

VTT Technical Research Centre of Finland
Koivurannantie 1, P.O. Box 1603, FI-40101 JYVÄSKYLÄ, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 2597

Toimitus Anni Kääriäinen

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Asikainen, Antti & Laitila, Juha. Metsätaloutteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2397. 66 s.

Avainsanat forest industry, forest economy, bioenergy, forest energy, wood fuels, forest chips, fuel production, scenarios, environmental impacts, energy policy, investments

Tiivistelmä

Tämän selvityksen tavoitteena on selvittää skenaariotarkasteluja käyttäen, miten metsätaloutteen ja metsäteollisuuteen perustuvat energialiiketoimintamahdollisuudet ja niihin vaikuttava poliittikkaympäristö kehittyvät Suomen näkökulmasta vuoteen 2020.

Puupolttoaineet kattavat Suomen kokonaisenergian tarpeesta 20 % ja sähkön kulutuksesta 10 %. Puun energiakäyttöä voitaisiin nostaa merkittävästi lisäämällä metsähakkeen tuotantoa jopa 30 TWh:iin (15 milj. k-m³). Metsähakkeen käyttöä on mahdollista lisätä runsaasti etenkin Etelä- ja Pohjois-Savossa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa, joissa metsähaketta riittäisi sähkön ja lämmön tuotannon lisäksi esimerkiksi polttoainejalosteiden valmistukseen.

Maksukyvyn puupolttoaineesta ja energiatuotteiden arvon arvioitiin noin kaksinkertais-tuvan vuoteen 2020 mennessä. Suomen ja muiden EU-maiden energiatuotteiden hintaan vaikuttavista poliittikkatoimista riippuu pääosin se, miten paljon puupolttoainetta käytetään, miten käyttö jakautuu pienlämmityksen, sähkön ja lämmön tuotannon ja polttoai-nejalosteiden tuotannon kesken ja kuinka suurta vienti ja tuonti ovat. Metsähakkeen käytön lisäyksen jalostusarvoksi laskettiin enimmillään 1 500 milj. euroa vuonna 2020.

Metsäteollisuuden raaka-aineiden merkittävää siirtymistä energiasektorille ei nähty to-dennäköiseksi Suomessa. Energialiiketoiminta nähtiin pikemmin mahdollisuutena lisätä puubiomassan jalostusarvoa ja metsäsektorin liikevaihtoa, ja toisaalta se myös mahdollis-taa alle ainespuumittaisten nuorten metsien metsänhoidolliset energiapuuharvennukset.

Suurin osa yli 7 000 henkilötyövuoden työllistävyyden lisäyksestä tulee metsähakkeen tuotannosta, jossa voi ilmetä jopa työntekijäpulaa. Suhteellisesti eniten työllistävät läm-pöyrittäjäyys ja pilkekauppa. Suurimmat investoinnit (yhteensä 2 500 milj. euroa) kohdis-tuvat sähkön ja lämmön yhteistuotantoon ja polttoainejalosteiden valmistukseen, mutta myös metsähakkeen tuotantoon.

Alkusanat

Tämän selvityksen tavoitteena on selvittää, miten metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvat energialiiketoimintamahdollisuudet ja niihin vaikuttava politiikkaympäristö kehittyvät tulevaisuudessa Suomen näkökulmasta.

Selvityksen toimeksiantaja on Metsäalan tulevaisuusfoorumi, jonka toteutusryhmä on ohjannut työtä. Haluamme kiittää erityisesti johtaja Anssi Niskasta, jonka kanssa käydyt keskustelut ovat olleet työn kannalta erittäin hyödyllisiä.

Selvitys on toteutettu VTT:n ja Metlan yhteistyönä, Metlan toimiessa VTT:n alihankkijana. Projektin projektipäällikkönä on toiminut teknologiapäällikkö Satu Helynen ja tutkijana Martti Flyktman. Metlan työn osuutta on koordinoanut professori Antti Asikainen, ja työhön on osallistunut tutkija Juha Laitila. Lämpöyrittäjyyttä koskevilla tarkasteluilla Metla on käyttänyt alihankkijanaan Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulua.

Toivomme selvityksen antavan realistisen kuvan lisäliiketoimintamahdollisuuksista, jotka puuperäisten raaka-aineiden energiahyödyntäminen tarjoaa.

Jyväskylässä 31.5.2007

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Alkusanat.....	4
1. Työn tavoite	7
2. Toimintaympäristön kuvaus.....	8
2.1 Fossiilisten polttoaineiden hintakehitys	8
2.2 EU-maiden toimet ilmastonmuutoksen hillinnässä.....	9
2.3 Arvioita EU:n politiikkatoimien vaikutuksista.....	12
2.4 EU:n teknologiayhteisöt (Technology Platforms).....	15
2.5 Muu maailma.....	15
2.6 Puun energiakäyttö nykytilanteessa Suomessa	15
2.7 Tehtyjä arvioita bioenergian tulevasta käytöstä	18
2.8 Metsähakkeen tuotannon lisäämismahdollisuudet	20
2.8.1 Arvio metsähakkeen määrästä.....	22
2.8.2 Metsähakkeen saatavuusarvioiden tarkastelu	23
2.9 Yhteenveto toimintaympäristön muutoksista.....	24
3. Arvioita energialiiketoimintamahdollisuuksista vuoteen 2020	26
3.1 Tarkasteltavien skenaarioiden valinta	26
3.2 Puunhankinta eri skenaarioissa.....	27
3.2.1 BAU-skenaario.....	27
3.2.2 KTM-skenaario	28
3.2.3 TUONTI-skenaario	29
3.3 Puun energiakäyttö tarkastelluissa skenaarioissa	30
3.4 Energialiiketoiminta tarkastelluissa skenaarioissa	33
3.5 Metsäenergian kannattavuus metsänomistajalle.....	35
3.6 Lämpöyrittäjäyys.....	36
3.7 Pilkkeiden tuotanto	39
3.8 Energialiiketoiminnan työllisyysvaikutukset	40
3.8.1 Työvoiman ja korjuukaluston tarve	40
3.8.2 Yhteenveto työllisyysvaikutuksista.....	42
3.9 Tarvittavat investoinnit.....	42
4. Pääskenaarioiden ulkopuolisia tulevaisuuskuvia.....	43
4.1 Puupolttoaineiden vienti.....	43
4.2 Liikenteen biopolttoaineiden laajamittainen valmistus	44
4.3 Sähkön tuotannon maksimointi	45

4.4	Puuraaka-aineen siirtyminen energiasektorille raaka-ainekäytön sijasta.....	46
4.5	Suuret murrokset metsäteollisuudessa.....	48
5.	Tulosten tarkastelua ja johtopäätöksiä.....	50
5.1	Liiketoiminnan volyymi ja kannattavuus.....	50
5.2	MMM:n hallinnonalan metsäenergiaan kohdistuvien tukien toiminta eri skenaarioissa.....	52
5.3	Ympäristövaikutukset.....	53
5.3.1	Yleistä.....	53
5.3.2	Lajiston monimuotoisuus ja pintakasvillisuus.....	53
5.3.3	Vesistövaikutukset.....	56
5.3.4	Metsien terveydentila.....	58
5.3.5	Tuhkan kierrätys ravinnetappioiden vähentäjänä.....	59
5.3.6	Vaikutukset liikenteen päästöihin.....	60
5.3.7	Päätelmiä.....	60
6.	Yhteenveto.....	61
	Lähdeluettelo.....	63

1. Työn tavoite

Tässä selvityksessä arvioidaan, kuinka paljon puuhun perustuvaa energialiiketoimintaa Suomessa voidaan lisätä vuoteen 2020 mennessä. Epävarmuuksien takia tulevaisuus kuvataan skenaarioina, joille arvioidaan energialiiketoiminnan laajuus. Liiketoiminnan lisääminen kuvataan liikevaihtona, tarvittavina investointeina ja työllisyysmahdollisuuksien kasvuna. Skenaarioiden muuttujana on politiikkaympäristö, joka vaikuttaa oleellisesti puulla tuotetun energian kilpailukykyyn ja muun muassa puuraaka-aineen tuontiin. Kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa metsäteollisuuden tuotanto ja puuraaka-aineiden käyttö kasvavat eikä energian tuotanto rajoita merkittävästi teollisuuden raaka-aineiden saantia. Kasvavan energiakäytön mahdollista vaikutusta puuraaka-aineen hintaan ei tarkastella tässä selvityksessä.

Tarkastelu on rajattu puuperäisen energian lisämahdollisuuksien arviointiin. Suomessa ei ole kuitenkaan kuin muutama lämpöteholtaan yli 50 MW kattilalaitos, joka käyttää polttoaineenaan ainoastaan kiinteätä puupolttoainetta, joten puun energiakäyttö laajalti liittyy käytännössä aina muiden polttoaineiden käyttöön. Puun kanssa eniten käytettäviä polttoaineita ovat turve ja kivihiili sekä jatkossa yhä enemmän kierrätyspolttoaineet ja peltobiomassat.

2. Toimintaympäristön kuvaus

Energian tuotantoon käytettävistä polttoaineista 80 % on fossiilisia polttoaineita, joiden hiilidioksidipäästöt ovat suurin yksittäinen ihmisen toiminnan aiheuttama kasvihuonekaasupäästöjen lähde. Fossiilisia polttoaineita korvaavilla uusiutuvilla energialähteillä on olennainen merkitys energian tuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Suomessa puupolttoaineet ovat merkittävin uusiutuvan energian lähde, ja käytön lisäämismahdollisuudet ovat suuret.

Yli 40 % Suomessa metsäteollisuuden käyttöön korjatusta ja ulkomailta tuodusta puusta käytetään energian tuotantoon teollisuusprosessien sivutuotteina tai tähteinä, ja noin 10 % puusta korjataan suoraan energiakäyttöön. Energiakäyttöön puuainesta menee sulfaattiselluloosan tuotannossa lähes puolet ja olennaisesti vähemmän mekaanisen massan tuotannossa ja mekaanisessa metsäteollisuudessa. Suurin osa puuntuonnista on kuorellista puuta, joten energiakäyttöön tuleva osuus on samaa luokkaa kuin kotimaisen puun käytössä. Puupolttoaineet kattavat Suomen kokonaisenergian tarpeesta 20 % ja sähkön kulutuksesta 10 %, mikä on korkein osuus maailmassa. Metsäteollisuus ei ole yhteenlaskettuna energiaomavarainen, vaan käyttää merkittävästi ostopolttoaineita ja -sähköä, mutta yksittäiset tehdaslaitokset voivat olla tuotantorakenteensa takia yliomavaraisia.

Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan laajuuteen vaikuttavat metsänhoidon käytännöt, metsäteollisuuden tuotannon määrä ja rakenne sekä puusta valmistettävien energiatuotteiden, kuten sähkön, lämmön ja polttoainetalosteiden, hintataso. Toimintaympäristön kuvauksessa keskitytään puuenergian kilpailukykyyn vaikuttavien tekijöiden analysointiin. Näistä tärkeimpiä tekijöitä ovat ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tehtävät toimenpiteet ja fossiilisten polttoaineiden hintakehitys.

2.1 Fossiilisten polttoaineiden hintakehitys

Öljy- ja maakaasuvarat ovat maantieteellisesti erittäin keskittyneitä, ja koska niiden kysyntä on kasvussa, esimerkiksi öljyn maailmanmarkkinahinnat ovat pysyneet yli kaksinkertaisina tuotantokustannuksiin verrattuna jo vuodesta 2005 alkaen. Hinnan nousu ei ole teollisuusmaissa hidastanut merkittävästi taloudellista kehitystä, sillä energian merkitys tuotannontekijänä on pienentynyt. Monissa kehitysmaissa maailmanmarkkinahintojen nousua ei ole viety kuluttajahintoihin, vaan energiaa subventoidaan, mikä nykyisessä laajuudessaan käy energian kulutuksen kasvaessa useissa maissa mahdottomaksi.

Konventionaalisten öljy- ja maakaasuvarojen arvioidaan riittävän nykykulutuksella 40–50 vuodeksi ja hiilivarojen vajaan 200 vuodeksi. Öljyn valmistuksen kustannukset runsaista ei-konventionaalisista varoista, kuten öljyliuskeesta, ovat kuitenkin edullisimmillaan

20–30 dollaria/tynnyri ja hiilestä 35–40 dollaria/tynnyri (IEA 2006b). Paljon investointeja on vireillä, mutta kysynnän kasvun jatkuessa öljyn hintataso pysynee kuitenkin korkeana.

EU on nostanut uusimmissa arvioissaan perusskenaarioiden hintatasoksi öljylle 48 dollaria/tynnyri vuodelle 2020 ja enimmillään 78 dollaria/tynnyri (EU 2007). USA:n energiaministeriön Annual Energy Outlook 2007 käyttää skenaarioissaan vuodelle 2020 matalan hinnan skenaariossa hintana 29, referenssiskenaariossa 46,5 ja korkean hinnan skenaariossa 82,6 dollaria/tynnyri, joten hintahaarukka eli epävarmuus öljyn hinnassa arvioidaan todella suureksi (DOE 2007). IEA:n referenssiskenaariossa öljyn hinta on hieman edellisiä korkeampi (IEA 2006b).

2.2 EU-maiden toimet ilmastonmuutoksen hillinnässä

EU:lla ei ole nykyisiin sopimukseen perustuvaa yhteistä energiapolitiikkaa, vaan energiapolitiikka kuuluu jäsenmaiden päätösvaltaan. Energia-alaan vaikuttavat erittäin merkittävästi kuitenkin monet ympäristön suojeluun sekä kilpailun vapauttamiseen liittyvät, jäsenmaita velvoittavat säädökset. Perustuslakiluonnoksessa suuri osa nykyistä kansallista päätösvaltaa energia-asioissa siirtyisi EU-tasolle.

Eurooppa-neuvoston kokouksessa 8.–9.3.2007 hyväksyttiin Euroopan energiapolitiikkaa koskeva priorisoitu toimintasuunnitelma komission esityksen mukaisesti. EU-maat ovat sitoutuneet vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä Kioto-kaudella 2008–2012 vuoden 1990 tasoon verrattuna yli 5 %. Komission energiapaketissa 10.1.2007 esitettiin, että EU-maat sitoutuisivat vähentämään päästöjä edelleen, vuoteen 2020 mennessä yhteensä 20 % vuoden 1990 tasosta riippumatta siitä, saadaanko sopimukseen liittymään muita maita (EU 2007). Samassa yhteydessä esitettiin, että EU voisi sitoutua jopa 30 %:n vähennykseen, jos laaja sopimus saataisiin aikaan.

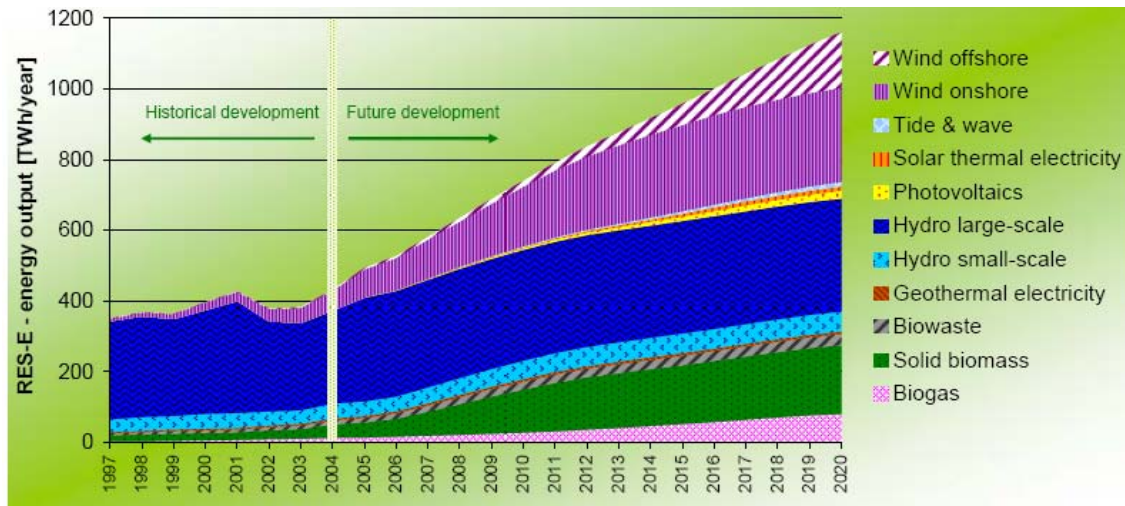
Komission energiapaketin osana oli toimenpideohjelma seuraavine kohtineen:

- Toimenpiteet sähkö- ja kaasumarkkinoilla markkinoiden avaamiseksi.
- Solidaarisuus jäsenvaltioiden välillä energiakriisien ja toimitushäiriöiden varalta.
- EU:n kansainvälistä toimintaa ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi lisätään eri neuvotteluyhteyksissä.
- EU:n energiatehokkuuden toimintasuunnitelmaa tuetaan, 20 %:n vähentämistavoite primäärienergiassa vuoteen 2020 mennessä, jäsenmaat tekevät vuonna 2007 toimintasuunnitelman päästökaupan ulkopuolisen energiankäytön tehostamisesta. Tavoite tarkoittaa kokonaisenergiakäytön vähenemistä yli 10 % nykytasosta.

- Hyväksytään 20 %:n sitova tavoite uusiutuvan energian osuudesta EU:n energiankulutuksessa vuonna 2020 ja 10 %:n vähimmäistavoite liikenteen biopolttoaineille vuonna 2020.
 - Tavoitetta ei ole asetettu maakohtaisesti, puitedirektiivistä esitys vuonna 2007, jäsenmaat valmistelevat sektori- ja polttoainekohtaisen toimintasuunnitelman, joka sisältää kaiken käytön.
- Komissio valmistelee vuonna 2007 Euroopan strategisen energiateknologia-suunnitelman.
- Tehdään aikataulutus hiili- ja kaasuvoimaloille CO₂-talteenotto- ja varastointivalmiuksista, edistetään 12 suuren mittakaavan demonstraatiolaitoksen rakentamista vuoteen 2015 mennessä EU:n voimantuotantoon.
- Perustetaan EU:n korkean tason ryhmä ydinturvallisuusasioihin.
- EU:n yhteistä toimintaa energian ulkosuhteissa jatketaan Lahden Eurooppa-neuvoston keskustelun mukaisesti.
- Päästökaupan oletetaan jatkuvan vuoden 2012 jälkeenkin.

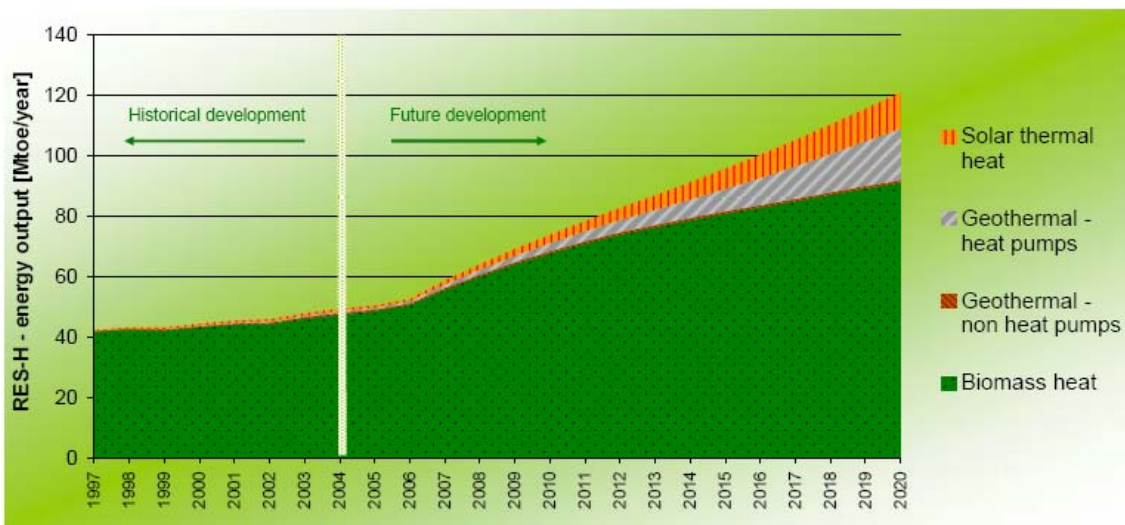
Komission yhtenä päälähtökohtana on energiamarkkinoiden vapauttaminen kilpailulle, ja eniten toimenpiteitä kohdistetaan sähkö- ja maakaasumarkkinoille. Sähkön siirron pullonkauloja vähennetään EU:n sisällä. Tavoitteena on EU:n laajuinen sisämarkkina, joka olisi maailman suurin yhtenäinen sähkömarkkina-alue. Pohjoismaissa yhteinen markkina-alue nostaisi sähkön markkinahintaa nykytasolta. Energiamarkkinoiden vapauttamisen uskotaan parantavan myös energian toimitusvarmuutta.

Komission energiapaketissa esitettiin uusiutuvan energian tiekartta, jonka avulla uusiutuvan energian 20 %:n osuus voitaisiin saavuttaa vuoteen 2020 mennessä. Uusiutuvan sähkön tuotannon pääkasvun on arvioitu tulevan tuulivoimasta ja kiinteistä biomassoista (kuva 1). Arvion mukaan uusiutuvan sähkön tuotanto 2,5-kertaistuisi nykyisestä yli 400 TWh:sta yli 1 100 TWh:iin, mikä vastaisi uusiutuvien osuuden kasvua 15 %:sta 34 %:iin kokonaissähkökäytöstä.



Kuva 1. Euroopan komissio: Renewables Roadmap – uusiutuva sähkö (RES-E) vuoteen 2020.

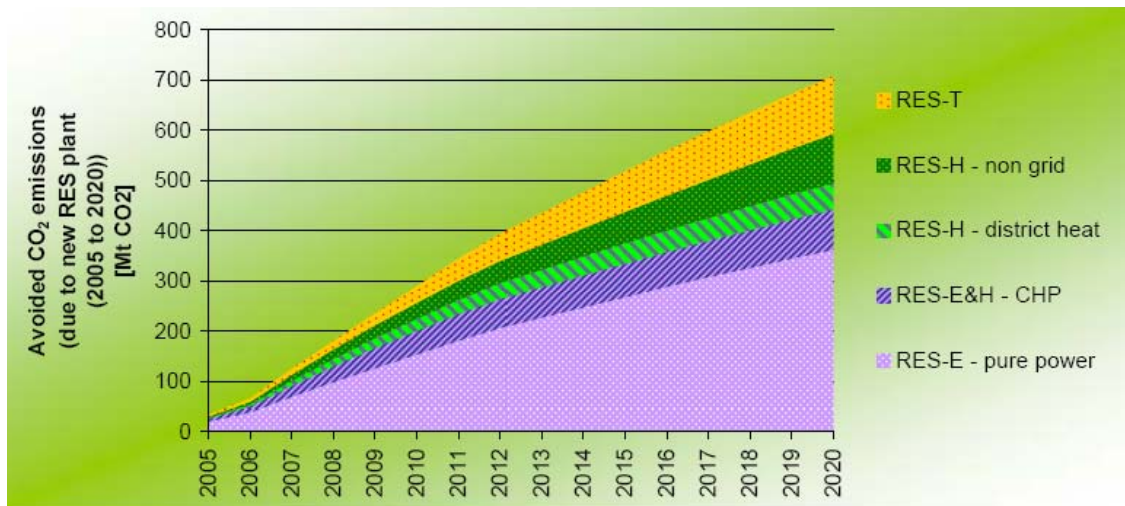
Biomassalla on arvioitu olevan valtaosa lisäysmahdollisuudesta lämmön tuotannossa, ja bioenergian käyttö noin kaksinkertaistuisi (kuva 2). Muista energialähteistä tärkeimmät olisivat maalämpöä käyttävät lämpöpumput ja aurinkolämpö.



Kuva 2. Euroopan komissio: Renewables Roadmap – uusiutuva lämpö ja jäähdytys vuoteen 2020.

Biopolttoaineiden osuudeksi liikenteen polttoaineista on arvioitu 14 % eli 10 %:n velvoitetta suurempi määrä, mikä vastaisi 43 Mtoe. Kun otetaan huomioon nämä kaikki biomassan käyttökohteet, on selvää, että bioenergian käyttöä rajoittavana tekijänä on biomassan saatavuus kohtuuhintaan. Esimerkiksi käyttövelvoitteet voisivat nostaa biomassojen hintaa niin, että sillä olisi vaikutusta myös teollisuuden käyttämän raaka-aineen hintaan.

Suurin osa uusiutuvien energialähteiden ansiosta saavutettavasta kasvihuonepäästöjen vähentämisestä tulisi sähkön tuotannosta, seuraavaksi eniten lämmön tuotannosta ja näitä selvästi pienempi osuus liikenteen biopolttoaineiden käytöstä (kuva 3).



Kuva 3. Euroopan komissio: Renewables Roadmap – CO₂ – lisävähennys vuoteen 2020 eri käyttösektoreilla. T = liikenne, H = lämpö, E = sähkö.

Komissio arvioi energiapaketin kustannuksia kahdella eri fossiilisten polttoaineiden hintakehityksellä:

- Perustapauksessa öljyn maailmanmarkkinahinta on 48 dollaria/tyunnyri vuonna 2020.
- Korkeampi hinta-arvio öljylle on 78 dollaria/tyunnyri vuonna 2020.

Peruslaskelmissa päästöoikeuden hinta on 20–30 euroa/tonni ja sähkön markkinahinta on noin 50 euroa/MWh vuoteen 2020 ulottuvalla kaudella.

2.3 Arvioita EU:n politiikkatoimien vaikutuksista

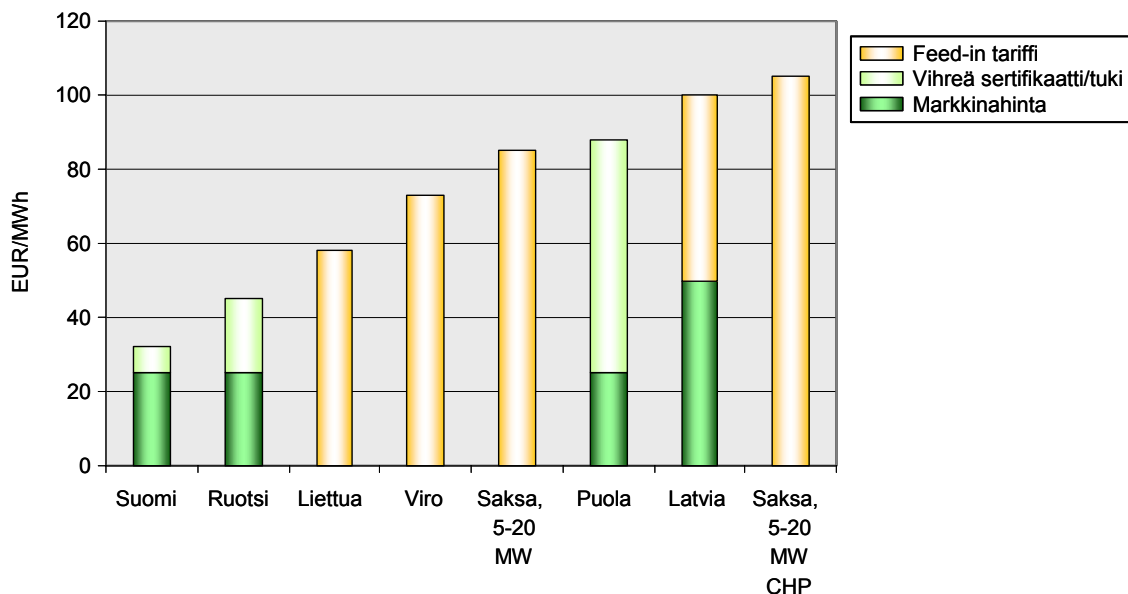
Komission energiapaketissa on aiempaan verrattuna selkeä muutos, että uusiutuvien energialähteiden lisäystavoitteet eri sektoreille jätetään jäsenmaiden omien päätöksiensä varaan liikenteen polttoaineita lukuun ottamatta. Lisäystavoitteita ei siis asetettaisi direktiiveillä eri sektoreille (sähkö, lämpö, yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto, liikenne...), joiden tavoitteet voisivat olla ristiriitaisia tai päällekkäisiä eivätkä johtaisi kustannustehokkaimpiin toimenpiteisiin.

Komissio pyrkii selkeillä pitkäjänteisillä tavoitteilla ja velvoitteilla luomaan myönteisen toimintaympäristön uusiutuville energialähteille ja kannustamaan kansallisiin edistämistoimiin, jotka yhdessä loisivat uusiutuville energialähteille pysyvän markkinan (esimer-

kiksi liikenteen 10 %:n biopolttoainevelvoite) ja kannustaisivat investointeihin. Vuoden 2007 loppuun mennessä on tavoitteena sopia maakohtaisista sitovista uusiutuvan energian osuuksista suhteessa kokonaisenergian kulutukseen vuonna 2020. Taakanjakoneuvotteluista on odotettavissa vaikeat. Esimerkiksi Saksassa uusiutuvien lisäämisessä merkittävän merituulivoiman kustannukset ovatkin osoittautumassa huomattavasti arvioidua korkeammiksi. Energian tuotantolaitosten investointikustannukset ovat nousseet viime vuosina voimakkaasti sekä raaka-aineiden hinnan nousun että hyvän kysynnän ansiosta. Tavoitteiden saavuttamista nopeassa aikataulussa, jossa investoinnit tulisi tehdä noin 10 vuodessa, on epäiltykin mahdolliseksi kysynnän kasvaessa toimitusmahdollisuuksia suuremmaksi, koska kysyntä on kasvussa myös Euroopan ulkopuolella.

Useassa maassa uusiutuvien käytön lisääminen on suurelta osin päästökauppasektorin ulkopuolella, mutta Suomessa tilanne poikkeaa sikäli, että merkittävä osa bioenergian lisäämisestä kuuluu päästökauppasektoriin. Suomessa periaatteena on ollut, että päästökauppa olisi pääohjauskeino ja päästökauppasektorilla tukien pääperusteena on uusien teknologioiden kaupallistumisvaiheen edellyttämä tuki.

Uusiutuvien energialähteiden edistämiseksi jäsenmaissa on käytössä monia ohjauskeinoja, kuten käyttövelvoitteet, syöttötariffit, vihreät sertifikaatit ja investointituet. Esimerkkinä tukien tason erilaisuudesta on puupolttoaineilla tuotetun sähkön arvo Itämeren ympäröivissä maissa (kuva 4). Itämeri mahdollistaa biopolttoaineiden liikkuvuutta, ja alueelle ovatkin muodostuneet nopeasti kasvavat biopolttoaineiden markkinat, joiden vuotuinen volyyymi on toki vasta vain joitakin terawattitunteja. On kuitenkin selvästi näkyvissä, että investointeja tehdään ja biopolttoaineita myydään niihin maihin, joissa on lähtömaata oleellisesti parempi maksukyky.



Kuva 4. Esimerkkejä puuperäisen sähkön arvosta.

EU-tasolla toteutettavien markkinalähtöisten edistämiskeinojen, kuten päästökaupan, tavoitteena on johtaa edullisiin kokonaiskustannuksiin. Edistämiskeinojen tulisi ohjata investoinnit energialähteisiin ja maihin, joissa investoinnit ovat edullisia. Päästökaupakaudella 2005–2007 päästöoikeuden hinta on vaihdellut välillä 1–30 euroa/tonni, mikä hyvin kuvaa markkinalähtöisiin instrumentteihin liittyviä riskejä ja suosii riskien välttämiseksi alhaisia investointikustannuksia tarvitsevia uusiutuvan energian lähteitä. Bioenergian lisäämisessä esimerkkinä edullisesta investoinnista on puupellettien käyttö hiililauhdelaitoksissa.

Toinen markkinalähtöinen keino, uusiutuvien energialähteiden käyttövelvoite, kannustaa enemmän yritysten omiin paikallisiin investointeihin, koska käyttövelvoitteella luodaan arvioitavissa olevan kokoinen markkina lainsäädännöllisesti tietyksi ajanjaksoksi. Sekä päästökaupassa että käyttövelvoitteessa lisäkustannukset maksavat suoraan energiaa käyttävät kuluttajat suhteessa energiankulutukseensa.

Noin 20 EU-maassa uusiutuvan sähkön käytön edistämiseksi on käytössä syöttötariffit (feed-in), joissa uusiutuvan sähkön tuottaja saa etukäteen sovitun, tuotantomuodosta riippuvan takuuhinnan 5–20 vuoden ajan. Markkinahinnan ylittävä osuus siirretään tavallisesti sähkön hintaan kuluttajien maksettavaksi. Kun hinta on asetettu korkeaksi, investointeja on saatu nopeasti aikaan ja investoijiksi on tullut pääomasijoittajia energia-alan ulkopuolelta, mutta kustannustehokkuus on voinut jäädä huonoksi. Huonosti asetetut hinnat ovat voineet johtaa bioenergian osalta siihen, että polttoaineen käyttö ei lisäännäkään, vaan siirtyy käyttäjältä toiselle, tai polttoaineeksi siirtyy teollisuuden raaka-ainetta, mikä johtaa biomassan jalostusarvon laskuun. Suomessa päästöoikeuden ja sähkön ja hiilen markkinahintojen perusteella määräytyvät syöttötariffit otettiin käyttöön turvelauhdetuotannossa 1.5.2007 alkaen. Niiden avulla turpeen käyttö tehdään kivihien käyttöä edullisemmaksi lauhdetuotannossa. Huhtikuussa 2007 nimitetyn uuden hallituksen ohjelmassa syöttötariffeja esitettiin otettavaksi käyttöön myös alle 20 MW:n biokaasulaitoksissa.

Uusiutuvien energialähteiden käyttöä voidaan lisätä metsäteollisuudessa puupolttoaineiden lisäksi käyttämällä esimerkiksi kierrätyspolttoaineita ja peltobiomassoja. Kierrätyspolttoaineiden käyttöä edistävät kaatopaikkasijoituksen vähentämistavoitteet ja lisääntyneet kaatopaikkakustannukset (YM 2007). Kierrätyspolttoaineet voivat olla merkittävä polttoaine lähellä suuria yhdyskuntia sijaitsevilla teollisuuslaitoksissa. Biopolttoaineiden tuonti on etenkin lähellä Venäjän rajaa merkittävä hankintavaihtoehto. Peltobiomassoista etenkin ruokohelpi soveltuu metsäteollisuuden kattiloiden seospolttoaineeksi (Peltobiomassa... 2007). Puuvartisten energiakasvien viljely on Suomessa vasta kokeiluasteella.

2.4 EU:n teknologiayhteisöt (Technology Platforms)

Metsäteollisuus on muodostanut EU:hun oman teknologiayhteisönsä (Forest Industry Technology Platform), kuten muutkin merkittävät teollisuudenalat. Metsäteollisuuden teknologiayhteisön strategisessa tutkimussuunnitelmassa on tunnistettu mahdollisuudet uusiutuvan energian tuotantoon, kuten myös kansallisessa strategiassa.

Liikenteen biopolttoaineiden teknologiayhteisön strategisena tavoitteena on liikenteen biopolttoaineosuuden kasvattaminen 25 %:iin vuoteen 2030. Suuret biomassan käytön tavoitteet on esitetty myös vihreiden kemikaalien (öljyperäisten kemikaalien korvaaminen biopohjaisilla) ja uusiutuvien raaka-aineiden (betonin, teräksen, levyjen ja eristeiden korvaaminen bioperäisillä rakenteilla) teknologiayhteisöissä. Kilpailu biomassasta eri sektoreiden välillä tulee lisääntymään, mikä nostanee joka tapauksessa maksukykyä biomassasta nykytilanteeseen verrattuna.

2.5 Muu maailma

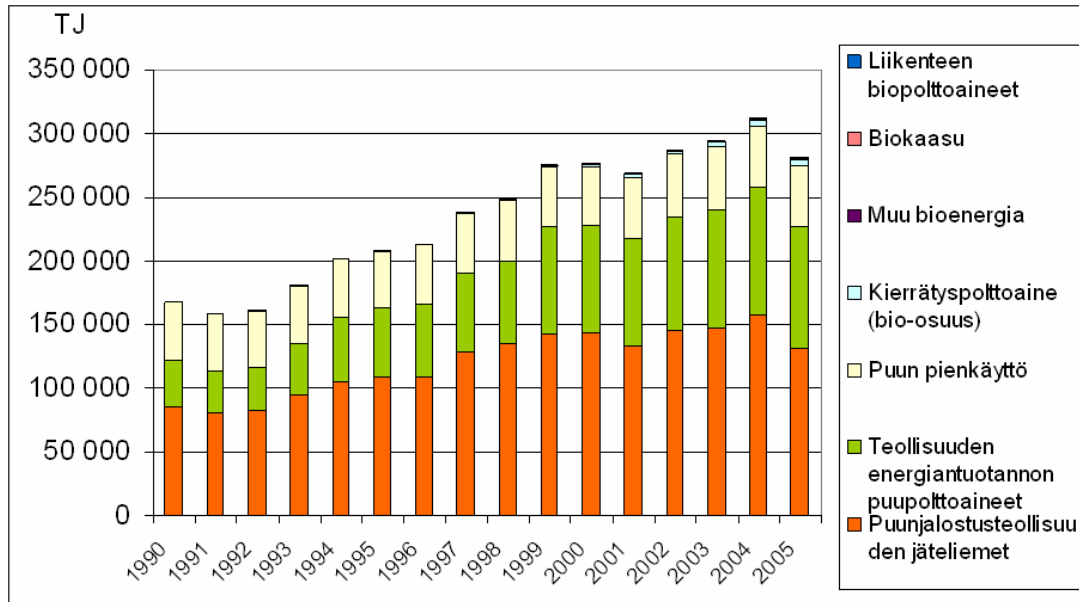
Useissa EU:n ulkopuolisissa maissa on kunnianhimoisia tavoitteita kasvihuonekaasujen vähentämiseksi ja paikallisten energiavarojen hyödyntämiseksi sekä laajoja uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmia, joten biomassojen energiakäyttö ja siihen liittyvät laitemarkkinat ovat kasvamassa maailmanlaajuisesti (IEA 2006a).

Viljan käyttö polttoaine-etanolin tuotantoon on nostanut maissin ja vehnän maailmanmarkkinahintaa, ja monissa maissa on perustettu laajoja viljelmiä energiakasvien tuotantoa varten. Energiakasvien, aivan kuten kuitua tuottavien kasvien, tuotanto suotuisilla alueilla hehtaaria kohti on moninkertainen Suomeen verrattuna ja tuotantokustannukset vain murto-osa. Bioenergian tuotannon ja käytön tekevät Suomessa kilpailukykyiseksi läheisyys (lämpö on tuotettava paikallisesti), korkea integroitumisaste ja sen avulla säästettävät korkeat hyötysuhteet, joista esimerkkeinä ovat yhdyskuntien ja teollisuuden lämpökuormia sekä pellettituotantoa hyödyntävä vastapainesähkön tuotanto sekä kehitteillä olevat selluloosapohjaisia raaka-aineita käyttävät liikenteen biopolttoaineiden tuotantoprosessit.

2.6 Puun energiakäyttö nykytilanteessa Suomessa

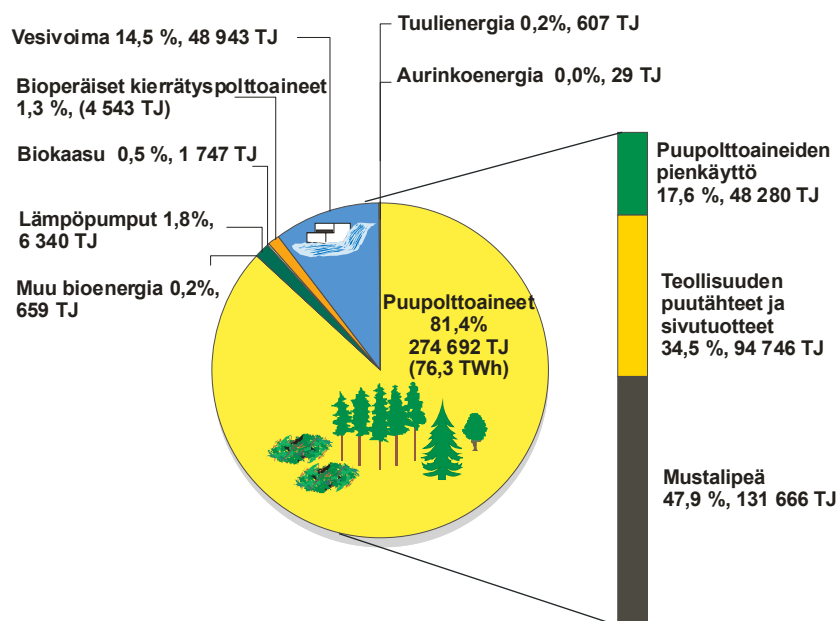
Puupolttoaineiden energiakäyttö lähes kaksinkertaistui 15 vuodessa 1990–2004 (kuva 5). Puupolttoaineista suurin osa on sulfaattiselluloosan tuotannon mustalipeää ja seuraavaksi merkittävin jae on kuorta. Puun pienkäyttö on pysynyt lähes vakiosuuruisena viimeiset 15 vuotta. Metsäteollisuuden keskeinen merkitys puupolttoaineiden ja bioenergian

tuottajana näkyi selvästi vuonna 2005, jolloin työkiistojen takia notkahtanut tuotantomäärä näkyi selvästi myös polttoainemäärissä. Metsäteollisuus ei ole energiaomavarainen, joten kokonaisenergian kulutus väheni Suomessa suhteessa enemmän kuin bioenergian käyttö.



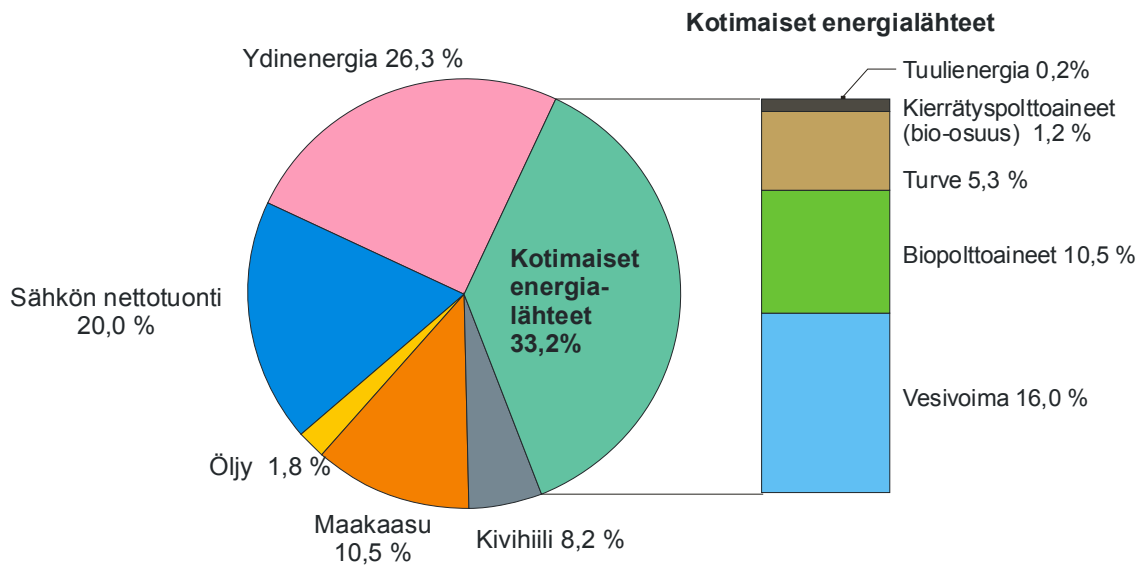
Kuva 5. Muun bioenergian kuin turpeen käytön muutokset vuosina 1990–2005.

Valtaosa Suomessa käytetyistä uusiutuvista energialähteistä on bioenergiaa, ja valtaosa bioenergiasta on puuperäistä (kuva 6).



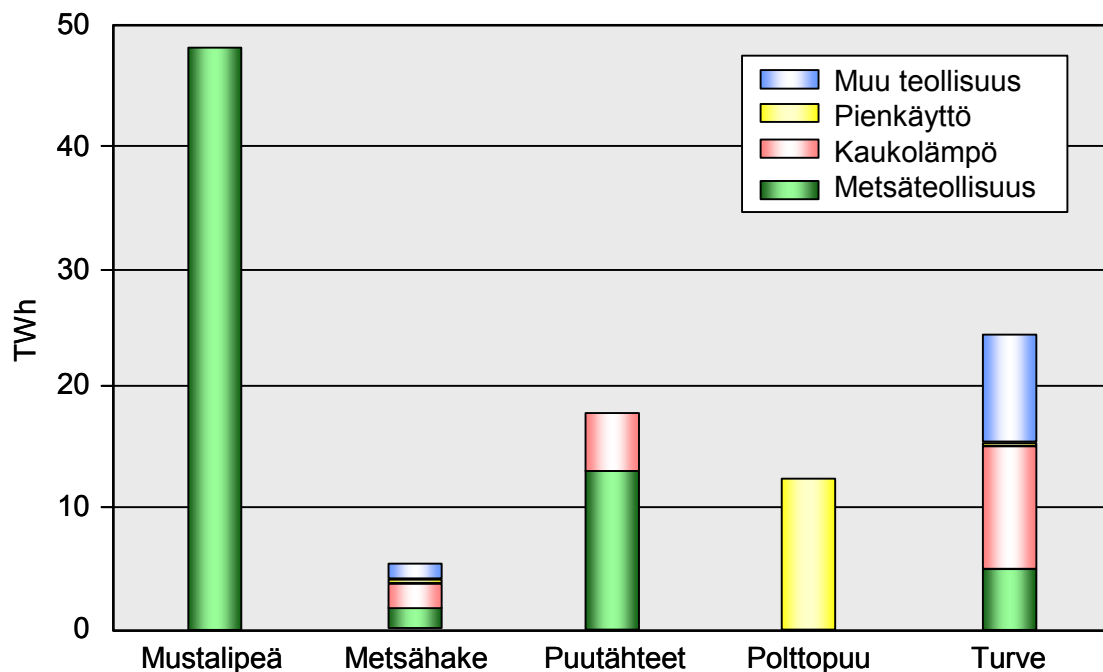
Kuva 6. Uusiutuvien energialähteiden käyttö vuonna 2005 oli 338 000 TJ (93,8 TWh), joka oli 25 % kokonaisenergian kulutuksesta.

Biopolttoaineilla tuotetaan yli 10 % Suomessa käytetystä sähköstä (kuva 7), eikä missään muussa maassa biosähkön osuus ole niin korkea.



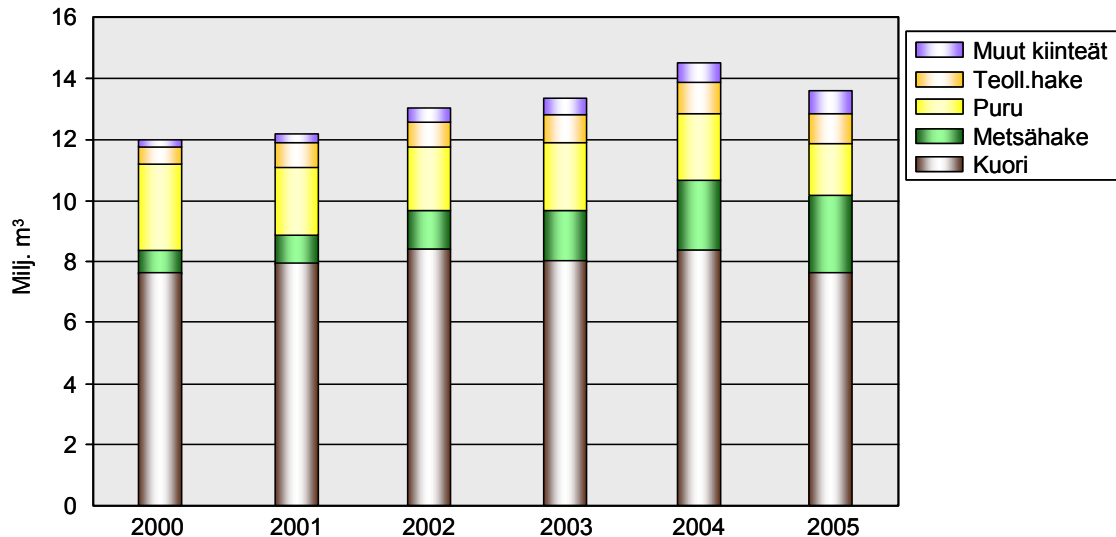
Kuva 7. Vuonna 2005 kokonaissähkönkulutus oli 84,9 TWh, josta uusiutuvien energialähteiden osuus oli 22,7 TWh (26,7 %). Puuperäistä sähköä tuotettiin 9 TWh eli 10,5 %.

Puupolttoaineista valtaosa käytetään metsäteollisuudessa (kuva 8), mutta puun käyttö kaukolämmön tuotannossa on kasvanut tasaisesti. Vuonna 2006 puupolttoaineet kattoivat jo 12 % kaukolämmön ja siihen liittyvän vastapainesähkön tuotannosta.



Kuva 8. Bioenergian käytön jakautuminen eri käyttösektoreille vuonna 2004.

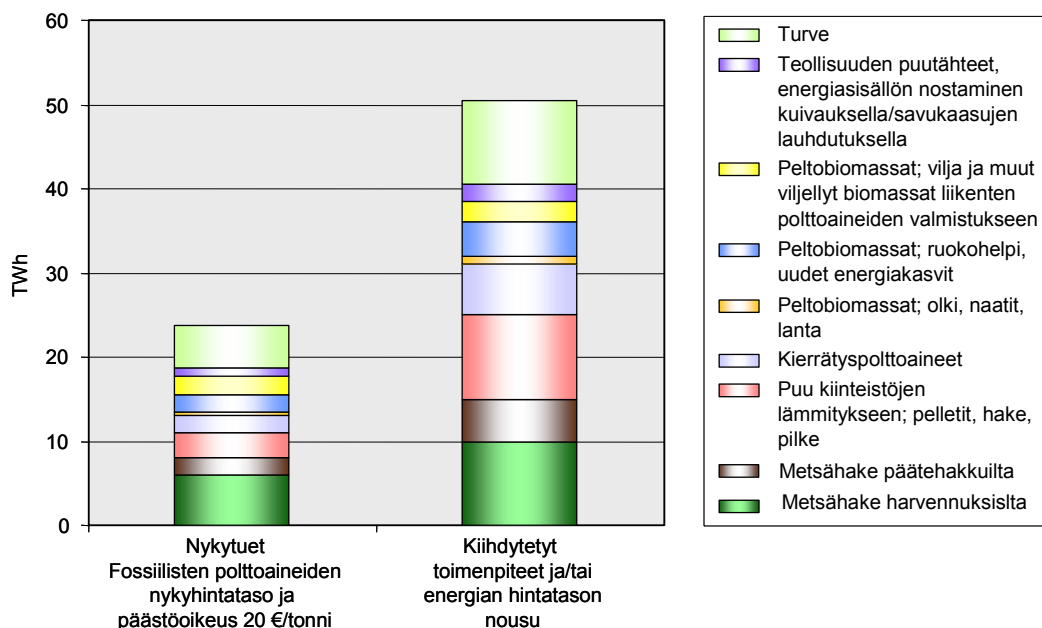
Kiinteiden puupolttoaineiden määrän muutokset lämpö- ja voimalaitoksissa viimeisenä viitenä vuotena näkyvät kuvassa 9. Purun polttaminen on vähentynyt, ja metsähakkeen osuus on jo selvästi kasvanut. Kuori on tärkein kiinteä puupolttoaine.



Kuva 9. Kiinteiden puupolttoaineiden käytön muutokset lämpö- ja voimalaitoksissa vuosina 2000–2005.

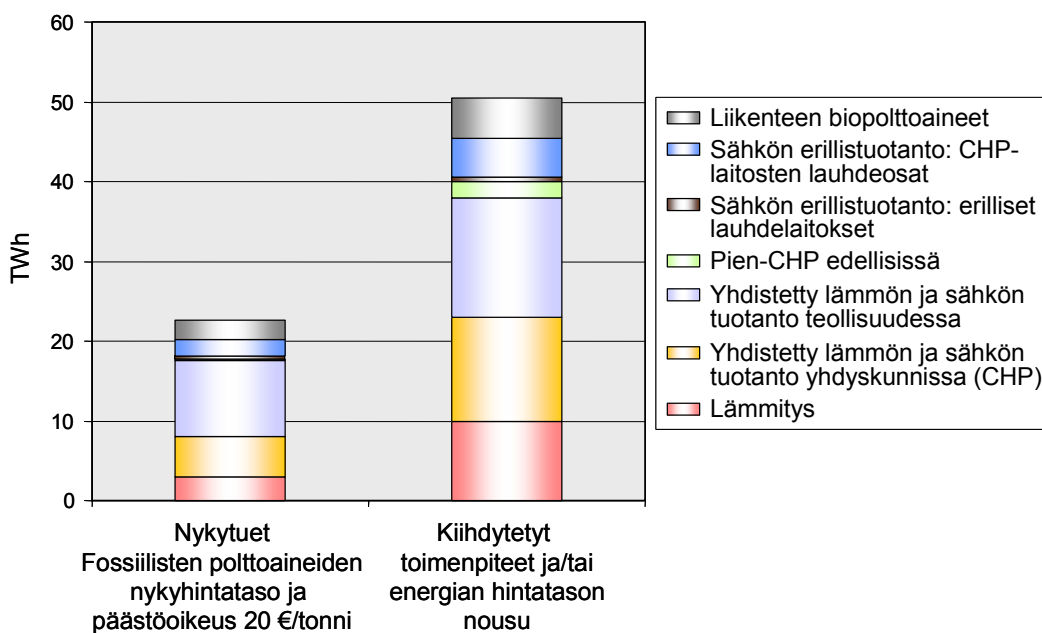
2.7 Tehtyjä arvioita bioenergian tulevasta käytöstä

Professori Rintalan työryhmä esitti 6.2.2007 julkaistussa arviossaan (Arvio biomassan... 2007), että bioenergian käyttöä on mahdollista lisätä vuoteen 2015 mennessä 20–50 TWh (kuva 10). Lisäyksestä puolet on arvioitu olevan puuperäistä energiaa. Suurin yksittäinen lisäämismahdollisuus on metsähakkeen käytöllä. Myös nykyisten biopolttoaineiden käyttöä voitaisiin tehostaa huomattavasti, jos hyödynnettäisiin jätelämpöjä kohteiden biopolttoaineiden kuivaukseen tai jos lämmön tuotannossa hyödynnettäisiin savukaasujen lauhduttamisesta saatua lämpöä.

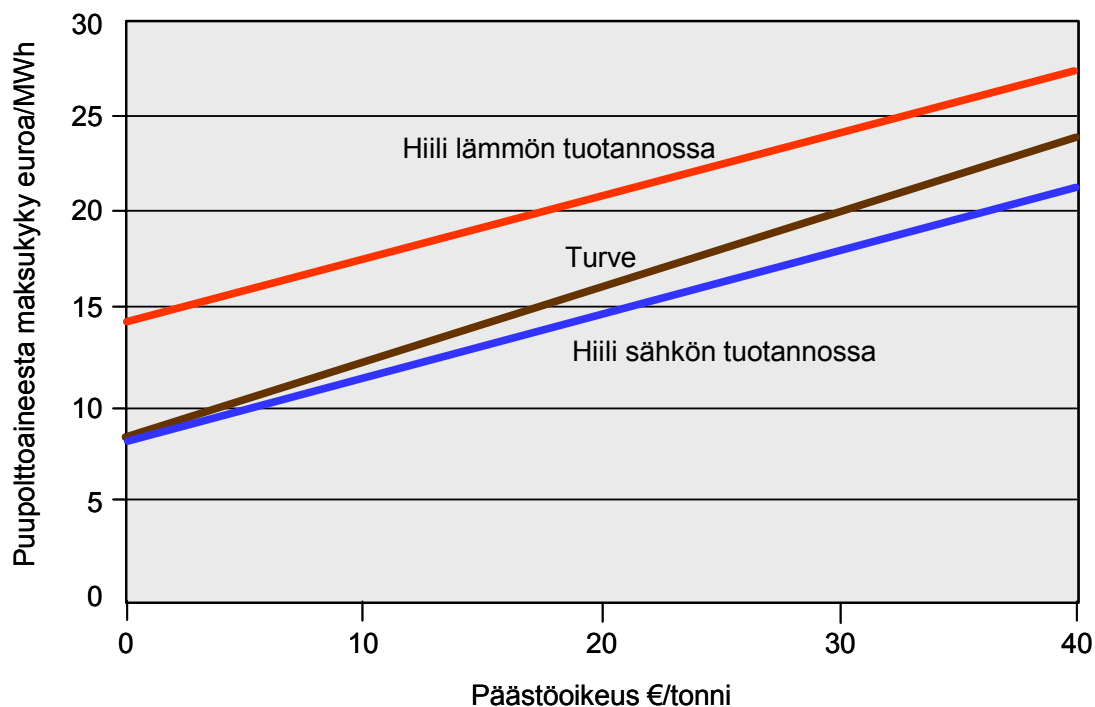


Kuva 10. Eri biomassojen käytön lisäämismahdollisuudet – professori Rintalan biomassatyöryhmän tuloksia 6.2.2007.

Samassa yhteydessä arvioitiin myös käytön lisäämisen kohteet (kuva 11), joista merkittävin on yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa teollisuudessa ja yhdyskunnissa, mutta merkittävä lisäämismahdollisuus on myös lämmityssektorilla. Vuoteen 2015 mennessä liikenteen biopolttoaineiden tuotantoon ei arvioitu vielä käytettävän kovin suurta osuutta biomassoista.



Kuva 11. Biomassan lisäkätön jakautuminen eri käyttökohteisiin professori Rintalan biomassatyöryhmän mukaan 6.2.2007.



Kuva 12. Maksukyky puupolttoaineesta eri päästöoikeuden hinnoilla, kun korvataan turvetta tai hiiltä sähkön ja lämmön tuotannossa.

Puupolttoaineiden kilpailukyvyllä oleellinen tekijä päästökauppasektorilla on päästöoikeuden hinta, joka on vaihdellut ensimmäisellä kaudella 2005–2007 välillä 1–30 euroa/hiilidioksiditonni. Kun päästöoikeuden hinta on 20 euroa/tonni, turve ja sähkön tuotantoon käytetty hiili kannattaa korvata noin 15 euroa/MWh maksavalla puupolttoaineella (kuva 12). Jos päästöoikeuden hinta nousee 40 euroon/tonni, maksukyky puusta on jo yli 20 euroa/MWh. Lämmön tuotantoon käytetty hiili kannattaa korvata jopa lähes 30 euroa/MWh maksavalla puupolttoaineella nykyisellä hiilen verotasolla. Laskennassa hiilen ja turpeen hinnaksi on oletettu noin 8 euroa/MWh. Komissio käytti laskelmissaan 20–30 euroa/tonni päästöoikeuksien hintoina vuodelle 2020.

2.8 Metsähakkeen tuotannon lisäämismahdollisuudet

Metsähakkeen saatavuustarkastelussa olivat mukana nuorten metsien harvennuksilta korjattava energiapuu ja pätehakkuukohteille ainespuun korjuun yhteydessä jäävä latvusmassa ja kantobiomassa. Nuorten metsien energiapuu oletettiin korjattavan oksineen ns. kokopuumenetelmällä. Metsähakkeen saatavuustarkastelussa olivat mukana Ahvenanmaata lukuun ottamatta kaikki Suomen maakunnat. Nuorten metsien energiapuun kertymätarkastelu kattoi koko Manner-Suomen, lukuun ottamatta Utsjoen, Enontekiön ja Inarin kuntia, jotka jäivät laskentateknisistä syistä tarkastelun ulkopuolelle. Latvusmassan ja kantobiomassan saatavuutta ei laskettu Utsjoen kuntaan, koska alue sijaitsee

pääosin puurajan pohjoispuolella eikä alueelta ollut saatavissa tarvittavaa laskenta-aineistoa. Ainespuuharvennusten latvusmassa ja kantopuu rajattiin kertymätarkastelun ulkopuolelle, koska nykyinen korjuuteknologia ei mahdollista niiden laajamittaista talteenottoa osana ainespuun hankintaa.

Ainespuuvaltaiset ensiharvennukset, joissa ainespuumittaisen puutavaran kertymä on yli 25 m³ hehtaarilta, rajattiin myös kertymätarkastelun ulkopuolelle. Perusteina em. rajaukselle olivat nykyiset kestävän metsätalouden rahoitusehdot ja lisääntynyt kotimaisen kuitupuun tarve teollisuudessa. Perusperiaatteena laskelmaa tehtäessä oli, että energian tuotanto ei rajoita metsäteollisuuden raaka-aineen saantia ja energiakäyttöön menee materiaali, joka ei täytä puunjalostusprosessien mitta- tai laatuvaatimuksia.

Päättehakuilta kertyvän latvusmassan ja kantojen kertymälaskelmat perustuvat vuoden 2004 toteutuneisiin puutavaralajikohtaisiin markkinahakkuumääriin, jotka on tilastoitu kunnittain ja metsäkeskuksittain (www.metinfo.fi). Vuoden 2004 hakkuutilastossa olivat mukana yksityismetsien, Metsähallituksen ja metsäyhtiöiden omien metsien hakkuut. Nuorten metsien energiapuukertymät perustuivat valtakunnan metsien 9. ja 8. inventoinnin (VMI 9) metsäkeskuskohdaisiin koealatietoihin (esim. Tomppo ym. 2001 ja Korhonen ym. 2001) sekä monilähdeinventoinnin kuntakohtaisiin tietoihin (Tomppo ym. 1998). Laskennassa olivat mukana ne varttuneiden taimikoiden ja nuorten kasvatusemetsien VMI-koealat, joilla oli ensimmäisellä 5-vuotiskaudella harvennustarve, energiapuun kertymä oli yli 25 m³ hehtaarilta ja ainespuumittaista puutavaraa kertyi enintään 25 m³ hehtaarilta (Laitila ym. 2004). VMI:n koealatietoihin, jotka ilmoitettiin runkopuun tilavuuksina, lisättiin oksamassan määrä Hakkilan (1991) biomassayhtälöiden avulla.

Latvusmassa- eli hakkuutähdehake oletettiin korjattavan päättehakuualoilta, ja kertymälaskelmat perustuivat kuusi- ja mäntytukkien kuntakohtaisiin hakkuumääriin. Latvusten, oksien, runkohukkapuun ja kantojen osuus suhteessa korjattuun ainespuumäärään arvioitiin taulukon 1 kertoimien perusteella. Kuusen ja männyn latvusmassakertymää laskettaessa Pohjois-Suomen alueeseen kuuluivat Lapin, Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskusten alueen kunnat (Hakkila 1991).

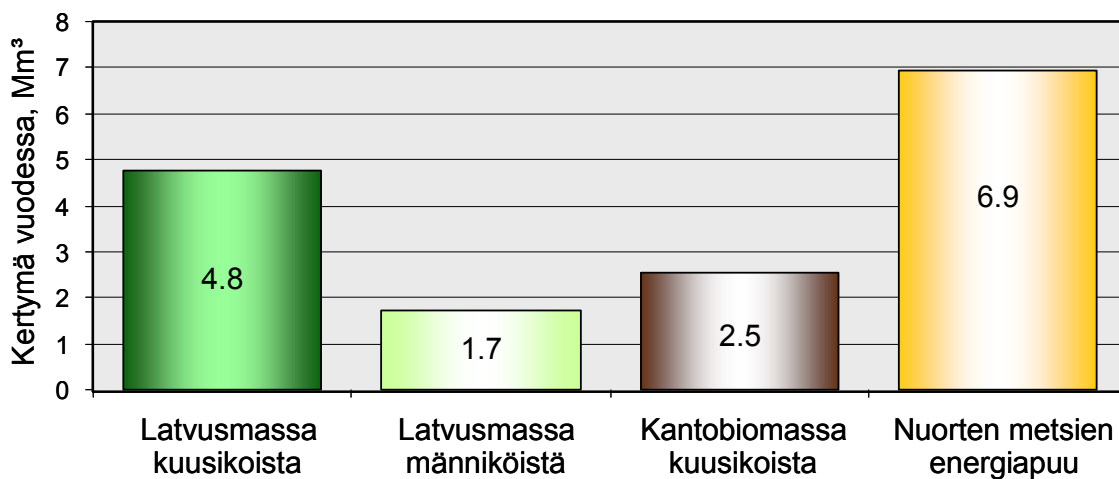
Kantobiomassan saatavuus laskettiin pelkästään kuusen kannoille. Laskelmassa oletettiin, että 65 % kuusikoiden päätehakkuista, joissa korjataan latvusmassaa, on myös sopivia kantojen korjuukohteita. Kuusen kantojen talteensaannoksi oletettiin 95 %, koska osa kannoista jätetään ekologisista syistä nostamatta. Tarkemmat kantobiomassan laskentaperusteet esitetään taulukossa 1. Lopullisissa tuloksissa päättehakkuiden latvusmassan, kantobiomassan sekä nuorten metsien energiapuun vuotuiset kertymät ilmoitettiin kiintokuutiometreinä, m³.

Taulukko 1. Latvusmassan ja kantobiomassan kertymät suhteessa ainespuumäärään ja talteensaantoprosentit (Hakkila 1991, Asikainen ym. 2001, Hakkila 2004).

Latvusmassaa Etelä-Suomessa, % per kuusitukki-m ³	44 %
Latvusmassaa Pohjois-Suomessa, % per kuusitukki-m ³	68 %
Latvusmassaa Etelä-Suomessa, % per mäntytukki-m ³	21 %
Latvusmassaa Pohjois-Suomessa, % per mäntytukki-m ³	28 %
Latvusmassan talteensaanto, % työmaalla	70 %
Kantobiomassaa, % per kuusitukki-m ³	28 %
Kantobiomassan talteensaanto, % työmaalla	95 %

2.8.1 Arvio metsähakkeen määrästä

Päättehakkuiden latvusmassan sekä kantobiomassan korjuupotentiaali oli vuoden 2004 hakkuumäärien perusteella 6,5 miljoonaa kiintokuutiometriä latvusmassaa ja 2,5 miljoonaa kiintokuutiometriä kantobiomassaa vuodessa (kuva 13). Kuusen osuus latvusmassan kertymästä oli 4,8 miljoonaa kiintokuutiometriä ja männyn 1,7 miljoonaa kiintokuutiometriä vuodessa. Harvennuksilta korjattavan nuorten metsien energiapuun korjuupotentiaali oli 6,9 miljoonaa kiintokuutiometriä vuodessa.



Kuva 13. Päättehakkuiden latvusmassan, kantobiomassan sekä nuorten metsien energiapuun vuotuinen kertymä.

2.8.2 Metsähakkeen saatavuusarvioiden tarkastelu

Tutkimuksessa esitetyt metsähakekertymät ovat teknisiä potentiaaleja. Käytännössä kertymiä rajoittavat teollisuuden ainespuun korjuumäärien suhdannevaihtelut, metsänomistajien halukkuus luovuttaa hakkuutähteitä ja kantoja, nuorten metsien energiapuun tulo markkinoille sekä nuorten metsien harvennuspuun korjuutukien määrä ja rahoitusehdot. Verojärjestelmän muutos voi myös jonkin verran vaikuttaa hakkuiden rakentamiseen. Pinta-alaverotuksessa olleet metsänomistajat ovat purkaneet päätehakkuiden hakkuusäästöjä. Verojärjestelmän siirtymäkauden jälkeen entistä suurempi osa ainespuusta tultaneen korjaamaan harvennuksilta. Metsäverouudistuksen siirtymäkausi päättyi vuoden 2005 lopussa.

Nuutisen ym. (2005) mukaan kuusitukin ja -kuitupuun hakkuumäärät ylittivät siirtymäkauden loppuvuosina kuusen kestävät hakkuumahdollisuudet monilla alueilla. Skenariolaskelmien mukaan kuusitukin hakkuut voidaan pitää vuosina 2006–2011 vuosien 2002–2004 tasolla, mutta sen jälkeen hakkuumahdollisuudet vähenevät noin 85 %:iin huippuvuosien 1997–2001 keskimääräisestä tasosta. Hakkuumahdollisuudet vähenevät eniten Keski-Suomen, Pohjois-Savon, Etelä-Pohjanmaan, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun metsäkeskusten alueella. Sen sijaan mäntytukin hakkuut voidaan metsävarojen puolesta pitää viime vuosien tasolla koko maassa (Nuutinen ym. 2005).

Harvennusmänniköiden ja -koivikoiden hakkuumahdollisuudet kasvavat tulevaisuudessa koko maassa. Energiapuun hankinnalle tämä on mahdollisuus. Myös kuiduttavan metsäteollisuuden mielenkiinto kotimaista ensiharvennuspuuta kohtaan on lisääntynyt. Syynä tähän on se, että on löydetty uusia käyttömuotoja ensiharvennuspuulle, erityisesti ensiharvennusmännylle. Myös kiristynyt kilpailu tuontipuusta Itämeren alueella ja Venäjän ilmoittamat tullimaksujen korotukset havupuulle ovat lisänneet harvennuspuun hintakilpailukykyä kuiduttavan teollisuuden prosesseissa. Tämä yhdessä kasvavan puupolttoaineen tarpeen kanssa puoltaa kuitu- ja energiapuun integroitua hankintaa, jossa erottelu kuitu- ja energiaositteeseen tapahtuisi vasta massatehtaan kuorimarumussa. Integroinnilla tavoitellaan pienempiä kokonaishankintakustannuksia kuin aines- ja energiapuujakeiden erillishankinnassa. Vakiintuneita ja kustannustehokkaita toimintamalleja ja korjuutekniikoita aines- ja energiapuun integroitua hankintaan ensiharvennuksille ei ole kuitenkaan vielä löydetty, ei ainakaan sellaisia, että ne olisivat kustannustehokkaita myös pitkillä kaukokuljetusmatkoilla.

Päätehakkuilta korjattavan hakkuutähdehakkeen korjuukustannukset ovat pienimmät ja harvennuksilta korjattavan kokopuuhakkeen korjuukustannukset ovat suurimmat. Pienpuuhakkeen kompastuskivenä on ollut sen hakkuutähdehaketta noin 50 % korkeampi tuotantokustannus, joka aiheutuu lähinnä pienpuun kalliista kaadosta ja kasauksesta. Hakkuutähteen kohdalla tätä kustannusta ei juuri ole, koska hakkuutähteen kasaus voi-

daan hakkuukoneen työtapaa muuttamalla integroida ainespuun korjuuseen. Muissa työvaiheissa kustannuserot hakkuutähdehakkeen ja pienpuuhakkeen välillä ovat vähäiset. Hakkuutähteen keskimääräinen korjuukustannus tienvarressa organisaatiokustannukset huomioiden on irtonaisella hakkuutähdeellä 7 euroa/m³ ja paalatulla hakkuutähdeellä 11 euroa/m³. Kantojen korjuukustannus tienvarteen toimitettuna on noin 12 euroa/m³ ja pienpuun 20 euroa/m³. Pienpuuhakkeen hintakilpailukykyä parantavat sille maksettavat korjuutuet, ja nykyisellä energian hinnalla pienpuun korjuu on mahdollista vain valtion KEMERA-tukien turvin.

2.9 Yhteenveto toimintaympäristön muutoksista

Kansainväliset energia-alan järjestöt, kuten IEA, ja Yhdysvaltojen ja EU:n energiaviranomaiset ennakoivat uusimmissa arvioissaan öljyn ja maakaasun hinnan pysyvän korkeana energian kysynnän kasvaessa. Perusskenaarioissa öljyn hintatasoksi arvioidaan vuoteen 2020 asti noin 50 dollaria/tyunnyri. Korkean hinnan skenaarioissa hintataso nousee vastaavana aikana 80 dollariin/tyunnyri.

Suuri osa teollisuusmaita on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä Kioton pöytäkirjan mukaisesti vuoteen 2012 mennessä, joskin Yhdysvallat ei ole allekirjoittajien joukossa. Neuvottelut Kioton sopimuksen jälkeisestä päästöjen vähentämisestä ovat vielä kesken; tosin EU on jo ilmoittanut sitoutuvansa 20 %:n päästöjen vähennykseen vuoteen 2020 mennessä, vaikkei laajaa sopimusta saataisikaan aikaan. Sekä fossiilisten polttoaineiden korkea hintataso että ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tehtävät toimenpiteet parantavat biopolttoaineiden kilpailukykyä.

EU-maissa biopolttoaineiden kilpailukykyä on edelleen parantamassa EU:n sitoumus uusiutuvien käytön lisäämisestä 20 %:iin energian kulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Liikenteen polttoaineista 10 % tulee olla bioperäistä myös vuoteen 2020 mennessä. Nämä sitoumukset johtavat maakohtaisiin uusiutuvien energialähteiden käytön sitoviin velvoitteisiin. Maakohtainen taakanjako on suunniteltu sovittavan vuoden 2007 loppuun mennessä. Velvoitteisiin perustuen jäsenmaat tekevät omat toimenpideohjelmansa velvoitteensa saavuttamiseksi. Toimenpiteet voivat johtaa suuresti toisistaan poikkeavaan uusiutuvien kilpailukykyyn eri maissa. Tämä voi ohjata merkittävästi investointeja tai biopolttoaineiden kauppaa eri maiden välillä, mikä on jo nähtävissä vilkkaana biopolttoaineiden kauppana Itämeren alueella.

Etenkin liikenteen biopolttoaineiden kauppa on maailmanlaajuista, ja bioetanolille on jo muodostunut maailmanmarkkinahinta. Viljan käyttö liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineena on jo johtanut elintarviketeollisuuden raaka-aineiden hinnan nousuun. Vastaava kytkentä metsäteollisuuden raaka-aineiden hintatasoon on mahdollinen myös puuperäisen

energian käytön kasvaessa. Maailman kokonaisenergiankäyttö ylittää biomassan raaka-ainekäytön volyymillä moninkertaisesti.

Biomassasta eivät ole kilpailemassa ainoastaan metsä- ja elintarviketeollisuuden raaka-ainekäytön lisäksi energian käyttö lämpönä, sähköinä ja liikenteen biopolttoaineena, vaan biomassalla pyritään korvaamaan uusiutumattomia raaka-aineita monella eri teollisuudenalalla. Näitä aloja ovat esimerkiksi kemianteollisuus sekä rakennusaine- ja metalliteollisuus.

Rintalan työryhmän mukaan Suomessa on mahdollista lisätä bioenergian käyttöä peräti 50 % kymmenen vuoden aikana nykytilanteessa. Lisäysmahdollisuudesta noin puolen on arvioitu olevan puuperäistä lisäystä, josta suurin osa on metsähaketta. Tässä selvityksessä on tarkennettu metsähakkeen käytön lisäysmahdollisuuksia metsäkeskuksittain, mikä paljastaa suuret erot metsähakkeen saatavuudessa eri osissa Suomea.

3. Arvioita energialiiketoimintamahdollisuuksista vuoteen 2020

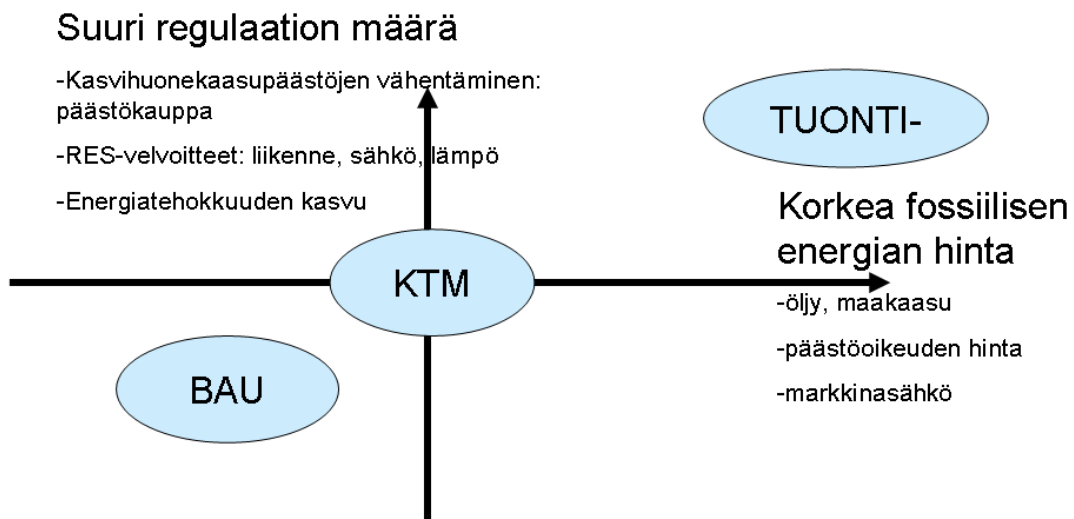
Energialiiketoiminnan laajuuteen vaikuttavat sekä käytettävien polttoaineiden määrä että valmistettavien energiatuotteiden valikoima ja niiden erilainen hintataso. Määriin ja hintatasoihin eli puuperäisen energian kilpailukykyyn vaikuttaa oleellisesti vaihtoehtoisten energialähteiden hinta, mutta myös ohjauskeinot, joilla uusiutuvan energian käyttöä pyritään lisäämään.

Tässä luvussa tarkastellaan ensiksi saatavilla olevan puuperäisen energian lisäämismahdollisuuksia, joista valtaosa on metsähaketta, ja sitten lasketaan, missä kohteissa metsähake käytettäisiin. Metsähakkeen tuotantomahdollisuudet riippuvat olennaisesti metsäteollisuuden tuotannon määrästä. Näiden tulosten pohjalta päästään arvioimaan liiketoiminnan laajuutta, työllisyysvaikutuksia sekä tarvittavia investointeja. Puun pienkäyttöä kiinteistöjen lämmityksessä ja lämpöyrittäjyyttä tarkastellaan omana kokonaisuutenaan.

Puupolttoaineista voidaan tuottaa eri kokoluokissa lämpöä, prosessihöyryä, vastapainesähköä, lauhdesähköä tai kiinteitä, kaasumaisia tai nestemäisiä polttoainelasteita. Pelletit ovat esimerkki kiinteistä jalosteista. Puhdistetuilla kaasutuskasuuilla voidaan korvata maakaasua tai polttoöljyä prosesseissa. Kehitystyö on käynnissä liikenteen biopolttoaineiden valmistamiseksi puuperäisistä raaka-aineista bioteknisillä ja termisillä prosesseilla sekä näiden yhdistelmillä (KTM 2006a). Tässä selvityksessä on käytetty termiseen kaasutukseen perustuvaa prosessia, jonka lopputuotteena on Fischer-Tropsch-dieseliä. Muita vaihtoehtoja ovat esimerkiksi mustalipeää raaka-aineenaan käyttävät prosessit ja etanolin tuotanto hakkeesta bioteknisin keinoin.

3.1 Tarkasteltavien skenaarioiden valinta

Skenaarioiden valinnan lähtökohtana ovat toisaalta ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tehtävät toimenpiteet ja toisaalta fossiilisen energian hintakehitys (kuva 14). BAU-skenaario kuvaa nykytilanteen jatkumista. KTM-skenaariossa sekä fossiilisen energian hinta että energia-alan sääätely uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi kasvavat nykyisestä. TUONTI-skenaario maksimoi bioenergian käytön, koska fossiilisen energian hinta nousee maailman markkinahinnan ja korkean päästöoikeuden hinnan takia ja koska samanaikaisesti uusiutuvan energian kilpailukyky parantuu käyttövelvoitteiden tai tukitoimenpiteiden ansiosta.



Kuva 14. Skenaarioiden sijoittuminen toimintaympäristön muutoksissa.

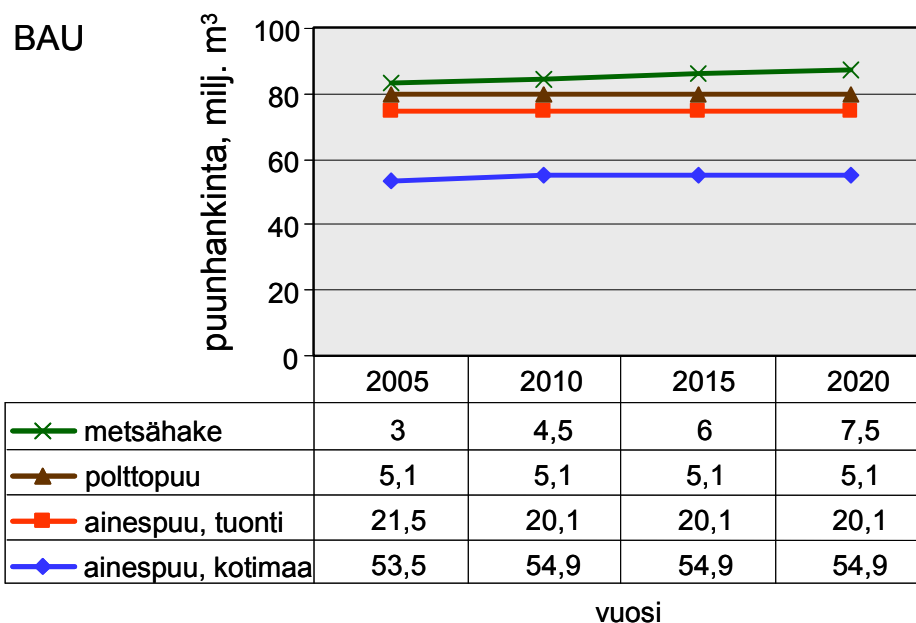
KTM-skenaariota leimaa metsäteollisuuden erittäin suuri tuotannon kasvu, lukuun ottamatta sahausta. BAU-skenaariossa bioenergian käytön lisäys on muihin skenaarioihin verrattuna oleellisesti hitaampaa maltillisten uusiutuvan energian ohjauskeinojen ja fossiilisen energian hinnan nousun takia.

3.2 Puunhankinta eri skenaarioissa

Puun hankinnan näkökulmasta skenaarioihin liittyvät lähtöoletukset on valittu seuraavasti: BAU edustaa nykytilanteen jatkumista, KTM edustaa kauppaja- ja teollisuusministeriön vuonna 2005 esittämän ”Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia” -selonteon mukaista kehitystä (KTM 2005) ja TUONTI edustaa voimakasta tuontipuun vähenemistä ja hankinnan painopisteen kohdistumista kotimaahan.

3.2.1 BAU-skenaario

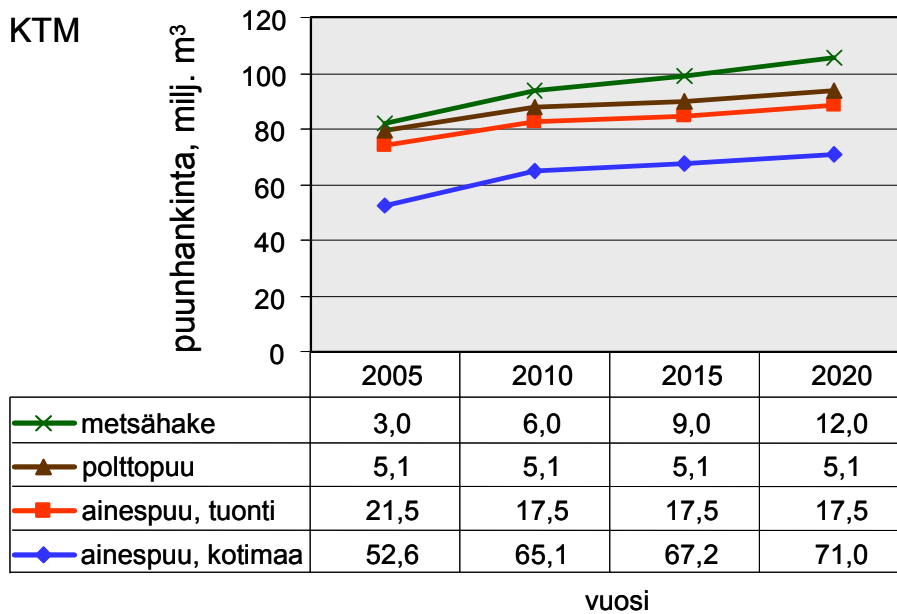
Perusskenaariossa puunhankinnan oletetaan pysyvän koko tarkastelukauden ajan vuosien 2001–2005 keskiarvon tasolla (kuva 15). Vuosi 2005 poikkesi tästä suuren puuntuonnin (21,5 milj. m³) ja alhaisemman kotimaan puunhankinnan (53,5 milj. m³) vuoksi. Kotimaan alhaisia hakkuita selitti osaltaan paperiteollisuuden työtaistelu. Metsähakkeen määrä kasvaa tasaisesti vuoteen 2020 asti. Perinteisen polttopuun kokonaiskulutus ei muutu, mutta polttopuun hankinta muuttuu kotitarvehankinnasta yrittäjävetoiseksi. Mekaanisen ja puumassateollisuuden tuotantomäärien suhteet eivät muutu.



Kuva 15. Puunhankinnan kehitys BAU-skenaariossa.

3.2.2 KTM-skenaario

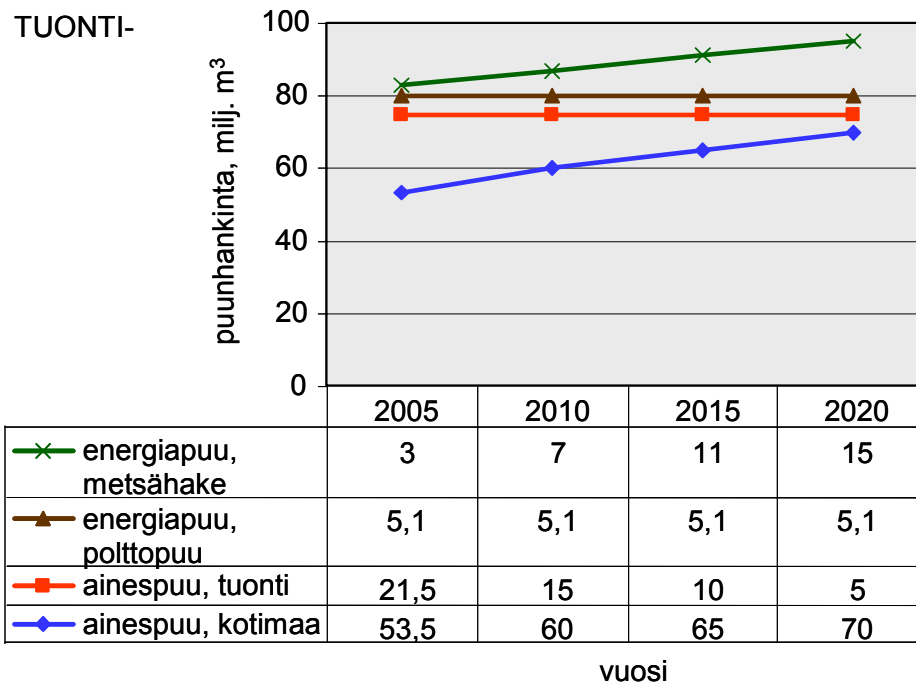
KTM-skenaario perustuu ”Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia” -selontekoon ja siinä esitettyihin metsäteollisuuden tuotantomääriin, jotka on muutettu puunhankintaluvuiksi (KTM 2006b). Puutavaran tuonnin oletetaan tässäkin skenaariossa pysyvän vuosien 2001–2005 keskimääräisellä tasolla (kuva 16). Metsäteollisuuden ainespuun käytön kasvu otetaan kotimaan puumarkkinoilta. Puumassateollisuuden puunkäyttö kasvaa voimakkaasti, ja mekaanisen puunjalostuksen puunkäyttö laskee erityisesti sahateollisuuden osalta. Sahateollisuuden tuotannon oletetaan laskevan 10 milj. m³:iin. Metsäenergian korjuu kehittyy suotuisasti, ja vuonna 2020 saavutetaan 12 milj. m³:n taso. Kokonaisuutena skenaario edustaa optimistista metsäsektorin kehitystä. Puunhankinnan kasvu kotimaassa kohdistuu erityisesti harvennusmetsiin, minkä seurauksena työvoimatarve puunkorjuussa kasvaa hankintamäärien kasvua voimakkaammin.



Kuva 16. Puunhankinnan kehitys KTM-skenaariossa.

3.2.3 TUONTI-skenaario

Kolmannessa skenaariossa puun tuonti vähenee noin miljoonan kuutiometrin vuosivauhdilla (kuva 17). Teollisuuden puunkäytön oletetaan pysyvän nykytasolla, ja metsäenergian hankinta kasvaa nopeasti energian hinnan nousun ja päästörajoitusten vuoksi saavuttaen korjuukelpoisen maksimimäärän kauden lopulla. Tuontipuu korvataan lisääntyvällä hankinnalla kotimaasta, mikä nostaa puunkorjuun 70 milj. m³:iin kauden lopulla. Lisääntyvä hankinta kohdistuu erityisesti harvennusmetsiin, mikä nostaa hankintakustannuksia erityisesti hakkuun osalta. Puunkorjuun työllistävyys kasvaa nopeasti, mutta sekä puun saatavuus että korjuu- ja kuljetusyrittäjien saaminen alalle ovat pullonkauloja.



Kuva 17. Puunhankinnan kehitys TUONTI-skenaariossa.

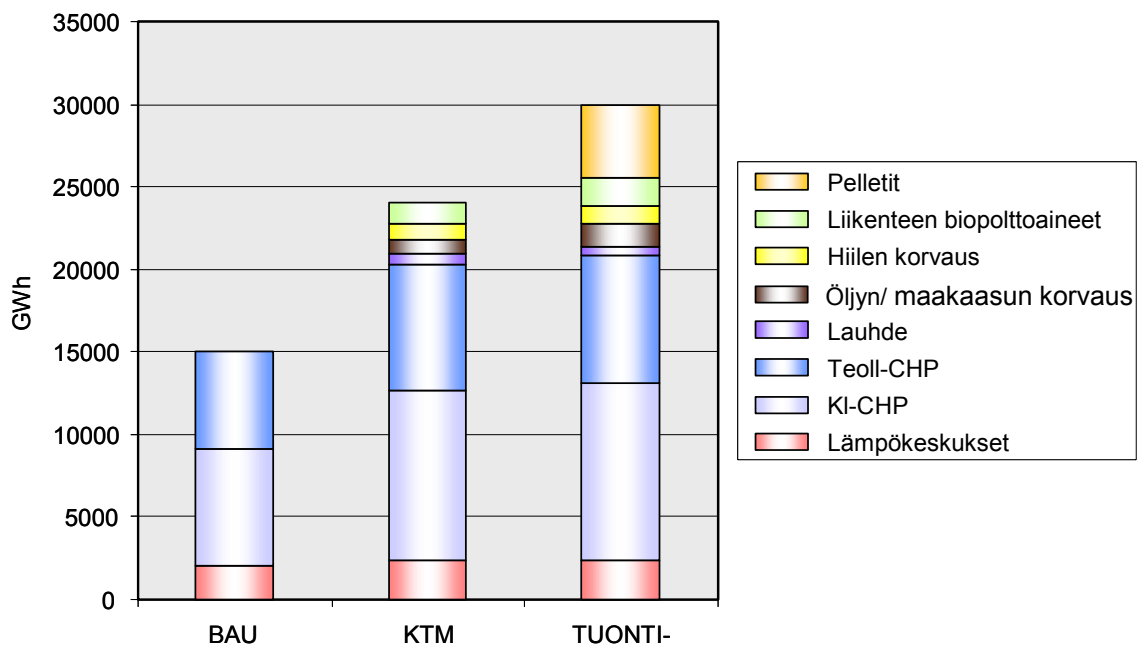
3.3 Puun energiakäyttö tarkastelluissa skenaarioissa

Työssä on hyödynnetty VTT:n tietokantoja energian tuotantolaitoksista ja energiaa käyttävistä teollisuuslaitoksista. Energian tuotantolaitosten tietokannassa on yksityiskohtaiset tiedot noin 250 laitoksesta, jotka käyttävät biopolttoaineita tai joiden olisi kohdulla mahdollista investoida biopolttoaineiden käyttöön. Tiedot sisältävät laitoksen tehon, hyötysuhteen, tekniikan, rakennus- ja peruskorjausvuodet, käytettyjen polttoaineiden ja tuotetun energian määrät usealta viime vuodelta sekä arvion tulevasta energian tarpeesta ja vuotuisesta käyttöiästä. Tietokannassa on tiedot suunnitelluista ja rakenteilla olevista laitoksista, samoin arviot siitä, milloin laitos ikääntyy ja poistuu käytöstä. Muusta laitoksesta (yhteensä 2 000 kappaletta) on käytössä hieman vähemmän yksityiskohtaisia tietoja, tai ne ovat eri sektoreiden summatietoja.

Kustakin energian tuotantovaihtoehdosta on käytössä suoritusarvo- ja kustannustiedot, joiden avulla voidaan laskea vaihtoehtojen kilpailukyky, kun esimerkiksi uusiutuvien ja fossiilisten polttoaineiden ja päästöoikeuden hinta muuttuu tai kun kilpailukykyyn vaikutetaan tuilla, veroilla tai velvoitteilla. Uusien energiateknologioiden kaupallistumisen aikatauluista käytetään tietoja, jotka on koottu VTT:n kansallisissa ja kansainvälisissä kehittämishankkeissa.

Paperi- ja sellutehtaiden sekä mekaanisen metsäteollisuuden suurimmista tuotantolaitoksista on käytössä tehdaskohtaiset tiedot tuotantokoneistosta, sen suoritusarvoista ja iästä.

Skenaariot eroavat toisistaan sekä metsäteollisuuden tuotannon tason että rakenteen suhteen. Ensimmäiseksi tarkastellaan, miten metsähakkeen lisääntynyt käyttö jakautuu keskitetyn energian tuotannon eri sektoreille (kuva 18). Keskitettyyn energian tuotantoon kuuluu kauko- ja prosessilämmön tuotanto lämpökeskuksissa, yhdistetty sähkön ja lämmön (CHP) tuotanto sekä sähkön tuotanto lauhdelaitoksissa. Erillisinä käyttökohteina tarkastellaan liikenteen biopolttoaineiden ja pellettien valmistusta, maakaasun tai polttoöljyn korvaamista teollisuuden prosesseissa, kuten meesauuneissa, sekä puuta käyttävien kaasuttimien kytkentä hiililaitoksiin.

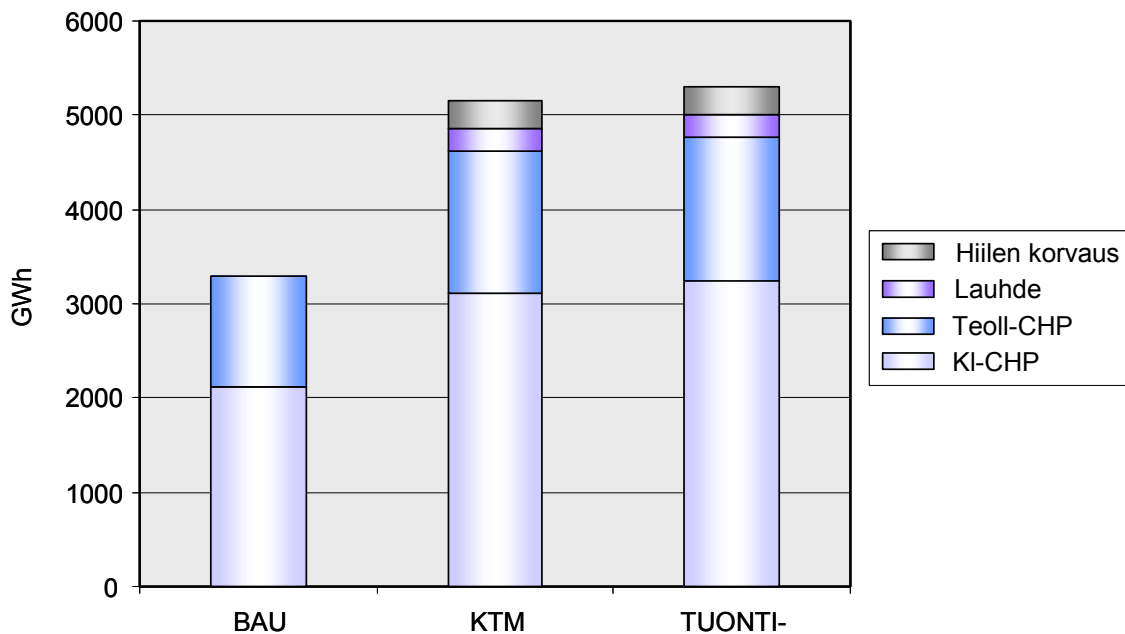


Kuva 18. Metsähakkeen käyttö eri sektoreille eri skenaarioissa vuonna 2020.

Metsähakkeen käyttö on ohjattu laskelmissa eri käyttökohteisiin käyttäen metsähakkeen metsäkeskuskohdaista saatavuutta ja lämpö- ja voimalaitoskohtaisia tietoja. Metsähakkeen saatavuus ja käyttö eivät ole läheskään tasapainossa. BAU-skenaariossa metsähakkeen tuotannolle löytyy kaikkialla maassa käyttökohteita yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa ja lämpökeskuksissa, joissa maksukyky metsähakkeesta on arvioitu korkeimmaksi. KTM- ja TUONTI-skenaarioissa metsähaketta on tarjolla osassa maata edellä mainittujen kilpailukykyisimpien käyttökohteiden lisäksi muuhun käyttöön. Maksukyky on arvioitu toiseksi korkeimmaksi turvelauhdelaitoksissa, öljyn ja maakaasun korvaamisessa teollisuudessa ja hiilen korvaamisessa yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa. Myös liikenteen biopolttoaineiden tuotannon puuperäisistä biomassista on arvioitu käynnistyvän vuoteen 2020 mennessä. TUONTI-skenaariossa

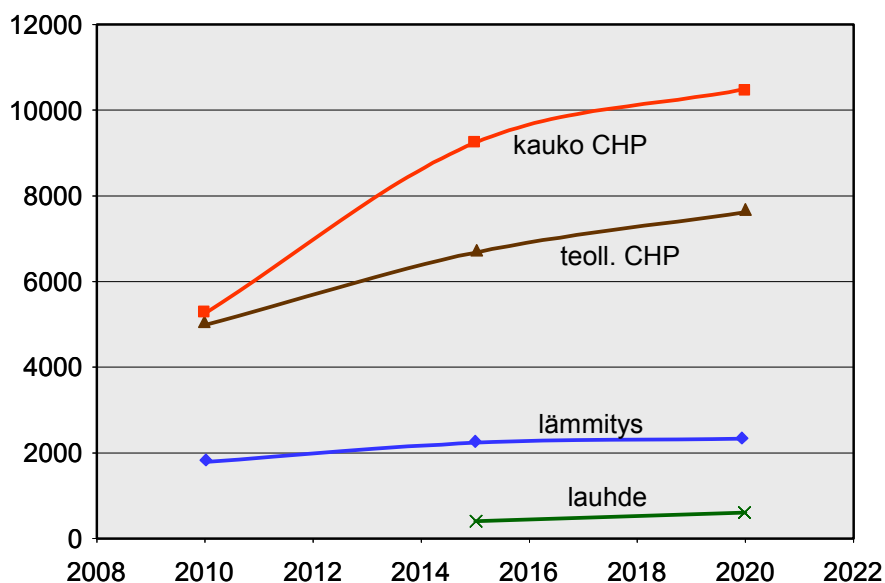
metsähaketta oli runsaasti etenkin Etelä- ja Pohjois-Savossa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa, missä edellä mainittujen käyttökohteiden lisäksi metsähaketta arvioidaan käytettävän myös pelletin tuotantoon. Metsähakkeen käyttö TUONTI-skenaariossa vastaisi yli 10 %:n osuutta Suomen polttoaineiden käytöstä.

Sähkön tuotanto metsähakkeesta eri skenaarioissa vuonna 2020 vaihteli 3,3 TWh:sta 5,3 TWh:iin eli enimmällään noin 5 % sähkön kokonaistarpeesta (kuva 19).



Kuva 19. Sähkön tuotanto metsähakkeesta eri skenaarioissa vuonna 2020.

Esimerkkinä metsähakkeen käytön ajallisesta lisäyksestä vuoteen 2020 on kuva 20, jossa on käytön lisäys lämmityksessä, CHP-tuotannossa ja lauhteen tuotannossa TUONTI-skenaariossa. Kaukolämpösektorille on arvioitu nopea ja merkittävä käytön lisäys vuoteen 2015 mennessä, koska useita CHP-laitoksia on arvioitu rakennettavan korvaamaan ikääntyviä yksiköitä. Metsäteollisuuden CHP-laitoksissa käytön lisäys arvioitiin tasaisemmaksi.



Kuva 20. Metsähakkeen käytön lisäys lämpökeskuksissa, yhdyskuntien ja teollisuuden CHP-laitoksissa sekä lauhdetuotannossa vuoteen 2020 TUONTI-skenaariossa.

3.4 Energialiiketoiminta tarkastelluissa skenaarioissa

Kaikissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa metsähakkeen käyttö kasvaa merkittävästi eli 9–24 TWh vuoteen 2020 mennessä, ja puupolttoaineen arvo uusiutuvana energialähteenä tulee kasvamaan. Puupolttoaineista jalostetaan entistä suurempi osa aiempaa arvokkaammiksi energiatuotteiksi, kuten sähköksi ja polttoainejalosteiksi. On kuitenkin huomattava, että puupolttoaineiden osuus kokonaisenergian käytöstä kasvaa vain muutamia prosenttiyksiköitä, koska energian käyttö näyttää edelleen nousevan vuoteen 2020 mennessä, jos teollisuustuotanto säilyy vähintäänkin nykyisellään.

Energialiiketoiminnan volyymia on arvioitu käyttäen eri energiatuotteille oheisen taulukon 2 mukaisia keskimääräisiä hintoja. Lämmön hinta on arvioitu erikseen kaukolämmölle, kiinteistöjen lämmitykselle ja prosessihöyrylle sekä nykytilanteessa että vuonna 2020 TUONTI-skenaariossa, jossa se on korkeimmillaan. Lämmön hinnan laskennan perusteena ovat olleet korvattavan energialähteen kustannukset. Lämmön, sähkön ja polttoainejalosteiden hinta sisältää sekä muuttuvat että kiinteät kustannukset, joista merkittävimmät ovat polttoaine- ja pääomakustannukset. Polttoaineiden keskimääräiset hinnat ovat saatavilla esimerkiksi kauppa- ja teollisuusministeriön neljännesvuosittain ilmestyvästä Energiakatsauksesta.

Eri energiatuotteiden hinnan avulla laskettu maksukyky puupolttoaineesta vaihtelee merkittävästi, ja se on korkeimmillaan pienissä käyttökohteissa, jotka vaativat hyvää laatua. Suurkäyttökohteissa maksukyky puupolttoaineesta on alimmillaan, mutta vaati-

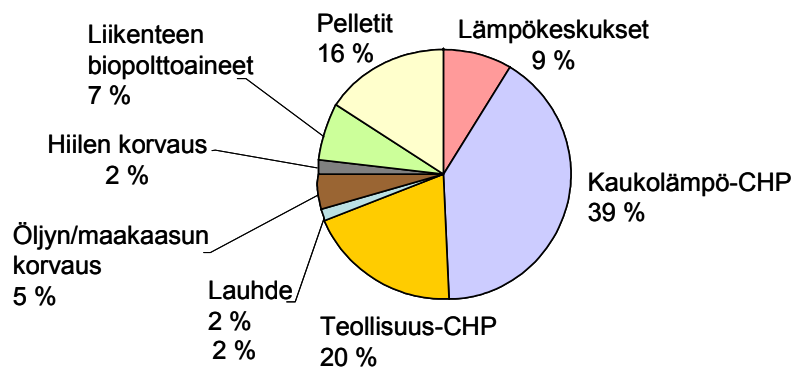
muksia polttoaineen laadulle on vähiten. Taulukossa 2 on keskimääräiset polttoainete-hoa kohti ilmoitetut ominaisinvestoinnit, jotka liittyvät metsähakkeen käyttöönnottoon.

Taulukko 2. Keskimääräisiä puusta tuotetun energian hintoja nykytilanteessa ja TUONTI-skenaariossa vuonna 2020 sekä maksukyky puusta TUONTI-skenaariossa vuonna 2020. Kaikki hinnat ilman arvonlisäveroa.

	Nykytilanne €/MWh	TUONTI- 2020 €/MWh	Maksukyky puupoltto- aineesta 2020 €/MWh	Korvattava energiälähde	Investointi- tarve, €/kW (poltto- ainetta)
Lämpö					
– kaukolämpö	40	60	25	Hiili	300
– erilliset kiinteistöt	50	80	60	Sähkö,öljy	1 000
– prosessit	25	40	25	Hiili	300
Sähkö (CHP)	35	50	25	Hiili	500
Polttoainejalosteet					
– pelletit	30	50	30	Sähkö, öljy	100
– liikenteen biopoltto- aineet	60	80	20	Öljy	1 000

Metsähakkeen käytön lisääntymisen aiheuttama polttoaineliiketoiminnan lisäys vuoteen 2020 mennessä voisi olla jopa 360 milj. euroa, kun käyttö kasvaa TUONTI-skenaarion mukaisesti 24 TWh ja keskimääräiseksi hinnaksi on arvioitu 30 euroa/MWh. BAU-skenaariossa liiketoiminnan lisäys on vain 67,5 milj. euroa, kun lisäys on 9 TWh ja hakkeen keskihinta on 15 euroa/MWh.

Metsähakkeen käytön lisäyksen aiheuttamaksi energiatuotteiden arvon lisäykseksi TUONTI-skenaariossa saatiin 1 560 milj. euroa vuonna 2020, kun käytettiin taulukon 2 mukaisia energiatuotteiden hintoja. Liiketoiminnan volyymin lisäyksestä suurin osa on yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa (kuva 21).



Kuva 21. Energiatuotteiden arvon lisäys sektoreittain suuri käytössä vuoteen 2020 TUONTI-skenaariossa.

3.5 Metsäenergian kannattavuus metsänomistajalle

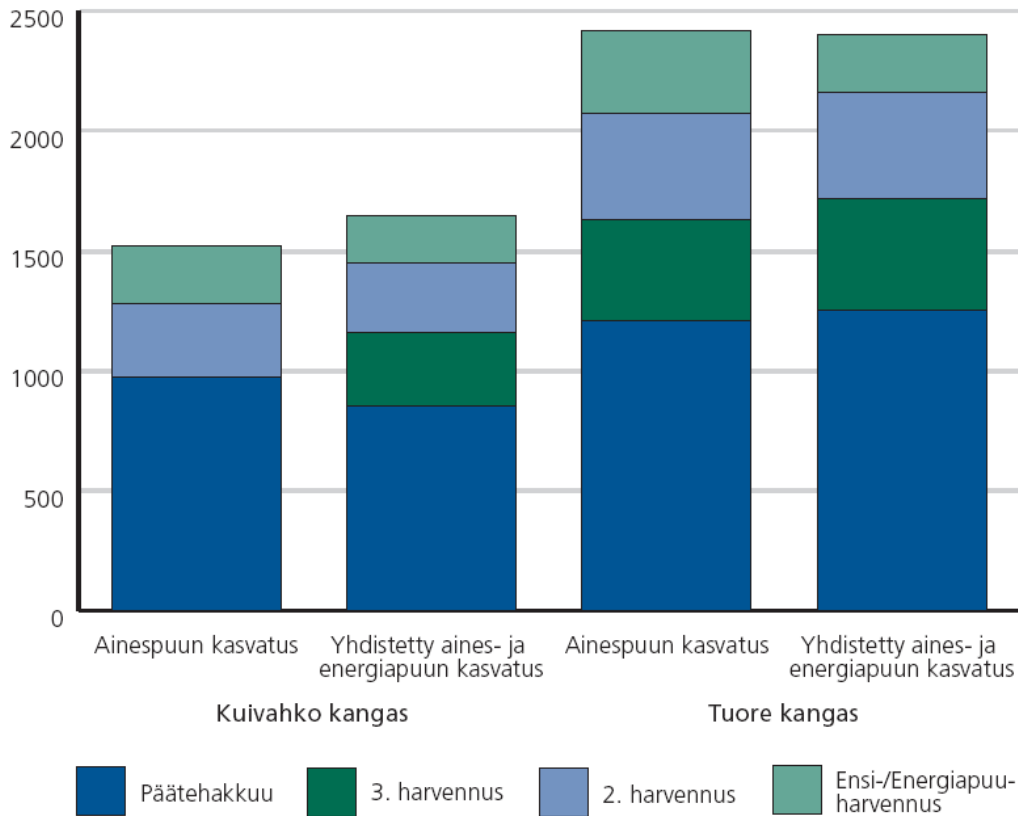
Pienpuuhakkeen saatavuus energiamarkkinoille voidaan turvata toimintamallilla, jossa energiapuuharvennus on suunnitelmallinen osa metsänkasvatusketjua. Aines- ja energiapuun yhdistetyssä kasvatuksessa taimikonharvennusta ei laiminlyödä, vaan siinä jätetään 3 000–4 000 puuta/ha, joista mahdollisimman suuri osa on havupuita. Energiapuuharvennus tehdään noin kymmenen metrin valtapituudessa. Tällöin poistetaan huonolaatuiset puut, säädetään puulajisuhteet jatkokasvatuksen kannalta edullisiksi ja jätetään kasvamaan 1 000–1 400 hyvälaatuisia metsikön pää- ja lisävaltapuuta. (Heikkilä ym. 2006.)

Yhdistetty kasvatusta pidentää kiertoaikaa muutamalla vuodella verrattuna perinteiseen ainespuun kasvatusketjuun. Metsäntutkimuslaitoksen Motti-simulaattorilla ennustettu kiertoajan puuntuotos yhdistetyssä kasvatuksessa on hieman suurempi kuin perinteisessä, pelkästään ainespuun tuotantoon tähtäävässä kasvatusketjussa. Metsänomistajan tulot kiertoaikana riippuvat puutavaralajien hintasuhteista, toimenpiteiden ajoituksesta ja käytettävästä korkokannasta. Männiköissä yhdistetyn kasvatuksen kannattavuus metsänomistajalle on ainespuun kasvatuksen tasolla 3–5 euroa/m³ kantohinnalla (kuva 22). Kuusikossa kuitupuun korkea kantohinta heikentää yhdistetyn kasvatuksen suhteellista kannattavuutta, jota voidaan puolestaan parantaa aines- ja energiapuun integroidulla korjuulla. (Heikkilä ym. 2006.)

Metsänomistajan kannalta metsäenergian talteenotto tarjoaa vaihtoehdon perinteiselle ainespuun tuottamiselle ja tuo kannattavaa lisäkysyntää erityisesti nuorten kasvatusmänniköiden puulle. Perinteisen puukaupan osalta vaikutukset metsälön kokonaiskannattavuuteen ovat vähäisiä.

Päättehakkuiden osalta vaikutukset nettotuloihin tulevat lähinnä alenevien maanmuokaus- ja metsänuudistamiskustannusten kautta.

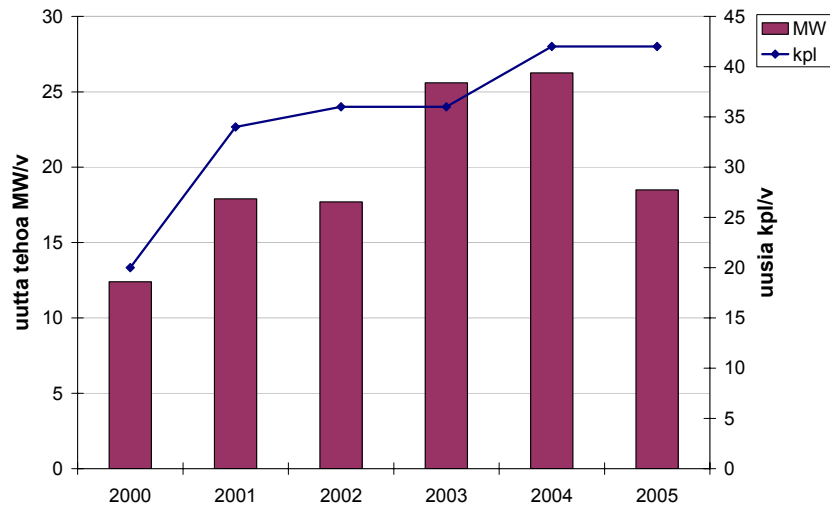
Nettotulojen nykyarvo, €/ha



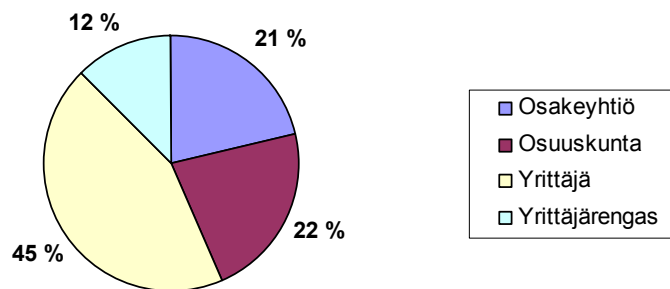
Kuva 22. Kantorahatulojen nettonykyarvo männiköissä ainespuun ja yhdistetyn aines- ja energiapuun kasvatuksessa, kun energiajakeen kantohinta on 5 euroa/m³.

3.6 Lämpöyrittäjäyys

Hakelämmitykseen perustuvan lämpöyrittäjäyden voidaan katsoa alkaneen Suomessa vuonna 1992 kyläkoulujen lämmityksellä. Lämpöyrittäjien määrä sekä laitosten kattilateho ovat kasvaneet tasaisesti viimeisten reilun kymmenen vuoden aikana, ja tällä hetkellä Suomessa on hieman yli 330 lämpöyrittäjien hoitamaa lämpölaitosta (kuva 23). Lämpöyrittäjien omistamiin tai hoitamiin lämpölaitoksiin on investoitu erityisesti 2000-luvun aikana, jolloin toimintansa on aloittanut yli 70 % tällä hetkellä käytössä olevista hake- tai pellettilämpölaitoksista. Yrittäjiä lämpöliiketoiminnassa on tällä hetkellä noin 150, ja määrän uskotaan vielä kasvavan jonkin verran (kuva 24). Valtaosa laitoksista on kunnan omistamia, ja niillä lämmitetään usein kunnan kiinteistöjä, kuten kouluja, kunnanvirastoja, liikuntatiloja tai terveyskeskuksia. Kunnan omistamien laitosten rinnalle on viime vuosina syntynyt entistä enemmän myös laitoksia, jotka lämmittävät joko pelkästään tai kunnan kiinteistöjen ohella yksityisten lämpöasiakkaiden kiinteistöjä. Yksityiset asiakkaat ovat yleensä maatiloja, erilaisia yhteisöjä tai esimerkiksi metallialan yrityksiä, joilla on isoja tehdashalleja lämmitettävänä.



Kuva 23. Lämpöyrittäjöpohjaisten lämpölaitosten määrän ja kokonaistehon kehitys Suomessa vuosina 2000–2005 (Alanen 2007).



Kuva 24. Lämpöyrittäjöpohjaisten hakelämpölaitosten toimintamallit vuonna 2006 (Alanen 2007).

Laitosten keskimääräinen kiinteän polttoaineen kattilateho on noussut vuosien kuluessa, ja vuonna 2005 se oli noin 500 kW. Pienimmät laitokset ovat muutaman kymmenen kilowatin tehoisia, ja suurimmat ovat teholtaan 2 500 kW. Ylivoimaisesti eniten lämpöyrittäjöpohjaisia lämpölaitoksia on Etelä-Pohjanmaan alueella, jossa laitosinvestointeja on edesauttanut esimerkiksi paikallisten puuenergianeuvojien ja metsäkeskusten aktiivisuus. Muualla maassa lämpöyrittäjöpohjaisia lämpölaitoksia on melko tasaisesti lukuun ottamatta Kainuun, Lapin ja Ahvenanmaan maakunnan alueita. Näillä alueilla lämpöyrittäjäyys on vielä melko vähäistä esimerkiksi raaka-aineen hankintavaikeuksien ja pienen lämpökuorman takia.

Polttoaineen kulutus on ollut suurin piirtein 510 000 i-m³ metsähaketta, ja sillä on tuotettu energiaa 350 000 MWh vuodessa, mikä vastaa noin 14 000 keskikokoisen omakotitalon lämmitysenergian tarvetta vuodessa. Suurin osa käytetystä polttoaineesta on ollut nuoren metsän hoitokohteiden kokopuuhaketta, mutta joukossa on myös hakkuutähdehaketta, pellettiä, brikettiä ja turvetta.

Lämpöyrittämisen liiketoimintaedellytykset eri skenaarioissa

Lämpöyrittäjätoiminta ja siihen liittyvä raaka-aineen hankinta erityisesti nuorista kasvatusemetsistä ovat lisääntyneet huomattavasti 2000-luvun aikana, ja toiminta kehittyi jatkossakin suotuisasti BAU-skenaarion olosuhteissa. Nuoriin metsiin kohdistuvat tuet takaavat korkealaatuisen polttoaineen saannin kilpailukykyisellä hinnalla.

Hakelämpölaitoksilla lämmitettävät kohteet tulevat kuitenkin olemaan entistä useammin muita kuin kuntien tai kaupunkien kiinteistöjä. Tämä johtuu siitä, että kaikkein potentiaalisimmat kuntakohteet ovat jo pitkälti hakelämmön piirissä tai niitä ei kannata jostakin syystä muuttaa hakelämmöllä lämmitettäväksi. Tämä muodostaa suuren haasteen raaka-aineen hankinnalle erityisesti KTM-skenaarion maailmassa. Kohteiden koon voidaan ennakoida pienenevän, jolloin vaatimukset polttoaineen laadulle kasvavat. KTM-skenaariossa raakapuun teollisuuskäytön paineet kohdistuvat juuri nuoriin metsiin, jolloin hyvälaatuisen hakeraaka-aineen kysyntä ja hinta nousevat. Kun fossiilisten polttoaineiden hinta ei nouse voimakkaasti, joutuvat lämpöyrittäjät siirtymään palaturpeen käyttöön kohteissa, joissa se on teknisesti mahdollista. Pelletit olisivat hyvä raaka-ainelähde, mutta suureksi ongelmaksi muodostuu se, että sahanpurun tuotanto KTM-skenaarion mukaisessa maailmassa vähenee sahateollisuuden tuotannon laskiessa.

TUONTI-skenaarion mukainen maailma parantaa metsäenergialla tuotetun lämmön kilpailukykyä tuontipolttoaineiden korkeiden hintojen vuoksi. Vaikka kuitupuun käyttö kasvaa voimakkaasti ja heikentää pienpuuhakkeen saatavuutta, kasvava sahaus parantaa kiinteiden sivutuotteiden saatavuutta polttoaineeksi. Siksi TUONTI-skenaariossa lämpöyrittäjien raaka-ainepohja siirtyy teollisuuden sivutuotteiden suuntaan. Palaturve voi nousta erittäin halutuksi polttoaineeksi, jos pienet kohteet pysyvät edelleen päästökaupan ulkopuolella.

Lämpöyrittämisen toimintaedellytykset vaikuttavat skenaarioista riippumatta hyviltä, vaikka sekä raaka-ainepohja että lopputuotteen kilpailukyky vaihtelevat paljon eri skenaarioissa. BAU-skenaariossa metsätalouden rahoituslain mukaiset tuet raaka-aineen hankinnalle toimivat tehokkaasti. Muissa skenaarioissa MMM:n tukien teho heikkenee merkittävästi, jolloin investointeihin suunnattava energiatuki nousee keskeiseen asemaan. Energiatukea hallinnoi kauppa- ja teollisuusministeriö, ja sitä on mahdollista hakea uusiutuvan energian tuotantoon ja käyttöön liittyviin investointeihin. Tuen määrä on vaihdellut 15–20 % välillä, ja sitä ovat voineet hakea yritykset ja yhteisöt. KTM- ja TUONTI-skenaarioissa tämän tuen rooli korostuu, ja sen avulla puuhun perustuva energiantuotanto voidaan pitää kilpailukykyisenä.

Joensuun ammattikorkeakoulun selvityksen tietojen perusteella koko maassa voitaisiin lisätä metsähakkeen käyttöä lämpöyrittäjyyteen sopivissa kohteissa tasolle 347 000 m³

vuoteen 2020 mennessä. Lisäys merkitsisi lämpöyrittäjäkohteissa lähes 60 %:n lisäystä nykyiseen käyttömäärään. Mikäli suunnitelmat toteutuisivat, olisi metsähakkeen käyttö lämpöyrittäjäkohteissa vuonna 2020 noin 550 000 m³ vuodessa.

Pellettialan kannalta lämpöliiketoiminta ja esitetyt arviot käyttömäärien osalta merkitsivät merkittävää kasvua nykytilanteesta. Pelletin käyttö on Vapo Oy:n tietojen mukaan ollut vuonna 2006 Suomessa 100 000 tonnia ja tuotanto hieman yli 300 000 tonnia. Selvityksessä esitettyjen laskelmien mukaan pellettien käyttö olisi vuoteen 2020 mennessä uusissa lämpöyrittäjäkohteissa 210 000 tonnia vuodessa. Käytännössä näin suuri käyttömäärän lisäys merkitsisi joko uuden tuotantokapasiteetin rakentamista Suomeen tai pelletin tuonnin aloittamista maahan esimerkiksi Venäjältä.

Lämpöyrittäjäkohteiden polttoaineiden käyttö (700 GWh metsähaketta ja 1 000 GWh pellettejä) vuoteen 2020 jakautuisi seuraaviin kohteisiin:

- kunnalliset rakennukset: 600 GWh, josta metsähaketta 400 GWh ja pellettejä 200 GWh
- teollisuusrakennukset: 820 GWh, josta metsähaketta 270 GWh ja pellettejä 550 GWh
- suuret asuinrakennukset: metsähaketta 28 GWh ja pellettejä 280 GWh.

Metsähakkeen tuotannon suorien työllisyysvaikutuksien arvioitiin olevan luokkaa 1 000 henkilövuotta, jossa lisäystä nykytilanteeseen olisi noin 60 %. Suorien työllistämismahdollisuuksien lisäksi käytön lisäys mahdollistaa merkittävät epäsuorat työllistämismahdollisuudet esimerkiksi palvelu- ja laitetuotantopuolella.

3.7 Pilkkeiden tuotanto

Polttopuuta käytetään Suomessa vuosittain noin kuusi miljoonaa kiintokuutiota. Ostetun polttopuun määrä on noin miljoona kiintokuutiota, josta halkoja on noin kolmasosa ja pilkkeitä reilu neljäsosa. Asiakkaalle toimitetun polttopuun myynnin arvo, pilkkeiden lisäksi halot ja rangat mukaan lukien, on nykyisin yli 60 miljoonaa euroa vuodessa.

Työtehoseura ry:n tietojen mukaan vuonna 2001 Suomessa oli noin 2 000 pilkekauppiaita, joiden vuotuinen myyntimäärä oli keskimäärin 151 m³. Noin puolet myi pilkettä enintään 50 m³ vuodessa. Päätoimisia polttopuukauppiaita oli tuolloin 17 %. Koivupilke on ostajien keskuudessa arvostetuinta. Havupilke ja sekapuupilke ovat koivuun verrattuna energiasisältönsä nähden edullisempia. Keskimääräinen koivupilkkeen arvonalisäverollinen hinta kauppiaan varastosta noudettuna vuonna 2001 oli 77,8 euroa/m³. Nykyinen hinta on noin 100 euroa/m³.

Polttopuun kaupan arvioidaan nousevan merkittävästi vuoteen 2020 mennessä, vaikka polttopuun käytön arvioidaan pysyvän ennallaan, kun omatoimisen polttopuun hankinnan osuuden arvioidaan vähenevän. Päätoimisten pilketoimittajien ja pilkeyritysten määrän arvioidaan kasvavan.

3.8 Energialiiketoiminnan työllisyysvaikutukset

3.8.1 Työvoiman ja korjuukaluston tarve

Puunkorjuun ja kaukokuljetuksen työvoima on pysytellyt pitkään n. 8 000 henkilön tasolla (Metsätilastollinen vuosikirja 2006). Työn tuottavuuden nousun myötä ainespuun korjuusta vähentyneet työpaikat on korvannut kasvava metsäenergian korjuu. Ilman metsäenergian talteenottoa työntekijämäärä olisi laskenut alle 7 000 henkilön.

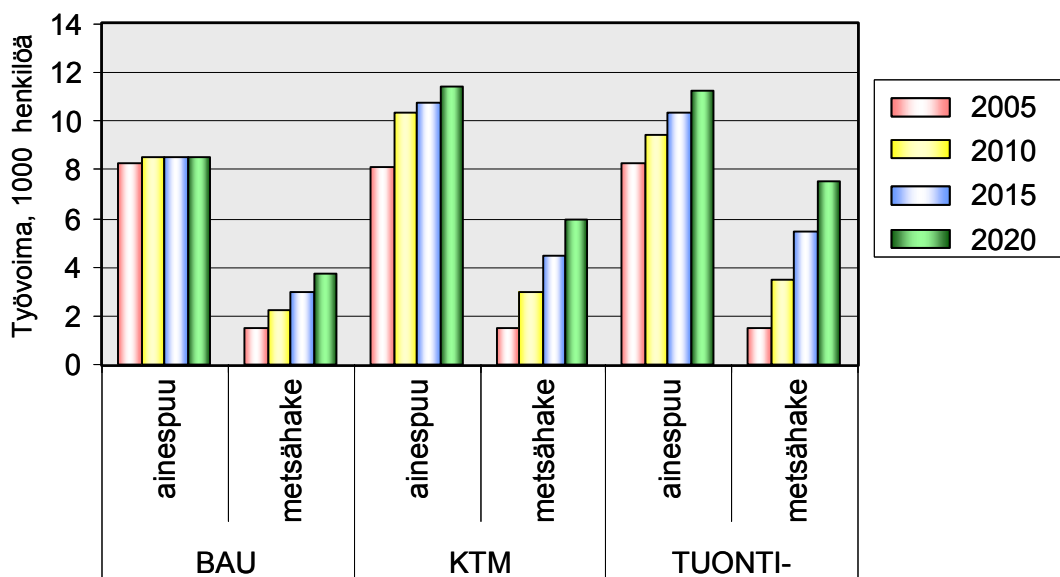
Perusskenaariossa (BAU) ainespuun korjuun ja kuljetuksen työpaikat pysyvät noin 8 000 henkilön tasolla ja metsäenergian korjuun työpaikat lisääntyvät hieman yli 2 000 työpaikalla vuoteen 2020 mennessä (kuva 25). Ainespuun korjuun työpanos ei vähene, sillä työn tuottavuuden kasvavan vaikutuksen kompensoi hakkuiden siirtyminen harvennuksiin. Tämän skenaarion arviot ovat lähimpänä Pöyryn julkaisemaa raporttia, jossa työvoiman kysynnän arvioitiin nousevan 10 620 henkilötyövuoteen vuonna 2020 (Pöyry 2006). Kuitenkin tässä työssä esitetyt luvut ovat laskentakauden lopussa 1 500:aa henkilötyövuotta suurempia.

KTM-skenaariossa ainespuun korjuun ja kuljetuksen työllistävyys kasvaa rajusti. Tämä johtuu erityisesti kuiduttavan teollisuuden kasvavasta raaka-ainetarpeesta, jonka arvioidaan kohdistuvan suurelta osin kotimaahan. Samalla metsähakkeen käyttö kasvaa voimakkaasti ja nostaa metsäenergian hankinnan työvoimatarpeen 6 000 henkilöön tarkastelukauden lopussa.

TUONTI-skenaariossa vähenevä puun tuonti korvataan kotimaan hankinnalla ja myös metsäbiomassan käyttö nousee rajuisimmin voimakkaan politiikkasäätelyn sekä korkeiden tuontipolttoaineiden hintojen vuoksi. Ainespuun hankinnan työvoimatarve kasvaa samalla tavoin kuin KTM-skenaariossa. Kauden lopulla työvoimatarve olisi jo 17 000 työpaikkaa. Tämän skenaarion toteutumisen voivat käytännössä estää valtava työvoimatarve ja sitä kautta syntyvät ongelmat raaka-ainehuollossa ja edelleen metsäbiomassaan perustuvissa laitosinvestoinneissa.

Metsäteollisuus ry:n esittämissä laskelmissa on tutkittu vaihtoehtoa, jossa kotimaan puunhankinta kasvaa 10 milj. m³ vuoteen 2010 mennessä puun tuonnin vähenemisen seurauksena (Väkevä 2007). Puunkorjuuketjuja tarvittaisiin lisää 500 kappaletta ja nii-

hin kuljettajia 800. Lisäksi puutavara-autoja tarvittaisiin lisää 260 ja niihin kuljettajia 400. Tätä resurssitarvetta voivat vielä kasvattaa harvennushakkuiden osuuden kasvu, leimikkokoon pieneneminen, routakauden lyheneminen sekä kaukokuljetusmatkojen kasvu (Väkevä 2007). Nämä laskelmat asettuvat KTM- ja TUONTI-skenaarioiden välimaastoon. Joka tapauksessa resurssitarpeen pelätään kasvavan voimakkaasti jo yksin ainespuun hankinnassa. Kun tähän lisätään metsähakkeen lisääntyvä käyttö ja sen tuoma resurssitarvelisä, voidaan työvoimapulan ennakoida rajoittavan metsähakkeen hankintaa tulevaisuudessa.



Kuva 25. Ainespuun ja metsähakkeen hankinnan työvoimatarpeen kehittyminen eri skenaarioissa.

Työn tuottavuuden nousu ei kykene kompensoimaan heikkenevistä korjuuolosuhteista aiheutuvaa työvaikeuden kasvua. Lisääntyvä ainespuun hankinta ohjautuu suurelta osin harvennusleimikoihin. Hyödyntämättömät metsäenergiareservit ovat valtaosaltaan harvennusmetsissä, joissa korjuun työvoimatarve lähes kaksinkertaistuu, kun puut joudutaan ensin kaatamaan ja kasaamaan. Lisäksi kaukokuljetussuoritteiden voidaan ennakoida nousevan, vaikka uusimmalla teknologialla kuormakokoa voidaankin kasvattaa 1–3 tonnia.

Metsäenergian korjuussa resurssitarpeet kasvavat myös korjuu- ja kuljetuskaluston osalta. Metsissämme työskentelee nykyisin ainespuun korjuussa hakkuukoneita ja metsätraktoreita noin 1 600 kappaletta kumpiakin. Suoranaisessa metsäenergian korjuussa työskenteli vuonna 2005 reilut 100 kaatokasaus- tai yhdistelmäkonetta sekä laskennallisesti noin 100 metsätraktoria. Vuonna 2020 tarvittaisiin viisi kertaa enemmän hakkuu- ja metsäkuljetuskalustoa ja edelleen 500 hakkuria ja yli 200 kaivinkonetta kantojen nostossa (TUONTI-skenaario). Kun otetaan mukaan vielä kaukokuljetuskaluston tarpeen kasvu 600 täysperävaunuyhdistelmällä, puhutaan yli puolen miljardin euron korjuu- ja kuljetuskalustosta.

Resurssitarpeiden vuosivaihtelu näyttää muodostuvan suureksi päästöoikeuksien suurten hintavaihtelujen vuoksi. Kun CO₂-päästöoikeuden hinta on korkealla, siirtyy energiantuotanto käyttämään hiilidioksidivapaita puupolttoaineita. Vuonna 2007 romahtanut päästöoikeuden hinta taas suuntaa kysyntää turpeeseen, ja metsäenergiavarastot jäävät teiden varsille odottamaan päästöoikeuden hinnan nousua. Tämän vuoksi metsähakkeen korjuun vuoden 2006 ja 2007 kehityksen ennakoidaan seuraavan BAU-trendin mukaista kehitystä tai jäävän jopa sen alle. Vuonna 2008 metsähakkeen käyttö kasvaa, sillä päästökiintiöiden ennakoidaan pienenevän merkittävästi ja päästöoikeuksien hinnan nousevan. Suuri vaihtelu aiheuttaa vakavia ongelmia korjuuyritysten talouteen, ja lisäksi se heikentää toimitettavan hakkeen laatua, jos varastointiajat pitenevät kohtuuttomasti.

3.8.2 Yhteenveto työllisyysvaikutuksista

Lämpöyrittäjäyys ja pilkkeiden myynti tarjoavat metsähakkeen tuotannon ja kuljetuksen jälkeen suurimmat työllistämismahdollisuudet. Suuren kokoluokan energian tuotanto ja polttoainejalosteiden valmistus tarjoavat työtä selvästi edellisiä pienemmille henkilömäärille.

Uusien työtilaisuuksien lisäyksen vuoteen 2020 TUONTI-skenaariossa on arvioitu olevan enimmillään yli 7 000 henkilötyövuotta, joka jakautuu seuraavasti:

○ metsähakkeen tuotanto ja kuljetus	6 200
○ pilkekauppa	500
○ lämpöyrittäjäyys	400
○ sähkön ja lämmön suurtuotanto	150
○ polttoainejalosteiden valmistus	150

3.9 Tarvittavat investoinnit

Suurimmat investoinnit tarvitaan energian tuotantolaitoksiin, ja merkittävä investointitarve on myös metsähakkeen tuotanto-, käsittely- ja kuljetuskalustoon. Energian tuotannon osalta investoinnit ovat kokonaisinvestointeja, sillä rakennettavissa laitoksissa puupolttoaineet eivät toki ole ainoita polttoaineita. TUONTI-skenaarion investointitarpeet ovat yhteensä yli 2 500 miljoonaa euroa ilman kotitalouksien lämmitysjärjestelmäinvestointeja. TUONTI-skenaarion investointitarpeet jakautuvat seuraavasti:

– uudet CHP-laitokset	900
– CHP-saneeraukset	200
– lämpökeskukset	500
– polttoainejalosteiden valmistus	500
– metsähakkeen tuotanto	500

4. Pääskenaarioiden ulkopuolisia tulevaisuuskuvia

Kolmen pääskenaarion lisäksi tarkasteltiin erillisiä toimintaympäristön muutoksia, jotka ohjaisivat polttoaineen erityisesti johonkin käyttökohteeseen tai jotka voisivat muuttaa energialiiketoiminnan määrää tai rakennetta merkittävästi.

4.1 Puupolttoaineiden vienti

Jos maksukyky puupolttoaineesta olisi muissa maissa Suomea olennaisesti suurempi, voitaisiin viedä suuriakin määriä puupolttoaineita. Tämän skenaarion todennäköisyys on melko suuri, jos nykyiset politiikkatoimet säilyvät ennallaan EU-maissa. Erittäin monessa Itämeren maassa on käytössä syöttötariffijärjestelmät, joiden ansiosta puulla tuotetun sähkön arvo on tyypillisesti 60–100 euroa/MWh_e. Puupolttoaineesta voi syntyä lähivuosina kilpailua, koska laitoksia rakennetaan runsaasti. Kun voimalaitos on rakennettu, sen kannattaa maksaa jopa 30–40 euroa/MWh puupolttoaineesta, kun toisena vaihtoehtona on laitoksen seisottaminen. Suomessa metsähakkeella tuotetun sähkön tuki on ollut 6,9 euroa/MWh_e, ja lisäksi on tuettu metsähakkeen tuotantoa ja laitosinvestointeja. Niiden vaikutus maksukykyyn metsähakkeesta on tosin selvästi pienempi kuin muiden maiden syöttötariffijärjestelmien.

Myös voimantuottajille eräissä maissa asetetut velvoitteet lisätä uusiutuvan sähkön hankintaa voivat johtaa hyvään maksukykyyn hiiltä korvaavista puupelleteistä. Useissa maissa vaihtoehtoinen energialähde on merituulivoiman rakentaminen. Jos tuulisähkön kustannukset ovat 70 euroa/MWh_e, maksukyky puupelleteistä on korkeintaan 32 euroa/MWh.

Vuoteen 2020 mennessä edellä kuvatuissa tilanteissa

- pellettien vienti voisi nousta noin 10 TWh:iin, mikä on arvioitu puupolttoaineiden saatavuuden perusteella
- kuoren, metsähakkeen ja muiden jalostamattomien puupolttoaineiden vienti voisi nousta 5 TWh:iin rannikolta, josta kuljetuskustannukset ovat pienimmät
- liikenteen biopolttoaineiden vienti voisi olla jopa 100 % tuotannosta, koska kuljetuskustannukset ovat vain pieni osa tuotteen hinnasta.

Pellettien raaka-aineena olisivat sahauksesta saatavan purun lisäksi myös kuori ja metsähake. Suuret tuotantolaitokset olisi integroitava sahojen tai paperi- ja sellutehtaiden yhteyteen, jolloin raaka-aineen kuivauksessa voitaisiin hyödyntää jätelämpöjä ja lisätä CHP-sähkön tuotantomahdollisuuksia. Viennin volyymi olisi pellettien osalta 350 milj. euroa

ja muiden kiinteiden polttoaineiden osalta 100 milj. euroa. Kiinteiden puupolttoaineiden vientiä olisi mahdollista korvata osin turpeen käytön lisäämisellä, mutta jos näin ei tapahtuisi, sähkön tuotanto vähenisi jopa lähes 4 TWh ja Suomessa käytettyjen polttoaineiden kotimaisuusaste vähenisi 7 prosenttiyksikköä. Vastaavanlaiset vaikutukset kotimaisuusasteeseen voisi olla liikenteen puuperäisten biopolttonesteiden viennillä.

4.2 Liikenteen biopolttoaineiden laajamittainen valmistus

Jos liikenteen biopolttoaineille luodaan lainsäädännöllisesti suuret markkinat tai jos liikenteen puuperäisten biopolttoaineiden arvo on muusta syystä (hyvä energia- ja kasvihuonekaasutase, polttoaineen hyvä laatu pienentää muitakin päästöjä...) korkea, puupolttoaineiden jalostaminen liikenteen biopolttoaineiksi voi kasvaa kannattavaksi, laajamittaiseksi liiketoiminnaksi Suomessa.

Neste Oil ja Stora Enso ilmoittivat 16.3.2007, että niiden yhteisyrityksen tavoitteena on rakentaa vuonna 2008 käynnistyvä koetehdas Varkauteen liikenteen seuraavan sukupolven biodieselin valmistukseen ja tämän jälkeen mahdollisimman pian täyden mitan laitos. Pääraaka-aineena on metsähake, ja valmistusprosessin pääosat ovat terminen kaasutus, kaasun puhdistus ja Fischer-Tropsch-synteesi, jonka välituote jalostetaan edelleen ja jallaan öljynjalostamosta.

Vuoteen 2020 mennessä on arvioitu ehdittävän rakentaa neljä täysimittaista laitosta, joiden yhteinen tuotantokapasiteetti on 425 000 toe/vuodessa. Se vastaisi hieman yli 10 %:a Suomen liikenteen polttoaineiden käytöstä. Näiden laitosten lisäpolttoaineen tarve on 5,2 TWh, kun ne integroidaan optimaalisesti olemassa oleviin tuotantolaitoksiin. Tarvittava polttoainemäärä on mahdollinen. Parhaita sijaintipaikkoja olisivat Pohjois-Savo, Kainuu ja Pohjois-Karjala. Mahdollisia sijaintipaikkoja ovat myös alueet, joissa on saatavilla runsaasti turvetta, joka korvaa nykyistä sivutuotteiden energiakäyttöä tai jota käytetään polttonesteiden tuotantoon. Tuotantomäärä vastaisi 11 %:a Suomen liikenteen polttoaineiden käytöstä, ja se kaksinkertaistaisi tähän mennessä suunnitteilla ja rakenteilla olevan tuotantokapasiteetin (yksi ohraetanolitehdas, Neste Oilin kaksi biodieseltuotantoyksikköä, pieniä etanoli- ja biodiesellaitoksia eri puolella Suomea).

Vuoteen 2020 mennessä käyttöön otettavista neljästä laitoksesta osa voisi perustua muihin kehitteillä oleviin teknologioihin, joissa hyödynnetään esimerkiksi mustalipeää raaka-aineena. Vaihtoehtona on myös synteettisen maakaasun valmistus, jonka siirtämiseen käyttökohteisiin, kuten liikennekäyttöön, käytettäisiin maakaasuverkkoa.

EU-tasoinen 10 %:n käyttövelvoite vastaa 30 milj. toe, josta esitetyt neljä puupolttoainetta käyttävää tuotantolaitosta vastaisivat 1,4 %:a. Koko Euroopan teollisuuden puun

käyttö on 350 milj. kuutiometriä, joka kokonaan käytettynä liikenteen biopolttoaineiden valmistukseen vastaisi vain reilua 10 %:a liikenteen polttoaineiden käytöstä. Tämä osoittaa velvoitteen haasteellisuuden, mikä käytännössä tarkoittaa, että liikenteen biopolttonesteitä tai niiden raaka-aineita tullaan tuomaan Euroopan ulkopuolelta sekä kustannus- että saatavuussyistä.

4.3 Sähkön tuotannon maksimointi

Jos puuperäisillä polttoaineilla tuotetun sähkön arvo nousisi korkeaksi verrattuna muihin energiatuotteisiin, maksimoitaisiin puuperäisillä polttoaineilla tuotettua sähköä. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi syöttötariffien tai uusiutuvan sähkön käyttövelvoitteiden käyttöönoton takia Suomessa tai naapurimaissa.

Nopeasti toteutettava vaihtoehto olisi pellettien, sahanpurun tai hienojakoisen hakkeen käyttö yhdyskuntien suurissa hiilipölypolttokattiloissa, mikä edellyttäisi vain pieniä muutostöitä. Puupolttoaineiden käyttömahdollisuus olisi luokkaa 2–3 TWh, ja esimerkiksi käyttökohteista ovat Helsinki, Espoo, Vantaa, Turku tai Naantali ja Vaasa. Käyttökohteet ovat kaukana maakunnista, joissa on polttoaineylimääriä, joten lähinnä juna- tai vesikuljetukset tulisivat kysymykseen.

Hiiltä voidaan korvata kosteallakin ja vaihtelevalaatuisella biopolttoaineella noin 30 %:iin asti, jos biopolttoaine kaasutetaan ennen syöttöä hiilikattilaan. Tällainen järjestely on käytössä Lahden Lämpövoiman kivihiilikattilassa. Investointikustannukset ovat pienemmät kuin erillisellä biopolttoainekattilalla, ja suurilla hiililaitoksilla sähkön tuotannon hyötysuhde on korkea. Jos kaasuttimessa käytetään kuivaa polttoainetta ja kaasuttimelta tuleva tuotekaasu puhdistetaan, sitä voidaan käyttää korvaamassa maakaasun käyttöä maakaasua käyttävissä voimalaitoksissa ja teollisuusprosesseissa.

Biosähkön korkea hinta lämpöön verrattuna ohjaisi puupolttoaineita etenkin yhdyskuntien CHP-laitoksiin, joissa sähköä saadaan huomattavasti paremmalla rakennussuhteella kuin metsäteollisuudessa. Tällaisessa tilanteessa metsäteollisuus käyttäisi puolestaan enemmän turvetta.

Vuoteen 2020 mennessä arvioidaan tässä vaihtoehdossa olevan käytössä myös 1–2 suurta uuden tekniikan CHP-laitosta, joissa sähkön tuotannon määrä on kaksinkertaistettu IGCC-tekniikalla nykyiseen verrattuna. Kaikissa laskentatapauksissa on oletettu, että ensimmäiset soodakattilat, joiden sähkön tuotannon hyötysuhdetta on nostettu nykyisestä, ovat käytössä vuoteen 2020 mennessä.

Arvio mahdollisesta lisäsähkön tuotannosta TUONTI-skenaarioon verrattuna on 3 TWh, kun polttoainelajosteiden valmistukseen käytetty polttoaine ohjattaisiin sähkön tuotannon lisäämiseen CHP-tuotantoon korvaamaan hiiltä ja maakaasua.

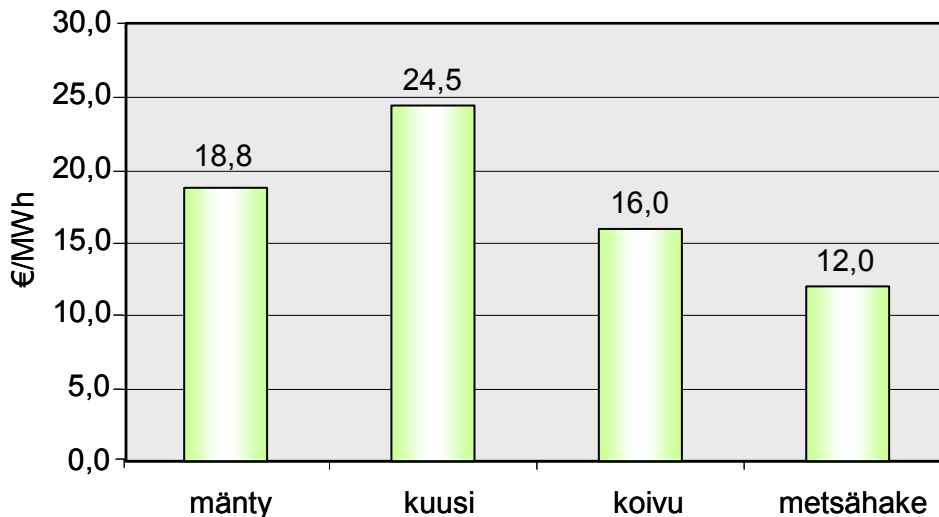
Metsäteollisuuden tuotantolaitokset soveltuisivat sijaintipaikaksi laajamittaiseen sähkön tai polttoainelajosteiden tuotantoon myös muilla kuin puupolttoaineilla, mutta sitä ei käsitellä tässä. Esimerkiksi lauhdesähkön tuotantoa olisi mahdollista integroida metsäteollisuuden ja yhdyskuntien vastapainelaitosten yhteyteen lauhdeosien avulla kustannustehokkaasti useampi tuhat megawattia, mutta puupolttoaineet eivät todennäköisesti olisi pääpolttoaineena näissä laitoksissa.

4.4 Puuraaka-aineen siirtyminen energiasektorille raaka-ainekäytön sijasta

Tässä selvityksessä ei tarkastella vaihtoehtoja, joissa metsäteollisuus ei saisi tarvitsemaansa puuraaka-ainetta, vaan puuraaka-aine menisi energian tuotantoon. Tilanne on toki mahdollinen, jos maksukyky puupolttoaineesta kasvaa korkeammaksi kuin maksukyky metsäteollisuuden raaka-aineesta. Tähän tilanteeseen johtaisivat samanaikainen fossiilisten polttoaineiden suuri hinnannousu ja samanaikainen metsäteollisuuden tuotteiden hinnan lasku, joka ei vaikuta todennäköiseltä vuoteen 2020 mennessä. Maalikuussa 2007 mänty- ja koivukuitupuun keskimääräinen tehdashinta oli 38–39 euroa/m³ ja kuusikuitupuun 45 euroa/m³. Kun kuitupuun hinta muutetaan sen sisältämän energian hinnaksi, nähdään, että koivukuitupuun on lähimpänä metsähakkeesta maksettua hintaa (kuva 26).

Todennäköisempää olisi, että uusiutuvien energialähteiden tuilla ja velvoitteilla luotaisiin EU-maissa tilanne, jossa maksukyky puupolttoaineesta nousisi yli mänty- ja koivukuitupuun tehdashinnan, ensimmäisenä kaukana tehtaista sijaitsevilla leimikoilla. Tähän metsäteollisuus voisi reagoida lisäämällä sellun tuontia, mutta se johtaisi toki sellutehtaiden sulkemiseen tai tuotannon laskuun. Todennäköiseltä näyttää, että EU-maissa metsäteollisuuden raaka-aineen hinta nousee, mikä heikentää kilpailukykyä entisestään muihin maanosiin verrattuna.

Energialiiketoiminta lisää puubiomassan kokonaisjalostusarvoa Suomessa, koska se tarjoaa metsäteollisuuden raaka-aineeksi sopimattomille jakeille käytännössä lähes rajattoman markkinan. Paikallisesti energia-ala tarjoaa kaukana tehtaista sijaitseville harvennusleimikoille mahdollisuuden saada harvennuspuusta kantorahatuloja siinäkin tapauksessa, että teollisuus ei olisi halukas puunhankintaan, ja siten edistää metsänhoitoa.



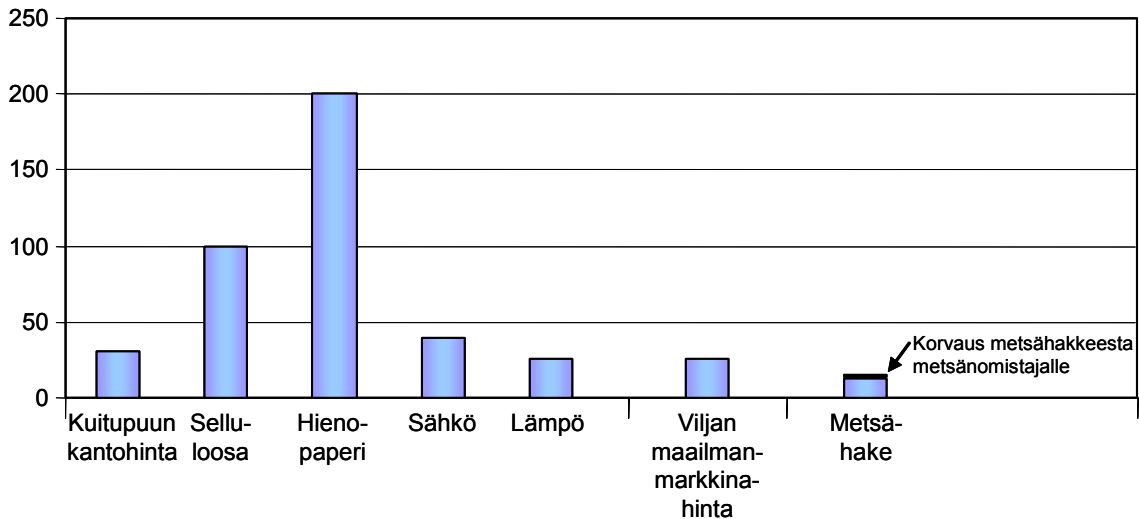
Kuva 26. Kuitupuun ja metsähakkeen sisältämän energian hinta. Kuitupuulla saapumiskosteutena on käytetty 40 %:a ja lämpöarvoina männyllä 2,05, kuusella 1,85 ja koivulla 2,41 MWh/m³. Metsähakkeen hinta on v. 2006 toteutunut keskihinta.

Professori Rintalan työryhmän raportissa 12.2.2007 on arvio nykyisellä hintatasolla mahdollisista siirtymistä raaka-ainekäytöstä energian tuotantoon. Puubiomassan osalta arvioitiin siirtymän enimmäispotentiaalit seuraavasti:

- koivukuidun käyttö pilkkeiden tekoon – 10 TWh
- harvennuksista ei korjata kuitupuuta, vaan ainoastaan energiapuuta – 5 TWh
- sahanpuru pelleiteiksi levyteollisuuden tai selluteollisuuden asemasta – 5 TWh.

Kun maksukyky biopolttoaineista paranee edelleen, voidaan arvion mukaan siirtyä käyttämään mänty- ja koivukuitupuuta voimalaitosten polttoaineena ja mäntyöljyä energian tuotannossa.

Raportissa todettiin myös, että tuotannon jalostusarvo Suomessa on yksi pääkriteereistä yhteiskunnan ohjautumisessa biomassojen käyttöön. Jalostusarvo on pääsääntöisesti selvästi pienempi energiatuotteilla kuin vaikkapa paperilla tai elintarvikkeilla. Kuvassa 27 esitetään, kuinka suuri suhteellinen likimääräinen arvo biomassalla on eri tuotteissa. Arvo on laskettu biomassan energiasisältöä kohti. Investoijan kannalta pääkriteeri on luonnollisesti pääoman tuotto, joka ohjaa investoinnit vapaasti toimivilla markkinoilla. Energian tuotanto on osoittautunut erityisen kannattavaksi, kun se on integroitu biomassan jalostusprosessien sivutuotteiden ja jätteiden käsittelyyn prosessihöyryn ja sähkön tuottamiseksi. Integrointi prosessiteollisuuteen nähdään välttämättömäksi kannattavuuden kannalta liikenteen teollisen mittakaavan biopolttoaineiden valmistuksessa.



Kuva 27. Esimerkkejä eri biomassatuotteiden suhteellisista hintatasoista Suomessa laskettuna tuotteen energiasisältöä kohti.

4.5 Suuret murrokset metsäteollisuudessa

Metsäteollisuuden prosessivalinnat vaikuttavat olennaisesti sivutuotteiden laatuun ja määrään sekä lämpö- ja sähköenergian tarpeeseen prosesseissa. Yleisenä trendinä on ollut pienimpien tuotantolinjojen sulkeminen ja tuotannon nosto suurimmissa yksiköissä, joten kokonaistuotantomäärät ovat nousseet ja tuotteiden arvo on kasvanut siirryttäessä aiempaa korkealaatuisempien tuotteiden valmistukseen.

TUONTI-skenaariossa tuontipuu korvautuu hakkuiden kasvulla, mikä lisää samalla energiakäyttöön tulevan puupolttoaineen määrää. Jos tuonti korvautuisi tuontisellulla, puuenergian määrä laskee merkittävästi, jopa noin 15 TWh.

Jos mekaanisen massantuotannon osuus kasvaa, vähenee puun käyttö energian tuotantoon kemialliseen massantuotantoon verrattuna oleellisesti. Toisaalta sähkön hinnan nousu heikentää mekaanisen massan tuotannon kilpailukykyä kemialliseen massaan verrattuna, tosin käynnissä on kehitystyötä mekaanisen massanvalmistuksen energian käytön pienentämiseksi oleellisesti nykytasosta, mikä parantaisi menetelmän kilpailukykyä huomattavasti.

Sulfaattiselluloosaprosessien korvaaminen uusilla keittomenetelmillä muuttaisi myös energiataseita oleellisesti. Muutokset ovat hitaita, koska tuotantolinjojen käyttöajat ovat tyypillisesti yli 20 vuotta ja uusien prosessien kaupallistuminen vie aikansa, joten vuoteen 2020 mennessä vain pieni osa tuotannosta ehtii uusiutua.

Energiakäyttöön meneville puuperäisille sivutuotteille ja metsähakkeelle etsitään myös uusia käyttökohteita uusiutuvien raaka-aineiden ja kemikaalien valmistuksessa. Vielä ei ole löytynyt kilpailukykyisiä tuotteita, jotka käyttäisivät jatkossa suuren määrän puuta, mutta kehitystyö on käynnissä, ja sen määrä on kasvussa ympäri maailmaa.

5. Tulosten tarkastelua ja johtopäätöksiä

5.1 Liiketoiminnan volyymi ja kannattavuus

Energialiiketoiminnan volyymi on suoraan verrannollinen uusiutuvan energian hintatasoon, johon vaikuttavat fossiilisten polttoaineiden maailmanmarkkinahinnat ja polttoaineille asetetut verot ja maksut, kuten päästöoikeuden hinta, sekä uusiutuvan energian tuet tai käyttövelvoitteet. Näyttää melko todennäköiseltä, että uusiutuvan energian hinta kaksinkertaistuisi Suomessa nykytilanteeseen verrattuna vuoteen 2020 mennessä eli nousisi samalle tasolle kuin monessa EU-maassa jo nyt tukien takia.

TUONTI-skenaariossa energialiiketoiminnan kasvun volyymi on viisinkertainen BAU-skenaarioon verrattuna. Erillistarkastelut osoittavat, että puupolttoainetta on mahdollista ohjata suuria määriä niiden tuotteiden valmistukseen, joiden hinta tai kannattavuus on erityisen korkea. Näitä voisivat olla kiinteät, kaasumaiset tai nestemäiset polttoainelasteet ja sähkö.

Metsähakkeen saatavuuteen liittyy merkittäviä epävarmuuksia sekä määrän että kustannusten osalta. On mahdollista, että työvoimasta on pulaa tai että osa maanomistajista vaatii niin korkeaa kantohintaa metsähakkeesta, ettei sitä pystytä maksamaan.

Käytettäessä kiinteitä puupolttoaineita tarvittavat investoinnit ovat tyypillisesti korkeita, ja tuotetun energian hinnasta polttoainekustannusten osuus on tyypillisesti alle puolet. Etenkin suurissa voimalaitoksissa on Suomessa varauduttu mahdollisiin polttoaineen hintavaihteluihin valitsemalla usean erilaatuisen polttoaineen käyttöön soveltuva tekniikka. Vaihtoehtoina puupolttoaineille ovat turve, kivihiili, peltobiomassat ja kierrätyspolttoaineet. Suomessa käytännössä turpeen tai kivihiilen sekä päästöoikeuden hinta ja puusähkön tuki ovat asettaneet puupolttoaineiden hintatason suurkäyttökohteissa.

Kuten Puupolttoaineiden vienti -luvussa todettiin, voi maksukyky puupolttoaineista kohota erittäin korkeaksi, jos on käytössä korkea syöttötariffi ja vaihtoehtona on joko pysäyttää tai jatkaa laitoksen käyttöä. Käytön jatkamisen ehtona lienee laitosten muuttuvien kustannusten jääminen alle sähköstä saatavan korvauksen.

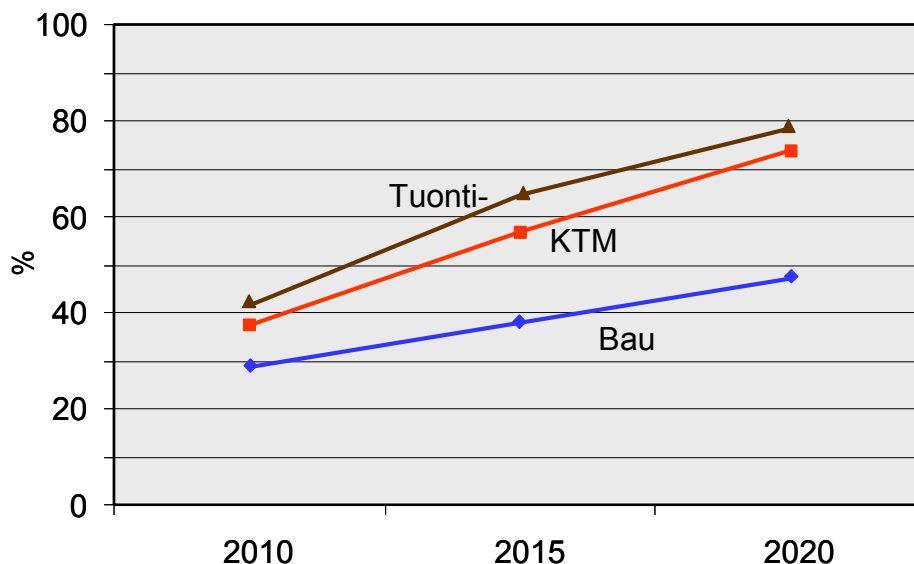
E erityisen ongelmallista puupolttoaineiden käytön kannalta on, jos laitosten maksukykyä puupolttoaineista ja toisaalta puupolttoaineen hintatasoa on mahdotonta ennakoida tai ne vaihtelevat suuresti. Tämä johtaa tilanteeseen, jolloin investointeja ei synny, syntyy puupolttoaineiden varastotappioita ja liiketoiminnan volyymi vaihtelee runsaasti. Nämä vaikuttavat siihen, että pienien toimijoiden olo markkinoilla on vaikeaa, koska ala vaatii niin suurten riskien ottoa.

Energialiiketoiminnan arvioitiin kasvavan vuoteen 2020 mennessä jopa 1 500 miljoonaa euroa nykyisestä. Lisäys tulee metsähakkeen käytön kasvamisesta jopa viisinkertaiseksi nykytilanteeseen verrattuna, energian hintatason oletetun nousun ansiosta sekä puubio-massan jalostamisesta entistä arvokkaammiksi energiatuotteiksi.

Energialiiketoiminta synnyttää suoraan uusia, suoria työpaikkoja enimmillään 7 400 henkilötyövuotta vuoteen 2020 mennessä (TUONTI-skenaario). Vuoteen 2020 mennessä investointitarpeen arvioitiin olevan kokonaisuudessaan yli 2,5 miljardia euroa.

Energialiiketoiminnan laajuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi kotimaisilla edistämistoimilla eli käytännössä voidaan asettaa puupolttoaineiden käyttö halutulle tasolle eri käyttökohteissa. Toisessa ääritapauksessa muissa maissa tehtävät toimenpiteet johtavat siihen, että erittäin suuria määriä puupolttoaineita viedään näihin maihin, jopa jalostamattomana.

Metsäteollisuuden raaka-aineiden käytön merkittävää siirtymistä energiasektorille tai merkittävää raaka-aineen hintatason nousua puun energiakäytön kasvun takia ei nähty todennäköiseksi Suomessa. Energialiiketoiminta nähtiin pikemmin mahdollisuutena lisätä metsäsektorin liikevaihtoa ja toisaalta mahdollistaa nuorten metsien harvennukset tapauksessa, jossa metsäteollisuus ei olisi kiinnostunut kuitupuun ostosta, vaikkapa pitkän etäisyyden takia. Sekä KTM- että TUONTI-skenaarioissa hyödynnettiin lähes 80 % metsähakkeen teknisestä potentiaalista, mikä on erittäin suuri osuus, joskaan ei mahdoton (kuva 28).



Kuva 28. Metsähakkeen käyttö osuutena teknisestä potentiaalista eri skenaarioissa vuoteen 2020.

5.2 MMM:n hallinnonalan metsäenergiaan kohdistuvien tukien toiminta eri skenaarioissa

Hallituksen energia- ja ilmastopoliittisen strategian vuodelta 2005 mukaan valtiontuen avulla ohjataan energiatuotantoon sellainen puu, joka ei ole käytettävissä teollisuuden raaka-aineena tai ei ohjaudu markkinavetoisesti energiakäyttöön (Hilska-Aaltonen 2007). Energiapuun korjuun ja haketuksen määräraharave on Kioton kaudella 2008–2012 noin 6 milj. euroa vuodessa. MMM:n uusi bioenergiastrategia on valmisteilla, ja sen on tarkoitus valmistua kesäkuun loppuun mennessä.

Nuoren metsän hoidossa ja energiapuun korjuussa tuen saajana on yksityinen maanomistaja. Tukijärjestelmä on voimassa toistaiseksi. Haketustuessa tuensaajana voi olla maanomistajan lisäksi esimerkiksi lämpöyrittäjä, haketusurakoitsija tai metsänhoitoyhdistys. Haketustuki on voimassa vuoden 2007 loppuun. Kantojen noston juurikäävän torjunnassa tuensaaja on leimikon korjaaja; tukijärjestelmä on voimassa toistaiseksi.

Nuoren metsän hoidossa tuki on 84,5 euroa/ha – 294,7 euroa/ha ja energiapuun korjuussa tuki on puun kasaukseen 3,5 euroa/m³ ja kuljetukseen 3,5 euroa/m³. Energiapuun haketuksessa tuki on 1,7 euroa hakettua irtokuutiometriä kohden ja kantojen nostoon tuki on 0,44 euroa hakattua kiintokuutiometriä kohden.

Uudistunut lainsäädäntö tulee voimaan todennäköisesti vuoden 2008 alusta ja on voimassa vuoden 2013 loppuun. Laissa edistetään energiapuun käyttöä useilla tukimuodoilla, ja energiapuun korjuun ja haketuksen tukitaso pysynee kokonaisuudessaan nykyisellään. Nuoren metsän hoidon rahoitusehtoja on yksinkertaistettu ja suometsän hoidon yhteydessä nuoren metsän hoidon tukitasoa korotettu. Nuoren kasvatusmetsän hakkuun piiriin kuuluviksi on määritelty sellaiset kohteet, joissa harvennetun puuston keskiläpimitta rinnankorkeudelta on alle 16 cm. Lisäksi luovutettavan puumäärän tulee olla vähintään 20 kiintokuutiometriä. Energiapuun korjuulle ja haketukselle tulee oma lukunsa lakiin, eivätkä ne enää ole riippuvaisia lain nojalla rahoitetusta nuoren metsän hoidosta. Lisäksi energiapuun korjuun ja haketuksen tuki voidaan myöntää maanomistajan lisäksi yhteisölle tai ammatinharjoittajalle. (Hilska-Aaltonen 2007.)

Johtopäätöksenä energiapuun hankintaan kohdistuvien metsänhoidon tukien tason sekä kokonaismäärän osalta voidaan todeta, että seuraavan seitsemän vuoden aikana ei ole odotettavissa merkittäviä muutoksia. Nämä kansalliset tuet mahdollistavat toisaalta reagoinnin muutoksiin kansainvälisissä tuki- ja sääntelypolitiikoissa.

Suunniteltujen tukimuotojen taso ja rajaukset palvelevat parhaiten BAU-skenaarion toteutumista. Niillä edistetään metsäenergian käytön maltillista kasvua ja pyritään samalla ainespuun tarjonnan ja korjuuolosuhteiden parantamiseen myöhemmissä hakkuis-

sa. KTM-skenaarion olosuhteissa ongelmaksi muodostuu rajusti kasvava kuitupuun kysyntä, jonka voi ennakoida nostavan ainespuun hintaa niin, että energijakeen talteenotto nuorista metsistä ei tule kannattavaksi edes tuettuna. Tällöin metsäenergian kasvu on otettava päätehakkuiden hakkuutähteistä ja kannoista.

TUONTI-skenaarion olosuhteissa tukien voi ennakoida toimivan KTM-skenaariota tehokkaammin, sillä myös energiantuotannon maksukyky puusta nousee voimakkaan regulaation ja kilpailevien polttoaineiden korkeiden hintojen vuoksi. Voimakas kotimaan ainespuun kysyntä sekä KTM- että TUONTI-skenaarioissa toteuttaa kuitenkin maa- ja metsätalousministeriön metsäpoliittiset tavoitteet harvennusrästien purkamisesta. Siksi johtopäätöksenä on, että kaavailut tuet menettävät suurelta osin tehonsa ja merkityksensä KTM- ja TUONTI-skenaarioiden mukaisissa maailmoissa ja toimivat toivotulla tavalla vain BAU-skenaarion mukaisessa kehityskulussa.

5.3 Ympäristövaikutukset

5.3.1 Yleistä

Metsien hakkuiden on todettu vaikuttavan voimakkaasti kasvupaikan kasvutekijöihin ja siten myös lajiston lukumäärään ja lajien suhteellisiin osuuksiin. Erityisesti avohakkuun jälkeen osa kasvupaikan lajeista häviää ja tilalle tulee metsän sukkession alkuvaiheen lajistoa, ns. pioneerilajeja. Harvennusten osalta vaikutukset ovat vähäisempiä, sillä muutokset metsikön valaistus- ja ravinneolosuhteissa ovat pieniä avohakkuuseen verrattuna. Hakkuu vaikuttaa myös metsikön lajiston käytettävissä oleviin ravinteisiin ja avohakkuulla myös metsiköstä huuhtoutuvien ravinteiden määrään erityisesti lyhyellä aikavälillä. Tässä luvussa tarkastellaan metsäenergian korjuun aiheuttamia lisävaikutuksia pääosin tavanomaiseen ainespuun korjuuseen verrattuna. Perustapauksen muodostavat siten ainespuun korjuu ja sen aiheuttamat muutokset kasvupaikalla. Tähän perustasoon verrataan tapauksia, joissa energijake otetaan talteen joko osittain tai kokonaan. Luvun pohjana on käytetty Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemaa tiedonantoa ”Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä” (Nurmi & Kokko 2001) sekä kooomateosta ”Bioenergy from sustainable forestry – Guiding principles and practice” (Richardson ym. 2002). Teksti on päivitetty aikaisemmasta artikkelista ”Ympäristövaikutukset”, joka ilmestyi julkaisussa ”Metsähake ja metsätalous” (Asikainen 2004).

5.3.2 Lajiston monimuotoisuus ja pintakasvillisuus

Metsäekosysteemin ajallinen ja paikallinen dynamiikka aiheuttaa elinympäristön laatua ja jakautumista kuvaavien muuttujien vaihtelua. Näistä muuttujista riippuvaiset orga-

nimit ovat kehittäneet keinoja, jotka mahdollistavat sopeutumisen elinympäristön muutoksiin. Puunkorjuu ja metsäenergian talteenotto vaikuttavat metsäekosysteemin dynamiikkaan sekä metsikkötasolla että suuralueilla. Metsäenergian talteenoton vaikutuksia lajistoon tarkastellaan seuraavassa Angelstamin ym. (2002) esittämän jaottelun pohjalta.

Habitaatin koko: Jos habitaatti on liian pieni, tietyn lajin elinympäristöä koskevat vaatimukset eivät täyty. Tällöin laji kaikkoo alueelta tai sen lisääntyminen ei onnistu. Elinympäristön kokovaatimus vaihtelee laajoissa rajoissa lajeittain yksittäisestä puusta satoihin hehtaareihin.

Energiajake korjataan talteen lähes aina alueilta, joilla korjataan myös ainespuuta. Nuorten metsien kunnostuskohteissa tästä voidaan poiketa eli alue hakataan vain energian talteenoton vuoksi. Ainespuuhakkuuseen verrattuna energiapuun talteenotto ei käytännössä vaikuta käsiteltävien alueiden kokoon eikä aiheuta esimerkiksi metsäalueiden lisäpirstoutumista.

Habitaatin laatu: Vaikka elinympäristö olisi riittävän laaja, sen laatu voi estää lajin menestymisen alueella. Laatuun vaikuttavia tekijöitä voivat olla puulajikoostumus, puuston ikärakenne, puuston tai kasvillisuuden monimuotoisuus, kuolleen puuaineksen määrä jne.

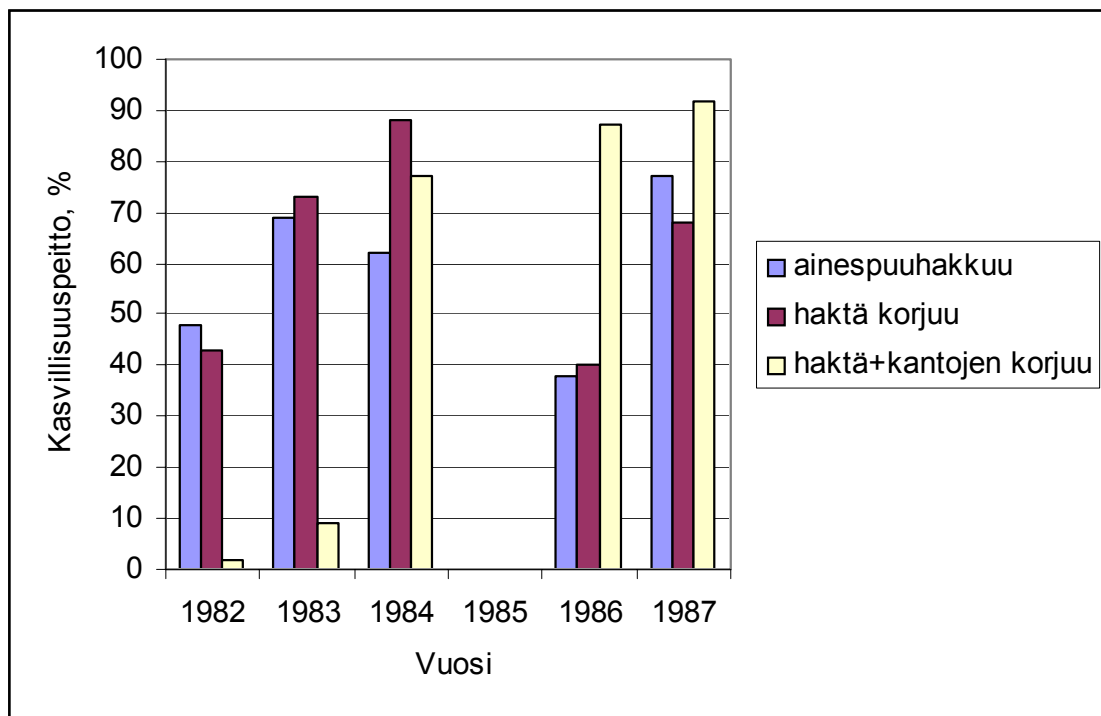
Järeiden puiden määrä ja jakautuminen on monimuotoisuuden kannalta tärkeä laatutekijä luonnonmetsissä. Järeiden puiden riittävä määrä on edellytys useiden kasvilajien, selkärangattomien ja selkärankaisten esiintymiselle. Järeät puut muodostavat metsään pitkäkestoisia ”pienoiselinympäristöjä” kasveineen ja eliöineen sekä luonnollisine koloineen. Toinen keskeinen laatutekijä on lahopuun määrä ja laatu metsikössä.

Hakkuutähteen korjuu vaikuttaa metsikön laatuun elinympäristönä. Kohteelta viedään noin kaksi kolmasosaa hakkuutähteistä. Hakkuutähteet koostuvat pieniläpimittaisista rungon osista, oksista ja neulasista. Lisäksi kannot voidaan korjata energiakäyttöön. Mikäli järeä lahopuu jätetään korjaamatta, hakkuutähteen korjuulla ei ole käytännössä vaikutusta harvinaisten lajien esiintymiseen (Siitonen 2001). Lisäksi avainbiotoopit on rajattu metsäenergian korjuun ulkopuolelle. Myöskään kannot eivät toimine lisääntymisalustana tai ravintona uhanalaiselle lajistolle. Kantojen korjuun arvioidaan kohdistuvan maksimissaan noin 10–15 %:lle hakkuukohteista, joten pääosa leimikoista jää tältä osin koskemattomaksi.

Viimeaikaisessa keskustelussa on nostettu esille mm. hakkuutähde- ja kantokasojen toimiminen lisääntymisalustana harvinaisillekin hyönteislajeille. Vaikutus lisääntymiseen voi olla positiivinen, jos varastoa ei korjata ennen seuraavan sukupolven kuoriutumista tai esim. siirtymistä maaperään talvehtimaan. Jos materiaali poltetaan, kun hyönteiset ovat vielä kannoissa, on vaikutus luonnollisesti negatiivinen.

Myöskään **habitaattien lukumäärään ja kokonaispinta-alaan, habitaattien väliseen etäisyyteen tai niiden välialueiden ominaisuuksiin** metsäenergian talteenotolla ei ole tämänhetkisen käsityksen mukaan merkittävää vaikutusta metsäluonnon monimuotoisuuden kannalta tavanomaiseen ainespuun hakkuuseen verrattuna.

Hakkuutähteen korjuulla ei ole suurta vaikutusta pintakasvillisuuden kehittymiseen päätehakkuun jälkeen (Staaf & Olsson 1994). Kantojen korjuun seurauksena pintakasvillisuus vähenee voimakkaasti, mutta jo kolmantena vuonna kasvillisuus palautuu samalle tasolle kuin muissa käsittelyissä (kuva 29). Jotta kantojen noston tuoma etu metsän uudistamisessa voidaan hyödyntää, on tärkeää, että istutus tai kylvö tehdään viivyttelämättä hakkuun jälkeen. Tällöin taimet ehtivät lähteä kasvuun ennen pintakasvillisuuden voimistumista.



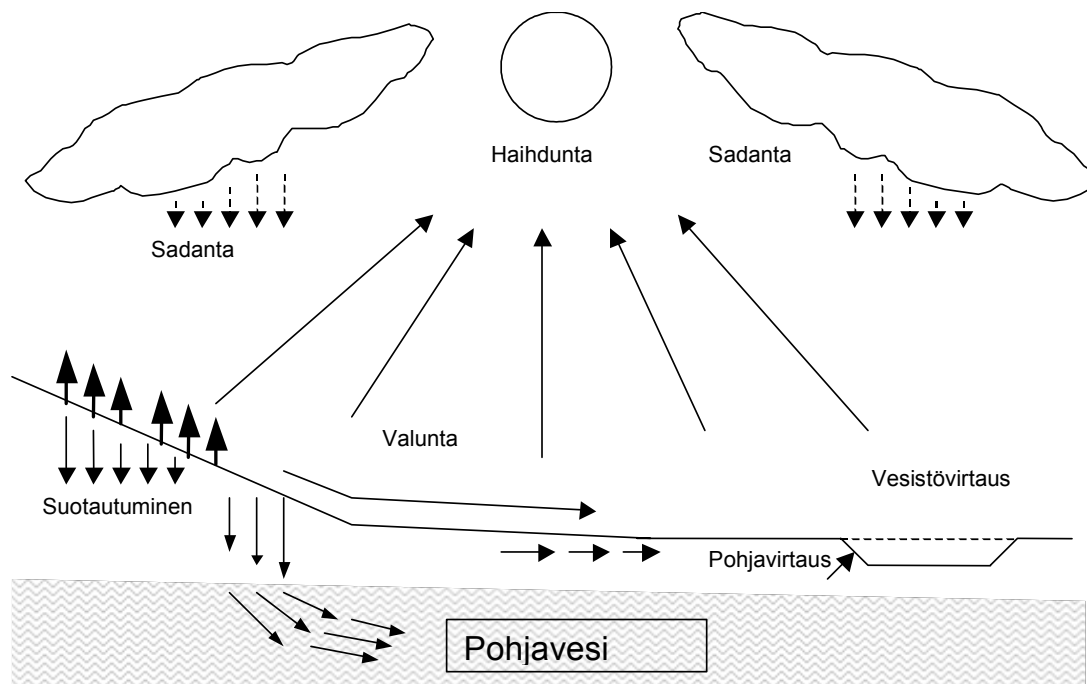
Kuva 29. Hakkuutähteen ja kantojen korjuun vaikutus pintakasvillisuuden peittävyteen Lounais-Ruotsissa tehdyssä kokeessa (Staaf & Olsson 1994).

Lehtipuiden siemensyntyisten taimien määrä kasvaa 50–100 % kannonnostoaloilla, jos kannot nostetaan kokonaisina tai noston yhteydessä paljastuu muuten suuria määriä kiivenmäistä. Pilkkomalla kantoja ennen nostoa voidaan vähentää paljastuvan maanpinnan osuutta ja oletettavasti myös rajoittaa taimien määrää. Lehtipuuston raivaus lisää hieman taimikonhoidon kustannuksia. Metsäluonnon monimuotoisuuden tai esimerkiksi hirvien ravinnon lisääntymisen kautta näitä vaikutuksia voidaan pitää positiivisinakin.

Johtopäätöksenä voidaan esittää, että metsikön monimuotoisuuden kannalta metsäenergian talteenoton aiheuttama lisävaikutus normaaliin ainespuuhakkuuseen verrattuna on vähäinen. Tärkeimpänä talousmetsien monimuotoisuuteen vaikuttavana tekijänä voidaan pitää lahopuun määrää. Järeiden puiden määrä ja jakautuminen on monimuotoisuuden kannalta tärkeä tekijä luonnonmetsissä. Nykyisten metsänkäsittelyohjeiden mukaan korjaamatta jätetään järeät, kuolleet puut ja lahopuut, jotka ovat tärkeitä elinympäristöjä useille sieni-, hyönteis- ja lintulajeille. Nämä on jätettävä korjuun ulkopuolelle myös metsäenergian korjuussa. Uusia tuloksia metsähakevarastojen roolista harvinaisten hyönteisten lisääntymisalustana on odotettavissa mm. Ruotsista jo vuoden 2007 aikana.

5.3.3 Vesistövaikutukset

Metsäekosysteemiin tulee vettä pääasiassa sadannan kautta ja poistuu vastaavasti haihdunnan avulla. Osa sadevedestä suotautuu maaperään, ja erityisesti keväällä vettä poistuu valunnan kautta vesistöihin (kuva 30).



Kuva 30. Veden kierto metsäekosysteemissä (Neary 2002).

Harvennushakkuun vaikutukset ravinteiden huuhtoutumiseen kasvupaikalta ovat vähäisiä, sillä kasvamaan jätetty puusto kykenee ottamaan hakkuutähteestä vapautuvat ravinteet tehokkaasti käyttöönsä (Mälkönen ym. 2001). Siten hakkuutähteen talteenotto ainespuun korjuun lisäksi ei käytännössä vaikuta huuhtoutumien määrään.

Avohakkuu sen sijaan lisää ravinteiden huuhtoutumista muutaman vuoden ajaksi, kunnes kasvillisuus voimistuu ja kykenee paremmin sitomaan vapaita ravinteita sekä taasaamaan pintavalumahuippuja sekä ravinteiden suotautumista veden mukana pohjamaahan ja -veteen. Tavanomaiseen avohakkuuseen verrattuna hakkuutähteen korjuun vaikutus nitraattitypen huuhtoutumiseen on jäänyt kenttäkokeissa hyvin vähäiseksi (Staaf & Olsson 1994, Mälkönen ym. 2001). Pohjaveden nitraattitypen pitoisuudet jäivät hieman pienemmiksi pitkällä aikavälillä, jos hakkuutähteet on korjattu. Typen ohella myös kaliumin huuhtoutuminen hakkuualalta vähenee hakkuutähteen korjuun seurauksena. Vastoin ennako-odotuksia äestämällä tapahtuvan maanmuokkauksen ei ole myöskään havaittu nostavan maaveden typen määrää Ruotsissa tehdyissä kenttäkokeissa (Ring 1996).

Kiintoaineksen huuhtoutuminen hakkuun jälkeen vaihtelee voimakkaasti. Huuhtoutuminen riippuu mm. maaperän koostumuksesta, ilmastosta, alueen topografiasta, maaperäkasvillisuudesta sekä valuma-alueen tilasta. Huuhtouman määrän kasvu hakkuun yhteydessä johtuu suurelta osin maaperän muokkautumisesta, jonka vaikutuksia kasvillisuuden palautuminen alueelle puskuroi nopeasti. Suurimmat huuhtouman kasvut hakkuualalta aiheutuvat mekaanisesta maaperän muokkauksesta, jyrkistä rinteistä, metsätienrakennuksesta sekä eroosioherkästä maaperästä (Neary 2002). Avohakkuun ja maanmuokkauksen seurauksena sekä ravinteiden että kiintoaineksen määrät valumavesissä lisääntyvät merkittävästi (Ahtiainen ym. 2003). Käsittelemättömän suojavyöhykkeen jättäminen vesistöjen reunoille kuitenkin vähentää merkittävästi ravinteiden ja kiintoaineksen huuhtoutumista hakkuualueilta, joilla myös maa on muokattu (Ahtiainen ym. 2003).

Normaaliin maanmuokkaukseen verrattuna metsäenergian talteenotolla ei ole käytännössä lisävaikutusta kantojen nostoa lukuun ottamatta. Kantojen nosto vaikuttaa kivennäismaan paljastumiseen, mutta mikäli paljastettavan maan pinta-ala ei muutu normaaliin maanmuokkaukseen verrattuna, vaikutusten voidaan arvioida olevan samaa tasoa kuin perustilanteessa (ainespun korjuu ja maanmuokkaus).

Kantojen noston vaikutuksia metsikön vesitalouteen tai metsiköstä poistuvien ravinteiden määrään ei ole valunnan osalta tutkittu simulointitarkasteluja lukuun ottamatta. Kantojen poiston seurauksena hakkuualalle voi syntyä painanteita, joihin vesi jää seisomaan erityisesti heikosti vettä läpäisevillä mailla. Juuripuun noston vaikutukset juurten muodostamien onkaloiden vähenemiseen ja edelleen maan huokoisuuden ja vedenläpäisevyyden muutoksiin ovat heikosti tunnettuja.

Lounais-Ruotsissa tehdyissä kenttäkokeissa seurattiin maaveden kemiallisia muutoksia avohakkuun jälkeen (Staaf & Olsson 1994). Vertailtavina käsittelyinä olivat 1) tavanomainen ainespuuhakkuu, jossa hakkuutähteet ja kannot jätettiin palstalle, 2) kokopuu-

korjuu, jossa hakkuutähteetkin poistettiin, ja 3) täyskorjuu, jossa poistettiin myös hakkuutähteet ja kannot. Hakkuutähteen poisto vähensi nitraatti-, ammonium- ja kaliumionien pitoisuuksia juuristokerroksen alaisessa maavedessä. Ammoniumionien pitoisuudet nousivat voimakkaasti hakkuun jälkeisenä vuonna, jos myös kannot poistettiin. Ravinteiden korkeat pitoisuudet selittyivät sillä, että täyskorjuun (kannotkin poistettu) jälkeen pintakasvillisuus palautui hitaasti kahtena ensimmäisenä vuonna, mutta kolmantena vuonna erityisesti metsälauha ja sarat levittäytyivät nopeasti paljastuneelle maapinnalle ja maaveden ravinnepitoisuudet laskivat nopeasti. Neljän vuoden kuluttua hakkuusta erot käsittelyjen välillä olivat tasoittuneet (Staaf & Olsson 1994).

5.3.4 Metsien terveydentila

Lyhyellä aikavälillä hakkuutähteen poistolla ei ole huomattavaa vaikutusta metsän hyönteistuhoriskiin tai tauteihin. Kantojen laajamittaisen varastoinnin vaikutuksista metsätuholaisriskiin ei ole olemassa vielä tutkimustuloksia. Metsäenergian korjuun ja varastoinnin aiheuttamia hyönteistuhoriskejä voidaan alentaa ajoittamalla hakkuut ja materiaalin poiskuljetus metsätuhojen torjuntaa koskevien säädösten mukaisesti (Kytö & Korhonen 2001).

Kantojen poisto sen sijaan pienentää merkittävästi juurikäävän infektoitumisriskiä ja leviämistä juuristoyhteyksien kautta metsikössä. Juurikäpä tarttuu juuristovaurioiden, kantojen tuoreiden kaatopintojen sekä puusta puuhun siirtyen juurten kosketuskohtien välityksellä (mm. Korhonen 1993). Harvennuksessa syntyvä juurivaurio on sitä vaarallisempi, mitä suurempi ja syvempi se on. Kannot lienevät tärkein syy juurikäävän yleisyyteen talousmetsissä, sillä luonnonmetsissä ei ole terveiden puiden kantoja. Perinteisesti juurikääpä on torjuttu välttämällä talviaikaisia hakkuuta tai käsittelemällä kannot joko kemiallisin tai biologisin torjunta-ainein (esim. urealiuos tai harmaaorvakkasuspensio) (Korhonen & Lipponen 2001). Kannot tarjoavat hyvän kasvualustan ja helpon pääsyn juuristoon. Kantojen poisto on siksi tehokas tapa torjua maannousemasiienen leviämistä: Tyvitervaksen vaivaamassa männikössä selvitettiin kantojen poiston vaikutusta taimien selviämiseen. Seitsemän vuoden jälkeen männyn taimista oli kuollut 6 % käsittelemättömillä koealoilla ja 2 % koealoilla, joilta kannot oli poistettu. Lehtikuusella vastaavat luvut olivat 10 ja 6 % (Kurkela 1988). Stenlidin (1986) mukaan kantojen poisto vähensi uusien kuusitaimien infektiota 12–17 %:sta 1–2 %:iin 25–28 vuodessa.

Vaikka täydellinenkin kantojen poisto ei eliminoi täysin taudinaiheuttajaa maannouseman saastuttamasta metsiköstä, se vähentää taudin leviämiskäynnin riskiä uusille kohteille (Piri 2003). Kantojen poisto saastuneista mänty- ja kuusimetsiköistä on erityisen perusteltua tilanteissa, joissa puulajin vaihto ei ole esimerkiksi kasvupaikan viljavuuden vuoksi mahdollista. Esimerkiksi Englannissa useat kenttäkokeet ovat osoittaneet, että

ainoastaan kantojen poisto on tehokas keino torjua maannousemasiemen leviämistä ja saastuneilla mailla se on ollut jo 30 vuoden ajan vakiintunut maannouseman torjuntakeino (Gibbs ym. 2002).

Vaikutukset tärkeimmän taimituholaisemme, tukkimiehentäin, aiheuttamaan tuhoriskiin ovat vielä selvittämättä. Hakkuutähde- ja kantovarastojen arvellaan houkuttelevan hyönteisiä uudistusalan reunaan, jolloin hyönteispopulaatio kasvaa voimakkaasti ja uhkaa uudistusalan taimia tulevina kasvukausina. Toisaalta kantojen poiston on arvioitu vähentävän tukkimiehentäin aiheuttamaa tuhoriskiä havupuun taimille. Tukkimiehentäi käyttää tuoreita kantoja lisääntymisalustanaan; hakkuuta seuraavana kesänä naaraat munivat aurinkoisilla paikoilla olevien kantojen juuriin ja kuorikasoihin. Poistamalla kannot poistetaan hakkuualalta tukkimiehentäiden lisääntymisalustat. Aikuiset tukkimiehentäit välttävät lisäksi liikkumista paljastetuilla kivennäismailla, joten kantojen ja maanmuokkauksen aikaansaama kivennäismaan paljastuminen vaikeuttaa tukkimiehentäiden liikkumista hakkuualalla. Kokonaisvaikutuksen selvittämiseksi mm. Metla on perustanut uusia kenttäkokeita.

5.3.5 Tuhkan kierrätys ravinnetappioiden vähentäjänä

Pohjoismaissa ja Pohjois-Amerikassa tehdyt tutkimukset hakkuutähteiden talteenoton vaikutuksista kivennäismailla ovat ristiriitaisia, eli kasvuvasteet ovat olleet sekä positiivisia että negatiivisia. Kuitenkin voidaan todeta, että erityisesti lisääntyvä typen vieminen kasvupaikoilta alentaa metsämaan tuotosta (runkopuun kasvu) muutamilla prosenttiyksiköillä kiertoajan aikana.

Metsähakkeen poltossa syntyvä tuhka voidaan palauttaa metsään, jolloin osa biomassan mukana poistuneista ravinteista tuodaan takaisin kasvupaikalle ja torjutaan metsämaan happamoitumista. Puun tuhkassa on rikkiä ja typpeä lukuun ottamatta ravinteita samassa suhteessa kuin puubiomassassakin. Tuhkan kierrätyksellä voidaan välttää läjityksestä aiheutuvat kustannukset, mikä parantaa tuhkan levittämisen suhteellista hintakilpailukykyä. On kuitenkin huomattava, että päätehakkuun yhteydessä tapahtuva metsäenergian talteenotto ei edellytä välitöntä ravinteiden palautusta samaan metsikköön. Tuhkan palautus on edullisinta ajoittaa puuston nopean kasvun vaiheeseen, eli levitys voidaan tehdä ensiharvennuksen yhteydessä (Mälkönen ym. 2001).

Kangasmailla puuntuhka vähentää tehokkaasti humuskerroksen happamuutta. Esimerkiksi nuorena männikössä 12 vuoden kuluttua tuhkalannoituksesta humuskerroksen pH-arvot olivat 0,5 (1 000 kg/ha) – 2,0 (5 000 kg/ha) pH-yksikköä korkeammat kuin lannoittamattomassa maassa (Mälkönen ym. 2001). Kivennäismaan pintakerroksessa tuhkalannoituksen pH:ta nostava vaikutus jäi vähäiseksi. Äkilliset pH:n muutokset voi-

vat olla haitallisia pintakasvillisuudelle. Tuhkan pelletöinti tai rakeistaminen ennen levittämistä hidastaa tuhkan liukenemistä ja lieventää haittavaikutuksia (Mälkönen ym. 2001). Pelkän tuhkalannoituksen ei kuitenkaan ole todettu lisäävän kangasmetsän kasvua ainakaan lyhyellä aikavälillä, joten välitön taloudellinen hyöty tuhkalannoituksesta jää vähäiseksi (Mälkönen ym. 2001).

Suometsissä puuston kasvua rajoittaa typen saatavuuden asemesta fosforin, kaliumin ja boorin niukkuus. Tuhkalannoitus kohottaa pintaturpeen ravinnepitoisuuksia jopa vuosikymmeniksi lannoituksen jälkeen. Myös tuhkalannoituksen aikaansaamat kasvuvaikutukset ovat olleet pitkäkestoisia ja merkittäviä, kun käytetyt lannoiteannokset ovat olleet suuria (eli vastanneet muiden lannoitteiden käyttösuosituksia). Suokokeilla männyn suhteellinen tilavuuskasvu on ollut jopa 200–250 % korkeampi 10–20 vuoden kuluttua lannoituksesta lannoittamattomaan (100 %) verrattuna (Mälkönen ym. 2001).

Tuhkan mukana kasvupaikalle tulee myös raskasmetalleja ja muita alkuaineita (kupari, nikkeli, kromi, alumiini, kadmium ja arseeni), joiden määrä voi olla huomattava. Näiden määrä pintaturpeessa on kohonnut lannoituskokeissa 1–2 vuodeksi, mutta vanhoilla kokeilla kohonneita pitoisuuksia ei enää ole havaittu (Mälkönen ym. 2001). Sienten ja marjojen raskasmetallipitoisuuksia tuhkalannoitus ei ole merkittävästi muuttanut.

5.3.6 Vaikutukset liikenteen päästöihin

Kasvava metsähakkeen käyttö lisää maatielikennettä ja siten myös liikenteen päästöjä. Esimerkiksi tarvittavan hakeautokaluston määrä kasvaa noin 400–500 yksiköllä, kun vuotuinen hankintamäärä on 10 milj. m³. Lisäksi tarvitaan useita kymmeniä siirtolavettiautoja korjuukaluston siirtelyyn leimikoiden välillä. On kuitenkin huomattava, että koko hankintaketjun vaatimat polttoainepanokset ovat suuruusluokaltaan noin 3 % toimitettavan polttohakkeen sisällöstä.

5.3.7 Päätelmiä

Metsäenergian talteenoton seurannaisvaikutuksista on olemassa jo varsin monipuolista tutkimustietoa. Kuitenkin muuttuvat korjuukäytännöt ja kasvavat volyymit edellyttävät lisätutkimuksia kokonaisvaikutusten arvioimiseksi esimerkiksi metsien tuoton, hiilitaseiden ja tuho- ym. riskien osalta. Lisää tutkimustietoa on tulossa esimerkiksi Metlan käynnistämän laajan tutkimusohjelman ”Bioenergiaa metsistä” kautta.

6. Yhteenveto

Metsätaloutteen ja metsäteollisuuteen perustuvaa energialiiketoimintaa voidaan lisätä sekä puupolttoaineiden määrää lisäämällä, mikä käytännössä tarkoittaa metsähakkeen käytön lisäämistä, että jalostamalla puubiomassa aiempaa arvokkaammiksi energiatuotteiksi. Nykytilanteessakaan metsäteollisuus ei ole energiaomavarainen, vaan neljäsosa käytetyistä polttoaineista on muuta kuin puuta, ja käytetystä sähköstä hieman alle puolet tuotetaan itse. Sen vuoksi tämän selvityksen kolmessa pääskenaariossa tarkastellaan puupolttoaineiden lisäkäyttöä eli käytännössä metsähakkeen tuotannon lisäysmahdollisuuksia ja sen käyttökohteita.

Metsähakkeen käytön lisäysmahdollisuuksia arvioitiin kolmen eri skenaarion avulla. BAU-skenaariossa biopolttoaineiden kilpailukyky säilyy ennallaan, ja tasaisesti kasvava metsähakkeen tuotanto käytetään sähkön ja lämmön tuotantoon teollisuudessa ja yhdyskunnissa, joissa kohteissa maksukyky puupolttoaineesta on parhain. Metsäteollisuuden tuotanto on nykytasollaan.

KTM-skenaariossa biopolttoaineiden kilpailukyky paranee, ja metsähakkeen käyttö kasvaa 24 TWh:iin. Koska metsähakkeen kysyntä ja tarjonta eivät kohtaa kaikkialla Suomessa, pientä osaa metsähakkeesta ei polteta sellaisenaan, vaan jalostetaan korvaamaan öljyä, hiiltä ja maakaasua eri käyttökohteissa. Metsäteollisuuden tuotanto kasvaa tässä skenaariossa merkittävästi nykytasosta.

TUONTI-skenaariossa biopolttoaineiden kilpailukyky oletetaan paranevan oleellisesti, ja maksukyky puupolttoaineesta kaksinkertaistuu nykytasosta. Metsähakkeen käyttö kohoaa 30 TWh:iin. Lähes kolmasosa tästä käytetään polttoainejalosteiden valmistukseen, etenkin Etelä- ja Pohjois-Savossa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa, jossa metsähakkeen tarjontaa on enemmän kuin sähkön ja lämmön tuotannossa on kysyntää polttoaineille. Metsäteollisuuden tuotanto pysyy nykyisellään kotimaan puun hankinnan korvauksessa tuontipuun määrän vähentymistä.

TUONTI-skenaariossa metsähakkeen tuotanto työllistää vuonna 2020 yli 6 000 henkilövuoden verran, ja teollisesti metsähakkeesta valmistettavien energiatuotteiden vuotuinen arvo on yli 1 500 miljoonaa euroa. Metsäteollisuuden nykyisestä viennin arvosta tämä olisi kuitenkin vain reilut 10 %, joten kyse on merkittävästä lisäarvosta. Metsähake vastaisi Suomen polttoaineiden käytöstä noin 10 %:a. Lämpöyrittäjyys ja pilkekauppa työllistävät suhteellisesti eniten, ja niiden alueellinen merkittävyys on suuri, mutta liiketoimintavolyymi on noin kymmenesosa metsähakkeen teollisesta käytöstä.

Metsäteollisuuden raaka-aineiden käytön merkittävää siirtymistä energiasektorille ei nähty todennäköiseksi Suomessa, vaikka maksukyky puupolttoaineesta kaksinkertais-

tuisi. Energialiiketoiminta nähtiin pikemmin mahdollisuutena lisätä puubiomassan jalostusarvoa ja metsäsektorin liikevaihtoa, ja toisaalta se mahdollistaa nuorten metsien harvennukset tapauksessa, jossa metsäteollisuus ei olisi kiinnostunut kuitupuun ostosta, vaikkapa pitkän etäisyyden takia. Suomessa puuraaka-aineen siirtymistä energiakäyttöön vähentää muihin maihin verrattuna suuriin kattiloihin valittu leijukattilatekniikka, joka mahdollistaa hyvin saatavilla olevien vaihtoehtoisten polttoaineiden, turpeen ja kivihiilen, käytön. Näiden polttoaineiden ja päästöoikeuden hinnat asettavat käytännössä rajahinnan puupolttoaineelle. Muissa maissa laitosten tekniikka, syöttötariffit ja luvitus rajoittavat useasti polttoaineiden valintaa ja voivat johtaa polttoaineiden hintojen suuriin paikallisiin vaihteluihin, joita on jo toteutunut esimerkiksi Saksassa.

Erillisissä tarkasteluissa osoittautui, että suurin uhkakuva Suomen ja metsäteollisuuden energian tuotannon omavaraisuuden näkökulmasta on se, että suuria määriä puupolttoaineita viedään ulkomaille maihin, joissa uusiutuvien käyttöä tuetaan merkittävästi enemmän kuin Suomessa. Uhkakuva voi toteutua, jos Suomessa ei lisätä tukitoimia ja jos päästöoikeuksien ja fossiilisten polttoaineiden hinnat pysyvät matalina.

Erillistarkasteluissa todettiin myös, että metsä- ja energiayhtiöiden on mahdollista jalostaa suuria määriä puupolttoaineita sähköksi tai liikenteen biopolttoaineiksi, jos niiden arvo nousee merkittävästi. Käytännössä tämä kuitenkin tarkoittaa, että metsäteollisuuden ostopolttoaineiden ja ostosähkön määrä kasvaa. Taloudellisesti tämä voisi olla kiinnostavaa etenkin, jos tarjolla olisi edullista perusvoimasähköä eikä biopolttoaineiden käyttö CHP-laitoksissa kasvaisi oleellisesti tämän vuoksi.

Nestemäisten ja kaasumaisten polttoaineiden jalostus edellyttää suuria investointeja pellettien tuotantoon verrattuna, joten investointien käynnistyminen edellyttää varmuutta raaka-aineiden ja lopputuotteiden hintatasosta pitkällä aikavälillä. Sama koskee lyhyemmällä aikavälillä yksityisten koneyritysten investointeja metsähakkeen tuotantoketjuihin.

Tehdyt laskelmat osoittivat, että biopolttoaineita on saatavilla kysyntää vastaavasti vain osassa Suomea. Tämä tarkoittaa, että kierrätyspolttoaineille ja pelto biomassoille on kysyntää runsaasti etenkin rannikolla ja koko eteläisessä Suomessa Mikkelin eteläpuolella eivätkä biopolttoaineet kilpaile toisiansa vastaan. Turve on lähes kaikissa laitoksissa mukana seospolttoaineena laitoksen käytettävyyden pitämiseksi korkeana, etenkin jos laitokseen on valittu korkeat höyryn arvot hyvän rakennusasteen (tuotettu sähkö/tuotettu kauko- tai prosessilämpö) saavuttamiseksi.

Metsähakkeen käytön suuren lisäyksen toteutumisen uhkina nähtiin mahdollinen tuotannon työntekijäpula ja se, että maanomistajien suhtautuminen hakkuutähteiden poisvientiin muuttuisi negatiiviseksi.

Lähdeluettelo

Ahtiainen, M., Finér, L., Haapanen, M., Kenttämies, K., Mattsson, T. & Rämö, A. 2003. Näkyvätkö hakkuun ja maanmuokkauksen vaikutukset valumaveden laadussa – tehoavanko ympäristönsuojeluohjeet. Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta – tutkimustietoja ja työkaluja -seminaari, Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2003. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886. Helsinki: Metla. S. 25–33.

Alanen, V.-M. 2007. Lämpöyrittäjärekisteri. Jyväskylä: Jyväskylän Teknologiakeskus Oy.

Angelstam, P., Mikusinski, G. & Breuss, M. 2002. Biodiversity and forest habitats. Teoksessa: Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A. T. & Smith, C. T. (toim.) Bioenergy from sustainable forestry – Guiding principles and practice. Forestry Sciences 71. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. S. 216–243.

Arvio biomassan pitkän aikavälin hyödyntämismahdollisuuksista Suomessa. 2007. Professori Rintalan johtaman asiantuntijaryhmän raportti. 12.2.2007. Saatavilla kauppa- ja teollisuusministeriön www-sivuilta www.ktm.fi.

Asikainen, A. 2004. Ympäristövaikutukset. Teoksessa: Harstela, P. (toim.) Metsähake ja metsätalous. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 913. Helsinki: Metla. S. 26–36.

Asikainen, A., Ranta, T., Laitila, J. & Hämäläinen, J. 2001. Hakkuutähdehakkeen kustannustekijät ja suurimittakaavainen hankinta. Tiedonantoja 131. Joensuu: Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 107 s.

DOE. 2007. Annual Energy Outlook 2007. Saatavilla [www-sivuilta](http://www.doe.gov) osoitteessa www.doe.gov.

EU. 2007. Komission energiapaketti 10.1.2007. Strateginen energiakatsaus ja siihen liittyvät tiedonannot ja taustaselvitykset. Saatavilla komission www-sivuilta.

Gibbs, J. N., Greig, B. J. W. & Pratt, J. E. 2002. Fomes root rot in Thetford Forest, East Anglia: past, present and future. Forestry Oxford, Vol. 75, No. 2, s. 191–202.

Hakkila, P. 1991. Crown mass of trees at harvesting phase. Folia Forestalia 773. Helsinki: Metla. 24 s.

Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Loppuraportti. Teknologiaohjelmaraportti 5/2004. Helsinki: Tekes. 135 s.

Heikkilä, J., Sirén, M., Hynynen, J. & Sauvula, T. 2006. Energiapuuta ainespuusta tinkimättä. Hyvän metsänhoidon opassarja. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 16 s.

Hilksa-Aaltonen, M. 2007. Metsäenergian valtion tuki KMO:n tavoitteiden ja rahoitusraamien puristuksessa. Esitelmä. Metsäpäivien seminaari 20.3.2007.

IEA. 2006a. Energy Technology Perspectives 2006. Scenarios & Strategies to 2050.

IEA. 2006b. World Energy Outlook 2006.

Korhonen, K. 1993. Juurikäävän torjunta. Teoksessa: Kurkela, T. & Lipponen, K. (toim.) Metsänsuojelututkimuksen tuloksia. Metsäntutkimuspäivä Vantaalla 9.12.1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 460. Helsinki: Metla. S. 53–60.

Korhonen, K. & Lipponen, K. 2001. Juurikäpää – lajit, levinneisyys ja torjunnan nykytilanne. Metsätieteen aikakauskirja 3/2001, s. 453–457.

Korhonen, K. T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 2001. Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1966–2000. Metsätieteen aikakauskirja 3B/2001, s. 495–576.

KTM. 2005. Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 24. päivänä marraskuuta 2005. KTM Julkaisuja 25/2005. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö.

KTM. 2006a. Liikenteen biopolttoaineiden tuotannon ja käytön edistäminen Suomessa. Työryhmän mietintö. KTM Julkaisuja 2006. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö.

KTM. 2006b. Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Taustaraportti. KTM Julkaisuja 4/2006. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö.

Kurkela, T. 1988. Juurikäpätuhot taimikoissa. Teoksessa: Jokinen, K. (toim.) Juurikäpää – metsänkäsittelyn ongelma. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 319. Helsinki: Metla. S. 8–9.

Kytö, M. & Korhonen, K. 2001. Energiapuun korjuu ja metsätuhot. Teoksessa: Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.) Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816. Helsinki: Metla. S. 59–65.

Laitila, J., Asikainen, A., Sikanen, L., Korhonen, K. T. & Nuutinen, Y. 2004. Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka. Metlan työraportteja 3. Helsinki: Metla. 57 s.

Metsätilastollinen vuosikirja. 2006. Helsinki: Metla.

Mälkönen, E., Kukkola, M. & Finér, L. 2001. Energiapuun korjuu ja metsämaan ravinnestä. Teoksessa: Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.) Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816. Helsinki: Metla. S. 31–52.

Neary, D. 2002. Hydrologic values. Teoksessa: Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A. T. & Smith, C. T. (toim.) Bioenergy from sustainable forestry – Guiding principles and practice. Forestry Sciences 71. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. S. 190–215.

Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.) 2001. Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816. Helsinki: Metla.

Nuutinen, T., Salminen, O., Hirvelä, H. & Räsänen, T. 2005. Yksityismetsien hakkuumahdollisuudet metsäverotuksen siirtymäkauden jälkeen. Metsätehon Katsaus nro 15. Helsinki: Metsäteho. 4 s.

Peltobiomassa, liikenteen biopoltonesteet ja biokaasu -jaosto. 2007. Loppuraportti. Työryhmämuistio MMM 2007:2.

Piri, T. 2003. Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland (Dissertation). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 898. Helsinki: Metla. 64 s.

Pöyry. 2006. Metsäenergian tuotannon, korjuun ja käytön kustannustehokkuus sekä tukijärjestelmien vaikuttavuus päästökaupan olosuhteissa. Loppuraportti. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 50 s.

Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A. T. & Smith, C. T. (toim.) 2002. Bioenergy from sustainable forestry – Guiding principles and practice. Forestry Sciences 71. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Ring, E. 1996. Effects of previous N fertilizations on soil-water pH and N concentrations after clear-felling and soil scarification at a *Pinus sylvestris* site. Scand. J. For. Res., Vol. 11, No. 1, s. 7–16.

Siitonen, J. 2001. Energiapuun hankinta ja metsälajiston monimuotoisuus. Teoksessa: Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.) Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816. Helsinki: Metla. S. 66–74.

StAAF, H. & Olsson, B. 1994. Effects of slash removal and stump harvesting on soil water chemistry in a clearcutting in SW Sweden. Scand. J. For. Res., Vol. 9, s. 305–310.

Stenlid, J. 1986. Biochemical and ecological aspects of the infection biology of *Heterobasidion annosum*. Dissertation. Avdelningen för Skoglig Mykologi och Patologi. Series Biochemical and ecological aspects of the infection biology of *Heterobasidion annosum*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

Tomppo, E., Katila, M., Moilanen, J., Mäkelä, H. & Peräsaari, J. 1998. Kunnittaiset metsävaratiedot 1990–94. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 4B/1998, s. 619–839.

Tomppo, E., Henttonen, H. & Tuomainen, T. 2001. Valtakunnan metsien inventoinnin menetelmä ja tulokset metsäkeskuksittain Pohjois-Suomessa 1992–94 sekä tulokset Etelä-Suomessa 1986–92 ja koko maassa 1986–94. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2001, s. 99–248.

Väkevä, J. 2007. Puuta on, mutta miten on työvoiman, koneiden ja tiestön laita. Esitelmä. Metsäpäivien seminaari 20.3.2007.

YM. 2007. Ehdotus valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2016. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Tekijä(t) Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Asikainen, Antti & Laitila, Juha		
Nimeke Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet		
Tiivistelmä Tämän selvityksen tavoitteena on selvittää skenaariotarkasteluja käyttäen, miten metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvat energialiiketoimintamahdollisuudet ja niihin vaikuttava politiikkaympäristö kehittyvät Suomen näkökulmasta vuoteen 2020. Puupolttoaineet kattavat Suomen kokonaisenergian tarpeesta 20 % ja sähkön kulutuksesta 10 %. Puun energiakäyttöä voitaisiin nostaa merkittävästi lisäämällä metsähakkeen tuotantoa jopa 30 TWh:iin (15 milj. k-m3). Metsähakkeen käyttöä on mahdollista lisätä runsaasti etenkin Etelä- ja Pohjois-Savossa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa, joissa metsähaketta riittäisi sähkön ja lämmön tuotannon lisäksi esimerkiksi polttoainelasteiden valmistukseen. Maksukyvyyn puupolttoaineesta ja energiatuotteiden arvon arvioitiin noin kaksinkertaistuvan vuoteen 2020 mennessä. Suomen ja muiden EU-maiden energiatuotteiden hintaan vaikuttavista politiikkatoimista riippuu pääosin se, miten paljon puupolttoainetta käytetään, miten käyttö jakautuu pienlämmityksen, sähkön ja lämmön tuotannon ja polttoainelasteiden tuotannon kesken ja kuinka suurta vienti ja tuonti ovat. Metsähakkeen käytön lisäyksen jalostusarvoksi laskettiin enimmillään 1 500 milj. euroa vuonna 2020. Metsäteollisuuden raaka-aineiden merkittävää siirtymistä energiasektorille ei nähty todennäköiseksi Suomessa. Energialiiketoiminta nähtiin pikemmin mahdollisuutena lisätä puubiomassan jalostusarvoa ja metsäsektorin liikevaihtoa, ja toisaalta se myös mahdollistaa alle ainespuumittaisten nuorten metsien metsänhoidolliset energiapuuharvennukset. Suurin osa yli 7 000 henkilötyövuoden työllistävyyden lisäyksestä tulee metsähakkeen tuotannosta, jossa voi ilmetä jopa työntekijäpulaa. Suhteellisesti eniten työllistävät lämpöyrittäjyys ja pilkekauppa. Suurimmat investoinnit (yhteensä 2 500 milj. euroa) kohdistuvat sähkön ja lämmön yhteistuotantoon ja polttoainelasteiden valmistukseen, mutta myös metsähakkeen tuotantoon.		
ISBN 978-951-38-6942-7 (nid.) 978-951-38-6943-4 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 10153
Julkaisuaika Heinäkuu 2007	Kieli Suomi	Sivuja 66 s.
Projektin nimi Metsäenergia		Toimeksiantaja(t) Metsäalan tulevaisuusfoorumi
Avainsanat forest industry, forest economy, bioenergy, forest energy, wood fuels, forest chips, fuel production, scenarios, environmental impacts, energy policy, investments		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

- 2376 Design Issues in All-IP Mobile Networks. Raatikainen, Pertti (ed.). 2007. 136 p.
- 2377 Holopainen, Riikka, Hekkanen, Martti, Hemmilä, Kari & Norvasuo, Markku. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. 2007. 104 s. + liitt. 2 s.
- 2378 Tallgren, Markus, Pihlajamaa, Olli & Törönen, Juha. Ubiquitous Customer Loyalty Services. Technology and Market Outlook. 2007. 77 p. + app. 52 p.
- 2379 Paiho, Satu, Ahlqvist, Toni, Lehtinen, Erkki, Laarni, Jari, Sipilä, Kari, Ala-Siuru, Pekka & Parkkila, Tommi. Talotekniikan kehityslinjat. Teknologiat ja markkinat. 2007. 55 s. + liitt. 60 s.
- 2380 Lahdenperä, Pertti. Aluerakennuskohteiden kehityskumppaneiden systemaattinen valinta. 2007. 63 s.+ liitt. 12 s.
- 2381 Hirvonen, Juhani, Sallinen, Mikko, Maula, Hannu & Suojanen, Marko. Sensor Networks roadmap. 2007. 47 p.
- 2382 Cronvall, Otso, Männistö, Ilkka & Simola, Kaisa. Development and testing of VTT approach to risk-informed in-service inspection methodology. 2007. 43 p.
- 2383 Hakkarainen, Tuula. Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa. Nykytilanne ja tarvekartoitus. 2007. 55 s.
- 2384 Kangas, Petteri, Toivonen, Santtu & Bäck, Asta (eds.). "Ads by Google" and other social media business models. 2007. 59 p.
- 2385 Löfman, Jari, Keto, Vesa & Mészáros, Ferenc. FEFTRATM. Verification. 2007. 103 p. + app. 4 p.
- 2386 Loikkanen, Torsti, Hyytinen, Kirsi & Koivusalo, Salla. Yhteiskuntavastuu ja kilpailukyky suomalaisyrityksissä. Nykytila ja kehitysnäkymät. 2007. 118 s.
- 2387 Henttonen, Katja. Stylebase for Eclipse. An open source tool to support the modeling of quality-driven software architecture. 2007. 61 p. + app. 15 p.
- 2388 Lanne, Marinka & Kupi, Eija. Miten hahmottaa security-alaa? Teoreettinen malli Suomen security-liiketoiminta-alueista. 2007. 52 s. + liitt. 1 s.
- 2389 Leikas, Jaana & Lehtonen, Lauri. Ikääntyvien idealiike. Käyttäjälähtöisellä innovoinnilla elämänmakuisia mobiilipalveluja. 2007. 34 s.
- 2390 Tuominen, Anu, Ahlqvist, Toni, Rämä, Pirkko, Rosenberg, Marja & Räsänen, Jukka. Liikennejärjestelmän teknologiapalvelujen vaikutusarvioinnit tulevaisuudessa. 2007. 64 s. + liitt. 5 s.
- 2391 Mikkola, Markku & Pirttimäki, Antti. Tuotekehitys Kiinassa. Uhka, mahdollisuus vai yhdentekevää? 2007. 31 s.
- 2392 Kettunen, Jari, Rakshit, Krishanu & Uoti, Mikko. Electronic India. Market trends and industry practices in IT services, telecoms and online media. 2007. 98 p. + app. 2 p.
- 2394 Herrala, Maila. The value of transport information. 2007. 87 p. + app. 5 p.
- 2395 Aarnisalo, Kaarina, Heiskanen, Seppo, Jaakkola, Kaarle, Landor, Eva & Raaska, Laura. Traceability of foods and foodborne hazards. 2007. 46 p. + app. 2 p.
- 2397 Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Asikainen, Antti & Laitila, Juha. Metsätalouden ja metsäteollisuuden perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet. 2007. 66 s.

Julkaisussa selvitetään skenaariotarkasteluja käyttäen, miten metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvat energialiiketoimintamahdollisuudet ja niihin vaikuttava politiikkaympäristö kehittyvät Suomen näkökulmasta vuoteen 2020. Raaka-ainetta riittää metsähakkeen tuotannon moninkertaistamiseksi. Metsähaketta on runsaasti etenkin Etelä- ja Pohjois-Savossa, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa, joissa sitä riittäisi sähkön ja lämmön tuotannon lisäksi esimerkiksi biodieselin valmistukseen. Lähes puolet metsähakevaroista on nuorissa kasvatusmetsissä. Puusta energiakäytössä maksettava hinta ja puusta valmistettujen energiatuotteiden arvo voivat jopa kaksinkertaistua vuoteen 2020 mennessä. Metsähakkeen käytön jalostusarvo voi tällöin kasvaa jopa 1,5 miljardia euroa nykyisestä. Metsäenergiantuotanto on yksi lupaavimmista keinoista metsäsektorin liiketoiminnan ja työllisyyden lisäämiseksi.

Suurimmaksi uhkaksi kotimaiselle metsähakkeen energiakäytölle arviointiin puupolttoaineiden kasvava vienti niihin Itämeren alueen maihin, joissa uusiutuvien energialähteiden käyttöä tuetaan merkittävästi enemmän kuin Suomessa.

Julkaisu on saatavana

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4404
Faksi 020 722 4374

Publikationen distribueras av

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4404
Fax 020 722 4374

This publication is available from

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4404
Fax + 358 20 722 4374