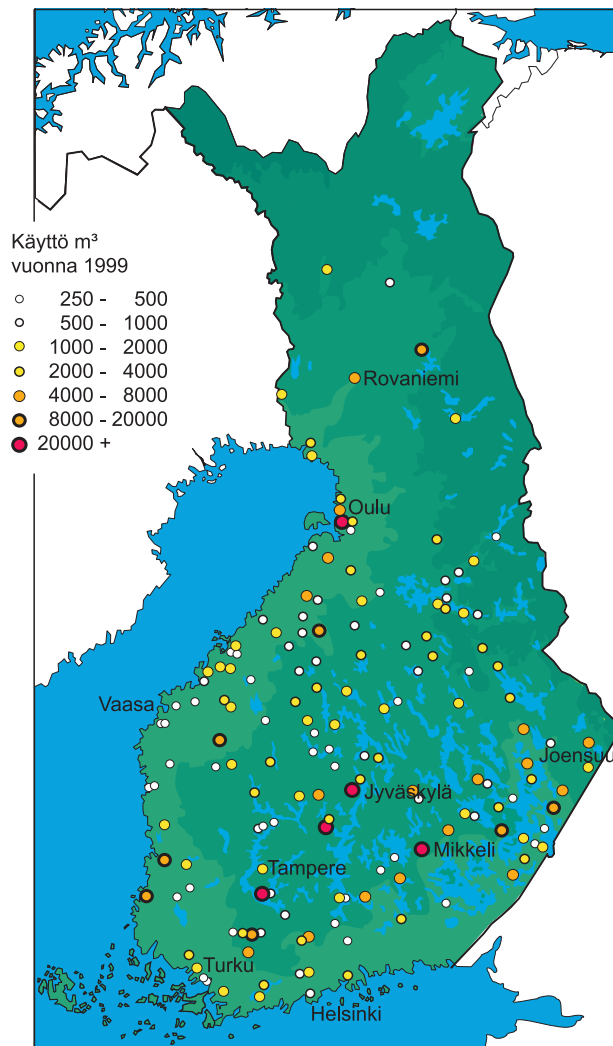


Pentti Hakkila, Ismo Nousiainen & Hannu Kalaja

# Metsähakkeen käyttö Suomessa Tilannekatsaus vuodesta 1999



PUUENERGIA

# **Metsähakkeen käyttö Suomessa**

## **Tilannekatsaus vuodesta 1999**

Pentti Hakkila & Ismo Nousiainen

VTT Energia

Hannu Kalaja

Metsäntutkimuslaitos



PUUENERGIA



ISBN 951-38-5809-X (nid.)  
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5810-3 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)  
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2001

#### JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

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

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

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

VTT Energia, Energian tuotanto, Koivurannantie 1, PL 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ  
puh. vaihde (014) 672 611, faksi (014) 672 597

VTT Energi, Energiproduktion, Koivurannantie 1, PB 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ  
tel. växel (014) 672 611, fax (014) 672 597

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

Hakkila, Pentti, Nousiainen, Ismo & Kalaja, Hannu. Metsähakkeen käyttö Suomessa. Tilannekatsaus vuodesta 1999 [Use of forest chips in Finland. Position paper for 1999]. Espoo 2001, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2087. 39 s.

**Avainsanat** wood chips, energy production, logging residues, trees (plants), forest trees, moisture content, prices, economic analysis, utilization, Finland, power plants, heating plants, raw materials

## Tiivistelmä

Suomessa on tavoitteena nostaa metsähakkeen energiakäyttö 5 milj. m<sup>3</sup>:iin vuoteen 2010 mennessä. Se vastaa lämpösisällöltään 0,9 miljoonaa ekvivalenttista öljytonnia. Kehityksen ja energiapolitiikan vaikuttavuuden seuraamiseksi Puuenergian teknologiaohjelma teki selvityksen käytön tilasta vuonna 1999.

Metsähaketta käytettiin 135 lämpölaitoksessa, 21 voimalaitoksessa sekä useissa tuhansissa pientaloissa. Metsähakkeen kaupallinen käyttö oli 567 000 m<sup>3</sup> (1 134 GWh) ja kaupan ulkopuolella tapahtunut pienkäyttö arviolta 180 000 m<sup>3</sup> (360 GWh). Käyttö on ripeässä kasvussa erityisesti sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Julkaisussa annetaan tietoja käytön kohdistumisesta erikokoisiin laitoksiin, käytön vuodenajoittaisesta vaihtelusta, metsähakkeen raaka-ainelähteistä, metsähakkeen kosteudesta sekä hintakehityksestä. Hinta aleni 1990-luvulla 35 %. Vuonna 1999 keskimääräinen hinta käyttöpaikalla oli kokopuuhakkeella 61 mk/MWh (10,3 €/MWh), hakkuutähdehakkeella 44 mk/MWh (7,40 €/MWh) sekä kaikella metsähakkeella keskimäärin 53 mk/MWh (8,91 €/MWh).

Hakkila, Pentti, Nousiainen, Ismo & Kalaja, Hannu. Metsähakkeen käyttö Suomessa. Tilannekatsaus vuodesta 1999 [Use of forest chips in Finland. Position paper for 1999]. Espoo 2001, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2087. 39 s.

**Keywords** wood chips, energy production, logging residues, trees (plants), forest trees, moisture content, prices, economic analysis, utilization, Finland, power plants, heating plants, raw materials

## Abstract

Finland has decided to raise the energy use of forest chips to 5 million m<sup>3</sup> solid by 2010. This corresponds to 0.9 million tonnes of oil equivalent. In order to monitor the ongoing development and the effectiveness of energy policy matters, the Wood Energy Technology Program of Tekes executed a survey of the use of forest chips in 1999.

Forest chips were used in 135 heating plants (minimum size 0,5 MW), 21 power plants, and several thousands of small buildings and farm houses. The commercial use was 567 000 m<sup>3</sup> solid (1134 GWh) and small-scale non-commercial use 180 000 m<sup>3</sup> solid (360 GWh). The use of forest chips is increasing rapidly especially in combined production of heat and electricity. The report gives information on the use in plants of different size, seasonal variation of use, raw material sources of chips, moisture content of chips, and the development of prices. During the 1990s, the average price of forest chips was reduced by 35 %. In 1999, the average price at the plant was 61 FIM/MWh (10.3 €/MWh) for whole-tree chips, 44 FIM/MWh (7.40 €/MWh) for chips reduced from logging residues from forest regeneration areas, and 53 FIM/MWh (8.91 €/MWh) for the entire flow of forest chips, VAT excluded.

# Esipuhe

Teknologian kehittämiskeskuksen (Tekes) Puuenergian teknologiaohjelman keskeisenä tavoitteena on metsähakkeen käytön viisinkertaistaminen viidessä vuodessa. Kehityksen seuraamiseksi ohjelman johtoryhmä on teettänyt selvityksen käyttötilanteesta vuonna 1999, jolloin ohjelma käynnistyi. Tulokset on kerätty käsillä olevaan julkaisuun.

Kohteena oli kaupallisen toiminnan piirissä oleva metsähake, jollaiseksi luetaan myös metsäteollisuusyritysten omaan käyttöönsä tuottama metsähake. Ulkopuolelle jäivät maatilat, pientalot, pienet lämpöyrittäjät sekä koostaan riippumatta suuremmatkin laitokset, jos käyttö oli vähemmän kuin 250 m<sup>3</sup>\* eli 625 i-m<sup>3</sup> (500 MWh). Kysely ei kohdistunut metsähakkeen käyttöä vasta suunniteltuihin laitoksiin.

Suurin ongelma oli käyttäjien tunnistaminen, sillä käytön piiri laajenee kaiken aikaa, eikä ole olemassa ajantasaista käyttäjäluetteloa. Lähtökohtana olivat VTT Energian ja Metsäntutkimuslaitoksen tietokannat. Niitten täydennykseksi suurimmat metsähakkeen tuottajat, Vapoa lukuun ottamatta, antoivat tiedon metsähakkeen toimituskohteistaan. Lopuksi näin saatu käyttäjäluettelo tarkistettiin paikallistasolla 250 metsänhoitoyhdistykselle ja muille alan toimijoille suunnatulla puhelinkyselyllä.

Kun vuoden 1999 lopussa vallinnutta tilannetta kuvaava käyttäjäluettelo oli saatu koostettua, kultakin laitokselta pyydettiin kirjallista vastausta seuraavia aihepiirejä kosketellessiin luottamuksellisiin kysymyksiin:

- Käytetyn metsähakkeen määrä ja raaka-aine
- Metsähakkeen osuus käytetystä polttoaineesta sekä kosteus ja polton hyötysuhde
- Erilaisista puupolttoaineista käyttöpaikalla maksettu hinta
- Metsähakkeen käytön syyt ja laajenemisen esteet.

Käyttäjäkunta koostui 135 lämpölaitoksesta sekä 21 voimalaitoksesta, joista viimeksi mainituista puolet toimi metsäteollisuuden yhteydessä. Jokaiselta saatiin ainakin tieto

---

\* m<sup>3</sup> tarkoittaa tässä raportissa SI-järjestelmän mukaisesti aina kiintokuutiometriä, joka vastaa keskimäärin 2,5 irtokuutiometriä (i-m<sup>3</sup>) haketta ~2 MWh

käytetyn metsähakkeen määrästä. Eräiltä laitoksilta puuttui kuitenkin selkeä kuva puu-  
polttoaineittensa jakautumisesta metsähakkeen ja metsäteollisuuden prosessitähteen  
kesken, mikä on saattanut aiheuttaa epätarkkuutta tuloksiin. Muihin kysymyksiin vas-  
taus saatiin vain osalta käyttäjistä, mutta se ei muodostunut esteeksi kelvollisten keski-  
arvotietojen laskemiselle.

Käyttökartoitus toteutettiin VTT Energian ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä.  
Koska tulokset palvelevat Puuenergian teknologiaohjelman seurantaa, niitä tarkastellaan  
julkaisussa myös ohjelman tarpeitten ja tulevan suuntaamisen valossa.

Raportti on julkaistu englanninkielisenä EU:n ALTENER-ohjelman bioenergiaverkos-  
ton AFBnet (<http://afbnet.vtt.fi>) julkaisuna (Hakkila, P., Kalaja, H. & Nousiainen, I. Use  
and prices of forest chips in Finland in 1999, AFB-net V Task 2. Export and import  
possibilities and fuel prices. VTT Energy, November 2000. 33 s.).

Tammikuussa 2001

Pentti Hakkila  
VTT Energia

Hannu Kalaja  
Metsäntutkimuslaitos

Ismo Nousiainen  
VTT Energia

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	3
Abstract .....	4
Esipuhe.....	5
1. Metsähakkeen käyttötavoite.....	8
2. Metsähakkeen käytön seuranta.....	10
3. Metsähakkeen käytön kehittyminen.....	12
3.1 Metsähakkeen alkutaival.....	12
3.2 Energiakriisi ja metsähakkeen käyttö .....	13
3.3 Kasvihuoneilmiö ja metsähakkeen käyttö .....	14
4. Metsähakkeen käyttäjät .....	16
4.1 Käyttö 1980-luvun alussa .....	16
4.2 Käyttö vuosituhatosen vaihteessa.....	18
5. Metsähakkeen raaka-aine .....	22
5.1 Muutokset raaka-ainepohjassa.....	22
5.2 Pienpuu metsähakkeen raaka-aineena .....	24
6. Metsähakkeen laatu .....	27
6.1 Kosteuden vuodenajoinen vaihtelu.....	27
6.2 Käytön vuodenajoinen vaihtelu .....	29
7. Puupolttoaineitten markkinahinta .....	32
7.1 Metsähakkeen hinta .....	32
7.2 Purun ja kuoren hinta.....	33
7.3 Ruotsin hintataso .....	34
8. Yhteenveto .....	36
Lähdeluettelo.....	38

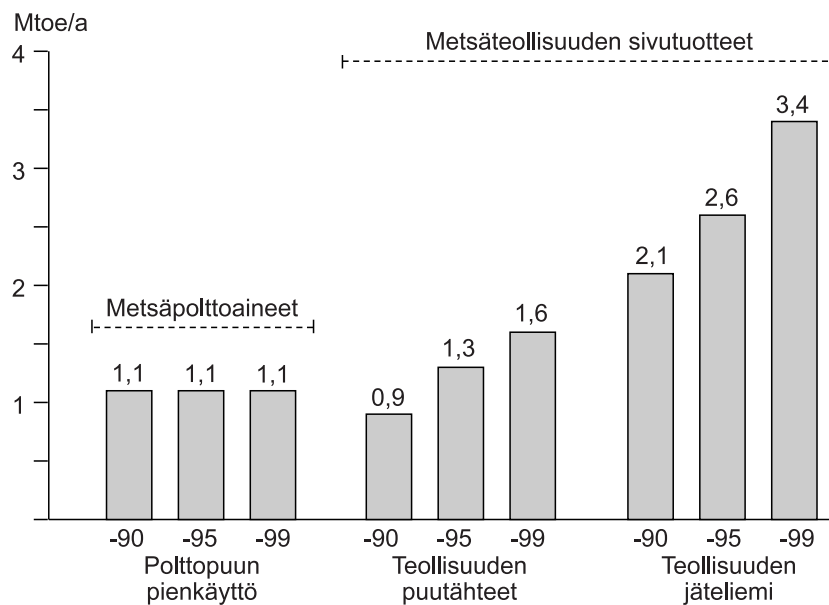


# 1. Metsähakkeen käyttötavoite

Ankarasta ilmastosta, pitkistä etäisyyksistä ja teollisuuden rakenteesta johtuen energian kulutus on Suomessa korkea. Vuonna 1999 kokonaiskulutus vastasi 31,3 miljoonaa ekvivalenttista öljytonnia (Mtoe).

Kyoton vuoden 1997 ilmastokokouksen pöytäkirja velvoittaa Euroopan Unionin vähentämään kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjä 8 % vuoden 1990 tasolta. Tavoitekausi, jolloin päästöjen vähennys on saavutettava, on vuodet 2008–2012, joiden päästökierroa verrataan vuoden 1990 tasoon. Suomen maakohtaisena veloitteena on päästöjen palauttaminen vuoden 1990 tasolle, joka oli hiilidioksidiksi muunnettuna 73 Mt. Vuonna 1999 energian tuotannon hiilidioksidipäästöt olivat 56 Mt ja kaikkien kasvihuonekaasujen päästöt 76 Mt. Päästöt ylitetään nyt 4 %:lla. Supistamistehtävä on vaativa, sillä energian kulutus on kasvussa.

Hiilidioksidipäästöjä voidaan supistaa korvaamalla fossiilipolttoaineita uusiutuvilla energialähteillä, Suomessa erityisesti puulla. Vuonna 1999 energian kokonaiskulutuksesta tyydyttiin puuperäisillä polttoaineilla 6,1 Mtoe (70,9 TWh). Puuperäisen energian osuus nousi 19,5 %:iin, kun se vuosikymmenen lopussa oli ollut 14,7 %. Kasvu perustui metsäteollisuudessa sivutuotteina syntyviin kuori- ja puutähteisiin sekä mustalipeään. Sahatavaran, vanerin ja puumassan tuotannon kasvu näet merkitsi myös sivutuotteitten tuotannon kasvua, ja nämä sivutuotteet otettiin hyötykäyttöön entistäkin tarkemmin. Puupolttoaineitten tuotanto- ja käyttöpotentiaali antaa tilaa puuperäisen energian käytön kasvulle myös tulevaisuudessa (Helynen 1999).



Kuva 1. Puun energiakäyttö 1990-luvulla (Lähde: Energiakatsaus 1/2000).

Kauppa- ja teollisuusministeriön Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa on asetettu biopolttoaineitten vuosikäytölle 2,8 Mtoe:n (32,5 TWh) lisäystavoite vuodesta 1995 vuoteen 2010. Lisäyksestä 1,4 Mtoe (16,3 TWh) eli 50 % on suunniteltu tuotettavaksi teollisuuden puuperäisillä sivutuotteilla, 0,9 Mtoe (10,5 TWh) eli 30 % metsäpolttoaineilla ja 0,5 Mtoe (5,8 TWh) eli 20 % kierrätyspolttoaineilla (Uusiutuvien ...1999). Metsäteollisuuden tuotantokapasiteetin laajentumisen ja korkean käyttöasteen ansiosta sivutuotteitten energiakäytön kasvutavoitteesta on saavutettu jo 1,1 Mtoe (12,8 TWh) (kuva 1), kun taas metsä- ja kierrätyspolttoaineitten osalta kasvu on jäänyt toistaiseksi vaatimattomaksi. Metsäpolttoaineille asetettu 0,9 Mtoe:n kasvutavoite vastaa 5 milj. (kiinto)m<sup>3</sup> puubiomassaa.

Valtiovalta edistää uusiutuvien energialähteitten käyttöönottoa edellä mainittuihin tavoitteisiin pyrkien. Sen keinoja ovat energiaverotus, investointituki, energiapuun tuotantotuki sekä teknologian kehittäminen. Pääosan teknologian kehittämiseen suunnatusta julkisesta rahoituksesta myöntää Tekes, missä energia-alueen tutkimus- ja kehitystyö on organisoitu teknologiaohjelmiksi. Käynnissä oleva viisivuotinen Puuenergian teknologiaohjelma kohdistuu ensisijaisesti metsäpolttoaineitten tuotantoon. Käytännössä on kysymys metsähakkeesta, jolla tarkoitetaan ainespuun korjuussa syntyneistä hakkuutähteistä ja ainespuuksi kelvottomasta nuorten metsien pienpuusta metsässä, tienvarstovarastolla, terminaalissa tai käyttöpaikalla tehtyä polttohaketta. Puuenergian teknologiaohjelman tavoitteena on metsähakkeen käytön kasvattaminen niin, että ohjelman päättyessä vuonna 2003 saavutettaisiin 2,5 miljoonan m<sup>3</sup>:n taso.

## 2. Metsähakkeen käytön seuranta

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisema metsätilastollinen vuosikirja sisältää yksityiskohdaiset ja luotettavat tiedot metsäteollisuuden raaka-aineeksi käytetyn puutavaran ensi- ja toisasteisesta käytöstä. Poikkeuksena on puuperäinen energia, joka jää vuosikirjan ulkopuolelle, vaikka noin 45 % metsistämme korjatusta puubiomassasta päätyy lähinnä metsäteollisuuden sivutuotteena loppujen lopuksi energian tuotantoon. Vain pientalojen polttopuu, vuonna 1999 noin 4,6 milj. m<sup>3</sup>, on kehitystrendiin pohjautuvana arviona mukana puunkäyttötilastossa (Metsätilastollinen...2000). Pienpuusta ja hakkuutähteestä tehty kaupallinen metsähake jää tilastoimatta.

Koska metsähakkeen käytölle on asetettu kasvutavoite, jonka saavuttamista valtiolta tukee, sen kehittymistä tulee seurata. Seurantatiedot ovat tarpeen valtion ja kuntien päättäjille, hakkeen tuottajille ja käyttäjille, kone- ja kuljetusyrittäjille, laiterakentajille ja muille alan toimijoille. Seuranta palvelee myös edistämistoimenpiteitten vaikuttavuuden arvioimista, tutkimuksen suuntaamista sekä tilastointia.

Tarpeellisuudestaan huolimatta puun energiakäytön seuranta on jäänyt puutteelliseksi, koska se on teknisesti hankalaa. Metsähakkeen sisällyttäminen yleisiin puunkäyttötilastoihin on ongelmallista useastakin syystä:

- Metsähakkeessa on mukana runsaasti latvusmassaa. Hakkuutähdehakkeessa sen osuus on 80–90 % ja kokopuuhakkeessa 15–25 %. Latvusmassan mukanaolo sekoittaa tilastonpitoa, sillä niin metsien kasvu ja poistuma kuin puun käyttökin rajoittuvat nykyisissä tilastoissa yksinomaan runkopuuhun kuorineen.
- Metsähakkeen runkopuuosuus koostuu pääasiassa pieniläpimittaisesta puusta, joka ei täytä ainespuun mittavaatimuksia ja sisältyy metsätilastoissa hukkarunkopuuhun. Leimikko- ja korjuuteknisistä syistä mukana on jonkin verran myös kuitupuun mitat ja laatuvaatimukset täyttävää runkopuuta, mutta ositteitten erottaminen tilastointia varten on ongelmallista.
- Huomattava osa metsähakkeesta käytetään maataloilla ja muussa pienkulutuksessa eikä niin ollen tule mittauksen ja kaupan piiriin.
- Tilastojen hakkuu- ja hintatiedot kerätään puutavaran ostajilta, joilla on lakisääteinen ilmoitusvelvollisuus ostamastaan puutavarasta. Velvollisuus rajoittuu kuitenkin ainespuuhun eikä koske metsähaketta. Se ei myöskään koske niitä, jotka ostavat ainespuuta vuosittain alle 500 m<sup>3</sup>.

- Metsähakkeen käyttäjäkunta on nopeasti laajenemassa, minkä vuoksi seurannan edellyttämiä ajantasaisia käyttäjätietoja on vaikea ylläpitää.
- Metsähake on suurissa laitoksissa seospolttoaine, eikä sen osuus laitoksen kaikista puupolttoaineista näytä aina olevan käyttäjän tiedossa.

Tämä katsaus antaa kuvan käyttötilanteesta vuonna 1999. Vuodesta 2000 lähtien metsähakkeen käyttömäärät, raaka-ainelähteet sekä markkinahinnat tullaan sisällyttämään metsätilastolliseen vuosikirjaan sekä Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemaan erilliseen metsätilastotiedotteeseen.

## 3. Metsähakkeen käytön kehittyminen

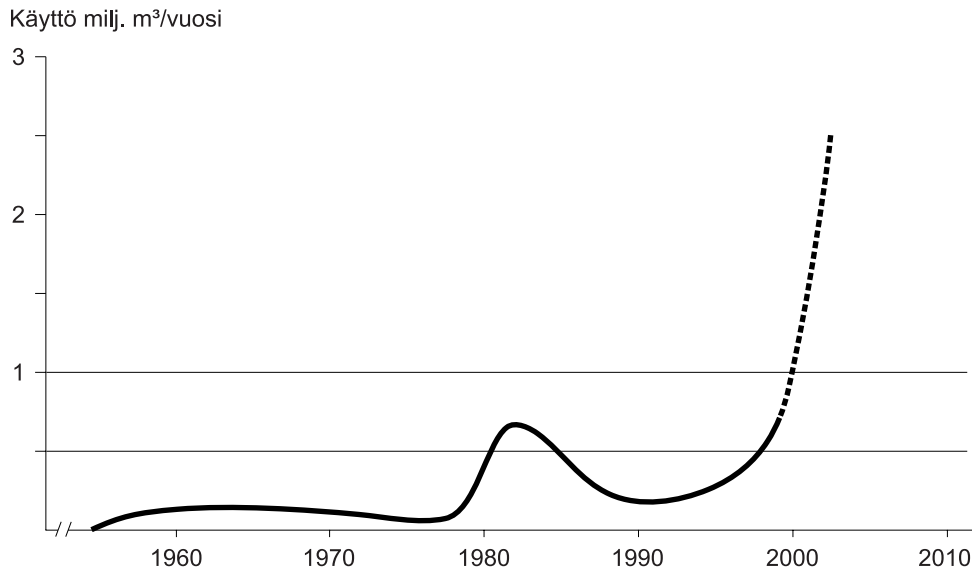
### 3.1 Metsähakkeen alkutaival

Metsähake ilmestyi polttoainemarkkinoillemme 1950-luvun jälkipuoliskolla, kun öljy oli alkanut syrjäyttää halkoa, ja pienpuun keho menekki jarrutti metsien hoitoa. Katsottiin, että puu voi säilyä merkittävänä polttoaineena parhaiten, jos sen käsittely pystytään automatisoimaan.

Metsähakkeen tuotanto- ja käyttötekniikkaa kehiteltiin kymmenen vuoden ajan Pienpuualan toimikunnan johdolla. Pääosa käyttäjistä oli maatiloja, mutta joukossa oli lisäksi esimerkiksi lukuisia varuskuntia, sillä tavoitteena oli myös huoltovarmuuden kehittäminen kriisiaikojä silmällä pitäen. Keskeinen hakkeen toimittaja oli Vapo, jolle polttopuu vielä tuolloin oli ykköstuote.

Siirrettävät hakurit olivat aluksi kevyitä ja käsisyöttöisiä. Siksi hakepuun tuli olla huolellisesti karsittua runkopuuta, joka kuivumisen edistämiseksi usein vielä aisattiin. Kattiloiden syöttölaitteetkin edellyttivät tikutonta haketta. Hakepuun vähimmäislämpimitalle ei asetettu vaatimusta, mutta kun koivulla ei ollut vielä käyttöä selluteollisuudessa, pääosa silloisesta hakepuusta olisi täyttänyt nykyiset koivukuitupuun mitat. Polttohaketta tehtiin myös kuorimattomien tukkien sahauspinnoista.

Metsähake oli myötätulessa aina 1960-luvun alkuvuosiin saakka, jolloin oli käytössä noin 400 hakekattilaa ja saavutettiin 150 000 m<sup>3</sup>:n (300 GWh) taso. Mutta sitten koivupuusta tuli haluttu raaka-aine selluteollisuudessa, ja kuitu- ja lastulevyteollisuudenkin kapasiteetti kasvoi voimakkaasti, mikä toi helpotusta metsätalouden pienpuuongelmaan. Kun öljyn hinta samaan aikaan laski, hakkeen noste loppui. Käyttö kääntyi kymmenen vuoden laskuun (kuva 2).



Kuva 2. Metsähakkeen käytön kehittyminen sekä Puuenergian teknologiaohjelman käyttötavoite (katkoviivalla) vuodelle 2003.

### 3.2 Energiakriisi ja metsähakkeen käyttö

Puolustusvoimat kuitenkin jatkoi hakelämmitystä varuskunnissaan. Tietotaito säilyi, mutta tekninen kehitys pysähtyi. Vasta kun kaksi yleismaailmallista energiakriisiä moninkertaisti öljyn hinnan ja energian saatavuuskin joutui vaakalaudalle, yhteiskunta havahtui jälleen kotimaisen energian merkitykseen. Mutta koska energiaratkaisut tehdään pitkällä jänteellä ja edellyttävät suuria investointeja, siirtyminen polttoaineesta toiseen ei käynyt käden käänteessä.

Energiakriisien seurauksena metsähakkeen tuotanto lähti 1970-luvun lopulla joka tapauksessa nousuun vuosien viipeellä. Tuotannon järjeistämiseksi oli ajan mittaan kypsynyt uusia teknisiä mahdollisuuksia. Metsätraktoreitten, hydraulikuormainten ja järeitten hakkureitten käyttöönotto oli tehnyt hakepuun karsimisen tarpeettomaksi. Kunhan vain lämpölaitoksessa varauduttiin hakkeessa mahdollisesti oleviin tikkuihin, voitiin siirtyä karsituista rangoista karsimattomaan kokopuuhun, jolloin samasta leimikosta saatiin pienemmällä työpanoksella enemmän haketta. Myös hakkuutähteestä oli tullut kelvoinen energialähde. Vielä tuolloin tähde jäi kuitenkin ainespuuta korjattaessa metsurin jäljiltä hajalleen metsään, minkä vuoksi talteenotto edellytti erillistä kasausta ja oli siksi vielä kannattamatonta.

Metsähakkeen käyttötilanne kartoitettiin ensi kerran vuonna 1982. Metsähaketta käytettiin jo 115 lämpölaitoksessa ja 4 000 maatilalla. Lisäksi metsäteollisuus oli ryhtynyt käyttämään metsähaketta paitsi energian tuotantoon myös sellu- ja levyteollisuuden raa-

ka-aineeksi. Metsähakkeen kaupallinen tuotanto nousi vuositasolla kaikkiaan 646 000 m<sup>3</sup>:iin. Kantovoimana oli korkea öljyn hinta.

Mutta niin pian kuin öljyn hinta kääntyi voimakkaaseen laskuun, metsähakkeen kilpailukyky romahti. Puolustusvoimatkin luopui kalliiksi käyneestä hakelämmityksestä. Vuosikymmenen loppuun mennessä kaupallisen metsähakkeen käyttö oli pudonnut alle 200 000 m<sup>3</sup>:n. Toiminta ei ollut enää kannattavaa, ja sen seurauksena myös tuki tutkimus- ja kehitystyölle tyrehtyi. Pysyväksi saavutukseksi kotimaisten polttoaineitten hyväksi tehdystä kehitystyöstä kuitenkin jäi, että Suomi oli noussut turveteknologian johtavaksi maaksi.

### **3.3 Kasvihuoneilmiö ja metsähakkeen käyttö**

Metsähake oli siis jo kahdesti törmännyt öljyn hinnan laskuun. Mutta olosuhteet ja tarpeet muuttuivat 1990-luvun alkupuolella jälleen metsähakkeelle otollisiksi. Kimmokkeena ei enää ollut öljyn hinnan satunnainen kohoaminen vaan ennen kokematon työtömyys, pienpuun vajaakäytöstä aiheutuneet metsänhoidolliset ongelmat sekä vuosi vuodelta yhä vallitsevammin yleismaailmallinen huoli ilmaston muuttumisesta fossiilipolttaineitten käytön seurauksena. Aikaisemmista pettymyksistä huolimatta valtiovalta ryhtyi entistäkin määrätietoisemmin edistämään puun energiakäyttöä sellaisista biomassalähteistä, jotka eivät sovellu metsäteollisuuden raaka-aineeksi.

Keinovalikoimaan kuuluivat muun muassa Bioenergian tutkimusohjelma vuosina 1993–1998 sekä Puuenergian teknologiaohjelma vuosina 1999–2003. Ajan myötä edistämishjelmat ovat alkaneet tuottaa tulosta. Viime vuosikymmenen puolivälissä käyttö kääntyi taas nousuun. Vuonna 1999 kaupallinen käyttö oli 567 000 m<sup>3</sup> (1 134 GWh), kun mukaan lasketaan kaikki metsähaketta vähintään 250 m<sup>3</sup> käyttäneet laitokset. Maatilojen, lämpöyrittäjien ja muitten pienkohteitten metsähake, joka ei ollut kyselytutkimuksen piirissä, voidaan varovaisuutta noudattaen arvioida Työtehoseuran aikaisempien tutkimusten pohjalta 180 000 m<sup>3</sup>:ksi (360 GWh). Metsähakkeen kokonaiskäytön arvio vuodelle 1999 on niin ollen 747 000 m<sup>3</sup> (1494 GWh), mikä vastaa 1980-luvun alkupuolen ennätystasoa.

Metsiemme korjuukelpoiseen biomassareserviin ja puuperäisen energian kokonaistuotantoon suhteutettuna metsähakkeen käyttö on viime vuosien kasvusta huolimatta edelleen vaatimatonta.

Se on:

- 5–7 % verrattuna teknisesti korjuukelpoiseen biomassareserviimme (10–15 Mm<sup>3</sup>/a)
- 15 % verrattuna perinteisen halko- ja pilkemuotoisen polttopuun käyttöön (4,5 Mm<sup>3</sup>/a)
- 8 % verrattuna metsäteollisuuden puu- ja kuoritähteen energiakäyttöön (8–9 Mm<sup>3</sup>/a)
- 4 % verrattuna sulfaattiselluteollisuuden sivutuotteena syntyvän mustalipeän energiakäyttöön (3,4 Mtoe)
- 0,4 % energian kokonaiskulutuksesta (kokonaisenergian kulutus 31,4 Mtoe).

Näitten lukujen valossa metsähakkeen käyttö ei ehkä tunnu vastaavan sen edistämiseen sijoitettua julkisen ja yksityisen sektorin vaivannäköä ja rahoitusta. Asiaa tulee kuitenkin tarkastella siltä kannalta, että kansainväliset sitoumukset tulevat edellyttämään uusiutuvien energialähteitten käytön lisäämistä kaikissa teollisuusmaissa ja että Suomessa metsäbiomassa on tärkein uusiutuvan energian reservi. Ainakin seuraavan kymmenvuotiskauden ajan metsäbiomassalla tulee olemaan tärkeä sija Suomen valmisteilla olevassa ilmasto-ohjelmassa ja energiastategiassa. Siihen kohdistuva odotusarvo on suuri.



## 4. Metsähakkeen käyttäjät

### 4.1 Käyttö 1980-luvun alussa

Metsähakkeen käyttöä ei ole aikaisemmin juurikaan seurattu. Poikkeuksena on vuosi 1982, jolloin metsähaketta lienee käytetty enemmän kuin minään muuna vuonna ennen nykyhetkeä. Käyttäjien joukossa oli tuolloin 13 yli 10 MW:n lämpölaitosta, 102 kooltaan 0,5–10 MW:n lämpölaitosta sekä arviolta 4 000 maatilaa ja pienkiinteistöä. Metsäteollisuudessa metsähaketta käytettiin sekä raaka- että polttoaineena (taulukko 1).

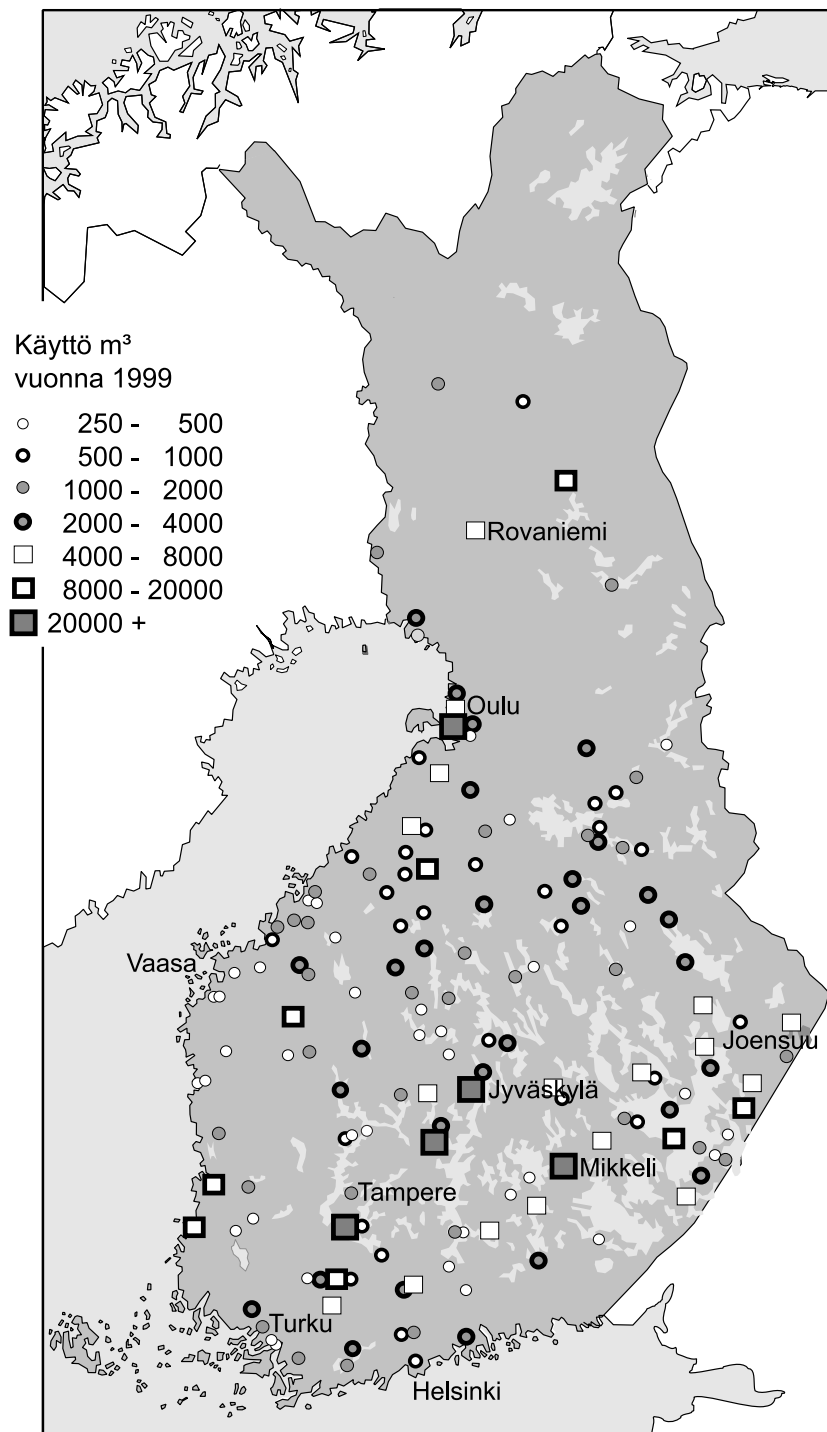
*Taulukko 1. Metsähakkeen käyttö vuonna 1982 (Hakkila 1984).*

	Käyttö m <sup>3</sup> /vuosi	Energiakäyttö, GWh
Metsäteollisuus:		
Lastu- ja kuitulevyjen raaka-aineeksi	36 000	-
Sulfaattisellun raaka-aineeksi	91 000	-
Selluhakkeesta seulottuna polttoaineeksi	42 000	84
Suoraan polttoaineeksi	84 000	168
Yhteensä	253 000	252
Lämpölaitokset:		
Vapon toimittamana	123 000	246
Metsänhoitoyhdistysten toimittamana	74 000	148
Metsäteollisuuden toimittamana	72 000	144
Muilta toimittajilta	124 000	248
Yhteensä	393 000	786
Markkinahake yhteensä	646 000	
Pienkäyttö	120 000	240
Kaikki metsähake yhteensä	766 000	1 278

Toiminta keskittyi 1980-luvulla pieniin lämpölaitoksiin, joista puolet oli kunnallisia aluelämpölaitoksia. Joukossa oli myös 14 varuskuntaa sekä useita oppi- ja tutkimuslaitoksia, pieniä teollisuuslaitoksia, meijereitä, sairaaloita, puutarhoja ja muita kiinteistöjä. Tuottajien kannalta ongelmana oli polttoaineen tarpeen vuodenajoittainen vaihtelu. Tarve oli suurimmillaan vuoden ensimmäisellä neljänneksellä mutta varsin vähäinen kolmannella neljänneksellä. Kannattavuutta rasitti laitosten ylimitoitus tulevia aikoja varten ja siitä seurannut kapasiteetin vajaakäyttö.

Metsäteollisuus oli merkittävä metsähakkeen tuottaja. Pääosa sen omiin tarpeisiinsa hankkimasta metsähakkeesta ohjautui sellun ja levyjen raaka-aineeksi. Vain kolmannes käytettiin suoraan polttoaineena, jota saatiin myös selluteollisuuden kokopuuhakkeen

seulontatähteestä. Metsäteollisuuden ulkopuolella metsähaketta ei käytetty yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon.



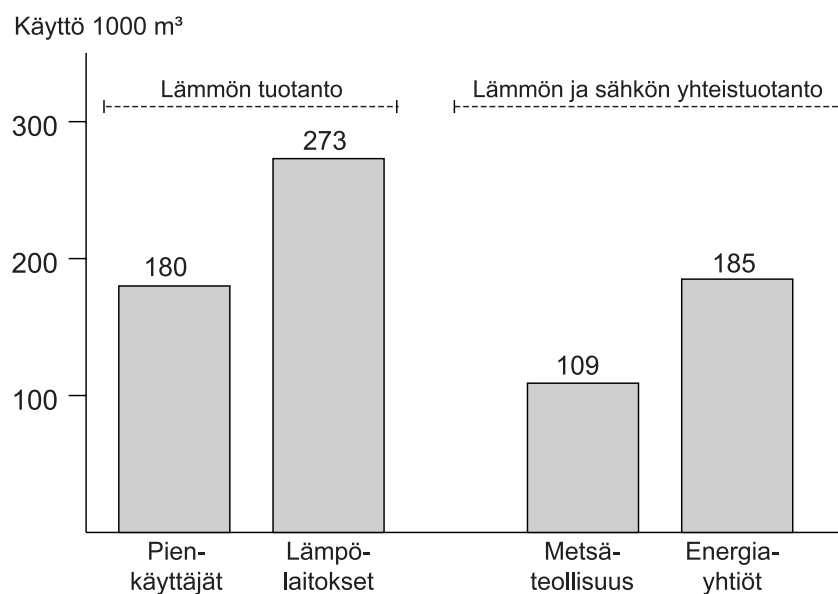
Kuva 3. Metsähaketta käyttävien laitosten sijainti vuonna 1999. Vähimmäiskäyttö 250 m<sup>3</sup> (625 i-m<sup>3</sup>, 500 MWh).

Kun öljyn hinta 1980-luvun puolivälissä romahti ja kun hinnan lasku jäi pysyväksi, metsähakkeen poltto kävi kannattamattomaksi. Samaan aikaan sellu- ja levyteollisuus kiristi raaka-ainevaatimuksiaan ja luopui kokopuuhakkeen raaka-ainekäytöstä. Metsähakkeen tuotannossa alkoi laskukausi, mikä aiheutti vaikeuksia erityisesti koneyrityksille, koneenrakentajille ja alan tutkimukselle.

## 4.2 Käyttö vuosituhannen vaihteessa

Viime vuosikymmenellä metsähakkeen energiakäyttö lähti uuteen nousuun. Kyselytutkimuksen käyttörajan ylittäneitä laitoksia löytyi vuonna 1999 kaikkiaan 156 kappaletta. Ne painottuivat luonnollisesti Suomen eteläpuoliskoon (kuva 3).

Lämpölaitoksissa käytön kasvu on ollut kuitenkin verkkaista, eikä 1980-luvun tasoa ole niitten osalta vielä saavutettu. Sen sijaan lämmön ja sähkön yhteistuotannossa kasvu on nyt nopeata. Lukuisat voimalaitokset ovat tehneet tai ovat tekemässä hakkeen käytön mahdollistavia muutoksia vastaanotto-, käsittely- ja kattilalaitteisiinsa. Vuonna 1999 kaikkiaan 40 % metsähakkeesta käytettiin yhteistuotantoon (kuva 4), ja vuonna 2000 osuus ylittänee jo 50 %. Tässä suhteessa Suomen ja Ruotsin välillä on merkittävä ero, sillä Ruotsissa verotus suosii puupolttoaineitten käyttäjää painokkaammin lämmön tuotannossa.



Kuva 4. Metsähakkeen käyttökohteet vuonna 1999.

Päinvastoin kuin voimalaitokset, metsähakkeen käytön piirissä kyselyvuonna olleet lämpölaitokset eivät juurikaan olleet aikeessa laajentaa käyttöään. Joukkoon oli kuitenkin tulossa suuri määrä aivan uusia lämpö- ja voimalaitoksia, joihin kysely ei kohdistunut. Nykykäyttäjät mainitsivat metsähakkeen osuuden kasvua rajoittaviksi esteiksi tärkeysjärjestyksessä seuraavat ongelmat:

- Metsähakkeen korkea hinta
- Toimitusorganisaation puuttuminen tai toimitusten epävarmuus
- Tekniset rajoitteet hakkeen vastaanotossa ja käsittelyssä
- Kattilan riittämätön teho haketta käytettäessä erityisesti talvella
- Hakkeen epätydyttävä laatu.

Hintaa lukuun ottamatta nämä rajoittavat tekijät ovat paremmin hallinnassa sähkön ja lämmön yhteistuottajilla, joista Pursiala Mikkelissä, Rauhalampi Jyväskylässä, Toppila Oulussa, Kaipola Jämsässä ja Tervasaari Valkeakoskella käyttivät metsähaketta vuonna 1999 enemmän kuin 20 000 m<sup>3</sup> (40 GWh). Yli 10 000 m<sup>3</sup>:n (20 GWh) vuosikäyttöön ylsivät lisäksi Kemijärven, Kiteen ja Nivalan kaukolämpölaitokset sekä Forssan, Savonlinnan ja UPM-Kymmenen Rauman tehtaitten voimalat.

Metsähakkeen käytön kasvu näyttää jo tehtyjen päätösten mukaan kohdistuvan lämmön ja sähkön yhteistuotantoon. Vuoteen 2010 mennessä metsähakkeen käyttäjien kokonaismäärän odotetaan kasvavan 100–150 laitoksella, joista 25–35 on kooltaan yli 20 MW. Kaupallisen metsähakkeen lisäkäytöstä ohjautunee peräti 90 % yli 20 MW:n ja 70 % yli 100 MW:n laitoksiin (Laurila 2000).

Metsähake on tyypillisesti seospolttoaine. Vain pientalot ja pienet lämpölaitokset saattavat käyttää metsähaketta pääpolttoaineenaan. Suurilla laitoksilla on kysymyksessä usein saatavuusongelma, sillä alhaisen energiatihedden vuoksi metsähaketta ei kannata hankkia kovin kaukaa. Pisimmätkin kuljetusmatkat jäävät toistaiseksi alle 100 km:n. Taulukko 2 osoittaa metsähakkeen osuuden niissä laitoksissa, joitten polttoainevalikoimaan se kuului. Taulukossa ei siis ole mukana sellaisia laitoksia, jotka eivät käyttäneet metsähaketta lainkaan.

Taulukko 2. Metsähaketta käyttäneitten laitosten polttoainevalikoima vuonna 1999. Pientalot ja metsäteollisuuden voimalat puuttuvat taulukosta.

Polttoaine	Lämpölaitoksen koko, MW			
	Alle 1	1–5	5–10	Yli 10
	Osuus polttoaineista, %			
Metsähake	78,6	36,0	21,8	4,4
Muu puu- ja kuoritähde	7,2	20,8	40,4	23,9
Turve	0,4	20,5	17,8	67,3
Yhdyskuntajäte	-	-	2,0	0,4
Kivihiili	-	-	-	2,4
Öljy	13,8	17,5	15,7	1,4
Muu polttoaine	-	5,2	2,3	0,2
Yhteensä	100,0	100,0	100,0	100,0

Kun laitoksen koko kasvaa, metsähakkeen osuus polttoainepaletissa yleensä hupenee. Metsähakkeen rinnakkaispolttoaineista voidaan todeta seuraavat piirteet:

- Pienet alle 1 MW:n lämpölaitokset, joissa metsähaketta poltetaan, käyttävät hakkeen ohella lähinnä kevyttä polttoöljyä. Muu puupolttoaine on metsäteollisuuden puumuttei kuoritähdettä. Turve on palaturvetta.
- Kokoluokan 1–5 MW lämpölaitoksissa metsähakkeen rinnalla käytetään verraten paljon metsäteollisuuden puu- ja kuoritähdettä, turvetta ja öljyä. Turve on pääasiassa palaturvetta ja öljy laitoksen koosta riippuen pääasiassa raskasta polttoöljyä
- Kokoluokassa 5–10 MW metsähake jää määrällisesti jälkeen teollisuuden puu- ja kuoritähdeestä, vaikka taulukossa ovat mukana vain metsähaketta käyttävät laitokset. Turve on pääasiassa jyrshinturvetta ja öljy raskasta polttoöljyä.
- Yli 10 MW:n laitoksissa metsähakkeen rooli on toistaiseksi vähäinen. Kun metsäteollisuuden omia laitoksia ei oteta huomioon, metsähaketta käytettiin vuonna 1999 vasta kymmenessä tämän kokoluokan laitoksessa. Niitten pääasiallinen polttoaine oli jyrshinturve, mutta myös teollisuuden puutähteen määrä oli moninkertainen metsähakkeeseen verrattuna. Metsähakkeen kasvuodotukset ovat kuitenkin juuri tässä laitosryhmässä suuret.

Puuenergian teknologiaohjelman pääpaino on suurtuotannossa ja -käytössä. Käyttöpotentiaalin ja kehitysnäkymien valossa tämä on perusteltua. Pienempien alle 10 MW:n laitosten tarpeita palveleva tutkimus- ja kehitystyö on jäänyt taka-alalle, ja varsinainen pienkäyttö (alle 0,5 MW:n kattilat) on jätetty kokonaan ohjelman ulkopuolelle. Koska

kuitenkin myös pienimittaisen käytön kehittäminen edistää asetettuja kasvutavoitteita ja on tärkeätä toiminnan sosiaalisen kestävyuden ja maaseudun elinvoimaisuuden kannalta, Tekes tulee vahvistamaan myös pientuotannon ja -käytön tutkimus- ja kehitystyötä.

## 5. Metsähakkeen raaka-aine

### 5.1 Muutokset raaka-ainepohjassa

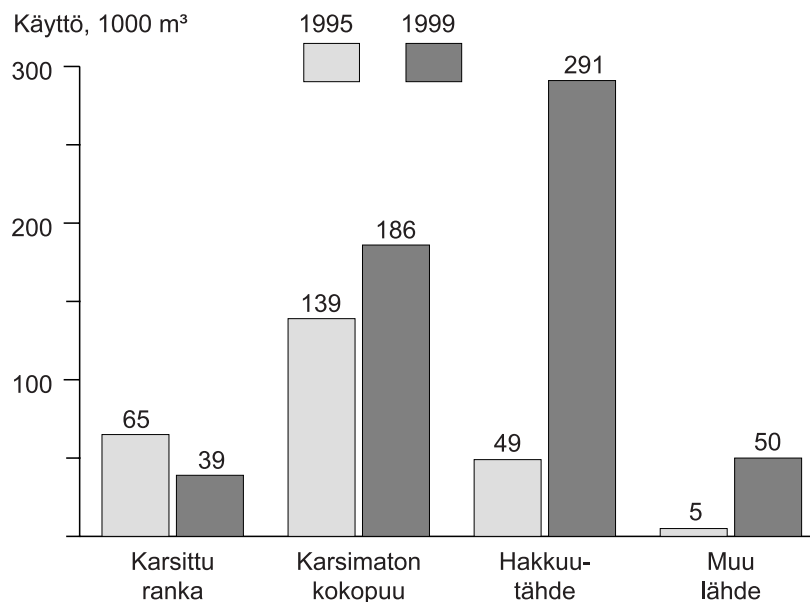
Metsähake valmistetaan puubiomassasta, joka ei ole kelvollista raaka-ainetta metsäteollisuudelle koostumuksensa, pienen läpimittansa, laho- ja muitten vikaisuuksien tai epäedullisten leimikkotekijäin vuoksi. Kuiduttava teollisuus on puustamaksukyvyltään lämmön ja sähkön tuotantoon verrattuna niin ylivertainen, etteivät kuitu- ja energia-käyttö todellisuudessa kilpaile samasta raakapuusta. Metsähakkeen tuotanto ei ole uhkaksi kuitupuun riittävyydelle, vaan se päinvastoin edistää metsien hoitoa ja pitkällä tähtäyksellä ainespuun tuotantoa.

Metsähakkeen raaka-ainepotentiaali on nykykäyttöön verrattuna 15–20-kertainen. Hankinta voidaan niin ollen toistaiseksi ohjata tuotantokustannusten ja hakkeen laadun kannalta edullisimpiin leimikkokohteisiin mahdollisimman suppean toimintasäteen sisällä. Kohteet määräytyvät hankinta-alueen leimikkorakenteen, kuitupuun mitta- ja laatuvaatimusten, korjuutekniikan kehittymisen sekä laitosten vastaanotto-, käsittely- ja polttoprosessien pohjalta. Siksi ne ovat muuttuneet ajan myötä:

- Tuotannon alkuvaiheissa 1950- ja 1960-luvuilla metsähake tehtiin karsitusta runkopuusta, sillä hakkurit olivat käsisyöttöisiä, eivätkä hakkeen syöttölaitteetkaan sallineet oksanpätkestä syntyviä tikkuja. Selluteollisuus oli vasta aloittelemassa lyhytkuituisen massan keittoa, joten vanerin valmistukseen soveltumaton koivupuun oli lähes kokonaisuudessaan tarjolla polttokäyttöön. Huomattava osa halosta ja metsähakkeesta tehtiinkin tuolloin sellaisesta lehtipuusta, joka nykyisin ohjautuu sellun keittoon.
- Metsähakkeen tuotannon elyessä 1980-luvun alussa selluteollisuus oli jo valmis hyödyntämään lähes kaiken tarjolle tulleen koivukuitupuun. Korjuutekniikan kehittyminen oli toisaalta mahdollistanut pienpuun hakettamisen karsimattomana. Painopiste siirtyi karsitusta puusta kokopuuraaka-aineeseen ja entistä pienempiin läpimittoihin, minkä ansiosta hakkuutyön tuottavuus parani ja tuotantokustannukset alenivat merkittävästi. Hakkeen käsittelyjärjestelmiä mukautettiin kokopuuhakkeelle, jonka ongelmana ainakin vielä tuolloin oli ylimittaisten tikkujen runsaus. Metsähaketta opittiin valmistamaan myös hakkuutähteistä, mutta metsurihakkuun jäljiltä tähteet oli kerättävä kasoihin erillisenä työvaiheena, mikä kohotti hakkuutähdehakkeen kustannuksia tuntuvasti.
- Metsähakkeen raaka-ainepohjassa tapahtui muutoksia jälleen 1990-luvulla. Hakkuun koneellistamisen vaikutus oli käänteentekevä, kun yksiottehakkuukoneen työttekniikka mukautettiin metsänuudistusaloille jäävän tähteen talteenottoon. Kallista

erillistä kasausta ei enää tarvittu, jolloin kustannukset alenivat ratkaisevasti. Samalla otettiin pitkä askel kohti aines- ja energiapuun tuotannon integrointia. Haketta alettiin käyttää entistä suuremmissa laitoksissa, joissa hakkuutähdehakkeen suuri neulaspitoisuus, vaihteleva palakoko, korkeampi kosteus ja suurempi tuhkapitoisuus eivät muodostu ylivoimaisiksi esteiksi vaikka haitaksi ovatkin. Näitten kehitystapahtumien seurauksena metsäpolttoaineitten käytön kasvu painottui 1990-luvun jälkipuoliskolla voimakkaasti hakkuutähdehakkeeseen.

Kuva 5 osoittaa metsähakkeen raaka-ainepohjassa 1990-luvun jälkipuoliskolla tapahtuneen muutoksen. Pienpuuraaka-aineen kokonaiskäyttö ei juurikaan kasvanut, mutta sen sisällä tapahtui siirtymä karsitusta karsimattomaan. Sen sijaan hakkuutähdehakkeen käyttö moninkertaistui neljässä vuodessa. Myös muista lähteistä, lähinnä lahovikaisesta kuusipuusta ja Venäjältä tuodusta puusta tehdyn metsähakkeen käyttö kasvoi.



*Kuva 5. Kaupallisen metsähakkeen raaka-ainepohja. Pienkäyttö ei ole mukana kuvassa.*



## 5.2 Pienpuu metsähakkeen raaka-aineena

Pienpuuhakkeen tuotanto tarjoaa hakkuutähdehakkeeseen verrattuna työllisyyden ja metsänhoidon kannalta merkittäviä mahdollisuuksia. Viime vuosina se on kuitenkin polkenut paikallaan. Syynä ovat korkeat tuotantokustannukset ja heikko kustannuskilpailukyky. Näin on siitä huolimatta, että valtiovalta tarjoaa huomattavaa rahallista tukea, kun korjuu tapahtuu kestävän metsätalouden rahoituslain tarkoittamasta nuoren metsän kunnostuskohteesta. Tukimuotoja on kolme, eivätkä ne ole toisiaan poissulkevia: nuoren metsän kunnostustuki, energiapuun korjuutuki ja haketustuki.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion mukaan metsänomistajille maksettiin vuonna 1999 pinta-alaperusteista kunnostustukea kaikkiaan 110 000 ha:n alalle. Kunnostustuki maksetaan nuoren metsän kasvatusta haittaavan puuston kaatamisesta, eikä se millään tavoin edellytä poistetun puuston talteenottoa. Tavoite on yksinomaan metsänhoidollinen. Jos kaadettu puu kuitenkin otetaan energiakäyttöön, siitä maksetaan edellisen lisäksi energiapuun korjuutukea 30 mk/m<sup>3</sup> (n. 15 mk/MWh, 2,5 €/MWh). Tätä mahdollisuutta käytettiin hyväksi 5 %:lla kunnostustukea nauttineesta alasta. Maksetun korjuutuen kokonaissumma oli 8 milj. mk (1,35 milj. €). Se lienee kohdistunut pääosaksi pilkemuodossa poltettuun pienpuuhun mutta vähäisemmältä osaltaan myös metsähakkeeksi tehtyyn puuhun:

- Energiapuun korjuutuen ala	5 278 ha
- Tuettu energiapuumäärä	268 100 m <sup>3</sup> (536 GWh)
- Korjuutuen kokonaismäärä	8 043 000 mk (1352 736 €)

Joulukuussa 1999 ryhdyttiin edellisten lisäksi maksamaan haketustukea 10 mk/i-m<sup>3</sup> eli noin 12 mk/MWh (2,0 €/MWh), kun energiapuusta tehdään polttohaketta. Tuki maksetaan hakkeen tuottajalle. Koska tukea alettiin myöntää vasta vuoden loppupuolella, kokonaissumma jäi vaatimattomaksi. Päätös haketustuesta kattaa toistaiseksi vain vuodet 2000 ja 2001, minkä vuoksi tuottajat eivät juurikaan ole nähneet tarkoituksenmukaiseksi suunnata toimintaansa sen varassa uudelleen.

Nuorten metsien tukipaketti on kokonaisuutena niin tuntuva, että sen tulisi luoda edellytykset nykyistä laajemmalle pienpuuhakkeen tuotannolle. Tätä tukea ei kuitenkaan ole onnistuttu kanavoimaan siten, että metsähakkeen tuotanto pienpuusta olisi sen turvin merkittävästi lisääntynyt, varsinkin kun hakkeen tuotantotuen jatkuvuus on epävarma. Huomattakoon, että esimerkiksi Ruotsissa ei tällaista tukimahdollisuutta ole. Ruotsissa pienpuuhakkeen asemaa rasittaa myös kuitupuun pienempi latvaläpimittavaatimus,

usein vain 5 cm kuoren alta mitattuna, kun se Suomessa on männyllä ja koivulla yleensä 7 cm ja kuusella jopa 8 cm kuoren päältä mitattuna.

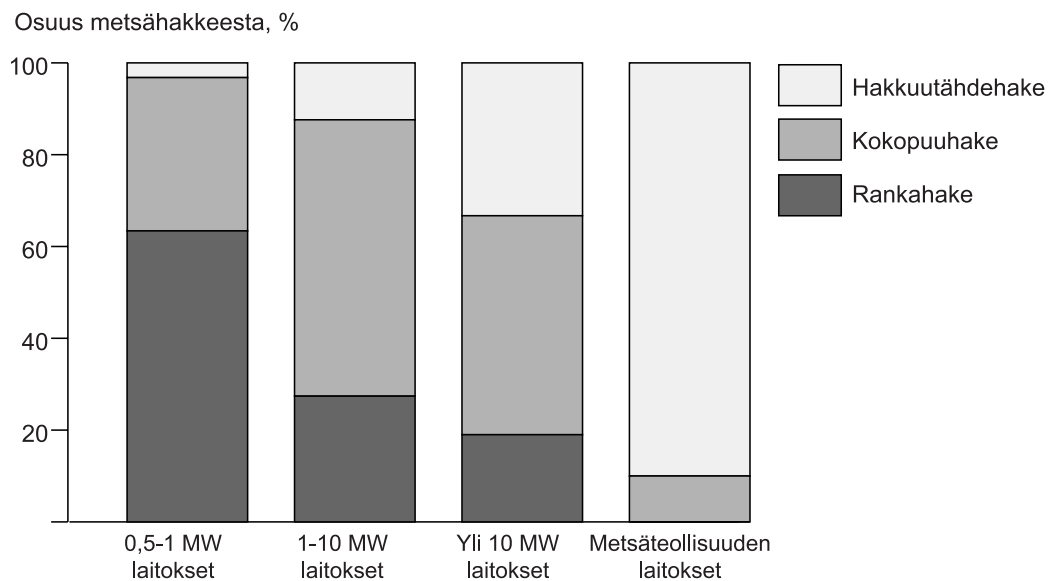
Metsähakkeen käyttö kasvaa ripeimmin suurissa laitoksissa, joitten kiinnostus kohdistuu kustannussyistä nimenomaan hakkuutähdehakkeeseen. Hakkuutähde onkin biomassareserveistämme suurin, sen talteenotto on helposti integroitavissa ainespuun korjuuseen ja sen tuotantokustannukset ovat edulliset. Siksi myös metsähakkeen tuotanto- ja käyttöjärjestelmien tutkimus- ja kehitystoiminta on suuntautunut painokkaasti hakkuutähdehakkeeseen. Pienpuuhake on jäänyt taka-alalle.

Puuenergian teknologiaohjelman tutkimuslaitos- ja yrityshankkeissa tulisi kiinnittää nykyistä enemmän huomiota myös pienpuuhakkeeseen niin tuotantoteknologian, hankinnan logistiikan, laadun hallinnan, käytön kuin seurannaisvaikutustenkin osalta. Metsähakkeen raaka-ainepohjan yksipuolistuminen ei ole pitkällä tähtäyksellä hyväksi. On monia perusteita sille, miksi pienpuuhakkeenkin tuotannon tutkimus- ja kehitystyötä tulee tehostaa:

- Pienpuuhakkeen tuotanto tukee nuorten metsien kunnostusta, josta uhkaa muodostua metsänhoitomme akilleenkantapää. Sen metsänhoidollinen merkitys on suurempi kuin uudistushakkuualoilta tapahtuvan hakkuutähdehakkeen tuotannon.
- Pienpuuhakkeen tuotantoon sisältyy kaatotyön johdosta enemmän ihmistyötä, joten sen työllistävä vaikutus on suurempi. Milloin metsätyövoimasta on pulaa, kysymyksessä on kuitenkin haitta eikä etu.
- Pienpuuhake on käyttöominaisuuksiltaan hakkuutähdehaketta parempaa. Sen kosteus on helpommin hallittavissa, sillä on yleensä tasaisempi palakokojakauma, sen säilyvyys on pienemmän neulapitoisuuden ansiosta parempi, ja samasta syystä siinä on vähemmän poltossa haitallisiksi koettuja alkalimetalleja, klooria ja tuhkaa. Vaikka laadun merkitys on suurin pienkäytössä, se on tärkeä suurkäytössäkin. Hyvin kuivahtanut pienpuu saattaisi auttaa tasoittamaan laatua talvisaikaan, jolloin hakkuutähdehakkeen kosteus pyrkii ylittämään asetetut rajat.
- Pienpuuhake soveltuu erityisen hyvin pienimittaiseen hankintaan ja käyttöön, jolle Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa on asetettu 0,6 Mtoen (7 TWh) eli 3 Mm<sup>3</sup>:n kasvutavoite. Sen tuotanto liittyy luontevasti esimerkiksi metsänhoitoyhdistysten harjoittamaan nuorten metsien kunnostustoimintaan.
- Pienpuuhakkeen tuotantovalmius antaisi liikkumatilaa myös hakkuutähdehakkeen suurtuottajille, sillä toiminnan laajentuessa metsähaketta ei voida enää nykyiseen tapaan hankkia vain edullisimmista leimikoista ja suppealta alueelta. Korjuulojen

vaikeutuessa, kuljetusetäisyyksien pidentyessä ja kantohintaodotusten viritessä leimikkokohtaiset kustannustekijät muuttuvat ennen pitkää niin, että edullisista oloista korjattu pienpuuhake tulee halvemmaksi kuin epäedullisista oloista korjattu hakkuutähdehake.

- Sahateollisuuden matalasuhdannetilanteissa purun, kuoren ja hakkuutähdehakeen saatavuus kiristyy. Pienpuuhakkeen tuotantovalmius parantaisi niissä oloissa toimitusvarmuutta.



Kuva 6. Metsähakkeen raaka-ainepohja erikokoisissa laitoksissa vuonna 1999. Rankahakkeeseen sisältyy myös lahovikaisesta kuusipuusta ja Venäjältä tuodusta puusta tehty metsähake.

Raaka-ainevalintaan vaikuttavat hakkeen laatutekijäin painoarvo, korjuukaluston järeys ja kapasiteetti, hankintaorganisaation resurssit ja kytkennät metsätalouteen, metsien rakenne, laitoksen vastaanotto- ja käsittelyjärjestelmät sekä laitoksen omistus. Kuva 6 osoittaa metsähakkeen raaka-ainepohjan erikokoisissa laitoksissa vuonna 1999. Pienimmät laitokset asettavat hakkeelle korkeimmat laatuvaatimukset ja käyttävät siitä syystä ensisijaisesti karsittua runkopuuta. Kun laitoksen koko kasvaa, karsittu ranka korvautuu kustannussyistä karsimattomalla kokopuulla ja ennen pitkää hakkuutähdehakeella.

## 6. Metsähakkeen laatu

### 6.1 Kosteuden vuodenajoinen vaihtelu

Puupolttoaineitten ylivertaisena etuna on uusiutuvuus ja ympäristöystävällisyys. Laatuominaisuuksiltaan ne sen sijaan eivät aina täytä nykyaikaiselle polttoaineelle asetettuja vaatimuksia. Erityisesti laadun ennalta tuntematon vaihtelu on haitallista. Metsähakkeen osalta keskeiset laatutekijät ovat seuraavat (vrt. Impola 1998):

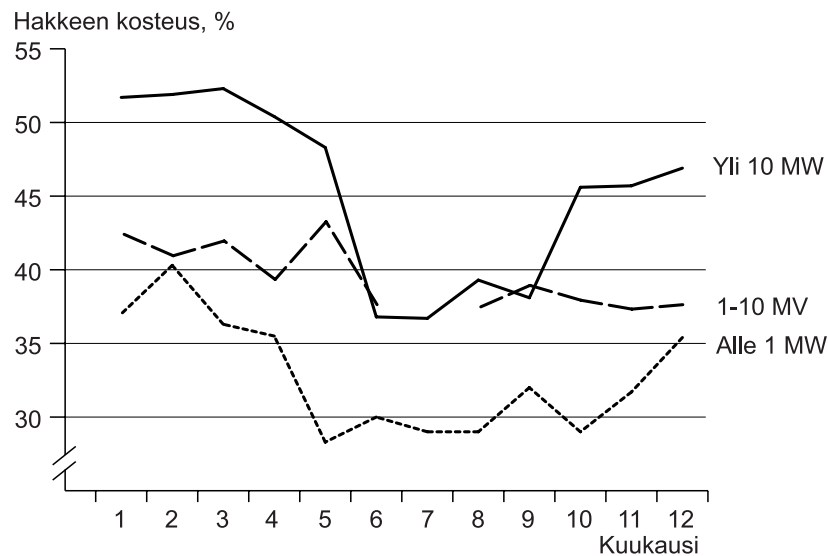
- Kosteus (%), joka vaikuttaa kuljetuskustannuksiin, lämpöarvoon, polton hyötysuhteeseen ja säilyvyyteen.
- Energiatiheys (MWh/i-m<sup>3</sup>), joka vaikuttaa kuljetuskustannuksiin, varastotilan tarpeeseen ja kattilan huipputehoon.
- Palakokojakauma, joka vaikuttaa hakkeen käsiteltävyyteen ja haketiheyteen.
- Neulaspitoisuus, joka vaikuttaa säilyvyyteen, tuhkapitoisuuteen sekä typpi-, kloori- ja alkalipitoisuuteen.
- Puhtaus, joka vaikuttaa pintojen kulumiseen, tuhkan määrään ja sulamispisteeseen sekä leijupetimateriaalin vaihtotarpeeseen.
- Tuhkapitoisuus, joka vaikuttaa lämpöarvoon, kattilan puhdistustarpeeseen sekä tuhkan käsittelykustannuksiin.

Laatutekijäin merkitys on suurin pienissä laitoksissa. Aikaisemmin saattoi esiintyä käsitelyksiä, että suurissa laitoksissa hakkeen laadun merkitys olisi toissijainen, koska muitten polttoaineitten seassa merkäkin hake saadaan palamaan suuren kattilan kuumuudessa. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että laadusta on huolehdittava kaikissa tapauksissa. Laadun hallintaan onkin alettu kiinnittää lisääntyvää huomiota, ja parannusta on saatu aikaan. Siitä huolimatta hakkeen laatu vaihtelee edelleen laajoissa rajoissa laitosten välillä, vuosittain, vuodenajoinen ja autokuormittain.

Selvityksessä oli laatutekijöistä mukana vain hakkeen kosteus, joka lienee yllä esitetyistä kriteereistä käytännössä tärkein. Koska kosteus vaikuttaa hakkeen lämpöarvoon ja hake hinnoitellaan lämpöarvonsa perusteella, se vaikuttaa myös hakkeen lämpöyksikköä kohti laskettuihin kustannuksiin. Kuvassa 7 on esitetty erikokoisten laitosten vastaanotetun metsähakkeen kuukausittaisia keskimääräisiä kosteusarvoja vuoden 1999 aikana.

Kuva osoittaa, että:

- Kosteus on alhaisimmillaan keskikesällä, jolloin hakkeen käyttö on pienimmillään. Se on suurimmillaan alkutalvesta, jolloin haketta tarvitaan eniten.
- Kosteus on alhaisin pienten ja korkein suurten laitosten hakkeessa. Erot kokoluokkien välillä aiheutuvat osittain eroista raaka-ainepohjassa. Pienet laitokset käyttävät enemmän pienpuuta, jonka kosteutta on helpompi hallita. Suuret laitokset käyttävät hakkuutähdettä, jonka korjuulogiikka toimii juoheimmin, kun tuotetaan tuoretta vihreätä haketta. Pienten laitosten on kiinnitettävä kosteuteen enemmän huomiota pelkästään siksi, että metsähakkeen osuus koko polttoainepaletista on niissä suurin.
- Vuoden 1999 kesä oli kuivumisen kannalta poikkeuksellisen edullinen, mikä näkyi hakkeen alhaisena kosteutena loppuvuoden aikana. Esimerkiksi Kaipolan tehtaitten vastaanottaman hakkuutähdehakkeen kosteus putosi kesällä 1999 keskimäärin 5–10 prosenttiyksikköä alhaisemmaksi kuin kesällä 1998 (Kalliola 2000).



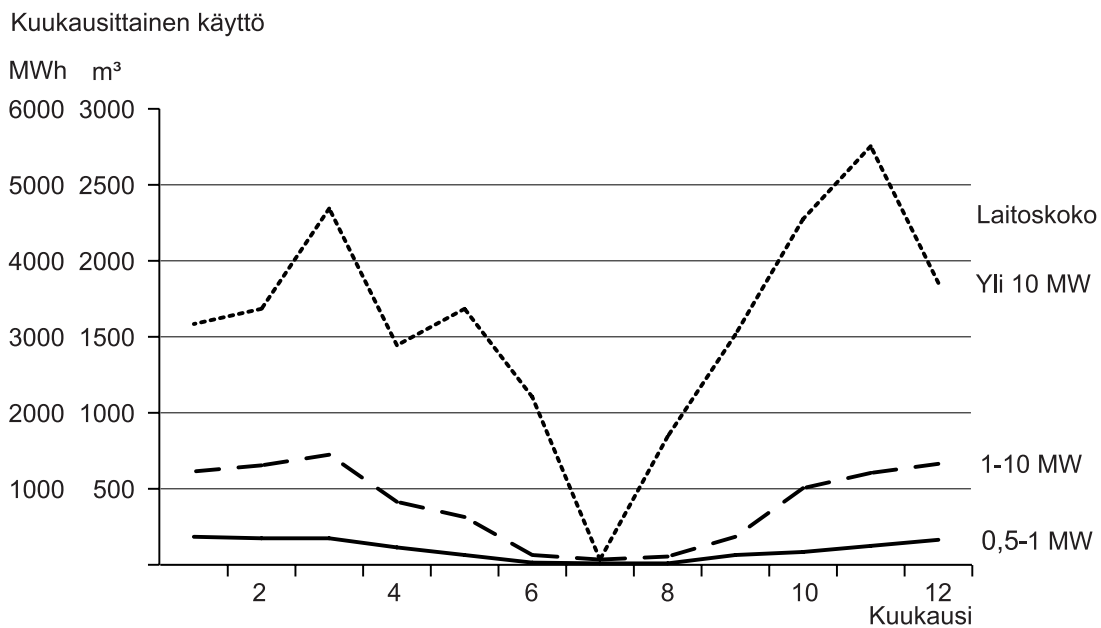
Kuva 7. Erikokoisten laitosten vastaanottaman metsähakkeen kosteuden vaihtelu vuonna 1999.

Kaatotuoreen pienpuun ja hakkuutähteen kosteus on suurimman osan vuodesta havupuulla noin 55 % ja koivulla 45 %. Jos kosteus alenee 55 %:sta 45 %:iin, biomassan tehollinen lämpöarvo kasvaa 6 %. Kun kosteus alenee edelleen 35 %:iin, kasvu on kaikkiaan jo 11 %. Samalla polton hyötysuhdekin kasvaa, mikä edelleen lisää kuivatuksen merkitystä.

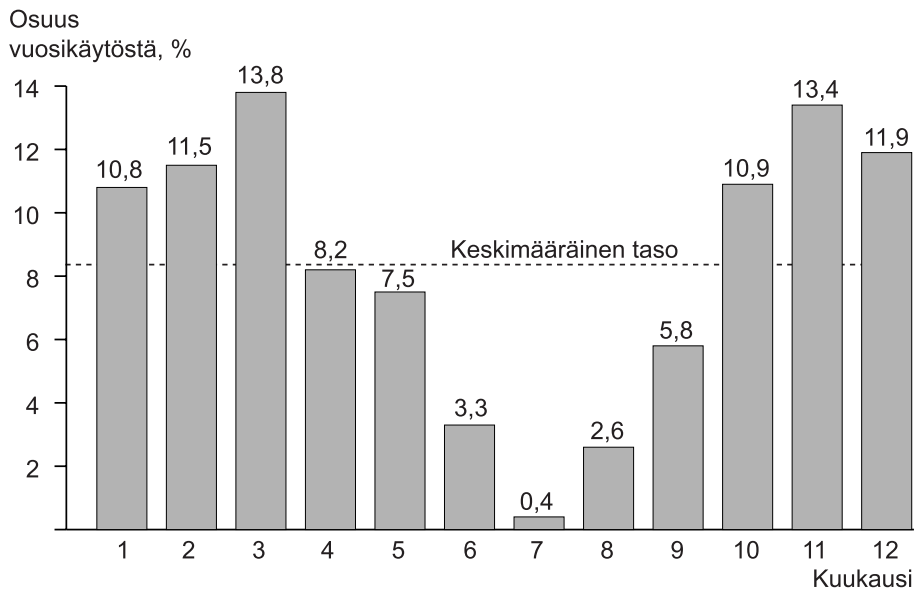
## 6.2 Käytön vuodenajoittainen vaihtelu

Metsähakkeen käyttö hiipuu kesän tullen, kun rakennusten lämmitys keskeytetään. Tämä koskee myös sähkön ja lämmön yhteistuotantoa, joka käy kannattamattomaksi, jos tarvitaan vain sähköä. Metsähaketta ei siis päästä juurikaan käyttämään silloin, kun sen kosteus on alhaisimmillaan ja tehollinen lämpöarvo suurimmillaan. Monissa laitoksissa metsähakkeen käyttöä joudutaan rajoittamaan myös keskitalven pakkaskaudella siksi, ettei kostealla hakkeella pystytä aikaansaamaan yhtä suurta huipputehoa kuin esimerkiksi kuivemmalla turpeella (kuvat 8 ja 9).

Käytön vuodenajoittainen vaihtelu aiheuttaa ongelmia hankintalogistiikassa ja työllisyyden tasaisuudessa ja johtaa hakkeen tuotantokustannusten nousuun. Keskitalven käyttöä voidaan lisätä hakkeen laadun parantamisen kautta, mutta kesäkauden vajaa-käytön eliminointi on erittäin vaikeata. Siksi hankintalogistiikkaa tulee mukauttaa siten, että korjuu- ja kuljetuskaluston työskentely jatkuu käytön hetkellisistä ja vuodenajoittaisista vaihteluista huolimatta mahdollisimman tasaisena. Hakettamattoman ja/tai haketetun biomassan varastoinnin järjestely on tällöin avainasemassa. Myös hakkuutahteen ja pienpuun rinnakkainen käyttö voi tuoda järjestelmään joustavuutta.

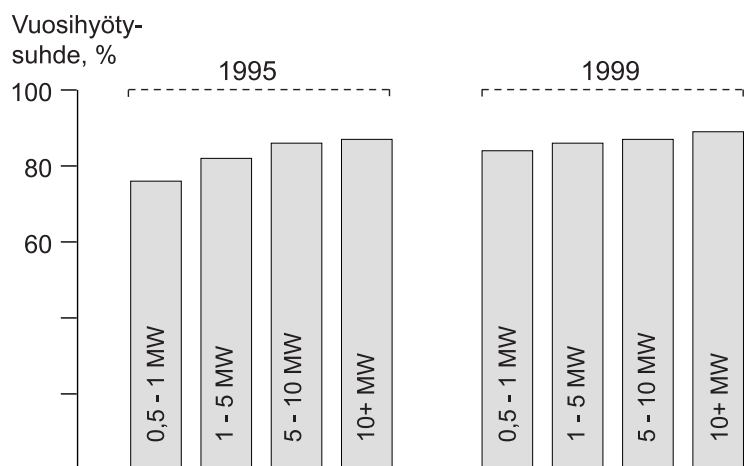


Kuva 8. Metsähakkeen käytön kuukausittainen vaihtelu laitostasolla vuonna 1999. Met-säteollisuuden käyttö ei ole kuvassa mukana.



Kuva 9. Metsähakkeen kokonaiskäytön jakautuminen eri kuukausille vuonna 1999. Mukana on kaikki kaupallinen metsähake metsäteollisuuden käyttöä lukuun ottamatta.

Kuva 10 osoittaa metsähaketta polttaneitten lämpölaitosten vuosihyötysuhteen vuosina 1995 ja 1999. Kysymys on seospolton, ei siis pelkän hakkeen polton keskimääräisestä hyötysuhteesta. Se kasvaa laitoksen koon mukana. Eroa selittävät kattilatekniikan tehostuminen sekä turpeen osuuden kasvu kosteamman puun kustannuksella, kun laitoksen koko kasvaa. Kuva osoittaa myös, että hyötysuhde oli vuonna 1999 korkeampi kuin vuonna 1995. Kysymys saattaa olla osaksi tekniikan kehittymisestä, mutta tärkeämpi merkitys lienee kuitenkin polttoaineen kosteudella, joka ainakin metsähakkeen osalta oli vuonna 1999 keskimääräistä alhaisempi.



Kuva 10. Metsähaketta käyttäneitten laitosten vuosihyötysuhde vuosina 1995 ja 1999.

Kosteuden hallinta liittyy siis läheisesti varastointiin ja hankintalogistiikkaan, joille pyritään löytämään optimiratkaisu. Varastoinnin aikana tapahtuu kosteuden muutosten lisäksi myös ainemenetyksiä esimerkiksi neulasten varisemisen tai biomassan hajoamisen seurauksena. Puuenergian teknologiaohjelmassa on käynnissä useita hankkeita, joitten tavoitteena on metsähakkeen sekä myös kuorintatähteen kosteuden alentaminen. Sen sijaan pienpuu ja sahanpuru ovat jääneet tässä suhteessa toistaiseksi vähäiselle huomiolle.



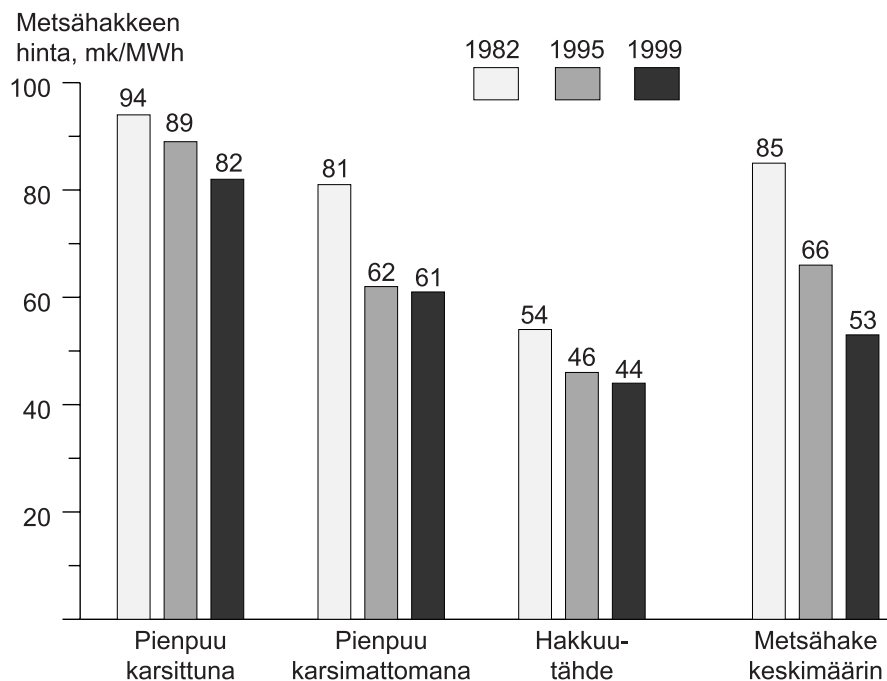
## 7. Puupolttoaineitten markkinahinta

### 7.1 Metsähakkeen hinta

Vaikka metsähakkeen tuotantokustannukset ovat edelleen korkeat, ne samoin kuin markkinahinnat kuitenkin putosivat viime vuosikymmenellä reippaasti. Pudotus oli joltain osin näennäistä mutta paljolta myös todellista. Tilastoihin on aiheutunut harhaa siitä, että 1990-luvun alun hinta 90 mk/MWh (15 €/MWh) viittasi yksipuolisesti karsitusta puusta tehtyyn priimahakkeeseen, ja kun sen tilalle ilmestyi sittemmin kaiken polttohakkeen keskimääräinen hinta, syntyi virheellinen kuva hinnan äkkinäisestä puoltumisesta.

Mutta metsähakkeen hinta on laskenut myös todellisuudessa. Nimellishinnat ovat nyt merkittävästi alempana kuin kaksi vuosikymmentä sitten, ja reaalihintojen muutos on ollut vieläkin jyrkempi (kuva 11).

Metsähakkeen hintahaitari on lakea. Pienpuuhake on kallista, koska hintaan sisältyy myös kaatokustannus ja koska korjuu tapahtuu harvennusleimikoista. Erityisen kalliiksi hinta nousee, kun pienpuuhake tehdään karsituista rangoista. Siksi rankahakkeen määrä markkinoilla on supistumassa. Monet pienet laitokset kuitenkin vaativat edelleen täysin tikutonta rankahaketta.



Kuva 11. Metsähakkeen arvonlisäveroton keskimääräinen hinta lämpölaitoksella raaka-ainelähteittäin.

Edullisinta on hakkuutähdehake, koska kaatovaihe ei koidu kustannusrasitteeksi. Lisäksi talteenotto tapahtuu päätehakkuuoloissa ja on integroitavissa kitkatta perinteiseen puunkorjuuseen. Pienpuuhakkeeseen verrattuna hakkuutähdehakkeen heikkoutena on kuitenkin korkeampi kosteus, suurempi neulasosuus ja epäsäännöllinen palakoko sekä toisaalta myös pienempi työllisyysvaikutus. Siksi pienet lämpölaitokset käyttävät mieluummin pienpuuhaketta sen kalliimmasta hinnasta huolimatta, erityisesti jos metsähakkeen vaihtoehtona on kevyt polttoöljy. Tietotaidon ja laatutietoisuuden kasvaessa hakkuutähdehakkeen laatu on kuitenkin kohentumassa, ja siten siitäkin saattaa olla tulossa pienillekin lämpölaitoksille kelvollinen polttoaine. Pienimittaisessa hankinnassa hakkuutähteen hyödyntämisen rajoitteena on tosin usein hakkurikalusto, sillä hakkuutähteen haketuksen tai murskaukseen tarvitaan järeätä kalustoa.

Hakkuutähdehakkeen hinnan alentuminen on ollut osittain seurausta puunkorjuuteknologian yleisestä kehitymisestä. Hakkuun koneellistaminen loi mahdollisuuden tähteen kasaamiseen lähes kustannuksitta, ja kone- ja kuljetuspalvelujen raju kilpailuttaminen alensi ainespuun yleistä kustannustasoa kymmenessä vuodessa 20–30 %. Integroidussa hankintajärjestelmässä päätuotteen eli ainespuun korjuukustannusten kehitys heijastuu tietenkin myös sivutuotteen eli metsähakkeen kustannuksiin. Metsähakkeen keskimääräinen hinta on laskenut myös sen ansiosta, että hakkuutähdehakkeen osuus koko tuotannosta on kasvanut. Edullista kustannustrendiä on vielä vahvistanut tuotantomäärien kasvun mahdollistama koneitten vuosityöllisyyden kohentuminen, tuotantologiikan hioutuminen sekä uudet konetekniset ratkaisut, hakkuutähdehakkeesta on tullut suuria voimalaitoksia kiinnostava polttoaine.

## 7.2 Purun ja kuoren hinta

Metsähaketta poltetaan rinnan metsäteollisuuden kuori- ja puutähteen kanssa. Teollisuuden puutähteet ovat tuotantokustannuksiltaan ylivoimaisen edullisia, ja siksi niiden markkinahintakin on metsähaketta halvempi. Metsähakkeen käyttö tulee kysymykseen vasta sitten, kun laatuvaatimukset täyttäviä teollisuuden tähdettä ei ole paikallisesti enää ylimäärin tarjolla.

Teollisuuden kuori- ja puutähteen tuotanto on paljon suurempi kuin metsähakkeen. Vaikka tuottajat polttavat pääosan tähteistään itse, mekaanista metsäteollisuudesta tähteitä riittää myös markkinapolttoaineiksi. Suurimmat puupolttoaineitten toimittajat myyvätkin enemmän teollisuuden kuori- ja puutähdettä kuin metsähaketta.

Vaikka purun ja kuoren tuotanto on sahateollisuuden korkeasuhdanteen ansiosta nyt ennätystasolla, niiden hinta näyttää hieman nousseen. Kysynnän kasvaessa hinnan voidaan odottaa vielä nousevan, varsinkin jos sahateollisuus joutuu laskusuhdanteeseen ja

sivutuotteitten saatavuus kiristyy. Taulukko 3 osoittaa puu- ja kuoritähteen arvonlisäverottoman hintatason Suomessa ja Ruotsissa vuonna 1999.

*Taulukko 3. Puu- ja kuoritähteen hinnat (ei ALV) Suomessa, Ruotsissa ja EU-maissa 1999.*

	mk/MWh	€GJ
Hinta lämpölaitoksella Suomessa:		
- Kuori	38	1,78
- Puru	36	1,68
- Polttohake teollisuuden tähteistä	43	2,00
Hinta lämpölaitoksella Ruotsissa:		
- Kuori- ja puutähte keskimäärin	67	3,13
Hinta teollisuuslaitoksella Ruotsissa:		
- Kuori- ja puutähte keskimäärin	56	2,62
Hinta 20:ssä Euroopan maassa <sup>1)</sup>		
- Hakkuutähte keskimäärin	22–178 71	1,02–8,33 3,4
- Teollisuuden puutähte keskimäärin	17–194 51	0,58–9,07 2,4

1) Vesterinen & Alakangas, 2001

### 7.3 Ruotsin hintataso

Metsähakkeesta maksettu arvonlisäveroton hinta vaihtelee laajoissa rajoissa, joitakin vähäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta välillä 40–80 mk/MWh (6,7–13,4 MWh). Keskihinta oli Suomessa viime vuonna 53 mk/MWh (8,9 €/MWh). Ruotsissa se oli paljon korkeampi, lämpölaitoksille 80 mk/MWh (13,4 €/MWh) ja teollisuudelle 75 mk/MWh (12,6 €/MWh) (Prisblad för... 2000), vaikka hakkuutähdihakkeen osuus oli selvästi suurempi kuin Suomessa. Korjuuolot eivät ole Ruotsissa sen vaikeammat kuin Suomessa, pikemminkin päinvastoin. Poikkeuksena on kaukokuljetusetäisyys, joka Ruotsissa on suuremmista käyttömääristä johtuen keskimäärin jo 60 km mutta meillä ilmeisesti vielä alle 40 km. Kuljetusmatkat ovat tosin meilläkin kasvamaan päin, mikä luo kustannuspaineita.

Ruotsin noin 50 % korkeampi hintataso on mahdollinen siksi, että lämmön tuotantoon käytettävien fossiilipolttoaineitten verotus on ankarampi kuin Suomessa. Parempi maksumukky on johtanut metsähakkeen hinnan nousuun. On voitu sallia korkeammat tuotantokustannukset, joihin kuuluvat myös metsänomistajan saama kantohinta ja kuivattamisen aiheuttamat varastointikustannukset.

Korkeamman maksukyvyyn ansiosta metsähaketta tuotetaan ja käytetään Ruotsissa yli 3 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa (6 TWh). Siitä 2,2 milj. m<sup>3</sup> (4,4 TWh) tehdään hakkuutähteestä, 0,4 milj. m<sup>3</sup> (0,8 TWh) pienpuusta ja 0,5 milj. m<sup>3</sup> (1 TWh) lahoppuusta (Andersson 2000, Björheden 2000). Määrä ei ole kuitenkaan kasvanut viime vuosina odotusten mukaisesti, vaan se on jäänyt polkemaan paikallaan. Syitä ovat sahateollisuuden korkeasuhdanne ja siihen liittyvä hyvä sivutuotteitten saatavuus, pelletti-, briketti- ja puujauhojalosteitten käytön nopea kasvu sekä puupolttoaineitten laajamittainen tuonti. Erityisesti kierrätyspuun tuonti rannikon hakelämpölaitoksiin on lisääntynyt nopeasti. Keski-Euroopan kierrätyspuu on kustannuksiltaan varsin kilpailukykyistä, sillä polton vaihtoehtona tuottajalle on yleensä kaatopaikka, mistä aiheutuu huomattavia kaatopaikkamaksuja.

Ruotsin ankara ympäristöverotus on mahdollistanut metsähakkeen käytön lämpölaitoksissa laajempaan kuin missään muualla maailmassa. Samalla on käynnistynyt laajamittainen tuonti. Ruotsissa 30–40 %:a kaukolämmön tuotannossa käytetystä puupolttoaineesta tuodaan (5,5–8,3 TWh/a) (Vesterinen & Alakangas, 2001). Maailman korkein puupolttoaineitten hintataso onkin alkanut jarruttaa metsähakkeen kotimaisen tuotannon kasvua. Puuta suosivaa verotusjärjestelmää luotaessa tavoitteena ei tietenkään ollut, että puu tuotaisiin ulkomailta.

## 8. Yhteenveto

Jalostuskäyttöön soveltumattomasta pienpuusta ja hakkuutähteestä tehdyllä metsähakkeella on tärkeä osa, kun Suomessa seuraavan kymmenvuotiskauden aikana pyritään korvaamaan fossiilipolttoaineita uusiutuvilla energialähteillä. Valtiovalta on asettanut metsähakkeen käytölle selkeät kasvutavoitteet.

Koska metsähake ei ole mukana puun käytön yleisessä seurannassa ja metsätilastoissa, Puuenergian teknologiaohjelma teetti VTT:lla ja Metsäntutkimuslaitoksella ensimmäisen ohjelmavuotensa 1999 kattavan käyttökartoituksen. Sen tuloksia selostetaan tässä raportissa.

Vuonna 1999 metsähaketta käytettiin kaikkiaan 135 lämpölaitoksessa ja 21 voimalaitoksessa. Kokonaiskäyttö oli 747 000 m<sup>3</sup> (1 494 GWh), jossa luvussa on mukana tämän käyttökartoituksen ulkopuolelle jäänyt pienkäyttö, arviolta 180 000 m<sup>3</sup> (360 GWh). Pitkällisen laman jälkeen päästiin vihdoin takaisin 1980-luvun alussa vallinneelle tasolle. Vuosituhannen vaihteessa käyttö on kovassa kasvussa.

Kaupallisesta metsähakkeesta 60 % käytettiin lämpölaitoksissa ja 40 % voimalaitoksissa. Kasvu kohdistuu nyt nimenomaan suuriin voimalaitoksiin, joitten osuus metsähakkeen kokonaiskäytöstä nousee kaiken aikaa. Metsähaketta käytetään yleensä seospolttoaineena lähinnä metsäteollisuuden puu- ja kuoritähteen ja turpeen kanssa. Laitoksen koon kasvaessa metsähakkeen seososuus hupenee jo saatavuudestakin johtuen.

Pienkäyttöön tarkoitettu hake tehdään kireämpien laatuvaatimusten vuoksi pelkästään pienpuusta. Kaupallisesta hakkeesta sen sijaan jo yli puolet tehdään hakkuutähteestä, joka on erityisesti suurten voimalaitosten polttoaine. Kasvu kohdistuu nyt hakkuutähtehakkeeseen, mutta pitkällä tähtäyksellä olisi pelkästään toimitusvarmuuden parantamiseksi paikallaan ulottaa leimikkopohja kaikkeen energiakäyttöön tarjolla olevaan biomassaan. Siksi myös pienpuuhakkeen tuotannon tutkimus- ja kehitystyötä tulisi tehostaa.

Metsähakkeen tuottajat ja käyttäjät ovat alkaneet kiinnittää lisääntyvää huomiota hakkeen laatuominaisuuksiin, joista tärkein on kosteus. Pienet lämpölaitokset käyttävät keskimäärin kuivempaa haketta kuin suuret voimalaitokset. Kosteuteen tulisi kiinnittää vielä nykyistäkin suurempaa huomiota, sillä jos se saadaan alenemaan kaatotuoreen puubiomassan 55 %:sta tavalla tai toisella 45 %:iin, yksistään hakkeen tehollinen lämpöarvo kasvaa 6 % ja sen käyttömahdollisuudet paranevat myös sydäntalven pakkas- kaudella. Tarve kosteuden alentamiseen ei rajoitu metsähakkeeseen vaan koskee yhtä- lailla myös kuorta ja purua.

Metsähakkeen nimellishinta on laskenut kahden vuosikymmenen aikana 35 %. Tämän on tehnyt mahdolliseksi puutavaran hankintakustannusten yleinen lasku, metsähakkeen tuotantotekniikan ja hankintalogistiikan kehittyminen, tuotantomäärien kasvu sekä painopisteen siirtyminen kalliista rankahakkeesta kokopuuhakkeeseen ja edelleen hakkuutähdehakkeeseen. Tästä huolimatta metsähakkeen käytön kasvun vaikein este on käyttäjien liian korkeaksi katsoma hinta. Lämpölaitokset maksoivat vuonna 1999 kokopuuhakkeesta perille toimitettuna keskimäärin 61 mk/MWh (10,3 €/MWh), hakkuutähdehakkeesta 44 mk/MWh (7,4 €/MWh) sekä kaikesta metsähakkeesta keskimäärin 53 mk/MWh (8,9 €/MWh). Purun ja kuoren hintataso oli samaan aikaan alle 40 mk/MWh (6,7 €/MWh). Suomessa hinnat olivat kuitenkin selvästi halvempia kuin Ruotsissa, missä lämpölaitokset maksoivat metsähakkeesta peräti 80 mk/MWh (8,9 €/MWh) ja teollisuuden puu- ja kuoritähteestäkin 67 mk/MWh (11,3 €/MWh).

Asenteet ja kiinnostus metsähakkeen käyttöä kohtaan ovat kehittyneet varsin myönteisesti. Rakenteilla ja suunnitteilla on runsaasti uutta lämpö- ja erityisesti voimalaituskapasiteettia, jolla on tekninen valmius puupolttoaineitten käyttöön. Vuosien 1997 ja 2010 välillä rakennettavien kokonaan uusien, puun polttoon soveltuvien laitosten polttoainetehoksi arvioidaan 3450 MW (Electrowatt-Ekono, 2000). Vaikka näissä laitoksissa tullaan puun lisäksi polttamaan muitakin polttoaineita, ja vaikka osa uusista laitoksista korvaa aikaisempia puupolttoaineita käyttäviä laitoksia, käyttöpotentiaalin kasvu on todella merkittävä. Myös monet puuta jo nykyisin polttavat laitokset tulevat lisäämään käyttöönsä.

Kun metsäteollisuuden sivutuotteitten tarjonta tuskin tulee lähivuosina enää oleellisesti kasvamaan, metsähakkeen käytön kasvun edellytykset paranevat. Sahateollisuuden matalasuhdannekausina purun ja kuoren tuotanto saattaa pikemminkin supistua, jolloin metsähakkeen kysyntä kasvaa vastaavasti. Samalla kuitenkin nousee kustannuspaineita, kun kuljetusmatkat kasvavat, leimikkokohteet vaikeutuvat ja kantohintaodotukset viriävät. On siis välttämätöntä jatkaa konekaluston ja tuotantojärjestelmien kehittämistä, ja lisäksi on metsähakkeen laatua edelleen parannettava sekä pien- että suurkäyttöä silmällä pitäen.

Vuodesta 2000 alkaen Metsäntutkimuslaitos ryhtyy seuraamaan metsähakkeen ja metsäteollisuuden kiinteän prosessitähteen energiakäyttöä ja markkinahintoja. Seurantatiedot tullaan julkaisemaan vuosittain metsätilastotiedotteena osana Suomen virallista tilastoa puupolttoainelajin ja käyttäjälaitoksen koon mukaan ryhmiteltyinä. Tulokset tulevat olemaan saatavilla myös sähköisessä muodossa METINFO tietojärjestelmässä ([www.metla.fi/metinfo](http://www.metla.fi/metinfo)), ja ne sisällytetään soveltuvin osin Metsätilastolliseen vuosikirjaan. Tämä tulee helpottamaan puuenergiaan kohdistuvien ohjelmien seurantaan ja ohjausta, hankinnan suunnittelua sekä energiapoliittisten toimenpiteitten vaikuttavuuden arviointia.

## Lähdeluettelo

Alakangas, E. & Janka, P. Bioenergy and agriculture, ENE39/T0100/99. ENER - IURE project - analysis of the legislation regarding renewable energy sources in the EU member states - Phase II, March 2000. Jyväskylä: VTT Energia. 42 s.

Andersson, G. 2000. Technology of fuel chip production in Sweden. Teoksessa: Alakangas, Eija (toim.). Nordic Treasure Hunt: Extracting Energy from Forest Residues. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. S. 113–125. (VTT Symposium 208.) ISBN 951-38-5708-5

Björheden, R. 2000. Forest energy in Sweden. Trends in utilization, harvesting and supply systems. Esitelmä Bioenergiapäivillä 23.11.2000 Jyväskylässä. Finbio.

Electrowatt-Ekono. 2000. Puupolttoaineiden kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen vuoteen 2010. Yhteenvetoraportti 60K02231-Q090-12a. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö. 20 s.

Energiakatsaus 1/2000. 2000. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö. 40 s.

Impola, R. 1998. Puupolttoaineiden laatuohje. Jyväskylä: Finbio. 33 s. (Julkaisu 5.)

Hakkila, P. 1984. Forest chips as fuel for heating plants in Finland. 62 s. (Folia Forestalia 586.)

Hakkila, P. & Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos. 92 s. (Metla Tiedonantoja 613.)

Hakkila, P & Nousiainen, I. 2000. Forest chips in Finland - use, experiences and prices. Teoksessa: Alakangas, Eija (toim.). Nordic Treasure Hunt: Extracting Energy from Forest Residues. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. S. 39–55. (VTT Symposium 208.) ISBN 951-38-5708-5

Helynen S. 1999. Production and consumption potentials for bioenergy in Finland to the year 2010. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 97 s. (VTT Publications 404.) ISBN 951-38-5553-8

Helynen S., Holttinen, H., Lund, P., Sipilä, K., Wolff, J. & Alakangas, E. 1999. Uusiutuvien energialähteiden taustaraportti. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö. 112 s. (KTM Tutkimuksia ja raportteja 24/1999.)

Kalliola, T. 2000. Julkaisematonta materiaalia hakkuutähdehakkeen toimituksista UPM:n Kaipolan tehtaille.

Laurila, P. 2000. Puuenergian suurkäytön edellytyksiä Suomessa. Esitelmä Bioenergia-päivillä 23.11.2000. Jyväskylä. FINBIO.

Metsätilastollinen vuosikirja 2000. 2000. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos. 366 s.

Prisblad för biobränslen, torv m m. 2000. Nr 4/2000. Energimyndigheten. 2 s.

Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma. 1999. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö. 33 s. (KTM Julkaisuja 4/2000.)

Vesterinen, P. & Alakangas, E. 2001. Export-import possibilities and fuel prices in 20 European countries, Task 2, AFB-net V-Targeted actions in bioenergy network - Part 1. Jyväskylä: VTT Energia. 49 s.





Tekijä(t) Hakkila, Pentti, Nousiainen, Ismo & Kalaja, Hannu			
Nimeke <b>Metsähakkeen käyttö Suomessa Tilannekatsaus vuodesta 1999</b>			
Tiivistelmä <p>Suomessa on tavoitteena nostaa metsähakkeen energiakäyttö 5 milj. m<sup>3</sup>:iin vuoteen 2010 mennessä. Se vastaa lämpösisällöltään 0,9 miljoonaa ekvivalenttista öljytonnia. Kehityksen ja energiapolitiikan vaikuttavuuden seuraamiseksi Puuenergian teknologiaohjelma teki selvityksen käytön tilasta vuonna 1999.</p> <p>Metsähaketta käytettiin 135 lämpölaitoksessa, 21 voimalaitoksessa sekä useissa tuhansissa pien-aloissa. Metsähakkeen kaupallinen käyttö oli 567 000 m<sup>3</sup> ja kaupan ulkopuolella tapahtunut pienkäyttö arviolta 180 000 m<sup>3</sup>. Käyttö on ripeässä kasvussa erityisesti sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Julkaisussa annetaan tietoja käytön kohdistumisesta erikokoisiin laitoksiin, käytön vuodenajoittaisesta vaihtelusta, metsähakkeen raaka-ainelähteistä, metsähakkeen kosteudesta sekä hintakehityksestä. Hinta aleni 1990-luvulla 35 %. Vuonna 1999 keskimääräinen hinta käyttöpaikalla oli kokopuuhaikkeella 61 mk/MWh, hakkuutähdehaikkeella 44 mk/MWh sekä kaikella metsähakkeella keskimäärin 53 mk/MWh.</p>			
Avainsanat wood chips, energy production, logging residues, trees (plants), forest trees, moisture content, prices, economic analysis, utilization, Finland, power plants, heating plants, raw materials			
Toimintayksikkö VTT Energia, Energian tuotanto, Koivurannantie 1, PL 1603, 40101 JYVÄSKYLÄ			
ISBN 951-38-5809-X(nid.) 951-38-5810-3 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Projektinumero	
Julkaisuaika Maaliskuu 2001	Kieli suomi	Sivuja 39 s.	Hinta A
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	



Author(s) Hakkila, Pentti, Nousiainen, Ismo & Kalaja, Hannu			
Title <b>Use of forest chips in Finland Position paper for 1999</b>			
Abstract <p>Finland has decided to raise the energy use of forest chips to 5 million m<sup>3</sup> solid by 2010. This corresponds to 0.9 million tonnes of oil equivalent. In order to monitor the ongoing development and the effectiveness of energy policy matters, the Wood Energy Technology Program of Tekes executed a survey of the use of forest chips in 1999.</p> <p>Forest chips were used in 135 heating plants (minimum size 0,5 MW), 21 power plants, and several thousands of small buildings and farm houses. The commercial use was 567 000 m<sup>3</sup> solid and small-scale non-commercial use 180 000 m<sup>3</sup> solid. The use of forest chips is increasing rapidly especially in combined production of heat and electricity. The report gives information on the use in plants of different size, seasonal variation of use, raw material sources of chips, moisture content of chips, and the development of prices. During the 1990s, the average price of forest chips was reduced by 35 %. In 1999, the average price at the plant was 61 FIM/MWh for whole-tree chips, 44 FIM/MWh for chips reduced from logging residues from forest regeneration areas, and 53 FIM/MWh for the entire flow of forest chips, VAT excluded.</p>			
Keywords wood chips, energy production, logging residues, trees (plants), forest trees, moisture content, prices, economic analysis, utilization, Finland, power plants, heating plants, raw materials			
Activity unit VTT Energy, Fuel Production, Koivurannantie 1, P.O.Box 1603, FIN-40101 JYVÄSKYLÄ, Finland			
ISBN 951-38-5809-X (soft back ed.) 951-38-5810-3 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Project number	
Date March 2001	Language Finnish, English abstr.	Pages 39 p.	Price A
Name of project		Commissioned by	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/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 – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES

### VTT ENERGIA – VTT ENERGI – VTT ENERGY

- 1957 Tuunanen, Jari, Vihavainen, Juhani, D'Auria, Francesco & Kimber, George. Assessment of Passive Safety Injection Systems of ALWRs. Final report of the European Commission 4th Framework Programme Project FI4I-CT95-0004 (APSI). 1999. 77 p. + app. 2 p.
- 1960 Ranta, Jussi. Autonpaloittelujätteen ja rengasromun terminen konversio energiaksi ja raaka-aineeksi. 1999. 81 s. + liitt. 19 s.
- 1961 Solantausta, Yrjö, Koljonen, Tiina, Podesser, Erich, Beckman, David & Overend, Ralph. Feasibility studies on selected bioenergy concepts producing electricity, heat, and liquid fuel. IEA Bioenergy. Techno-economic analysis activity. 1999. 46 p.
- 1973 Rasilainen, Kari, Luukkonen, Ari, Niemi, Auli, Olin, Markus, & Pöllä, Jukka. The feasibility of modelling coupled processes in safety analysis of spent nuclear fuel disposal. 1999. 83 p. + app. 4 p.
- 1975 Ranne, Aulis, Hänninen, Markku & Salmi, Jaakko. Kuitueristeet korkealämpötiloissa. Toteutus ja käyttö. 1999. 99 s. + liitt. 28 s.
- 1982 Kärkkäinen, Seppo, Sipilä, Kari, Ranne, Aulis, Kekkonen, Veikko, Koponen, Pekka, Koskelainen, Lasse & Heikkinen Jouni. Kysynnän hallinta kaukolämmitysjärjestelmissä. DSM:n perusteet ja tarvittava tekniikka. 1999. 98 s.
- 1992 Sipilä, Kari, Ritola, Jouko, Vuopio, Jaakko, Leino, Olavi & Hiltunen, Mikko. Absorptiolämpöpumpulla ja varastolla varustetun kallioiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä. 1999. 71 s.
- 1996 Ranne, Aulis, Eerikäinen, Lauri & Hänninen, Markku. Ejektorin kaukolämmitysjärjestelmässä. Perusteet ja toiminta. 1999. 54 s. + liitt. 1 s.
- 2016 Mannila, Pekka & Lehtonen, Matti. Decentralised electrical distribution network in power plants. 2000. 33 p. + app. 4 p.
- 2019 Lahdelma, Risto & Ranne, Aulis. Vesivoima Euroopassa. Ympäristöluokittelun vaikutukset. 1999. 87 s. + liitt. 2 s.
- 2024 Solantausta, Yrjö, Podesser, Erich, Beckman, David, Östman, Anders & Overend, Ralph P. IEA Bioenergy Task 22: Techno-economic assessment for bioenergy applications 1998–1999. Final report. 2000. 241 p.
- 2033 Rasilainen, Kari, Suolanen, Vesa & Vuori, Seppo. Käytetyn ydinpolttoaineen huolto. Turvallisuuden arvioinnin perusteet. 2000. 57 s.
- 2045 Alakangas, Eija. Suomessa käytettävien polttoaineen ominaisuuksia. 2000. 172 s. + liitt. 17 s.
- 2057 Vantola, Timo, Puska, Eija Karita & Marttila, Anne (eds.). FINNUS. The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety. Interim Report 1999 – August 2002. 2000. 227 p. + app. 60 p.
- 2059 Kurkela, Esa, Simell, Pekka, Ståhlberg, Pekka, Berna, Gianni, Barbagli, Francesco & Haavisto, Ilkka. Development of novel fixed-bed gasification for biomass residues and agrobifuels. 2000. 42 p. + app. 1 p.
- 2060 Ranne, Aulis. Multi Supply Plant. Sähkö ja vesi. 2000. 84 s. + liitt. 12 s.
- 2071 Sipilä, Kari, Ranne, Aulis & Koljonen, Tiina. Modular district heating system MODiS. 2000. 142 p. + app. 20 p.
- 2074 Ohlström, Mikael, Mäkinen, Tuula, Laurikko, Juhani & Pipatti, Riitta. New concepts for biofuels in transportation. Biomass-based methanol production and reduced emission in advanced vehicles. 2001. 94 p.
- 2080 Rasilainen, Kari, Suolanen, Vesa & Vuori, Seppo. Käytetyn ydinpolttoaineen huolto. Turvallisuus-analyseissa laskettujen säteilyvaikutusten havainnollistaminen. 2001. 58 s. + liitt. 5 s.
- 2081 Lohiniva, Eina, Mäkinen, Tuula & Sipilä, Kai. Lietteiden käsittely. Uudet ja käytössä olevat tekniikat. 2001. 146 s. + liitt. 11 s.
- 2087 Hakkila, Pentti., Nousiainen, Ismo & Kalaja, Hannu. Metsähakkeen käyttö Suomessa. Tilannekatsaus vuodesta 1999. 2001. 39 s.