

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian tutkimusosasto
3/1980

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian osasto

PIENIKOKOISEN LEHTIPUUN PINOMITTAUS
RANKANA JA KOKOPUUNA

Kaija Kanninen

HELSINKI 1980

PIENIKOKOISEN LEHTIPUUN PINOMITTAUS RANKANA JA KOKOPUUNA

Kaija Kanninen

Tutkimus on suoritettu yhteistyössä Osuuskunta Metsäliiton kanssa. Kenttäkokeitten järjestelyissä avustivat MH Uuno Kauhanen ja mt. Jouko Savolainen Osuuskunta Metsäliiton Kuopion hankintapiiristä ja mt. Reijo Ahonen ja mt. Aarne Saksio Mikkelin hankintapiiristä sekä mt. Hannu Kalaja Metsäntutkimuslaitoksesta.

Kenttätöitä johti metsätyönjohtaja Erkki Salo tutkimusapulaisinaan Heli Joensuu, Jaana Silvennoinen, Leena Silvennoinen, Jukka Hakkila, Sami Kalaja, Veikko Salo ja Jyri Schildt. Laskentatöissä avustivat Tapio Nevalainen, Erkki ja Veijo Salo ja Sirpa Penttilä.

Tutkimusraportin kaaviokuvat on laatinut piirtäjä Leena Muronranta. Aineiston atk-käsittelyn on tehnyt ohjelmoija Hannu Aaltio. Konekirjoitustyöstä on huolehtinut neiti Raija Siekkinen. Professori Pentti Hakkila on tarkastanut käsikirjoituksen.

Esitän parhaat kiitokseni kaikille raportin laadinnassa mukana olleille.

Helsingissä maaliskuun 14. päivänä 1980

Kaija Kanninen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
Alkusanat	
1. Johdanto	3
2. Tutkimusaineisto ja -menetelmä	4
3. Tulokset	8
31. Hakkeen ominaisuudet	8
32. Kehystilavuuden laskeminen	10
33. Kehystilavuuden muuntaminen kiintotilavuudeksi	15
34. Pinon tiiviyyden vaihtelu	20
4. Yhteenveto	23
Kirjallisuusluettelo	26

1. JOHDANTO

Vuonna 1955 perustettiin Pienpuualan Toimikunta edistämään ja kehittämään pienpuun hankintaa ja polttoainekäyttöä, koska kaikella metsien tuottamalla puulla ei ollut riittävää menekkiä. Ennen kaikkea polttopuun kysyntä oli suuressa osassa maata täysin riittämätön. Silloin arveltiin (HEISKANEN 1960), että vähäarvoisen roskapuun käyttö polttoaineena saattaa muuttua lähitulevaisuudessa jopa välttämättömäksi.

Sen jälkeen lähes neljännesvuosisadan ajan pienikokoisen lehti-puun kysyntä polttoaineena on ollut vähäistä. Teollisuuden raaka-aineena sillä on toki ollut käyttöä. Öljyn hinnan kohot-tua on markkinakelvottoman pienpuun käyttö energialähteenä noussut taas ajankohtaiseksi.

Energiametsätoimikunnan aloitteesta on Metsäntutkimuslaitokseen perustettu PERA-projekti, joka tutkii puun käyttöä energian raaka-aineena. Projektin tutkimusohjelmaan kuuluu myös pieni-kokoisen puun talteenottomenetelmien ja niihin liittyen myös mittauksen kehittäminen. Tavoitteena on käyttää hyväksi puun koko maanpäällinen osa.

Kokopuuraaka-aineen mittauksessa voidaan käyttää kolmea vaihto-ehdoista mittaustapaa; pystymittausta, pinomittausta ja hake-mittausta.

Pieniläpimittaisen puun pystymittaus on runkopuun määrän osalta tarkka. Pystymittaus rajoitettujen ympyräkoealojenkin puitteis-sa tulee kuitenkin kalliiksi ja aikaavieväksi, sillä raaka-aine-kertymä pinta-alayksikköä kohti jää suuresta runkoluvusta huolimatta alhaiseksi.

Hakemittaus tapahtuu tehtaalla autokuorman tilavuuden tai massan perusteella. Se on luotettava ja huokea sekä helppo toteuttaa. Hakemittauksen käytön esteenä saattaa kuitenkin olla viive raaka-aineen oston, puutavaran teon ja haketuksen välillä.

Tutkimuksessa tarkasteltava pienpuun pinomittaus on tarpeellinen muun muassa silloin, kun hakemittaus ei ole käyttökelpoinen oston ja haketuksen välisen viiveen vuoksi ja pystymittaus tulee kohtuuttoman kalliiksi.

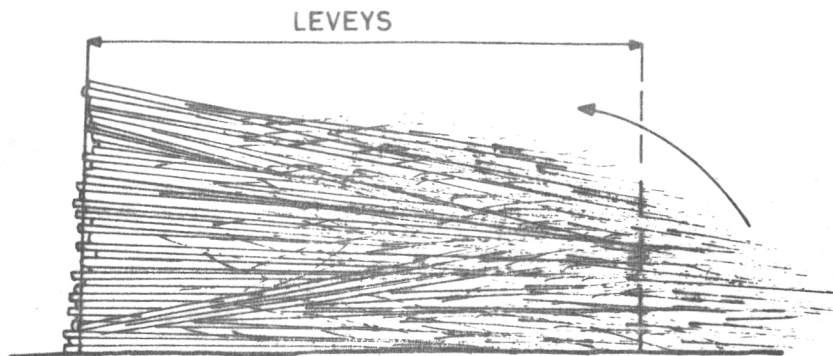
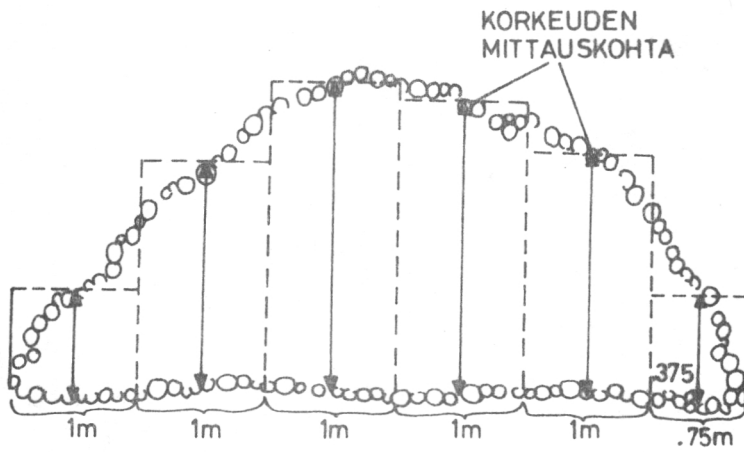
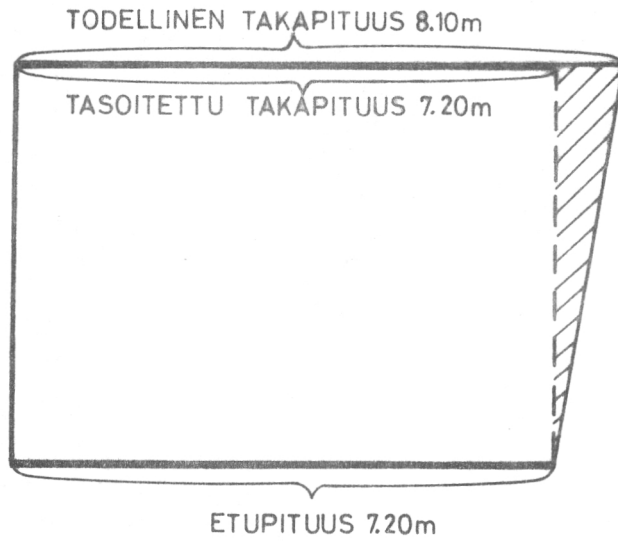
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

Tutkimusaineisto kerättiin huhtikuun 1979 ja tammikuun 1980 välisenä aikana Osuuskunta Metsäliiton työmailta Kuopion ja Mikkelin lähiympäristöstä. Se koostuu pienikokoisen lepän ja leppävaltaisen lehtipuun ranka- ja kokopuupinoista. Pinoista mitattiin etu- ja takapituus, etu- ja takakorkeus sekä leveys. Pinoista arvioitiin lumen ja jään määrä sekä ladonta-, oksaisuus- ja mutkaisuusluokat. Lisäksi laskettiin kustakin korkeudenmittauskohdasta 52 cm:n ympyräkehikon sisältä kaikki katkaisuja tyvipoikkileikkausläpimitat puuston järeyden tunnuksiksi.

Pinon etu- ja takapituus mitattiin maan rajassa pinon äärimmäisten puiden välimatkana pinon molemmilta puolilta yhden senttimetrin tasaavaa luokitusta käyttäen.

Korkeuden mittausta varten pinon etureuna jaettiin pituuden mittauksen yhteydessä 2 metrin pituisiin osiin. Alle 10 metriä pitkät pinot jaettiin vastaavasti 1 metrin pituisiin osiin. Jokaisen pinonosan korkeus mitattiin pituutensa puolivälistä pinon molemmilta puolilta. Korkeus mitattiin kohtisuoraan pituuden mittaussuuntaa vastaan alimman ranka- tai kokopuurivin tasoitetuksi arvioidusta alareunasta ylimmän tasoitetuksi arvioidun ranka- tai kokopuurivin yläreunaan yhden senttimetrin tasaavaa luokitusta käyttäen. Pinon takareunan korkeuden mittauksessa otettiin huomioon lisäksi kysymyksessä olevan pinonosan leveyden tasoitus korkeuteen.

Pinon leveys mitattiin etu- ja takakorkeuden mittauskohtien välisenä etäisyytenä yhden senttimetrin tasaavaa luokitusta käyttäen. Takareunan korkeuden mittauskohdan ulkopuolelle jääneet kokopuupinojen ylipitkät latvapää tasoitettiin silmävaraisesti kyseessä olevan pinonosan korkeuteen.



PINON PITUUDEN, KORKEUDEN JA LEVEYDEN MITTAUS

Pinon toiseen päähän voi jäädä alle 2 metrin (alle 10-metrisissä pinoissa alle 1 metrin) pituinen pinonosa, joka on usein varsinkin kokopuupinoissa muodoltaan epäsäännöllinen. Tämä mitattiin erikseen. Viimeisen pinonosan pituus mitattiin ensin pinon etupuolelta. Takapituus mitattiin korkeuteen tasoittaen yhtä pitkäksi kuin etupituus. Viimeisen pinonosan korkeus ja leveys mitattiin pituutensa puolivälistä samoin kuin pinon muista osista.

Leppärankojen ja leppävaltaisen lehtipuun korjuusta rankana ja kokopuuna selvitettiin seuraavat tiedot:

- kaatoaika
- kasausaika
- pitkien puitten katkontaohjeet
- korjuukoneet.

Pinomittauksen jälkeen puutavara haketettiin. Hakkeen irtotilavuus- ja painomittaukset ja näytteenotto tapahtuivat kuljetuksen yhteydessä. Mikkelissä haketus tapahtui välivarastolla, missä TT 1000 TU hakkuri haketti omaan konttiinsa. Hake kipattiin edelleen auton tai traktorin lavalle. Kuopiossa pinot haketettiin Savon Sellun tehdasvarastolla suoraan kuorma-auton lavalle. Irtotilavuuden mittausta varten hake tasoitettiin auton tai traktorin lavalle, ja kuorman korkeus mitattiin kymmenestä eri kohdasta lavaa. Mittauskohdat olivat aina samat.

Kuormat punnittiin vain Kuopiossa. Mikkelissä oli autovaa'an puuttuessa tyydyttävä erillisiin näytteisiin. Hakkeen irtotilavuus mitattiin sekä ennen kuljetusta että sen jälkeen, niin että kuormatilan mittojen, painuman ja kuorman painon perusteella voitiin laskea hakkeen irtotilavuus ja irtotilavuusyksikön massa ennen kuljetusta ja sen jälkeen.

Purkamisen yhteydessä otettiin kustakin kuormasta kosteuden määrittystä varten useasta pienestä erästä koostuva 20 dm³:n hakemäärä, joka sekoitettiin muovipussissa.

Haketustapahtumasta kirjattiin kunkin pinon kohdalla seuraavat tiedot:

- hakkuri
- lumen määrä
- tuulen voimakkuus
- lämpötila
- haketuksen yhteydessä hukkaantuneen biomassan määrä
 - a) pinon pohjalla
 - b) hakkurin syöttölaitteen alla
 - c) ylilentäneenä hakkeena auton ympärillä

Aineisto käsittää 49 rankapinoa (n. 1330 k-m³) ja 9 kokopuupinoa (n. 500 k-m³) leppää ja leppävaltaista lehtipuuta. Tutkimusaineiston kaato-, kasaus- ja haketusajat työmaittain esitetään taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1. Ranka-aineiston kaato-, lähikuljetus- ja haketusajat työmaittain sekä säätila haketettaessa.

Työmaa	Pinon numero	Kaato- kuukausi	Lähi- kuljetus- kuukausi	Haketus- kuukausi	Hakkuri	Haketussää
Siilinjärvi	1, 2	-	-	VI		kuiva kesäsää
	33-43, 47-49	V, IX	V, IX	X-XI	TT-1500 T	sateinen syysää
Kaavi	3-7	I-III	I-III	VI	"	kuiva kesäsää
	46	IX		XI	"	sateinen syysää
Vehmersalmi, Tervassalo	9-12	I-III	III	VI	TT-1500	kuiva kesäsää
Tuusniemi	15-18	III-IV	IV	VI	TT-1500 T	- " -
Nilsinä	45	VII	VII	XI	"	sateinen syysää
Karstula	30-32	VII-VIII	VII-VIII	XI	"	- " -
Mikkeli mlk. Porkkala	19	IV-V		X-XI	TT-1500	sateinen kesäsää
Vehmaskylä	20-22	V-VI		X-XI	"	- " -
Hirvensalmi	28, 29	V-VI	V-VI	X	"	lumeton talvisää
Ristiina	25-27	V	V	X	"	- " -
Haukivuori	23, 24	IV-V		XI	"	luminen talvisää

Taulukko 2. Kokopuuaineiston kaato-, lähikuljetus- ja haketusajat työmaittain sekä säätila haketettaessa.

Työmaa	Pinon numero	Kaato- kuukausi	Lähi- kuljetus- kuukausi	Haketus- kuukausi	Hakkuri	Haketussää
Mikkelin mlk	1, 2, 3	VI-VII	VI-VII	X-XI	TT 1000 TU	Lumeton talvisää
Karttula	4, 5	VIII-IX	VIII-IX	XII	TT 1500 r	- " -
Kaavi	7	IX-X	IX-X	I	"	- " -
Muuruvesi	8	X	X	I	"	- " -
Siilinjärvi	9, 10	IX-X	IX-X	I	"	- " -

3. TULOKSET

31. Hakkeen ominaisuudet

Kuljetuksen aiheuttama painuma

Hakekuormassa kuljetuksen aikana tapahtuva painuma vaikuttaa hakkeen tiiviyyteen ja siten myös irtotilavuusyksikön massaan. Painuman suuruuteen vaikuttavat kuormaustapa, ajoneuvo, tien tasaisuus, kuljetusmatka ja hakkeen palakoko. Tutkimusaineistossa saatiin seuraavan asetelman mukaiset painumaprocentit kuljetusmatkan ollessa n. 17 km.

	Painuma %			
	Vetovaunu		Perävaunu	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Rankahake	1,9	0,8	3,0	1,0
Kokopuuhake	1,4	0,7	-	-

Asetelmassa esitetyt luvut ovat koko aineiston keskiarvoja. Rankahakkeen painuma oli kesällä keskimäärin 2,8 % ja talvella keskimäärin 1,7 %. Hakkeen jäätyminen lienee pääsyy talviajan pienempään painumaan, sillä kuljetusolot olivat muutoin koko tutkimuksen ajan muuttumattomat.

Hakkeen kosteus

Hakkeen kosteus on merkittävä tekijä hakkeen polttoainekäytössä, sillä puun tehollinen lämpöarvo riippuu voimakkaasti kosteudesta. Hakkeen kosteus otetaan hintaa määräävänä tekijänä huomioon useitten lämpökeskusten hakkeen vastaanottomittauksessa.

Kosteus riippuu puulajin lisäksi puitten käsittely- ja varastointavasta ja -ajasta sekä säätilasta. Tutkimusaineistossa rangan kosteus oli 45,0 % ja kokopuun vastaavasti 44,8 % märkäpainosta laskettuna.

Taulukko 3 osoittaa lepän kosteuden kaadon ja haketuksen välisestä ajasta riippuen.

Taulukko 3. Kokopuun ja rangan kosteus.

Kaadon ja haketuksen välinen aika, kk	Kosteus, %	
	Ranka	Kokopuu
1-2	48,5	-
2-3	47,0	49,0
3-4	44,5	42,0
4-5	40,0	47,0
yli 5	41,0	38,5

Rankojen kaato oli tapahtunut yleensä keväällä tai kesällä. Syyskuussa oli kaadettu vain kaksi pinoa, jotka ehtivät olla kaadettuna 2 kk ennen haketusta. Kokopuusta suurin osa kaadettiin syyskesällä tai syksyllä (ks. taulukko 2). Kosteuseroihin vaikuttaa paitsi kaato- ja haketusajan välinen ero myös kaadon ajankohta. Lepän kuivumista rasissa ovat tutkineet mm. HAKKILA (1961) ja WARSTA (1961).

Hakkeen irtotilavuusyksikön massa

Taulukoissa 4 a ja b ja 5 esitetään leppähakkeen massa tuoreena ja kuivana. Keskimääräiset arvot kuljetuksen jälkeen tehtaalla ovat seuraavat:

	Tuoremassa		Kuivamassa	
	kg/m ³		kg/m ³	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Leppä, ranka	326	12	177	9
Leppävaltainen lehtipuu, ranka	326	12	193	12
Leppävaltainen lehtipuu, kokopuu	345	26	194	11

Varsin suuret keskihajontaluvut kuvaavat varastointiajan ja sääolojen vaikutusta hakkeen tuoremassaan.

Pinon tiiviyyteen vaikuttaa myös hakkurin puhallusvoima, jonka vaikutus näkyy myös hakkeen kuivamassassa. Seuraavat lukuarvot osoittavat keskimääräisiä kiintotilavuuden ja irtotilavuuden suhteita:

	<u>Kiintotilavuus, m³</u>	
	Irtotilavuus, m ³	
	\bar{x}	s
Leppä, ranka	,490	,025
Leppävaltainen lehtipuu, ranka	,485	,034
Leppävaltainen lehtipuu, kokopuu	,495	,022

32. Kehystilavuuden laskeminen

Kehystilavuus on mahdollista laskea kahdella tavalla. Ensimmäisessä vaihtoehdossa kehystilavuus lasketaan pinon etu- ja takapuolelta mitatun keskikorkeuden, keskipituuden ja keski-levyyden tulona. Ainoastaan pinon viimeinen, vajaamittainen pätkä kuutioidaan erikseen. Toisessa vaihtoehdossa pinon kaikki osat kuutioidaan pätkittäin vastaavalla tavalla. Edellinen vaihtoehto on käytännössä yksinkertaisempi toteuttaa, mutta

Taulukko 4 a. Leppäränkapiñoista saadun hakkeen tehdasmitan pohjalta laskettuja muuntolukuja.

	Pinon numero										\bar{x}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Suhde	11	12	13	14	15	16	17	18	19	30	
	31	32	34	39	40	43	44	45	46	47	
	1,372	1,514	1,107	-	1,444	1,000	1,164	0,953	1,264	0,987	
$\frac{\text{Kehystilavuus, m}^3}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	0,959	1,005	1,102	1,014	1,252	1,036	1,093	0,897	1,321	1,121	
	1,283	1,070	1,090	1,056	1,000	1,091	-	1,090	1,024	1,009	1,119 0,154
	0,478	0,477	0,478	-	0,479	0,475	0,481	0,478	0,479	0,483	
$\frac{\text{Kiintotilavuus, m}^3}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	0,480	0,475	0,478	0,478	0,487	0,477	0,479	0,484	0,594	0,514	
	0,527	0,509	0,476	0,490	0,496	0,510	-	0,478	0,479	0,498	0,490 0,025
	0,330	0,329	0,330	-	0,333	0,330	0,327	0,329	0,329	0,331	
$\frac{\text{Tuorettonnia, t}}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	0,329	0,328	0,329	0,330	0,328	0,329	0,330	0,329	0,327	0,350	
	0,341	0,324	0,293	0,302	0,327	0,328	-	0,292	0,335	0,322	0,326 0,012
	0,172	0,172	0,172	-	0,174	0,172	0,173	0,173	0,173	0,174	
$\frac{\text{Kuivatonna, t}}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	0,172	0,172	0,173	0,172	0,177	0,172	0,172	0,174	0,213	0,185	
	0,190	0,183	0,172	0,177	0,179	0,186	-	0,172	0,173	0,180	0,177 0,009

Taulukko 4 b. Leppävaltaisista rankapinoista saadun hakkeen tehdasmitan pohjalta laskettuja muuntolukuja.

	Pinon numero													\bar{x}	s		
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29	29					
Suhde	33	35	36	37	38	41	42	48	49								
	Muuntoluku																
<u>Kehystilavuus, m³</u>	1,297	1,314	1,340	1,086	1,129	1,923	1,672	1,901	1,056	1,062							
<u>Irtotilavuus, m³</u>	1,188	1,082	1,551	1,094	1,154	1,381	1,462	1,365	1,202								1,329 0,269
<u>Kiintotilavuus, m³</u>	0,478	0,472	0,476	0,461	0,411	0,500	0,533	0,487	0,448	0,451							
<u>Irtotilavuus, m³</u>	0,488	0,491	0,578	0,496	0,495	0,487	0,480	0,484	0,499								0,485 0,034
<u>Tuorettonnia, t</u>	0,326	0,326	0,327	0,325	0,326	0,327	0,328	0,325	0,326	0,326							
<u>Irtotilavuus, m³</u>	0,324	0,309	0,350	0,324	0,357	0,325	0,309	0,311	0,314								0,326 0,012
<u>Kuivatonna, t</u>	0,206	0,198	0,211	0,182	0,184	0,203	0,212	0,194	0,200	0,202							
<u>Irtotilavuus, m³</u>	0,180	0,189	0,211	0,180	0,184	0,183	0,189	0,176	0,183								0,193 0,012

Taulukko 5. Leppävaltaisista kokopuupinoista saadun hakkeen tehdasmitan pohjalta laskettu muuntolukuja.

Suhde	Pinon numero										s
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	\bar{x}	
	Muuntoluku										
$\frac{\text{Kehystilavuus, m}^3}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	2,847	3,595	2,803	2,465	2,488	2,557	3,233	2,005	1,857	2,650	0,549
$\frac{\text{Kiintotilavuus, m}^3}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	0,530	0,470	0,510	0,499	0,496	0,508	0,453	0,493	0,493	0,495	0,022
$\frac{\text{Tuoretonnia, t}}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	0,343	0,343	0,343	0,369	0,364	0,322	0,391	0,311	0,316	0,345	0,026
$\frac{\text{Kuivatonna, t}}{\text{Irtotilavuus, m}^3}$	0,196	0,208	0,216	0,185	0,184	0,189	0,198	0,186	0,186	0,194	0,011

jälkimmäinen on teoreettisesti tarkempi. Laskentamenetelmää käsitellään yksityiskohtaisemmin kokopuuraaka-aineen mittausta käsittelevässä tutkimuksessa (KANNINEN ym. 1979).

Tutkimusaineiston pinojen keskimääräiset mittaustulokset on koottu taulukkoon 6. Liitteessä 1 esitellään rangan ja liitteessä 2 kokopuun pinokohtaiset mittaustulokset.

Taulukko 6. Keskimääräisiä mittaustuloksia ranka- ja kokopuupinoista ja niiden raaka-ainesisällöstä.

Mittaustulokset	Ranka		Kokopuu	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Korkeus edessä, m	1,6	0,5	2,4	0,5
Korkeus takana, m	1,2	0,4	1,8	0,5
Keskipituus, m	12,2	7,0	21,8	12,5
Keskileveys, m	3,8	0,7	6,7	1,3
Pinon kehystilavuus, m ³				
- keskimitoilla	69,6	57,0	308,4	200,0
- pätkittäin	69,6	57,3	309,0	199,7
Tyvileikkausläpimitta, cm	10,5	2,1	7,3	1,6
Katkaisupoikkileikkaus-				
läpimitta, cm	8,4	1,0	7,8	1,3
Kaikki poikkileikkausläpimitat				
yhteensä, cm	9,3	1,4	6,9	1,4
Hakkeen irtotilavuus				
väliavarastolla, m ³	61,5	50,4	129,0	85,8
Hakkeen irtotilavuus				
tehtaalla, m ³	60,2	49,4	125,7	83,9
Hakkeen kiintotilavuus, m ³	28,3	23,3	55,5	44,1
Tuore massa, t	19,7	16,4	42,8	29,6
Kuiva massa, t	11,0	9,1	24,0	15,4

33. Kehystilavuuden muuntaminen kiintotilavuudeksi

Pinokohtainen hakemäärä mitattiin irtotilavuutena ja punnitsemalla. Tuoremassa muutettiin kuivamassaksi pinokohtaisten kosteusnäytteiden avulla. Pinokohtaisen kosteustiedon puuttuessa käytettiin keskiarvolukua. Näin saatu kuivamassa muutettiin edelleen kiintotilavuudeksi puuaineen tiheyttä muuntolukuna käyttäen. Tutkimuksessa käytettiin kiintotilavuutta määritetäessä seuraavia puuaineen kuiva-tuoretiheyksiä:

	Kuiva-tuoretiheys, kg/m ³
Leppä, ranka	360
Leppä, kokopuu	370
Koivu, ranka	460
Koivu, kokopuu	460
Raita, ranka	480
Raita, kokopuu	470
Haapa, ranka	408
Haapa, kokopuu	411

Tutkimuksen leppävaltaisessa ranka-aineistossa leppää oli 62 %, koivua 42 % ja muita lehtipuita 6 %. Kokopuuaineistossa leppää oli 82 %, koivua 11 % ja muita lehtipuita 7 %.

Koivun kuiva-tuoretiheysarvot perustuvat HAKKILAN (1966) ja raidan LEHTOSEN ym. (1978) tutkimuksiin. Haavan osuus aineistossa oli verraten vähäinen. Sen kuiva-tuoretiheydet perustuvat Kärkkäisen vielä julkaisemattomaan aineistoon (KÄRKKÄINEN, 1980, suullinen tiedonanto).

Lepällä, jota tutkimusaineisto pääasiassa sisälsi, runkopuun kuiva-tuoretiheys vaihtelee verraten vähän. Runkopuun kuiva-tuoretiheyden perustana on käytetty kaavaa $y = 338,4 + 0,99 x_1$, jossa x_1 = puun ikä vuosina (HAKKILA, 1970). Oksapuuta ja kuorta koskevat tiheysarvot kokopuulepän osalta perustuvat GISLERUDIN (1974) tutkimuksiin.

Tutkimusaineistosta laskettiin pinon kehystilavuuden ja pinosta saadun, tehtaalla mitatun hakkeen irtotilavuuden välisiä muuntolukuja (taulukot 4 a ja b, 5, 7 a ja b ja 8). Keskimääräiset suhdeluvut olivat seuraavat:

	kiintotilavuus, m ³		irtotilavuus, m ³	
	kehystilavuus, m ³		kehystilavuus, m ³	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Leppä, ranka	,445	,052	,910	,113
Leppävaltainen lehtipuu, ranka	,375	,058	,778	,137
Leppävaltainen lehtipuu, kokopuu	,195	,043	,392	,084

Suhdeluvut osoittavat talteen saatavan hakkeen määrän kiinto- ja irtotilavuutena pinon kehystilavuutta kohti. Haketusvaiheessa hukkaantuva raaka-aine vaikuttaa suhdelukua alentavasti.

Haketusvaiheessa hukkaan mennyt raaka-aine mitattiin pinokohtaisesti irtokuutioina. Rangalla raaka-ainetta hukkaantui pinokohdaisesti yhteensä 1,6 %, josta pinon pohjalle jäi 0,7 %, hakkurin syöttölaitteen alle 0,7 % lopun hukkaraaka-aineen ollessa yllentänyttä haketta. Kokopuulla arvot olivat suurempia kasan pohjalle ja syöttölaitteen alle jääneen raaka-aineen osalta. Kun kokopuu haketettiin pääasiassa lumiolosuhteissa, on vaikea arvioida lumen ja jään seasta todellisen hukkaan joutuneen kokopuuraaka-aineen osuutta.

Pinomenetelmän pohjalta lasketut kiintotilavuudet ovat varsin yhteneväiset yksin puin laskettujen tulosten kanssa kuten seuraava asetelma osoittaa.

	Pinon numero				Yhteensä
	6	7	8	12	
Kiintotilavuus yksin puin laskettuna, m ³	13,4	4,7	10,7	8,8	37,6
Kiintotilavuus pinomittausmenetelmän pohjalta laskettuna, m ³	13,5	5,4	10,8	8,9	38,6
Erotus, m ³	0,1	0,7	0,1	0,1	1,0
Erotus, %	0,8	14,9	0,9	1,1	2,7

Taulukko 7 a. Leppäränkapien kehystilavuuden pohjalta laskettuja muuntolukuja.

Suhde	Pinon numero										\bar{x}	s
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<u>Kiintotilavuus, m³</u>	0,351	0,315	0,433	-	0,332	0,475	0,413	0,502	0,399	0,488		
<u>Kehystilavuus, m³</u>	0,500	0,472	0,435	0,471	0,389	0,460	0,439	0,539	0,449	0,459		
	0,411	0,476	0,436	0,464	0,496	0,467	-	0,435	0,468	0,494	0,445	0,052
<u>Tuoretonnia, t</u>	0,240	0,218	0,299	-	0,231	0,330	0,281	0,346	0,260	0,336		
<u>Kehystilavuus, m³</u>	0,343	0,327	0,300	0,325	0,262	0,318	0,302	0,367	0,247	0,312		
	0,266	0,303	0,269	0,286	0,327	0,300	-	0,266	0,327	0,319	0,297	0,038
<u>Kuivatonna, t</u>	0,126	0,114	0,156	-	0,120	0,172	0,149	0,181	0,137	0,176		
<u>Kehystilavuus, m³</u>	0,180	0,171	0,157	0,170	0,141	0,166	0,158	0,194	0,161	0,165		
	0,148	0,171	0,158	0,168	0,179	0,170	-	0,157	0,169	0,178	0,160	0,019
<u>Irtotilavuus, m³</u>	0,750	0,680	0,933	-	0,712	1,030	0,884	1,078	0,814	1,042		
<u>Kehystilavuus, m³</u>	1,072	1,025	0,936	1,015	0,819	0,993	0,941	1,147	0,776	0,906		
- ennen kuljetusta	0,790	0,953	0,935	0,957	1,004	0,932	-	0,930	0,993	1,009	0,931	0,116
- kuljetuksen jälkeen	0,729	0,661	0,906	-	0,692	1,000	0,860	1,049	0,791	1,013		
	1,042	0,995	0,911	0,987	0,799	0,965	0,915	1,115	0,757	0,892	0,910	0,113
	0,779	0,935	0,917	0,947	1,000	0,916	-	0,911	0,976	0,991	0,910	0,113

Taulukko 7 b. Leppävaltaisten rankapinojen kehystilavuuden pohjalta laskettuja muuntolukuja.

	Pinon numero												\bar{x}	s	
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					
Suhde	33	35	36	37	38	41	42	48	49						
	Muuntoluku														
Kiintotilavuus, m ³	0,369	0,249	0,244	0,300	0,289	0,170	0,197	0,171	0,309	0,307					
Kehystilavuus, m ³	0,411	0,454	0,373	0,454	0,429	0,353	0,329	0,355	0,415					0,375	0,058
Tuorettonnia, t	0,252	0,286	0,226	0,296	0,309	0,235	0,211	0,228	0,261					0,253	0,045
Kehystilavuus, m ³	0,159	0,174	0,136	0,164	0,160	0,132	0,129	0,129	0,153					0,149	0,024
Irtotilavuus, m ³	0,791	0,781	0,766	0,935	0,900	0,533	0,611	0,540	0,972	0,965					
- ennen kuljetusta	0,852	0,941	0,647	0,934	0,875	0,735	0,702	0,745	0,854					0,794	0,139
- kuljetuksen jälkeen	0,771	0,761	0,747	0,921	0,885	0,520	0,598	0,526	0,947	0,942					
	0,842	0,924	0,645	0,914	0,866	0,724	0,684	0,732	0,832					0,778	0,137

Taulukko 8. Leppävaltaisten kokopuupinojen kehystilavuuden pohjalta laskettuja muuntolukuja.

Suhde	Pinon numero									\bar{x}	s
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<u>Kiintotilavuus, m³</u> <u>Kehystilavuus, m³</u>	0,186	0,131	0,182	0,203	0,199	0,199	0,140	0,246	0,266	0,195	0,043
<u>Tuoretonnia, t</u> <u>Kehystilavuus, m³</u>	0,120	0,095	0,122	0,150	0,146	0,126	0,121	0,155	0,170	0,134	0,023
<u>Kuivatonna, t</u> <u>Kehystilavuus, m³</u>	0,069	0,058	0,077	0,075	0,074	0,074	0,061	0,093	0,100	0,078	0,012
<u>Irtotilavuus, m³</u> <u>Kehystilavuus, m³</u>	0,371	0,294	0,377	0,413	0,407	0,394	0,313	0,501	0,544	0,402	0,080
- ennen kuljetusta	0,351	0,278	0,357	0,406	0,402	0,391	0,309	0,499	0,539	0,392	0,084
- kuljetuksen jälkeen											

Yksi pino poikkeaa huomattavasti muista. Poikkeavuus saattaa johtua puitten oksaisuudesta (IV) ja pinon ladonnasta (II). Yksi mahdollinen selittäjä saattaa olla myös puitten hajamittainen pituus, joka yhdessä ladonnan kanssa vaikeuttaa pinon leveyden mittausta. Puitten keskimääräinen pituus pinokohtaisesti vaihteli yksin puin mitattuna 2,9 - 4,8 m välillä. Pinomittauksessa pinon leveys vaihteli vastaavasti 3,5 - 5,7 m välillä.

34. Pinon tiiviyyden vaihtelu

Pinomittauksen tarkkuutta osoittaa pinotiiviysluvun pinokohtainen hajonta prosentteina sen keskiarvosta. Leppärangalla arvoksi saatiin 11,7 %, leppävaltaisella lehtipuurangalla 15,5 % ja kokopuulla 22,1 %.

Vaihtelua pyrittiin selittämään regressioanalyysillä. Mallin suunnittelussa otettiin huomioon käytännön asettamat odotukset:

- Selittävien muuttujien tulee olla suhteellisen nopeasti ja tarkasti mitattavia ja arvioitavia.
- Muuttujien mittaaminen ei saa aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia.
- Mallin tulee olla looginen, ts. sen tulee sisältää kaikki mahdolliset tärkeät selittäjät.

Puhdasta leppää sisältävälle ranka-aineistolle ei saatu tilastollisesti merkitsevää mallia regressioanalyysissä.

Leppävaltaiselle lehtipuurangalle saatiin regressioanalyysin avulla malli:

$$y = 0,190 + 0,021 \cdot x_1^{***}$$

y = rankapinon kiintotilavuuden ja kehystilavuuden suhde

x_1 = tyvileikkausläpimitta, cm

Malli osoittaa pinon tiiviyyden lisääntyvän rankojen järeytymisen myötä. Muuttujan kerroin on 0,1 % riskitasolla tilastollisesti merkitsevä. Malli selittää 33 % pinon tiiviyyden vaihtelusta. Regressio- ja jäännösvarianssin suhteen testaaminen ($F = 9,362$, $df = 1,16$) osoittaa mallin merkitseväksi 1 %:n riskitasolla. Taulukkoon 9 on koottu pinotiiviysluvut tyvileikkausläpimitan vaihdellessa.

Taulukko 9. Leppävaltaisen lehtipuuran pinon tiiviys tyvileikkausläpimitasta riippuen.

Tyvileikkaus- läpimita D_k , cm	Pinotiiviysluku
6	,316
7	,337
8	,358
9	,379
10	,400
11	,421
12	,442

Regressioanalyysi laskettiin myös koko ranka-aineistolle, joka sisälsi 30 pinoa puhdasta leppää ja 19 pinoa leppävaltaista lehtipuuta. Malli sai seuraavan muodon:

$$y = 0,220 + 0,019 \cdot x_1^{***}$$

y = rankojen kiintotilavuuden ja kehystilavuuden suhde

x_1 = tyvileikkausläpimita, cm

Malli osoittaa pinon tiiviyyden kasvavan rankojen järeytymisen myötä. Muuttujan kerroin on 0,1 %:n riskitasolla tilastollisesti merkitsevä. Malli selittää 36 % pinon tiiviyyden vaihtelusta. Regressio- ja jäännösvarianssin testaaminen ($F = 27,346$, $df = 1,45$) osoittaa mallin 1 %:n riskitasolla merkitseväksi.

Kokopuuaineistolle laskettu regressioanalyysi tuotti mallin:

$$y = 0,340 - 0,172 \cdot x_1^{**}$$

y = kokopuupinojen kiintotilavuuden ja kehystilavuuden suhde

x_1 = pinon takakorkeuden ja etukorkeuden suhde

Malli osoittaa pinon tiiviiden pienenevän takakorkeuden ja etukorkeuden suhteen kasvaessa. Mallin kerroin on 1 %:n riskitasolla merkitsevä. Malli selittää 56 % pinon tiiviiden vaihtelusta. F-suhteen testaaminen ($F = 11,142$, $df = 1,7$) osoittaa mallin merkitseväksi 5 %:n riskitasolla.

Vaikka kokopuulle saatu malli osoittautuikin varsin hyväksi, se on kuitenkin aineiston maantieteellisestä suppeudesta johtuen käyttökelpoinen vain taulukossa 10 merkityllä alueella.

Taulukko 10. Leppävaltaisen lehtikokopuun pinon tiiviiden pinon takakorkeuden ja etukorkeuden suhteen muuttuessa.

<u>Takakorkeus</u> Etukorkeus	Pinotiiviysluku
0,5	0,254
0,6	0,237
0,7	0,220
0,8	0,202
0,9	0,185
1,0	0,168
1,1	0,151

Aikaisemmassa tutkimuksessa leppärangan pinotiiviidestä ARO (1962) sai pinotiiviyslukuksi 0,51 2-metriselle ja 0,41 4-metriselle rangalle osoittaen tiiviiden pienentyvän rangen pidetessä. TAIPALE (1961) totesi ohutta 2-metristä määrämittaista polttorankaa tutkiessaan pinon tiiviiden olevan pienen

ja vaihtelun suuren, kun rangat ovat hyvin ohuita. Hän sai pinotiiviysluvuksi 0,52 keskiläpimitan ollessa 7,8 cm.

Pieniläpimittaisen 3 - 5 m pitkän leppärangan tiiviys oli vastaavasti (TAIPALE, 1961):

Läpimitta rangan keskellä, cm	Pinon tiiviys
5	,37
6 - 7	,35
8 - 9	,49

Tutkimusaineiston leppärangan pinotiiviysluku 0,445 rankojen tyvileikkausläpimitan ollessa keskimäärin 11,6 cm ja pituuden 3,6 m on sopuosinnussa Aron ja Taipaleen tulosten kanssa.

Aikaisemmissa kokopuun pinotiiviystutkimuksissa (KANNINEN ym. 1979) saatiin männyn pinotiiviysluvuksi 0,281 ja koivun 0,234. Tutkimusaineistoon sisältyi myös leppä, mutta tekijä ei pitänyt vaikeitten haketusolosuhteitten vuoksi kaikkia tuloksia luotettavina. Leppävaltaisen lehtikokopuun pinotiiviysluku 0,195 on samansuuntainen kuin suotuisissa haketusolosuhteissa saadut leppäkoko puun tulokset (ks. KANNINEN ym. 1979, liite 3). Leppävaltainen lehtikokopuuaineisto sisälsi leppää 82 %, koivua 11 % ja muita lehtipuita 7 %.

4. YHTEENVETO

Lisääntyvä pienpuun energiakäyttö on tehnyt myös leppäpuun mittauksesta ajankohtaisen kysymyksen. Puun oston ja haketuksen välinen viive on usein ratkaiseva este luotettavalle ja huokealle hakemittaukselle. Kun pystymittauskin aiheuttaa usein liikaa kustannuksia ja paljon työtä, saatetaan tällaisissa tapauksissa joutua turvautumaan pinomittaukseen.

Pinomittauksessa kehystilavuus saadaan mittaamalla pinon pituus, leveys ja korkeus. Kiintotilavuuteen päästään kertomalla

kehystilavuus pinotiiviysluvulla, joka osoittaa pinon kiintotilavuuden ja kehystilavuuden suhteen. Suhdeluvuksi saatiin tässä tutkimuksessa leppärangalle 0,445, leppävaltaiselle lehtipuurangalle 0,375 ja leppävaltaiselle lehtikokopuulle 0,195. Pinotiiviysluvut on laadittu siten, että kiintotilavuudesta puuttuu haketusvaiheessa hukkaantuva osa raaka-aineesta.

Mittauksen tarkkuutta osoittaa pinokohtaisen pinotiiviysluvun hajonta prosentteina keskiarvosta. Leppärangalla se oli 11,7 %, leppävaltaisella lehtipuurangalla 15,5 % ja kokopuulla 22,1 %. Keskimääräisluvun käyttö merkitsee etenkin kokopuun osalta epätydyttävää tarkkuutta.

Tulosta voidaan tarkentaa leppävaltaisen lehtipuوران osalta regressioyhtälöllä $y = 0,190 + 0,021 \cdot x_1^{***}$, jossa x_1 = tyvileikkausläpimitta, cm. Malli selittää 33 % pinon tiiviyyden vaihtelusta. Myös leppävaltaisen lehtikokopuun osalta tulosta voidaan tarkentaa regressioyhtälöllä $y = 0,340 - 0,172 \cdot x_1^{**}$, kun x_1 on takakorkeuden ja etukorkeuden suhde. Malli selittää 56 % pinon tiiviyyden vaihtelusta. Aineiston maantieteellisen suppeuden vuoksi on yhtälön tulostamien pinotiiviyslukujen käytössä pitäydyttävä taulukossa 10 esitettyihin rajoihin.

Mittauksen suorittamisen ja mittaustuloksen luotettavuuden kannalta on välttämätöntä, että pinoja tehtäessä kiinnitetään huomiota myös mittauskelpoisuuteen. Pinon tulee täyttää seuraavat perusvaatimukset:

- 1) pinot ovat erillään toisistaan
- 2) puut ovat pinoissa samaan suuntaan
- 3) pinot ovat tasaisia ja tyvet samassa tasossa.

Pinojen ladontaan tulee kiinnittää erityistä huomiota koneellisesti ladottujen kokopuupinojen osalta.

Pinojen korkeus määräytyy ensisijassa varastotilan, lähikuljetus-traktorin kuormaimen ja haketustyön tuotoksen ja joustavuuden

pohjalta. Siihen vaikuttaa oleellisesti myös hakkurin syöttö-
aukon etäisyys maanpinnasta. Mittauksen kannalta edullisin
pinon korkeus on noin kaksi metriä.

Pinon mittauksessa noudatetaan kuitupuupinojen mittausperi-
aatetta. Kokopuupinojen kohdalla on otettava huomioon yli-
pitkien latvojen tasoitus korkeuteen. Pinon mittausta sekä
kehystilavuuden määrittämistä selvitetään seikkaperäisemmin
kokopuuraaka-aineen mittausta käsittelevässä tutkimuksessa
(KANNINEN ym. 1979).

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ARO, P. 1962. Koivuhalkojen, koivupaperipuiden, polttohakerankojen ja ohutpaperipuiden pino- ja kiintokuutiosuhteet. Pienpuualan toimikunnan tiedotus 66:1-6.
- GISLERUD, O. 1974. Heltreutnyttelse. II. Biomasse og biomasseegenskaper hos tynningvirke av gran, furu, bjørk og or. Summary: Whole tree utilization. II. Biomass and biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch, and alder. Rapp. Norsk. Inst. Skogforsk. 6/74.
- HAKKILA, P. 1961. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Pienpuualan toimikunnan tiedotus 49:1-4.
- 1966. Investigations on the basic density of finnish pine, spruce and birch wood. Seloste: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61:1-98.
- 1970. Basic density, bark percentage and dry matter content of grey alder. Tiivistelmä: Harmaalepän puuaineen tiheys, kuoriprosentti ja kuiva-ainesisältö. Commun. Inst. For. Fenn. 71(5):1-33.
- KALAJA, H. & MÄKELÄ, M. 1975. Kokopuun käyttö pienpuu-ongelman ratkaisuna. Summary: Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. Folia For. 240:1-78.
- HEISKANEN, V. 1960. Pienpuualan toimikunnan toimintaa. Pienpuualan toimikunnan tiedotus n:o 26:1-4.
- KANNINEN, K., VALONEN, P. & UUSVAARA, O. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaust ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole-tree raw-material. Folia For. 403:1-53.
- LEHTONEN, I., PEKKALA, O. & UUSVAARA, O. 1978. Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. Summary: Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp. Folia For. 344:1-19.

- TAIPALE, A. 1961. Polttohakkeen ja polttohakepuun mittauksesta.
Pienpuualan toimikunnan tiedotus 54:1-4.
- Tapion taskukirja. 1978. Kirjayhtymä. Helsinki. 1-510.
- WARSTA, O. 1961. Rasiin kaadetun koivun ja lepän kuivumisesta.
Pienpuualan toimikunnan tiedotus 43:1-8.

Liite 1. Keskimääräisiä mittaustuloksia rankapinoista ja niiden raaka-ainesisällöstä.

	Pinon numero									
	1 11 21 31 41	2 12 22 32 42	3 13 23 33 43	4 14 24 34 44	5 15 25 35 45	6 16 26 36 46	7 17 27 37 47	8 18 28 38 48	9 19 29 39 49	10 20 30 40
Mittaukset pinoista										
Korkeus edessä, m	2,3 1,0 2,2 2,1 1,3	1,8 1,2 1,5 2,5 1,8	1,1 1,3 1,6 1,8 1,6	1,0 1,1 1,6 1,5 1,4	1,5 0,8 1,9 1,9 2,4	1,8 1,9 1,4 1,5 2,5	1,0 1,4 1,7 0,8 1,6	1,0 0,8 1,4 1,4 2,1	1,1 1,2 1,4 1,3 1,7	0,9 2,7 2,6 1,8
Korkeus takana, m	1,6 0,9 1,3 1,4 0,9	1,4 0,6 0,7 2,2 1,1	0,9 0,7 0,7 1,4 1,5	0,8 1,0 0,8 1,5 1,2	1,2 0,8 1,4 1,1 1,2	1,1 1,7 0,9 1,1 2,1	0,8 1,6 1,2 0,8 1,5	0,9 0,9 1,0 1,2 1,7	1,0 0,8 1,1 1,2 1,3	1,0 1,4 2,5 1,7
Keskipituus, m	17,0 9,4 32,0 7,0 7,0	16,0 3,9 7,3 10,6 8,0	24,0 5,6 17,0 5,6 7,0	16,0 22,6 13,7 9,0 17,0	4,0 5,3 10,8 8,0 20,0	7,0 14,0 5,0 9,0 29,0	3,5 11,0 6,0 5,0 7,0	7,3 6,6 7,0 13,0 16,0	11,4 22,0 18,0 8,0 12,0	10,0 22,0 26,0 12,0
Keskileveys, m	5,3 3,2 3,9 3,9 3,6	5,7 5,7 5,0 3,0 4,1	2,8 4,8 4,4 3,6 3,0	2,7 4,1 4,2 3,6 3,3	4,0 3,2 4,4 3,9 4,9	3,0 3,3 4,0 3,8 3,2	3,5 3,4 4,2 3,6 3,0	3,3 3,3 3,3 3,5 4,6	3,3 4,4 3,2 3,0 3,5	3,3 4,4 2,9 3,3
Kehystilavuus, m ³ - keskimitoilla A	179,1 30,6 217,7 46,7 27,2	145,3 19,9 39,4 71,9 48,7	64,4 28,0 80,6 30,4 32,3	38,1 97,2 70,7 49,5 70,6	20,8 14,9 77,7 47,6 176,6	30,3 80,8 22,9 45,6 206,5	12,1 57,7 36,3 15,2 32,0	24,3 19,1 28,5 57,6 140,1	38,8 96,9 72,0 30,4 63,6	31,3 197,9 196,2 67,5
- päätettiin B	178,9 30,6 218,1 46,9 27,8	146,6 19,9 40,9 71,8 49,2	64,4 27,8 80,0 30,6 32,2	38,1 97,1 70,7 49,5 70,5	20,9 15,0 77,9 48,1 178,2	30,3 80,6 23,4 46,1 206,3	12,1 57,6 36,3 15,2 32,6	24,3 19,0 28,5 57,7 144,4	38,7 96,6 72,0 30,8 63,5	31,4 201,4 195,8 67,7
Tyvilleikkaus- läpimitta, cm	10,0 10,3 8,2 11,0 7,5	11,1 13,6 10,1 9,6 9,2	12,2 13,0 7,8 8,8 11,5	12,9 11,6 8,7 11,0 9,7	9,0 13,7 6,4 7,2 10,3	10,3 12,3 6,0 8,6 10,4	13,1 13,6 6,4 12,2 12,1	13,7 13,3 10,3 9,4 9,7	12,2 8,3 11,5 11,2 9,7	11,3 8,9 11,0 13,6
Katkaisupoikkileikkaus- läpimitta, cm	7,1 7,3 8,1 7,6 7,5	8,1 10,6 8,1 6,9 8,3	9,0 9,8 8,1 8,0 10,2	8,7 7,7 8,9 9,0 8,3	8,3 9,3 6,6 7,4 8,8	8,7 8,9 6,1 7,8 8,4	9,8 8,8 7,2 9,2 9,9	8,1 9,5 9,0 7,4 8,1	8,0 8,1 9,3 9,4 7,9	8,7 9,5 8,0 9,5
Kaikki poikkileikkaus- läpimitat yhteensä, cm	8,7 8,1 8,2 9,4 7,5	9,7 13,3 9,7 7,9 8,7	10,5 12,0 7,9 8,2 11,0	10,7 9,1 8,8 9,9 8,9	8,6 10,8 6,5 7,3 9,9	9,5 9,6 6,0 8,4 9,4	11,2 10,7 6,7 11,4 10,9	9,7 10,8 9,5 8,5 9,3	8,7 8,3 10,2 10,2 8,6	9,2 9,0 8,8 10,6
Mittaukset hakkeena										
Hakkeen irtotilavuus välivarastolla, m ³	134,3 32,8 170,0 36,9 20,0	98,8 20,4 30,2 68,5 34,2	95,6 26,2 75,4 25,9 30,1		14,8 12,2 41,4 44,8 164,3	31,2 80,2 14,0 29,5 205,1	10,7 54,3 19,6 14,2 32,3	26,2 21,9 27,7 50,4 104,4	31,6 75,0 69,5 29,1 54,3	32,6 156,5 177,7 67,8
Hakkeen irtotilavuus tehtaalla, m ³	130,5 31,9 165,7 36,4 19,7	96,0 19,8 29,4 67,2 33,3	92,9 25,5 74,2 25,6 29,6		14,4 11,9 40,4 44,0 160,8	30,3 78,0 13,7 29,4 201,6	10,4 52,8 19,1 13,9 31,7	25,5 21,3 27,0 49,9 102,6	30,7 73,1 67,8 28,8 52,9	31,7 152,6 175,0 67,5
Hakkeen kiintotilavuus, m ³	62,5 15,3 78,2 19,2 9,6	45,8 9,4 14,0 34,2 16,0	44,4 12,2 34,2 12,5 15,1		6,9 5,8 20,2 21,6 76,8	14,4 37,2 7,3 17,0 96,6	5,0 25,3 9,3 6,9 15,8	12,2 10,3 12,1 24,7 49,7	14,7 43,4 30,6 14,1 26,4	15,3 73,0 90,0 33,5
Tuoremassa tehtaalla, t	43,0 10,5 54,1 12,4 6,4	31,6 6,5 9,6 21,8 10,3	30,6 8,4 24,2 8,3 9,7		4,8 3,9 13,2 13,6 47,0	10,0 25,7 4,5 10,3 67,5	3,4 17,4 6,2 4,5 10,2	8,4 7,0 8,8 17,8 31,9	10,1 23,9 22,1 9,7 16,6	10,5 49,8 61,3 22,1
Kuivamassa tehtaalla, t	22,5 5,5 32,8 6,9 3,6	16,5 3,4 6,2 12,3 6,3	16,0 4,4 13,5 4,6 5,5		2,5 2,1 8,2 8,3 27,7	5,0 13,4 2,9 6,2 34,8	1,8 9,1 3,7 2,5 5,7	4,4 3,7 5,4 9,2 18,1	5,3 15,6 13,7 5,1 9,7	5,5 31,4 32,4 12,1

Liite 2. Keskimääräisiä mittaustuloksia kokopuupinoista ja niiden raaka-ainesisällöstä.

Mittaukset pinoista	Pinon numero								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Korkeus edessä, m	2,6	1,8	2,2	3,3	2,7	1,9	2,1	2,3	1,8
Korkeus takaa, m	2,0	2,1	2,5	2,5	2,2	1,5	1,9	1,3	1,2
Keskipituus, m	31,0	13,0	13,0	33,0	23,0	8,0	18,0	8,0	12,0
Keskileveys, m	7,8	8,0	7,9	7,3	7,4	7,1	7,4	5,7	5,5
Kehystilavuus, m ³									
- keskimitoilla, A	548,6	189,8	228,2	702,9	428,1	94,6	269,3	81,8	98,6
- pätkittäin, B	549,4	190,2	229,9	703,0	428,9	94,6	270,5	83,8	99,2
Tyvileikkaus- läpimitta, cm	5,6	9,0	8,8	8,4	7,9	7,5	8,7	6,5	8,2
Katkaisupoikkileik- kausläpimitta, cm	10,0	-	-	6,8	7,6	8,6	7,9	-	-
Kaikki poikkileikkaus- läpimitat yhteensä, cm	5,9	9,0	8,8	8,1	7,9	7,6	8,3	6,5	8,2
Mittaukset hakkeena									
Hakkeen irtotilavuus välivarastolla, m ³	203,6	55,8	86,0	290,0	174,4	37,3	84,3	41,0	53,6
Hakkeen irtotilavuus tehtaalla, m ³	192,7	52,8	81,4	285,1	172,1	37,0	83,3	40,8	53,1
Hakkeen kiinto- tilavuus, m ³	102,2	24,8	41,5	142,4	85,4	18,8	37,7	20,1	26,2
Tuoremassa tehtaalla, t	66,0	18,1	27,9	105,2	62,6	11,9	32,6	12,7	16,8
Kuivamassa tehtaalla, t	37,8	11,0	17,6	52,7	31,6	7,0	16,5	7,6	9,9



