

# FOLIA FORESTALIA 534

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

---

---

EINO MÄLKÖNEN JA ANNA SAARSALMI

HIESKOIVIKON BIOMASSATUOTOS JA  
RAVINTEIDEN MENETYS KOKOPUUN  
KORJUUSSA

BIOMASS PRODUCTION AND NUTRIENT  
REMOVAL IN WHOLE TREE HARVESTING  
OF BIRCH STANDS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koemasemalla. Tutkimus- ja koetointia varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The Institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

# FOLIA FORESTALIA 534

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Eino Mälkönen ja Anna Saarsalmi

## HIESKOIVIKON BIOMASSATUOTOS JA RAVINTEIDEN MENETYS KOKOPUUN KORJUUSSA

Biomass production and nutrient removal in  
whole tree harvesting of birch stands

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	3
21. Koealat .....	3
22. Näytteiden keruu .....	5
23. Aineiston käsittely .....	5
3. TULOKSET .....	6
31. Puuston biomassa ja sen vuotuinen tuotos .....	6
32. Puustoon sitoutuneiden ravinteiden määrä .....	8
33. Ravinteiden menetys kokopuun korjuussa .....	8
4. TULOSTEN TARKASTELUA .....	12
YHTEENVETO .....	13
KIRJALLISUUS .....	14
SUMMARY .....	15

MÄLKÖNEN, E. & SAARSALMI, A. 1982. Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia For.* 534:1—17.

Tutkimuksessa tarkastellaan puuston maanpäällisen biomassan jakautumista, sen vuotuista kokonaistuotosta ja siihen sitoutuneita ravinnemääriä (N, P, K ja Ca) kahdessa käenkaali-musikkatyypin hieskoivikossa. Lisäksi pyritään arvioimaan, miten eri vuodenaikoina suoritettu kokopuun korjuu vaikuttaa ravinteiden menetykseen.

Kenttämittaukset suoritettiin kahdessa hieskoivikossa, joissa kummassakin oli kolme koelaa. Puuston kuiva-ainemäärä arvioitiin koelaittain 20 koepuun perusteella käyttäen regressioarviointimenetelmää.

Kokopuun korjuussa tapahtuvaa ravinnemennyttä selvitettiin kolmena eri korjuuajankohtana: keväällä, loppukesällä ja myöhäissyksyllä. Tulosten mukaan korjuun ajankohta vaikutti suhteellisen vähän ravinteiden menetykseen. Tähän suuntaan vaikuttavia tasoittavia tekijöitä ovat puun sisäinen ravinnekierto ja lehtien osittainen variseminen kesäaikaisessa korjuussa.

The distribution of the biomass of the above-ground parts of the tree stand, the annual total production and the amounts of nutrients (N, P, K and Ca) bound in the biomass in two *Betula pubescens* stands growing on sites of the *Oxalis acetosella* — *Vaccinium myrtillus* site type were examined in the study. In addition, the effect on nutrient losses of whole-tree harvesting carried out at different times of the year was estimated.

The field measurements were carried out in two *B. pubescens* stands, each containing three sample plots. The amount of dry matter in the tree stand was estimated on the basis of measurements carried out on 20 sample trees using the regression estimation method.

Nutrient losses during whole-tree harvesting were determined at three different times of the year: spring, late summer and late winter. The time of year when harvesting is carried out appears to be of no decisive importance from the point of view of nutrient losses. The partial shedding of leaves during harvesting and the internal nutrient cycle of the trees are factors contributing towards a more even distribution of nutrient losses at different times of the year.

ODC 537 + 176.1 *Betula pubescens* + 114.58 + 181.65  
ISBN 951-40-0588-0  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

## 1. JOHDANTO

Puun entistä tarkempaan talteenottoon on suhtauduttu yleensä myönteisesti, onhan kysymyksessä kotimainen uudistuva luonnonvara. Pienpuun käytön lisäämistä on suositeltu myös metsänhoidollisin perustein (Hakkila ym. 1978). Puun kokonaiskäyttö onkin voimakkaasti yleistymässä sitä mukaan, kun korjuutekniikan kehittäminen antaa siihen mahdollisuuksia (Hakkila ja Kalaja 1980, 1981).

Hieskoivu (*Betula pubescens*) on ekologisesti voimakkaana ja melko nopeasti tyvi-veisoista uudistuvana huomionarvoinen puulaji lyhytkiertoviljelyssä (Hakkila ym. 1978). Lisäksi maassamme on runsaasti luontaisesti syntyneitä hieskoivikoita, jotka sellaisenaan saattavat soveltua lyhytkiertokasvatukseen. Hieskoivun runkopuun tuotoksesta ja kasvatuksen taloudellisuudesta on esitetty tuloksia laajoihin tutkimusaineistoihin perustuen (Koivisto 1959, Keltikangas ja Seppälä 1977, Saramäki 1977, Raulo 1981). Sen sijaan koivikon kokonaisbiomassan ja sen vuotuisen tuotoksen määrää on tarkasteltu vain esimerkin luonteisesti (Mälkönen 1977, Issakainen 1980).

Kokopuun korjuusta aiheutuu kuitenkin monitahoisia seurannaisvaikutuksia, joista lisääntyvä ravinteiden menetys voi rajoittaa menetelmän käyttöä tai ainakin vaatia toimenpiteitä haittojen eliminoimiseksi (Tamm 1969, Mälkönen 1976). Kasvupaikkojen tuo-

toskyvyn säilyttäminen on mainittu tärkeimmäksi kokopuun korjuusta aiheutuvaksi ekologiseksi ongelmaksi (Juutinen ym. 1979).

Kokopuun korjuun yleistyessä on käynyt yhä selvemmin ilmi, että tarvitaan ravinnetaselaskemia metsämaan tuotoskyvyn muutosten arvioimiseksi. Vaikka ravinnemennyksiä ei voidakaan suoranaisesti muuntaa puuntuotannollisiksi vaikutuksiksi, on korjuuhetken ravinnetaseen tarkastelulla kuitenkin tietty viitteellinen arvo ja sen perusteella on arvioitavissa ravintesuhteiden myöhempää kehitystä (Gordon 1981).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää hieskoivikon biomassan jakautumista, sen vuotuista kokonaistuotosta ja siihen sitoutuneita ravinnemääriä (N, P, K ja Ca). Lisäksi pyritään arvioimaan, miten eri vuodenaikoina suoritettu kokopuun korjuu vaikuttaa ravinteiden menetykseen. Tarkastelu rajoitetaan puuston maanpäälliseen osaan.

Tähän tutkimukseen on saatu rahoitusta SITRALta, ja lisäksi Kemira Oy ja Oy W. Rosenlew Ab ovat luovuttaneet koemetsiköt aineiston keräämiseksi. Kenttätöistä on pääosin vastannut erikoisteknikko Teuvo Levula ja tulosten laskennassa on avustanut LuK Marja Huotari. Tutkimus on tehty Eino Mälkösen laatiman suunnitelman mukaisesti, ja hän on Anna Saarsalmen suorittaman tulosten kokoamisen jälkeen viimeistellyt käsikirjoituksen. Kiitämme kaikkia työn valmistumiseen myötävaikuttaneita henkilöitä.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Koealat

Luonnontilaisen hieskoivikon biomassan tuotoksen, siihen sitoutuneiden ravinnemäärien ja kokopuun korjuusta aiheutuvan ravinnemennyksen selvittämiseksi perustettiin vuonna 1976 kaksi koetta, jotka sijaitsivat Siilinjärvellä (N 63°7', E 27°45', 115 m m.p.y.) ja Luvialla (N 61°25', E 21°38', 45 m m.p.y.). Kumpaankin kokeeseen kuului kolme koealaa, joiden koko oli 30 × 30 m.

Viiljavuuteensa puolesta koemetsiköt olivat käenkaali-mustikkatyyppejä. Molemmissa metsiköissä oli varsin vahva kangashumuskerros, sillä Siilinjärven

kokeella sen paksuus oli keskimäärin 9,0 cm ja Luvialla vastaavasti 7,0 cm. Maalaji oli Siilinjärven kokeella hietaa ja Luvialla hiekkaista moreenia. Luvian kokeella kivien tilavuus maan pintakerroksessa (0–30 cm) oli 45 %, mikä on otettu huomioon maan ravinnemääriä laskettaessa. Maa-analysien perusteella saadut pääravinteiden määrät esitetään metsikkökohdistaisesti taulukossa 1.

Siilinjärven koealue oli aiemmin ollut maatalouskäytössä, jolloin maan pintakerrosta oli muokattu kevyesti. Muokkauksesta aiheutunut sekoittuminen kuvastui selvästi kivennäismaan pintakerroksen happamuudessa ja C/N-suhteessa, sillä Siilinjärven kokeella

pH oli 4,5 ja Luvian kokeella 5,3 C/N-suhteen ollessa vastaavasti 26,2 ja 16,4.

Koemetsiköiden tärkeimmät puustotunnukset esitetään taulukossa 2. Siilinjärven koemetsikössä oli sekapuuna leppää, haapaa, pihlajaa ja pajua, joiden osuus kuutiomäärästä oli 18 %. Luviolla kuusen ja männyn muodostaman sekapuuston osuus kuutiomäärästä oli samoin 18 %.

Taulukko 1. Maan kokonaistypen, helppoliukoisen fosforin sekä vaihtuvan kaliumin ja kalsiumin määrä koemetsiköissä.

Table 1. The amount of total nitrogen, easily soluble phosphorus, and exchangeable potassium and calcium in the surface soil layer in the experimental stands.

Koe Experiment	Maakerros Soil layer	N <sub>tot</sub>	P <sub>kg/ha</sub>	K	Ca
Siilinjärvi	Humuskerros Humus layer	960	4,5	60	185
	0—30 cm	2530	7,2	90	615
Luvia	Humuskerros Humus layer	1030	4,0	53	305
	0—30 cm	1240	2,3	40	490

Taulukko 2. Koemetsiköiden puustotunnuksia.

Table 2. Tree crop characteristics of the experimental stands.

Puustotunnus Tree crop characteristic	Koemetsiköt Experimental stands	
	Siilinjärvi	Luvia
Ikä, a Age	20	40
Runkoluku, kpl/ha Stem number per ha	4422	3948
Keskiläpimitta, cm Mean diameter	6,1	9,4
Keskipituus, m Mean height	9,0	12,8
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha Basal area	12,93	27,43
Runkotilavuus kuorineen, m <sup>3</sup> /ha Volume o.b.	49,86	169,34
Vuotuinen tilavuuskasvu kuorineen, m <sup>3</sup> /ha/a Current annual increment o.b.	7,44	7,85

Taulukko 3. Koepuiden tunnuksia.

Table 3. The tree characteristics of the sample trees.

Puutunnus Tree characteristic		Siilinjärvi			Luvia				
		Keskiarvo Mean ( $\bar{x}$ )	Standardi- poikkeama Standard deviation S	Minimi Min.	Maksimi Max.	Keskiarvo Mean ( $\bar{x}$ )	Standardi- poikkeama Standard deviation S	Minimi Min.	Maksimi Max.
Läpimitta Diameter	cm	7,5	3,1	1,3	13,0	9,4	3,7	2,0	16,0
Pituus Height	m	8,5	2,4	3,3	13,2	12,5	3,0	4,6	16,7
Tilavuus Volume	m <sup>3</sup>	0,027	0,021	0,001	0,066	0,056	0,043	0,001	0,171
Latvussuhde Crown ratio	%	69,4	9,9	49,4	95,9	46,1	9,4	27,9	64,8
Kuiva-aine Dry matter	kg								
Runkopuu Stemwood		11,14	8,54	0,22	34,76	23,72	18,30	0,47	72,37
Kuori Bark		1,42	1,06	0,06	3,60	3,81	2,86	0,10	10,15
Kuolleet oksat Dead branches		0,20	0,19	0,002	0,62	0,15	0,24	0,001	1,17
Elävät oksat Living branches		2,63	2,35	0,10	10,54	2,97	2,87	0,08	11,39
Lehdet Leaves		1,11	0,97	0,03	3,47	1,12	1,18	0,04	2,83

## 22. Näytteiden keruu

Puuston biomassan määrän arvioimiseksi kummankin kokeen koealoilta 1—3 arvottiin läpimittaluokittain 15—25 koepuuta (taulukko 3). Koska tarkoituksena oli seurata, miten eri vuodenaikoina tapahtuva kokopuun korjuu vaikuttaa kasvupaikalta poistuvien ravinteiden määrään, kerättiin näytteet seuraavina ajan-kohtina.

### Siilinjärvi

- Koeala 1 elokuun loppu 1976
- ” 2 toukokuun alku 1977
- ” 3 lokakuun loppu 1977

### Luvia

- Koeala 1 elokuun puoliväli 1976
- ” 2 huhtikuun loppu 1977
- ” 3 marraskuun alku 1977

Näytteet ravinnemääriä varten otettiin runkopuusta, kuoresta, kuolleista ja elävistä oksista sekä elokuun näytteenotokerralla myös lehdistä. Näytteiden keräys tehtiin Mälkösen (1974, 1977) ja ravinnemääritykset Halosen ja Tulkin (1981) kuvaamien menetelmien mukaisesti. Näytteenoton jälkeen koealan koko puusto haketettiin, määritettiin hakkeen kuiva massa ja palakokajakautuma sekä hakkeen sisältämien pääravinteiden määrä.

## 23. Aineiston käsittely

Koepuiden eri osien kuiva-aineen ja eräiden puutunnusten välisten korrelaatiokertoimien (taulukko 4) perusteella valittiin selittävät muuttujat regressioyhtälöihin, joiden avulla laskettiin biomassan määrä koealoittain. Rungon, kuoren ja kuolleiden oksien osalta käytettiin selittävinä muuttujina puun läpimittaa ja pituutta logaritimuunnoksena sekä lehtien ja elävien oksien osalta vastaavasti puun läpimittaa ja latvusuhdetta. Runkopuun kuiva-aineen määrää laskettaessa käytettiin hieskoivun puuaineen keskimääräisenä tiheytenä Hakkilan (1966) esittämää arvoa 481,8 kg/m<sup>3</sup>.

Logaritimuunnoksesta aiheutuva biomassan määrän aliarvio korjattiin Finneyn (1941) menetelmällä, joka antoi korjauskertoimiksi seuraavat lukuarvot:

	Siilinjärvi	Luvia
Runkopuu	1,154	1,116
Kuori	1,113	1,101
Kuolleet oksat	1,229	1,485
Lehdet	1,141	1,183

Koemetsiköissä esiintynyt vähäinen sekapuusto yhdistettiin pääpuulajiin sekä biomassa- että ravinnemääriä koskeissa laskelmissa.

Taulukko 4. Koepuiden eri osien kuivan massan ja eräiden puutunnusten väliset korrelaatiokertoimet.

Table 4. Coefficients of correlation between the dry matter of different tree compartments and certain tree characteristics.

Selitettävät muuttujat (log <sub>10</sub> ) <i>Dependent variables</i>	Selittävät muuttujat, (log <sub>10</sub> ) <i>Independent variables</i>				Merkitsevyys <i>Significance</i>																																
	d	h	Δh/h	d <sup>2</sup> /h																																	
<b>SIILINJÄRVI</b>																																					
Runkopuu <i>Stemwood</i>	0,995	0,953	0,057	0,995	0,986																																
Kuori <i>Bark</i>	0,989	0,953	0,021	0,991	0,976																																
Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>	0,748	0,678	-0,178	0,739	0,712																																
Elävät oksat <i>Living branches</i>	0,963	0,872	0,226	0,952	0,977																																
Lehdet <i>Leaves</i>	0,986	0,928	0,249	0,982	0,991																																
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;"></td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">n = 56</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;">}</td> <td>0,1 % = 0,431</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1 % = 0,344</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>5 % = 0,265</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;">}</td> <td>n = 25</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0,1 % = 0,613</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1 % = 0,502</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>5 % = 0,395</td> <td></td> </tr> </table>								n = 56			}	0,1 % = 0,431				1 % = 0,344				5 % = 0,265			}	n = 25				0,1 % = 0,613				1 % = 0,502				5 % = 0,395	
		n = 56																																			
	}	0,1 % = 0,431																																			
		1 % = 0,344																																			
		5 % = 0,265																																			
	}	n = 25																																			
		0,1 % = 0,613																																			
		1 % = 0,502																																			
		5 % = 0,395																																			
<b>LUVIA</b>																																					
Runkopuu <i>Stemwood</i>	0,995	0,969	0,228	0,997	0,966																																
Kuori <i>Bark</i>	0,992	0,959	0,231	0,993	0,964																																
Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>	0,388	0,278	0,114	0,365	0,382																																
Elävät oksat <i>Living branches</i>	0,977	0,879	0,363	0,967	0,979																																
Lehdet <i>Leaves</i>	0,968	0,900	0,412	0,958	0,971																																
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;"></td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">n = 53</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;">}</td> <td>0,1 % = 0,439</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1 % = 0,351</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>5 % = 0,271</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;">}</td> <td>n = 17</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0,1 % = 0,715</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1 % = 0,599</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>5 % = 0,478</td> <td></td> </tr> </table>								n = 53			}	0,1 % = 0,439				1 % = 0,351				5 % = 0,271			}	n = 17				0,1 % = 0,715				1 % = 0,599				5 % = 0,478	
		n = 53																																			
	}	0,1 % = 0,439																																			
		1 % = 0,351																																			
		5 % = 0,271																																			
	}	n = 17																																			
		0,1 % = 0,715																																			
		1 % = 0,599																																			
		5 % = 0,478																																			

### 3. TULOKSET

#### 31. Puuston biomassa ja sen vuotuinen tuotos

Puun eri osien biomassan määrän arvioimiseksi johdettiin regressioyhtälöt kullekin koéalalle erikseen, mutta mahdollisia sovelutuksia ajatellen ne esitetään tässä yhteydessä metsikkökohtaisina (taulukko 5). Koéalojen välinen vaihtelu biomassa-aineistossa oli kummassakin koemetsikössä vähäistä, kuten liitteistä 1 ja 2 voidaan päätellä.

Puuston maanpäällisen osan biomassa oli Luvian kokeella 2,5–3-kertainen Siilinjärven kokeeseen verrattuna (taulukko 6). Tämä ero johtui ensisijaisesti runkopuun määrästä, sillä puustojen kehitysasteissa oli huomattava ero. Koivun kuoren tiheys on tavallisesti suurempi kuin runkopuun. Koepuiden kuoren tiheydeksi saatiin Siilinjärven kokeella  $447,3 \pm 77,7 \text{ kg m}^3$  ja Luvialla  $537,2 \pm 71,8 \text{ kg m}^3$ . Kuoren osuus rungon kuivasta massasta oli koemetsiköissä vastaavasti 32,8 ja 13,7 %.

Elävien oksien ja lehtien muodostaman latvuston suhteellinen osuus oli Siilinjärven kokeella noin neljännes, mutta Luvian koemetsikössä vain noin 10 % puuston maanpäällisestä biomassasta. Lehtien biomassa pinta-alayksikköä kohti oli näissä koemetsiköissä jossain määrin suurempi verrattuna Jokelan ja Yläsen (1956) sekä Mälkösen (1977) esittämiin tuloksiin. Koivun biomassan jakautuminen puun eri osien kesken oli samankaltainen Simolan (1977) esittämien tulosten kanssa.

Ainespuun osuus ( $\emptyset > 6 \text{ cm}$ ) puuston maanpäällisestä biomassasta oli Siilinjärven koéalolla keskimäärin vain 35 % ja Luvian koéalolla vastaavasti 55 %.

Puuston maanpäällisen osan vuotuinen biomassan tuotos määritettiin kummankin metsikön koéalalta 1 (taulukko 7). Runkopuun vuotuinen biomassan tuotos laskettiin runkopuun tiheyden ja vuotuisen tilvuuskasvun avulla, joka oli Siilinjärven koéalalla 5,423 ja Luvian koéalalla 7,048  $\text{m}^3/\text{ha}/\text{v}$ .

Kuoren vuotuinen tuotos arvioitiin kuoren keskimääräisen tiheyden sekä kuorellisen ja kuorettoman kuutiokasvun erotuksen perusteella. Kuoren vuotuiseksi tilvuuskasvuksi Siilinjärven koéalalla 1 saatiin 0,984  $\text{m}^3/\text{ha}$  ja Luvian vastaavalla koéalalla 1,126  $\text{m}^3/\text{ha}$ . Tulokset ovat näin laskien aliarvioita, koska laskentamenetelmä ei ota huomioon kuoren paksuuskasvua.

Oksien vuotuisen tuotoksen arviointia vaikeuttaa vanhempien oksien kuoleminen ja variseminen maahan. Oksien tuotoksen las-

Taulukko 5. Puun eri osien massayhtälöt.

Table 5. Equations for the dry matter of different tree compartment.

Kuiva massa — Dry matter (y)	Koe — Experiment	
	Siilinjärvi	Luvia
I Yhtälöiden 1—3 muoto on <i>The basic form of equations</i> 1—3 is	$\log y = a + b \log$ $\log y = a + b \log (d^2 h)$	
1 Runkopuu — <i>Stemwood</i> , kg		
a	-1,5195	-1,6047
b	0,9204	0,9450
r <sup>2</sup>	0,994	0,994
s <sub>e</sub> , kg	1,878	2,403
2 Kuori — <i>Bark</i> , kg		
a	-2,0706	-2,1909
b	0,7942	0,8808
r <sup>2</sup>	0,984	0,986
s <sub>e</sub> , kg	0,252	0,696
3 Kuolleet oksat — <i>Dead branches</i> , kg		
a	-3,1004	-3,3715
b	0,7999	0,6347
r <sup>2</sup>	0,516	0,133
s <sub>e</sub> , kg	0,168	0,256
II Yhtälöiden 4—5 muoto on <i>The basic form of equations</i> 4—5 is	$\log y = a + b \log (d^2 \frac{\Delta h}{h})$	
4 Elävät oksat — <i>Living branches</i> , kg		
a	-3,9726	-4,0162
b	1,1884	1,2042
r <sup>2</sup>	0,960	0,958
s <sub>e</sub> , kg	0,769	0,792
5 Lehdet — <i>Leaves</i> , kg		
a	-3,4392	-3,9799
b	0,9640	1,0920
r <sup>2</sup>	0,982	0,944
s <sub>e</sub> , kg	0,187	0,370



kemiseen käytettiin Whittakerin (1965) esittämää menetelmää, joka perustuu yleiseen kasvuyhtälöön. Näyteaineiston perusteella saatiin oksien kasvuille yhtälöt:

Siilinjärvi

$$\log y = 0,5332 + k \log t$$

$$r = 0,765$$

$$n = 66$$

$$k = 2,314$$

Luvia

$$\log y = 0,7355 + k \log t$$

$$r = 0,741$$

$$n = 66$$

$$k = 1,862$$

Yhtälössä y tarkoittaa kuorellisten oksien kuivaa massaa ja t oksan ikää, joka määritettiin vastaavan rungonosan iän mukaan. Regressiokerroin (k) kuvaa oksien kasvunopeutta. Oksien vuotuinen biomassan tuotos laskettiin regressiokertoimen avulla Mälkösen (1974) esittämällä tavalla. Oksien vuotuisiksi kasvuksi saatiin näin menetellen

Siilinjärven kokeella 32,5 % ja Luvian kokeella 18,3 %.

Lehtien biomassatuotos laskettiin yhden vuoden (1976) lehtisadon perusteella. Se oli kummassakin koemetsikössä suurempi kuin rungon vuotuinen tuotos.

Taulukko 7. Puuston vuotuinen biomassan tuotos.

Table 7. Annual biomass production of the tree crop.

Puuston osa Compartment	Siilinjärvi 1		Luvia 1	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Runkopuu Stemwood	2 610	31,0	3 400	33,7
Kuori Bark	420	5,0	610	6,1
Oksat Branches	2 240	26,7	2 020	20,0
Lehdet Leaves	3 140	37,3	4 050	40,2
Yhteensä Total	8 410	100,0	10 080	100,0

Taulukko 6. Puuston kuiva-ainemäärä.

Table 6. Dry matter of the tree crop.

Puun osa Compartment	Koealat — Sample plots					
	1		2		3	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
<b>SIILINJÄRVI</b>						
Runkopuu Stemwood	24 750	64,6	26 620	74,7	32 320	74,7
Kuori Bark	3 120	8,1	3 100	8,7	4 030	9,5
Kuolleet oksat Dead branches	450	1,2	390	1,1	280	0,6
Elävät oksat Living branches	6 880	17,9	5 520	15,5	6 550	15,2
Lehdet Leaves	3 140	8,2	.	.	.	.
Yhteensä Total	38 340	100,0	35 630	100,0	43 230	100,0
<b>LUVIA</b>						
Runkopuu Stemwood	90 490	75,2	80 300	77,1	76 470	75,6
Kuori Bark	14 420	12,0	13 120	12,6	11 700	11,7
Kuolleet oksat Dead branches	320	0,3	270	0,2	70	0,1
Elävät oksat Living branches	10 980	9,1	10 490	10,1	11 630	11,6
Lehdet Leaves	4 050	3,4	.	.	.	.
Yhteensä Total	120 260	100,0	104 180	100,0	99 870	100,0

### 32. Puustoon sitoutuneiden ravinteiden määrä

Puun eri osien biomassan ja ravinnepitoisuuksien avulla laskettiin puustoon sitoutuneiden ravinteiden määrä. Ravinnepitoisuudet saatiin 20 koepuun keskiarvoina kultakin koealalta (taulukot 8 ja 9). Ravinnepitoisuuksissa ilmenee huomattavaa koealojen välistä vaihtelua, joka voi aiheutua näytteenoton edustavuudesta, paikallisista eroista maaperässä sekä puiden sisäisestä ravinteiden kierrosta. Maa-analyysin tulosten mukaan maan ravinteisuudessa ei havaittu merkittäviä eroja saman metsikön eri koealojen välillä. Koepuiden eri osien ravinmääritysten perusteella puolestaan saatiin hyvä käsitys puiden ravinnetilanteesta eri korjuuajankohtina.

Näin ollen pääasiallisia vaihtelun aiheuttajia ovat todennäköisesti näytteenoton edustavuuteen liittyvät tekijät ja vuotuisen kehitysrytmin mukaisesti tapahtuva puiden sisäinen ravinteiden kierto. Viimeksi mainitulla ilmiöllä onkin suuri merkitys puuston ravinnetalouden tarkastelussa, sillä esim. Viron (1955) mukaan 66 % koivun lehtien sisältämästä typestä, 51 % fosforista ja 59 % kaliumista siirtyy puun muihin osiin ennen lehtien varisemista.

Typen, fosforin ja kaliumin osalta käy yleispiirteinä ilmi, että elävien oksien ravinnepitoisuus oli lehdettömänä vuodenaikana korkeampi kuin syyskesällä ennen lehtien kellastumista. Sama suuntaus heijastui myös rungon kuoren ravinnepitoisuuksissa.

Hieskoivikoissa puuston maanpäällisen osan biomassaan sitoutuneita ravinmääriä voidaan tarkastella taulukoista 10 ja 11. Nuorilla puilla latvuksen osuus puuston kokonaisbiomassasta on suuri ja lisäksi viheraines saavuttaa maksimiarvonsa pinta-alayksikköä kohti jo nuorehkolla iällä. Tästä syystä puuston kehitysvaiheella on huomattava merkitys korjattavan biomassan ravinnesisältöön. Latvuston osuus Siilinjärven kokeella oli noin neljännes puuston biomassasta, mutta latvustoon oli sitoutunut likimain kaksinkertainen määrä ravinteita runkoon verrattuna. Luvian kokeella latvuston osuus puuston biomassasta oli

vain hiukan yli 10 %, mutta typpi, fosfori ja kalium olivat jakautuneet melko tasan rungon ja latvuston kesken. Sen sijaan rungossa oli kaksinkertainen määrä kalsiumia latvustoon verrattuna.

### 33. Ravinteiden menetys kokopuun korjuussa

Korjuuvaiheeseen mennessä puuston biomassaan sitoutunut ravinteiden määrä riippuu ensisijaisesti kasvupaikan laadusta, puulajista ja puuston kehitysvaiheesta. Korjuuajankohdan merkitystä ravinteiden menetyksen kannalta voidaan tarkastella vertailemalla kokopuuhakkeen sisältämiä ravinmääriä haketonnia kohti ilmaistuna (taulukko 12). Tulosten mukaan Siilinjärven kokeen pienikokoisesta puustosta tehty kokopuuhake sisälsi enemmän ravinteita, erityisesti typpeä ja fosforia, kuin Luvian kokopuuhake. Tämä johtuu ensisijaisesti siitä, että ravinnerikkaiden puunosien, kuten lehtien, oksien ja kuoren osuudet ovat nuoressa puustossa selvästi suuremmat kuin vanhassa.

Ravinnepitoisuuksien kannalta muodostui jyrkkä raja 6 mm hakefraktion kohdalle. Yli 6 mm fraktioissa ravinnepitoisuudet olivat selvästi pienemmät kuin alle 6 mm fraktioissa, joiden osuus hakkeen kuivasta massasta oli vain 4—8 %.

Saatujen tulosten mukaan korjuun ajankohdalla oli suhteellisen vähän merkitystä ravinnemenetyksen kannalta. Tähän on kaksi ilmeistä syytä. Ensinnäkin osa lehdistä karisee maahan kesäaikaisessa korjuussa, joten kaikki niiden sisältämät ravinteet eivät poistu kasvupaikalta. Tämän aineiston mukaan kokopuuhakkeena korjattiin 82 % puuston pystymittauksella saadusta biomassan määrästä. Metsään jääneestä biomassasta muodostivat kannot merkityksellisen osan.

Toinen tekijä, jonka merkitystä on myös syytä korostaa, on puun sisäinen ravinteiden kierto. Sen seurauksena karkeasti arvioiden puolet lehtien sisältämästä typestä, fosforista ja kaliumista siirtyy lehtien kellastuessa puun muihin osiin ja on siten lehdettömänkin aikana tapahtuvan korjuun piirissä.

Taulukko 8. Koepuiden eri osien keskimääräiset ravinnepitoisuudet prosentteina kuiva-aineesta Siilinjärven kokeella. Näytteenottoajat: koeala 1 — elokuun loppu 1976, koeala 2 — toukokuun alku 1977 ja koeala 3 — lokakuun loppu 1977.  
 Table 8. Average nutrient content of different compartments of the sample trees expressed as a percentage of the dry matter. Siilinjärvi experimenti. Sampling time: sample plot No 1 — end of August 1976, sample plot No 2 — beginning of May 1977 and sample plot No 3 — end of October 1977.

Puun osa Compartment	Koeala 1 Sample plot No 1			Koeala 2 Sample plot No 2			Koeala 3 Sample plot No 3			Erojen merkitevyys <sup>1)</sup> Significant differences				
	N	P	K	N	P	K	N	P	K					
Runkopuu Stemwood	$\bar{x}$ s	0,187 0,016	0,015 0,004	0,046 0,012	0,052 0,007	0,151 0,015	0,017 0,003	0,046 0,010	0,059 0,011	0,162 0,037	0,018 0,004	0,049 0,015	0,078 0,017	N 1—2*, 1—3*** P 1—3* Ca 1—3***, 2—3***
Kuori Bark	$\bar{x}$ s	0,669 0,046	0,086 0,013	0,170 0,033	0,580 0,109	0,791 0,067	0,084 0,010	0,224 0,034	0,557 0,113	0,696 0,033	0,084 0,011	0,195 0,018	0,600 0,037	N 1—2**, 2—3** K 1—2**, 1—3*, 2—3*
Kuolleet oksat Dead branches	$\bar{x}$ s	0,420 0,112	0,037 0,017	0,070 0,027	0,420 0,075	0,335 0,059	0,025 0,004	0,057 0,022	0,380 0,074	0,381 0,088	0,025 0,012	0,079 0,040	0,414 0,209	N 1—2* P 1—2*, 1—3*
Elävät oksat Living branches	$\bar{x}$ s	0,600 0,052	0,078 0,008	0,170 0,017	0,430 0,078	0,762 0,108	0,096 0,016	0,228 0,038	0,383 0,088	0,813 0,089	0,084 0,016	0,257 0,075	0,412 0,176	N 1—2***, 1—3*** P 1—2**, 2—3* K 1—2**, 1—3***
Lehdet Leaves	$\bar{x}$ s	1,756 0,230	0,255 0,052	0,629 0,146	1,002 0,164									

1) Osoittaa eron merkittävyyden ravinnepitoisuuksissa eri koealojen välillä.  
 1) Indicates significance of difference in nutrient contents between different sample plots.

Taulukko 9. Koepuiden eri osien keskimääräiset ravinnepitoisuudet prosentteina kuiva-ainesta Luvian kokeella. Näytteenottoajat: koealat 1 — elokuun puoliväli 1976, koeala 2 — huhtikuun loppu 1977 ja koeala 3 — marraskuun alku 1977.  
 Table 9. Average nutrient content of different compartment of the sample trees expressed as a percentage of the dry matter. Luvia experiment. Sampling time: sample plot No 1 — middle of August 1976, sample plot No 2 — end of April 1977 and sample plot No 3 — beginning of November 1977.

Puu osa Compartment	Koeala 1 Sample plot No 1			Koeala 2 Sample plot No 2			Koeala 3 Sample plot No 3			Erojen merkittävyydet <sup>1)</sup> Significant differences				
	N	P	K	N	P	K	N	P	K		Ca			
Runkopuu Stemwood	$\bar{x}$	0,107	0,009	0,035	0,055	0,131	0,012	0,042	0,065	0,102	0,010	0,039	0,063	N 1-2**, 2-3**, P 1-2*, Ca 1-2*, 1-3*
	s	0,001	0,004	0,009	0,009	0,017	0,001	0,010	0,010	0,010	0,010	0,001	0,010	0,010
Kuori Bark	$\bar{x}$	0,453	0,042	0,152	0,479	0,647	0,058	0,207	0,576	0,573	0,053	0,200	0,570	N 1-2***, 1-3***, 2-3***, P 1-2***, 1-3***, K 1-2***, 1-3***,
	s	0,061	0,007	0,028	0,114	0,064	0,007	0,027	0,091	0,074	0,008	0,035	0,128	
Kuolleet oksat Dead branches	$\bar{x}$	0,448	0,023	0,052	0,268	0,372	0,014	0,044	0,284	0,500	0,032	0,070	0,370	N 1-2***, 1-3***, P 1-3*
	s	0,122	0,008	0,021	0,064	0,077	0,006	0,026	0,108	0,084	0,008	0,056	0,119	
Elävät oksat Living branches	$\bar{x}$	0,656	0,061	0,195	0,372	0,813	0,074	0,201	0,354	0,870	0,086	0,220	0,410	N 1-2***, 1-3***, P 1-3***, 1-2*
	s	0,073	0,008	0,025	0,075	0,089	0,022	0,021	0,091	0,112	0,016	0,038	0,057	
Lehdet Leaves	$\bar{x}$	1,856	0,130	0,770	0,858									
	s	0,135	0,019	0,183	0,126									

1) Osottaa eron merkittävyyden ravinnepitoisuudessa eri koealojen välillä.

2) Indicates significance of difference in nutrient contents between different sample plots.

Taulukko 10. Puuston biomassaan sitoutuneiden ravinteiden määrä (kg/ha) Siilinjärven kokeella.  
 Table 10. Amount of various nutrients bound into the tree crop (kg/ha). Siilinjärvi experiment.

Puun osa Compartment	Koeala 1 Sample plot No 1				Koeala 2 Sample plot No 2				Koeala 3 Sample plot No 3			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
Runkopuu Stemwood	31,4	3,7	11,4	12,9	40,2	4,5	12,3	15,7	52,4	5,8	15,8	25,2
Kuori Bark	20,9	2,7	5,3	18,1	24,5	2,6	6,9	17,3	28,0	3,4	7,9	24,2
Kuolleet oksat Dead branches	1,9	0,2	0,3	1,9	1,3	0,1	0,2	1,5	1,1	0,1	0,2	1,2
Elävät oksat Living branches	41,3	5,4	11,7	29,6	42,1	5,3	12,6	21,7	53,2	5,5	16,8	27,0
Lehdet Leaves	55,1	8,0	19,8	31,5								
Yhteensä Total	150,6	20,0	48,5	94,0	108,1	12,5	32,0	56,2	134,7	14,8	40,7	77,6

Taulukko 11. Puuston biomassaan sitoutuneiden ravinteiden määrä (kg/ha) Luvian kokeella.  
 Table 11. Amount of various nutrients bound into the tree crop (kg/ha). Luvia experiment.

Puun osa Compartment	Koeala 1 Sample plot No 1				Koeala 2 Sample plot No 2				Koeala 3 Sample plot No 3			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
Runkopuu Stemwood	96,8	8,1	31,7	49,8	105,2	9,6	33,7	52,2	78,0	7,6	29,8	48,2
Kuori Bark	65,3	6,1	21,9	69,1	84,9	7,6	27,2	75,6	67,0	6,2	23,4	66,7
Kuolleet oksat Dead branches	1,4	0,1	0,2	0,9	1,0	0,1	0,1	0,8	0,4	0,1	0,1	0,3
Elävät oksat Living branches	72,0	6,7	21,4	40,8	85,3	7,8	21,1	37,1	101,2	10,0	25,6	47,7
Lehdet Leaves	76,1	5,3	31,6	35,2								
Yhteensä Total	311,6	26,3	106,8	195,8	276,4	25,1	82,1	165,7	246,6	23,9	78,9	162,9

Taulukko 12. Ravinteiden menetys hieskoivikon kokopuun korjuussa (kg ravinnetta haketonna kohti).  
 Table 12. Loss of nutrients in whole-tree harvesting of *Betula pubescens* stand (kg nutrients / ton of chips).

Koe Experiment	Korjuuaika Harvesting season	N kg ravinnetta / kg nutrients	P tn kokopuuhaiketta / ton of whole-tree chips	K	Ca
Siilinjärvi Koeala Sample plot	1 Loppukesä Late summer	3,5	0,5	1,2	2,3
	2 Kevät Spring	3,4	0,4	1,2	1,9
	3 Syksy Autumn	2,6	0,4	1,1	1,7
Luvia Koeala Sample plot	1 Loppukesä Late summer	2,2	0,2	0,9	1,6
	2 Kevät Spring	2,1	0,2	0,8	1,5
	3 Syksy Autumn	1,9	0,2	0,8	1,3

#### 4. TULOSTEN TARKASTELUA

Biomassan entistä tarkempi talteenotto heikentää metsämaan ravinnevaroja ja jossain vaiheessa saavutetaan epäilemättä ravinnetaso, joka johtaa puuston kasvun alenemiseen. Kokopuun korjuussa poistuvia ravinnemääriä on kuitenkin vaikea muuntaa laskennallisesti puuntuotannollisiksi vaikutuksiksi, koska maassa olevien ravinnevarastojen suuruutta ja mineralisointinopeutta ei tunneta riittävästi.

Tutkimuskohteena olleessa Luvian 40-vuotiaassa hieskoivikossa biomassan määrä oli likimain kolminkertainen ja sen sisältämä ravinnemäärä noin kaksinkertainen verrattuna Siilinjärven puustoon, jonka ikä oli 20 vuotta. Kokopuun korjuun seurannaisvaikutusten kannalta onkin oma merkitys sillä, missä puuston kehitysvaiheessa korjuu tapahtuu. Puuston viheraines saavuttaa maksimimääränsä jo melko nuorella iällä, jolloin myös latvuston osuus puuston biomassasta on suurempi kuin vanhassa puustossa. Mitä nuorempa puusto korjataan, sitä suurempi on näin ollen ravinteiden menetys biomassayksikköä kohti.

Ravinteiden palautumista karikkeiden mukana takaisin maahan pidetään yleisesti metsikön jatkuvan kasvun edellytyksenä. Koivikoissa vallitsevien suotuisten ekologien olosuhteiden ja karikkeiden laadun ansiosta hajotustoiminta on vilkasta (Lähde 1966) ja ravinteiden kierto nopeaa havumetsiin verrattuna (Mälkönen 1974, 1977). Nyt tarkasteltavista metsiköistä saatu kokopuuhake sisälsi vastaavan määrän typpeä ja fosforia kuin 5—10 vuoden karikesato. Kokopuun korjuun aiheuttaman ravinmenetyksen ohella Staaf (1980) on kiinnittänyt huomiota kasvien ravinteiden saannin heikkenemiseen maan orgaanisen aineen iän kasvaessa ja ravinnepitoisuuksien laskiessa. Uuden puuston kehityksen alkuvaiheessa huomattava osa käyttökelpoisista ravinteista, erityisesti typestä, vapautuu hakkuutähteistä, joten niiden merkitys puuston ravinteiden saannissa on suurempi kuin mitä hakkuutähteiden sisältämien ravinnemäärien perusteella on suoraan arvioitavissa (Wheetman ja Weber 1972).

Metsämaassa vapautuu jatkuvasti ravin-

teita kasvien käyttöön. Avohakkuun seurauksena ravinteiden mineralisaatio nopeutuu, josta on yleensä seurauksena huuhtoutumisen voimistuminen (Wiklander 1974). Kun lyhytkiertoviljelyssä on kysymyksessä vesoista uudistuva puusto, jonka juuristo säilyy suurelta osin elossa puunkorjuusta huolimatta, jäänee ravinteiden huuhtoutuminen vähäisemmäksi kuin perinteisen avohakkuun ja ainespuun korjuun jälkeen.

Maan ravinnevarojen ja kokopuun korjuussa poistuneiden ravinnemäärien perusteella on arvioitavissa, että menetys on ilmeisesti merkityksellisin fosforin ja typen osalta. Pelkästään maa-analyysin perusteella on kuitenkin vaikea saada käsitystä ravinmenetyksen merkityksestä, sillä metsämaan ravinnepitoisuuksissa on todettu varsin vähäisiä muutoksia ennen hakkuuta ja sen jälkeen tehdyissä määrityksissä (Nykqvist 1977).

Vaikka kesäaikaisessa korjuussa poistui hiukan enemmän ravinteita kuin lehdettömänä aikana, on tulosten perusteella pääteltävissä, ettei kokopuun korjuun ajankohdalla voida ratkaisevasti säädellä ravinteiden menetystä. Tähän suuntaan vaikuttavina tasoittavina tekijöinä ovat vuotuiseen kehitysrytmiin liittyvä puun sisäinen ravinekierto ja lehtien osittainen variseminen korjuuvaiheessa.

Puun entistä tarkemmasta talteenotosta aiheutuva ravinteiden menetys kuvastuu ilmeisesti selvimmin siinä vaiheessa, jolloin seuraavan puusukupolven vuotuinen biomassan tuotos on suurimmillaan. Ravinmenetys saattaa siten jossain määrin kompensoitua sadeveden mukana tulevien sekä rapautumisessa vapautuvien ravinteiden ansiosta (Viro 1953). Lyhytkiertoviljelyssä ravinmenetyksen korvaamista lannoitteilla voidaan kuitenkin pitää välttämättömänä, mikä lisää maan viljavuuden tutkimustarvetta ja edellyttää lyhytkiertoviljelmien ravinteisuuden tarkkailua. Koska puutuhka sisältää typpeä lukuunottamatta muita ravinteita likimain optimaalisissa suhteissa, tulisi tuhkan palauttamista metsään pitää kokopuun korjuun yhtenä edellytyksenä.

## YHTEENVETO

Tutkimuksessa tarkasteltiin luonnontilaisen hieskoivikon biomassan jakautumista, sen vuotuista kokonaistuotosta ja siihen sitoutuneita ravinnemääriä (N, P, K ja Ca). Lisäksi pyrittiin arvioimaan, miten eri vuodenaikoina suoritettu kokopuun korjuu vaikuttaa ravinteiden menetykseen. Tarkastelu rajoitettiin puuston maanpäälliseen osaan.

Kenttämittaukset suoritettiin 20 ja 40-vuotiaissa käenkaali-mustikkatyypin hieskoivikoissa. Koemetsiköistä nuorempi sijaitsi Siilinjärvellä (N 63°7', E 27°45') ja vanhempi Luvialla (N 61°25', E 21°38'). Kumpaankin kokeeseen kuului kolme koealaa, joiden koko oli 30 × 30 m.

Puuston kuiva-ainemäärä arvioitiin koealoittain 15—20 koepuun perusteella käyttäen regressioarviointimenetelmää, joka perustuu koepuiden eri osien massan ja erilaisten selittävien muuttujien väliseen riippuvuuteen. Rungon, kuoren ja kuolleiden oksien osalta käytettiin selittävinä muuttujina puun läpimittaa ja pituutta logaritmuunnoksena sekä lehtien ja elävien oksien osalta vastaavasti puun läpimittaa ja latvussuhdetta.

Kokopuun korjuussa kasvupaikalta poistuneiden ravinteiden määrän selvittämiseksi kerättiin näytteet seuraavina ajankohtina.

Siilinjärvi

- Koeala 1 elokuun loppu 1976
- ” 2 toukokuun alku 1977
- ” 3 lokakuun loppu 1977

Luvia

- Koeala 1 elokuun puoliväli 1976
- ” 2 huhtikuun loppu 1977
- ” 3 marraskuun loppu 1977

Näytteet ravinnemäärityksiä varten otettiin runkopuusta, kuoresta, kuolleista ja elävistä oksista sekä elokuun näytteenotto-

kerralla myös lehdistä. Näytteenoton jälkeen kunkin koealan puusto hakettiin, määritettiin hakkeen kuiva massa sekä hakkeen sisältämien pääravinteiden määrä.

Puuston maanpäällisen osan biomassasta oli Siilinjärven kokeella 38 340 kg/ha ja Luvian kokeella 120 260 kg/ha (taulukko 6). Vuotuinen tuotos oli edellisellä 8 410 kg/ha ja jälkimmäisellä 10 080 kg/ha (taulukko 7).

Puuston kehitysasteella on huomattava merkitys korjattavan biomassan ravinnesisältöön. Elävien oksien ja lehtien muodostaman latvuston osuus Siilinjärven kokeella oli noin neljännes puuston biomassasta, mutta latvustoon oli sitoutunut likimain kaksinkertainen määrä ravinteita runkoon verrattuna (taulukko 10). Luvian kokeella latvuston osuus puuston biomassasta oli vain hiukan yli 10 %, mutta typpi, fosfori ja kalium olivat jakautuneet melko tasan rungon ja latvuston kesken (taulukko 11). Sen sijaan rungossa oli kaksinkertainen määrä kalsiumia latvustoon verrattuna.

Siilinjärven kokeen pienikokoisesta puustosta tehty kokopuuhaake sisälsi enemmän ravinteita, erityisesti typpeä ja fosforia kuin Luvian kokopuuhaake (taulukko 12). Ravinnepitoisuuksien kannalta muodostui jyrkkä raja 6 mm hakefraktion kohdalla. Yli 6 mm fraktioissa ravinnepitoisuudet olivat selvästi pienemmät kuin alle 6 mm fraktioissa, joiden osuus hakkeen kuivasta massasta oli vain 4—8 %. Kokopuun korjuun ajankohdalla ei tulosten mukaan näyttänyt olevan ravinnemenetyksen kannalta kovin suurta merkitystä. Tähän suuntaan vaikuttavina tasoittavina tekijöitä ovat vuotuisen kehitysrytmiin liittyvä puun sisäinen ravinnekierto ja lehtien osittainen variseminen korjuuvaiheessa.

## KIRJALLISUUS

- FINNEY, D.J. 1941. On the distribution of a variate whose logarithm is normally distributed. *J. Roy. Stat. Soc. Ser. B* 7:155—161.
- GORDON, A.G. 1981. Impacts of harvesting on nutrient cycling in the boreal mixedwood forest. *Proceedings Boreal Mixedwood Symposium, O-P-9:121—140.*
- HAKKILA, P. 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(5):1—98.
- , LEIKOLA, M. & SALAKARI, M. 1978. Pienpuuston kasvatus, talteenotto ja käyttö. Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin loppuraportti. *SITRA, Sarja B* 46:1—159.
- & KALAJA, H. 1980. Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester. *Seloste: Polttopuun korjuu Pallarin leikkuuhakkurilla. Folia For.* 418:1—24.
- & KALAJA, H. 1981. KOPO palahakejärjestelmä. Abstract: KOPO block chip system. *Folia For.* 467:1—24.
- HALONEN, O. & TULKKI, H. 1981. Ravinneanalyysin työohjeet. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 36:1—23.
- ISSAKAINEN, J. 1980. Luontaisten vesakoiden biomassan tuotoskyvystä. *Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja* 18:37—47.
- JOKELA, E. & YLÄNEN, J. 1956. Koivikoiden lehtisadon määrästä. Summary: Amount of foliage in birch stands. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 73(4):131—132.
- JUUTINEN, P., KALLIO, T. & MÄLKÖNEN, E. 1979. Tehostetun puun talteenoton vaikutus metsäekosysteemiin ja sen tuotantokykyyn. *Esitutkimusraportti. Moniste: 1—67.*
- KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatus taloudellisena vaihtoehtona. Summary: The economics of growing birch stands on drained peatlands. *Silva Fenn.* 11(1):49—68.
- KOIVISTO, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and yield tables. *Commun. Inst. For. Fenn.* 51(8):1—49.
- LÄHDE, E. 1966. Kokeita selluloosan hajaantumisenopeudesta erilaisissa metsiköissä. Summary: Experiments on the decomposition rate of cellulose in different stands. *Silva Fenn.* 119(1):1—12.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84(5):1—87.
- 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. Tiivistelmä: Kokopuun korjuun vaikutus maan viljavuuteen. *Silva Fenn.* 10(3):157—164.
- 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. *Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku eräässä koivikossa. Commun. Inst. For. Fenn.* 91(5):1—35.
- NYKVIST, N. 1977. Skogliga åtgärders inverkan på storlek och tillgänglighet av ekosystemets näringsförråd. *Sveriges SkogsvFörb. Tidskr.* 75(2—3): 167—178.
- RAULO, J. 1981. Koivukirja. *Gummerus, Jyväskylä.* 131 s.
- SARAMÄKI, J. 1977. Ojittettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(2):1—59.
- SIMOLA, P. 1977. Pienikokoisen lehtipuuston biomassa. Summary: The biomass of small-sized hardwood trees. *Folia For.* 302:1—16.
- STAAB, H. 1980. Växtnäringsekologiska effekter av ett ökat biomassaavtag i skog — problemställningar och nuvarande kunskap. Abstract: Effects of increased biomass removal on nutrient cycling and productivity in forests. — Problems and present knowledge. Swedish Coniferous Forest Project. Internal Report 92:1—68.
- TAMM, C.O. 1969. Site damages by thinning due to removal of organic matter and plant nutrients. Thinning and mechanization. *Proc. IUFRO meet., pp.* 175—177. Stockholm.
- VIRO, P.J. 1953. Loss of nutrients and the natural nutrient balance of the soil in Finland. *Selostus: Ravinteitten huuhtoutuminen ja maan luontainen ravinnetase Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn.* 42(1):1—50.
- 1955. Investigations on forest litter. *Selostus: Metsäkariketutkimuksia. Commun. Inst. For. Fenn.* 45(6):1—65.
- WEETMAN, G.E. & WEBBER, B. 1972. The influence of wood harvesting on the nutrient status of two spruce stands. *Canad. J. For. Res.* 3:351—369.
- WIKLANDER, G. 1974. Hyggesupptagningens inverkan på växtnäringssinnehåll i yt- och grundvatten. Summary: Effect of clear felling on the content nutrients in surface and ground water. *Sveriges SkogsvFörb. Tidskr.* 72(1):86—90.
- WHITTAKER, R.H. 1965. Branch dimensions and estimation of branch production. *Ecology* 46: 365—370.



## SUMMARY

The distribution of the biomass in a natural *Betula pubescens* stand, the annual total production and the amount of nutrients (N, P, K and Ca) bound in the biomass were examined in this study. In addition, estimates were made of the nutrient losses incurred when whole-tree harvesting is carried out at different times of the year. Only the above-ground parts of the tree stand were dealt with in the study.

The field measurements were carried out in 20- and 40-year-old *B. pubescens* stands growing on sites of the *Oxalis acetosella* — *Vaccinium myrtillus* site type. The younger stand was located at Siilinjärvi (N 63°7', E 27°45') and the older one at Luvia (N 61°25', E 21°38'). Three sample plots, each 30 × 30 m in size, were set up in both experimental stands.

The amount of dry-matter in each sample plot was estimated on the basis of measurements carried out on 20 sample trees using the regression estimation method. This method is based on the dependence between the different independent variables and the mass of the different compartments of the sample trees. Logarithmic transformations of tree diameter and height were used as the independent variables for the stem, bark and dead branches, and corresponding transformations of tree diameter and crown ratio for the leaves and the living branches.

Samples were taken at the following times of the year in order to determine the amount of nutrients removed from the site as a result of whole-tree harvesting.

### Siilinjärvi

- Sample plot 1 end of August, 1976
- "    " 2 beginning of May, 1977
- "    " 3 end of October, 1977

### Luvia

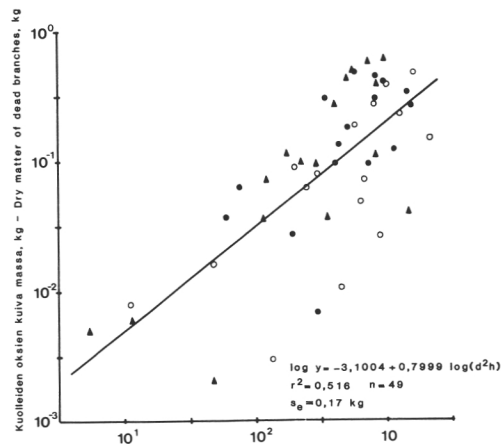
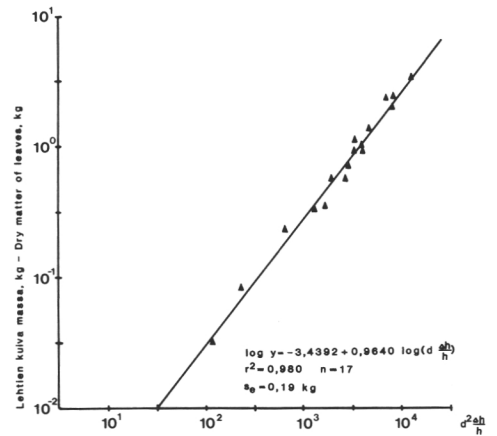
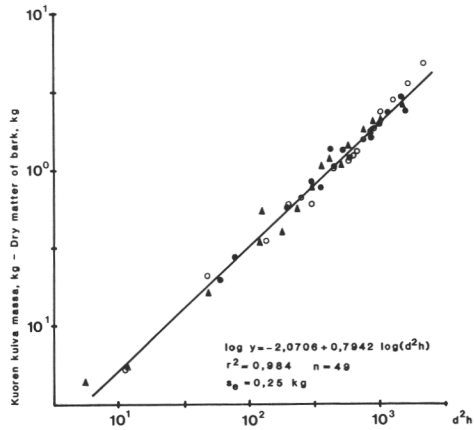
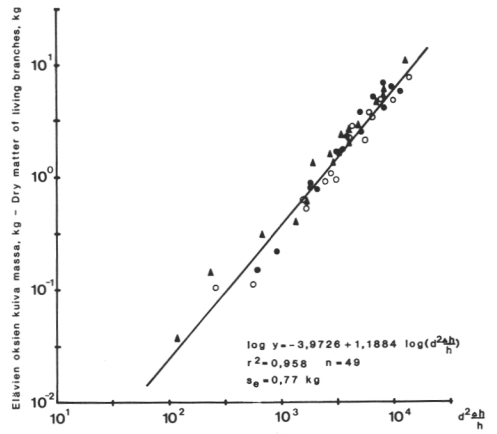
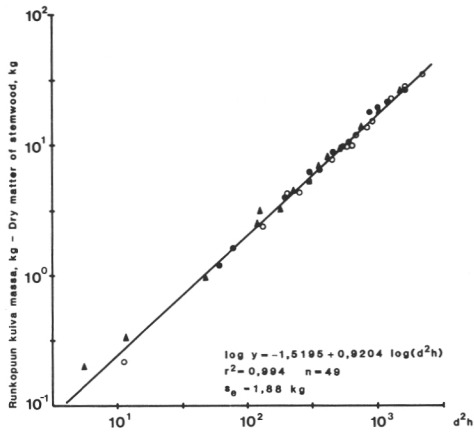
- Sample plot 1 middle of August, 1976
- "    " 2 end of April, 1977
- "    " 3 beginning of November, 1977

Samples were taken for the nutrient analyses from the stemwood, bark, living and dead branches and, when harvesting was carried out in August also from the leaves. After the samples had been taken, the trees on the sample plots were chipped and the dry mass of the chips and the amounts of major nutrients in the chips then determined.

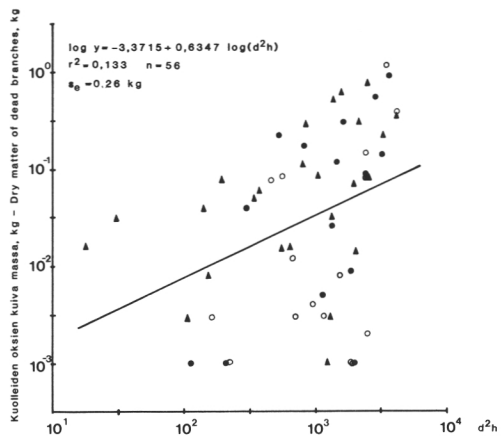
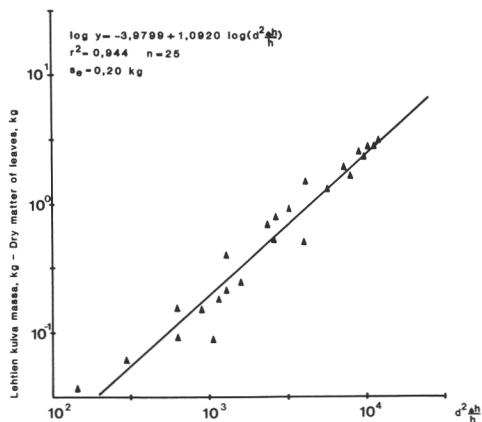
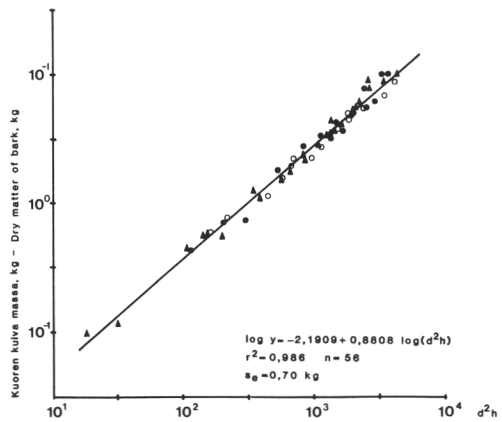
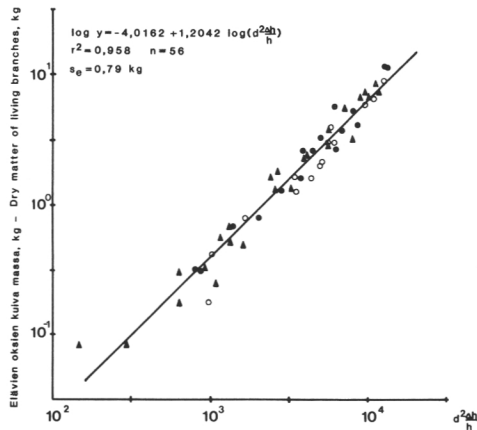
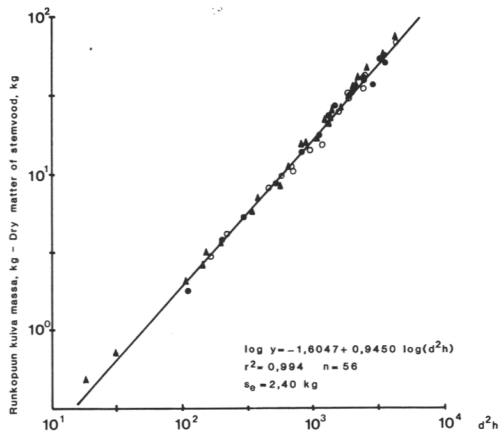
The biomass of the above-ground parts of the tree stand in the experiment at Siilinjärvi was 38 340 kg/ha and at Luvia 120 260 kg/ha (Table 6). The annual production was 8 410 kg/ha and 10 080 kg/ha, respectively (Table 7).

The development stage of the tree stand has a considerable effect on the nutrient content of the harvested biomass. Although the proportion of the crown comprising living branches and leaves was about one quarter of the biomass of the stand in the experiment at Siilinjärvi, the amount of nutrients bound in the crown was almost twice that in the stem (Table 10). At Luvia, the proportion of biomass in the crown was only slightly over 10 %, although nitrogen, phosphorus and potassium were distributed rather evenly between the stem and the crown (Table 11). On the other hand, there was twice as much calcium in the stem as in the crown.

Whole-tree chips made from the small-sized trees in the Siilinjärvi experiment contained more nutrients, especially nitrogen and phosphorus, than the chips made at Luvia (Table 12). As far as the nutrient content of the chips were concerned, there was a sharp limit at the 6 mm chip fraction level. The nutrient contents of chips fractions over 6 mm in size were clearly smaller than those for chips smaller than 6 mm. The proportion of chips in the latter fraction out of the total dry mass was only 4—8 %. According to the results, the time of year when harvesting is carried out appears to be of no decisive importance from the point of view of nutrient losses. The partial shedding of leaves during harvesting and the internal nutrient cycles of the tree, which are connected to the annual development rhythm, are factors contributing towards a more even distribution of nutrient losses at different times of the year.



Liite 1. Puun eri osien kuivan massan ja eräiden puutunnusten välinen riippuvuus Siilinjärven kokeella (▲ = koeala 1, ● = koeala 2 ja ○ = koeala 3).  
 Appendix 1. The relationship between the dry matter of different tree compartments and certain tree characteristics. Siilinjärvi experiment (▲ = sample plot No 1, ● = sample plot No 2 and ○ = sample plot No 3).



Liite 2. Puun eri osien kuivan massan ja eräiden puu-  
 tunnusten välinen riippuvuus Luvian kokeella (▲ =  
 koeala 1, ● = koeala 2 ja ○ = koeala 3).  
 Appendix 3. The relationship between the dry matter of  
 different tree compartments and certain tree  
 characteristics. Luvia experiment (▲ = sample plot  
 No 1, ● = sample plot No 2 and ○ = sample plot  
 No 3).







ODC 537 + 176.1 *Betula pubescens* + 114.58 + 181.65

ISBN 951-40-0588-0

ISSN 0015-5543

MÄLKÖNEN, E. & SAARSALMI, A. 1982. Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetyks kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia For.* 534: 1—17.

The biomass distribution, total annual production and amount of nutrients (N, P, K, Ca) bound in the biomass of two natural birch stands is examined in the study. In addition, the effect on nutrient losses of whole-tree harvesting carried out at different times of the year was estimated.

The biomass of the above-ground parts of the trees in the young stand was 38 340 kg/ha and the annual production 8 410 kg/ha. The corresponding values for the older stand were 120 260 kg/ha and 10 080 kg/ha.

The time of year when harvesting was carried out had only a slight effect on nutrient losses. The partial shedding of leaves during harvesting and the internal nutrient cycle of the trees are factors contributing towards a more even distribution of nutrient losses at different times of the year.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 537 + 176.1 *Betula pubescens* + 114.58 + 181.65

ISBN 951-40-0588-0

ISSN 0015-5543

MÄLKÖNEN, E. & SAARSALMI, A. 1982. Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetyks kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia For.* 534: 1—17.

The biomass distribution, total annual production and amount of nutrients (N, P, K, Ca) bound in the biomass of two natural birch stands is examined in the study. In addition, the effect on nutrient losses of whole-tree harvesting carried out at different times of the year was estimated.

The biomass of the above-ground parts of the trees in the young stand was 38 340 kg/ha and the annual production 8 410 kg/ha. The corresponding values for the older stand were 120 260 kg/ha and 10 080 kg/ha.

The time of year when harvesting was carried out had only a slight effect on nutrient losses. The partial shedding of leaves during harvesting and the internal nutrient cycle of the trees are factors contributing towards a more even distribution of nutrient losses at different times of the year.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaan kortin kääntäpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

*Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).*

Nimi

Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Osoite

Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Metsätutkimuslaitos

Kirjasto/Library

Unioninkatu 40 A

SF-00170 Helsinki 17

FINLAND







# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoasema  
*Punkaharju Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koasema  
*Ojajoki Experimental Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi 30, Finland  
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoasema  
*Ruotsinkylä Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsäkoasema  
*Kannus Energy Forestry Experiment Station*  
Os. — *Address:* 69100 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 510 Metsätalastollinen vuosikirja 1981.  
Yearbook of Forest Statistics 1981.
- No 511 Pelkonen, Heikki, Tuomi, Pertti & Valtanen, Jukka: Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella.  
Survival of pine on reforested sites in northern Finland.
- No 512 Annala, Erkki: Lindaanin käyttö männyn paperikennotaimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta.  
Lindane treatment against Hylobius damage on Paper pot seedlings of Scots pine.
- No 513 Kalaja, Hannu & Rantamaula, Jari: Junkkari laikkahakkurit.  
Junkkari disc chippers.
- No 514 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Kuitupuupinojen painuminen.  
Shrinkage of pulpwood piles.
- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.  
Factors affecting the quality of young pines.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.  
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.
- No 517 Sepponen, Pentti, Laine, Lalli, Linnilä, Kimmo, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsätyypit ja niiden kasvillisuus Pohjois-Suomessa. Valtakunnan metsien III inventoinnin (1951—1953) aineistoon perustuva tutkimus.  
The forest site types of North Finland and their floristic composition. A study based on the III National Forest Inventory (1951—1953).
- No 518 Kubin, Eero & Poikolainen, Jarmo: Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan routa- ja lumisuhteista.  
Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways.
- No 519 Schildt, Jyri: Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankintajärjestelmä.  
Producing fuel chips with Unimog truck.
- No 520 Kärkkäinen, Matti: Tuloksia pystykarstittujen mäntyjen sahausesta.  
Results on sawing pruned pines.
- No 521 Kärkkäinen, Matti & Kallinen, Jorma: Kemin seudun mäntytukkien koehaustuloksia.  
On the sawing of pine logs from northern Finland, Kemi region.
- No 522 Björklund, Tarja: Kontortamännyn puutekniset ominaisuudet.  
Technical properties of lodgepole pine wood.
- No 523 Vuokila, Yrjö: Metsien teknisen laadun kehittäminen.  
The improvement of technical quality of forests.
- No 524 Varmola, Martti: Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen.  
Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning.
- No 525 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1981.  
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1981.
- No 526 Silverberg, Klaus: Näringsanalys i två spårämnesödslande granplanteringar.  
Nutrient analysis of Norway spruce after application of micro-nutrients.
- No 527 Nikkanen, Teijo: Pohjois-Suomen mäntyjen nuorissa siemenviljelyksissä syntyneen siemenen käyttömahdollisuuksista Oulun läänin alueella.  
Survival and height growth of North Finland × South Finland hybrid progenies of Scots pine in intermediate areas.
- No 528 Siren, Matti: Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa kuormainproessorilla.  
Stand damage in thinning operation with a grapple loader processor.
- No 529 Valtonen, Kari: Sahatavaran ja puulevyjen käyttö uudisrakentamiseen 1970-luvulla.  
Use of sawnwood and wood-based panels in new building construction in the 1970's.
- No 530 Hannelius, Simo: Metsäkiinteistöjen kauppahinta-aineisto ja sen soveltuvuus kauppa-arvomenetelmän vertailuperusteeksi.  
Forest real estate purchase price statistics as a basis for comparison method in real estate appraisal.
- No 531 Kinnunen, Kaarlo: Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa.  
Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland.
- No 532 Lyly, Olavi & Saksa, Timo: Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuorena istutusmännikössä.  
Variation in height growth and differentiation of tree classes in a young Scots pine plantation.
- No 533 Lähde, Erkki, Nieminen, Jarmo, Etholén, Kullervo & Suolahti, Pekka: Varttuneet kontortametsiköt Suomen eteläpuoliskossa.  
Older lodgepole pine stands in southern Finland.
- No 534 Mälkönen, Eino & Saarsalmi, Anna: Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa.  
Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

*Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.*

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0588-0  
ISSN 0015-5543