

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA 151

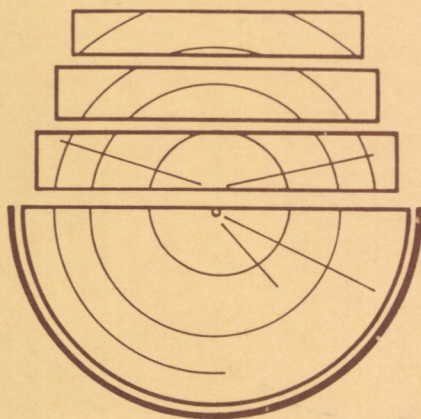
Metsäteknologian tutkimusosasto  
puuntutkimussuunta



Tarja Björklund

# TERVALEPÄN BIOMASSA

## BIOMASS OF BLACK ALDER



Helsinki 1984



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
METSÄEKONOMIAN TUTKIMUSOSASTO  
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 151

Metsäteknologian tutkimusosasto

Puuntutkimussuunta

Tarja Björklund

TERVALEPÄN BIOMASSA

Summary

Biomass of black alder

Helsinki 1984

SECRET  
UNCLASSIFIED  
DATE

ISBN 951-40-0948-7

ISSN 0358-4283

Helsinki 1984. Valtion painatuskeskus

## SISÄLLYSLUETTELO

MERKKIEN SELITYS - SYMBOLS.....	4
1. JOHDANTO.....	7
2. TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY.....	12
2.1 Koemetsiköt.....	12
2.2 Koepuumittaukset.....	12
2.3 Laboratoriomittaukset.....	16
3. TUOREMASSAN MUUNTAMINEN KUIVAMASSAKSI.....	17
3.1 Kuivamassan käytön perustelu.....	17
3.2 Runko.....	18
3.3 Oksat ja lehdet.....	20
3.4 Kuivamassayhtälöiden laskenta.....	26
4. TULOKSET.....	27
4.1 Muuntamisen yhteydessä saadut välitulokset.....	27
4.2 Kuivamassa ja sen riippuvuus eri tekijöistä....	31
4.3 Kuivamassan jakautuminen.....	48
5. TULOSTEN TARKASTELO.....	52
KIRJALLISUUTTA.....	55
SUMMARY.....	69

Yhtälöissä käytetyt symbolit - Symbols used in equations:

Selitettävät - Dependent variables

- $y_1$  = lehtien osuus oksien ja lehtien kokonaistuoremassasta, %  
proportion of leaves from the total green weight of branches and leaves
- $y_2$  = alle 0,3 cm jakeen osuus oksien kokonaistuoremassasta, %  
proportion of the fraction under 0,3 cm from the total green weight of branches
- $y_3$  = 0,3...2 cm jakeen osuus oksien kokonaistuoremassasta, %  
proportion of the fraction 0,3...2 cm from the total green weight of branches
- $y_4$  = 0,3...2 cm jakeen kuoriprosentti jakeen tuoremassasta  
bark percentage of the fraction 0,3...2 cm
- $y_5$  = yli 2 cm jakeen kuoriprosentti jakeen tuoremassasta  
bark percentage of the fraction over 2 cm
- $y_6$  = lehtien kuiva-ainepitoisuus  
dry matter content of leaves
- $y_7$  = alle 0,3 cm jakeen kuiva-ainepitoisuus  
dry matter content of the fraction under 0,3 cm in diameter
- $y_8$  = 0,3...2 cm jakeen puuaineen kuiva-ainepitoisuus  
dry matter content of the wood of the fraction 0,3...2 cm in diameter
- $y_9$  = 0,3...2 cm jakeen kuoren kuiva-ainepitoisuus  
dry matter content of the bark of the fraction 0,3...2 cm in diameter
- $y_{10}$  = yli 2 cm jakeen puuaineen kuiva-ainepitoisuus  
dry matter content of the wood of the fraction over 2 cm in diameter
- $y_{11}$  = yli 2 cm jakeen kuoren kuiva-ainepitoisuus  
dry matter content of the bark of the fraction over 2 cm in diameter
- $y_{12}$  = rungon puuaineen kuivamassa, kg - dry weight of stemwood, kg
- $y_{13}$  = rungon kuoren kuivamassa, kg - dry weight of stem bark, kg
- $y_{14}$  = yli 2 cm paksuisten oksien puuaineen kuivamassa, kg  
dry weight of branchwood (over 2 cm), kg

$y_{15}$  = yli 2 cm paksuisten oksien kuoren kuivamassa, kg

dry weight of branch (over 2 cm) bark, kg

$y_{16}$  = 0,3...2 cm paksuisten oksien puuaineen kuivamassa, kg

dry weight of branchwood (0,3...2 cm), kg

$y_{17}$  = 0,3...2 cm paksuisten oksien kuoren kuivamassa, kg

dry weight of branch (0,3...2 cm) bark, kg

$y_{18}$  = alle 0,3 cm paksuisten oksien kuivamassa, kg

dry weight of branches under 0,3 cm, kg

$y_{19}$  = lehtien kuivamassa, kg - dry weight of leaves, kg

$y_{20}$  = kokopuun kuivamassa, kg - dry weight of whole tree, kg

$d$  = rinnankorkeusläpimitta, cm - breast height diameter, cm

$h$  = pituus, m - height, m

Selittäjät - Independent variables

$X_1$  = rinnankorkeusläpimitta, cm

breast height diameter, cm

$X_2$  = pituus, m

height, m

$X_3$  = rungon kasvunopeus, mm/a ( $d$  0,5/ikä)

growth rate of the stem, mm/a

$X_4$  = pisimmän elävän oksan etäisyys tyvestä, dm

distance of the longest living branch from the ground, dm

$X_5$  = latvakasvaimen pituus, cm

length of shoot

$X_6$  = pisimmän elävän oksan läpimitta, mm

diameter of the longest living branch, mm

$X_7$  = etäisyys tyvestä elävään latvukseen, dm

distance from the ground to the living crown, dm

$X_8$  = etäisyys tyvestä kuivaan latvukseen, dm

distance from the ground to the dead crown, dm

$X_9$  = latvuksen projektion keskileveys, dm

- width of the crown projection, dm
- X10 = pisimmän elävän oksan pituus, dm  
height of the longest living branch, dm
- X11 = paksuimman oksan läpimitta, mm  
diameter of the thickest branch
- X12 = etäisyys tyvestä alimpaan kuivaan oksaan, dm  
distance from the ground to the lowest dead branch, dm
- X13 = oksien ja lehtien kokonaistuoremassa, kg  
total green weight of branches and leaves, kg
- X14 = vuosilustojen lukumäärä 2 m korkeudella  
number of annual rings at 2 m height
- X15 = vuodenaikavalemuuttuja  
season dummy variable  
X15 = 1 = talvi - winter  
X15 = 0 = kesä - summer
- X16 =  $X_9 / (10 X_2 - X_7)$

## 1. JOHDANTO

Tervaleppä, Alnus glutinosa (L.) Gaertn., on toinen Suomessa kasvavista leppälajeista. Se on levinnyt koko Eurooppaan, erityisesti jokien rannoille ja ravinteisille soille (tervaleppäkorvet). Suomessa sen pohjoinen levinneisyysraja on Oulun korkeudella, mutta nousee jokireittejä myöten pohjoisemmaksikin. Tyypillisiä kasvupaikkoja ovat Suomessa järvien, jokien ja meren rannat sekä ravinteiset korvet (Kujala 1924, 1954).

Suomessa tervalepän metsätaloudellinen merkitys on ollut aina vähäinen. Se on luontaisesti uudistunut siemenistä ja kantovesoista ja vallannut uutta kasvualaa erityisesti voimakkaan maan kohoamisen alueilla Pohjanmaalla. Toisaalta soistuminen ja kuusettuminen ovat vähentäneet tervalepän suhteellista osuutta puulajistosta. Niinpä tervaleppä on nykyään puhtaina metsikköinä pienialainen ja sikäli harvinainen puulaji. Viljely on Suomessa ollut vaatimattonta, kuten voi päätellä eri vuosien Tapion ja Metsänjalostussäätiön vuosikertomusten vähäisistä siemen- ja taimimäärästä ryhmässä "muut puulajit" tai "muut lehtipuut". Vaikeutena viljelyssä on hallanarkuus (Schalin ja Seppälä 1964), mikä edellyttää runsaan verhopuuston käyttöä. Hallanarkuus lienee yksi syy siihen, että tervaleppä suosii vesien rantoja.

Jonkinlaista metsätaloudellista kiinnostusta tervaleppään on kuitenkin ollut aika ajoin. Tähän ovat vaikuttaneet muutamat metsikköanalyysit, joiden mukaan puun tuotos

saattaa kohota edullisissa oloissa suureksi ja laadultaan arvokkaaksi (mm. Hildén 1929). Lisäksi on eräitä kasvu- paikkoja, kuten tulva- ja vesijättömaita, joilla muut puu- lajit eivät tule kyseeseen (Mäkinen 1964, 1978). Huomiota on kiinnitetty myös tervalepän juurinystyröiden typensidon- takykyyn ja lehtikarikkeiden typpipitoisuuteen (Kivinen 1933, Mikola 1959, 1978), jotka tekevät puulajin harmaalepän tavoin maata parantavaksi ja siten oivalliseksi sekapuuksi tai varsinaisen puulajin kasvatusta edeltäväksi puulajiksi (Viljamaa 1949, Yli-Vakkuri 1978). Myös maiseman- ja riis- tanhoidollisesti tervaleppää pidetään käyttökelpoisena (Gottberg 1978).

Monissa kirjoituksissa on huomiota kiinnitetty terva- lepän puuaineen käyttöön erilaisiin erikoistarkoituksiin (Hurme 1971, Salmi 1978). Myös visa on mahdollinen tervale- pällä, joskin se on harvinainen (Uusien... 1966).

Suomen oloissa tervalepän kehittyminen metsätaloudelli- sestä merkittäväksi puulajiksi edellyttää kuitenkin puuai- neen laajaa käyttöä taloudellisesti tärkeisiin käyttötarkoi- tuksiin. Sinänsä tervalepän tasa-aineinen, suoraksi ja jä- reäksi kasvava runko soveltuu hyvin mekaanisen metsäteolli- suuden raaka-aineeksi (Hildén 1930, Salmi 1977). Vähäi- sessä määrin tervaleppää onkin käytetty puusepänteollisuu- dessa mm. listojen, valumuottien ym. valmistamiseen. Laajaa kysyntää ei ole kuitenkaan syntynyt.

Puuta kuiduttavan teollisuuden kannalta tervaleppä ei ole mm. koivun veroinen, koska kuidut ovat 10...20 % lyhy-

emmät (Bruun ja Slungaard 1959, Haarlaa ja Kärkkäinen 1982), massan saanto alhaisempi ja massa lujuudeltaan heikompaa kuin koivulla (Bruun ym. 1958, Alestalo ja Hentola 1967, Lehtonen ym. 1978). Lisäksi kemiallisen metsäteollisuuden mielenkiintoa on vähentänyt noin 10...15 % koivua alhaisempi tiheys (Lehtonen ym. 1978), mikä tekee tilavuusmääräisesti raaka-ainetta ostettaessa tervalepän epäedulliseksi puula-jiksi. - Mainittakoon kuitenkin, että tervalepän tiheys on noin 15 % suurempi kuin harmaalepän, jonka tiheyttä on selvitellyt Hakkila (1970).

Keski-Euroopassa ja Neuvostoliiton Euroopan puoleisessa osassa, tervalepän keskeisimmällä levinneisyysalueella, tervalepän metsätaloudellinen merkitys on suurempi kuin Suomessa. Suurimmillaan tuotoskyky on ilmeisesti Etelä-Euroopassa, mahdollisesti Jugoslavian korkeudella (Glavač 1972). Kiinnostus näkyy laajassa tutkimustoiminnassa. Käsillä olevan työn kannalta ovat merkittävimpiä kasvu-, tuotos-, tilavuus- ja puutavaralajitaulukot, joita on julkaistu runsaasti klassisen Schwappachin (1902) tervaleppätutkimuksen jälkeen ja osin sen pohjalta (mm. Zimmerle 1942, Hilfstaffeln...1948, Wiedemann 1949, Schober 1952, Erteld 1953, Weck 1954, Zeletin ym. 1957, Sinel'sčikov 1961, Klepac 1962, Forrest... 1963, Anučin 1963, Davidov 1966, Moškalev ym. 1966, Korsuň 1966, Kozlovskij ja Pavlov 1967, Moiseenko ja Zernov 1970, Ozolins 1971, Eriksson 1973, Sortimentyne... 1973, Radwanski 1974).

Siemen- ja vesasyntyisten puiden tuotos- ym. eroja ovat selvittelleet mm. Davidov (1939, 1976) ja Rubcov (1969).

Kuoritetietoja ovat julkaisseet eri maiden tutkijat (Zaharov 1960, Östlin 1963, Decei 1964, Holmsgaard ja Jakobsen 1970).

Kiinnostus tervalepän kasvatukseen perustuu puutavaran ominaisuuksien lisäksi siihen, että se on osoittautunut erinomaiseksi metsityspuuksi mm. maaperää sidottaessa (Schute ja Krüger 1969, Christensen 1976, Gael' ym. 1977, Horndasch 1980) sekä eräillä vaikeilla alueilla, kuten hylätyillä avolouhoksilla (Dimitrovský ja Vesecký 1969, Schlätzer 1970, Harabin ja Klein 1973, Condon ja O'Carrol 1975, Shetron ja Carroll 1977, Keleberda ja Dan'ko 1979) ja ilmansaasteista ja suolaisista tuulista kärsivillä alueilla (Buccianti 1970, Boxsem 1972, Latocha 1975, Petsch 1978). Menestys lyhytkiertoviljelypuuna on ollut kohtalainen (Saucier 1977, Geyer 1981).

Tervalepällä on monia käyttömuotoja. Vanhastaan se on ollut jopa vaneripuu (Hildén 1930), joskin sen koivua ja jopa kuusta heikompi lujuus (mm. Jukna ja Tyltinš 1956, Horvat 1960) on rajoittanut viilun käytön vähäistä lujuutta vaativiin tarkoituksiin. Järeät tukit ovat niin yleinen puutaveralaji, että on kehitetty erilaisia sisäisen laadun arviointimenetelmiä (Kubiak ja Giefing 1973, Miler ym. 1973, Giefing ja Miler 1978). Eräissä itäryhmän maissa on tutkittu mm. tervalepän käyttöä lyijykynäkatajan korvikkeena lyijykynien raaka-aineena (Benič 1961, Necesany 1968).

Toisaalta tervaleppää on kasvatettu vesametsätaloudessa (mm. Giordano 1949) ja tutkittu sen käyttöä aitapylväiksi, sellun, kuitulevyn ja lastulevyn raaka-aineeksi ym. vastaa-

viin tarkoituksiin, jolloin puiden pieni koko ei ole olennainen haitta (esim. Aaron 1963, Wnuk ja Dziedzic 1968, Fraipont 1969, Badanoiu 1970, Murko 1970, Potskhverashvili ym. 1972a, Potskhverashvili ym. 1972b, Potskhverashvili ym. 1972c, Gergely 1973, Carré 1974, Morin 1974, Sirén ym. 1974, Drouet ja Tatar 1975, Olszewski 1975, Filonov ym. 1976, Lapinska ja Surewicz 1976, Wandelt ym. 1976, Surewicz ym. 1977, Rusinya ja Balod 1978).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää tervalepän biomassan määrä ja sen jakautuminen käytön kannalta eriarvoisiin komponentteihin. Mahdollista kokopuukäyttöä ajatellen kiinnitetään erityistä huomiota erikokoisissa puissa olevien oksien määrään. Alustavat tulokset on jo julkaistu tuoremassan perusteella (Björklund ja Kärkkäinen 1982). Lisäksi selvitetään massateollisuuden kannalta tärkeä kuoren määrä ja oksien vaikutus siihen.

Tässä tutkimuksessa biomassalla tarkoitetaan kaikkea puun kantoleikkauksen yläpuolella olevaa puu-, kuori- ja lehtiainesta. Kun jäljempänä puhutaan kokopuusta, siihen ei lueta lehtiä, ellei sitä erikseen mainita.

Kenttäaineiston keruun suunnitteli ja valvoi Matti Kärkkäinen. Kenttätöiden toteutuksesta huolehti Tauno Oittinen työryhmineen. Laboratoriotöistä vastasivat tekijän lisäksi Tarja Hollo, Kaarina Klemetti ja Leena Kunnari. Piirrookset teki Leena Muronranta. Julkaisun viimeistelytyössä avustivat Pirkko Kinanen ja Raija Siekinen. Käsikirjoituksen lukivat professorit Olli Uusvaara ja Matti Kärkkäinen.

Kiitän kaikkia tutkimukseen osallistuneita.

## 2. TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY

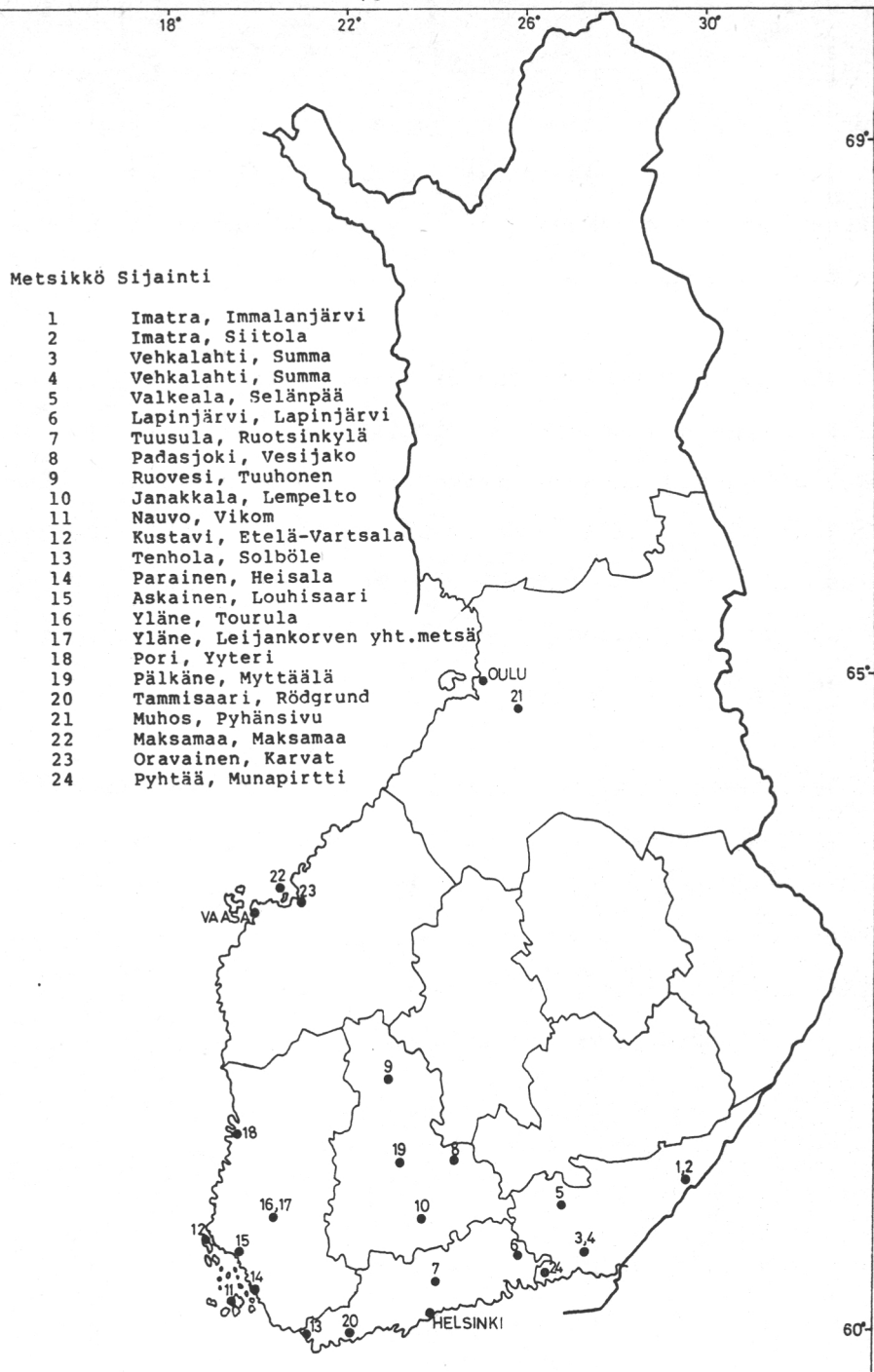
### 2.1 Koemetsiköt

Tutkimusaineisto kerättiin vuosina 1978 ... 1980. Metsiköiden valinta keskitettiin eteläisimpään Suomeen. Paikallisten metsäammattimiesten avulla selvitettiin puh- taiden tervaleppämetsiköiden sijainti. Valinnassa pyrittiin saamaan aineistoa tasaisesti tervalepän tärkeimmiltä kasvu- paikoilta: korvista, sisäjärvien rannoilta ja meren ranni- kolta. Kaikkiaan metsiköitä mitattiin 24 (kuva 1), joista 11 mitattiin talvella ja 13 kesällä (taulukko 2).

### 2.2 Koepuumittaukset

Jokaisesta tutkimusmetsiköstä kaadettiin 20 koepuuta tasaisesti eri läpimittaluokista. Puista mitattiin maas- tossa seuraavat tunnuksat:

- rinnankorkeusläpimitta (mm)
- pituus (dm)
- etäisyydet kaatoleikkauskohdasta elävään ja kuivaan lat- vukseen (dm)
- etäisyydet kaatoleikkauskohdasta alimpaan elävään ja kui- vaan oksaan sekä pisimpään elävään oksaan (dm)
- latvuksen projektion keskileveys (dm)
- pisimmän elävän oksan läpimitta (mm) ja pituus (dm)
- paksuimman oksan ja paksuimman kuivan oksan läpimitta (mm)
- latvakasvaimen pituus (cm)



Kuva 1. Tutkimusmetsiköiden sijainti.  
 Fig. 1. Location of the study stands.

Tämän jälkeen runko karsittiin ja katkottiin 2 m pituisiksi pölkyiksi. Pölkyt ja kaikki oksat lehtineen punnittiin erikseen sopivissa erissä 0,1 kg:n tarkkuudella maastossa siirtopainovaa'alla.

Tärkeimmät koepuiden tunnuksat on esitetty taulukossa 1. Runkojen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 15,0 cm (s=4,3 cm) ja pituuden keskiarvo oli 15,0 m (s=3,0 m). Kaatoleikkausiän keskiarvoksi saatiin 39,8 vuotta (s=15,7 vuotta). Runkojen tuoremassan keskiarvo oli 127,6 kg (s=91,4 kg) ja oksien ja lehtien tuoremassan keskiarvo oli 21,9 kg (s=18,6 kg).

Jokaisesta pölkystä sahattiin laboratoriossa tehtäviä selvityksiä varten noin 3 cm:n vahvuinen kiekko pölkyn latvapäästä sekä tyvipölkystä myös tyvipäästä. Näin ollen näytekiekat saatiin 0 m, 2 m, 4 m, 6 m jne. korkeudelta kaatoleikkaustasosta. Kiekat suljettiin muovipusseihin ja vietiin laboratorion kylmävarastoon. Koko koepuumäärästä (480 kpl) sahattiin 3 405 kiekkoa.

Taulukko 1. Rinnankorkeusläpimitta, pituus, ikä ja tuoremassa eri koemetsiköissä.  
 Table 1. Breast height diameter, height, age, and green weight in the sample stands.

Metsikkö Stand	D <sub>1,3</sub> , DBH	Pituus, m Height		Kaatoileikkausikä, vuotta		Age at stump level, years		Runko Stem	Tuoremassa, kg Green weight, kg	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		Oksat + lehdet Branches+leaves	(lehdetön-leafless)
1	14,7	2,4	14,3	1,5	36,1	5,6	104,7	46,7	13,4	9,3
2	16,8	3,0	15,6	1,3	25,4	3,2	153,2	56,7	25,4	14,0
3	21,6	3,4	20,5	1,5	79,0	10,3	329,9	105,0	39,1	17,0
4	11,9	2,1	13,0	1,4	28,3	3,6	62,8	24,3	9,6	5,2
5	10,8	3,7	11,3	3,0	32,6	14,8	54,1	45,2	10,6	10,3
6	17,6	2,5	16,1	1,4	25,9	2,9	169,0	51,3	35,3	23,3
7	13,6	2,2	15,5	1,3	23,6	2,0	102,0	38,8	17,1	12,6
8	17,1	6,3	15,5	2,9	50,9	20,4	187,5	145,7	31,6	29,0
9	16,1	2,5	16,1	2,2	53,9	13,1	139,8	56,7	15,1	7,8
10	13,3	3,0	14,6	1,0	29,9	4,4	91,3	42,9	15,7	16,2
11	13,7	2,5	14,1	1,7	31,5	7,5	92,9	38,8	23,0	13,2
12	15,8	4,3	14,4	2,2	48,9	15,7	127,6	81,2	26,1	17,6
13	15,4	3,7	12,9	2,2	46,7	8,7	109,5	66,0	31,4	25,2
14	13,4	2,0	15,9	1,1	36,7	4,7	89,2	32,1	11,7	6,2
15	16,6	3,8	14,8	1,5	53,2	11,0	130,5	70,2	26,3	18,6
16	14,3	3,9	15,5	1,5	36,5	7,6	108,8	66,1	19,2	20,5
17	18,6	3,3	19,2	2,5	45,8	9,9	215,7	75,8	30,6	14,1
18	16,1	3,7	15,3	2,3	30,2	5,8	144,5	77,0	37,3	20,1
19	19,4	4,2	19,0	2,1	53,7	18,1	246,5	106,7	32,2	20,8
20	14,2	3,0	16,9	1,8	31,1	2,9	129,9	61,8	21,0	13,6
21	10,1	3,0	9,9	1,5	40,5	8,1	34,9	20,9	6,5	5,6
22	13,7	2,5	13,2	1,4	40,4	5,0	84,9	35,6	15,3	13,6
23	11,9	4,7	11,5	1,2	31,4	13,8	64,9	56,0	19,3	23,9
24	13,7	2,8	15,5	3,0	44,0	4,6	97,2	55,8	13,5	6,5

Myös koepuiden oksista tai oksista ja lehdistä ( mit-  
tauksen ajankohdasta riippuen) otettiin näytteet. Rungon  
joka viides oksa valittiin näyteoksaksi, josta otettiin noin  
5 cm pituiset palat 40 cm välein. Pyrkimyksenä oli näin  
saada näyte, jossa olisi eri kokoluokkien oksia ja niissä  
olevia lehtiä samassa suhteessa kuin koko puussa. Jokaisen  
puun oksa- ja lehtinäytteet suljettiin muovipusseihin ja  
säilytettiin kylmävarastossa. Säilytyksessä tapahtuneiden  
virheiden vuoksi kuitenkin osa aineistosta menetettiin. La-  
boratoriokäsittelyyn jäi oksinäytteitä yhteensä 299:stä koe-  
puusta (kymmenestä talvella mitatusta ja viidestä kesällä  
mitatusta metsiköstä) ja lehtinäytteitä 99 koepuusta (vii-  
destä kesällä mitatusta metsiköstä).

### 2.3 Laboratoriomittaukset

Laboratoriossa kiekkoista tarkistettiin kuoren eheys  
ennen kuorimista. Mikäli kuorta puuttui, tehtiin kuorikor-  
jaus mittaamalla, kuinka monta prosenttia kuoretonta pintaa  
oli koko kiekon kehän pituudesta. Kuorimisen jälkeen pun-  
nittiin kiekkojen ja kuorien tuoremassat 0,1 g:n tarkkuu-  
della. Kiekkojen paksuus mitattiin syiden suunnassa nel-  
jästä kohdasta, jotta kiekkoittaiset tulokset voitiin muuntaa  
puun pituusyksikköä koskeviksi luvuiksi. Jokaisesta kie-  
kosta laskettiin vuosilustojen määrä sekä mitattiin suurin  
ja pienin kuoreton läpimitta. Kiekot ja kuoret kuivattiin  
noin 103 °C lämpötilassa. Kuivausaika oli kaksi vuoro-  
kautta. Molempien kuivamassat punnittiin 0,1 g:n tarkkuu-  
della.

Oksa-lehtinäyte käsiteltiin laboratoriossa seuraavasti. Oksapalat jaettiin paksuuden perusteella kolmeen jakeeseen (yli 2 cm, 0,3...2 cm ja alle 0,3 cm). Lehdet erotettiin omaksi jakeeksi. Kaikista jakeista punnittiin tuoremassat, yli 2 cm:n ja 0,3...2 cm:n jakeista 1 g:n tarkkuudella ja alle 0,3 cm:n jakeesta ja lehtijakeesta 0,1 g:n tarkkuudella. Näin saatujen tuoremassojen avulla voitiin selvittää jakeiden prosenttiosuudet.

Yli 2 cm:n ja 0,3...2 cm:n jakeet kuorittiin ja niistä punnittiin erikseen puuaineen ja kuoren tuoremassat. Kaikki jakeet kuivattiin noin 103 °C lämpötilassa kaksi vuorokautta, minkä jälkeen niiden kuivamassat punnittiin 0,1 g:n tarkkuudella.

### 3. TUOREMASSAN MUUNTAMINEN KUIVAMASSAKSI

#### 3.1 Kuivamassan käytön perustelu

Koepuista oli maastossa punnittu tuoremassat rungosta, oksista ja lehdistä. Koska osa koepuista punnittiin talvella ja osa kesällä, eivät saadut tuoremassat olleet keskenään vertailukelpoisia, sillä puuaineen ja kuoren kosteus vaihtelee vuodenajasta riippuen. Tämän vuoksi tuoremassat muunnettiin kuivamassoiksi.

Kuivamassan määrittäminen on useita käytännön tarpeita ajatellen edullista. Esimerkiksi massanvalmistuksessa raaka-aineen todellinen määrä eli paljonko siinä on käytettävissä olevia kuituja, saadaan selville kuivamassasta, mutta ei tilavuudesta. Toisaalta oksien ja lehtien tilavuuden

määrittäminen on vaikeampaa kuin niiden massan määrittäminen. Kuivamassa antaa myös paremman kuvan puun lämpöarvosta.

Jotta tuoremassa voidaan muuntaa kuivamassaksi, tarvitaan puusta näytteitä laboratoriossa tehtäviä mittauksia varten.

### 3.2 Runko

Jokaisesta rungosta oli tiedossa maastossa punnittu kuorellinen tuoremassa. Tämä kokonaistuoremassa muunnettiin rungon kuoren ja puuaineen kuivamassaksi näytekiekkojen perusteella laskettujen rungon kuoriprosentin ja kuiva-ainepitoisuuden avulla.

Pyrittäessä laskemaan kiekkoista mitatuista tiedoista runkokohtaisesti oikea tulos, on tärkeää, että tiedot saadaan lasketuksi harhattomalla tavalla, ts. siten, että sama tulos saataisiin, jos koko runko olisi otettu näytteeksi. Esimerkiksi kun tiedetään, että kuoren osuus puun ja kuoren yhteisestä tuoremassasta kasvaa tyvestä latvaan päin, ei rungon keskimääräistä kuoren osuutta voida laskea kiekkojen kuoriprosenttien keskiarvona, koska tällöin keskiarvoon vaikuttavat suuremman kuoriprosentin omaavat latvakiekot samalla tavalla kuin pienemmän kuoriprosentin omaavat tyvikiekot.

Tässä tutkimuksessa meneteltiin seuraavalla tavalla. Rungoittain oikean kuoren osuuden laskemiseksi todettiin jo-

kaisesta kiekosta kuoren ja puuaineen tuoremassa syiden suuntaista pituusyksikköä (yhtä millimetriä) kohti jakamalla tuoremassat kiekon keskimääräisellä paksuudella. Puuttuvan kuoren määrä otettiin huomioon jakamalla kuoren tuoremassa kiekon keskimääräisen paksuuden lisäksi tekijällä 100 - kuorikorjausprosentti.

Kuoren osuus on kuoren tuoremassan suhde puuaineen ja kuoren yhteenlaskettuun tuoremassaan. Rungoittain oikea kuoriprosentti saatiin seuraavalla kaavalla

$$(1) \text{ Rungon kuoriprosentti} = 100 \left( \frac{\sum K_{tm}}{\sum K_{tm} + \sum P_{tm}} \right)$$

jossa  $K_{tm}$  = kiekon kuoren tuoremassa yhtä millimetriä kohti (g/mm)

$P_{tm}$  = kiekon puuaineen tuoremassa yhtä millimetriä kohti (g/mm)

Menettelytapa vastaa sitä, että runko olisi jaettu määräväleihin tasavahvuisiin (1 mm) kiekkoihin, joiden kuoren tuoremassa olisi mitattu kerralla, samoin puuaineen tuoremassa.

Kuiva-ainepitoisuudet määritettiin vastaavalla tavalla. Jokaisesta kiekosta laskettiin puuaineen ja kuoren tuoremassat sekä kuivamassat pituusyksikköä kohti jakamalla ne keskimääräisellä kiekon paksuudella. Kuiva-ainepitoisuus on kuivamassan ja tuoremassan suhde.

$$(2) \text{ Rungon kuoren kuiva-ainepitoisuus} = \frac{\sum K_{km}}{\sum K_{tm}}$$

$$(3) \text{ Rungon puuaineen kuiva-ainepitoisuus} = \frac{\sum P_{km}}{\sum P_{tm}}$$

joissa

$K_{km}$  = kiekon kuoren kuivamassa yhtä millimetriä kohti (g/mm)

$K_{tm}$  = kiekon kuoren tuoremassa yhtä millimetriä kohti (g/mm)

$P_{km}$  = kiekon puuaineen kuivamassa yhtä millimetriä kohti (g/mm)

$P_{tm}$  = kiekon puuaineen tuoremassa yhtä millimetriä kohti (g/mm)

Kertomalla kiekkotietojen perusteella lasketulla rungon kuoren osuudella rungon kuorellinen kokonaistuoremassa, saatiin selville kuoren tuoremassa. Puuaineen tuoremassa laskettiin erotuksena. Saadut tuoremassat kerrottiin vastavilla kuiva-ainepitoisuuksilla, jolloin saatiin erikseen puuaineen ja kuoren kuivamassat.

### 3.3 Oksat ja lehdet

Kaikista koepuista oli tiedossa oksien kokonaistuoremassa tai oksien ja lehtien yhteinen kokonaistuoremassa (kesällä mitatut koepuut). Viidestätoista koemetsiköstä oli tiedossa koepuista otetut oksanäytteet tai oksa- ja lehtinäytteet (taulukko 2).

Taulukko 2. Tutkimusaineisto.  
Table 2. Investigation material

Metsikkö Stand	Mittausvuodenaika Season	Oksat Branches	Lehdet Leaves
1	Talvi	X (N)	-
2	Talvi	X (N)	-
3	Talvi	X (N)	-
4	Talvi	X (N)	-
5	Talvi	X (N)	-
6	Talvi	X (N)	-
7	Talvi	X (N)	-
8	Talvi	X (N)	-
9	Talvi	X (N)	-
10	Talvi	X (N)	-
11	Kesä	X	X
12	Kesä	X	X
13	Kesä	X	X
14	Kesä	X	X
15	Kesä	X	X
16	Kesä	X	X
17	Kesä	X	X
18	Kesä	X	X
19	Talvi	X	-
20	Kesä	X (N)	X (N)
21	Kesä	X (N)	X (N)
22	Kesä	X (N)	X (N)
23	Kesä	X (N)	X (N)
24	Kesä	X (N)	X (N)

X = Kokonaistuoremassa - Total green weight

N = Näyte metsikön koepuista - A sample from sample trees

Talvi = Winter

Kesä = Summer

Niille koepuille, joista oli oksanäyte (tai oksa- ja lehtinäyte), saatiin tarvittavat tiedot tuoremassan muuntamiseksi kuivamassaksi lasketuksi näytteen avulla. Koska näyte oli otettu siten, että se oli otos rungon kaikista oksista ja lehdistä, saatiin lehtien ja erikokoisten oksien osuudet rungossa laskemalla jakeiden jakautuminen näytteessä. Jakeen osuus on jakeen tuoremassan suhde näytteen tuoremassaan. Näytteestä laskettiin lisäksi kuoriprosentit kahdelle suurimmalle oksajakeelle jakamalla kuoren tuoremassa puuaineen ja kuoren yhteenlasketulla tuoremassalla sekä kuiva-ainepitoisuudet kaikille jakeille.

Niille koepuille, joista ei ollut näytettä, laskettiin vastaavat tiedot em. koepuiden ja niistä otettujen näytteiden avulla valikoivalla regressioanalyysillä. Regressioyhtälöissä selitettävänä muuttujina olivat näytteestä lasketut jakeiden osuudet, kuoriprosentit ja kuiva-ainepitoisuudet. Selittäjinä käytettiin koepuista mitattuja runkoa ja oksia kuvaavia tunnuksia sekä mittausvuodenaikaa.

Metsiköiden 11...18 koepuiden lehtien määrän selvittämiseksi tehtiin regressioyhtälö (4), jossa selitettävänä muuttujana oli lehtien osuus oksien ja lehtien kokonaistuo-remassasta metsiköiden 20...24 koepuista otetuissa näytteissä ja selittäjinä ko. koepuiden tunnuksia.

Regressioyhtälöt oksajakeitten osuuksia varten metsiköiden 11...19 koepuille, tehtiin metsiköiden 1...10 ja 20...24 koepuista otettujen näytteiden avulla. Edellisissä näytteissä oksajakeet muodostivat koko näytteen, mutta jäl-

kimmäisissä oksajakeiden yhteenlaskettu osuus oli alle 100 %, sillä niissä oli mukana myös lehdet. Yhtälöiden muodostamista varten kerrottiin lehtiä sisältävien näytteiden oksajakeiden osuudet korjauskertoimella  $100/(100 - \text{lehtien osuus})$ , jolloin niiden yhteinen osuus oli myös 100 %. Näin saatiin mahdollisimman suuri aineisto regressioyhtälöiden laadintaa varten.

Regressioyhtälöihin valittiin selitettäväksi alle 0,3 cm jakeen ja 0,3...2 cm jakeen osuudet oksien kokonaistuoremassasta (yhtälöt 5 ja 6). Vähentämällä 100 %:sta näiden summa saatiin suurimman oksajakeen (yli 2 cm) osuus.

Koska yhtälöitä (5 ja 6) muodostettaessa käytettiin korjauskerrointa selitettävien muuttujien saattamiseksi yhteismitallisiksi, saatiin niiden avulla laskettujen kahden pienemmän oksajakeen sekä erotuksena lasketun suurimman oksajakeen osuuksien summaksi aina 100 %. Tämän vuoksi ne eivät sellaisenaan käyneet metsiköiden 11...18 koepuille, joissa kokonaistuoremassaan sisältyi oksien lisäksi lehtiä. Näiden osalta saadut prosenttiosuudet kerrottiin korjauskertoimella  $(100 - \text{lehtien osuus})/100$ .

Valikoivalla regressioanalyysillä muodostettiin yhtälöt myös kahden suurimman jakeen kuoriprosenteille (yhtälöt 7 ja 8) sekä jakeittaisille kuiva-ainepitoisuuksille (yhtälöt 9...14).

Regressioyhtälöt, joita käytettiin niille koeputille, joista ei ollut näytteitä, olivat seuraavat. Equations used in the transformation of the part of the data (not to be used outside the material).

$$(4) Y_1 = 13,59 - 0,2330 \cdot X_{10} + 0,2055 \cdot X_5$$

$$(5) Y_2 = 10,44 - 0,09665 \cdot X_{10} - 0,03336 \cdot X_{14}$$

$$(6) Y_3 = 98,20 + 0,6316 \cdot X_9 - 0,6026 \cdot X_{10} - 0,1657 \cdot X_6 - 70,88 \cdot X_1/X_2 + 21,59 (X_1)^2/(X_2)^2 + 15,67 \cdot X_3 - 2,857 \cdot (X_3)^2 - 4,376 \cdot 10^{-4} \cdot (X_8)^2$$

$$(7) Y_4 = 44,89 + 0,09119 \cdot X_{13} - 7,452 \cdot 10^{-4} \cdot X_1(X_2)^2 - 0,3671 \cdot (X_3)^2 + 7,567 \cdot 10^{-5} \cdot (X_7)^2 - 4,624 \cdot X_9/X_1$$

$$(8) Y_5 = 27,41 + 0,2538 \cdot X_9 - 0,01583 \cdot X_{12} - 0,02878 \cdot X_5 - 6,921 \cdot 10^{-4} \cdot (X_{11})^2 - 0,3525 \cdot (X_3)^2$$

$$- 1,470 \cdot (X_9/X_1)^2 + 4,975 \cdot X_6/X_{10} - 22,21 \cdot X_{16} + 25,28 \cdot (X_{16})^2$$

$$(9) Y_6 = 0,1855 + 0,08214 \cdot X_1/X_2 - 1,597 \cdot 10^{-5} \cdot (X_{10})^2 + 0,5197 \cdot X_{16} - 0,8235 \cdot (X_{16})^2$$

$$(10) Y_7 = 0,4338 - 5,038 \cdot 10^{-4} \cdot X_5 - 1,329 \cdot 10^{-6} \cdot (X_8)^2 + 0,05352 \cdot X_{15}$$

$$(11) Y_8 = 0,4941 - 0,02735 \cdot X_{15}$$

$$(12) Y_9 = 0,5153 - 0,1829 \cdot X_1/X_2 + 0,1085 \cdot (X_1)^2/(X_2)^2 - 4,166 \cdot 10^{-5} \cdot (X_9)^2 + 4,159 \cdot 10^{-6} \cdot (X_{14})^2 + 0,00986 \cdot (X_9/X_1)^2 + 0,06645 \cdot X_{15}$$

$$(13) Y_{10} = 0,4721 + 0,00728 \cdot X_9 - 4,188 \cdot 10^{-4} \cdot X_5 - 1,513 \cdot 10^{-4} \cdot (X_9)^2 - 0,06839 \cdot X_{16} - 0,03603 \cdot X_{15}$$

$$(14) Y_{11} = 0,5641 - 2,228 \cdot 10^{-4} \cdot X_4 - 3,332 \cdot 10^{-4} \cdot X_5 + 3,161 \cdot 10^{-4} \cdot X_{14} - 0,2275 \cdot X_1/X_2 + 0,1128 \cdot (X_1)^2/(X_2)^2 + 0,05377 \cdot X_{15}$$

Yhtälö n:o	Selityssaste ( $R^2$ )	Jäännöshajonta (s)	F-arvo
4	40,2 %	4,18 %	32,3 (2,96)
5	13,3 %	2,72 %	22,7 (2,296)
6	51,9 %	8,70 %	39,1 (8,290)
7	26,0 %	3,39 %	20,6 (5,293)
8	41,1 %	2,63 %	22,5 (9,289)
9	36,3 %	0,0314	13,4 (4,94)
10	36,7 %	0,0360	57,1 (3,295)
11	14,6 %	0,0312	50,7 (1,297)
12	49,7 %	0,0338	48,1 (6,292)
13	17,3 %	0,0369	12,3 (5,293)
14	49,6 %	0,0277	47,8 (6,292)

Oksien ja lehtien kokonaistuoremassa muunnettiin jakeittaisiksi tuoremassoiksi kertomalla se näytteestä tai regressioyhtälöistä lasketuilla jakeiden prosenttiosuuksilla. Kahden suurimman oksajakeen jakeittaiset tuoremassat kerrottiin lisäksi kuoriprosenteilla, jolloin saatiin jakeen kuoren tuoremassa. Jakeen puuaineen tuoremassa laskettiin erotuksena. Kuivamassoihin päästiin kertomalla jakeittaiset tuoremassat jakeiden kuiva-ainepitoisuuksilla. Oksien ja lehtien kokonaistuoremassasta saatiin näin ollen kuivamassat erikseen

lehdille

alle 0,3 cm paksuisille oksille

0,3...2 cm paksuisten oksien puuaineelle

0,3...2 cm paksuisten oksien kuorelle

yli 2 cm paksuisten oksien puuaineelle

ja yli 2 cm paksuisten oksien kuorelle

### 3.4 Kuivamassayhtälöiden laskenta

Kuivamassayhtälöt laadittiin puun rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona. Nämä tunnuksot valittiin sen vuoksi, että ne ovat puista helposti ja tarkasti mitattavissa ja niitä käytetään myös useissa muissa mittaustarkoituksissa.

Laskenta suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen VAX-tietokoneella BMDP- ja REKO-kirjasto-ohjelmia käyttäen. Pääsiallisena laskentamenetelmänä käytettiin valikoivaa regressioanalyysiä. Selitettävinä muuttujina olivat rungon ja erikokoisten oksien puuaineen ja kuoren kuivamassat, lehtien kuivamassa sekä kokopuun kuivamassa.

Ensimmäisenä vaiheena laskettiin valikoivalla regressioanalyysillä yhtälöt, joihin selittäjiksi valittiin rinnankorkeusläpimita ja pituus sekä niiden muunnoksia (potenssit, ristitulot, neliöjuuret jne.). Tämän jälkeen saadun mallin harhattomuutta tutkittiin residuaalitarkastelulla. Jos mallissa esiintyi muuttujien havaintovälillä systemaattista ali- tai yliarviointia, sitä korjattiin lisäämällä uusia muunnoksia, jotka saatiin laskemalla jäännösvaihtelukuvien residuaalikäyrästä. Menettely pohjautuu Jensenin (1964, 1970, 1971, 1973, 1976, 1979) työtovereineen esittämään match-a-curve tekniikkaan. Tässä työssä käytetyn menettelytavan tarkempi kuvaus on esitetty Björklundin ja Fermin (1982) tutkimuksessa.

## 4. TULOKSET

## 4.1 Muuntamisen yhteydessä saadut välitulokset.

Muunnettaessa tuoremassa kuivamassaksi saatiin tietoja runkojen ja oksien kuoriprosenteista ja kuiva-ainepitoisuuksista sekä erikokoisten oksien ja lehtien jakautumisesta rungossa. Nämä välitulokset olivat seuraavat.

## Runko

Seuraavassa esitetään rungon keskimääräinen kuoren osuus tuoremassasta sekä puuaineen ja kuoren kuiva-ainepitoisuus.

	Kuoren osuus		Kuiva-ainepitoisuus				Lukumäärä, kpl
	tuoremassasta, %		Puuaine		Kuori		
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Talvikoepuut	14,4	2,0	0,505	0,020	0,507	0,031	218
Kesäkiepuut	17,5	2,6	0,561	0,029	0,467	0,050	259
Kaikki	16,1	2,8	0,535	0,038	0,486	0,047	477

Rungon puuaineen keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus oli 0,535 ( $s=0,038$ ), joka vastaa kosteutta 46,5 %. Kuorella vastaavat luvut olivat 0,486 ( $s=0,047$ ) ja 51,4 %. Metsiköiden sisällä kuiva-ainepitoisuuksien vaihtelu oli vähäistä, kuten taulukossa 3 esitetyistä keskihajonnoista käy ilmi. Sen sijaan metsiköiden välillä vaikutti sekä puuaineen että kuoren kuiva-ainepitoisuuteen vuodenaika, jolloin koepuiden tuoremassat oli punnittu. Koeput oli kaadettu metsiköissä 1...10 ja 19 talvella ja metsiköissä 11...18 ja 20...24 kesällä.

Kuoren kuiva-ainepitoisuus oli kesällä 0,467, joka vastaa kosteutta 53,3 %, ja talvella 0,507, joka vastaa kosteutta 49,3 %. Puuaineessa ero oli päinvastainen, mutta pienempi. Puuaineen kuiva-ainepitoisuus oli kesällä 0,561 (kosteus 43,9 %) ja talvella 0,505 (kosteus 49,5 %).

Talvella kaadetuissa koepuissa puuaineen ja kuoren kuiva-ainepitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa, mutta kesällä kaadetuissa koepuissa kuoren kosteus oli 9,4 prosenttiyksikköä suurempi kuin puuaineen kosteus.

Rungossa keskimääräinen kuoren osuus tuoremassasta oli 16,1 % ( $s=2,8$  %). Metsiköiden välistä vaihtelua aiheutti tässäkin tapauksessa vuodenaika, kesällä kaadetuissa koepuissa kuoren osuus oli 3,1 prosenttiyksikköä suurempi kuin talvella kaadetuissa koepuissa. Tämä johtui siitä, että kuoren osuus määritettiin tuoremassasta, johon vaikuttaa rungossa olevan veden määrä. Kuten edellä on mainittu, talvella puuaineen ja kuoren kuiva-ainepitoisuuksissa ei ollut eroa, mutta kesällä kuoren kuiva-ainepitoisuus oli huomattavasti pienempi ja vastaavasti kuoren tuoremassa suurempi kuin talvella.

Oksat ja lehdet

Oksien ja lehtien osalta saadut tulokset laskettiin metsiköille 1...10 ja 20...24 näytteiden ja metsiköille 11...19 regressioyhtälöiden avulla.

Taulukko 3. Lehtien ja erikokoisten oksien kuiva-ainepitoisuus.  
Table 3. Dry matter content of leaves and branches of different size.

Jae Fraction	Kuiva-ainepitoisuus Dry matter content				Kaikki All	
	Talvikoeput Sample trees in the winter (218 kpl)		Kesäkoepuut Sample trees in the summer (259 kpl)		(477 kpl)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Lehdet - Leaves	-	-	0,319	0,028	-	-
Alle 0,3 cm oksat Branches under 0,3 cm	0,468	0,036	0,415	0,022	0,439	0,040
0,3...2 cm oksat Branches 0,3...2 cm						
puuaine branchwood	0,467	0,029	0,494	0,020	0,482	0,028
kuori -branch bark Yli 2 cm oksat Branches over 2 cm	0,517	0,032	0,451	0,024	0,481	0,043
puuaine branchwood	0,488	0,028	0,520	0,034	0,506	0,035
kuori -branch bark	0,490	0,029	0,438	0,019	0,462	0,035

Lehtien ja erikokoisten oksien keskimääräiset kuiva-ainepitoisuudet on esitetty taulukossa 3. Lehtien keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus oli 0,319 (s=0,028), joka vastaa kosteutta 68,1 %. Oksista pienin kuiva-ainepitoisuus (0,439) oli alle 0,3 cm paksuisissa oksissa. 0,3...2 cm paksuisissa oksissa puuaineen kuiva-ainepitoisuus oli pienempi ja kuoren kuiva-ainepitoisuus oli suurempi kuin yli 2 cm paksuisissa oksissa. Puuaineen ja kuoren keskimääräisissä kuiva-ainepitoisuuksissa ei ollut eroa 0,3...2 cm oksajakeessa, mutta yli 2 cm oksajakeessa kuori oli kosteampaa (53,8 %) kuin puuaine (49,4 %).

Metsiköiden sisäinen vaihtelu oli hyvin vähäistä, mutta metsiköiden väliseen vaihteluun vaikutti selvästi vuoden-aika, kuten rungollakin. Kahdella suuremmalla oksajakeella puuaine oli kosteampaa talvella ja kuori kosteampaa kesällä. Myös pienin oksajae oli kosteampaa kesällä, johtuen sen suuresta kuorimäärästä.

Sekä puuaineen että kuoren kuiva-ainepitoisuudet olivat pienempiä oksissa kuin rungossa, toisin sanoen oksat olivat kosteampia kuin runko.

Seuraavassa esitetään kahden suurimman oksajakeen kuoren osuus tuoremassasta. 0,3...2 cm oksajakeessa keskimääräinen kuoren osuus oli 37,7 % (s=3,2 %) ja yli 2 cm oksajakeessa 27,2 % (s= 2,9 %). Jaoteltaessa koepuut tuoremassan mittausvuodenajan perusteella kesä- ja talvikoepuihin, oli kuoren osuus suurempi pienemmässä oksajakeessa. Kesäkoepuiden oksien suurempi kuoren osuus johtui kuten rungollakin siitä, että kuoren osuus oli määritetty tuoremassasta.

Kuoren osuus tuoremassasta, %

	Oksat 0,3 - 2 cm		Oksat yli 2 cm		Lukumäärä, kpl
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Talvikoepuut	36,0	3,4	26,5	3,3	218
Kesäkoepuut	39,0	2,4	27,9	2,4	259
Kaikki	37,7	3,2	27,2	2,9	477

Oheisessa asetelmassa on esitetty lehtien ja oksien konnaistuoremassan jakautuminen.

## Oksien kokonaistuoremassasta

	Lehtiä, %		Oksia, %						kpl
			<0,3 cm		0,3-2 cm		>2 cm		
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Talvikoepuut	-	-	6,4	3,1	50,9	13,4	42,7	14,9	218
Kesäkoepuut	9,9	4,0	5,1	1,3	43,3	7,5	41,6	10,1	259

Suurimman osan lehtien ja oksien kokonaistuoremassasta muodostivat 0,3...2 cm paksuiset oksat. Talvikoepuissa niiden keskimääräinen osuus oli 50,9 % (s=13,4 %) ja kesäkoepuissa 43,3 % (s=7,5 %). Yhteensä kaksi suurinta oksajajetta muodostivat kokonaistuoremassasta talvella 93,6 % ja kesällä 84,9 %. Lehtien keskimääräinen osuus oli 9,9 % (s=4,0 %) ja alle 0,3 cm paksuisten oksien talvella 6,4 % (s=3,1 %) ja kesällä 5,1 % (s=1,3 %) kokonaistuoremassasta.

## 4.2 Kuivamassa ja sen riippuvuus eri tekijöistä.

Taulukossa 4 on esitetty rungon ja erikokoisten oksien puuaineen ja kuoren sekä lehtien ja kokopuun keskimääräiset kuivamassat aineistossa.

Taulukko 4. Keskimääräiset kuivamassat ja niiden vaihteluvälit tutkimusaineistossa.  
Table 4. Average dry weight and range in the study material.

	Kuivamassa, kg - Dry weight, kg		
	$\bar{x}$	s	Vaihteluväli - Range
Runko - Stem			
puuaine - stemwood	57,6	41,4	2,49...244,3
kuori - stem bark	9,41	6,02	0,629...33,1
Oksat yli 2 cm			
Branches over 2 cm			
puuaine - branchwood	3,89	4,02	0,088...21,0
kuori - branch bark	1,35	1,49	0,032...10,9
Oksat 0,3...2 cm			
Branches 0,3...2 cm			
puuaine - branchwood	2,77	2,06	0,154...12,3
kuori - branch bark	1,68	1,33	0,105...8,88
Oksat alle 0,3 cm	0,492	0,418	0,019...3,11
Branches under 0,3 cm			
Lehdet <sup>(1)</sup> - Leaves	0,616	0,507	0,025...4,06
Kokopuu - Whole tree	77,2	54,5	3,79...303

1) koeputia 259 kpl  
sample trees

Kokopuun kuivamassalle sekä eri komponenttien kuivamassoille laaditut kuivamassayhtälöt puun rinnankorkeusläpimitan ja pituuden funktiona olivat seuraavat:

Kuivamassayhtälöt - Dry weight equations

$$(15) y_{12} = 10,88 + 0,01755d^2h - 0,0005851d^3\sqrt{h} + 4,546d^{0,64} - 17,17d^{0,37} - 0,5669h^{0,77} + 4,834h^{0,37}$$

$$(16) y_{13} = 15,04 + 15,30\sqrt{d} + 0,001730d^2h - 75,99d^{0,18} - 0,006797d^{2,07} + 40,75h^{-0,58} + 25,86h^{0,23} - 0,01192h^2$$

$$(17) y_{14} = -45,43 - 3,798d/h - 51,94 \cdot 10^{-9}d^3h^3 + 0,02762d^3/h - 15,10h^{0,25} + 70,00h^{0,017} + 0,01441h^2$$

$$(18) Y_{15} = -28,55 - 0,3230d^2/h - 27,16 \cdot 10^{-9}d^3h^3 + 0,01758d^3/h \\ - 5,514d^{-0,10} + 0,1416d^{1,09} + 31,50h^{0,082} \\ - 0,3220h^{1,51} + 0,05435h^2$$

$$(19) Y_{16} = -11,16 + 0,3433\sqrt{d} - 13,30 \cdot 10^{-9}d^3h^3 + 0,008726d^3/h \\ + 1,107^{0,58} + 14,39h^{-0,37}$$

$$(20) Y_{17} = 0,9297 - 10,04 \cdot 10^{-9}d^3h^3 + 0,006905d^3/h + 0,02705h^2/d \\ + 7,934d^{-1,22} - 3,492d^{-0,30}$$

$$(21) Y_{18} = -0,3518 - 0,3729d/h + 0,05611d^2/h + 0,6971d^{-0,27} \\ + 0,1874d^{-1,38}$$

$$(22) Y_{19} = -7,116 + 0,001959d^3/h + 10,19h^{-0,42} + 0,6541h^{0,77} \\ - 0,005482h^2$$

$$(23) Y_{20} = -64,02 + 15,41 \cdot 10^{-6}dh^3 + 0,08043d^2\sqrt{h} + 54,22d \\ - 0,2073d^2 - 87,98d^{0,84} - 121,3h^{0,91} + 181,9h^{0,79} \\ + 0,01262h^{2,88}$$

Yhtälö n:o	Selitys- aste ( $R^2$ )	Jäännös- hajonta (s)	F-arvo
15	97,3 %	6,81 kg	2853 (6,470)
16	94,4 %	1,43 kg	1136 (7,469)
17	75,1 %	2,02 kg	237 (6,470)
18	76,3 %	0,730 kg	189 (8,468)
19	62,7 %	1,27 kg	159 (5,471)
20	65,9 %	0,782 kg	182 (5,471)
21	51,3 %	0,293 kg	124 (4,472)
22	49,3 %	0,364 kg	61,7 (4,254)
23	96,5 %	10,3 kg	1603 (8,468)

Koska yhtälömuotoisten tulosten perusteella on vaikea saada mielikuvaa kuivamassojen suuruudesta sekä niiden riippuvuudesta puun koosta, esitetään tulokset myös kuvina. Ku-

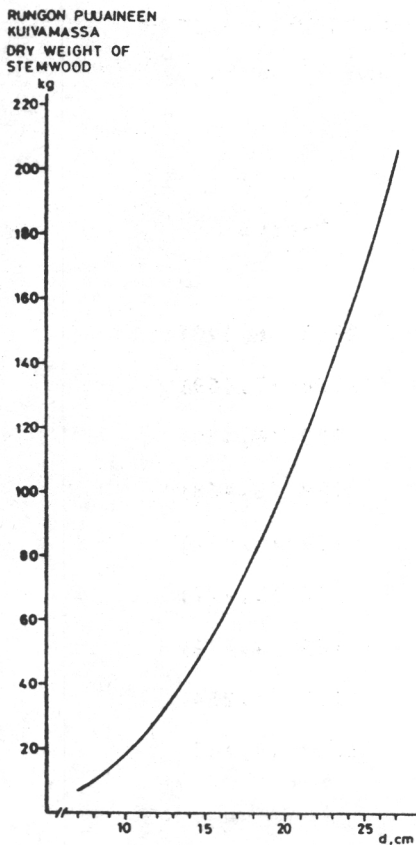
vissa 2...10 esitetään eri komponenttien kuivamassojen riippuvuus pelkästä rinnankorkeusläpimitasta, kuvissa 11...19 rinnankorkeusläpimitasta ja pituudesta. Kuvien 2...10 piirtämistä varten korvattiin kuivamassayhtälöissä puun pituus aineistosta lasketulla yhtälöllä (24), joka kuvaa pituuden riippuvuutta rinnankorkeusläpimitasta.

$$(24) \quad h = 5,17796 + 3,07795\sqrt{d} - 27,05783/d$$

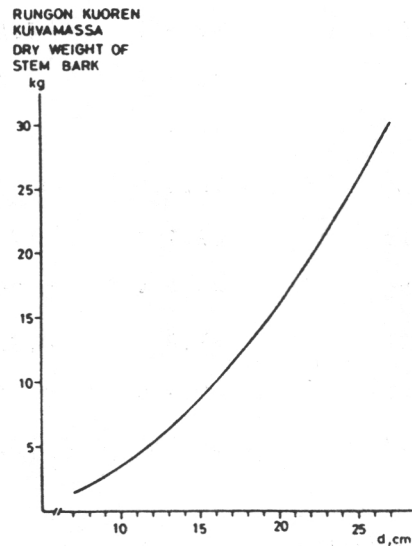
$$\text{Selitysaste } (R^2) = 57,4 \%$$

$$\text{Jäännöshajonta } (s) = 1,98 \text{ m}$$

$$F\text{-arvo} = 318,9 \text{ (2,474)}$$

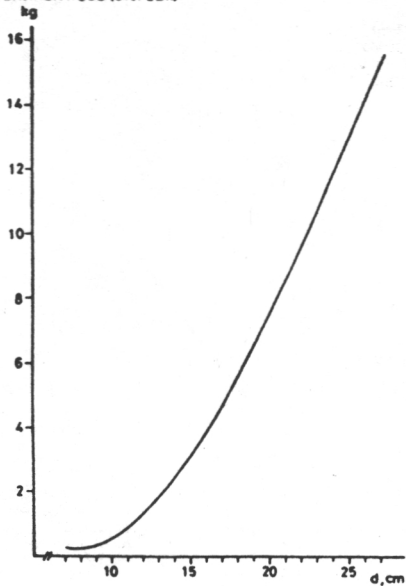


Kuva 2. Rungon puuaineen kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.  
Fig. 2. Dry weight of stemwood as a function of breast height diameter.



Kuva 3. Rungon kuoren kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.  
Fig. 3. Dry weight of stem bark as a function of breast height diameter.

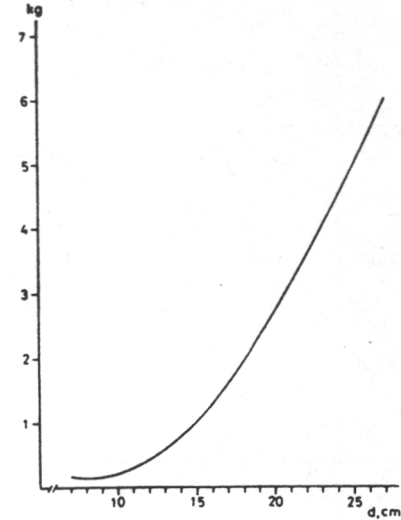
OKSIEN (yli 2cm)  
PUUAINIEN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCHWOOD (over 2cm)



Kuva 4. Oksien (yli 2 cm) puuaineen kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

Fig. 4. Dry weight of branchwood (over 2 cm) as a function of breast height diameter.

OKSIEN (yli 2cm)  
KUOREN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCH(over 2cm)BARK

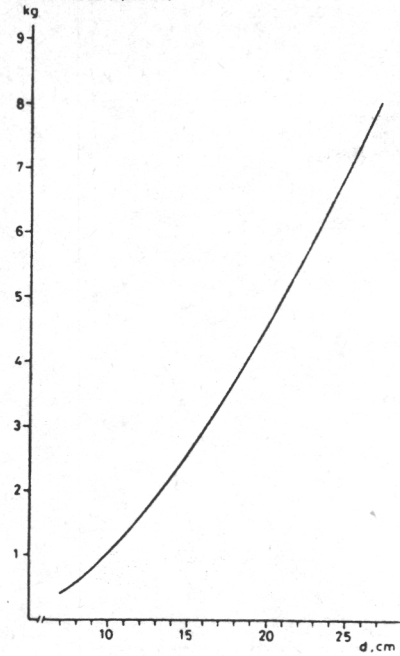


Kuva 5. Oksien (yli 2 cm) kuoren kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

Fig. 5. Dry weight of branch (over 2 cm) bark as a function of breast height diameter.

Kuvista 2...10 havaitaan, että kuivamassojen riippuvuus puun rinnankorkeusläpimitasta oli kaikilla komponenteilla samanlainen: puun koon kasvaessa kuivamassat kasvoivat. Tarkasteltaessa rinnankorkeusläpimitan lisäksi puun pituuden vaikutusta kuivamassojen määriin havaitaan selvä ero rungon ja oksien välillä. Samassa läpimittaluokassa rungon puuaineen ja kuoren kuivamassat olivat sitä suurempia, mitä pitempiä puut olivat (kuvat 11 ja 12). Tämä on luonnollista, sillä puun pituuden lisääntyminen merkitsee aina rungon koon suurentumista. Koska kokopuun kuivamassasta rungon kuivamassa muodosti suurimman osan, sen riippuvuus puun pituudesta läpimittaluokan sisällä oli samanlainen kuin rungon kuivamassan (kuva 19).

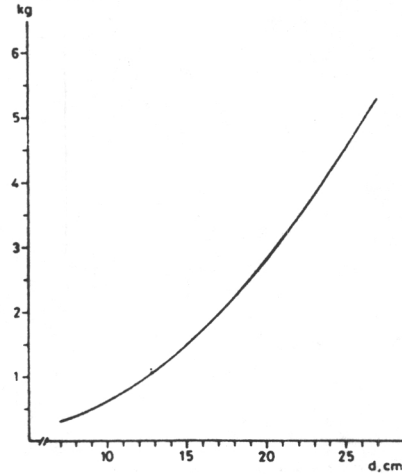
OXSIIEN (0,3...2cm)  
PUUAINIEN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCHWOOD (0,3...2cm)



Kuva 6. Oksien (0,3...2 cm) puuainien kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

Fig. 6. Dry weight of branchwood (0,3...2 cm) as a function of breast height diameter.

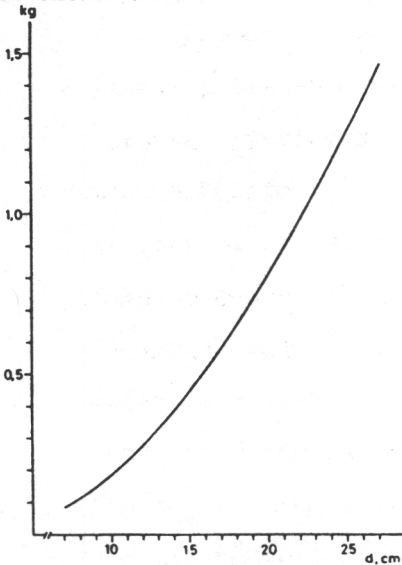
OXSIIEN (0,3...2cm)  
KUOREN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF BRANCH  
(0,3...2cm) BARK



Kuva 7. Oksien (0,3...2 cm) kuoren kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

Fig. 7. Dry weight of branch (0,3...2 cm) bark as a function of breast height diameter.

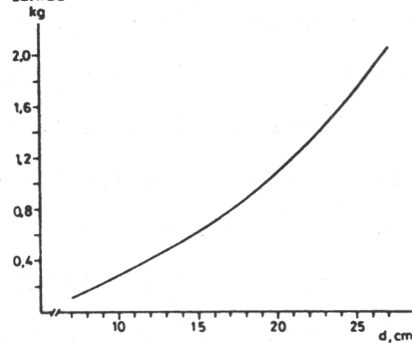
OXSIIEN (alle 0,3cm)  
KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCHES (under 0,3cm)



Kuva 8. Oksien (alle 0,3 cm) kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

Fig. 8. Dry weight of branches (under 0,3 cm) as a function of breast height diameter.

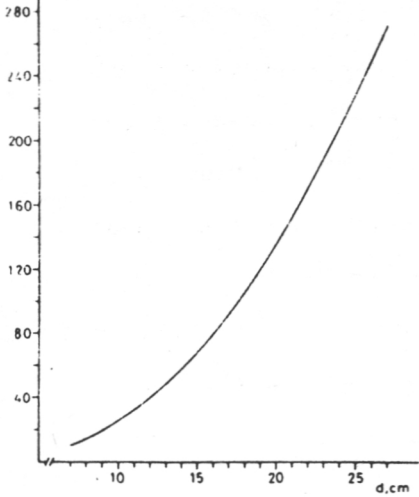
LEHTIEN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
LEAVES



Kuva 9. Lehtien kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

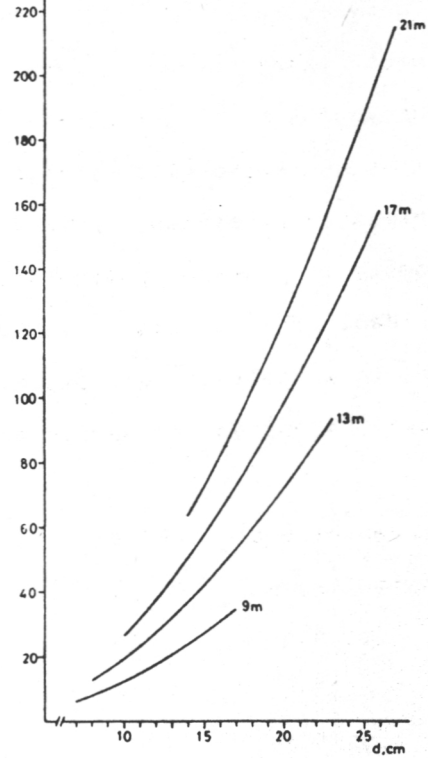
Fig. 9. Dry weight of leaves as a function of breast height diameter.

KOKOPUUN  
KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
WHOLE TREE  
kg



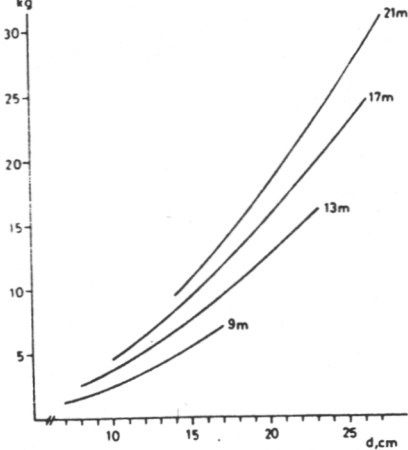
Kuva 10. Kokopuun kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitästä.  
Fig. 10. Dry weight of whole tree as a function of breast height diameter.

RUNGON PUUAINEN  
KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT  
OF STEMWOOD  
kg



Kuva 11. Rungon puuaineen kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitästä 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.  
Fig. 11. Dry weight of stemwood as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

RUNGON KUOREN  
KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
STEM BARK  
kg

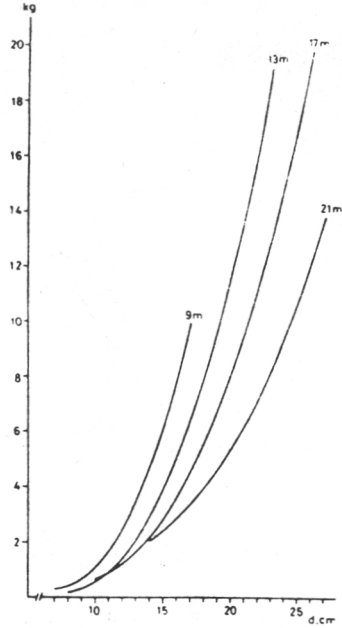


Kuva 12. Rungon kuoren kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitästä 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.  
Fig. 12. Dry weight of stem bark as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

Sen sijaan oksien ja lehtien kuivamassat olivat samassa läpimittaluokassa sitä suurempia, mitä lyhyemmistä puista oli kyse (kuvat 13...18). Tähän on syynä puun muodon vaikutus oksaisuuteen. Puun muodon kuvaajana käytetään tässä yhteydessä solakkuutta, joka saadaan jakamalla puun pituus (m) rinnankorkeusläpimitalla (cm). Kuten alla olevasta jaotelmasta havaitaan, solakkuus riippuu voimakkaasti puun koosta; pienten puiden solakkuus on suurempi kuin suurten puiden. Tämän vuoksi solakkuuden vaikutusta eri tunnuksiin on tarkasteltava erikokoisilla puilla. Puut jaettiin tarkastelua varten seuraaviin luokkiin:

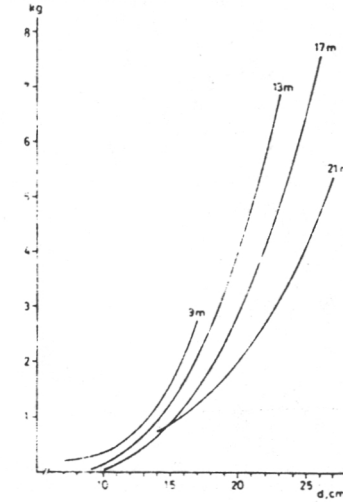
Rinnankorkeus- läpimitta, cm	Puita kpl	Solakkuus, m/cm	
		x	s
... 9,5	38	1,30	0,16
9,6...12,5	110	1,17	0,16
12,6...15,5	139	1,05	0,15
15,6...18,5	88	0,96	0,13
18,6...21,5	63	0,88	0,11
21,6...24,5	29	0,82	0,11
24,6...	10	0,77	0,07

OXSIIEN (yli 2cm)  
PUUAINIEN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCHWOOD (over 2cm)



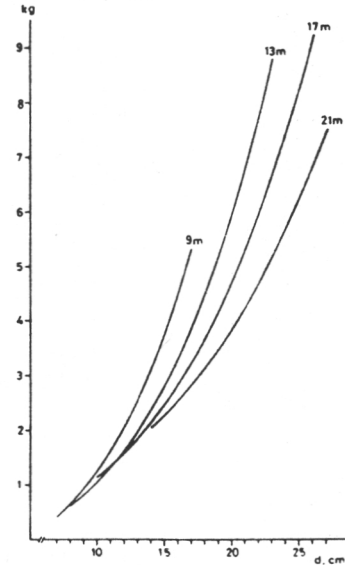
Kuva 13. Oksien (yli 2 cm) puuaineen kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.  
Fig. 13. Dry weight of branchwood (over 2 cm) as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

OXSIIEN (yli 2cm)  
KUOREN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCH (over 2cm) BARK



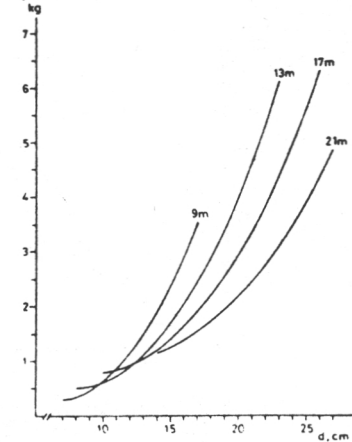
Kuva 14. Oksien (yli 2 cm) kuoren kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.  
Fig. 14. Dry weight of branch (over 2 cm) bark as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

OXSIIEN (0,3...2cm)  
PUUAINIEN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCHWOOD (0,3...2cm)



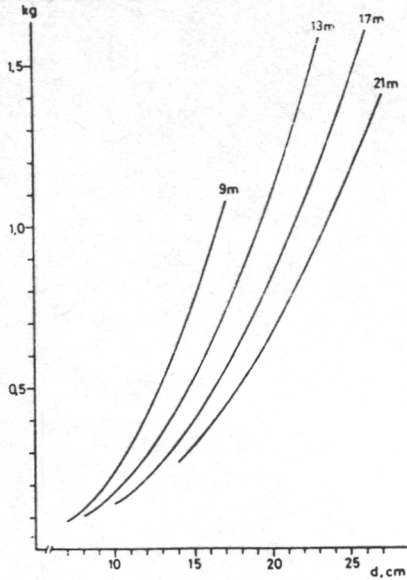
Kuva 15. Oksien (0,3...2 cm) puuaineen kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.  
Fig. 15. Dry weight of branchwood (0,3...2 cm) as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

OXSIIEN (0,3...2cm)  
KUOREN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF BRANCH  
(0,3...2cm) BARK



Kuva 16. Oksien (0,3...2 cm) kuoren kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.  
Fig. 16. Dry weight of branch (0,3...2 cm) bark as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

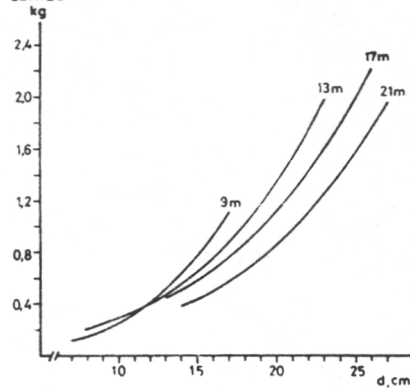
OKSIEN (alle 0,3cm)  
KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
BRANCHES (under 0,3cm)



Kuva 17. Oksien (alle 0,3 cm) kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.

Fig. 17. Dry weight of branches (under 0,3 cm) as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

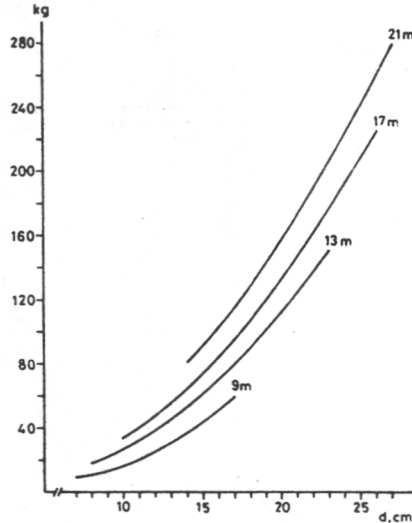
LEHTIEN KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
LEAVES



Kuva 18. Lehtien kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.

Fig. 18. Dry weight of leaves as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

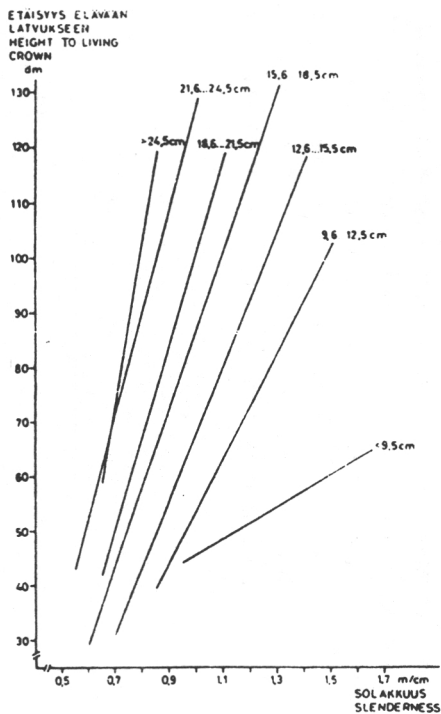
KOKOPUUN  
KUIVAMASSA  
DRY WEIGHT OF  
WHOLE TREE



Kuva 19. Kokopuun kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta 9, 13, 17 ja 21 m pituisissa puissa.

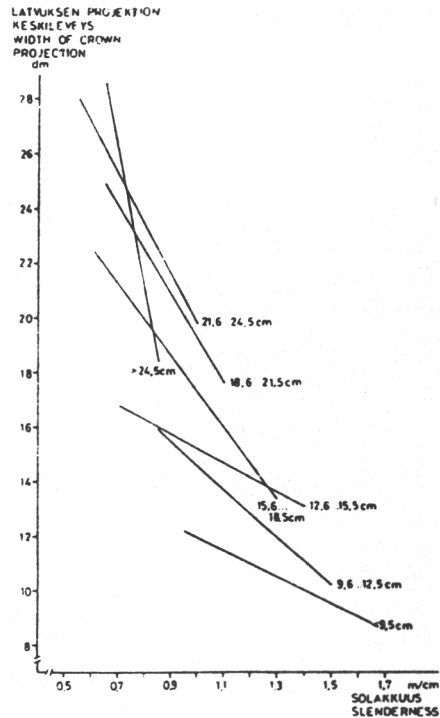
Fig. 19. Dry weight of whole tree as a function of breast height diameter of trees 9, 13, 17, and 21 m high.

Kuvissa 20...23 on esitetty tuloksia lineaarisista riippuvuuksista. Kaikenkokoisilla puilla solakkuuden lisääntyessä eli puun muodon parantuessa etäisyys elävään latvukseen (tuoreoksaraja) kasvaa (kuva 20), latvusprojektio pienenee (kuva 21) ja pisimmän elävän oksan läpimitta pienenee (kuva 22). Selvä yhteys puun muodon ja oksaisuuden välillä havaitaan kuvasta 23: oksien kuivamassan osuus kokopuun kuivamassasta laskee voimakkaasti puun muodon parantuessa.



Kuva 20. Tuoreoksarajan riippuvuus solakkuudesta rinnankorkeusläpimitaltaan erikokoisissa puissa.

Fig. 20. Height to living crown as a function of slenderness in trees of various breast height diameter.



Kuva 21. Latvuksen projektion keskileveyden riippuvuus solakkuudesta rinnankorkeusläpimitaltaan erikokoisissa puissa.

Fig. 21. Width of the crown projection as a function of slenderness in trees of various breast height diameter.

Käytännön tarpeita varten laadittiin kuivamassayhtälöiden avulla taulukot 5 ja 6. Taulukossa 5 on esitetty rungon, oksien ja kokopuun kuorelliset kuivamassat erikokoisille puille. Rungon kuivamassa saatiin laskemalla yhteen rungon puuaineen ja rungon kuoren kuivamassat (yhtälöt 15 ja

Taulukko 5. Tervalepän lehdetön kuivamassa kuorineen puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona.  
 Table 5. Dry leafless weight of black alder with bark as a function of tree height and breast height diameter.

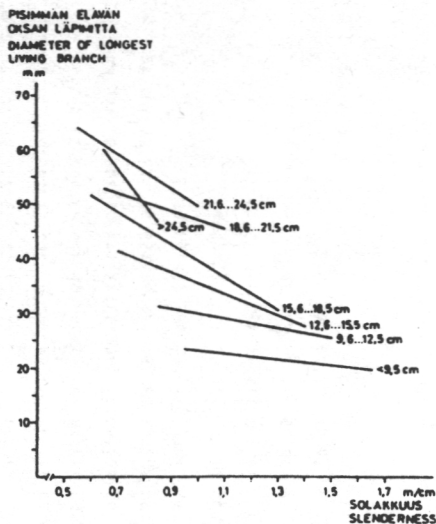
Pituus, m Height, m	D <sub>1,3</sub> , cm											Runko, kg - Stem, kg										
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
9	7,70	9,67	12,06	14,80	17,86	21,22	24,84	28,70	32,80	37,10	41,59											
10	3,93	11,18	13,88	16,95	20,39	24,15	28,21	32,54	37,14	41,97	47,02	52,27										
11	10,14	12,67	15,66	19,09	22,91	27,07	31,57	36,38	41,47	46,83	52,45	58,30	64,37	70,65								
12		14,12	17,44	21,20	25,39	29,97	34,91	40,19	45,79	51,69	57,86	64,31	71,00	77,93	85,08	92,43	99,97					
13	15,55	19,17	23,29	27,85	32,83	38,22	43,98	50,07	56,52	63,27	70,31	77,63	85,22	93,05	101,11	109,39						
14		20,88	25,33	30,28	35,67	41,50	47,74	54,35	61,32	68,65	76,29	84,24	92,48	101,01	109,79	118,83	128,09					
15		22,54	27,34	32,66	38,48	44,76	51,46	58,59	66,11	74,00	82,25	90,83	99,74	108,96	118,47	128,25	138,29					
16			29,33	35,02	41,25	47,97	55,16	62,80	70,86	79,34	88,19	97,41	106,99	116,91	127,14	137,67	148,49					
17			31,27	37,35	43,99	51,16	58,83	66,98	75,59	84,64	94,11	103,97	114,21	124,83	135,79	147,08	158,68	170,60	182,79			
18				46,70	54,32	62,48	71,14	80,29	89,92	99,99	110,50	121,41	132,73	144,42	156,48	168,87	181,60	194,64				
19					57,44	66,08	75,26	84,96	95,16	105,85	117,00	128,60	140,61	153,05	165,86	179,05	192,61	206,49				
20						69,65	79,35	89,61	100,40	111,70	123,49	135,75	148,48	161,65	175,23	189,22	203,59	218,34	233,43			
21							73,19	83,41	94,21	105,59	117,50	129,94	142,89	156,32	170,23	184,58	199,37	214,57	230,17	246,15		



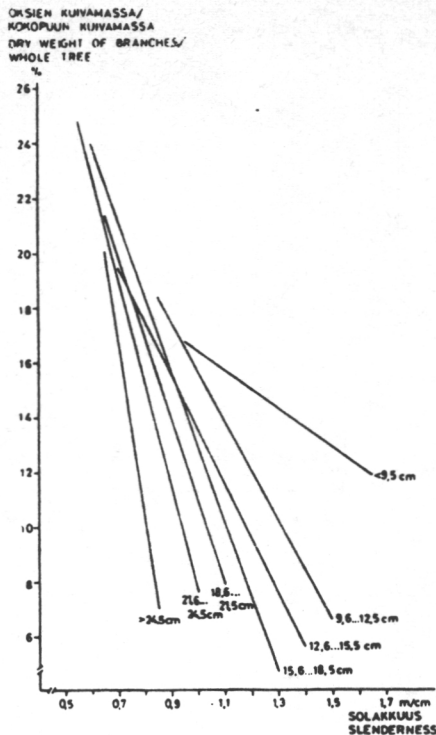
Taulukko 6. Tervalepän lehdetön kuivamassa kuoretta puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona.  
 Table 6. Dry leafless weight of black alder without bark as a function of tree height and breast height diameter.

Pituus, m Height, m	D <sub>1,3</sub> , cm											Rungon puuaine, kg - Stemwood, kg										
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
9	6,36	8,05	10,05	12,33	14,87	17,65	20,65	23,86	27,27	30,85	34,60											
10	7,36	9,30	11,58	14,16	17,04	20,18	23,58	27,21	31,07	35,13	39,38	43,81										
11	8,34	10,53	13,08	15,98	19,20	22,71	26,50	30,56	34,86	39,40	44,16	49,13	54,28	59,62								
12	11,74	14,58	17,78	21,34	25,22	29,41	33,90	38,66	43,68	48,94	54,44	60,16	66,08	72,19	78,48	84,93						
13	12,94	16,06	19,58	23,47	27,72	32,32	37,23	42,44	47,95	53,73	59,77	66,05	72,56	79,28	86,21	93,32						
14	17,53	21,36	25,60	30,22	35,21	40,56	46,23	52,22	58,52	65,09	71,94	79,04	86,39	93,96	101,75	109,73						
15	18,99	23,13	27,71	32,71	38,11	43,88	50,02	56,50	63,30	70,43	77,84	85,54	93,51	101,73	110,19	118,87						
16	24,90	29,82	35,19	40,99	47,20	53,80	60,77	68,10	75,76	83,75	92,05	100,65	109,52	118,65	128,03							
17	26,66	31,93	37,67	43,88	50,52	57,58	65,04	72,89	81,11	89,67	98,57	107,80	117,32	127,14	137,22	147,57	158,16					
18	40,15	46,76	53,84	61,36	69,32	77,69	86,45	95,60	105,10	114,95	125,14	135,64	146,43	157,51	168,86							
19	49,64	57,15	65,14	73,59	82,48	91,80	101,52	111,64	122,12	132,97	144,15	155,66	167,48	179,58								
20	60,46	68,92	77,87	87,29	97,16	107,45	118,18	129,30	140,81	152,68	164,91	177,46	190,34	203,51								
21	63,77	72,70	82,14	92,09	102,51	113,40	124,73	136,49	148,66	161,23	174,17	187,47	201,11	215,08								





Kuva 22. Pisimmän elävän oksan läpimitan riippuvuus solakkuudesta rinnankorkeusläpimitaltaan erikokoisissa puissa.  
Fig. 22. Diameter of longest living branch as a function of slenderness in trees of various breast height diameter.



Kuva 23. Oksien kuivamassan ja kokopuun kuivamassan suhteen riippuvuus solakkuudesta rinnankorkeusläpimitaltaan erikokoisissa puissa.  
Fig. 23. Dry weight of branches/whole tree as a function of slenderness in trees of various breast height diameter.

16). Oksien kuivamassa on yli 2 cm ja 0,3...2 cm paksuisten oksien puuaineen ja kuoren kuivamassojen sekä alle 0,3 cm paksuisten oksien kuivamassojen summa (yhtälöt 17, 18, 19, 20 ja 21). Taulukossa 5 oleva kokopuun kuivamassa laskettiin rungon ja oksien kuivamassojen summana. Tulos poikkeaa hieman kokopuun kuivamassayhtälöllä (23) lasketusta tuloksesta, etenkin pienten puiden osalta, mutta ero on käytännössä merkityksetön.

Rungon, oksien ja kokopuun kuorettomat kuivamassat on esitetty taulukossa 6. Kokopuun puuaineen kuivamassa on saatu laskemalla yhteen rungon puuaineen (yhtälö 15) ja oksien puuaineen (yhtälöt 17 ja 19) kuivamassat.

Kokopuukertoimet (taulukko 7) saatiin laskemalla kokopuun ja rungon kuivamassojen suhde taulukosta 5.

Taulukko 7. Tervalepän kokopuukerroin (kokopuun kuivamassa/rungon kuivamassa) puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan funktiona.

Table 7. The ratio of dry weight of whole tree per dry weight of stem of black alder as a function of tree height and breast height diameter.

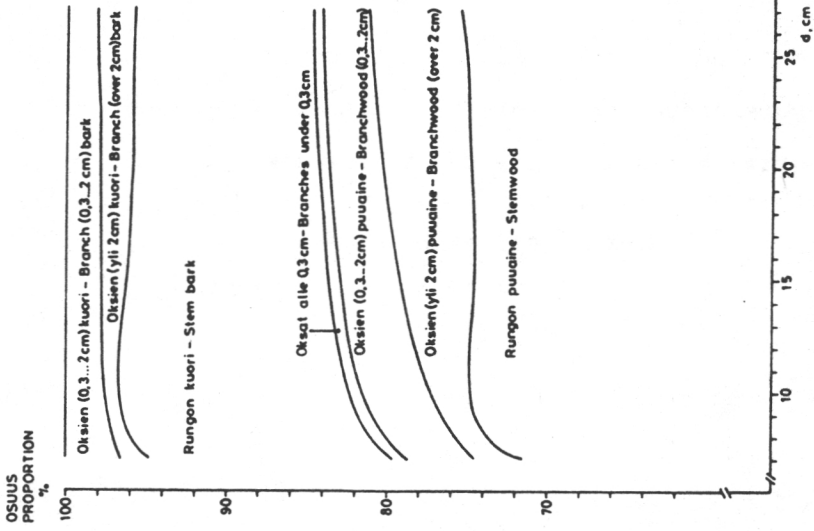
Pituus, m Height, m	D <sub>1,3</sub> , cm																					
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
9	1,17	1,18	1,21	1,24	1,27	1,31	1,36	1,40	1,45	1,49	1,54											
10	1,13	1,14	1,16	1,19	1,22	1,25	1,28	1,32	1,36	1,39	1,43	1,47										
11	1,11	1,11	1,13	1,15	1,18	1,20	1,23	1,26	1,29	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45								
12		1,10	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,38	1,40	1,43	1,47					
13		1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,25	1,27	1,29	1,31	1,34	1,36	1,39					
14			1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35				
15			1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,14	1,15	1,17	1,18	1,20	1,21	1,23	1,24	1,26	1,28	1,30				
16				1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17	1,18	1,20	1,21	1,22	1,24	1,25				
17				1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,21	1,22	1,23	1,24		
18					1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21			
19						1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18			
20							1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	
21								1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16
									1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13

### 4.3 Kuivamassan jakautuminen

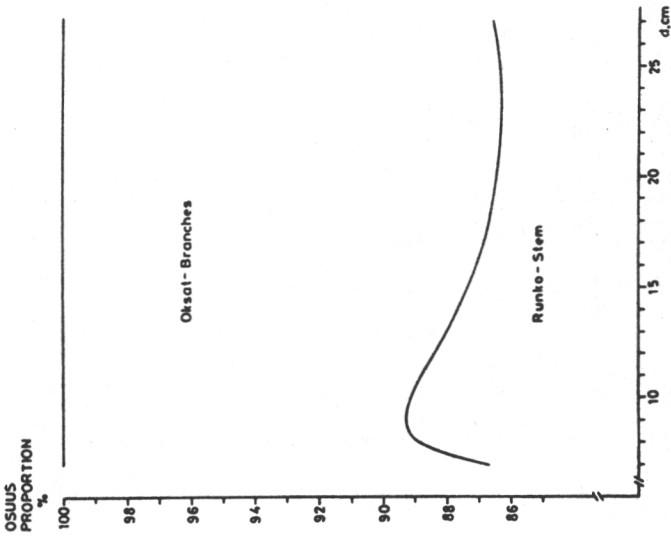
Kokopuun kuivamassasta pääosan (86..89 %) muodosti rungon kuivamassa (kuva 24). Puun koon kasvaessa sen osuus hieman aleni johtuen ilmeisesti kuoren osuuden vähenemisestä. Pienimmissä puissa ( $d=7...8$  cm) rungon kuivamassan osuus kohosi ja vastaavasti oksien osuus aleni puun läpimitan kasvaessa. Oksien osuus oli pienimmillään rinnankorkeusläpimitan ollessa 9 cm, jolloin se oli 10,7 %, ja suurimmillaan rinnankorkeusläpimitaltaan 22 cm puissa, jolloin se oli 13,7 %.

Kuvassa 25 on esitetty kokopuun kuivamassan jakautuminen rungon ja erikokoisten oksien kuoreen ja puuaineeseen. Kokopuun kuivamassasta suurimman osan muodosti rungon puuaine. Sen osuus kasvoi aluksi rinnankorkeusläpimitan kasvaessa, mutta vakiintui sitten melko nopeasti n. 75 % tasolle. Rungon kuoren kuivamassan osuus sen sijaan aleni puun koon kasvaessa. Se oli pienillä puilla n. 15 % ja isoilla puilla n. 11 %.

Yli 2 cm paksuisten oksien puuaineen kuivamassan osuus kokopuun kuivamassasta oli rinnankorkeusläpimitaltaan 10 cm puilla 2,4 % ja 27 cm puilla 5,7 %. Myös näiden oksien kuoren kuivamassan osuus kasvoi puun koon kasvaessa. Keski-kokoisissa oksissa (läpimitta 0,3...2 cm) sekä puuaineen että kuoren kuivamassojen osuus aleni rinnankorkeusläpimitan kasvaessa. Pienien oksien (läpimitta alle 0,3 cm) osuuteen puun koko vaikutti hyvin vähän.



Kuva 25. Kokopuun kuivamassan jakautuminen rungon ja erikokoisten oksien kuoreen ja puuaineeseen rinnankorkeusläpimitan mukaan. Fig. 25. Distribution of dry weight of whole tree between stem and bark and wood of branches of different size as a function of breast height diameter.



Kuva 24. Kokopuun kuivamassan jakautuminen runkoon ja oksiin rinnankorkeusläpimitan mukaan. Fig. 24. Distribution of dry weight of whole tree between stem and branches as a function of breast height diameter.

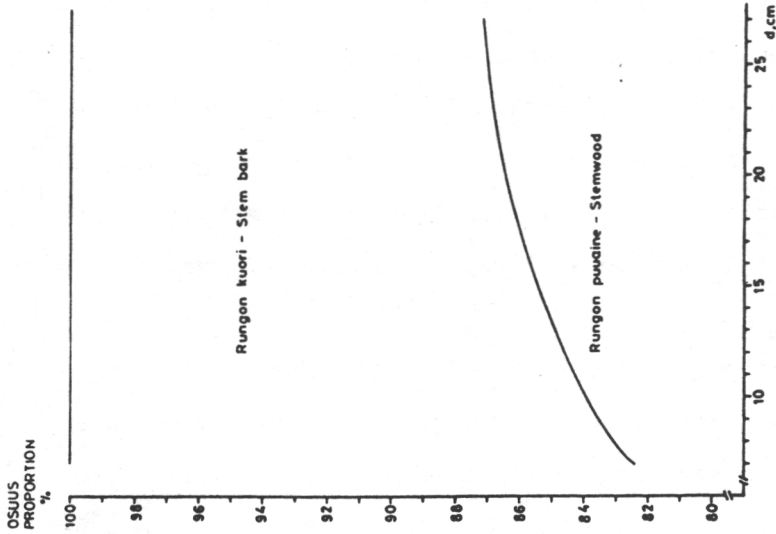
Puuaineen osuus rungon kuivamassasta kohosi puun koon kasvaessa. Rinnankorkeusläpimitaltaan 7 cm puissa puuaineen osuus oli 82,4 % ja 27 cm puissa se oli 87,2 % (kuva 26).

Kuvassa 27 on esitetty eri oksakomponenttien osuudet oksien kuivamassasta erikokoisissa puissa. Puun koon vaikutus oli suuri, kuten seuraavasta jaotelmasta käy ilmi.

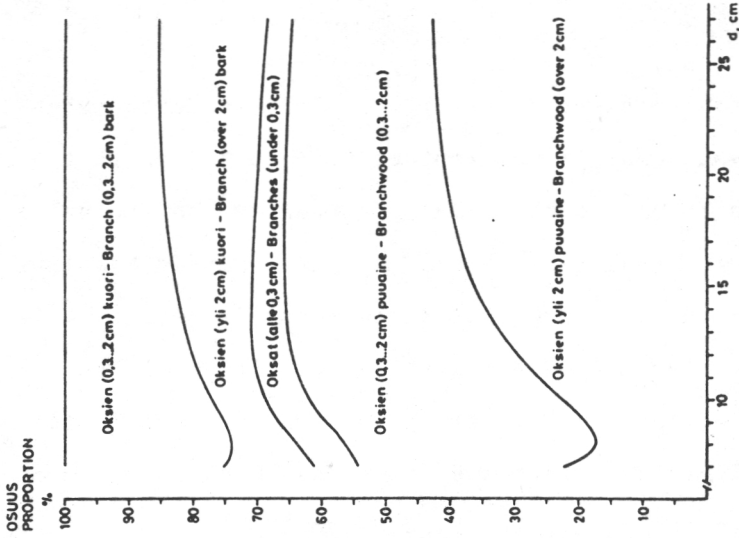
	Osuus oksien kuivamassasta, %	
	$d_{1,3}=10$ cm	$d_{1,3}=27$ cm
Oksat yli 2 cm		
puuaine	22,5	42,8
kuori	8,1	16,6
Oksat 0,3...2 cm		
puuaine	39,4	22,1
kuori	23,0	14,5
Oksat alle 0,3 cm	7,0	4,0

Läpimitaltaan yli 2 cm olevien oksien osuus oksien kuivamassasta lisääntyi selvästi puun koon kasvaessa ja vastaa- vasti ohuempien oksien (0,3...2 cm ja alle 0,3 cm) osuus väheni. Rinnankorkeusläpimitaltaan 10 cm puissa yli 2 cm paksuisten oksien osuus oli 30,6 % ja alle 2 cm paksuisten oksien osuus 69,4 % oksien kuivamassasta. Vastaavat luvut rinnankorkeusläpimitaltaan 27 cm puissa olivat 59,4 % ja 40,6 %.

Oksien kokonaiskuivamassasta puuaineen osuus (yli 0,3 cm paksuiset oksat) kasvoi puun koon kasvaessa rinnankorkeusläpimitaan 15 cm asti, jonka jälkeen se pysyi likimain



Kuva 26. Rungon kuivamassan jakautuminen kuoreen ja puuaineeseen rinnankorkeusläpimitan mukaan.  
Fig. 26. Distribution of dry weight of stem between wood and bark as a function of breast height diameter.



Kuva 27. Kuivamassan jakautuminen erikokoisten oksien kuoreen ja puuaineeseen rinnankorkeusläpimitan mukaan.  
Fig. 27. Distribution of dry weight of branches of different size as a function of breast height diameter.

vakiona. Vastaavasti kuoren ja alle 0,3 cm paksuisten kuorellisten oksien osuus aleni.

## 5. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen tulokset osoittavat monin osin, että tervaleppää koskevat samat lainalaisuudet kuin muita lehtipuita. Niinpä voitiin todeta, että tervalepän puuaine on talvella kosteampaa kuin kesällä. Kuori käyttäytyy päin vastoin. Samat tulokset on saatu myös muilla lehtipuilla (esim. Srivastava 1964, Sachsse 1969, 1971, Phillips ja Schroeder 1973). Edelleen havaittiin, että puun eri osia ajatellen kosteutta oli eniten lehdissä ja pienissä oksissa. Myös tämä vastaa yleistä käsitystä (Kärkkäinen 1977).

Tärkeimmät tulokset koskevat luonnollisesti biomassaa ja sen jakautumista eri komponentteihin. Tulosten mukaan ylivoimaisesti ratkaisevin merkitys on rungon puuaineella, jota on 3/4 kaikesta biomassasta kuitupuukokoisten puiden ollessa kyseessä. Osuus on likimain vakio rinnankorkeuslämpimitaltaan yli 6 cm puissa, joskin lievästi kohoava.

Oksissa on puuainetta suhteellisesti vähemmän kuin rungossa, ts. kuoren osuus on suurempi. Vastaava tulos on saatu lukuisilla havu- ja lehtipuilla (esim. Hakkila 1969, 1971, Kärkkäinen 1976, Björklund ja Ferm 1982). Oksien puuaine ei ole kuitenkaan merkityksetön: tulosten mukaan rungon ja oksien puuaine muodostaa 79...84 % koko puubiomasasta ilman lehtiä. Osuus kohoaa puun koon kasvaessa, ilmeisesti oksien järeytymisen vuoksi. Oksien puupitoisuus ei

kuitenkaan enää nouse rinnankorkeuslähpimitaltaan yli 13 cm tervalepissä, vaan pikemminkin laskee ilmeisesti oksien haaroittumisen aiheuttaman oksapalojen keskikoon pienenemisen vuoksi.

Nyt saadut tulokset puun muodon vaikutuksesta biomassaan ja sen jakautumiseen saavat yhtä lailla tukea aiemmista tutkimuksista. Eriyisen tärkeä on havainto, että rinnankorkeudeltaan samanlaisissa puissa puun lyheneminen merkitsee oksien absoluuttisen määrän ja suhteellisen osuuden kasvua. Tämä tulos oli havaittavissa jo tuoremassan mukaisissa ennakkotuloksissa (Björklund ja Kärkkäinen 1982). Samanlaisia tuloksia on esitetty myös havupuista (Hakkila ym. 1978, Kanninen ym. 1979).

Tutkimuksen tärkein käytännöllinen tulos on esitetty taulukoissa 5...7. Taulukosta 5 selviää rinnankorkeuslähpimitaltaan ja pituudeltaan erilaisten tervaleppien kuiva, lehdetön biomassa ja sen jakautuminen runkoon ja oksiin. Sitä käyttäen voidaan arvioida mm. yksittäisistä puista saatavan biomassan määrää. Taulukossa 7 on esitetty vastaavasti kokopuukertoimet. Niitä voidaan käyttää silloin kun rungon biomassa on tiedossa ja halutaan arvioida, millainen biomassalisä oksista saadaan. Taulukko 6 on taas käyttökelpoinen silloin, kun halutaan tietää erilaisten tervaleppien sisältämän kuorettoman puuaineen määrä ja sen jakautuminen rungossa ja oksissa olevan puuaineen kesken.

Taulukoiden tarkkuudesta ei ole toistaiseksi tietoa, koska laskettuja tuloksia ei ole voitu verrata riippumatto-

miin aineistoihin. Esitettyjen kuivamassayhtälöiden suhteellisen alhaiset jäännöshajonnat viittaavat joka tapauksessa siihen, että ainakin lähtöaineistoonsa uudelleen sovellettuna saadut tulokset ovat tyydyttävän yhdenmukaiset alkuperäisten havaintojen kanssa.

## KIRJALLISUUTTA

- AARON, J.R. 1963. An interim report on field trials of treated and untreated round fencing timber. Extr. from Rep. For. Res. For. Comm., Lond. 1961/62:133-137. Ref. FA 1964 No 1385.
- ALESTALO, A. & HENTOLA, Y. 1967. Leppä sulfaattikeitossa. Summary: Alder in sulphate pulping. Paperi ja Puu 49(1):25-27.
- ANUČIN, N.P. 1963. (Assortment tables.) 5th ed. Goslesbumizdat. Moscow. 469 s. Ref. FA 1964 No. 2569.
- BADANOIU, G. 1970. (Experimental utilization of the wood of various species in the production of fibreboards.) Industr. Lemn. 21(7):246-253. Ref. FA 1972 No. 1778.
- BENIČ, R.A. 1961. The variation of some physical properties of wood in the stem of black alder (Alnus glutinosa). IUFRO 13. Kongress, Wien, Proceedings 41/6:1-10.
- BJÖRKLUND, T. & FERM, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaalepän biomassa ja tekniset ominaisuudet. Abstract: Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder. Folia For. 500:1-37.
- & KÄRKKÄINEN, M. 1982. Koivun ja tervalepän kokopuukertoimet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 80:1-11.
- BOXSEM, W. 1972. (Windbreak investigation in the northern part of North Holland.) Ned. Bosb. Tijdschr. 44(5):109-119. Ref. FA 1973 No. 299.

- BRUUN, H. , AHLKOG, B. & PETERSSON-FERNHOLM, F. 1958. Investigations on porous wood as pulp raw material. 2. Sulphate pulps of aspen (Populus tremula L.) and black alder (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.). Paperi ja Puu 40(2):35-43.
- BRUUN, H.H. & SLUNGAARD, S. 1959. Investigations of porous wood as pulp raw material. 3. Fibre dimensions of several NW European wood species. Paperi ja Puu 41(2):31-34.
- BUCCIANTI, M. 1970. (Trials of new methods of protection against salt sea winds in Versilia.) Monti e Boschi 21(2):25-33. Ref. FA 1970 No. 6583.
- CARRÉ, J. 1974. (Wood as raw material, and its effect on the properties of particle boards.) Bull. Rech. Agron. Gembloux 9(3):277-316. Ref. FA 1976 No. 5409.
- CHRISTENSEN, M. 1976. (The Germans plant alongside water-courses to prevent the growth of water weeds.) Hede-selsk. Tidsskr. 97(8):164-165. Ref. FA 1977 No. 3524.
- CONDON, L. & O'CARROLL, N. 1975. Notes on afforestation of open-cast mining site at Rossmore Forest (Co. Carlow.). Irish For. 32(2):115-117. Ref. FA 1976 No. 6730.
- DAVIDOV, M.V. 1939. (The productivity of Black Alder plantations created by sowing.) Lesn. Hož. (11):30-34. Ref. FA 1939-40.
- 1966. (Yield of Alnus glutinosa plantations.) Lesn. Ž. 9(2):7-12. Ref. FA 1967 No. 4385.
- 1976. (Features of the growth of Alnus glutinosa

- stands.) Lesn. Hož. (8):43-45. Ref. FA 1977 No. 3730.
- DECEI, I. 1964. (Bark % in Quercus sessiliflora compared with other species.) Rev. Pădurilor 79(2):89-91. Ref. FA 1965 No. 1020.
- DIMITROVSKÝ, K. & VESECKÝ, J. 1969. (Influence of forest stands on soil formation on spoil mounds.) Lesnictvi 15(6):539-558. Ref. FA 1970 No. 6343.
- DROUET, T. & TATAR, M. 1975. (Processing trials on waste wood of some hardwood species for three-layered particle board.) Prace Instytutu Technologii Drewna 22(1/2):45-63. Ref. FA 1977 No. 2020.
- ERIKSSON, H. 1973. Volymfunktioner för stående träd av ask, asp, klipbal och contorta-tall. Summary: Tree volume functions for ash, aspen, alder and lodgepole pine in Sweden. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsprod. Skogshögsk. 26:1-26.
- ERTELD, W. 1953. (Extracts from yield tables for use in practice, based on yield tables by Schwappach and Wiedemann.) Neumann Verlag. Radebeul. 62 s. Ref. FA 1955 No. 3278.
- FILONOV, A.A. , BELOVA, T.P. & SHCHERBININ, A.A. 1976. (Effect of the species of wood on the hardness of particle boards.) Lesn. ž. (2):69-71. Ref. FA 1977 No. 2018.
- (Forest inventories. Volume tables for the Hidalgo region of Michoacan.) 1963. Bol. Com. For. Michoacan No.14 27 s. Ref. FA 1965 No. 5568.
- FRAIPONT, L. 1969. (The suitability of native (Belgian) species for the manufacture of fibreboard. Part 3.)

- Rapp. Sta. Tech. For., Gembloux 1968 .  
s.332-401. Ref. FA 1970 No. 5591.
- GÄEL', A.G. , SMIRNOVA, L.F. & TÄLLI, P.G. 1977. (Experimental afforestation of the sands of Hiiumaa Island off the Estonian coast with black alder.) Metsanduslikud Uurimused 13:104-117. Ref. FA 1980 No. 571.
- GERGELY, I. 1973. (Comparative investigation of different hardwood semichemical pulps.) Papiripar 17(1):1-6. Ref. FA 1974 No. 5655.
- GEYER, W.A. 1981. Growth, yield and woody biomass characteristics of seven short-rotation hardwoods. Wood Sci. 13(4):209-215.
- GIEFING, D. & MILER, Z. 1978. (Assessment of occluded knots in certain tree species from bark features.) Sylvan 122(10):59-68. Ref. FA 1982. No. 4656.
- GIORDANO, G. 1949. (Alder and Robinia coppice of the plain of Piedmont.) Ital. for. mont. 4(1):25-34. Ref. FA 1949-50 No. 219.
- GLAVÁČ, V. 1972. Über Höhenwuchsleistung und Wachstumsoptimum der Schwarzerle auf vergleichbaren Standorten in Nord-, Mittel- und Südeuropa. Schriftenr. Forstl. Fak. Göttingen 45:1-61.
- GOTTBERG, C.J. 1978. Klippalen i landskapsplaneringen. Summary: Black alder in landscape management. Dendrologian seuran tiedotuksia 9(2):55-59,70-71.
- HAARLAA, R. & KÄRKKÄINEN, M. 1982. Tervalepän kuitujen pituus. Summary: Fibre length in black alder. Silva Fenn. 16(4):343-350.
- HAKKILA, P. 1969. Weight and composition of the branches

- of large Scots pine and Norway spruce trees. Lyhen-  
 nelmä: Järeitten mänty- ja kuusipuitten oksien  
 paino ja koostumus. Commun. Inst. For. Fenn.  
 67(6):1-37.
- 1970. Basic density, bark percentage and dry  
 matter content of grey alder (Alnus incana). Se-  
 loste: Harmaalepän puuaineen tiheys, kuoriprosentti  
 ja kuiva-ainesisältö. Commun. Inst. For. Fenn.  
 71(5):1-33.
- 1971. Coniferous branches as a raw material  
 source. Tiivistelmä: Havupuun oksat raaka-aineläh-  
 teenä. Commun. Inst. For. Fenn. 75(1):1-60.
- KALAJA, H., SALAKARI, M. & VALONEN, P. 1978.  
 Whole-tree harvesting in the early thinning of pine.  
 Seloste: Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuk-  
 sessa. Folia For. 333:1-58.
- HARABIN, Z. & KLEIN, T. 1973. (Growth and development of  
 trees on a slag heap.) Sylwan 117(1):63-69. Ref.  
 FA 1973 No. 6964.
- HILDÉN, N.A. 1929. Kontusaaren tervalepikkö. Referat:  
 Der Schwarzerlenbestand von Kontusaari. Acta For.  
 Fenn. 34(27):1-28.
- 1930. Tervalepän metsätaloudellisesta arvosta.  
 Metsät. Aikakausk. 47:51-59.
- Hilfstafeln für Forsttaxatoren. 1948. (Auxiliary tables  
 for forest mensuration officers.) Grosshessisches  
 Forsteinrichtungsamt Kassel. 52 s. Ref. FA  
 1949-50 No. 2361.
- HOLMSGÅRD, E. & JAKOBSEN, B. 1970. Barktykkøelser og  
 barkprocenter for løv- og nåletraer. Summary: Bark

- thickness and bark percentage for hardwoods and conifers. Forstl. Forsøgsv. Danm. 32(3):265-294.
- HORNDASCH, M. 1980. (Black alder (Alnus glutinosa) as an accessory tree species for stand stabilization.) Allgem. Forstzeitschr. (24):628-629. Ref. FA 1982 No. 3242.
- HORVAT, I. 1960. (Physical and mechanical properties of Alnus glutinosa.) Šum. List 84 (9/10):273-289. Ref. FA 1961 No. 3567.
- HURME, S. 1971. Tervaleppää ojitetuille soille. Metsälehti 38(6):7.
- JENSEN, C.E. 1964. Algebraic description of forms in space. USDA For. Serv. Central States For. Exp. Sta. 57 s.
- 1973. Matchacurve-3: Multiplecomponent and multi-dimensional mathematical models for natural resource studies. USDA For. Serv. Res. Pap. INT-146:1-42.
- 1976. Matchacurve-4: Segmented mathematical descriptors for asymmetric curve forms. USDA For. Serv. Res. Pap. INT-182:1-16.
- 1979.  $e^{-k}$ , a funktion for the modeler. USDA For. Serv. Res. Pap. INT-240:1-9.
- & HOMEYER, J.W. 1970. Matchacurve-1 for algebraic transforms to describe sigmoid - or bell - shaped curves. USDA For. Serv. Intern. For. Range Exp. Sta. 22 s.
- & HOMEYER, J.W. 1971. Matchacurve-2 for algebraic transforms to describe curves of the class  $x^n$ . USDA For. Serv. Res. Pap. INT-106:1-39.

- JUKNA, A.D. & TYLTINŠ, K.K. 1956. (Physical and mechanical properties of the wood of Alnus glutinosa growing in the Latvian S.S.R.) Latvijās PSR Zinatnu Akademijas Vestis (3):69-74. Ref. FA 1958 No. 917.
- KANNINEN, K., UUSVAARA, O. & VALONEN, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole-tree raw material. Folia For. 403:1-53.
- KELEBERDA, T.N. & DAN'KO, V.N. 1979. (Biological methods of accelerating the growth of plantations on industrial tips.) Lesn. Hož. (4):44-46. Ref. FA 1980 No. 3822.
- KIVINEN, E. 1933. Leppä maaperän typpivarojen lisääjänä. Metsät. Aikakausk. 50:191-195.
- KLEPAC, D. 1962. (Calculation of maximum production in natural forests.) Šum. List 86(9/10):330-339. Ref. FA 1964 No. 1116.
- KORSUN, F. 1966. (Volume and yield tables for Alder (Alnus glutinosa)). Lesn. Cas. 12(9):839-856. Ref. FA 1967 No. 4300.
- KOZLOVSKIJ, V.B. & PAVLOV, V.M. 1967. (Yield tables for the main forest forming species in the U.S.S.R.) Izdatel'stvo "Lesnaya Promyshlennost". Moscow. 327 s. Ref. FA 1968 No. 4397.
- KUBIAK, M. & GIEFING, D. 1973. (Evaluation of knots in Alnus glutinosa from the dimensions of bark scars.) Sylwan 117(1):33-39. Ref. FA 1973 No. 6655.
- KUJALA, V. 1924. Tervaleppä (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.) Suomessa. Kasvimaantieteellinen tutkimus. Referat:

- Die Schwarzerle (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.) in Finnland. Pflanzengeographische Untersuchung. Commun. Inst. For. Fenn. 7:1-301.
- 1954. Tervalepstä. Suomen Luonto. Suomen luonnonsuojelun vuosikirja 1954. 13:40-49.
- KÄRKKÄINEN, M. 1976. Puun ja kuoren tiheys ja kosteus sekä kuoren osuus koivun, kuusen ja männyn oksissa. Summary: Density and moisture content of wood and bark, and bark percentage in the branches of birch, Norway spruce, and Scots pine. Silva Fenn. 10(3):212-236.
- 1977. Puu. Sen rakenne ja ominaisuudet. 442 s. Helsinki.
- LAPINSKA, I. & SUREWICZ, W. 1976. (Optimization of management of hardwood resources in the pulp and paper industry.) Przegląd Papierniczy 32(11):405-410. Ref. FPA 1978 No. 832.
- LATOCHA, E. 1975. (Appraisal of the growth and development of young plantations and thickets established for the rehabilitation of (fume-damaged) conifer stands in the Upper Silesian and Krakow industrial regions.) Sylwan 119(4):14-24. Ref. FA 1976 No. 1682.
- 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 willow (Salix caprea L.) wood and pulp. Folia For. 344:1-19.
- MIKOLA, P. 1959. Liberation of nitrogen from alder leaf litter. Seloste: Typen vapautuminen lepän lehtika-

- rikkeista. Acta For. Fenn. 67.1:1-10.
- 1978. Tervaleppä typensitojana. Summary: Nitrogen fixation of alder. Dendrologian seuran tiedotuksia 9(1):18-22,38-39.
- MILER, Z., GIEFING, D. & WOŁODKIEWICZ, H. 1973. (Distribution and character of burrs and knots as a basis for evaluation of wood quality in Alnus glutinosa.) Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Lesnych 36:129-137. Ref. FA 1976 No. 2591.
- MOISEENKO, F.P. & ZERNOV, V.I. 1970. (Volume and value tables for simplified evaluation of standing trees.) Izdatel'stvo Lesnaya Promyshlennost. Moscow. 520 s. Ref. FA 1972 No. 1204.
- MORIN, M.J. 1974. NSSC pulping of young European Black Alder (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.). Tappi 57(6):133-135.
- MOŠKALEV, A.G., NAHABCEV, I.A. & PIŠČELIN, M.I. 1966. (New tables for forest inventory.) Lesn. Hož. 19(5):48-51. Ref. FA 1967 No. 2653.
- MURKO, D. 1970. (Extractives of Alder wood and bark.) Kem. Ind. 19(7):363-365. Ref. FA 1973 No. 4233.
- MÄKINEN, A. 1964. Havaintoja tervaleppäkasvustoista vesijättömaalla. Summary: Observations on the alder growths on formerly water-covered land. Suo 15(1):16-22.
- 1978. Tervaleppän kasvupaikoista ja ekologiasta Suomessa. Summary: The habitats and ecology of black alder (Alnus glutinosa) in Finland. Dendrologian seuran tiedotuksia 9(1):6-17,37-38.
- NECESANY, V. 1968. (Principles of wood utilization in the

- pencil industry.) Drevo 23(7):234-237. Ref. FA 1969 No. 4793.
- OLSZEWSKI, J. 1975. (The suitability of some types of hardwoods for production of semichemical pulps to be used in the manufacture of corrugated paper.) Przeglad Papierniczy 31(7/8):281-286. Ref. FA 1976 No. 6439.
- OZOLINS, R. 1971. (Analytical method of determining the form of stems.) Latvijas Lauksaimniecibas Akademijas Raksti 36:51-55. Ref. FA 1973 No. 5941.
- PETSCH, G. 1978. (Observations on the behaviour of stands and groups of trees in pollution damaged areas of forest used for recreation in the Ruhr district.) Schweiz. Z. f. Forstwesen 129(5): 353-361. Ref. FA 1980 No. 5978.
- PHILLIPS, D.R. & SCHROEDER, J.G. 1973. Some physical properties of yellow-poplar wood and bark. Part I. - Seasonal moisture content. Wood Sci. 5(4):265-269.
- POTSKHVERASHVILI, B.S., MURGULIYA, L.S. & KUKHALASHVILI, N.SH. 1972a. (Multistage pulping of Alderwood.) Tr. Tbilisskogo NII Lesnoi Prom. (3):248-259. Ref. FA 1975 No. 478.
- , MURGULIYA, L.S. & PANOZISHVILI, K.P. 1972b. (Development of methods for the production of pulp and semichemical pulp by the sulfite method from Alderwood.) Tr. Tbilisskogo NII Lesnoi Prom. (3):123-124. Ref. FA 1975 No. 479.
- , ONIKASHVILI, E.G. & MARGULIYA, L.S. 1972c. (Bisulfate semichemical pulp from wood waste and branches of Alderwood.) Tr. Tbilisskogo NII Lesnoi

- Prom. (3):260-267. Ref. FA 1974 No. 7954.
- RADWANSKI, B. 1974. (Volume and taper tables for stem sections of Alder.) Prace Instytutu Badawczego Lesnictwa 469. 234 s. Ref. FA 1975 No. 6488.
- RUBCOV, V.I. 1969. (The growth and quality of Alnus glutinosa of seedling and coppice origin in an Urtica-type Alnetum.) Lesn. Ž. 12(6):141-142. Ref. FA 1970 No. 6931.
- RUSINYA, N.A. & BALOD, V.V. 1978. (Trial preservation of small-sized timber: posts of broadleaved and coniferous species.) Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis (3):122-125. Ref. FPA 1978 No. 2404.
- SACHSSE, H. 1969. Über die jahreszeitlichen Feuchtigkeitschwankungen in der Rinde lebender Robusta-Pappeln. Holz Roh- u. Werkstoff 27(2):55-66.
- 1971. Der Feuchtgehalt von Buchen Industrieholz. Holz Roh- u. Werkstoff 29(2):56-66.
- SALMI, J. 1977. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa II: Lehtipuut A...N. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, tiedonantoja 35:1-282.
- 1978. Tervalepän puuaine ja käyttö. Summary: On the properties and utilization of black alder wood. Dendrologian seuran tiedotuksia 9(3):75-78,102.
- SAUCIER, J.R. 1977. Growth and survival of European black alder and sycamore on upland and bottomland sites. USDA For. Serv. Res. Note SE-248:1-6. Ref. FA 1979 No. 444.
- SCHALIN, I. & SEPPÄLÄ, K. 1964. Tervalepän istutuksen onnistumisesta. Summary: Survival of planted black alder (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.). Suo

15(3):45-50.

SCHLÄTZER, G. 1970. (Rambles in the Desert Arboretum.)  
Dansk Dendrologisk Årsskrift 3(2):143-158. Ref. FA  
1973 No. 1655.

SCHOBER, R. (toim.) 1952. Grundner und Schwappach Massen-  
tafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender  
Waldbäume und Waldbestände. 10. völlig neuarbei-  
tete Auflage. Paul Parey. Berlin-Hamburg. 216 s.

SCHUTE, R. & KRÜGER, F. 1969. (Stabilization of denuded  
roadside banks.) Allg. Forstzeitschr.  
24(42):810,812. Ref. FA 1970 No. 1866.

SCHWAPPACH, A. 1902. Untersuchungen über Zuwachs und Form  
der Schwarzerle. Verlag J. Neumann. Neudamm. 41  
s.

SHETRON, S.G. & CARROLL, D.A. 1977. Performance of trees  
and shrubs on metallic mine mill wastes. Journal of  
Soil and Water Conservation 32(5):222-225. Ref. FA  
1979 No. 356.

SINEL'ŠČIKOV, R.G. 1961. (The ages of maturity of Alnus  
glutinosa in the basin of the middle Don and its  
tributaries.) Lesn. Ž. 4(6):31-34. Ref. FA 1962  
No. 5720.

SIRÉN, G., JENSEN, W. & LÖNNBERG, B. 1974. Short-rotation  
wood in pulp for papermaking. Symposium Internaci-  
onal EU CE PA, Madrid. Paper No. 2. 26 s. Ref.  
FA 1975 No. 1770.

Sortimentyne tablitsy dlya taksatsii sosny, eli, pikhty,  
đuba, buka, yasnya, klena, graba, osiny, berezy,  
ol'khi, lipy i akatsii beloi. 1973. (Assortment  
tables for Pine, Spruce, Fir, Oak, Beech, Ash,

- Maple, Hornbeam, Aspen, Birch, Alder, Lime and Robinia.) Kiev, USSR, Budivelnik. 443 s. Ref. FA 1974 No. 6322.
- SRIVASTAVA, L.M. 1964. Anatomy, chemistry, and physiology of bark. In: ROMBERGER, J.A. & MIKOLA, P. International review of forestry research. Vol. I. s. 203-277.
- SUREWICZ, W., WANDELT, P. & KRYCZKA, M. 1977. (High-quality bleached kraft pulps from hardwood mixtures.) Przeglad Papierniczy 33(12):437-444. Ref. FPA 1980 No. 685.
- Uusien visapuulajien etsintä toi neljä täysosumaa. 1966. Metsälehti 34(7):1-2.
- VILJAMAA, V. 1949. Lepän merkitys metsänhoidossa. Metsämies 40(9):268-270.
- WANDELT, P., SUREWICZ, W. & KRYCZKA, M. 1976. (Black alder wood as raw material for the production of bleached sulphate pulp.) Przeglad Papierniczy 32(12):445-450. Ref. FPA 1978 No. 1436.
- WECK, J. 1954. Forstliche Hilfstabellen zur Abschätzung von Waldbeständen. 2. ergänzte Auflage. Neumann Verlag. Radebeul und Berlin. 32 s.
- WIEDEMANN, E. 1949. (Yield tables for the chief tree species (of Germany) under various grades of thinning and for several types of mixed stand, with graphical illustrations.) M. & H. Schaper. Hannover. 100 s. Ref. FA 1950-51 No. 1634.
- WNUK, M. & DZIEDZIC, L. 1968. (Effect of pressing conditions on the moisture content, thickness and density of particle boards made from false heart and sound

- wood of Alnus glutinosa.) Prace Inst. Tech. Drewna 15(2):103-116. Ref. FA 1969 No. 1573.
- YLI-VAKKURI, P. 1978. Tervaleppä - unohdettu puulajimme. Summary: Black alder - our neglected tree species. Dendrologian seuran tiedotuksia 9(2):43-54,69-70.
- ZAHAROV, V.K. 1960. (New points on ways of determining bark volume.) Lesn. Ž. 3(3):10-14. Ref. FA 1961 No. 4884.
- ZELETIN, P.I. ym. 1957. (Mensurational tables.) Editura Agro-Silvica, Bucharest 132 s. Ref. FA 1959 No. 833.
- ZIMMERLE, H. 1942. Untersuchungsergebnisse bei der Schwarzerle. Allg. Forst.-u. Jagdztg. 118:297-308.
- ÖSTLIN, E. 1963. Barkuppgifter för tall, gran, björk m. fl. Del 1. Barkuppgifter för län, regioner. Summary: Bark data for Pine, Spruce, Birch, etc. Part 1. Bark data for provinces and regions. Rapp. Uppsats. Instn. Skogstax. Skogshögsk. No. 5. 146 s.

## SUMMARY

The black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) is a southern Finnish species of tree found in small stands particularly on sea and lake shores and wet peat-moors. Its forest-economic significance has been slight due to the scarcity of the species, although it has always excited some interest, for instance due to its nitrogen fixation capability. Therefore it has been deemed advisable to study the bio mass of that part of the tree which is above ground.

In all, 24 small alder stands in southern Finland were chosen as study objects. A total of 20 test trees from each stand, 480 trunks in all were felled, evenly from all breast height diameter classes.

In the field the trees were measured for various kinds of characteristic forest mensuration science values, as well as for the green weight of the stem, top and branches. The stem was cut into sections at 1...2 m intervals for laboratory testing. The branches were bunched, and the bunches cut at stated intervals for later laboratory testing. Test pieces of branches were taken in such a way that it was possible to determine the proportions of stemwood, bark, and leaf in branch mass. The leaf quantity could only be determined through material gathered in the summer, from a total of 13 stands.

Laboratory tests of the sections showed the green and dry weights of the stemwood and stem bark. These values

were applied to the entire stem weighed at the felling site. Corresponding measurements were taken for branch samples, thus determining the proportion of stemwood, bark and leaves of the whole mass, both green and dry.

The various measurements were combined to supply the dry weight of the above-ground portions of the whole alder trees, as well as the proportions between the various components. Regression equations were drawn up for forecasting the proportions of the components; breast height diameter and tree height were used as descriptive factors. The forecast equations became quite complicated, due to the fact that possible faults as far as the various descriptive factors were eliminated by thorough residual examination.

The results showed that the most significant factor was the stemwood, which accounted for  $3/4$  of the entire dry weight, where pulpwood size stems were concerned. The proportion is nearly constant in trees with breast height diameter exceeding 6 cm, although rising slightly.

There is quite naturally less stemwood in branches than in stems, i e the proportion of bark is higher. Branch stemwood, however, is not insignificant: the stemwood of stems and branches is 79...84 % of the whole mass. The proportion rises slightly with increased tree size, mainly due to the thickening of branches. However, when considering only branches, the increase in tree size does not increase wood content in trees exceeding 13 cm. In fact, wood content in branches even decreases, probably due to their rami-

fication.

From the point of view of wood quality it was significant to note that stem shape clearly affected branchiness. In trees with identical breast height diameter, the shortening of the tree resulted in an absolute and proportional increase in branches. Similar observations have been made for conifers as well.

So far there is no information on the accuracy of the equations and tables that resulted from the study, since they have not been tested on independent material. Low residual dispersion, however, seems to indicate that if reapplied to the original material, the results are reasonably similar to the original results.





ISBN 951-40-0948-7  
ISSN 0358-4283