



Sahapuuta pienempien
puunosien suhteellinen arvo
massa- ja levyteollisuudessa
sekä lämpöenergian tuotannossa

RELATIVE VALUE OF WOOD
SMALLER THAN SAW TIMBER
IN THE PULP AND FIBREBOARD INDUSTRY
AND IN THE PRODUCTION OF THERMAL ENERGY

BRUNO LÖNNBERG
HEIKKI VESIKALLIO



M E T S Ä T E H O

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n metsätyöntutkimusosasto
*Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish
Forest Industries*

SAHAPUUTA PIENEMPIEN PUUNOSIEN SUHTEELLINEN ARVO
MASSA- JA LEVYTEOLLISUUDESSA SEKÄ
LÄMPÖENERGIAN TUOTANNOSSA

*Relative Value of Wood Smaller than Saw Timber
in the Pulp and Fibreboard Industry and
in the Production of Thermal Energy*

Bruno Lönnberg
Heikki Vesikallio

Wetland Ecology - International Review

WETLANDS

Journal of the International Association of Wetland Scientists
Volume 1, Number 1, 1980

WETLANDS: A JOURNAL OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WETLAND SCIENTISTS
Volume 1, Number 1, 1980

Wetland Ecology: A Journal of the International Association of Wetland Scientists
Volume 1, Number 1, 1980

Wetland Ecology
Volume 1, Number 1, 1980

SISÄLLYS

Contents

	Sivu Page
TIIVISTELMÄ	4
1 TUTKIMUKSEN TAVOITE	5
2 SAHAPUUTA PIENEMPIEN PUUNOSIEN TEHDASHINNAT	5
3 ERI PUURAAKA-AINELAJIEN SUHTEELLINEN ARVO	6
3.1 Sulfaattimassan valmistus	6
3.2 Kuitulevyn valmistus	7
3.3 Energian tuotanto	7
KIRJALLISUUTTA - <i>R e f e r e n c e s</i>	9
<i>S u m m a r y in English</i>	10

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää laskentamenetelmiä ja määrittää saha-
puuta pienempien puunosien suhteelli-
nen arvo sulfaattimassan ja kuitulevyn
valmistuksessa sekä lämpöenergian tuo-
tarmossa.

Tutkimustulosten mukaan sulfaattimas-
san valmistuksessa hakkuutähdehakkeen
suhteellinen arvo on noin 50 %, havu-
kokopuuhakkeen noin 60 % ja kantopalan
noin 80 % kuorelliseen havukuitupuuhun
verrattuna. Lehtikokopuuhakkeen suh-
teellinen arvo on noin 70 % kuorelli-
seen lehtikuitupuuhun verrattuna. Kuitulevyn valmistuksessa hakkuutähde-
hakkeen suhteellinen arvo on noin 60 %
kuorelliseen mäntykuitupuuhun verrat-
tuna, havukokopuuhakkeen noin 70 % ja
lehtikokopuuhakkeen noin 65 %.

Kuitupuun minimimitat täyttävän aines-
raakapuun hankintakustannukset (korjuu-
ja kaukokuljetuskustannukset sekä
yleiskustannukset) ovat jokseenkin sa-
mansuuruiset kuin puun taloudellisen
käytön edellytyksenä oleva tehdashinta
energiakäytössä, jos vaihtoehtoisena
polttoaineena on raskas polttoöljy.

Nykyisten hinta- ja kustannussuhteiden
vallitessa massateollisuus maksaa kui-
tupuun kokoisesta puusta kantohintaa
yli 60 mk/m³. Energiakäytön kilpailu-
kyvyn nousu samalle tasolle edellyttää
kuitupuun ja raskaan polttoöljyn hinta-
suhteiden muuttumista siten, että ras-
kaan polttoöljyn suhteellinen hinta
nousee nykyisestään noin 40 %.

Öljyn hinta on viime vuosina noussut
massateollisuuden tuotteiden tehdas-
myyntihintojen nousua selvästi nopeam-
min. Vaikka hintojen kehityksen en-
nustetaan tällä vuosikymmenellä jatku-
van samansuuntaisena, arvioidaan kui-
tupuuraaka-aineen käytön olevan sekä
liike- että kansantaloudellisesti kan-
nattavampaa massateollisuudessa kuin
lämpöenergiana.

Massa- ja paperiteollisuuden nykyinen
ja rakenteilla tai suunnitteilla oleva
tuotantokapasiteetti riittää hyödyntä-
mään koko valtakuntaa tarkastellen
kaiken raakapuunmarkkinoille tulevan
kuitupuuraaka-aineen, jos tuotantoka-
pasiteettia päästään käyttämään tehok-
kaasti. Tästä syystä kaikki ne leimi-
kot, joissa korjattavan puuston keski-
määräinen rinnankorkeusläpimitta ylit-
tää noin 8 cm:n, on toistaiseksi jär-
kevää ohjata metsäteollisuuden käyt-
töön.

Eri puuraaka-ainelajien suhteellista
arvoa koskevien laskelmien mukaan edel-
lä mainittua pieniläpimittaisempien
puiden, hakkuutähteiden sekä kanto- ja
juuripuiden hyödyntämisessä energian tuo-
tannon arvioidaan lähivuosina olevan
massa- ja kuitulevyteollisuuden tuotan-
toprosesseja taloudellisempi käyttökoh-
de. Mainittujen raaka-ainevarojen ta-
loudellisen hyödyntämisen arvioidaan
energiakäytössäkin edellyttävän suur-
kuluttajan kannalta vielä sitä, että
hakkuutähteen ja pienpuun ja varsinkin
kantopalan tehdashintaa pystytään han-
kintamenetelmiä kehittämällä alenta-
maan nykyisestään.

1 TUTKIMUKSEN TAVOITE

Viime vuosina varsinkin sulfaattimassan ja levyteollisuuden valmistusprosessit ovat kehittyneet niin paljon, että näitä tuotteita voidaan valmistaa monilla vaihtoehtoisilla puuraaka-aineyhdistelmillä. Toisaalta energian hinnan nopean nousun vuoksi metsävaroja arvioidaan voitavan käyttää aikaisempaa laajemmin myös energian tuotannossa. Samanaikaisesti puunhankintatekniikka on kehittynyt nopeasti, mikä ansiosta puiden koko biomassassa on teknisesti korjuukelpoista.

Puuraaka-ainekustannukset (osuus 25 - 50 % valmistuskustannuksista) ovat massa- ja levyteollisuuden merkittävin yhtenäinen kustannuserä. Massojen ja levyjen valmistuskustannukset vaihtelevat huomattavasti puuraaka-ainelajien ja niiden käyttöyhdistelmän mukaan. Kotimaisen energian hinta määräytyy varsin pitkälle halvimman ulkomaisen energialähteen mukaan. Muun muassa näistä syistä on ensiarvoisen tärkeää tietää, millä edellytyksillä ja missä laajuudessa eri puuraaka-ainelajeja on taloudellista käyttää massojen ja levyjen valmistuksessa sekä energian tuotannossa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää laskentamenetelmiä ja määrittää niiden avulla, mikä on sahapuuta pienempien puunosien suhteellinen arvo sulfaattimassan ja levyjen valmistuksessa sekä energian tuotannossa. Levyjen valmistusta on kuitenkin tarkasteltu vain kuitulevyprosessin kannalta, sillä lastulevyn valmistuksesta ei käytettävissä ollut tutkimukseen soveltuvaa esimerkkitehdasta.

Tutkimukseen liittyvät eri osa-alueista tehdyt erillisselvitykset selviävät kirjallisuusluettelosta (s. 9).

Tässä raportissa esitetään tähänastisten osaselvitysten ja Metsätehon käytettävissä olevien muiden tietojen pe-

rusteella tiivistelmä sulfaattimassan ja kuitulevyn valmistuksessa sekä energian tuotannossa käytettävien sahapuuta pienempien puunosien tehdashinnoista ja suhteellisesta arvosta. Tutkimuksen laskentamalleja koskevat yksityiskohtaiset tiedot ovat saatavissa Metsätehosta ja Oy Keskuslaboratoriosta.

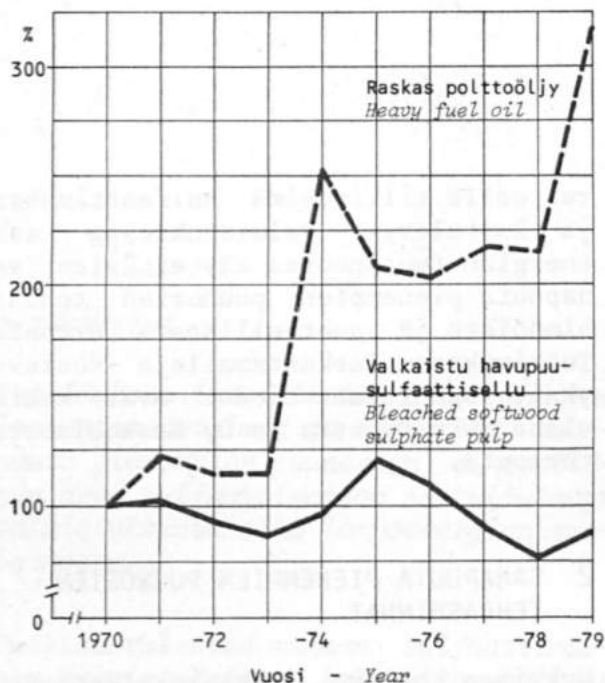
2 SAHAPUUTA PIENEMPIEN PUUNOSIEN TEHDASHINNAT

Nykyisen korjuu- ja kaukokuljetustekniikan vuoksi sahapuuta pienempien puunosien tehdashinnat ja suhteelliset arvot on määritetty seuraavaa puutavaralajijakoa käyttäen: havu- ja lehtikuitupuu, havu- ja lehtikokopuu-hake, hakkuutähdehake, kantopala.

Kun korjuussa ja kaukokuljetuksessa käytetään taloudellisimpia menetelmiä, eri puuraaka-ainelajien tehdashinnat olivat maaliskuussa 1980 taulukon 1 mukaiset. Kunkin raaka-ainelajin vuotuisen hankintamäärän oletettiin vaihtelevan rajoissa 10 000 - 400 000 m³.

TAULUKKO 1 Sahapuuta pienempien puunosien tehdashinnat maaliskuussa 1980

Korjuukohde	Puuraaka-ainelaji	Tehdashinta, mk/m ³ (kiintotilavuus)
Harvennus- ja avohakkuumetsiköt	Mäntykuitupuu	140 - 145
	Koivukuitupuu	130 - 135
Mäntyvaltaiset ensiharvennusmetsiköt (rungon keskikoko alle 0.035 m ³ :n)	Havukokopuu-hake	115 - 135
Avohakkuumetsiköt	Hakkuutähdehake	80 - 120
	Kantopala	135 - 157
Vajaatuottoiset lehtipuumetsiköt ja havupuutaimistojen ylispuustot (puiden rinnankorkeuslöpimitta 5 - 9 cm)	Lehtikokopuu-hake	95 - 115



Kuva 1. Valkaistun havupuusulfaattisellun tehdasmyyntihinnan ja raskaan polttoöljyn tuontihinnan reaalin kehitys 1970-luvulla (deflatoitu tukkuhintojen yleisindeksin muutoksella)

Fig. 1. The real trend of the mill sale price of bleached softwood sulphate pulp and the import price of heavy fuel oil in the 1970s (deflated by the change in the general index of wholesale prices)

TAULUKKO 2 Sahapuuta pienempien puunosien suhteellinen arvo sulfaattimassan valmistuksessa
TABLE Relative value of wood smaller than saw timber in the production of sulphate pulp

Puuraaka-ainelaji Wood raw material assortment	Suhteellinen arvo Relative value
Mäntykuitupuun (kuorellinen) Pine pulpwood (incl. bark)	100
Havukokopuuhaake (mäntyvaltais- et ensiharvennusmetsät) Softwood whole-tree chips (pine-dominated first thinnings)	59
Lehtikokopuuhaake (kuorelliseen lehtikuitupuuhun verrattuna, puiden rinnankorkeuslähimitt 5 - 9 cm) Hardwood whole-tree chips (compared with unbarked hard- wood pulpwood, breast height diameter of trees 5 - 9 cm)	70
Hakkuutähdehaake (avohakkuu- leimikot) Logging residue chips (clear- cutting stands)	48
Kantopala (avohakkuuleimikot, mänty ja kuusi) Stump pieces (clear-cutting stands, pine and spruce)	78

Hakkuutähdehaakkeen ja kantopalan tehdashinta on laskettu olettamalla, että raaka-aine saadaan käyttöön ilman kantohintaa. Kokopuuhaakkeen tehdashintalaskelmissa on noudatettu nykyistä hinnoittelukäytäntöä, jossa kuitupuusalle maksetaan tavanomainen kuitupuun kantohinta. Lisäraaka-aineosan kantohintoina on käytetty puuraaka-ainelajin mukaan 2,50 - 8,00 mk:aa/m³.

3 ERI PUURAACA-AINELAJIEN SUHTEELLINEN ARVO

3.1 Sulfaattimassan valmistus

Eri puuraaka-ainelajien suhteellinen arvo on määritetty Oy Keskuslaboratoriossa kehitetyllä laskentamallilla, joka ottaa huomioon seuraavat tekijät.

Varastoinnin saanto

Kuorinnan "

Sellukeiton "

Massan laatu (painotettu kuidun keskipituudella)

Kuoren kuiva-aineen suhteellinen polttoarvo raskaaseen polttoöljyyn verrattuna

Mustalipeän kuiva-aineen suhteellinen polttoarvo raskaaseen polttoöljyyn verrattuna

Sellun suhteellinen hinta raskaan polttoöljyn hintaan verrattuna (kuva 1)

Eri tekijöiden arvot on määritetty Oy Keskuslaboratorion tutkimusten perusteella. Sulfaattisellun ja raskaan polttoöljyn hinnat ovat maaliskuun 1980 hintojen mukaisia.

Laskelmien päätulokset on esitetty taulukossa 2. Niistä näkyy, että esim. havukokopuuhaakkeen tehdashinnan tulisi olla noin 40 % alhaisempi kuin mäntykuitupuun eli noin 85 mk/m³, jotta se olisi kustannuksiltaan kilpailukykyinen raaka-aine.

Kokopuu- ja hakkuutähdehaakkeen seulonnan ja puhdistuksen ei arvioida nykyisin ratkaisuin olennaisesti parantavan niiden käytön taloudellisuutta.

3.2 Kuitulevyn valmistus

Sahapuuta pienempien puunosien suhteellista arvoa koskevat laskelmat kuitulevyn valmistuksen kannalta on tehty Metsätehossa kehitetyllä puuraaka-aineen käytön optimointimallilla. Eri puuraaka-aineiden tehdashintojen ohella laskentaperusteina käytetään kunkin puuraaka-ainelajin aiheuttamia kustannuksia tuotteen valmistusprosessissa seuraavan jaottelun mukaan.

Esikäsitteilykustannukset (seulonta ja puhdistus)

Muuttuvat valmistuskustannukset (puuraaka-aineen ominaiskulutus, energiakustannukset, jätevesien puhdistuskustannukset, muut muuttuvat valmistuskustannukset)

Kiinteät valmistuskustannukset (poisto- ja korkokustannukset, palkkakustannukset)

Tutkimuskohteena on ollut A. Ahlström Osakeyhtiön Pihlavan kuitulevytehdas. Laskelmien päätulokset on esitetty taulukossa 3.

Taloudellisen käytön edellytyksenä olevaksi havukokopuuhakkeen tehdas-

TAULUKKO 3 Sahapuuta pienempien puunosien suhteellinen arvo kuitulevyn valmistuksessa
TABLE Relative value of wood smaller than saw timber in the production of fibreboard

Puuraaka-ainelaji Wood raw material assortment	Suhteellinen arvo Relative value
Mäntykuitupuu (kuorellinen) Pine pulpwood (incl. bark)	100
Koivukuitupuu (kuorellinen) Birch pulpwood (incl. bark)	90
Havukokopuu (mäntyvaltaiset ensiharvennusmetsät) Softwood whole-tree chips (pine-dominated first thinnings)	70
Lehtikokopuu (puiden rinnan- korkeusläpimitta 5 - 9 cm) Hardwood whole-tree chips (breast height diameter of trees 5 - 9 cm)	65
Hakkuutähdehake (avohakkuu- leimikot) Logging residue chips (clear- cutting stands)	60

hintarajaksi muodostui noin 90 mk/m³, lehtikokopuuhakkeen noin 85 mk/m³ ja hakkuutähdehakkeen noin 80 mk/m³.

Tuloksia yleistettäessä on otettava huomioon, että eri raaka-ainelajien käytöstä aiheutuvat valmistuskustannukset eroavat toisistaan tehtaittain.

3.3 Energian tuotanto

Puun energiakäytön arvoa on tarkasteltu pelkästään teollisuuden ja aluekohtaisten lämpö- ja höyrykeskusten kannalta, jotka pystyvät käyttämään vaihtoehtoisena polttoaineena raskasta polttoöljyä, kivihiiltä tai turvetta. Koska myös turve on kotimainen raaka-aine, on puun polttoainearvoa verrattu seuraavassa pelkästään raskaan polttoöljyn arvoon. Puun arvo energiakäytössä riippuu tällöin pääasiassa seuraavista seikoista.

Puupolttoaineen tehollinen lämpöarvo

Polton hyötysuhde

Polttoaineen varastointi- ja käsittelykustannukset

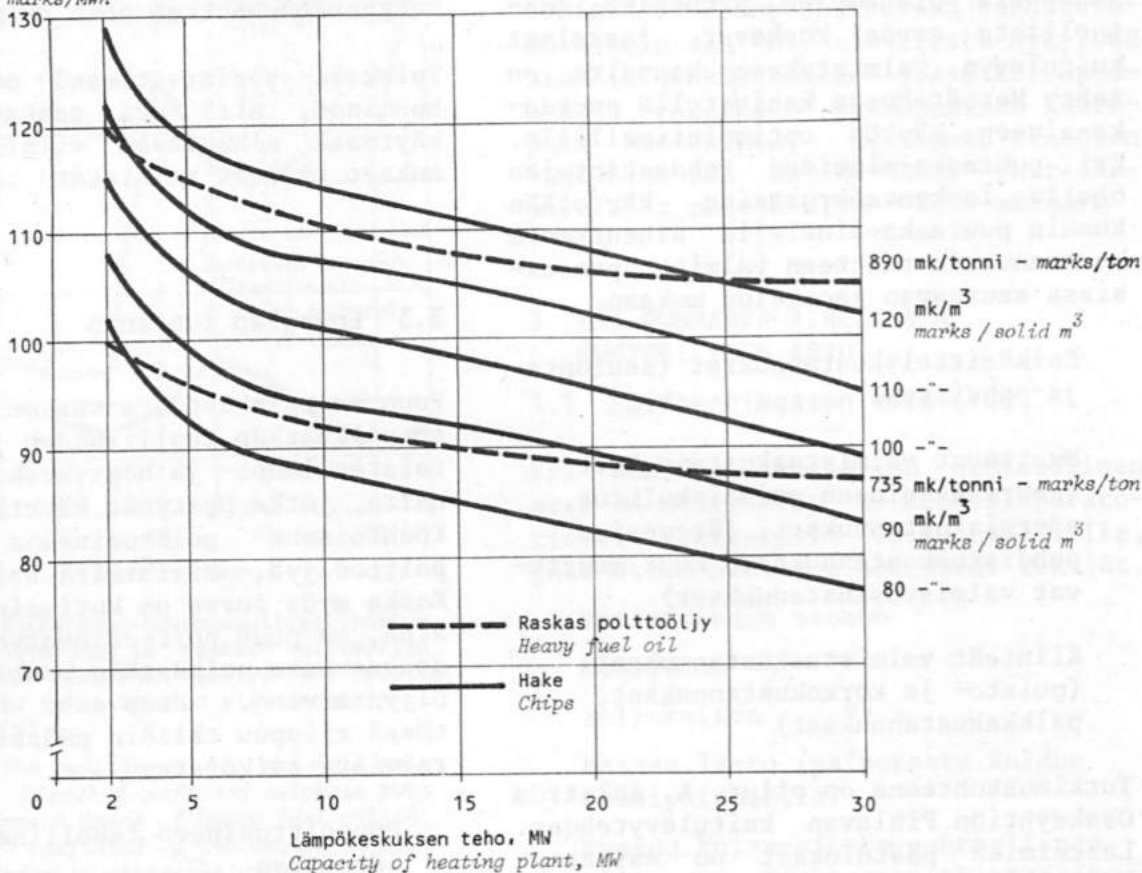
Polttokattiloiden investointi-
kustannukset

Nykyisiä korjuumenetelmiä ja varastointitapoja käytettäessä kokopuu- ja hakkuutähdehakkeen kosteuspitoisuus on ollut käyttöpaikalla tähänastisten kokemusten mukaan noin 40 % kokonaispainosta. Teholliselta lämpöarvoltaan kiintokuutiometri puupolttoainetta vastaa tällöin puulajin mukaan 0.16 - 0.22 tonnia raskasta polttoöljyä.

Polton hyötysuhde on ollut tähänastisten kokemusten mukaan puupolttoainetta käytettäessä 6 - 8 % huonompi kuin raskasta polttoöljyä käytettäessä.

Puupolttoaineen varastointi- ja käsittelykustannukset ovat suuremmat kuin raskaan polttoöljyn.

Lämpötuotannon keskihinta,
mk/MWh
Average price of heat production,
marks/MWh



Kuva 2. Lämmöntuotannon keskihintavertailu.
Hake (kosteus 40 % kokonaispainosta) / raskas polttoöljy

Fig. 2. Comparison of the average price of heat production. Chips (moisture content 40 % of total weight) / heavy fuel oil

Kun rakennetaan aivan uusia laitoksia, polttokattiloiden investointikustannukset ovat puupolttoainetta käytettäessä noin neljä kertaa niin suuret kuin raskasta polttoöljyä käytettäessä.

Edellä mainitut seikat huomioon ottaen puupolttoaineen hinta käyttöpaikalla sai olla raskaan polttoöljyn maaliskuun 1980 hinnan mukaan (kuva 2) enintään 90 - 100 mk/m³, jotta lämmöntuotannon keskihinta olisi samansuuruinen kuin raskasta polttoöljyä käytettäessä. Polton hyötysuhteita, polttoaineiden käsittelykustannuksia ja polttokattiloiden investointikustannuksia koskevat perusteet on saatu Ekono Oy:ltä ja Sitralta.

Kansantaloudellisesti puun energiakäytön taloudellisuus riippuu siitä, mikä on metsäteollisuustuotteista saaduilla vientituloilla ostettavissa olevan tuontienergian määrän suhde jalostusprosessissa kulutetun energian määrään. Muita keskeisiä näkökohtia ovat puun energiakäytön työllisyys-, tulo-, maksumuse- ja aluepoliittiset vaikutukset.

Metsäntutkimuslaitoksen laskelmien mukaan yhden puu- ja paperiteollisuuden raaka-aineeksi käytetyn puukuutiometrin valuuttatulolla pystyttiin vuoden 1980 alussa vaihtamaan kansantalouden käyttöön raakaöljymäärä, jonka energiasisältö vastasi keskimäärin noin 2 puukuutiometrin (koivuhalkokuutiometrin)

tehollista energiasisältöä. Laskelmissa on otettu huomioon metsäteollisuustuotteiden valmistuksessa käytettyjen tuontipanosten ostomenot, käytetyn puuraaka-aineen energia sekä käytetty muu kotimainen energia.

Kun nykyisellä kehittyneimmällä korjuutekniikalla otetaan talteen esimerkiksi 1 milj. kiintokuutiometriä puupolttoainetta, työllisyys lisääntyy seuraavasti.

Puun korjuu- ja kaukokuljetustehtävät 400 - 500 miestyövuotta

Metsäkoneita valmistava konepajateollisuus 200 - 300 miestyövuotta

Tällä 1 milj. kiintokuutiometrillä puupolttoainetta voidaan korvata 150 000 - 200 000 tonnia raskasta polttoöljyä. Tämän suuruisen raakaöljymäärän hankintaan tarvitaan ulkomaista valuuttaa 130 - 180 milj. mk.

KIRJALLISUUTTA

References

ESKELINEN, A. - PELTONEN, J. - VESIKALLIO, H. 1980. Puuraaka-aineen käytön optimointimalli kuitulevyn, lastulevyn ja sulfaattimassan valmistusta varten. Suomen Puutalous n:o 10/1980. Helsinki

-"- 1980. Eri puuraaka-ainelajien käytön taloudellisuus kuitulevyn valmistuksessa. A. Ahlström Osakeyhtiön Pihlavan kuitulevytehtaalte Metsätehossa tehty konsulttityö

LÖNNBERG, B. - VESIKALLIO, H. 1980. Puiden koko biomassan hyödyntämismahdollisuudet Suomessa vuoteen 1990. Oy Keskuslaboratorio, konekirjoite

Välittömien tulo- ja työllisyyspoliittisten vaikutusten lisäksi työllisyyden lisääntyminen aiheuttaa edelleen kerrannaisvaikutuksia muihin aloihin.

Energiahuollon suuri riippuvuus öljystä lienee myös yksi keskeinen syy siihen, että inflaatio kiihtyi Suomessa 1970-luvulla. Vaikka kotimaistenkin energianlähteiden hinta nousee öljyn hinnan kohotessa, on tässä tapauksessa kuitenkin kysymys kotimaisten tuontisaajien välisestä tulonjaon muuttamisesta. Tuontien energian hinnan nousu joudutaan aina maksamaan lisääntyvillä vientimäärillä.

Energiahuollon kannalta on varmempaa käyttää kotimaisia kuin tuontiraaka-aineita.

Hankintakustannusten rakenteen sekä korjuutyövoiman ja koneurakoitsijoiden asuinpaikkakuntien perusteella jokaisesta korjatusta puukuutiometristä jää hankinta-alueelle palkkoina ja kantarahatuloina yleensä yli 50 %.

RELATIVE VALUE OF WOOD SMALLER THAN SAW TIMBER IN THE PULP AND FIBREBOARD INDUSTRY AND IN THE PRODUCTION OF THERMAL ENERGY

By Bruno Lönnberg and Heikki Vesikallio

S u m m a r y

The aim of the study was to work out calculation methods and determine the relative value of wood smaller than saw timber in the production of sulphate pulp, fibreboard and thermal energy.

The relative value of different assortments of wood raw material for sulphate pulping is presented in Table 2 (p. 6) and for the manufacture of fibreboard in Table 3 (p. 7). The value of wood in the production of thermal energy was compared with heavy fuel oil. The results are given in Fig. 2 (p. 8). The calculations were made at the price and cost level of the first half of 1980. In addition to the mill prices of different wood raw material assortments, the costs caused by them in the sulphate pulp and fibreboard production processes and in the production of thermal energy were taken into consideration in the calculations.

The following conclusions were arrived at from the comparison of the economi-

calness of wood smaller than saw timber for the production of sulphate pulp, fibreboard and thermal energy.

- Manufacture of sulphate pulp and fibreboard is a distinctly more economical alternative than the production of thermal energy in the utilisation of pulpwood-sized timber (top diameter 6 - 7 cm below the bark) if the fuel alternative is heavy fuel oil.
- Production of thermal energy will be more economical than the production of pulp and fibreboard in the next few years as regards utilisation of growing stock of smaller diameter than the above, logging residues and stumpwood and rootwood. The economic utilisation of these raw material resources foresees also in energy use that it will be possible to reduce the present mill price level of forest residues, small-sized timber and especially stump pieces by developing the harvesting methods.



