



Petri Halonen, Satu Helynen, Martti Flyktman,  
Esa Kallio, Markku Kallio, Teuvo Paappanen &  
Pirkko Vesterinen

## Bioenergian tuotanto- ja käyttö- ketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset



# **Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset**

Petri Halonen, Satu Helynen, Martti Flyktman, Esa Kallio,  
Markku Kallio, Teuvo Paappanen & Pirkko Vesterinen  
VTT Prosessit

ISBN 951-38-6194-5 (nid.)  
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6195-3 (URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>)  
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>)

Copyright © VTT 2003

**JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER**

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT  
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT  
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland  
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Prosesstit, Koivurannatie 1, PL 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ  
puh. vaihde (014) 672 611, faksi (014) 672 597

VTT Processer, Koivurannatie 1, PB 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ  
tel. växel tel. växel (014) 672 611, fax (014) 672 597

VTT Processes, Koivurannantie 1, P.O.Box 1603, FIN-40101 JYVÄSKYLÄ, Finland  
phone internat. + 358 14 672 611, fax + 358 14 672 597

Toimitus Leena Ukoski

Otamedia Oy, Espoo 2003

Halonen, Petri, Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Kallio, Esa, Kallio, Markku, Paappanen, Teuvo & Vesterinen, Pirkko. Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset. [Direct employment effects of bioenergy production and use]. Espoo 2003. VTT Tiedotteita – Research Notes 2219. 51 s.

**Avainsanat** employment, bioenergy, wood fuels, REF, agrobiomass, biofuels, biogas, energy peat, energy production, power plants

## Tiivistelmä

Kauppa- ja teollisuusministeriön Uusiutuvan energian edistämishojelman työryhmän ehdottamana tavoitteena on kasvattaa bioenergian käyttö vuoteen 2010 mennessä 350 PJ:een, mikä tarkoittaa käytön lisääntymistä vuoden 2001 tasosta noin 30 %. Turpeelle ei tuotantotavoitteita ehdoteta, mutta tuotannon arvioidaan prosentuaalisesti pysyvän nykyisellä tasollaan eli noin 6 %:ssa. Tämä merkitsee noin 85 PJ:n käyttöä vuonna 2010, eli myös turpeen käyttö lisääntyy jonkin verran.

Tällä hetkellä kotimaisten polttoaineiden tuotannon työllistävyys on 4 200 henkilötyövuotta. Vuosikymmenen loppuun mennessä tuotanto- ja käyttömäärien kasvaessa tulee alan työllistävyys olemaan noin 6 600 henkilötyövuotta. Määrällisesti eniten työllistävät turve- ja metsähaketuotanto. Uusina energialähteinä tulevat mukaan biokaasun ja pelto-biomassojen laajamittainen tuotanto sekä kokonaan uutena alueena biopolttonesteet.

Kotimaisia polttoaineita käyttävät laitokset työllistävät tällä hetkellä 2 800 henkilöä ja vuosikymmenen loppuun mennessä luku nousee 2 900 henkilötyövuoteen, joten niiden käytön työllistävyyden nettolisäys jää käyttöpaikoilla vähäiseksi.

Bioenergia-alan laitevalmistuksen ja viennin on arvioitu lisääntyvän merkittävästi nykyisestä vuosikymmenen loppuun mennessä, ja siten myös laitevalmistuksen työllistävä vaikutus nousee. Laiteviennin arvioidaan kasvavan miljardiin euroon lähivuosina, ja sen myötä välitön työllistävyys saattaa nousta yli 8 500 henkilötyövuoteen.

Halonen, Petri, Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Kallio, Esa, Kallio, Markku, Paappanen, Teuvo & Vesterinen, Pirkko. Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset. [Direct employment effects of bioenergy production and use]. Espoo 2003. VTT Tiedotteita – Research Notes 2219. 51 p.

**Keywords** employment, bioenergy, wood fuels, REF, agrobiomass, biofuels, biogas, energy peat, energy production, power plants

## Abstract

The objective of the National Action Plan for Renewable Energy Sources of Ministry of Trade and Industry is to increase the use of bioenergy up to 350 PJ by the year 2010. Compared to 2001 the growth would be approximately 30 %. There will be no production targets for energy peat but it is estimated that the production will remain at the current level of 6 % also in the future. This corresponds approximately 85 PJ in 2010, that is to say that also the use of energy peat will increase in some degree.

Currently the production of indigenous biomass-based fuels is estimated to employ for 4 200 man-years. By the end of the decade the employment effect is estimated to be approximately 6 600 man-years due to the increase in bioenergy production and use. Energy peat production and forest chips production employ people most. Large scale production of biogas and agrobiomass as well as biofuels will be new energy sources involved.

At present heating and power plants which use bioenergy and energy peat employ 2 800 persons. By the end of the decade the amount of employees is expected to rise to 2 900 man-years. Thus, net-growth of employment by bioenergy use will be moderate.

Manufacture and export of products in the bioenergy sector are expected to grow significantly by the end of the decade. Thus the employment effect of machinery manufacture is expected to rise. The volume of technology export is expected to reach EUR 1 000 000 000 in the near future. Consequently, direct employment effect may exceed 8 500 man-years.

## Alkusanat

Selvityksessä kartoitettiin bioenergian ja turpeen tuotannon ja käytön nykyiset työllisyysvaikutukset sekä arvioitiin työllistävyysmahdollisuudet vuonna 2010, kun bioenergian käyttö lisääntyy vuonna 2002 päivitetyn uusiutuvan energian edistämishjelman tavoitteiden mukaisesti.

Selvitys tehtiin kauppa- ja teollisuusministeriön toimeksiannosta. Ministeriön yhteishenkilönä toimi ylitarkastaja Juha Turkki.

Selvityksen teko aloitettiin VTT Prosesseissa syksyllä 2002. Tekemiseen osallistui lukuisia asiantuntijoita Energian tuotanto -tutkimusalueelta Jyväskylältä. Projektin vastuullisena johtajana toimi tutkimuspäällikkö Satu Helynen ja raportin kokosi tutkija Petri Halonen. Tutkijat Martti Flyktman, Markku Kallio, Pirkko Vesterinen ja Teuvo Paap-panen sekä tutkimusinsinööri Esa Kallio osallistuivat tuotanto- ja käyttöketjujen kuvaamiseen ja työllisyysvaikutusten arviointiin.

Tekijät kiittävät kauppa- ja teollisuusministeriön yhteishenkilöitä miellyttävästä yhteistyöstä ja muita selvityksen ohjaukseen osallistuneita.

Jyväskylässä elokuussa 2003

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto.....	9
2. Bioenergian käyttökohteet.....	10
2.1 Vastapainevoimalaitokset.....	10
2.1.1 Yhdyskuntien vastapainevoimalaitokset.....	10
2.1.2 Teollisuuden vastapainevoimalaitokset.....	11
2.2 Lämpökeskukset.....	12
2.2.1 Kaukolämpökeskukset.....	12
2.2.2 Teollisuuden lämpökeskukset.....	12
2.2.3 Pienkäyttökohteet.....	12
2.3 Biopolttoaineiden käytön työllisyysvaikutukset.....	13
2.3.1 Käyttöhenkilömäärän arviointi.....	13
2.3.2 Bioenergian käytön nettovaikutus työllisyyteen.....	15
3. Puupolttoaineet.....	17
3.1 Kiinteiden puupolttoaineiden tuotantopotentiaali ja käyttömäärät.....	17
3.2 Metsäteollisuuden sivutuotevirrat.....	18
3.3 Metsähake.....	20
3.3.1 Toimitusketjut.....	20
3.3.2 Metsähaketuotannon työllistävyys.....	22
3.4 Puun pienkäyttö.....	24
3.5 Kiinteät jalosteet.....	25
3.5.1 Pelletit.....	25
3.5.2 Briketit.....	27
3.6 Laitevalmistus.....	29
4. Kierrätyspolttoaineet.....	30
4.1 Kierrätyspolttoaineiden valmistusprosessi.....	30
4.2 Kierrätyspolttoaineiden tuotanto ja työllistävyys.....	31
5. Peltoenergia.....	33
5.1 Peltoenergian käyttö.....	33
5.2 Ruokohelpin ja oljen korjuuketjut.....	33
5.3 Ruokohelpin ja oljen tuotannon työllistävyys.....	35



6. Biopolttonesteet .....	36
6.1 Pyrolyysiöljy.....	36
6.2 Liikenteen biopolttonesteet .....	38
7. Biokaasu.....	39
7.1 Biokaasun tuotanto .....	40
7.2 Biokaasun tuotannon ja käytön työllistävyys.....	43
8. Turvetuotanto.....	44
8.1 Turvetuotannon toimitusketjut .....	44
8.2 Turpeen käyttömäärät.....	45
8.3 Turvetuotannon työllistävyys .....	45
9. Yhteenveto .....	47
Kirjallisuus .....	49



# 1. Johdanto

Kauppa- ja teollisuusministeriö laati vuonna 1999 Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman, jossa asetettiin tavoitteet uusiutuvan energian (bioenergian, vesivoiman, tuulivoiman, aurinkoenergian ja lämpöpumppujen) käytön lisäämiseksi. Tavoitteita on nyt tarkistettu ja täsmennetty. Bioenergian kokonaistavoitteeksi on vuodelle 2010 asetettu runsaan 80 PJ:n lisäys vuoden 2001 tasoon verrattuna (taulukko 1), mikä tarkoittaa käytön lisääntymistä noin 30 %:lla (KTM 1999, Työryhmän ehdotus 2002).

*Taulukko 1. Bioenergian tuotanto ja käyttö vuosina 1995 ja 2001 sekä vuoden 2010 käyttötavoitteet (Työryhmän ehdotus 2002). Kiinteät puupolttoaineet sisältävät metsäteollisuuden kiinteät sivutuotteet, metsähakkeen sekä puun pienkäytön.*

Polttoaine	1995	2001 PJ	2010
Puunjalostusteollisuuden jäteliemet	109,0	133,7	154
Kiinteät puupolttoaineet	98,6	131,8	176
Kierrätyspolttoaineet	1,7	6,0	10
Biokaasu	0,65	0,75	4,2
Peltobiomassa	–	–	2,1
Biopolttonesteet	–	–	3,1
Yhteensä	208,6	267,3	349,4
Turve	74,3	73,1	85,3

Bioenergialla ja turpeella tuotetaan noin neljännes maamme primäärienergiasta. Kotimaisten polttoaineiden käytön lisäämisellä nykyisestään saavutetaan merkittäviä kansantaloudellisia ja alueellisia hyötyjä. Fossiilisia energialähteitä kotimaisilla uusiutuvilla vaihtoehdoilla korvattaessa syntyy uusia työpaikkoja seuduille, joissa työllistyminen muutoin olisi hankalaa.

Tässä tarkastelussa kuvataan yleisimmät biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttöketjut, selvitetään bioenergian tuotannon ja käytön nykyiset työllisyysvaikutukset sekä laskeaan työllistävyys vuonna 2010, mikäli toiminta laajenee uusiutuvan energian edistämishjelman (Työryhmän ehdotus 2002) mukaisesti. Selluteollisuuden jäteliemet on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, sillä niiden polton katsotaan olevan osa sellunvalmistusprosessia. Tarkasteluun on sen sijaan sisällytetty turve, joka bioenergian ohella on tärkeä kotimainen polttoaine.

## 2. Bioenergian käyttökohteet

Tärkeimpiä kiinteiden polttoaineiden käyttökohteita ovat suurten kaupunkien kaukolämpöä ja sähköä tuottavat vastapainevoimalaitokset sekä teollisuuden vastapainevoimalat, jotka tuottavat prosessihöyryä ja sähköä. Yhdyskuntien voimaloissa polttoaineena käytetään turvetta ja puuta. Puupolttoaineina käytetään metsähaketta ja teollisuuden sivutuotteita, kuten sahoilta saatavaa purua ja kuorta. Teollisuuden voimaloissa käytetään eniten prosessin sivutuotteita, kuten purua, kuorta ja lietteitä. Lisäksi käytetään turvetta ja lisääntyvässä määrin myös metsähaketta.

Suuriin asutustaaajamiin on rakennettu kaukolämpöjärjestelmiä, joihin lämpö tuotetaan puuta ja turvetta käyttävillä kattiloilla. Merkittäviä lämmönkäyttäjiä ovat myös sahat ja muut puunjalostuslaitokset, jotka hyödyntävät omat sivutuotteensa lämmön tuotannossa. Viimeisen kymmenen vuoden aikana bioenergian käyttökohteiksi ovat vakiintuneet myös lämpöurakointikohteet, joiden tehot vaihtelevat muutamasta kymmenestä kilowattista pariin megawattiin.

Suurimpia bioenergian käyttäjiä ovat sellutehtaiden soodakattilat, jotka eivät kuitenkaan ole mukana tässä työllisyystarkastelussa. Soodakattilan ensisijainen tehtävä on mahdollistaa sellunkeiton kemikaalien talteenotto.

### 2.1 Vastapainevoimalaitokset

#### 2.1.1 Yhdyskuntien vastapainevoimalaitokset

Yhdyskuntien vastapainevoimalaitokset tuottavat pääasiassa kaukolämpöä lämmönkuluttajille sekä sähköä sähköverkkoon. Niissä saatetaan tuottaa myös prosessihöyryä teollisuuden tarpeisiin. Voimalaitosten polttoaineteho vaihtelee noin 20 MW:sta runsaaseen 300 MW:iin. Sähkö tuotetaan perinteisellä höyryturbiiniprosessilla. Käytetyin polttotekniikka on leijukerros poltto.

Polttoaine tuodaan laitoksille tavallisesti maantiekuljetuksina täysperävaunuyhdistelmillä. Useimmissa laitoksissa polttoainekuormat punnitaan. Sen jälkeen autot purkavat kuormansa vastaanottoasemalla vastaanottotaskuun, josta polttoaine viedään seulontaja murskausasemalle. Sieltä se kuljetetaan polttoainevarastoihin. Pienemmissä vastapainevoimaloissa ei aina ole erillistä vastaanottoasemaa, vaan polttoainevarastot toimivat samalla vastaanottoasemana. Polttoainevarastoissa käytettyjä purkulaitteita ovat ruuvit, tankopurkaimet sekä kolapohjat.

Polttoainevarastosta polttoaine siirretään kuljettimilla kattilarakennukseen, jossa on kattilasiilot polttoaineen lyhytaikaiseen varastointiin. Kattilasiiloilla tasataan myös polttoaineen syöttöä. Kattilasiiloilta polttoaine puretaan kuljettimille, jotka syöttävät polttoaineen kattilaan.

Voimalaprosessia ja käsittelylaitteiden toimintaa ohjataan ja säädetään keskitetysti valvomosta.

### **2.1.2 Teollisuuden vastapainevoimalaitokset**

Teollisuuden voimalat tuottavat pääasiassa prosessihöyryä omaan tarpeeseen sekä sähköä verkkoon. Eräissä kohteissa tuotetaan myös kaukolämpöä läheisen taajaman kaukolämpöverkkoon. Teollisuuden voimaloiden tehot vastaavat kaukolämpövoimaloiden tehoja.

Teollisuudessa voimalaitosten rakennusaste (sähkötehon suhde prosessilämpöön) on alhaisempi kuin kaukolämpövoimaloissa. Tämä johtuu toisaalta siitä, että tehtaassa on joi-takin korkeampiarvoista höyryä käyttäviä lämmönkulutuskohteita ja toisaalta höyrykattilat on suunniteltu alhaisemmille paineille ja lämpötiloille kuin kaukolämpövoimaloissa. Myös teollisuudessa on nykyisin siirrytty käyttämään pääasiassa leijukerros-polttoa. Jois-sakin vanhemmissa pienehköissä voimaloissa käytetään vielä arinapolttoa. Sähkö tuote-taan höyryturbiiniprosessilla. Parissa pienessä voimalassa käytetään höyrykonetta.

Teollisuuden voimalat eroavat yhdyskuntien voimaloista siinä, että useimmiten huo-mattava osa polttoaineesta saadaan oman prosessin sivutuotteina. Käytetyimmät poltto-aineet ovat kuori ja sahanpuru. Lisäksi poltetaan erilaisia puupohjaisia lietteitä ja jonkin verran myös ns. kierrätyspolttoaineita. Ostopolttoaineena on tyypillisesti jyrshinturve.

Polttoaineen käsittely- ja vastaanottojärjestelmät poikkeavat kaukolämpövoimalan vas-taavista siten, että ostopolttoaineelle on vastaanottoasema. Omassa prosessissa syntyvä polttoaine varastoidaan tavallisesti tehdasalueella. Omasta ja ostopolttoaineesta pyritään synnyttämään tasalaatuinen seos. Tähän käytetään erilaisia kuljetinjärjestelmiä, tai eten-kin pienimmissä voimaloissa polttoaineet sekoitetaan kentällä ja valmis seos siirretään kattilaan meneville kuljettimille.

Prosessin ohjaus ja valvonta on toteutettu samalla tavalla kuin kaukolämpövoimaloissa.

## **2.2 Lämpökeskukset**

### **2.2.1 Kaukolämpökeskukset**

Kiinteää polttoainetta käyttävät kaukolämpökeskukset tuottavat lämpöä kaukolämpöverkkoon. Ne koostuvat tavallisesti polttoainevastaanotosta tai varastosta, josta polttoaine siirretään kuljettimilla suoraan kattilalle. Ennen kattilaa on leijukerros poltossa syöttösiilo, arinapoltossa syöttötorvi. Polttotekniikkana on pienemmissä kattiloissa arinapoltto, suuremmissa (yli 5 MW) käytetään nykyisin yleensä leijukerrostekniikkaa. Lisäksi on muutama lämpökeskus, jossa käytetään kaasutuspolttoa.

Lämpökeskuksissa on pyritty vähentämään henkilöstön määrää mahdollisimman pieneksi. Laitoksen valvonta ja ohjaus toteutetaan tyypillisesti PC-valvomolla. Tietokoneen avulla valvotaan lämmöntuotantoa ja ohjataan palamisprosessia sekä otetaan vastaan hälytykset. Pienemmissä laitoksissa valvonta ja ohjaus pyritään hoitamaan yhdessä vuorossa. Illalla ja yöaikaan laitosten automatiikka ohjaa laitosta. Hälytykset ohjataan laitoksen päivystyksestä vastaavalle henkilölle. Usein lämpökeskusten hoidosta vastaavat henkilöt osallistuvat myös kaukolämpöverkon kunnossapitoon.

### **2.2.2 Teollisuuden lämpökeskukset**

Yleensä teollisuuden lämpökeskukset tuottavat lämpöä oman prosessinsa lämmöntarpeeseen omista sivutuotteistaan. Tyypillinen laitos on sahan lämpökeskus, joka tuottaa lämpöä omasta kuoresta ja purusta sahatavaran kuivaukseen ja tilojen lämmitykseen.

Teollisuuden lämpökeskuksissa polttoaine varastoidaan omalla varastoalueella. Polttoainelajit sekoitetaan kentällä ja siirretään joko suoraan kuljettimelle tai varastosiiloon. Polttoaineen siirrosta vastaava henkilö suorittaa myös muita puun käsittelyyn liittyviä toimia.

Lämpökeskusta ohjataan samalla tavoin kuin kaukolämpökeskuksia, eli tietokoneita käytetään laitoksen ohjaukseen ja valvontaan. Vanhemmissa lämpökeskuksissa prosessia saatetaan vielä ohjata manuaalisin yksinkertaisin säädöin.

### **2.2.3 Pienkäyttökohteet**

Pienkäyttökohteita ovat esimerkiksi suuret kiinteistöt, kuten koulut, oppilaitokset ja vanhustentalot, sekä pienlämpöverkot. Puunjalostusteollisuudessa on myös pieniä käyttökohteita, esimerkiksi huonekaluteollisuudessa.

Lämpökeskusten tehot vaihtelevat tavallisesti muutamasta kymmenestä kilowatista aina kahteen megawattiin. Lämpökeskusten käyttö on usein toteutettu lämpöurakointiperiaatteella, eli sama organisaatio vastaa sekä polttoaineen hankinnasta että lämmön tuotannosta.

Lämpökeskukset vastaavat tekniikaltaan kaukolämpökeskuksia. Polttoaineena käytetään metsähaketta, nykyisin myös puupelletit ovat tulossa näihin käyttökohteisiin. Teollisuuden pienissä lämpökeskuksissa poltetaan yleensä omien prosessien sivutuotteita, esimerkiksi kuivaa sahanpurua ja kutterinlastua.

Polttotekniikkana käytetään erilaisia arina- ja stokerikattiloita.

## 2.3 Biopolttoaineiden käytön työllisyysvaikutukset

### 2.3.1 Käyttöhenkilömäärän arviointi

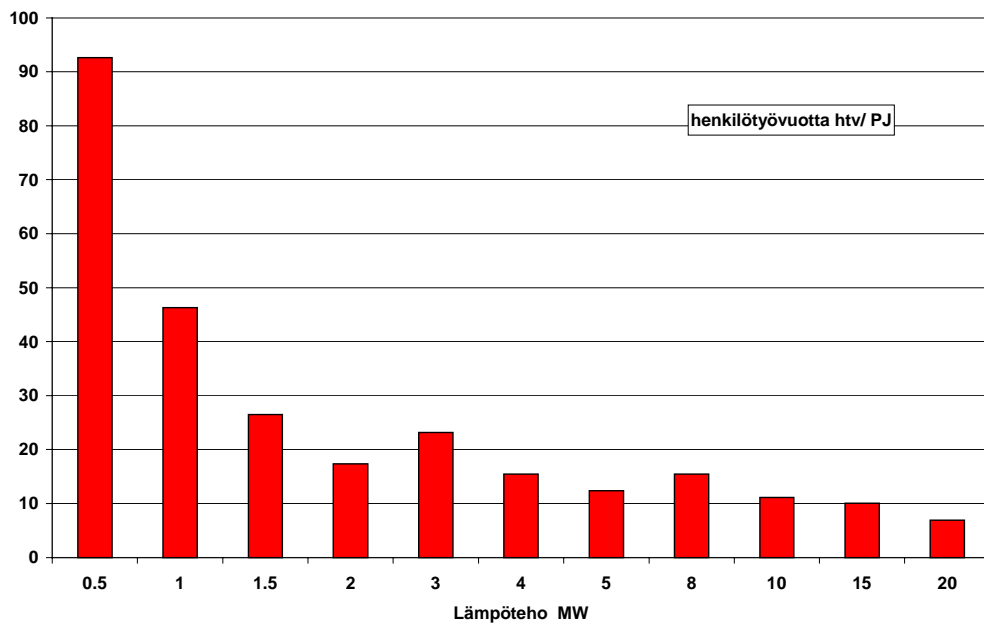
Taulukossa 2 esitetään kiinteiden polttoaineiden käytön työllisyysvaikutus vuosina 1995–2010 (esimerkiksi Biopolttoaineiden kilpailukyky sähkön ja lämmön tuotannossa 1998, VTT Prosessien voima- ja lämpölaitostietokanta). Tarkastelussa ovat mukana 0,5 MW:a suuremmat laitokset. Huomattava joukko lämpöyrittäjäyryskohteita jää tällöin käytön osalta huomioon ottamatta, mutta pienissä kohteissa polttoaineen hankinnan työllisyysvaikutus onkin käyttöä merkittävämpää.

*Taulukko 2. Kiinteiden polttoaineiden käytön työllistävä vaikutus eri vuosina.*

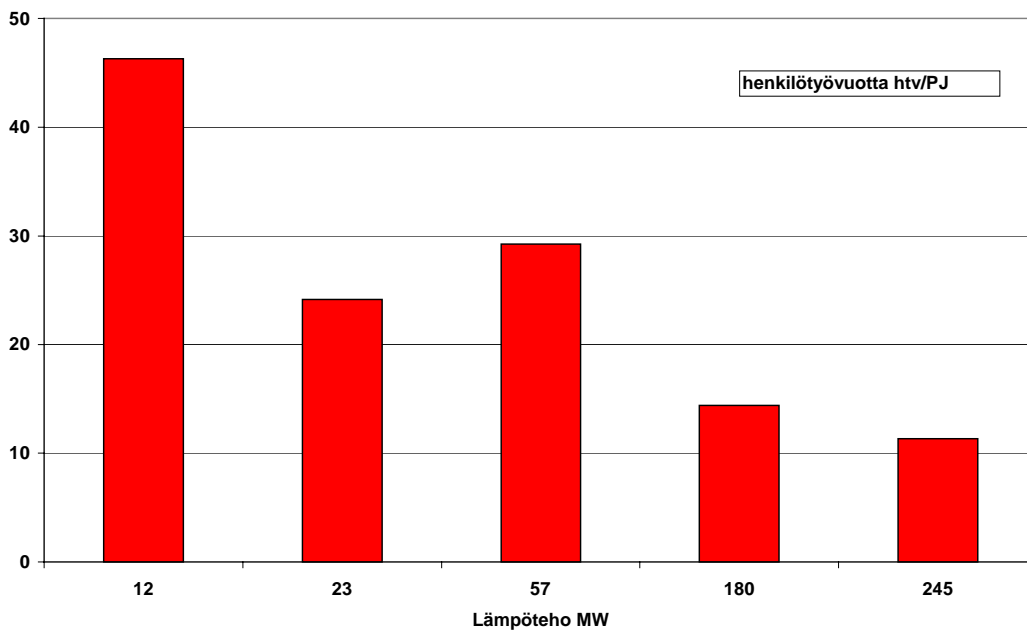
	1995	2001	2010
Laitosten lukumäärä	290	330	400
Työllisyys, htv	2 700	2 800	2 900

Pieniä käyttökohteita (teho alle 2 MW) on rakennettu viime vuosina runsaasti, mutta niiden käytön työllisyysvaikutus jää alle 1 htv:n/laitos. Joitakin uusia vastapainovoimaloita on valmistunut menneiden viiden vuoden aikana. Suurissa voimaloissa on usein kuitenkin kyse kattilan uusimisesta, jolloin uusia työpaikkoja ei montaa synny. Automaatiokehityksen myötä työpaikkojen määrä on saattanut jopa vähentyä.

Kuvista 1 ja 2 nähdään, että suhteessa eniten tuotettua energiamäärää kohden työtä käytetään pienissä yksiköissä. Pienissä kokoluokissa palkkakustannukset ovat merkittäviä energiantuotannon kokonaiskustannusten kannalta.



Kuva 1. Lämpökeskusten energiantuotannon työllistävyys (htv/PJ) teholuokittain.



Kuva 2. Voimalaitosten energiantuotannon työllistävyys (htv/PJ) teholuokittain.

Vuoteen 2010 kehitys jatkunee samanlaisena, eli lukumääräisesti eniten uusia kohteita syntyy pieniin teholuokkiin.



### 2.3.2 Bioenergian käytön nettovaikutus työllisyyteen

Lisääntyneellä puupolttoaineiden käytöllä on korvattu ennen kaikkea turvetta. Tällöin polttoaineen käyttökohteeseen ei synny uusia työpaikkoja. Sama koskee kaikkia kiinteitä polttoaineita. Uusia työpaikkoja syntyy korvattaessa polttoöljyä käyttävä lämpökeskus puuta polttavalla lämpökeskuksella. Vaikutus on tällöinkin laitoskohtainen ja siihen vaikuttaa ennen kaikkea se, millainen tilanne on muutoshetkellä. Mikäli yrityksellä on kaukolämpötoimintaa, sillä on usein myös organisaatio, joka hoitaa lämmön tuotannon. Sama henkilöstö vastaa usein myös kaukolämpöverkon kunnossapidosta ja lämmönjakelun hoidosta. Tällöin siirryttäessä kiinteään polttoaineeseen tapahtuu usein, että osa henkilöstöstä koulutetaan uuden kiinteän polttoaineen kattilan käyttöön. Näin ollen uusia työpaikkoja ei välttämättä synny, vaikka kiinteän polttoaineen käyttö vaatiikin enemmän valvontatyötä kuin öljylämmitys.

Pienvoimaloita rakennetaan korvaamaan nykyisiä suurempia pelkästään kaukolämpöä tuottavia laitoksia. Vastaavaa kehitystä saattaa tapahtua myös sahojen lämpökeskuksissa, mikäli polttoaineiden hintasuhteet sekä sähkön ja lämmön hinta kehittyvät hankkeiden kannalta otolliseen suuntaan. Merkittävä investointeja käyntiin paneva voima on myös voimaloiden tekninen kehitys ja investointikustannusten aleneminen. Mahdollisia kohteita on kymmeniä. Lämpötoiminnan kehittyessä yhdistetyn lämmön ja sähkön tuottamiseen syntyy uusia työpaikkoja muutama laitosta kohti. Tällöinkin määrääviä tekijöitä ovat suurempi laitostekoko ja sähkön tuotanto, ei niinkään siirtyminen biopolttoaineen käyttöön polttoaineena.

Nettotyöllisyyden lisäys kohdistuu pienempiin laitoksiin. Työllisyyden kasvu on jatkossa vähäistä siksi, että Suomi on ainakin suurimpien taajamien osalta "kyllästetyssä" tilassa eli potentiaalisia kohteita siirtyä öljystä kiinteään polttoaineeseen on melko vähän. Suomen kaukolämpö ry.:n kaukolämpötilaston mukaan vuonna 2000 vain runsaat kymmenen jäsenyritystä tuotti kaukolämpöä polttoöljyllä, kun lämmöntuotanto oli noin 10–30 GWh/a.

Laitosten työllistävyyteen vaikuttaa myös se, kuka vastaa taajaman lämmityksestä. Lämmitysvastuu voidaan antaa ulkopuoliselle yritykselle, joka hoitaa kattiloidensa käytön keskitetysti siten, että sama henkilöstö vastaa useamman kattilan käytöstä.

Kiinteiden polttoaineiden käytössä pyritään minimoimaan henkilötöiden tarve, koska palkkakustannusten osuus lämmöntuotantokustannuksista on huomattava. Automaatiojärjestelmien kehitys, polttoaineen laadun paraneminen ja hallinta, kattiloiden käytön oppiminen sekä uudet tekniset ratkaisut ovat vähentäneet energiantuotannon vaatimaa työn määrää.

Taulukossa 3 on arvio bioenergian työllisyyden nettolisäyksestä käyttöpaikoilla ajalle 2002–2010.

*Taulukko 3. Työllisyyden kasvu vuoteen 2010 mennessä.*

Kohde	Lukumäärä	Netto-työllisyys, htv/laitos	Lämpöteho, yht. MW	Työllisyyden nettolisäys yhteensä, htv
Lämpöurakointi	100	< 0,5	40	30
Kaukolämpölaitokset öljystä biopolttoaineeseen	10	1	50	10
Uudet kaukolämpölaitokset	15	< 1	35	10
Uudet CHP-voimalat (kaukolämpö ja teollisuus)	15	6	225	90
Yhteensä	140		350	140

## 3. Puupolttoaineet

### 3.1 Kiinteiden puupolttoaineiden tuotantopotentiaali ja käyttömäärät

Suomessa lähes puolet metsistä korjatusta biomassasta päätyy energiakäyttöön, joko suoraan metsähakkeena ja polttopuuna tai metsäteollisuuden sivutuotteina. Tällä hetkellä puuperäisen energian osuus Suomen primäärienergian kulutuksesta on viidennes.

Pääosan käytetystä puupolttoaineesta muodostavat metsäteollisuuden sivutuotteet. Puupolttoaineiden tuotannon ja käytön työllisyysvaikutuksia määritettäessä keskityttiin kiinteisiin puupolttoaineisiin, sillä selluteollisuuden jätelienten poltto on osa sellunvalmistusprosessia.

Metsäteollisuus synnyttää tuotannossaan runsaasti kiinteitä puuperäisiä sivutuotteita: haketta, purua, kuorta, yms. Esimerkiksi sahateollisuudessa sivutuotteiden osuus on noin puolet sahalle tulevan raaka-aineen kokonaismäärästä, vanerituotannossa jopa 70 %. Sivutuotteille on usein kuitenkin löydettävissä muuta käyttöä kuin poltto lämpölaitoksella. Syntyvä hake ja puru menevät pääosin sellu- ja lastulevyteollisuuden raaka-aineeksi. Kuorelle ei energiakäytön lisäksi ole juuri muuta käyttöä.

Teollisuuden puutähdehaketta, sahanpurua sekä muita puruja (kutteria, hiontapölyä yms.) käytettiin vuonna 2001 noin 22,4 PJ (3,1 miljoonaa m<sup>3</sup>), josta noin 75 % oli ostopolttoainetta. Kuorta käytettiin 51,7 PJ (8 miljoonaa m<sup>3</sup>), josta ostojen osuus oli 35 % (Ylitalo 2002). Muita puupolttoaineita, esim. kierrätyspuuta, käytettiin noin 2,5 PJ:n edestä. Vuoden 2010 käyttötavoite on 84 PJ, mikä vastaa 10,9 miljoonaa m<sup>3</sup>:ä (Työryhmän ehdotus 2002) (taulukko 4).

Metsähakkeen raaka-ainetta ovat metsänuudistusalojen hakkuutähde, harvennushakkuiden pienpuu, lahot lumpit sekä muu teollisuuden raaka-aineeksi kelpaamaton puu. Suomessa pääosa energiapuusta korjataan pätehakkuiden hakkuutähteestä, joka koostuu latvusmassasta ja runkohukkapuusta. Tekniset ja ekologiset rajoitteet huomioon ottaen korjuukelpoiseksi hakkuutähteen määräksi arvioidaan 5–9 miljoonaa m<sup>3</sup>/a riippuen siitä, korjataanko tähde tuoreena neulasineen vai kuivahtaneena, jolloin suuri osa vihermassasta jää leimikolle. Nuorista metsistä olisi energiapuuta korjattavissa 4–6 miljoonaa m<sup>3</sup>/a. Potentiaalinen polttoainelähde tulevaisuudessa saattaa olla myös metsänuudistusalojen kanto- ja juuripuu. Varovaisten arvioiden mukaan hyödynnettävissä oleva kanto-puun määrä on 1–2 miljoonaa m<sup>3</sup>/a (Hakkila ja Fredriksson 1996, Hakkila 2002).

Metsähakkeen tämänhetkinen käyttömäärä muodostaa vain muutaman prosentin teoreettisesta biomassapotentialista. Viimeisin tilastoitu käyttömäärä (vuoden 2001) on noin 1,3 milj. m<sup>3</sup> eli 9,4 PJ. Vuoden 2010 tavoite on metsähakkeen käytön lisääminen 38 PJ:een eli noin 5 miljoonaan kiintokuutiometriin (taulukko 4).

Puun pienkäyttö on perinteisesti ollut kotitalouksien ja maatilojen puun käyttöä, jossa suurin osa (noin 70 %) puun hankinnasta hoidetaan itse tai polttoaineesta ei makseta hintaa. Tilanne on muuttumassa ja kuluttajille on tarjolla markkinoilla erityyppisiä polttoaineita: pilkkeitä, haketta, pellettejä ja brikettejä. Puun pienkäyttö vuonna 1995 oli 43,7 PJ, vuonna 2001 45,8 PJ, ja Uusiutuvan energian edistämishjelman tavoite vuodelle 2010 on 54 PJ (taulukko 4). Suurimman bioenergian pienkäytön lisäyksen arvioidaan syntyvän biopolttoaineiden kiinteillä ja nestemäisillä jalosteilla. Niiden työllistävyyttä arvioidaan kohdissa 4.5 ja 7.1. Samoin lämpöyrittäjyyden ja metsähakkeen käytön arvioidaan lisääntyvän pienkäytössä.

*Taulukko 4. Kiinteän puupolttoaineen käyttö 2001 (Ylitalo 2002, Työryhmän ehdotus 2002).*

Puupolttoaine	Energiasisältö, PJ		
	1995	2001	2010
Teollisuuden puupolttoaineet	51,8	76,6	84
Pienkäyttö (ei sis. metsähaketta)	43,7	45,8	54
Metsähake	3,1	9,4	38
Yhteensä	98,6	131,8	176

### 3.2 Metsäteollisuuden sivutuotevirrat

Sivutuotteiden energiakäyttö ei käsiteltäviin volyymeihin nähden työllistä kovin merkittävästi, sillä suuren osan käyttää teollisuus itse omassa energiantuotannossaan. Työpaikkoja syntyy lähinnä myyntiin menevien sivutuotteiden kaukokuljetuksessa; jonkin verran toiminta työllistää myös toimihenkilöitä. Sivutuotteiden poltto voimalaitoksella ei myöskään lisää toimitusketjun työllisyysvaikutuksia, sillä voimalaitos käyttää samaa miehitystä polttoaineesta riippumatta. Myöskään esimerkiksi haketus tai murskaus ei varsinkaan suuremmilla käyttöpaikoilla työllistä käytännössä ketään, sillä kuoren repijät ovat miehittämättömiä.

Valtaosa sivutuotevirrasta, lähinnä kuoresta, käytetään syntypaikan läheisyydessä, jolloin kaukokuljetusta ei ostopolttoaineenkaan kyseessä ollen välttämättä tarvita. Kuivia materiaaleja, kuten kutterilastua, saatetaan kuljettaa pidempiä matkoja esimerkiksi pelletin raaka-aineeksi. Puupolttoaineita välittää Suomessa muutama toimintaan erikoistunut yritys.

Kuljetuksissa käytetään yleisimmin täysperävaunuyhdistelmiä. Kokonaispaino 7-akselisella täysperävaunuyhdistelmällä on enintään 60 tonnia hyötykuorman ollessa 33–35 tonnia. Kuormatilavuus on yleensä 115–120 m<sup>3</sup>. Kuorma-auton suurin sallittu korkeus on 4,2 m, leveys 2,6 m ja pituus noin 22 m. Nykyisin on mahdollista rakentaa myös tavallista pidempiä, 25,25 m:n mittaisia, ns. moduuliyhdistelmiä, jolloin kuormatila voi olla jopa yli 150 m<sup>3</sup>. Tällöin yhdistelmällä saadaan parempi hyöty kuljettaessa kevyitä materiaaleja kuten kutterilastua.

Toiminnan työllistävyys määritettiin laskemalla, montako henkilötyövuotta sivutuotteiden energiakäytöllä työllistyy, kun tunnetaan käsiteltävät sivutuotemäärät ja niistä maksetut keskimääräiset käyttöpaikkahinnat, tuotannon työvaiheiden kustannusrakenteet sekä työntekijöiden palkat. Polttoon menevistä kiinteistä sivutuotteista 35–40 %:n arvioitiin vaativan kuljettamista täysperävaunuyhdistelmillä. Palkkakustannukset muodostavat sivutuotteiden käyttöpaikkahinnasta 27–38 % (Asikainen ym. 2001).

Metsäteollisuuden kiinteiden sivutuotevirtojen määrää ja niiden käsittelyn työllistävyyttä sekä työllistävyyden laskentaperusteita on koottu taulukkoon 5. Uusia työpaikkoja syntyy käyttömäärien kasvaessa. Toiminnan tehokkuudessa ei sinänsä ole juuri havaittavissa kehitystä, vaan se on noin 4,0–5,5 htv/PJ. Hakeauton ajonopeuksia ei voida kasvattaa, samoin suurimmat sallitut ajoneuvoyhdistelmien kokonaispainot rajoittavat kuormakokoja. Kuivia materiaaleja, kuten kutterilastua, kuljettaessa on tosin mahdollista käyttää kantavuuden puitteissa suurempia euromittaisilla kuormatiloilla varustettuja hakeautoja, joilla kuljetusta pystytään jonkin verran tehostamaan.

*Taulukko 5. Metsäteollisuuden sivutuotteiden vuotuiset käyttömäärät, työllisyysvaikutusten arvioinnin laskentaperusteet sekä polttoaineksi menevien sivutuotteiden käsittelystä syntyvät työpaikat (esimerkiksi Hakkila ym. 2001, Helynen ym. 2002, Ylitalo 2002, Työryhmän ehdotus 2002, Vasarainen 2002).*

	Yksikkö	1995	2001	2010
Kokonaiskäyttömäärä	PJ/a	51,8	76,6	84
Hinta käyttöpaikalla	€/MWh			6,7–7,6
▪ Hake		7,4	6,95	
▪ Puru ja vastaavat		5,4	6,85	
▪ Kuori		5,5	6,75	
Palkat + sivukulut	€h	13,5	16,4	19,3
Työllistävyys	Htv	385–440	565–645	585–670

Tarkkaa lukumäärää puupolttoainekuljetuksissa olevasta kalustosta ei tiedetä. Suomen kuorma-autoliiton SKALin arvion mukaan kiinteitä sivutuotteita päätoimisesti kuljettavia täysperävaunuyhdistelmiä on tällä hetkellä reilut 250. Vuoden 2010 käyttömäärien kuljettamiseen tarvitaan vajaat 300 yhdistelmää.

## 3.3 Metsähake

### 3.3.1 Toimitusketjut

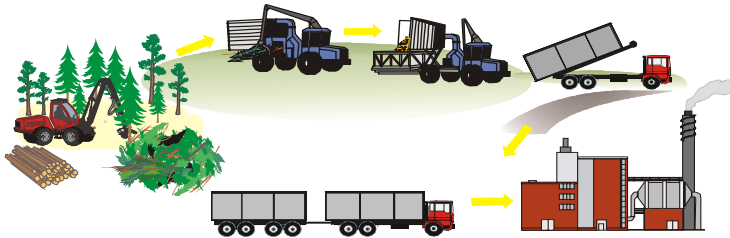
Puupolttoaineita välittää Suomessa muutama toimintaan erikoistunut yritys. Ne eivät varsinaisesti ole energiapuun korjuuorganisaatioita vaan korjuun, haketuksen ja kuljetuksen koordinoijia. Metsähakkeen tuotannossa voidaan erottaa kaksi erillistä linjaa: energiapuun erilliskorjuu ja integroitu korjuu. Erilliskorjuussa korjataan yksinomaan energiapuuta esimerkiksi pienpuuvaltaisista tai vajaatuottoisista leimikoista. Integroidussa korjuussa leimikolta korjataan sekä aines- että energiapuuta. Metsähakkeen toimitusketjujen (kuvat 3 ja 4) työvaiheita ovat:

- Pienpuuta harvennusemetsistä korjattaessa voidaan **hakkuu ja kasa** tehdä mies-työnä tai koneellisesti. Siirtelykaato kaatokahvoin varustetulla moottorisahalla on yhä kilpailukykyinen vaihtoehto pienkokopuun korjuussa. Harvennushakkuihin on myös olemassa runsaasti koneellisia vaihtoehtoja maataloustraktoripohjaisista lähinnä "isännänlinjan" lähinnä kausiurakointiin käytettävistä koneista pienirunkoisiin, jopa päätehakkuihin soveltuviin harvennusharvestereihin. Joukkokäsittelytekniikan kehittyminen ja yleistyminen tulee jatkossa nostamaan koneellisen hakkuutyön tuottavuutta.
- Päätehakkuuleimikoiden hakkuu ei varsinaisesti kuulu hakkuutähdehakkeen toimitusketjuun, mutta hakkuutähteen korjuukohteissa on jonkin verran muutettava hakkuutekniikkaa ja **kasattava** tähde hakkuun yhteydessä metsäkuljetuksen helpottamiseksi sekä hyvän laadun varmistamiseksi. Kasoihinhakkuu ei tutkimusten mukaan juuri pienennä hakkuutyön tuottavuutta perinteiseen hakkuuseen verrattuna (esimerkiksi Nurmi 1994). Hakkuutähden **paalauksella** risutukeiksi pyritään parantamaan kuljetustehokkuutta sekä lisäämään toimitusketjun joustavuutta eri vaiheissa.
- **Metsäkuljetus** tehdään yleensä kuormatraktorilla tai metsäperävaunulla ja kuormaimella varustetulla maataloustraktorilla. Hakkuutähden kuljetusta varten kannattaa varustaa metsäkuljetuskalusto hakkuutähdekouralla ja lisäksi suurentaa kuormatilaa. Palstahaketuksen perustuvassa metsähakkeen toimitusketjussa erillistä metsäkuljetusta ei tarvita, vaan se suoritetaan samalla yksiköllä kuin haketus.
- **Haketus tai murskaus** voidaan suorittaa palstalla, välivarastolla tienvarressa, suuremmissa terminaalisissa tai käyttöpaikalla. Välivarastolla tapahtuva haketus on yleisin energiapuun haketusmuoto. Pienemmät hakkurit ovat maataloustraktorikäyttöisiä, suuremmat yleensä kuorma-autoalustaisia. Välivarastohaketus vaatii huolellisen organisoinnin, koska kyseessä on ns. kuuma ketju, jossa häiriöt hakkurin tai kaukokuljetusyksikön toiminnassa heijastuvat välittömästi koko toimitusketjun toimintaan. Palstahaketuksen etu normaaliin välivarastohaketuksen verrattuna on, että yh-

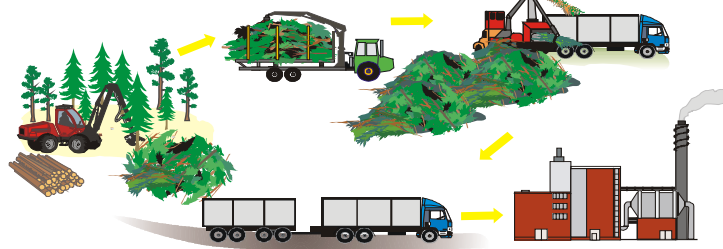
dellä koneyksiköllä tehdään useita työvaiheita (haketus, metsäkuljetus, hakesäiliön tyhjennys, kaukokuljetusyksikön kuormaus). Käyttöpaikkahaketuksen perustuvassa toimitusketjussa haketus suoritetaan vasta käyttöpaikalla järeällä kiinteällä hakurilla tai murskaimella. Menetelmän etuna on kustannustehokkuus suurilla puumääriä käsiteltäessä.

Metsästä korjattavan puupolttoaineen **kaukokuljetus** voidaan suorittaa hakkeena, hakettamattomana irtotavarana (ns. irtorisuna) tai risutukkeina. Kuljetuksissa käytetään yleisimmin kuorma-autoja ja täysperävaunuyhdistelmiä. Metsähakkeen ajoon tarkoitettun täysperävaunuyhdistelmän omamassa on 24–27 tonnia ja risutukkien kuljetukseen soveltuvan puutavara-auton noin 23 tonnia. Kokonaispaino 7-akselisella täysperävaunuyhdistelmällä saa olla enintään 60 tonnia. Kuormatilauksen kehystilavuus on yleensä 90–120 m<sup>3</sup>.

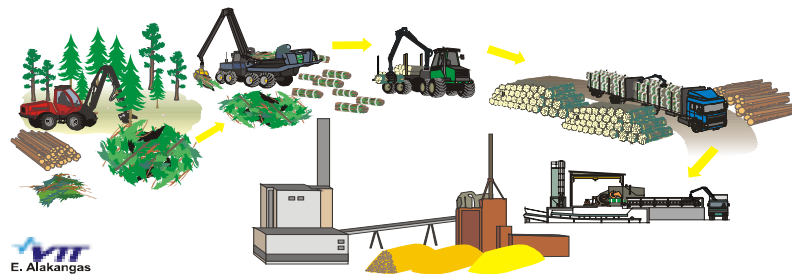
Palstahaketus



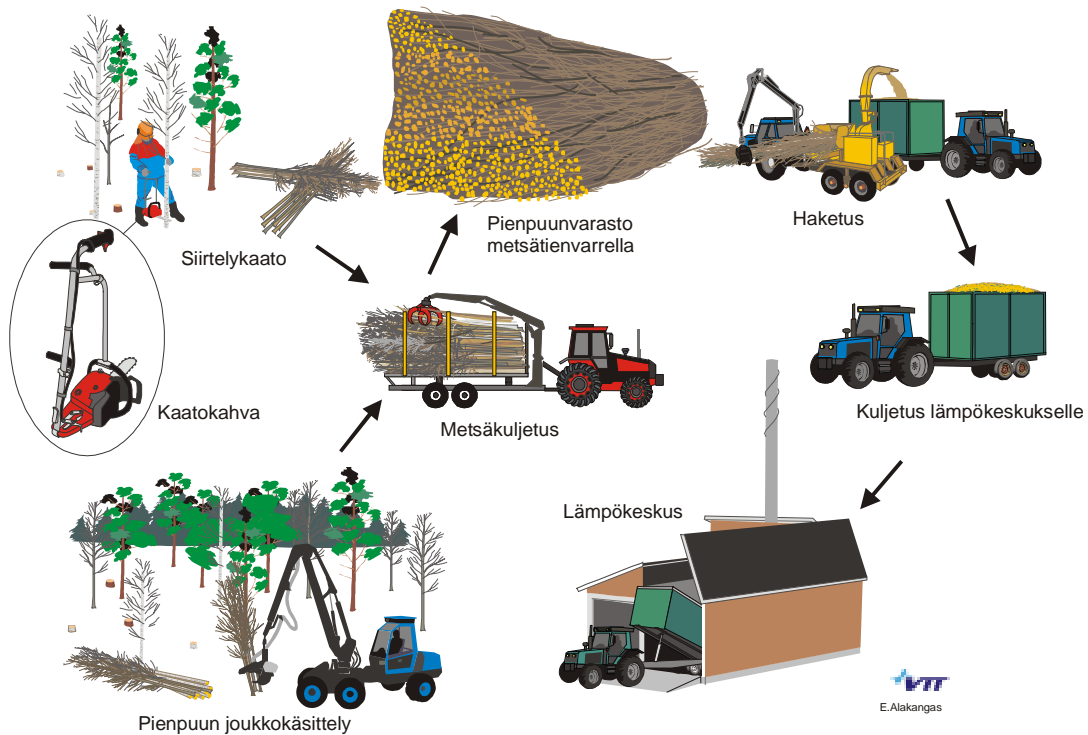
Välivarastohaketus



Haketus käyttöpaikalla



Kuva 3. Hakkuutähdehakkeen toimitusketjut (VTT Prosessit).



Kuva 4. Esimerkkejä harvennusten pienpuusta tehdyn hakkeen toimitusketjuista (VTT Prosessit).

Metsähakkeen toimitusketjujen ja eri työvaiheiden tuottavuudet vaihtelevat suuresti riip-puen mm. käytettävästä tuotantomenetelmästä ja -teknologiasta, leimikkotekijöistä (lei-mikkotyypistä, korjuuajankohdasta, pinta-alasta ja leimikkoa kohti lasketusta energiapuu-kertymästä, energiapuun laadusta, metsäkuljetusmatkasta sekä maaston kulkukelpoisuu-desta), kaukokuljetusmatkasta sekä hankintaorganisaation logistiikan toimivuudesta.

### 3.3.2 Metsähaketuotannon työllistävyys

Toiminnan työllistävyys määritettiin laskemalla, kuinka monta työpaikkaa metsähak-keen tuotanto synnyttää, kun tunnetaan vuosittain korjattavat energiapuumäärät, työvai-heiden kustannusrakenteet sekä keskimääräiset käyttöpaikkahinnat, työntekijöiden pal-kat ja vuosittain maksetut energiapuun korjuutuet.

Hakkuutähdehakkeen tuotantoketju on pitkälle koneellistettu, työnjohtoa lukuun otta-matta missään työvaiheessa ei ole suoranaista miestyötä. Ketjun työllistävä vaikutus onkin varsin alhainen; hakkuutähdehakkeen käyttöpaikkahinnasta palkkakustannusten osuus on toimitusketjusta riippuen 33–38 % (Asikainen ym. 2001). Harvennusten pien-puusta tehdyn hakkeen toimitusketjut työllistävät paremmin. Pienkokopuusta tehdyn hakkeen käyttöpaikkahinnasta jopa puolet voi koostua palkkakustannuksista (esimerkik-si Hakkila ja Fredriksson 1996). Laskelmissa konekaluston vuotuinen käyttöaika on 3 000 tuntia, mikä vastaa kaksivuorotyössä yhdeksän kuukauden työmäärää. Muita las- kentaperusteita on koottu taulukkoon 6.



*Taulukko 6. Metsähakkeen työllistävyyden laskentaperusteiden koonti (esimerkiksi Hakikila ym. 2001, Helynen ym. 2002, Metsätaloustilastollinen vuosikirja 2001, Ylitalo 2002, Työryhmän ehdotus 2002, Törmänen 2002, Vasarainen 2002). Käyttömäärissä on mukana pienkäyttöön menevä metsähake. Kohta Muut pitää sisällään muista lähteistä, esim. lahovikaisesta kuusipuusta ja Venäjän tuontipuusta tehdyn metsähakkeen.*

	Hakelaji		
	Hakkuu- tähdehake	Pienpuu- hake <sup>1)</sup>	Muut
<b>1995</b>			
Käyttömäärät, PJ (TWh)	0,4 (0,1)	2,7 (0,8)	0,04 (0,01)
Keskimääräinen käyttöpaikkahinta, €/MWh	11,08		
Keskimääräinen palkka + sivukulut, €/h	11,16		
<b>2001</b>			
Käyttömäärät, PJ (TWh)	3,9 (1,1)	4,6 (1,3)	0,9 (0,3)
Energiapuun korjuutuki, €	2 730 000		
Keskimääräinen käyttöpaikkahinta, €/MWh	9,00		
Keskimääräinen palkka + sivukulut, €/h	14,34		
<b>2010</b>			
Käyttömäärät, PJ (TWh)	24,5 (6,8)	13,5 (3,8)	
Energiapuun korjuutuki, €	8 000 000 <sup>2)</sup>		
Keskimääräinen käyttöpaikkahinta, €	10,94		
Keskimääräinen palkka + sivukulut, €/h	18,06		

1) Sisältää sekä karsitusta rangasta että pienkokopuusta tehdyn hakkeen.

2) Tapio Lehtiniemen (Maa- ja metsätalousministeriö) Kehittyvä Puuhuolto 2003 -seminaarissa esittämä arvio.

Vuoteen 2010 mennessä metsähaketuotanto on tarkoitus nelinkertaistaa vuoden 2001 käyttömääriin nähden. Volyymien kasvaessa metsähakkeen tuotantoon syntyy uusia työpaikkoja (taulukko 7). Varsinkin metsäpään toimijoiden joukosta löytyy myös ns. kausiurakoitsijoita, joille metsätyö on vain osa-aikaista lisäansiota, joten alalla toimii käytännössä huomattavasti esitettyjä lukuja suurempi määrä henkilöitä.

*Taulukko 7. Metsähaketuotannon työllistävä vaikutus.*

	Yksikkö	1995	2001	2010
Tuotanto	PJ/a	3,1	9,7	38
Työllistävyys	Htv	310	610	1 705
	Htv/PJ	107,2	63,1	44,9

Teknologian ja menetelmien kehittymisen myötä tarvittava työpanos energiayksikköä (htv/PJ) kohden vähenee (taulukko 7). Työllistävyyteen vaikuttavat tosin myös eri hakelajien tuotantomäärät sekä vuosittain maksetut energiapuutuet.

Metsähaketuotannon synnyttämiä työpaikkoja tarkasteltaessa on syytä muistaa, että vaikka toiminta kokonaisuutena on ympärivuotista, eivät siinä tarjoutuvat työtilaisuudet kuitenkaan yleensä ole ympärivuotisia. Energiapuun hakkuu painottuu usein kevääseen ja alkukesään, metsäkuljetus loppukesään tai syksyyn sekä haketus ja hakkeen kaukokuljetus erityisesti pienten toimituskohteiden osalta lämmityskaudelle eli loka–huhtikuulle. Suuriin kohteisiin metsähaketta toimitettaessa työ jakautuu tasaisemmin.

Tuotettavien metsähakemäärien noustessa myös kalustotarve kasvaa. Tämänhetkiset käyttömäärät pystytään tuottamaan 40–50 haketus- ja paalainyksiköllä. Vuoden 2010 tavoitemäärän tuottamiseksi tarvitaan noin 160–170 yksikköä (Laurila 2003). Valtaosa Suomessa käytettävästä korjuukalustosta on kotimaista valmistetta. Suomalaisten laitevalmistajien tuotteita viedään runsaasti myös ulkomaan markkinoille.

### 3.4 Puun pienkäyttö

Puun pienkäytön lisäystavoite Uusiutuvan energian edistämishjelmassa vuoden 2001 45,8 PJ:sta vuonna 2010 54 PJ:een. Valtaosa pienkäyttöön menevästä polttopuusta hankitaan vielä omatoimisesti. Esimerkiksi lämmityskaudella 2000–2001 puun pienkäyttö oli runsaat 6 milj. m<sup>3</sup>, josta ostopolttoaineen osuus oli vajaa viidennes (8,5 PJ, 1,1 milj. m<sup>3</sup>) (Tuomi ja Peltola 2002). Tulevaisuudessa omatoimisen polttoaineen hankinnan arvioidaan pysyvän suunnilleen nykytasollaan (vajaassa 40 PJ:ssa), jolloin polttoainekauppaa olisi vuonna 2010 noin 16,5 PJ:n arvosta.

Puun pienkäyttäjille on tarjolla useita erityyppisiä puupolttoaineita, esim. pilkkeitä, haketta ja pellettejä. Valtaosa pienkäytöstä koostuu vielä tällä hetkellä haloista ja pilkkeistä, esim. lämmityskaudella 2000–2001 niiden osuus ostopolttoaineista oli 59 % (Tuomi ja Peltola 2002). Polttopuuntuotanto on pienimuotoista toimintaa, kevyellä kalustolla ja yleensä erillään teollisuuspuun korjuusta. Tuotantoketjut vaihtelevat merkittävästi riippuen mm. toiminnan laajuudesta ja ammattimaisuudesta sekä käytössä olevasta konekalustosta. Toiminta on ainakin vielä tällä hetkellä hyvin työvoimavaltaista. Esimerkiksi pilkkeiden teon ja pilke-erien pakkaamisen ym. käsittelyn koneellistuminen ja työvaiheiden jonkinasteinen automatisointi on välttämätöntä, jotta tuotantokustannuksia saadaan alhaisemmiksi ja käsittelykertojen määrä vähennettyä mahdollisimman pieneksi.

Pienkäyttöön menevän puupolttoaineen kaupallisen tuotannon arvioidaan tällä hetkellä työllistävän noin 430 htv:n edestä. Tuotantomäärien kasvaessa vuoden 2010 tavoitteen tasolle nousee työllistyvyys noin 780 htv:een. Useimmille alan toimijoille polttopuun tuotanto on vain osa-aikaista lisäansiota, joten käytännössä alalla toimii huomattavasti suurempi määrä henkilöitä.

## 3.5 Kiinteät jalosteet

### 3.5.1 Pelletit

Tällä hetkellä pellettejä puristetaan kuivasta puutähteestä eli lähinnä purusta ja kutte-rinlastusta. Tuotannon kasvaessa on löydettävä uusia raaka-ainelähteitä, esim. ruoko-helpi, kuivattu sahanpuru, turve, kuori, metsähake, olki, erilaisten bioaineiden seokset sekä kuiva yhdyskuntajäte ja niiden seokset.

Pellettituotanto oli vuonna 1995 vielä vähäistä. Suomen ensimmäinen varsinainen pellettitehdas aloitti toimintansa 1998 Vöyrillä, jonka jälkeen pellettitehtaita on rakennettu lisää. Pellettituotanto onkin voimakkaassa kasvussa. Vuoden 1999 tuotantomäärä oli 30 000 t, vuoden 2001 60 000–80 000 t ja vuoden 2002 arvio on 100 000 t. Vuoden 2010 pellettituotannoksi on arvioitu 300 000–400 000 t. On mahdollista, että pellettien vuosikäyttö nousee jopa 1 000 000 t:n tasolle, mikä tosin edellyttää raaka-aineen kii-vaamista.

Taajamissa sijaitsevat kerrostalot, virastot, koulut, teollisuushallit, kasvihuoneet, ym. suurkiinteistöt pyritään liittämään kaukolämpöverkoston. Hake ja puupelletit soveltu-vat polttoaineeksi kaukolämmön ulkopuolelle jääviin kohteisiin sekä maatalouteen. Pel-kästäään kevyttä polttoöljyä korvattaessa on pellettien teknis-taloudelliseksi käyttöpo-tentiaaliksi arvioitu n. 1,6 milj. t (27 PJ) (Huhtanen 2001). Markkinatutkimuksien pe-rusteella noin neljännes nykyisistä öljylämmittäjistä olisi kiinnostunut siirtymään pel-lettilämmitykseen. Tämä vastaisi noin 6,5 PJ:a/a eli 380 000 t:n pellettikulutusta vuo-sittain (Kakkinen 2000).

Taulukkoon 8 on koottu pellettituotannon tunnuslukuja. Pelletit puristetaan rengas- tai tasomatriisikoneella. Ennen puristusta raaka-aine murskataan vasaramyllyllä 3–6 mm:n raekokoon. Kolleripyörät puristavat pelletoitavan raaka-aineen matriisiin läpi. Yksittäis-ten teollisuuspuristimien tuotantotehokkuus on 500–5000 kg/h ja tehontarve on vastaa-vasti 30–300 kW. Sideaineita ei tarvita, vaan puun sisältämä ligniini pitää puristeen koossa. Pelletti on poikkileikkaukseltaan pyöreä ja sen halkaisija on 8 mm. Pelletin pi-tuus vaihtelee mutta on yleensä 10–20 mm. Pellettien lämpöarvo on 4,5–5,0 MWh/t.

Taulukko 8. Pellettitehtaita kuvaavia tunnuslukuja.

Tehtas	Laitteet	Lkm	Tuotos			Työllistävyys, htv
			MW/h	MWh/a	MWh/h tv	
Pieni 500–5 000 t/a	Vasaramylly	1	< 5	12 000	8 000	1,5
	Puristin	1				
	Jäähdytin	1				
	Seula	1				
Keskisuuri 5 000–20 000 t/a	Vasaramylly	1	5–10	60 000	7 500	6
	Puristin	1				
	Jäähdytin	1				
	Seula	1				
	Varastosiilo	1				
	Pussituslaitteisto	1				
Suuri 20 000–100 000 t/a	(Kuivuri)	1	10–50	240 000	26 500	9
	Vasaramylly	2–4				
	Puristin	2–4				
	Jäähdytin	2–4				
	Seula	2–4				
	Varastosiilo	1–2				
	Varasto	1				
	Pussituslaitteisto	1–4				
	Laboratorio	1				

Pellettikoneita ja niiden komponentteja valmistetaan useammassa tehtaassa Keski-Euroopassa. Suomessa Kortteen konepaja valmistaa pienehköjä pellettipuristimia. Myös komponenttien (matriisit, kolleripyörät) valmistajina suomalaisella konepajaosaamisella saattaisi olla mahdollisuus menestyä (esim. Metso-paperikoneet). Usein myös murskain, jäähdytin ja seula ovat tuontitavaraa. Siilot, varastot ja muut rakenteet sekä kuljettimet ovat kotimaista tuotantoa. Tulevaisuudessa tarvitaan myös kuivuriosaamista kostean purun ym. vastaavien raaka-aineiden hyödyntämiseksi.

Pellettien pieneen sekä aina 1 000 kW:n käyttöluokkaan asti on Suomessa kehitetty pellettipolttimia, kattiloita, kuljettimia ja siiloja kasvavassa määrin. Ruotsalaiset valmistajat ovat tosin erityisesti pienkäyttöön soveltuvien laitteiden valmistuksessa ja myynnissä kotimaisia valmistajia edellä. Myös markkinat ovat Ruotsissa suuremmat: pienkäyttäjiä on noin 30 000, Suomessa 1 000. Suomessa ei esimerkiksi valmisteta pellettitakkoja, joilla voisi olla menekkiä esim. Keski-Euroopan nopeasti kasvavilla pellettimarkkinoilla.

Pellettien tuotantokapasiteetti on lähitulevaisuudessa noin 200 000 t, kun Biowatti Oy:n uusi tehdas valmistuu Kaskisiin. Pienehköt 5 000–10 000 t/a tuottavat pellettitehtaat työllistävät viisipäiväisessä kaksivuorotyössä 3–4 henkilöä. Tehtaat, jotka tuottavat 10 000–20 000 t/a, toimivat viisipäiväisesti kolmivuorotyössä, jolloin henkilöitä on yleensä 8. Kysynnästä riippuen myös suuret tehtaat toimivat viisipäiväisesti kolmivuorotyössä tai jatkuvassa kolmivuorossa, jolloin henkilökuntaa on 10–13 henkilöä. Taulukossa 9 arvioidaan työvoimatarpeen kehitys pellettitehtaissa ajanjaksolla 1995–2010.

*Taulukko 9. Arvio pellettituotannon työllistävästä vaikutuksesta eri vuosina.*

	1995	2001	2010
Kokonaistuotanto, t	Vähäinen	80 000	300 000–400 000
Työllistävyys, htv	18	63	142
Htv/PJ		46,2	23,8

Varsinaisen pellettituotannon ohella uusien tehtaiden suunnittelu sekä osien valmistaminen ja rakentaminen työllistävät muutaman henkilövuoden verran tulevaisuudessa. Pellettien kuljetus ja jakelu työllistävät myös. Vapo Oy:n pellettien jakelu tapahtuu Agrimarket-ketjun myymälöiden kautta maatalo- ja omakotiasiakkaille. Suurasiakkaille Vapo markkinoi pelletin itse. Biowatti Oy:n pellettien jakelun hoitavat K-Maatalouden myyntipisteet. Keskusliikkeiden kautta jakelu tapahtuu säkeissä. Osa pelleteistä välitetään pienasiakkaille jakeluautoilla, joissa on pneumaattinen purku. Lisäksi pellettejä toimitetaan sekä kotimaahan että vientiin suurina määrinä irtotavarana (n. 90 % tuotannosta).

Pellettitoimiala työllistää tällä hetkellä arviolta yhteensä noin 100 henkilöä. Vuonna 2010 luku on kaksinkertainen tai jopa nelinkertainen, mikäli kosteaa purua ja muita potentiaalisia raaka-aineita aletaan hyödyntää.

### 3.5.2 Briketit

Brikettejä käytetään pääasiassa lämpö- ja voimalaitoksissa, pienkäyttö on vähäistä. Pellettien käyttö on automatisoitavissa, mutta briketit joudutaan syöttämään pientulisijaan käsin. Suurissa yksiköissä brikettien syöttö kattilaan tapahtuu automaattisesti. Mahdollista käyttöpotentiaalia on yleistyvissä takkalämmityksissä. Puubrikettien tehollinen lämpöarvo on korkea, yli 4,5 kWh/kg, joten useimmiten sen kanssa käytetään muita polttoaineita seoksena. Se onkin muita biopolttoaineita täydentävä paikallinen lämmönlähde.

Brikettien raaka-aineina käytetään nykyisin lähinnä kuivaa puupurua ja kutterinlastua. Brikettejä voidaan tehdä myös turpeesta, kuivasta yhdyskuntajätteestä sekä näiden seoksista. Brikettituotannon laajuus oli vuonna 1995 10 000 t, josta se oli noussut vuonna

1999 30 000 t:iin ja on nykyisin 45 000 t. Arvio vuoden 2010 tuotannosta on noin 60 000 t.

Puubriketti on poikkileikkaukseltaan pyöreä tai suorakulmainen ja halkaisijaltaan noin 50–80 mm. Briketit puristetaan samasta materiaalista kuin puupelletitkin mutta laitteisto on erilainen. Brikettikoneiden männät liikkuvat kampiakselin välityksellä ja pakkaavat purumaisen raaka-aineen tiiviiksi pötköksi. Brikettien puristamiseen käytetään pääsääntöisesti mäntäpuristimia. Yksittäisten puristimien tuotantotehokkuus on 150–2 300 kg/h ja tehontarve vastaavasti 11–90 kW. Brikettipuristimet ovat investointi- ja käyttökustannuksiltaan edullisempia kuin pellettipuristimet. Sideaineita ei tarvitse käyttää briketinkään valmistuksessa, sillä puun sisältämä ligniini pitää puristeen koossa. Automaattisen brikettikoneen (yleensä saksalainen valmiste) lisäksi brikettituotannossa tarvitaan syöttösiilo ja varasto(-siilo) sekä kuljettimia, jotka valmistetaan kotimaassa.

Suurimpien brikettitehtaiden tuotantomäärät ovat noin 5 000 tonnia ja pienimpien 50–300 tonnia brikettiä vuodessa (taulukko 10). Tuotantolaitoksia on parikymmentä eri puolella Suomea. Tehtaiden vuotuinen tuotantomäärä on keskimäärin 2 150 t. Brikettituotanto on pitkälle automatisoitua ja laitoksien työllistävä vaikutus vähäinen. Nykyisiin kuusi suurempaa laitosta tuottavat pääosan briketeistä. Prosessia valvoo 1–2 henkilöä vuorossa, jolloin keskeytyvässä kaksivuorotyössä työllistyy 12–24 henkilöä. Jos vuoteen 2010 mennessä rakennetaan kolme uutta 5 000 brikettitonin tehdasta, on suurissa laitoksissa brikettituotannossa töissä kaikkiaan 18–36 henkilöä ja pienissä osapäiväisesti arviolta kymmenkunta henkilöä. Lisäksi brikettien jakelu työllistää ehkä 5 henkilöä, joten vuonna 2010 40–50 henkilöä saa elantonsa puubriketeistä. Brikettituotannon tehokkuus on noin 25 htv/PJ.

*Taulukko 10. Brikettitehtaita kuvaavia tunnuslukuja.*

Tehtas	Laitteet	Lkm	Tuotos			Työllistävyys, htv
			MW/h	MWh/a	MWh/htv	
Pieni 500–2 000 t/a	Vasaramylly	1				1
	Puristin	1	< 5	4 800	4 800	
	Jäähdytysrata	1				
	Pakkaus	1				
Suuri 2 000–10 000 t/a	Vasaramylly	1				2
	Puristin	1–2	5–10	28 800	14 400	
	Jäähdytysrata	1				
	Pakkaus	1				
	Varasto	1				

### 3.6 Laitevalmistus

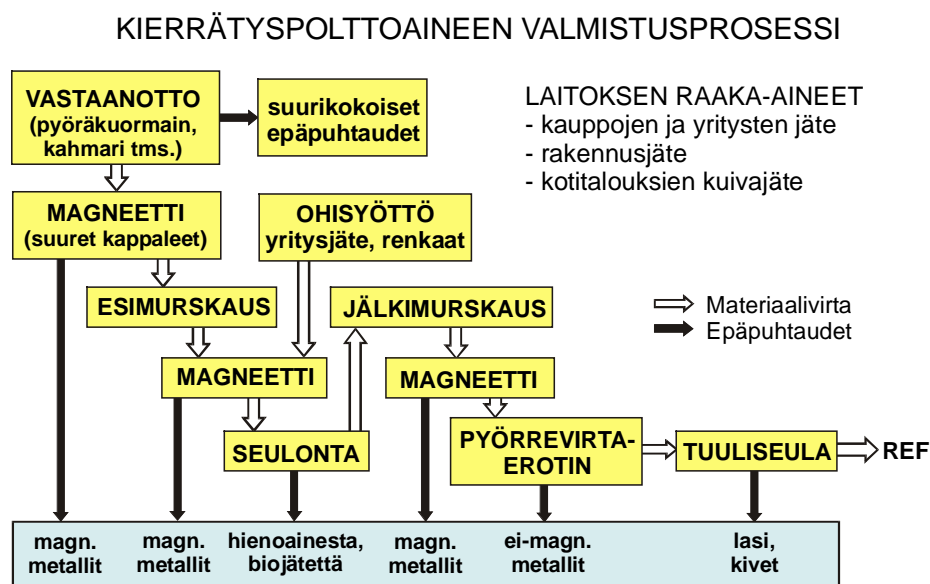
Suomesta löytyy merkittävää uusiutuvan energian tuotanto- ja käyttötekniikan valmistusta, joka karkeasti arvioiden työllistää noin 4 800 htv. Laitevalmistuksen ja erityisesti viennin on arvioitu huomattavasti lisääntyvän nykyisestä vuoteen 2010 mennessä (esimerkiksi Helynen ja Oravainen 2002). Suomea erityisesti kiinnostavien markkinoiden, esim. kiinteistöjen lämmityslaitteiden, CHP-laitosten ja metsähakkeen tuotantoketjujen, laajuus on noin 1,7 miljardia euroa. Lähivuosina suomalaisen bioenergiateknologian vientipotentiaali voi nousta jopa miljardiin euroon vuodessa (Helynen ym. 2002). Vuonna 2010 tämä energiateknologian sektori voi työllistää noin 8 500 htv. Työllisyysarvio on karkea, koska arvioiden tekeminen bioenergia-alan markkinoista on viennin osalta hyvin epävarmaa, sillä bioenergian suurenkäyttö on monissa maissa vasta käynnistymässä.

## 4. Kierrätyspolttoaineet

Kierrätyspolttoaineilla tarkoitetaan yhdyskuntien ja yritysten polttokelpoisista, kuivista, kiinteistä ja syntypaikoilla lajitelluista jätteistä valmistettua polttoainetta (REF) (Alakangas 2000). Tässä yhteydessä kierrätyspolttoaineeksi luetaan myös kierrätyspuu eli rakennusten ja yhdyskuntien kemikaaleilla käsittelemättömistä puutähteistä tehty polttohake (rakennushake) sekä lajittelemattomasta yhdyskuntajätteestä mekaanisella käsittely- ja lajitteluprosessilla valmistettu polttoaine (RDF). Metsäteollisuuden puujalostuksessa syntyviä sivutuotteita eli sahapurua, kuorta, prosessien jäteliemiä ja lietteitä ei lasketa kierrätyspolttoaineiksi, vaan ne luetaan kuuluviksi puupolttoaineisiin. Metsäteollisuuden muu jättopolttaine (muu kuin tuotantoperäinen jäte) sen sijaan lasketaan kuuluvaksi kierrätyspolttoaineeksi.

### 4.1 Kierrätyspolttoaineiden valmistusprosessi

Kierrätyspolttoaineen (REF) valmistus sisältää murskauksen, magneettierotuksen ja seulonnan, nykyisin usein myös pyörrevirtaerotuksen ei-magneettisten metallien erottamiseksi. Kotitalousjätettä käyttävissä REF-laitoksissa on useita seuloja, murskaimia ja magneetteja epäpuhtauksien erottamiseksi mahdollisimman hyvin tuotteesta (Lohiniva ym. 2002). Kuvassa 5 on periaatekuva kierrätyspolttoaineen valmistusprosessista. Kotitalousjätteestä tehtävä kierrätyspolttoaine vaatii nykynäkemyksen mukaan myös kiuvaoksen ennen erotusprosesseja.



Kuva 5. Tyypillinen kierrätyspolttoaineen valmistusprosessi kotitalousjätteille, kauppojen ja yritysten jätteille sekä rakennusjätteille (Lohiniva ym. 2002).



## 4.2 Kierrätyspolttoaineiden tuotanto ja työllistävyys

Vuonna 1995 kierrätyspolttoaineiden tuotanto ja käyttö oli noin 100 000 tonnia. Tästä määrästä puolet oli Turun jätteenpolttolaitoksen tuotantoa ja käyttöä. Turun laitoksen polttama kierrätyspolttoaine oli tuolloin vielä sekajätettä. Toinen puoli oli rakennusteollisuuden puuperäistä jätettä eli ns. rakennushaketta (Hietanen suullinen tiedonanto 2002). Yhdyskuntien, kaupan ja teollisuuden polttokelpoisen jätteen hyötykäyttö ja tuotanto oli vasta tutkimuksen ja kehityksen alla.

Vuonna 1999 tuotettiin kierrätyspolttoainetta noin 410 000 tonnia, eli huomattavasti enemmän kuin vuonna 1995. Tuotanto oli suurempaa kuin käyttö, joka oli noin 320 000 tonnia. Tämä johtui uusien kierrätyspolttoainelinjojen valmistumisesta ja ylikapasiteettista, jolloin polttoainetta valmistettiin varastoon. Kierrätyspolttoaineiden raaka-aineina olivat yhdyskuntien polttokelpoinen jäte, teollisuuden ja kaupan lajiteltu polttokelpoinen jäte sekä rakennusjäte (rakennushake) (Lohiniva ym. 2002, Hietanen suullinen tiedonanto 2002).

Tällä hetkellä kierrätyspolttoaineita tuotetaan ja käytetään arviolta 420 000 t/a (Sipilä 2002). Tuotanto ja käyttö on oletettavasti lähes samansuuruista, vaikka kapasiteetti onkin lisääntynyt ja uusia kierrätyspolttoaineita valmistavia laitoksia on käynnistynyt (Hietanen 2002). Uusiutuvan energian edistämishojelman päivityksessä arvioitiin kierrätyspolttoaineiden käytöksi vuonna 2010 10 PJ. Luku ei ole varsinainen tavoite vaan arvio tarvittavasta energiakäytöstä, jotta jätehuollon tavoitteet saavutettaisiin (Työryhmän ehdotus 2002).

Kierrätyspolttoaineen tuotanto liittyy oleellisesti jätehuoltoon ja sen toimintaan, tuotantoon ja kuljetuksiin. Jätteiden keräily ja kuljetus jätteidenkäsittelylaitokselle (tai kaatopaikalle) ei aiheuta työllisyysvaikutuksia kierrätyspolttoaineiden tuotannossa, sillä ne tehdään joka tapauksessa. Jätepolttoaineiden käyttö voimalaitoksella energiantuotannossa ei liioin lisää kierrätyspolttoaineiden työllistävyyttä, sillä voimalaitos käyttää samaa miehitystä polttoaineesta riippumatta. Kierrätyspolttoaineen tuotannon ja käytön suorat työllisyysvaikutukset (taulukko 11) rajoittuvat energiakäyttöön soveltuvan jätteen käsittelyyn ja valmistukseen polttoaineeksi sekä polttoaineen kuljetukseen kierrätyspolttoaineen valmistuslaitokselta voimalaitokselle.

*Taulukko 11. Kierrätyspolttoaineiden tuotanto ja tuotannon työllistävä vaikutus.*

	Yksikkö	1995	2001	2010
Tuotanto	t/a	100 000	420 000	690 000
Käyttö	PJ	1,7	6,0	10
Työllistävyys	Htv	45	215	270

Vuonna 2002 kierrätyspolttoainetta valmistavia laitoksia oli noin 20, joista osa ei vielä tuottanut täysimääräisesti (Lohiniva ym. 2002). Kierrätyspolttoaineiden käyttö keskittyy EU:n jätteenpolttodirektiivin vaikutuksesta pääosin entistä suurempiin käyttökohteisiin (Hietanen 2002). Vuonna 2010 kierrätyspolttoaineita yli 100 000 tonnia vuodessa valmistavia laitoksia on arviolta 5–6 ja pienempiä 10–30 000 tonnia vuodessa tuottavia laitoksia 10–20. Suuremmat laitokset sijaitsevat suurten kaupunkien, teollisuuslaitosten ja asutuskeskusten talousalueilla, pienemmät vastaavasti pienempien kaupunkien ja asutustaajamien talousalueilla.

Kierrätyspolttoaineita rakennusjätteestä ja hyvälaatuisesta teollisuuden jätteestä valmistettaessa työn tuottavuus on parempi kuin yhdyskuntien huonompilaatuisesta syntyipaikoilla lajitellusta tai yhdyskuntien sekajätteestä mekaanisella käsittely- ja lajittelu-prosessilla valmistetulla kierrätyspolttoaineella. Vaikka työn tuottavuus paraneekin riippumatta raaka-aineesta tai käsittelyprosesseista ajan myötä, kierrätyspolttoaineen raaka-aineen laatu heikkenee, kun teollisuuden ja yhteiskunnan hyvälaatuisesta jätteestä suurempi osa päätyy kierrätykseen ja entistä epäedullisempia raaka-aineita joudutaan ottamaan käyttöön. Raaka-aineita joudutaan keräilemään laajemmilta alueilta ja osin entistä pienemmille laitoksille, jolloin työllistämiskustannuksiin ja työllistävyyteen joudutaan lisäämään osittain kaukokuljetus kierrätyspolttoaineen valmistuslaitokselle ja sieltä käyttökohteeseen. Edellä mainitusta johtuen keskimääräinen työn tuottavuus ei tulle paranemaan merkittävästi vuoteen 2010 mennessä.

## **5. Peltoenergia**

### **5.1 Peltoenergian käyttö**

Tällä ainoita kiinteinä polttoaineina käytettäviä peltoenergiatuotteita ovat ruokohelppi ja olki. Tulevaisuudessa muita energiatuotteita voivat olla pyrolyysiöljy, etanoli ja siitä valmistettava bensiinin seoskomponentti ETBE, dieselpolttoaine, lämmityspolttoöljy ja biokaasu. Tässä yhteydessä tarkasteltiin vain oljen ja ruokohelppin tuotantoa kiinteäksi polttoaineeksi.

Nykytilanteessa oljen energiakäyttö on noin 0,10 PJ (27 000 MWh) ja ruokohelppin noin 0,15 PJ (40 500 MWh) eli yhteensä 0,25 PJ (67 500 MWh).

### **5.2 Ruokohelppin ja oljen korjuuketjut**

Ruokohelppin tuotanto muodostuu kolmesta osakokonaisuudesta: viljelmän perustamisesta, vuosittaisesta lannoituksesta sekä sadonkorjuusta. Korjuussa voidaan käyttää joko silppuria tai paalainta, mikä vaikuttaa merkittävästi korjuun jälkeisiin työvaiheisiin ja kaukokuljetuksen logistiikkaan. Paalain voi olla pyörö- tai suurkanttipaalain. Korjuun kustannuksiin vaikuttavat lisäksi korjuukaluston järeys sekä tuotantopinta-alojen koot. Korjuu voi pienillä pinta-aloilla tapahtua maanviljelijöiden koneilla tai isoilla pinta-aloilla urakointina, johon sisältyy myös urakointia maataloudessa. Ruokohelppin ja oljen tuotantoketjut sekä tuotannon työajan menekit esitetään taulukossa 12.

Taulukko 12. Peltoenergian tuotantoketjut ja tuotannon työajan menekki (Salo 2000).

<b>RUOKOHELPIIN TUOTANTO</b>	Työmenekki, h/ha (h/MWh)
Kasvuston perustaminen	
- Kyntö	1,23
- Äestys	1,23
- Kylvölannoitus	0,71
- Jyräys	0,35
- Kasvinsuojeluruiskutus	0,30
- Lannoitus	0,26
Yhteensä	4,08/9 = 0,453 h/ha, 0,0168 h/MWh <sup>1)</sup>
Vuosittainen lannoitus	0,26 (0,00963)
<b>Paalaus pyöröpaalaimella</b>	
Paalaus	
- Niittomurskaus	0,46
- Paalaus	0,74
- Paalien siirto varastoon	0,78
Yhteensä	1,78 (0,0659)
Kaukokuljetus, 30 km	2,5 h/krm (0,0528) <sup>2)</sup>
<b>Irtokorjuu hinattavalla tarkkuussilppurilla</b>	
Irtokorjuu	
- Niittomurskaus	0,46
- Noukinta tarkkuussilppurilla	0,83
- Silpun siirto varastoon	0,83
Yhteensä	2,12 (0,0785)
Kaukokuljetus, 30 km	2,0 h/krm (0,0652) <sup>3)</sup>
Paalaus, yhteensä	3,92 h/ha (0,1701 h/MWh)
Irtokorjuu, yhteensä	4,59 h/ha (0,1451 h/MWh)
<sup>1)</sup> Työajan menekki jaettu 9 satovuodelle <sup>2)</sup> Kuorma 6,82 t <sub>ka</sub> , 30,7 MWh <sup>3)</sup> Kuorma 10,53 t <sub>ka</sub> , 47,4 MWh	
<b>OLJEN TUOTANTO</b>	
Paalaus	
- Paalaus	0,25
- Paalien siirto varastoon	0,26
- Kaukokuljetus	0,48 (0,0528 h/MWh)
Yhteensä	0,98 h/ha (0,109 h/MWh)
Irtokorjuu	
- Noukinta tarkkuussilppurilla	0,28
- Silpun siirto varastoon	0,27
- Kaukokuljetus	0,59 (0,0652 h/MWh)
Yhteensä	1,14 h/ha (0,127 h/MWh)

### 5.3 Ruokohelpin ja oljen tuotannon työllistävyys

Taulukossa 13 on esitetty ruokohelpin ja oljen tuotannon työllistävyys sekä tarvittava korjuukaluston määrä. Vuoden 2010 osalta laskelmat on tehty Uusiutuvan energian edistämishjelman tavoitteen mukaisesti.

*Taulukko 13. Ruokohelpin ja oljen tuotannon työllistävyys ja tuotannossa tarvittava konekalusto. Ruokohelppiä ja olkea ei vuonna 1995 käytetty merkityksellisiä määriä.*

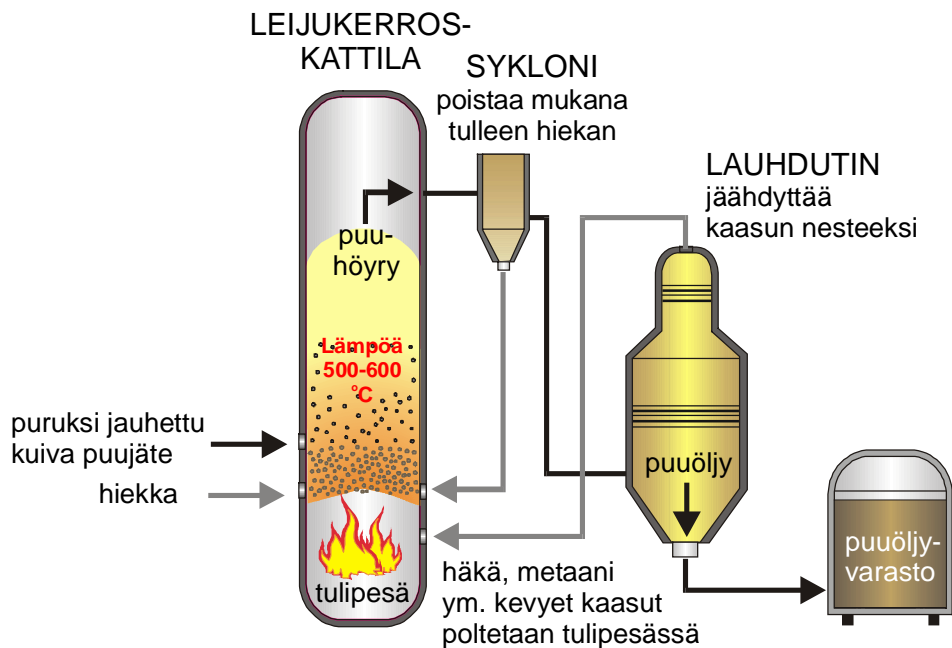
	Nykyhetki	2010
Tuotantomäärä	Ruokohelppi 40 500 MWh (0,15 PJ) Olki 27 000 MWh (0,1 PJ)	0,58 TWh (2,1 PJ)
Suora työllisyysvaikutus, htv <sup>1)</sup>	Ruokohelppi 3–4 Olki 2	49–57
Konekalusto		Paalaimia tai tarkkuussilppureita 408–446
<sup>1)</sup> Taulukko 12, ajanmenekki pyöröpaalauksessa ja irtokorjuussa		

Ruokohelpin ja oljen tuotannossa käytetään maatalouskoneita ja korjuun suorittavat pääasiassa maanviljelijät. Peltoenergian tuotanto lisää koneiden käyttöasteita, eli vähentää koneiden käyttöikä, mikä lisää laitevalmistuksen työllistävyttä. Hyvin likimääräisen arvion mukaan työllistävyys vuonna 2010 voisi olla korkeintaan muutamia kymmeniä henkilötyövuosia, kuitenkin selvästi alle turvetuotantokoneiden valmistuksen työllistävyden (61 htv vuonna 2010). Valtaosa tästä suuntautuisi ulkomaille, koska varsinkin isoissa kokoluokissa ulkomaisilla laitevalmistajilla on hallitseva markkina-asema.

## 6. Biopolttonesteet

### 6.1 Pyrolyysiöljy

Pyrolyysiöljyä voidaan valmistaa puupurusta ja metsähakkeesta sekä esimerkiksi oljesta ja turpeesta. Valmistuksen vaiheita ovat raaka-aineen murskaus, kuivaus, nopea pyrolyysi, nesteiden käsittely tai jalostus sekä varastointi. Pyrolyysiöljyn tuotantoprosessi esitetään kuvassa 6. Tuotanto on vielä tällä hetkellä kokeiluasteella. Vuoden 2010 tuotannoksi on arvioitu noin 30 000 t.



Kuva 6. Pyrolyysiöljyn tuotantoprosessi (Nestemäinen puu haastaa... html).

Ensimmäinen pienimittainen nesteytettyä puupolttoainetta tuottava tehdas käynnistyi keväällä 2002 Fortumin Porvoon jalostamolla (Fortum html). Fortum Oy:n ja Vapo Oy:n kehittämällä tekniikalla pilottilaitos tuottaa metsähakkeesta ja purusta pyrolyysiöljyä, jota voidaan käyttää lämmitysaineena suurissa asuin- ja julkisissa rakennuksissa sekä teollisuudessa. Tarkoitus on korvata puuöljyllä kevyttä polttoöljyä. Puusyötteellä saanto on suurehko, 60–70 painoprosenttia. Koetehtaan kapasiteetti on kaksi irtokuutiometriä haketta tai purua tunnissa. Tällöin saadaan 300 litraa nesteytettyä Forester<sup>TM</sup>-puupolttoainetta.

Kehitystyö jatkuu vuosina 2002 ja 2003, jona aikana odotetaan mahdollisesti suuremman kaupallisen laitoksen toteuttamista. Kaupallisena tavoitteena on noin miljoonan irtokuutiometrin jalostaminen polttoaineeksi, jolla voidaan korvata karkeasti arvioiden viisi pro-

senttia Suomen lämpö-öljyn käytöstä (Fortum html). Fortumissa uskotaan pyrolyysiöljyn voivan korvata jopa neljäsosan Suomessa nyt käytettävästä kevyestä polttoöljystä. Suomeen on arvioitu mahtuvan kymmenkunta pyrolyysilaitosta (Ympäristöuutiset html).

Pyrolyysi tuottaa myös nestemäistä polttoainetta polttomoottoreihin ja kattiloihin. Tekniikka on vielä kehitysvaiheessa, mutta kokeilulaitteistoprojektit ovat jo olemassa. Pyrolyysiöljy mahdollistaa biopolttoaineen kuljetuksen laajemmalti ja lisäksi tuo korkean hyötysuhteen dieselteknologian myös pieniin kohteisiin. Tyypilliset sähköhyötysuhteet ovat pyrolyysiöljydieseleille 40–45 %, mikä pysyy muuttumattomana, vaikka laitos olisi yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa. Wärtsilä on jo teettänyt moottorikokeita VTT:llä ja tulokset ovat lupaavia. Öljy tulee myyntiin paikallisille markkinoille 3–5 vuoden sisällä (Kuitunen html).

Vuosikymmenen lopulla Suomessa lienee useita pyrolyysiöljyä tuottavia ja käytäviä laitoksia, kuten edellisestä ilmenee. Kymmenen tuotantolaitoksen kuluttamaksi metsähake- tai purumääräksi on arvioitu miljoona  $i\text{-m}^3$ , joten yhden laitoksen kulutus olisi siten noin 100 000  $i\text{-m}^3$  haketta vuodessa. Laitos tuottaisi vuodessa noin 30 000 000 litraa pyrolyysiöljyä. Pyrolyysiöljyn lämpöarvo on noin 19,5 GJ/t (Dynamotive html), joten yhden tehtaan vuosituotanto olisi noin 160 000 MWh polttoainetta. Tämä polttoainemäärä riittää 32 yhden megawatin lämpölaitokselle (4 800 h/a). Taulukkoon 14 on hahmoteltu, mitä yhden tehtaan polttoainemäärän tuottaminen ja jakelu vaatii henkilöresursseja. Lisäksi on huomioitava uusien tehtaiden suunnitteluun, laitehankintaan ja rakentamiseen tarvittavat resurssit.

*Taulukko 14. Arvio yhden pyrolyysiöljyä tuottavan laitoksen työvoimatarpeesta, kun raaka-ainetta käytetään 100 000  $i\text{-m}^3/a$ .*

Toimenpide	Työllistävyys, htv
<u>Jalostus öljyksi</u>	
Jalostus öljyksi	12
Käsittely ja varastointi	1
<u>Öljyn jakelu ja käyttö</u>	
Kauppa ja jakelu	1
Käyttö pienissä lämpökeskuksissa, 1 MW	3

Pyrolyysiöljytuotannon työllistävä vaikutus vuonna 2010 riippuu olemassa olevien tuotantolaitosten määrästä, joita voi olla 2–10 kappaletta. Esimerkiksi kaksi laitosta työllistäisi noin 34 henkilötyövuoden edestä. Laitosten vuotuinen tuotanto olisi yhteensä 327 600 MWh eli vajaat 1,2 PJ (noin 29 htv/PJ).

## 6.2 Liikenteen biopolttonesteet

Suomessa työryhmän ehdotuksessa (2002) Uusiutuvan energian edistämishjelmaksi 2003–006 esitetään biopolttonesteiden käyttötavoitteiksi 1,4 PJ vuonna 2005 ja 3,1 PJ vuonna 2010. Vuoden 2010 käyttötavoite vastaisi noin 2 %:a liikenteen kokonaispolttoaineiden käytöstä ja hieman alle 1 %:a biopolttoaineiden kokonaiskäytöstä.

Liikenteessä dieselöljyä ja bensiiniä korvaavia tärkeimpiä biokomponentteja ovat olleet biodiesel, bioetanoli, biokaasu ja bioETBE. Biodieselin raaka-aineeksi sopivat öljykasvit, joista Suomessa rypsi on tärkein. Rypsistä voidaan valmistaa rypsiöljyä kattilapolttoaineeksi tai jalostaa metyyliesteriä (RME), joka sopii dieselpolttoaineeksi. RME:n tuotantokustannukset ovat huomattavasti korkeammat kuin dieselpolttoaineen jalostamohinta, joten tukitarve on merkittävä.

Bioetanolin tuotannon pääraaka-aineita ovat olleet viljakasvit ja sokeriruoko. Vaihtoehtona on tuottaa bensiinin lisäainetta ETBE:tä. Ongelmana molemmissa tapauksissa on tuotteen hinta, joka on bensiinin jalostamohintaan verrattuna moninkertainen. Etanolin tuotantoa selluloosasta ja hemiselluloosasta kehitetään, jotta raaka-aineena voitaisiin käyttää viljaa edullisempia maatalouden jätteitä tai puuraaka-ainetta. Ongelmana on toistaiseksi vaatimaton saanto ja korkeat tuotantokustannukset.

Uusimmat kustannusvertailut osoittavat, että edullisin tapa bioalkoholien tuottamiseen on tuottaa metanolia puusta tai jätemateriaaleista. Puusta termisesti kaasuttamalla tehdyistä synteetikaasusta saadaan metanolia. Puusta voidaan synteetikaasun kautta lisäksi valmistaa dimetyylieetteriä (DME).

Uusiutuvan energian edistämishjelmassa todetaan, että ainakin alkuvaiheessa liikenteen biopolttonesteet olisivat viljelykasveista tuotettavaa bioetanolia ja -dieseliä.

Uusiutuvan energian edistämishjelmassa asetettu tavoite 3,1 PJ vuonna 2010 tarkoittaisi rypsi-RME:n 82 500 tonnin tai ohraetanolin 115 000 tonnin vuosituotantoa. Oletetaan, että tuotanto jakautuu näiden tuotteiden välillä energiamäärän suhteen siten, että ohraetanolia on noin kolmannes. Samoin oletetaan, ettei viljely eikä raaka-aineiden tai tuotteiden kuljetus lisääny vaan työvoiman tarve kasvaa ainoastaan varsinaisissa tuotantoprosesseissa. Työvoiman tarpeeksi on arvioitu 65 henkilöä ohraetanolin valmistuksessa ja 75 henkilöä rypsi-RME:n valmistuksessa (Solantausta ym. 1997). Tehty arvio työllistävyydestä on hyvin karkea, koska tarkemmat suunnitelmat liikenteen biopolttonesteistä ovat tekemättä.



## 7. Biokaasu

Biokaasua muodostuu erilaisten mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa. Hajotuksen tuloksena saadaan mädätettyä biomassaa ja biokaasua, joka sisältää runsaasti metaania. Prosessia voidaan kutsua myös anaerobiseksi käsittelyksi tai biometanoinniksi (Suomen Biokaasukeskus html).

Biokaasu on kaasuseos, joka sisältää tavallisesti 40–70 % metaania, noin 60–30 % hiilidioksidia ja hyvin pieniä pitoisuuksia mm. rikkiyhdisteitä. Biokaasu on uudistuva biopolttoaine ja energialähde, jonka ympäristöedut ovat huomattavat. Yleisimmin biokaasua hyödynnetään lämmön- ja sähköntuotannossa sekä ajoneuvojen polttoaineena. Päästessään vapaasti ilmakehään metaani on 21 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. Kun biokaasu otetaan hyötykäyttöön, vähennetään kasvihuonekaasujen päästöjä merkittävästi.

Vuonna 1999 laaditussa Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa ei asetettu erillistä tavoitetta biokaasun käytön lisäämiselle, vaan biokaasu sisällytettiin bioenergian kokonaistavoitteeseen (KTM 1999). Vuonna 2002 valmistui kauppa- ja teollisuusministeriön asettaman työryhmän ehdotus Uusiutuvan energian edistämishjelma 2003–2006, jossa tarkastellaan myös biokaasua erikseen. Biokaasulle asetetut tavoitteet esitetään taulukossa 15.

*Taulukko 15. Biokaasun käyttö vuosina 1995 ja 2001 sekä Uusiutuvan energian edistämishjelmassa biokaasun käytölle asetetut tavoitteet (Työryhmän ehdotus 2002).*

	1995	2001	2005	2010
PJ/a	0,65	0,75	2,3	4,2
Lisäys vuodesta 2001			3-kertainen	6-kertainen

Vuodelle 2010 asetettuun tavoitteeseen kuusinkertaisesta biokaasun käyttömäärästä päästään, mikäli biokaasutuotantoa on esimerkiksi seuraavasti:

- 24 yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistamossa
- 80 kaatopaikalla
- 17 yhdyskuntien biojätteenkäsittelylaitoksessa
- 750 maatilalla sekä
- 21 keskitetyllä useamman tilan yhteislaitoksella, joilla käsiteltäisiin esimerkiksi turkiseläntalouden lantaa ja nonfood-kasveja.

## 7.1 Biokaasun tuotanto

Luontaisesti biokaasua muodostuu jatkuvasti kosteikoissa, vesistöjen pohjakerroksissa ja eläinten suolistoissa. Biokaasun tuottamiseen kontrolloidusti on useita erilaisia teknisiä vaihtoehtoja, kuten tarkoitusta varten rakennetut biokaasureaktorit tai biokaasun keräys kaatopaikalta pumppaamalla (Suomen Biokaasukeskus html).

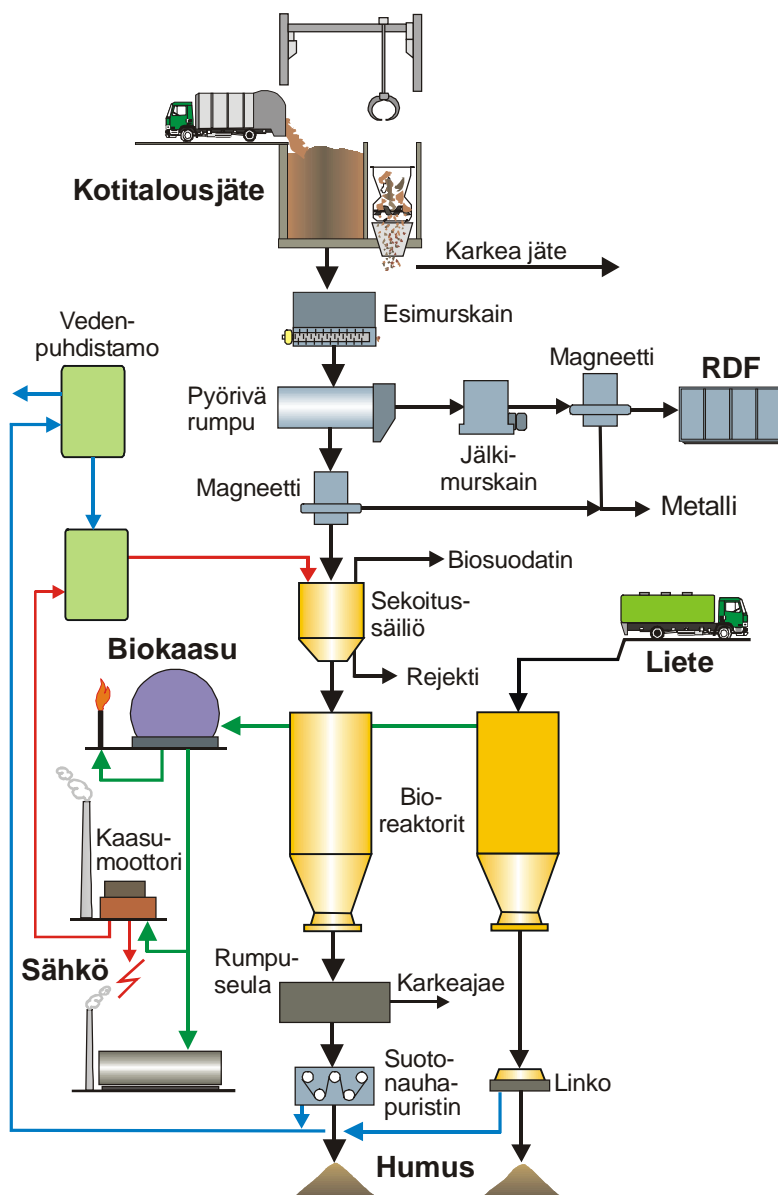
Suomessa toimi vuoden 2001 lopussa kaupunkien jätevedenpuhdistamoilla 15 biokaasu-reaktorilaitosta. Kiinteitä yhdyskuntajätteitä käsiteltiin Stormossenin laitoksella Vaasan Mustasaarella. Teollisuuden jätevesiä käsiteltiin anaerobisesti kolmessa eri laitoksessa, joista yhdessä käsiteltiin puunjalostuksen ja kahdessa elintarviketeollisuuden jätevesiä sekä orgaanisia liuottimia (Kuittinen ym. 2002).

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla toimivat biokaasulaitokset mädättävät pääasiasa jätevedenpuhdistusprosessissa muodostuvaa lietettä, millä vähennetään laitoksen ympäristölle aiheuttamia hajuhaittoja ja saadaan energiaa laitoksen käyttöön tai myytäväksi (Kuittinen ym. 2002). Suurin osa laitoksista hyödyntää biokaasun tuotantonsa varsin tehokkaasti ja ylijäämäpolttomäärät ovat vähäisiä.

Puunjalostusteollisuudessa syntyvien orgaanisten happojen ja muiden veteen liuenneiden orgaanisten yhdisteiden vesistökuormitusta pienennetään anaerobisella käsittelyllä. Puunjalostusteollisuuden anaerobilaitosten läpi virtaa suuria nestemääriä, koska jätevesien kiintoainepitoisuudet ovat pieniä. Elintarviketeollisuudessa syntyvät rasvat ja tärkelysperäiset jätteet ovat anaerobilaitosten raaka-aineina erittäin hyviä biokaasun tuottajia (Kuittinen ym. 2002).

Vaasan alueella Mustasaaren kunnassa toimii Suomen ainoa kiinteiden yhdyskuntajätteen kompostijaetta (biojätteitä) ja mekaanisesti kuivattua yhdyskuntalietettä mädättävä laitos, Ab Avfallsservice Stormossen Jätehuolto Oy. Vuonna 2001 laitoksella käsiteltiin mm. 28 500 tonnia keittiöjätettä ja hieman yli 21 000 tonnia lietteitä. Tuotettua biokaasua ei tuhlatu lainkaan hukkapoltossa, vaan suurin osa käytettiin omaan sähkön- ja lämmöntuotantoon. Laitoksen biokaasuprosessi esitetään kuvassa 7.

## Biokaasulaitoksen prosessi



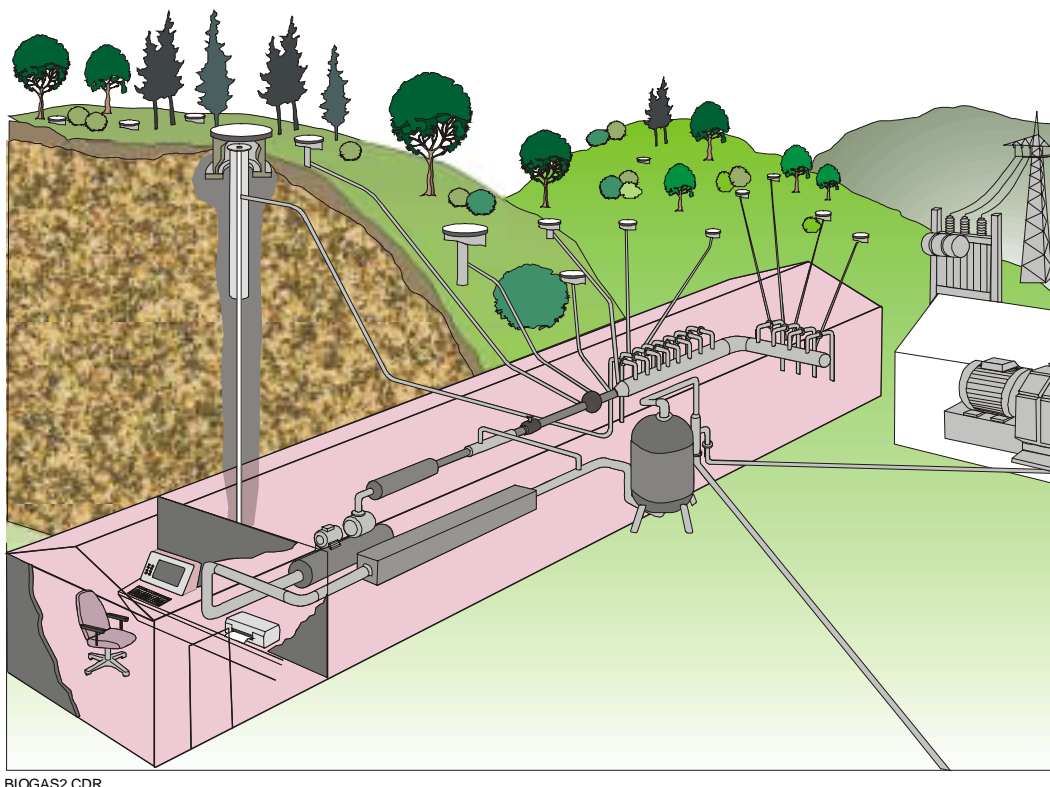
Kuva 7. Stormossenin biokaasulaitoksen prosessi (Stormossen Oy html).

Vuonna 2001 reaktorilaitoksilla tuotettiin biokaasua Suomen Biokaasukeskus ry:n mukaan yhteensä 25,4 milj. m<sup>3</sup>. Tuotettua biokaasua hyödynnettiin lämpö- ja sähköenergiana sekä mekaanisena energiana yhteensä 162,2 GWh (0,45 PJ). Ylijäämäpoltossa hukattiin lämpöenergiaa 90 prosentin hyötysuhteella laskettuna 18,6 GWh (0,07 PJ) (Kuittinen ym. 2002).

Suomessa viedään kaatopaikoille vuosittain noin 2 miljoonaa tonnia yhdyskuntajätettä ja moninkertainen määrä teollisuusjätettä (Kuittinen ym. 2002). Vuosikymmenten kuluessa jätteen sisältämä eloperäinen aines hajoaa ja muuttuu biokaasuksi, josta yli puolet

on metaania. Kaatopaikoilta talteen otetun biokaasun määrä olisi teoriassa mahdollista moninkertaistaa nykytasoon verrattuna, mutta käytännössä kaasun talteenotto ei ole mahdollista pienillä syrjäisillä kaatopaikoilla.

Kaatopaikoilla syntyvä biokaasu on ympäristöön päästessään ongelma mutta talteen otettuna käyttökelpoinen energialähde. Hallitsemattomasti kaatopaikoilta virtaava biokaasu aiheuttaa hajuhaittoja, kasvistovaurioita sekä jopa palo- ja räjähdysvaaran. Kaasua saattaa myös virrata varsinaisen jätetäytön ulkopuolelle esimerkiksi tienpohjia pitkin, asfaltin alla tai putki- ja viemärikaivannoissa. Kaatopaikkojen metaanipäästöjen ilmakehää lämmittävä vaikutus on 21-kertainen hiilidioksidiin verrattuna ja päästöt lisäävät siten kasvihuoneilmiötä huomattavasti. Lisäksi biokaasu on terveydelle haitallista. Biokaasun talteenotto vähentää merkittävästi tulipaloriskiä kesäaikana. Kaatopaikoilla muodostuvasta biokaasusta suurin osa voidaan kerätä talteen ja hyödyntää energiantuotannossa (kuva 8).



*Kuva 8. Kaatopaikkalaitoksen toimintaperiaate (Alakangas 2000).*

Vuoden 2001 lopussa biokaasua kerättiin talteen 19 kaatopaikalta, yhteensä 52,5 milj. m<sup>3</sup>. Pumpatusta biokaasusta 21,4 milj. m<sup>3</sup> käytettiin sähkön ja lämmön tuotantoon. Energiaa kaatopaikoilta pumpatusta biokaasusta tuotettiin 80,0 GWh (0,29 PJ). Talteen otetun biokaasun ylijäämäpoltossa hukattiin lämpöenergiaa 90 % hyötysuhteella laskettuna 140,7 GWh (0,51 PJ) (Kuittinen ym. 2002).

Tilakohtaisia biokaasulaitoksia oli vuoden 2001 lopulla toiminnassa Jepualla, Kalajoella, Laukaassa, Nivalassa ja Taipalsaassa. Lannan ja muiden orgaanisten jätteiden käsittelyssä anaerobinen käsittelytapa on varteenotettava vaihtoehto. Tätä puoltavat hygienian ja lannoitusarvon paraneminen, hajuhaittojen väheneminen sekä tuotetun biokaasun kautta saatava taloudellinen hyöty.

## 7.2 Biokaasun tuotannon ja käytön työllistävyys

Biokaasun tuotannon ja hyödyntämisen vuotuinen työllistävä vaikutus reaktoria tai kaatopaikkaa kohti on suhteellisen pieni. Prosessit ovat tyypillisesti automaattisia ja niiden valvonta ja ohjaus tapahtuu valvomosta käsin. Eniten työllistävät huoltotoimpiteet ja häiriötilanteet. Taulukkoon 16 on koottu arvio biokaasun tuotannon työllistävästä vaikutuksesta käytön ja huollon osalta, olettaen että vuodelle 2010 asetettu tavoite saavutetaan edellä esitetyn laitosisvalikoiman kautta.

*Taulukko 16. Biokaasun tuotannon vuotuinen työllistävyys.*

	htv/kpl	1995		2001		2010	
		Kpl	htv	Kpl	Htv	kpl	htv
Jätevedenpuhdistamot	0,2	17	3,4	19	3,8	24	4,8
Kaatopaikat	0,3	3	0,9	19	5,7	80	24
Yhdyskuntien biojäte	3	1	3	1	3	17	51
Maatilat	0,05	–	–	5	0,25	750	37,5
Muut	1	–	–	–	–	21	21
<b>Yhteensä</b>		21	7,3	44	12,75	892	138,3

Vuonna 1995 biokaasutuotannon tehokkuus oli noin 11,2 htv/PJ, 2001 noin 12,7 htv/PJ ja 2010 tuotannon tehokkuudeksi arvioidaan 32,9 htv/PJ. Keskimääräinen työntuottavuus pienenee, koska tuotannon kasvaessa tulevat kuvaan pienemmän kokoluokan laitokset lähinnä maataloilla ja tuotantotehokkuus kärsii.

## 8. Turvetuotanto

### 8.1 Turvetuotannon toimitusketjut

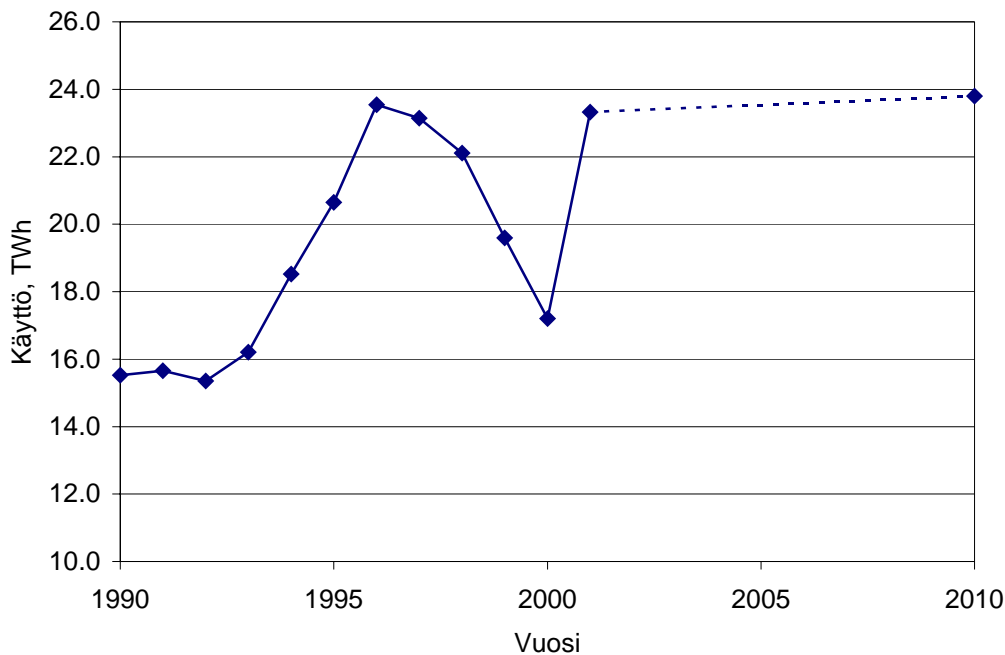
Turvetuotannon vakiintuneita tuotantomenetelmiä ovat Haku-menetelmä, imuvaunumenetelmä ja mekaaninen kokoojavaunu. Menetelmissä käytettävät koneet, työsaavutus-tiedot ja työntekijöiden lukumäärä oesitetään taulukossa 17.

Taulukko 17. Eri tuotantomenetelmiä kuvaavat tunnusluvut.

<b>JYRSINTURVE</b>				
Menetelmä ja tuotantopinta-ala	Kone	Lkm	Työsaavutus, ha/h	Työntekijöitä
Haku-menetelmä (300 ha)	JYRSIN	1–2	5–7	7–9
	Kääntäjä	1–2	10–20	
	Karheeja	1	10	
	Kuormaaja	1		
	Perävaunu	3–5	riippuu lukumäärästä	
Imuvaunu-menetelmä (50 ha)	Jyrsin	1	4–5	1–2
	Kääntäjä	1	14–27	
	Imuvaunu	1	60–100 m <sup>3</sup> /h	
Mekaaninen kokoojavaunu (70 ha)	Jyrsin	1	4–5	1–2
	Kääntäjä	1	14–27	
	Mekaaninen vaunu, etukarheejalla	1	80–150 m <sup>3</sup> /h	
Kaukokuljetus	Rekka-auto		3–6 kuormaa/d	1–3
<b>PALATURVE</b>				
Menetelmä ja tuotantopinta-ala	Kone	Lkm	Työsaavutus, ha/h	Työntekijöitä
Tupla-menetelmä, lainepala (160 ha)	PK-1S LP	6	22 m <sup>3</sup> /h	1–5
	Palakääntäjä	1	4,5	
	Karheeja	1	0,84	
	Kuormaaja	1	350 m <sup>3</sup> /h	
	Perävaunu	4	riippuu lukumäärästä	

## 8.2 Turpeen käyttömäärät

Kuvassa 9 esitetään turpeen käyttömäärät vuodesta 1995 nykypäivään sekä ennustettu käyttö vuonna 2010. Turpeen käytön oletetaan pysyvän prosentuaalisesti nykytasolla, eli 6 %:ssa primäärienergian käytöstä. Vuonna 2010 tämä vastaa noin 85 PJ:a, eli vajaata 24 TWh:a. Turvetuotannon merkittävä väheneminen 1990-luvun loppupuoliskolla johtui sähkömarkkinoiden vapauttamisesta, turpeen verotuksesta ja puupolttoaineiden käytön lisääntymisestä.



Kuva 9. Turpeen käyttö (TWh) vuodesta 1990 alkaen sekä käytön ennuste vuonna 2010.

## 8.3 Turvetuotannon työllistävyys

Ahonen (2001) on tarkastellut turvetuotannon työllistävyyttä Karstulan ympäristössä vuonna 1999. Neljän kunnan alueella (Karstula, Soini, Pylkönmäki ja Kyyjärvi) toimivat turvetuottajina Vapo, Fortum ja pientuottajat. Jyrsinturvetuotannon osuus tuotannosta oli 1,89 milj. m<sup>3</sup> (94,6 % kaikesta tuotetusta turpeesta), palaturpeen 80 000 m<sup>3</sup> (4,0 %) ja kasvuturpeen 28 000 m<sup>3</sup> (1,4 %). Yhteensä tuotanto oli 2 milj. m<sup>3</sup>. Selvityksessä saatiin turvetuotannon välittömiksi työllisyysvaikutuksiksi 150 htv, mikä sisältää kesäaikaisen turvetuotannon ja turvekuljetukset voimalaitokselle. Tuotettua energiamäärää kohti saadaan tunnusluku 0,1397 h/MWh, kun oletetaan turpeen energiatiheydeksi 0,93 MWh/m<sup>3</sup> ja henkilötyövuoden pituudeksi 1 732 h. Koko turvetuotannon työllistävyydeksi saadaan taulukon 18 mukaiset arvot.

*Taulukko 18. Turvetuotannon työllistävyys ja tuotannon kalustomäärät. Esitetyt tuotantoyksiköt sisältävät seuraavat koneet: Haku-yksikkö 3 jyräintä, 3 kääntäjää, 3 karhejaa, 1 kuormaaja ja 3–5 perävaunua, ja Imuvaunu-yksikkö ja mekaanisen vaunun yksikkö: 1 jyräin ja kääntäjä sekä imuvaunu tai mekaaninen vaunu.*

	1995	2001	2010
<b>Käyttömäärä, TWh (PJ)</b>	20,6 (74,3)	20,3 (73,1)	23,7 (85,3)
Työllisyysvaikutus, htv			
Suora vaikutus	2 330	2 053	2 395
Laitevalmistus	53	52	61
Tutkimus- ja konsulttipalvelut	127	124	145
Ympäristö- ja muu hallinto <sup>1)</sup>	60	59	69
<b>Konekalusto, kpl <sup>2)</sup></b>			
Haku-yksiköitä		59	69
Imuvaunu-yksiköitä		176	207
Mekaaninen vaunu -yksiköitä		127	148
Palaturve-yksiköitä		10	12

1) Lupamenettelyt yms.

2) Arvion oletukset: jyräinturvetuotannon osuus energiasta 96 % ja palaturpeen 4 %. Jyräinturvetuotantomenetelmien käyttöosuudet; Haku 50 % (18 000 ha), imuvaunu 25 % (9 000 ha) ja mekaaninen vaunu 25 % (9 000 ha). Palaturvetuotannon pinta-ala 1 650 ha. Jyräinturvetuotannon kausisaanto 550 MWh/ha ja palaturpeen 500 MWh/ha.

Turvetuotannon volyymin on oletettu pysyvän nykytasolla vuosikymmenen loppuun asti. Samoin turvetuotannon työllistävyys ei oleteta merkittävästi muuttuvan. Tuotantomenetelmissä ja -koneissa tapahtuu kehitystä, mutta samalla tuotanto-olot vaikeutuvat, kun suurempi osuus työmaista on tuotannon loppuvaiheessa olevia epäyhtenäisiä tai kunnostettuja alueita. Haku-menetelmän oletetaan olevan yleisin menetelmä myös vuonna 2010, jolloin menetelmien käyttösuhteet eivät merkittävästi muutu (Lampila suullinen tiedonanto 2002).

Erilaiset turvetuottajille suunnatut tutkimus- ja konsulttipalvelut (esim. suosunnitelmat ja lupahakemukset) sekä lupamenettelyt ovat tärkeä osa turvetuotantoa. Tällä hetkellä ne työllistävät noin 175 henkilötyövuotta ja vuosikymmenen loppuun mennessä runsaat 200 henkilötyövuotta (taulukko 18).



## 9. Yhteenveto

Kauppa- ja teollisuusministeriön Uusiutuvan energian edistämishjelman työryhmän asettamana uutena tavoitteena on lisätä bioenergian käyttö vuoteen 2010 mennessä 350 PJ:n tasolle. Käytön lisäys vuodesta 1995 on siis runsaat 65 %. Turpeelle ei tuotantotavoitteita ehdoteta, mutta tuotannon arvioidaan prosentuaalisesti pysyvän nykyisellä tasollaan eli noin 6 %:ssa. Tämä merkitsee noin 85 PJ:n käyttöä vuonna 2010, eli myös turpeen käyttö lisääntyy jonkin verran.

Tarkastelujakson aikana vuoteen 2010 bioenergian ja turpeen tuotannossa työskentelevien määrä kasvaa usealla tuhannella henkilötyövuodella (taulukko 19). Tarkemmat polttoaine- ja käyttökohdekohtaiset arviot on esitetty tämän julkaisun luvuissa 2–8. Vuonna 1995 tuotanto työllisti vajaan 3 700 htv:n edestä. Tällä hetkellä tuotannon työllistävyys on n. 4 200 henkilötyövuotta, vuonna 2010 jo runsaat 6 600 henkilötyövuotta. Käytännössä alalla toimii näitä lukuja suurempi määrä henkilöitä, koska osa toimijoista on osa-aikaisia kausiurakointia harjoittavia henkilöitä. Kotimaisilla alueellisesti tuotettavilla ja käytettävillä polttoaineilla on merkittäviä alue- ja kansantaloudellisia hyötyjä, sillä niiden vaikutuksesta syntyy työpaikkoja seuduille, joissa työllistyminen on muutoin hankalaa.

*Taulukko 19. Arvio bioenergian ja turpeen tuotannon työpaikoista (htv) 1995–2010. Kiinteät puupolttoaineet sisältävät metsähakkeen, kuoren, purun yms. sekä puun pienkäyttöön sisältyvän pilketuotannon ja pellettien ja brikettien tuotannon.*

Polttoaine	Vuosi		
	1995	2001	2010
Kiinteät puupolttoaineet	1 110	1 765	3 360
Kierrätyspolttoaineet	45	215	270
Biokaasu	5	15	140
Peltobiomassat	–	5	55
Biopolttonesteet	–	–	175
Turve	2 515	2 235	2 610
Bioenergia ja turve yhteensä	3 675	4 235	6 610

Määrällisesti eniten työllistävät turvetuotanto ja metsähaketuotanto. Erityisesti metsähaketuotannon merkitys kasvaa tulevaisuudessa. Uusina energialähteinä tulevat mukaan biokaasun ja peltobiomassojen laajamittainen tuotanto sekä kokonaan uutena alueena biopolttonesteet.

Tuotantoteknologioiden ja -menetelmien kehittyessä tuotantotehokkuus (htv/PJ) yleisesti ottaen paranee. Selvimmin tämä näkyy metsähaketuotannossa, jossa mm. Bioenergian tutkimusohjelma (1993–1998) ja Puuenergian teknologiaohjelma (1999–2003) ovat selkeästi kantaneet hedelmää. Toisaalta esimerkiksi biokaasutuotannon kasvu tulee jatkossa lähinnä pienemmän kokoluokan tuotantoyksiköiden (eli lähinnä maatilojen biokaasulaitosten) käyttöönotosta, joten tuotantotehokkuus tulee kärsimään. Myös kierrätyspolttoaineen hyödyntämisessä joudutaan tulevaisuudessa volyymien kasvaessa menemään pienempiin yksikkökokoihin sekä käyttämään huonompilaatuista raaka-ainetta, jolloin työn tuottavuus energiayksikköä kohden ei nouse.

Bioenergian käyttökohteista on viime vuosina lukumääräisesti eniten rakennettu pieniä (alle 2 MW:n) laitoksia. Niiden työllisyysvaikutus on suuria laitoksia suhteellisesti suurempi, mutta yhteenlaskettuna pienten laitosten työllistävyys on pienempi kuin suurten laitosten. Myös uusia vastapainevoimaloita on valmistunut menneiden viiden vuoden aikana. Suurissa voimaloissa on usein kuitenkin kyse kattilan uusimisesta, jolloin uusia työpaikkoja ei juuri synny. Vuoteen 2010 kehitys jatkunee samanlaisena, eli lukumääräisesti eniten uusia kohteita syntyy pieniin teholuokkiin.

Osa puupolttoaineiden käytön kasvusta korvaa lähinnä turvetta, jolloin uusia työpaikkoja ei käyttökohteeseen synny. Sama koskee kaikkia kiinteitä polttoaineita. Uusia työpaikkoja syntyy, kun polttoöljyä käyttävä lämpökeskus korvataan puuta polttavalla lämpökeskuksella tai kun rakennetaan lämpöä ja sähköä tuottava voimalaitos lämpökeskuksen tilalle.

Laitosten työllistävyyteen vaikuttaa myös se, kuka vastaa lämmitystyöstä. Lämmitysvastuu voidaan antaa ulkopuoliselle yritykselle, joka hoitaa kattiloidensa käytön keskitetysti siten, että sama henkilöstö vastaa useamman kattilan käytöstä. Myös automaatiojärjestelmien kehitys, polttoaineen laadun paraneminen ja hallinta, kattiloiden käytön oppiminen sekä uudet tekniset ratkaisut ovat vähentäneet energiantuotannon vaatimaa työn määrää. Vuoden 2010 bioenergian työllisyysvaikutuksen nettolisäyksen käyttöpaikoilla arvioidaan olevan kaikki kokoluokat huomioon ottaen 140 henkilötyövuotta.

Suomesta löytyy merkittävää uusiutuvan energian tuotanto- ja käyttötekniikan valmistusta. Täällä valmistetaan esimerkiksi energiapuun ja turpeen korjuuteknologiaa, hakkuureita ja murskaimia, pilkekoneita sekä käyttöpään teknologiaa. Laitevalmistuksen ja erityisesti viennin on arvioitu lisääntyvän merkittävästi nykyisestä vuoteen 2010 mennessä. Laiteviennin arvioidaan kasvavan miljardiin euroon lähivuosina, ja sen myötä välitön työllistävyys saattaa nousta noin 8 600 henkilötyövuoteen.

## Kirjallisuus

AHONEN, A. 2001. Turvetuotanto maaseudun infrastruktuurissa. Kajaani: Redec Kajaani working papers 37.

ALAKANGAS, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: VTT Tiedotteita 2045. 172 s. + liitt. 17 s.

ASIKAINEN, A., RANTA, T., LAITILA, J. ja HÄMÄLÄINEN, J. 2001. Hakkuutädehakkeen kustannustekijät ja suurimittainen hankinta. Joensuu: Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonantoja 131. 107 s.

Dynamotive. 21.11.2002. [<http://www.dynamotive.com/biooil/>].

Fortum Oyj. 21.11.2002. [[http://www.tekes.fi/uutisia/uutis\\_tiedot.asp?id=1898](http://www.tekes.fi/uutisia/uutis_tiedot.asp?id=1898)].

HAKKILA, P. ja FREDRIKSSON, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Vantaa: Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. 92 s.

HAKKILA, P., NOUSIAINEN, I. ja KALAJA, H. 2001. Metsähakkeen käyttö Suomessa. Tilannekatsaus vuodesta 1999. Espoo: VTT Tiedotteita 2087. 39 s.

HAKKILA, P. 2002. Puuenergian teknologiaohjelman katsaus 1999–2002. Teoksessa: Alakangas, E (toim.). Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002. Espoo: VTT Symposium 221. S. 9–50.

HELYNEN, S., HOLTTINEN, H., LUND, P., SIPILÄ, K., WOLFF, J. ja ALAKANGAS, E. 1999. Uusiutuvien energialähteiden edistämishojelman taustaraportti. KTM tutkimuksia ja raportteja 24/1999. 112 s.

HELYNEN, S. ja ORAVAINEN, H. 2002. Polttopuun pientuotannon ja –käytön kehitystarpeet. Helsinki: Tekes. Teknologiakatsaus 124/2002. 27 s.

HELYNEN, S., FLYKTMAN, M., MÄKINEN, T., SIPILÄ, K. ja VESTERINEN, P. 2002. Bioenergian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Espoo: VTT Tiedotteita 2145. 2002. 110 s. + liitt. 2 s.

HIETANEN, L. 2002. Miten onnistumme REF:n käytössä. Teoksessa: Bioenergiapäivät 2002. FINBION julkaisu 23. S. 155–160.

HIETANEN, L. 2002. VTT Prosessit. 26.11.2002 ja 20.11.2002. Suullinen tiedonanto.

HUHTANEN, T. 2001. Pellettien tuotanto, jakelu ja markkinat. OPET Finland. Pellettitapahtuma 18.–20.4.2001. Joensuu.

KAKKINEN, O. 2000. Puupellettien soveltuvuus energiantuotantoon. Opinnäytetyö, Lappeenrannan Teknillinen Korkeakoulu. 84 s.

KALLIO, M. ja ALAKANGAS, E. 2002. Puubrikettien tuotanto ja käyttö Suomessa, OPET Raportti 8, Jyväskylä: VTT Prosessit. 39 s. + liitt. 3 s.  
[<http://www.tekes.fi/opet/acjulk.html>].

KOSUNEN, P. ja LEINO, P. 1995. Biopolttoaineiden kilpailukyky sähkön ja lämmön tuotannossa. 152 s.

KTM (Kauppa- ja teollisuusministeriö). 1999. Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma. Kauppa ja teollisuusministeriön julkaisuja 4/1999. 28 s.

KUITTINEN, V., LEINONEN, S. ja HUTTUNEN, M. J. 2002. Suomen biokaasulaitosrekisteri V, tiedot vuodelta 2001. Joensuu: Suomen Biokaasukeskus ry. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen raportteja N:o 2/2002. 39 s.  
[<http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/rek5.pdf>].

KUITUNEN, T. 2002. Wärtsilän biovoimalaitokset kehityksen kärjessä. Hajasijoitettujen biovoimalaitosten kysyntä EU:ssa kasvaa. Eurometri 2/2002. Suomen Eurooppaliikery. 21.11.2002. [[www.suomeneurooppaliike.fi/](http://www.suomeneurooppaliike.fi/)].

LAMPILA, T. 2002. Vapo Oy. Suullinen tiedonanto.

LAURILA, P. 2003. Metsähakkeen tuotannon tilanne ja kehittämistarpeet. Teoksessa: Kehittyvä puuhuolto 2003. Seminaarijulkaisu. Helsinki: Metsäteho Oy. S. 68–72.

LOHINIVA, E., SIPILÄ, K., MÄKINEN, T. ja HIETANEN, L. 2002. Jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin. Espoo: VTT Tiedotteita 2139. 119 s.

Metsätilastollinen vuosikirja 2001. Metsäntutkimuslaitos. 21.11.2002.  
[<http://www.metla.fi/julkaisut/metsatilastollinenvsk/index.htm>].

Nestemäinen puu haastaa lämmitysöljyn. 1999. Helsingin sanomat. 21.11.2003.  
[<http://www.helsinginsanomat.fi/uutisarkisto/19990619/erik/990619er05.html>].

NURMI, J. 1994. Työtavan vaikutus hakkuukoneen tuotokseen ja hakkuutähteen kautumiseen. Folia Forestalia 1994(2), s. 113–122.

SALO, R. (toim.). 2000. Biomassan tuottaminen kuidun ja energian raaka-aineeksi, tutkimuksen loppuraportti, osa II, Ruokohelven ja oljen korjuu, tuotantokustannukset ja polttotekniikka. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja 85, sarja A.

SIPILÄ, K. 2002. Jätteenpolttodirektiivin vaikutukset ja kustannukset. Valtakunnalliset jätepäivät 2002, 4.–5.9.2002, Helsinki.

SOLANTAUSTA, Y., MCKEOUGH, P. ja SIPILÄ, K. 1997. Biopolttonesteet. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 5/1997. 105 s.

Stormossen Oy. 29.1.2003. [<http://www.stormossen.fi>].

Suomen Biokaasukeskus, Biokaasu – Tuotanto ja hyödyntäminen Suomessa. Suomen Biokaasukeskus ry:n biokaasuesite.

[<http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/esitefi.pdf>].

TUOMI, S. ja PELTOLA, A. 2002. Polttopuun käytön nykytila pientaloissa. Työteho-seuran metsätiedote 658. 4 s.

Työryhmän ehdotus 5.12.2002. Uusiutuvan energian edistämishjelma 2003–2006. [[http://www.ktm.fi/6ktm\\_etu.htm](http://www.ktm.fi/6ktm_etu.htm)].

TÖRMÄNEN, M. 2002. Koneyrittäjien liitto ry.

VASARAINEN, M. 2002. Autoliikenteen Työnantajaliitto ry.

YLITALO, E. 2002. Puupolttoaineen käyttö energiantuotannossa vuonna 2001. Metsätilastotiedote. Metsäntutkimuslaitos, metsätilastollinen tietopalvelu. 8 s.

Ympäristöuutiset. Suomessa kehitetään puusta saatavaa polttoainetta. Yleisradio. 21.11.2002. [<http://www.yle.fi/ympuut/010204/jakso/raportti.htm>].

Tekijä(t) Halonen, Petri, Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Kallio, Esa, Kallio, Markku, Paapanen, Teuvo & Vesterinen, Pirkko			
Nimeke <b>Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset</b>			
Tiivistelmä Kauppa- ja teollisuusministeriön Uusiutuvan energian edistämishjelman työryhmän ehdottamana tavoitteena on lisätä bioenergian käyttö vuoteen 2010 mennessä 350 PJ:een, mikä tarkoittaa käytön lisäystä noin 30 %:lla vuoden 2001 tasosta. Turpeelle ei tuotantotavoitteita ehdoteta, mutta tuotannon arvioidaan prosentuaalisesti pysyvän nykyisellä tasollaan, eli noin 6 %:ssa. Tämä merkitsee noin 85 PJ:n käyttöä vuonna 2010, eli myös turpeen käyttö lisääntyy jonkin verran.  Tällä hetkellä kotimaisten polttoaineiden tuotanto työllistää 4 200 henkilötyövuoden verran. Vuosikymmenen loppuun mennessä tuotanto- ja käyttömäärien kasvaessa tulee alan työllistävyys olemaan n. 6 600 henkilötyövuotta. Bioenergiaa ja turvetta polttoaineenaan käyttävät laitokset työllistävät tällä hetkellä 2 800 henkilöä ja vuosikymmenen loppuun mennessä luku nousee 2 900 henkilötyövuoteen, joten bioenergian käytön nettotyöllistävyys jää käyttöpaikoilla vähäiseksi.  Bioenergia-alan laitevalmistuksen ja viennin on arvioitu lisääntyvän merkittävästi nykyisestä vuosikymmenen loppuun mennessä. Laiteviennin arvioidaan kasvavan miljardiin euroon lähivuosina ja sen myötä välitön työllistävyys saattaa nousta noin 8 500 henkilötyövuoteen.			
Avainsanat employment, bioenergy, wood fuels, REF, agrobiomass, biofuels, biogas, energy peat, energy production, power plants			
Toimintayksikkö VTT Prosessit, Koivurannantie 1, PL 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ			
ISBN 951-38-6194-5 (nid.) 951-38-6195-3 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/inf/pdf/">http://www.vtt.fi/inf/pdf/</a> )		Projektinumero C2SU02216	
Julkaisuaika Marraskuu 2003	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 51 s.	Hinta B
Projektin nimi Bioenergian tuotannon ja käytön työllisyysvaikutukset		Toimeksiantaja(t) Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM)	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/inf/pdf/">http://www.vtt.fi/inf/pdf/</a> )		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Author(s) Halonen, Petri, Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Kallio, Esa, Kallio, Markku, Paappanen, Teuvo & Vesterinen, Pirkko			
Title <b>Direct employment effects of bioenergy production and use</b>			
Abstract The objective of the National Action Plan for Renewable Energy Sources of Ministry of Trade and Industry is to increase the use of bioenergy up to 350 PJ by the year 2010. Compared to 2001 the growth would be approximately 30%. There will be no production targets for energy peat but it is estimated that the production will remain at the current level of 6% also in the future. This corresponds approximately 85 PJ in 2010, that is to say that also the use of energy peat will increase in some degree.  Currently the production of indigenous biomass-based fuels is estimated to employ for 4 200 man-years. By the end of the decade the employment is estimated to be approximately 6 600 man-years due to the increase in production and use. At present power plants which use bioenergy and energy peat employ 2 800 persons. By the end of the decade the amount of employees is expected to rise to 2 900 man-years. Thus, increase in employment by bioenergy use will be insignificant.  Production/manufacture and export of wood harvesting products are expected to grow significantly by the end of the decade. The volume of technology export is expected to amount to EUR 1 000 000 000 in the near future. Consequently, direct employment may increase approximately to 8 500 man-years.			
Keywords employment, bioenergy, wood fuels, REF, agrobiomass, biofuels, biogas, energy peat, energy production, power plants			
Activity unit VTT Processes, Koivurannantie 1, P.O.Box 1603, FIN-40101 JYVÄSKYLÄ, Finland			
ISBN 951-38-6194-5 (soft back ed.) 951-38-6195-3 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/inf/pdf/">http://www.vtt.fi/inf/pdf/</a> )			Project number C2SU02216
Date November 2003	Language Finnish, English abstr.	Pages 51 p.	Price B
Name of project Bioenergian tuotannon ja käytön suorat työllisyysvaikutukset		Commissioned by Finnish Ministry of Trade and Industry (KTM)	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/inf/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/inf/pdf/</a> )		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

## VTT TIEDOTTEITA – RESEARCH NOTES

### VTT PROSESSIT – VTT PROSESSER –VTT PROCESSES

- 2137 Kumpulainen, Heikki, Peltonen, Terttu, Koponen, Ulla, Bergelin, Mikael, Valkiainen, Matti & Wasberg, Mikael. In situ voltammetric characterization of PEM fuel cell catalyst layers. 2002. 28 p. + app. 4 p.
- 2138 Ranta, Jussi & Wahlström, Margareta. Tuhkien laatu REF-seospoltossa. 2002. 53 s. + liitt. 13 s.
- 2139 Lohiniva, Elina, Sipilä, Kai, Mäkinen, Tuula & Hietanen, Lassi. Jätteiden energiakäytön vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin. 2002. 119 s.
- 2141 Laine-Ylijoki, Jutta, Wahlström, Margareta, Peltola, Kari, Pihlajaniemi, Miina & Mäkelä, Esa. Seospolton tuhkien koostumus ja ympäristölaadunvarmistusjärjestelmä. 2002. 51 s. + liitt. 59 s.
- 2142 Tuhkanen, Sami. Jätehuollon merkitys Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Kaatopaikkojen metaanipäästöt ja niiden talteenotto. 2002. 46 s.
- 2143 Meinander, Harriet & Varheenmaa, Minna. Clothing and textiles for disabled and elderly people. 2002. 58 p. + app. 4 p.
- 2145 Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Mäkinen, Tuula, Sipilä, Kai & Vesterinen, Pirkko. Bioenergian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. 2002. 110 s. + liitt. 2 s.
- 2153 Hänninen, Seppo & Lehtonen, Matti. Earth fault distance computation with fundamental frequency signals based on measurements in substation supply bay. 2002. 40 p.
- 2155 Hepola, Jouko & Kurkela, Esa. Energiantuotannon tehostaminen fossiilisiin ja uusiutuviin polttoaineisiin perustuvassa energiantuotannossa. 2002. 65 s.
- 2163 Miettinen, Jaakko & Hämäläinen, Anitta. GENFLO - A general thermal hydraulic solution for accident simulation. Espoo 2002. VTT Tiedotteita – Research Notes 2163. 75 p. + app. 4. p.
- 2164 FINNUS, The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 1999-2002. Final Report. Ed by Riitta Kyrki-Rajamäki & Eija Karita Puska. 267 p. + app. 68 p.
- 2165 FINNUS, The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 1999–2002. Executive Summary. Ed. by Riitta Kyrki-Rajamäki. 2002. 26 p. + app. 18 p.
- 2177 Mäkelä, Kari, Laurikko, Juhani & Kanner, Heikki. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 2001.1 -laskentajärjestelmä. 2002. 63 s. + liitt. 42 s.
- 2182 Stén, Pekka, Puhakka, Eini, Ikävalko, Ermo, Lehikoinen, Jarmo, Olin, Markus, Sirkiä, Pekka, Kinnunen, Petri & Laitinen, Timo. Adsorption studies on iron oxides with reference to the oxide films formed on material surfaces in nuclear power plants. 2002. 37 p.
- 2186 Syri, Sanna & Lehtilä, Antti. Kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisen vaikutus muihin ilmansaasteisiin. 2003. 69 s.
- 2187 Siltanen, Satu. Teknisiä ja taloudellisia näkökohtia käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen palauttavuudesta. Kirjallisuusselvitys. 2003. 72 s.
- 2189 Pingoud, Kim, Perälä, Anna-Leena, Soimakallio, Sampo & Pussinen, Ari. Greenhouse gas impacts of harvested wood products. Evaluation and development of methods. 2003. 120 p. + app. 16 p. (PRO)
- 2196 Lehtilä, Antti & Syri, Sanna. Suomen energiajärjestelmän ja päästöjen kehitysarvioita. Climtech-ohjelman skenaariotarkastelu. 2003. 62 s.
- 2199 Alanen, Raili, Koljonen, Tiina, Hukari, Sirpa & Saari, Pekka. Energian varastoinnin nykytila. 2003. 169 s. + liitt. 60 s.
- 2003 Serén, Tom & Kekki, Tommi. Retrospective dosimetry based on niobium extraction and counting – VTT's contribution to the RETROSPEC project. 2003. 36 p.
- 2209 Monni, Suvi & Syri, Sanna. Uncertainties in the Finnish 2001 Greenhouse Gas Emission Inventory. 2003. 101 p. + app. 27 p.
- 2212 Hepola, Jouko. Elohopeapäästöt fossiilisiin polttoaineisiin ja jätteisiin perustuvassa energiantuotannossa. 2003. 37 s.
- 2215 Laine-Ylijoki, Jutta, Syrjä, Jari-Jussi & Wahlström, Margareta. Röntgenfluoresenssimenetelmät kierrätyspolttoaineiden pikalaadunvalvonnassa. 2003. 39 s. + liitt. 8 s.
- 2219 Halonen, Petri, Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Kallio, Esa, Kallio, Markku, Paappanen, Teuvo & Vesterinen, Pirkko. Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset. 2003. 51 s.



Julkaisussa kuvataan bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä arvioidaan tuotannon ja käytön nykyiset työllisyysvaikutukset ja työllistävyys vuonna 2010, mikäli bioenergian käyttö kasvaa päivitetyn uusiutuvan energian edistämishjelman mukaisesti. Ohjelman tavoitteena on bioenergian käytön 30 %:n lisäys vuoden 2001 tasosta vuoteen 2010 mennessä. Suurin lisäys on metsähakkeen käytössä. Turpeen käytön arvioidaan prosentuaalisesti pysyvän nykyisellä tasollaan eli noin 6 %:ssa.

Kotimaisten polttoaineiden tuotannon ja käytön työllisyysvaikutukseksi arvioidaan 9 500 henkilötyövuotta vuonna 2010, mikä on 2 500 henkilötyövuotta enemmän kuin vuonna 2001. Eniten kasvua on polttoaineiden tuotannossa, etenkin metsähakkeen tuotannossa. Myös bioenergia-alan laitevalmistuksen ja -viennin arvioidaan lisääntyvän merkittävästi, ja niiden välitön työllistävyys saattaisi nousta yli 8 500 henkilötyövuoteen vuoteen 2010 mennessä.

Tätä julkaisua myy  
VTT TIETOPALVELU  
PL 2000  
02044 VTT  
Puh. (09) 456 4404  
Faksi (09) 456 4374

Denna publikation säljs av  
VTT INFORMATIONSTJÄNST  
PB 2000  
02044 VTT  
Tel. (09) 456 4404  
Fax (09) 456 4374

This publication is available from  
VTT INFORMATION SERVICE  
P.O.Box 2000  
FIN-02044 VTT, Finland  
Phone internat. + 358 9 456 4404  
Fax + 358 9 456 4374