

13.06.89



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1989

728

Anna Saarsalmi & Eino Mälkönen

HARMAALEPIKON BIOMASSAN TUOTOS JA  
RAVINTEIDEN KÄYTTÖ

Biomass production and nutrient  
consumption in *Alnus incana* stands

MFI

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Helsinki



# FOLIA FORESTALIA 728

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1989

Anna Saarsalmi & Eino Mälkönen

## HARMAALEPIKON BIOMASSAN TUOTOS JA RAVINTEIDEN KÄYTTÖ

Biomass production and nutrient consumption in  
*Alnus incana* stands

Approved 17.2.1989

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	4
21. Koealat .....	4
22. Näytteiden keruu ja aineiston käsittely .....	4
3. BIOMASSAN MÄÄRÄ .....	6
31. Biomassan kokonaismäärä .....	6
32. Vuotuinen tuotos ja poistuma .....	6
4. RAVINTEIDEN KÄYTTÖ .....	8
41. Maan orgaaninen aine ja ravinteisuus .....	8
42. Puustoon sitoutuneet ravinnemäärät .....	9
43. Vuotuisen biomassatuotoksen ravinnetarve ja karikesadon sisältämät ravinteet .....	10
44. Ravinteiden menetys kokopuun korjuussa .....	12
5. TULOSTEN TARKASTELUA .....	12
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	14
SUMMARY .....	15
LIITTEET-APPENDICES .....	16

SAARSALMI, A. & MÄLKÖNEN, E. 1989. Harmaalepikon biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö. Summary: Biomass production and nutrient consumption in *Alnus incana* stands. *Folia Forestalia* 728. 16 p.

Tutkimuksessa tarkastellaan puuston maanpäällisen biomassan jakautumista, sen vuotuista kokonaistuotosta ja siihen sitoutuneita ravinnemääriä kahdessa 35-vuotiaassa harmaalepikossa, joista Siilinjärven metsikkö oli käenkaali-mustikkatyypin ja Nakkilan metsikkö käenkaali-oravanmarjatyyppiä. Lisäksi pyritään arvioimaan, miten kokopuun korjuu eri vuodenaikoina vaikuttaa ravinteiden menetykseen.

Kasvupaikkojen viljavuuserosta johtuen puustojen kehitysvaiheessa oli huomattava ero. Puuston maanpäällisen osan biomassassa oli Siilinjärven kokeella 33,6 t/ha ja Nakkilan kokeella 69,2 t/ha. Vuotuinen tuotos oli edellisellä 5,3 t/ha ja jälkimmäisellä 6,4 t/ha. Tuotettua biomassatonna kohti lepikot käyttivät ravinteita keskimäärin seuraavasti: N 16,7 kg, P 1,1 kg, K 5,1 kg ja Ca 5,8 kg. Karikkeissa palautui maahan keskimäärin vajaa 73% puustoon vuosittain sitoutuneesta tyypeistä, 46% fosforista, 78% kaliumista ja 93% kalsiumista.

Pintakasvillisuus muodosti 13% Siilinjärven metsikön vuotuisesta biomassatuotoksesta. Tuotettua biomassatonna kohti pintakasvillisuus käytti kaliumia, fosforia ja kalsiumia selvästi enemmän sekä tyypeä suunnilleen yhtä paljon kuin puusto. Selviä eroja eri ajankohtina tapahtuneen kokopuun korjuun välillä ei ollut ravinneimenetyksen kannalta johtuen osaksi puun sisäisestä ravinnekierrosta ja osaksi lehtien osittaisesta varisemisesta korjuuvaiheessa.

The distribution of the above-ground biomass of two 35-year-old alder (*Alnus incana*) stands growing on an *Oxalis-Myrtillus* site and an *Oxalis-Maianthemum* site, as well as their total annual production and the amounts of nutrients bound in the annual production are examined in the study. An attempt is made to estimate the effect of whole-tree harvesting carried out at different times of the year on the loss of nutrients.

There were considerable differences in the stage of development of the stands owing to the differences in site fertility. The biomass of the above-ground part of the tree stand was 33,6 t/ha in the Siilinjärvi experiment and 69,2 t/ha at Nakkila. The annual production was 5,3 t/ha and 6,4 t/ha respectively. The alder stands consumed the following amounts of nutrients to produce one tonne of biomass: 16,7 kg N, 1,1 kg P, 5,1 kg K and 5,8 kg Ca. On the average, around 73 % of the nitrogen, 46 % of the phosphorus, 78 % of the potassium and 93 % of the calcium bound each year in the stand were returned to the ground in the litterfall. The ground vegetation accounted for 13 % of the annual biomass production of the whole stand at Siilinjärvi. The ground vegetation utilized considerably more potassium, phosphorus and calcium to produce one unit of dry matter than the tree stand, and approximately the same amount of nitrogen. There were no clear differences in nutrient removal between whole-tree harvesting carried out at different times, partly owing to the internal cycling of nutrients within the trees and partly to the fact that part of the leaves shed when harvesting was carried out.

Key words: *Alnus incana*, biomass, nutrients, whole-tree harvesting  
ODC 176.1 *Alnus incana* + 537 + 161.11

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Soil Science, PL 18, SF-01301 Vantaa, Finland.

## SYMBOLIT — SYMBOLS

s = Keskihajonta  
S.D. = *Standard deviation*

h = Puun pituus, m  
*Tree height*

d = Rinnankorkeusläpimitta, cm  
*Breast height diameter*

$\Delta h$  = Latvuksen pituus, m  
*Crown length*

n = Koepuiden lukumäärä  
*Number of sample trees*

$r^2$  = Selityssaste, %  
*Degree of determination*

$s_r$  = Yhtälön jäännöshajonta  
*Residual standard deviation*

$s_e$  = Yhtälön suhteellinen virhe  
*Relative standard error of the estimate*

### Tilastolliset testit—Statistical tests

\* = 5% riskitaso — *risk level*  
\*\* = 1% ” ” ” ”  
\*\*\* = 0,1% ” ” ” ”

## 1. JOHDANTO

Harmaaleppää (*Alnus incana* (L.) Moench) pidetään maabiologisesti arvokkaana puulajina typensidontakykynsä ansiosta (esim. Virtanen 1957, Mikola 1966). Metsän kasvatuksessa leppään ei kuitenkaan ole kohdistettu sanottavaa mielenkiintoa ja sen käyttö, polttamista lukuunottamatta, on jäänyt varsin vähäiseksi. Energiapuunakin leppän polttoarvo on alhainen. Pienpuun korjuumenetelmien kehittymisen ansiosta leppän hyväksikäyttömahdollisuudet ovat parantuneet. Samalla leppän vesasyntyinen uudistuminen, nopea kasvu sekä symbioottinen typensidontakyky ovat ominaisuuksia, joita kasvatuskustannuksiin vaikuttavina tekijöinä on alettu arvostaa yhä enemmän. Mahdollista energiametsäviljelyä ajatellen on huomionarvoista, ettei leppä ole niin altis hirville ja muille nisäkkäille (Ahlen 1975) eikä tuhohyönteisille (Löytyniemi 1979) kuin esim. haapa, koivu ja pajut. Leppä voi lisäksi kasvaa viljavuudeltaan hyvin erilaisilla kasvupaikoilla (Ljunger 1959).

Lepikoita on määrätietoisesti uudistettu taloudellisesti arvokkaammilla havupuilla, minkä seurauksena leppävaltaisten metsien osuus metsäpinta-alasta on käynyt vähäiseksi. Harmaalepikoita tavataan useimmiten entisillä kaskialueilla, joilla erityisesti kiertokaskiviljelyksellä on ollut merkitystä harmaaleppän leviämiseen (Heikinheimo 1915).

Varsinaisella esiintymisalueellaan leppävaltaisia metsiä on suhteellisesti eniten viljavimmilla kasvupaikoilla (Ilvessalo 1956, Hakkila 1970). Tuotostutkimusten perusteella on päätelty, että jos leppää kasvattamalla halutaan saada nopeasti suurempia runkotilavuuksia kuin pääpuulajeilla, niin leppikon kiertoaika on pidettävä suhteellisen lyhyenä. Harmaaleppän vuotuinen keskikasvu näyttää kulminoituvan jo 15—20 vuoden iässä (Miettinen 1932).

Kotimaisissa energiametsätutkimuksissa on selvitelty harmaaleppän tuotosta (Simola 1977, Issakainen 1980, Paavilainen 1980, Björklund ja Ferm 1982), mutta leppän biomassan kokonaistuotos on kuitenkin vielä heikosti tunnettu. Ulkomaillakin kiinnostus harmaaleppän biomassatuotukseen on ollut melko vähäistä (Ovington 1956, 1962, van Cleve ym. 1971, Utkin ym. 1980).

Leppän viljelyn tarkoituksenmukaisuuden arvioiminen edellyttää paitsi tietoja leppän kuiva-ainetuotoksesta myös leppikon ravinnekierron tarkastelua. Luonnontilaisen leppikon ravinnekiertoa on tutkittu lähinnä pääravinteiden (Turner ym. 1976, Mun ym. 1977) tai ainoastaan typen osalta (Voigt ja Steucek 1969, van Cleve ym. 1971). Wittwer ja Immel (1978) sekä Saarsalmi ym. (1985) ovat tarkastelleet nuoren viljelyleppikon ravinteiden käyttöä.

Lepän kasvatusta energiapuuksi ja korjuu kokopuuna on ollut virikkeenä tämän tutkimuksen käynnistämiseksi. Tarkoituksena on selvittää harmaalepikon biomassan jakautumista, sen vuotuista kokonaistuotosta ja siihen sitoutuneita ravinnemääriä (N, P, K ja Ca). Lisäksi pyritään arvioimaan, miten kokopuun korjuu eri vuodenaikoina vaikuttaa ravinteiden menetykseen. Tarkastelu rajoittuu puuston maanpäälliseen osaan.

Tähän tutkimukseen on saatu rahoitusta SITRA:lta ja lisäksi Kemira Oy ja Oy W. Rosenlew Ab ovat auttaneet aineiston keruussa. Kenttätöistä on pääosin vastannut metsätalousinsinööri Teuvo Levula ja tulosten laskennassa on avustanut LuK Marja Huotari. Tutkimus on tehty Mälkösen laatiman suunnitelman mukaisesti (Mälkösen ja Saarsalmi 1982). Mälkösen alustavasti koostamien tulosten ja tekstiluonnoksen pohjalta Saarsalmi on viimeistellyt käsikirjoituksen. Professorit Seppo Kellomäki ja Pekka Kilki sekä MML Ari Ferm ovat lukeneet käsikirjoituksen tehden hyviä ehdotuksia työn viimeistelemissä. MML John Derome on kääntänyt tekstin englanninkielisen osan. Esitämme parhaat kiitokset kaikille tutkimukseen osallistuneille.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1. Koealat

Tutkimuksen kenttäkokeet keskitettiin kahteen koemetsikköön, jotka sijaitsivat Siilinjärvellä (N 63°8' ja E 27°45', 150 m m.p.y.) ja Nakkilassa (N 61°21' ja E 21°55', 30 m m.p.y.). Toukokuussa 1975 perustettiin Siilinjärven koemetsikköön kolme ja Nakkilan koemetsikköön kaksi koealaa, jotka olivat kooltaan 30 x 30 m.

Kasvupaikkatyypiltään Siilinjärven koemetsikkö oli lehtomaista kangasta ja Nakkilan koemetsikkö lehtoa. Kumpikin koealue on aikoinaan ollut maatalouskäytössä ja metsittyä luontaisesti harmaalepällä. Siilinjärven kokeella humuskerroksen paksuus oli keskimäärin 2,3 cm. Nakkilan kokeella humustyyppinä oli multa, joten humuskerrosta ei ollut tarkasti erotettavissa. Koealueet sijaitsivat moreeni- ja Siilinjärven kokeella kivennäis- ja Siilinjärven kokeella kiveänsä pinta-kerros (0–30 cm) oli hiehtaista moreenia, jossa hiedan osuus oli yli 40 %. Muita pääjalajitteita oli melko tasasuhteisesti paitsi savesta, jota oli 5 %. Kivien osuus oli 34 % maan pinta-kerroksen tilavuudesta. Nakkilan kokeen pintamaassa pääjalajitteena oli sora, mutta sekä hietaa että hiesua oli yli 20 % ja savestakin yli 5 %, joten hienorakeistakin ainesta oli runsaasti. Kivisyys oli 41 tilavuus-%.

Puusto oli kummallakin kokeella luonnontilassa valtapuuston iän ollessa n. 35 v. (taulukko 1). Lepän osuus puuston runkotiilavuudesta oli Siilinjärven koemetsikössä 91 % ja Nakkilassa 92 %. Sekapuuna esiintyi pääasiassa pihlajaa ja tuomea sekä Nakkilassa myös paatsamaa.

Pintakasvillisuus inventoitiin ainoastaan Siilinjärven kokeelta. Lajistonsa puolesta pintakasvillisuus oli suhteellisen rikas, mutta sen peittävyys jäi tiheän puuston vuoksi vähäiseksi (taulukko 2).

### 2.2. Näytteiden keruu ja aineiston käsittely

Puuston maanpäällisten osien biomassan ja ravinnepitoisuuksien selvittämiseksi valittiin satunnaisotannalla koealoittain 20–27 koeputta (taulukko 3). Puusto oli tätä ennen jaettu 1 cm läpimittaluokkiin ja koeput edustivat kaikkia koealoilla esiintyviä läpimittaluokkia. Koska työn yhtenä tavoitteena oli selvittää, miten eri vuodenaikoina tapahtuva kokopuun korjuu vaikuttaa kasvupaikalta poistuviin ravinnemääriin, näytteet kerättiin puista seuraavina ajankohtina:

#### Siilinjärvi

- Koeala 1, elokuun puoliväli 1975  
2, lokakuun puoliväli 1975  
3, toukokuun puoliväli 1976

#### Nakkila

- Koeala 1, elokuun loppu 1975  
2, marraskuun alku 1975

Ravinnemääriä varten otettiin näytteet runko- ja kuoren kuoresta, elävistä ja kuolleista oksista sekä elokuun näytteenotokerralla myös lehdistä. Näytteet kerättiin Mälkösen (1974, 1977) kuvaamien menetelmien mukaisesti. Näytteenoton jälkeen puusto hakeettiin kenttähakkurilla, määritettiin hakkeen palakokajakautuma ja kuivamassa sekä hakkeen sisältämien pääravinteiden määrä.

Puuston karikesadon arvioimiseksi asetettiin keuhkälä 1975 kumpaankin koemetsikköön 25 karikesuppilaa, joiden pinta-ala oli 10 dm<sup>2</sup>. Karikesuppilot tyhjennet-

Taulukko 1. Koemetsiköiden puustotunnuksia.  
*Table 1. Tree stand characteristics.*

Puustotunnus <i>Tree stand characteristic</i>	Koemetsiköt <i>Experimental stands</i>	
	Siilinjärvi	Nakkila
Ikä, a <i>Age</i>	35	35
Runkotuku, kpl/ha <i>Stem number per ha</i>	11 666	6 072
Keskiläpimitta, cm <i>Mean stem diameter</i>	4,4	9,2
Keskipituus, m <i>Mean height</i>	7,9	12,3
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha <i>Basal area</i>	13,64	24,43
Runkotilavuus kuorineen, m <sup>3</sup> /ha <i>Stem volume overbark</i>	56,40	142,20
Vuotuinen tilavuuskasvu kuorineen, m <sup>3</sup> /ha <i>Current annual increment overbark</i>	6,24	7,16

tiin kahden viikon välein, Siilinjärven kokeella touko-kuun alusta lokakuun lopulle ja Nakkilan kokeella kesäkuun alusta marraskuun alkuun.

Pintakasvillisuuden biomassan määrittämiseksi otettiin Siilinjärven kokeelta näytteet 20 näyteruudulta, joiden pinta-ala oli 50 dm<sup>2</sup>.

Maanäytteen maan orgaanisen aineen ja ravinnepitoisuuksien määrittämistä varten otettiin Mälkösen (1974, 1977) kuvaamien menetelmien mukaisesti.

Kasvi- ja maanäytteiden ravinnemääritykset tehtiin Metsäntutkimuslaitoksella käytössä olevin menetelmin (Halonen ym. 1983).

Puuston maanpäällisen osan kokonaisbiomassan arvioimiseksi laskettiin koepuuaineistoon perustuen puun eri osien kuivamassayhtälöt. Tulomuotoinen biomassamalli  $y = aI x_i^{b_i}$ , missä  $y$  on puun kuivamassa,  $x$  on puuta kuvaava selittävä muuttuja ja  $a$  sekä  $b$  ovat vakioita, ratkaistiin logaritimuudessa. Muunnoksen aiheuttama aliarvio korjattiin lisäämällä vakioon  $a$

korjauskerroin  $\frac{s_f^2}{2}$  (Meyer 1941), missä  $s_f$  on yhtälön jäännöshajonta. Puun osasta riippuen selittävinä muuttujina käytettiin puun rinnankorkeusläpimittaa, pituutta tai latvuston pituutta. Koemetsiköissä kasvanut sekapuusto yhdistettiin pääpuulajiin sekä biomassassa että ravinnelaskelmissa.

Taulukko 2. Eri kasvilajien peittävyys ja frekvenssi Siilinjärven kokeella.

Table 2. Coverage and frequency of plant species in the Siilinjärvi stand.

Kasvilaji Plant species	Peittävyys, % Coverage	Frekvenssi, % Frequency
<b>Sammalet - Mosses</b>		
<i>Brachythecium</i> spp.	0,6	20
<i>Hylocomium splendens</i>	0,3	15
<i>Mnium</i> spp.	0,4	10
<i>Pleurozium schreberi</i>	1,6	10
<b>Heinät — Grasses</b>		
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	13,8	30
<i>Calamagrostis epigeios</i>	0,4	20
<i>Deschampsia caespitosa</i>	4,7	30
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,3	10
<i>Poa nemoralis</i>	0,1	5
<i>Poa trivialis</i>	0,3	10
<b>Ruohot — Herbs</b>		
<i>Angelica silvestris</i>	1,5	10
<i>Dryopteris carthusiana</i>	13,1	70
<i>Epilobium angustifolium</i>	0,5	5
<i>Equisetum silvaticum</i>	2,0	35
<i>Filipendula ulmaria</i>	0,2	10
<i>Fragaria vesca</i>	0,3	5
<i>Geranium silvaticum</i>	0,3	10
<i>Geum rivale</i>	0,5	20
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	1,5	80
<i>Luzula pilosa</i>	0,3	15
<i>Maianthemum bifolium</i>	1,2	55
<i>Oxalis acetosella</i>	1,6	50
<i>Rubus saxatilis</i>	0,6	25
<i>Solidago virgaurea</i>	0,1	5
<i>Trientalis europaea</i>	0,6	45
<i>Veronica chamaedrys</i>	0,1	5
<i>Viola</i> spp.	0,4	25
<b>Varvut — Dwarf shrubs</b>		
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1,1	10
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0,1	5

Taulukko 3. Koepuiden tunnuksia.

Table 3. Sample tree parameters.

Puutunnus Parameter	Siilinjärvi				Nakkila			
	Keskiarvo Mean ( $\bar{x}$ )	s S.D.	Minimi Min.	Maksimi Max.	Keskiarvo Mean ( $\bar{x}$ )	s S.D.	Minimi Min.	Maksimi Max.
Läpimitta, cm <i>Diameter</i>	7,6	4,8	1,2	20,1	8,5	5,7	1,0	21,9
Pituus, m <i>Height</i>	7,5	2,6	2,2	13,1	9,4	3,9	2,8	15,6
Tilavuus, m <sup>3</sup> <i>Volume</i>	0,030	0,037	Δ	0,169	0,051	0,066	Δ	0,260
Latvussuhde, % <i>Crown ratio</i>	75,4	15,6	37,1	99,1	65,3	19,2	23,2	99,0
Kuiva-aine, kg <i>Dry matter</i>								
Runkopuu <i>Stemwood</i>	9,66	12,25	0,05	59,99	16,41	21,41	0,09	83,61
Kuori <i>Bark</i>	1,48	1,77	0,02	8,06	2,65	3,11	0,04	11,80
Kuolleet oksat <i>Dead branches</i>	0,06	0,11	Δ	0,53	0,18	0,29	Δ	1,62
Elävät oksat <i>Living branches</i>	3,94	4,82	0,02	18,76	4,20	6,95	0,03	32,27
Lehdet <i>Leaves</i>	0,87	0,97	0,02	3,65	0,95	1,58	0,02	8,00

### 3. BIOMASSAN MÄÄRÄ

#### 31. Biomassan kokonaismäärä

Puuston kokonaisbiomassan arvioinnissa käytetyt yhtälöt olivat hyvin samankaltaisia kummassakin koemetsikössä (taulukko 4). Tässä yhteydessä yhtälöt on tarkoituksenmukaista esittää myös koko aineistosta määritettyinä. Kuolleiden oksien biomassaa kuvaavia yhtälöitä lukuunottamatta yhtälöiden selitysteoriat olivat hyvät.

Runkopuun massan arvioinnissa käytettiin harmaalepän puuaineen keskimääräisenä tiheytenä  $361 \text{ kg/m}^3$  (Hakkila 1970). Koepuiden kuoren tiheys sekä kuoren osuus rungon tilavuudesta ja massasta käy ilmi seuraavasta asetelmasta:

Koemetsikkö	Kuoren tiheys, $\text{kg/m}^3$	Kuoren osuus tilavuudesta	% rungon massasta
Siilinjärvi	$477,0 \pm 53,8$	12,0	13,9
Nakkila	$478,1 \pm 26,9$	12,1	14,1

Vaikka Nakkilan koepuiden keskimääräinen kuoriprosentti oli suurempi kuin Siilinjärven puiden, rungon koko ei kuvastunut keskimääräisissä kuoriprosenteissa. Mietittisen (1932) mukaan 30-vuotiaassa OMT:n harmaalepän kuoren osuus rungon tilavuudesta on 12,5 %. Hakkila (1970) puolestaan esittää harmaalepän kuoren osuudeksi rungon massasta keskimäärin 13 %.

Puuston maanpäällisen osan biomassaa oli Nakkilan koemetsikössä yli kaksinkertainen Siilinjärven kokeeseen verrattuna (taulukko 5). Koemetsikköiden valtapuiden samanikäisyydestä huolimatta niiden kehitysvaiheessa oli huomattava ero. Siilinjärven lepikossa latvuston osuus puuston maanpäällisen osan biomassasta oli noin 27 %, mutta puustoltaan järeämmässä Nakkilan metsikössä vain noin 18 %.

Pintakasvillisuuden biomassaa koostui pääosin heinistä ja ruohoista (taulukko 6). Biomassa määritettiin heinäkuun lopussa, joten kasvukauden aikana pintakasvillisuuden koostumuksessa ja määrässä tapahtuneita muutoksia ei voitu ottaa huomioon. Tiheän puuston vuoksi pintakasvillisuus muodosti vain noin 2 % lepikon maanpäällisen osan biomassasta.

Taulukko 4. Puun eri osien massayhtälöt. Yhtälön muoto on  $\log y = a_0 + a_1 \log d + a_2 \log h + a_3 \log \Delta h$ .

Table 4. Equations for the dry matter of different tree compartments. The basic form of the equation is  $\log y = a_0 + a_1 \log d + a_2 \log h + a_3 \log \Delta h$ .

Kuivamassa — Dry matter	Koe — Siilinjärvi	Experiment — Nakkila	Koko aineisto — Whole material
<b>Runkopuu — Stemwood</b>			
$a_0$	—3,4033	—4,0313	—3,8363
$a_1$	1,9521	1,6828	1,7576
$a_2$	0,6485	1,1717	1,0098
$a_3$	—	—	—
$r^2$	0,994	0,994	0,994
n	42	65	107
$s_e$ , kg	2,65	1,31	1,86
<b>Kuori — Bark</b>			
$a_0$	—4,4906	—4,2898	—4,9747
$a_1$	1,7215	1,8180	1,5240
$a_2$	0,6056	0,3039	0,9554
$a_3$	—	—	—
$r^2$	0,988	0,988	0,984
n	42	65	107
$s_e$ , kg	0,54	0,25	0,43
<b>Elävät oksat — Living branches</b>			
$a_0$	—2,5314	—2,7931	—2,5603
$a_1$	3,2411	3,1867	3,2070
$a_2$	—2,2068	—1,7374	—2,0675
$a_3$	0,7264	0,3832	0,6092
$r^2$	0,947	0,968	0,960
n	42	65	107
$s_e$ , kg	2,22	1,55	1,78
<b>Kuolleet oksat — Dead branches</b>			
$a_0$	—6,6914	—7,8693	—7,6679
$a_1$	1,9690	1,8433	2,0291
$a_2$	—	—	—
$a_3$	—	—	—
$r^2$	0,547	0,358	0,414
n	42	65	107
$s_e$ , kg	0,44	0,32	0,55
<b>Lehdet — Leaves</b>			
$a_0$	—5,7121	—5,2956	—5,4326
$a_1$	1,7230	1,6267	1,7067
$a_2$	—	—	—
$a_3$	0,8644	0,6956	0,6977
$r^2$	0,912	0,966	0,939
n	25	27	52
$s_e$ , kg	0,59	0,27	0,41

#### 32. Vuotuinen tuotos ja poistuma

Puuston biomassan vuotuinen tuotos määritettiin kummankin metsikön koealalta 1 (taulukko 7). Runkopuun vuotuinen bio-



Taulukko 5. Puuston kuiva-ainemäärä.  
Table 5. Dry matter of the tree crop

Puun osa Compartment	Koealat — Sample plots					
	1		2		3	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Siilinjärvi						
Runkopuu Stemwood	20 820	61,9	15 660	63,2	17 480	64,0
Kuori Bark	3 500	10,4	2 690	10,8	3 250	11,9
Kuolleet oksat Dead branches	260	0,8	200	0,8	250	0,9
Elävät oksat Living branches	7 340	21,8	6 240	25,2	6 330	23,2
Lehdet Leaves	1 710	5,1				
Yhteensä — Total	33 630	100,0	24 790	100,0	27 310	100,0
Nakkila						
Runkopuu Stemwood	47 700	69,0	45 540	68,1		
Kuori Bark	8 280	12,0	7 860	11,8		
Kuolleet oksat Dead branches	840	1,2	800	1,2		
Elävät oksat Living branches	9 400	13,6	12 660	18,9		
Lehdet Leaves	2 930	4,2				
Yhteensä — Total	69 150	100,0	66 860	100,0		

Taulukko 6. Pintakasvillisuuden kuiva-ainemäärä Siilinjärven kokeella.

Table 6. Dry matter of the ground vegetation in the Siilinjärvi stand.

Kasviryhmä Plant group	kg/ha	%
Sammalet Mosses	70	10,2
Heinät Grasses	270	39,1
Ruohot Herbs	290	42,0
Varvut Dwarf shrubs	60	8,7
Yhteensä — Total	690	100,0

massan tuotos laskettiin runkopuun tiheyden ja vuotuisen tilavuuskasvun avulla. Runkopuun vuotuinen kuoreton kasvu oli Siilinjärven koealalla 5,34 ja Nakkilan koealalla 6,48 m<sup>3</sup>/ha. Kuoren vuotuinen tuotos arvioitiin kuoren tiheyden sekä rungon kuorellisen ja kuorettoman tilavuuskasvun erotuksen perusteella. Kuoren vuotuiseksi kas-

Taulukko 7. Puuston vuotuinen biomassan tuotos.

Table 7. Annual biomass production of the tree crop.

Puun osa Compartment	Siilinjärvi		Nakkila	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Runkopuu Stemwood	1 930	36,4	2 340	36,7
Kuori Bark	430	8,1	330	5,2
Oksat Branches	1 230	23,2	770	12,1
Lehdet Leaves	1 710	32,3	2 930	46,0
Yhteensä — Total	5 300	100,0	6 370	100,0

vuksi saatiin Siilinjärven kokeella 0,90 m<sup>3</sup>/ha ja Nakkilan kokeella vastaavasti 0,68 m<sup>3</sup>/ha.

Oksien biomassatuotoksen arviointia vaikeuttaa vanhimpien oksien tai niiden osien samanaikainen kuoleminen ja variseminen karikkeina maahan. Oksien vuotuisen tuotoksen arvioimiseen käytettiin Whittakerin

(1965) esittämää menetelmää, joka perustuu yleiseen kasvuyhtälöön. Näyteaineiston perusteella saatiin oksille seuraavat tuotosyhtälöt:

Siilinjärven koe

$$\log y = 1,0986 + 1,395 \log t$$

$$r = 0,741$$

$$n = 71$$

Nakkilan koe

$$\log y = 1,0205 + 1,125 \log t$$

$$r = 0,361$$

$$n = 72$$

Näissä tuotosyhtälöissä y tarkoittaa kuorellisten oksien kuivamassaa ja t oksan ikää. Oksien vuotuinen biomassan tuotos laskettiin regressiokertoimien avulla, jotka kuvaavat oksien kasvunopeutta (Mälkönen 1974, Mälkönen ja Saarsalmi 1982).

Lehtien biomassatuotoksen arvio perustuu yhden vuoden lehtisatoon. Vuotuinen lehtibiomassan tuotos oli Siilinjärven lepikossa noin 90% runkopuun vuotuisesta tuotoksesta, Nakkilan kokeella puolestaan 1,3-kertainen runkopuun tuotokseen verrattuna.

Osa puun maanpäällisten osien biomassasta kuolee vuosittain ja varisee karikkeina

Taulukko 8. Harmaalepikon vuotuinen karikesato.  
Table 8. Annual litter crop in the grey alder stands.

Karikelaji Type of litter	Siilinjärvi kg/ha	Nakkila kg/ha
Lehdet Leaves	2 160	2 950
Oksat Branches	230	220
Kuori Bark	5	5
Kukinnot Reproductive organs	60	50
Tunnistamaton Unidentified	70	70
<b>Yhteensä — Total</b>	<b>2 525</b>	<b>3 295</b>

maahan. Tarkasteltavissa koemetsiköissä puuston maanpäällisten osien vuotuinen karikesato oli 2,5—3,3 t/ha, josta pääosa oli lehtikariketta (taulukko 8). Lyhyestä mitausjaksosta johtuen karikesadon arvioon on suhtauduttava varauksella. Schalin (1966) on esittänyt rehevillä, lepille tyypillisillä kasvupaikoilla, harmaalepän vuotuisiksi karikesadoksi 1,9—4,2 t/ha.

## 4. RAVINTEIDEN KÄYTTÖ

### 41. Maan orgaaninen aine ja ravinteisuus

Lepän runsas karikesato lisää vuosittain maan orgaanisen aineen määrää, mutta korkean typpipitoisuutensa vuoksi lepän lehtikarika on helposti hajoavaa (Mikola 1958). Lepikossa muodostuu näin ollen nopeasti multaista humusta. Maan orgaanisen aineen määrä koemetsiköissä oli seuraava:

	Siilinjärvi	Nakkila
Humuskerros	21,6 t/ha	
0—30 cm	19,4 "	22,3 t/ha
30—60 "	6,5 "	2,5 "

Maan orgaanista ainetta oli suhteellisen vähän Nakkilan koemetsikössä, mikä on osoituksena nopeasta hajotustoiminnasta. Hajotuspotentiaalia kuvastavassa C/N-suhteessa koemetsiköiden välillä ei kuitenkaan ollut kovin suurta eroa. C/N-suhte oli Nak-

kilassa (0—30 cm kerroksessa) 25 ja Siilinjärvellä vastaavasti 32.

Lepikoissa maan pintakerroksen pH on monesti yllättävän alhainen, minkä arvioidaan johtuvan typensidonnan, karikkeiden hajoamisen sekä nitrifikaation aiheuttamasta happamoittavasta vaikutuksesta (esim. Franklin ym. 1968, Tarrant ja Trappe 1971).

Tarkasteltavissa koemetsiköissä maan pintakerros oli melko hapanta, kuten seuraava asetelma osoittaa:

	Siilinjärvi pH	Nakkila
Humuskerros	3,9	
0—10 cm	4,3	4,6
10—20 "	4,9	5,5
20—30 "	5,2	6,1
30—60 "	5,5	6,1

Taulukko 9. Maan kokonaistypen, helppoliukaisen fosforin sekä vaihtuvan kaliumin ja kalsiumin pitoisuus koemetsiköissä.

Table 9. Concentration 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 mg/l	K	Ca
Siilinjärvi	Humuskerros Humus layer	2 380	35	147	825
	Kivennäismaa Mineral soil 0—30 cm	570	2,4	36	194
Nakkila	Kivennäismaa Mineral soil 0—30 cm	860	1,7	76	680

Varsinkin pinta- ja pohjamaan pH-arvojen keskinäinen vertailu osoittaa pintakerrosten happamoituneen voimakkaasti.

Kokonaistypen määrä koemetsiköiden maassa oli suhteellisen pieni (taulukko 9). Lepän helposti hajoavien karikkeiden ansiosta orgaanisesti sitoutunut typpi vapautuu maassa nopeasti kasvien käyttöön, joten maahan ei kerry isoja typpivarastoja. Ravinnemäärien tarkastelussa kiinnittyi huomio myös helppoliukaisen fosforin niukkuuteen varsinkin Nakkilan lehtometsikössä. Sen sijaan vaihtuvan kalsiumin määrä oli huomattavan suuri.

## 42. Puustoon sitoutuneet ravinnemäärät

Puustoon sitoutuneiden ravinteiden määrä laskettiin puun eri osien biomassan (taulukko 5) ja niiden keskimääräisten ravinnepitoisuuksien (liitteet 1 ja 2) avulla. Vaikka maan ravinnepitoisuuksissa oli huomattavia eroja koemetsiköiden välillä, puiden keskimääräiset ravinnepitoisuudet olivat melko yhdenmukaisia kummassakin koemetsikössä. Lehtien typpi- ja fosforipitoisuus oli likimain samansuuruinen, kalium- ja kalsiumpitoisuus sen sijaan korkeampi kuin Viron (1955) tutkimuksessa. Kirjallisuuden mukaan lepän lehtien typpipitoisuus vaihtelee välillä 2,5—3,4 % (Viro 1955, Voigt ym. 1969, van Cleve ym. 1971, Turner 1976, Miller 1983).

Puiden vuotuisen kehitysrytmin mukaisesti osa lehtien sisältämistä ravinteista siirtyy puun muihin osiin ennen lehtien varisemista. Tämä puun sisäinen ravinnekierto kuvastui varsinkin kuoren ja runkopuun typpipitoisuuden nousuna (liitteet 1 ja 2).

Siilinjärven metsikössä puuston maanpäälliseen osaan oli sitoutunut typpeä noin 230 kg/ha ja Nakkilan metsikössä 400 kg/ha (taulukot 10 ja 11). Siilinjärven metsikössä latvuston osuus puuston maanpäällisen osan biomassasta oli 27 %, mutta siihen oli sitoutunut 62 % puuston maanpäällisen osan sisältämästä typestä, fosforista ja kaliumista. Vastaavasti Nakkilan puustossa latvuston biomassan osuus oli 18 % ja sii-

Taulukko 10. Puuston biomassaan sitoutuneiden ravinteiden määrä (kg/ha) Siilinjärven kokeella.

Table 10. Amount of various nutrients bound in 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	44,3	4,0	11,9	14,0	47,0	4,1	15,5	15,2	43,5	3,7	14,5	15,2
Kuori Bark	39,5	3,2	10,2	35,4	35,7	3,1	7,3	32,6	39,6	3,4	9,0	33,2
Kuolleet oksat Dead branches	2,1	0,1	0,2	1,2	1,8	0,1	0,2	1,0	1,6	0,1	0,2	0,8
Elävät oksat Living branches	83,4	6,7	20,6	36,9	83,6	6,5	18,1	29,9	73,4	6,2	19,9	24,4
Lehdet Leaves	59,3	3,5	21,8	18,0								
Yhteensä — Total	228,6	17,5	64,7	105,5	168,1	13,8	41,1	78,7	158,1	13,4	43,6	73,6

Taulukko 11. Puuston biomassan sitoutuneiden ravinteiden määrä (kg/ha) Nakkilan kokeella.  
Table 11. Amount of various nutrients bound in the tree crop (kg/ha). Nakkila experiment.

Puun osa Compartment	Koeala 1 Sample plot No 1				Koeala 2 Sample plot No 2			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
Runkopuu Stemwood	96,4	8,1	25,3	34,8	133,4	10,9	31,9	47,4
Kuori Bark	89,0	7,2	22,8	78,3	96,1	7,9	26,6	75,2
Kuolleet oksat Dead branches	7,0	0,4	0,7	3,0	5,4	0,3	0,8	2,5
Elävät oksat Living branches	113,6	9,9	26,5	41,9	147,4	14,0	35,4	48,9
Lehdet Leaves	95,4	5,4	27,7	29,3				
Yhteensä — Total	401,4	31,0	103,0	187,3	382,3	33,1	94,7	174,0

Taulukko 12. Pintakasvillisuuden keskimääräiset ravinnepitoisuudet ja pintakasvillisuuteen sitoutuneiden ravinteiden määrä Siilinjärven kokeella.

Table 12. Average nutrient content of the ground vegetation and amount of various nutrients bound in the ground vegetation. Siilinjärvi experiment.

Kasviryhmä Plant group	N		P		K		Ca	
	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
Sammalet Mosses	2,230	1,6	0,242	0,2	0,745	0,5	0,736	0,5
Heinät Grasses	1,471	4,0	0,178	0,5	2,449	6,6	0,474	1,3
Ruohot Herbs	2,220	6,4	0,198	0,6	2,673	7,8	1,784	5,2
Varvut Dwarf shrubs	1,236	0,7	0,089	0,1	0,534	0,3	0,521	0,3
Yhteensä — Total		12,7		1,4		15,2		7,3

hen oli sitoutunut 52 % puuston maanpäällisen osan sisältämästä tyypestä, fosforista ja kaliumista.

Ovingtonin (1962) mukaan Länsi-Englannissa 22-vuotiaan harmaalepikon puuston maanpäällisissä osissa oli tyyppiä 640 kg/ha. Samaan puuston osaan oli 36-vuotiaassa harmaalepikossa Neuvostoliiton Jaroslavin alueella sitoutunut tyyppiä 400 kg/ha (Oskina ja Ermolova 1982). Puuston maanpäällisten osien biomassassa oli englantilaisessa tutkimuksessa 111 t/ha, josta latvuston osuus 25% (Ovington 1962) ja neuvostoliittolaisessa tutkimuksessa 99 t/ha, josta latvuston osuus 11% (Utkin ym. 1980).

Puuston lisäksi ravinteita on sitoutunut myös pintakasvillisuuteen, jota tarkasteltiin vain Siilinjärven kokeella. Pintakasvillisuuden biomassan määrä oli vain 2 % lepikon maanpäällisestä biomassasta, mutta siihen

oli sitoutunut ravinteita suhteellisesti enemmän (taulukko 12). Puustoon verrattuna pintakasvillisuudessa oli suhteellisesti runsaimmin kaliumia, jonka pitoisuus oli erityisen korkea heinissä ja ruohoissa.

### 43. Vuotuisen biomassatuotoksen ravinnetarve ja karikesadon sisältämät ravinteet

Puuston vuotuisen biomassatuotokseen sitoutuva ravinnemäärä ei suoranaisesti osoita puiden ravinnetarvetta johtuen esimerkiksi ns. ravinteiden ylläisyyskäytöstä ja ravinteiden huuhtoutumisesta sateessa lehtien pinnoilta. Puustoon vuosittain sitoutuneiden ravinnemäärien perusteella voidaan kuitenkin kuvata puuston ravinteiden käyt-

Taulukko 13. Puuston vuotuisen biomassatuotokseen sitoutuneiden ravinteiden määrä (kg/ha) koemetsiköissä.

Table 13. Amount of various nutrients bound in the apparent annual biomass production (kg/ha) in the experimental stands.

Puun osa Compartment	Siilinjärvi				Nakkila			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
Runkopuu Stemwood	4,1	0,4	1,1	1,3	4,7	0,4	1,2	1,7
Kuori Bark	4,9	0,4	1,3	4,4	3,5	0,3	0,9	3,1
Oksat Branches	14,0	1,1	3,5	6,2	9,3	0,8	2,2	3,4
Lehdet Leaves	59,5	3,6	21,8	18,0	95,6	5,4	27,7	29,4
Yhteensä — Total	82,5	5,5	27,7	29,9	113,1	6,9	32,0	37,6

Taulukko 14. Karikkeiden keskimääräiset ravinnepitoisuudet ja karikkeissa maahan tulleet ravinnemäärät koemetsiköissä.

Table 14. Average nutrient content of litter and amount of various nutrients returned to the soil in litter fall in experimental stands.

Koe — Experiment	Karikelaji — Type of litter	N		P		K		Ca	
		%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
Siilinjärvi	Lehdet — Leaves	2,432	52,5	0,107	2,3	0,817	17,7	1,060	22,9
	Oksat — Branches	1,318	3,0	0,092	0,2	0,314	0,7	0,776	1,8
	Kuori — Bark	1,709	0,1	0,094	Δ	0,128	Δ	0,556	Δ
	Kukinnot — Reproductive organs	1,892	1,1	0,208	0,1	0,571	0,3	0,731	0,4
	Tunnistamaton — Unidentified	2,389	1,7	0,199	0,1	0,392	0,3	0,771	0,5
	Yhteensä — Total		58,4		2,7		19,0		25,6
Nakkila	Lehdet — Leaves	2,602	76,8	0,087	2,6	0,897	26,5	1,204	35,5
	Oksat — Branches	1,565	3,4	0,078	0,2	0,244	0,5	0,567	1,3
	Kuori — Bark	1,610	0,1	0,083	Δ	0,135	Δ	0,379	Δ
	Kukinnot — Reproductive organs	2,490	1,3	0,165	0,1	0,710	0,4	0,742	0,4
	Tunnistamaton — Unidentified	3,029	2,1	0,181	0,1	0,440	0,3	0,719	0,5
	Yhteensä — Total		83,7		3,0		27,7		37,7

töä (taulukko 13). Koemetsiköissä rungon vuotuisen tuotokseen sitoutui keskimäärin vain 7–15 % puuston maanpäällisen osan tuotokseen sitoutuneesta tyypestä, fosforista ja kaliumista. Sen sijaan rungon osuus sitoutuneesta kalsiumista oli 13–19 %. Pääosa ravinteista sitoutui lehtibiomassaan. Vertailuna esitetyille tuloksille mainittakoon 5-vuotias viljelyleppikko, joka käytti vuosittain tyyppiä 100, fosforia 7,4, kaliumia 34 ja kalsiumia 36 kg/ha (Saarsalmi ym. 1985). Neuvostoliitossa Jaroslavin alueella 36-vuotiaassa harmaalepikossa puuston maanpäällisen osan tuotokseen sitoutui vuosittain

tyyppiä 89 kg/ha (Oskina ja Ermolova 1982), eli yhtä paljon kuin Siilinjärven metsikössä.

Suuri osa puustoon vuosittain sitoutuneista ravinteista palautui karikkeissa takaisin maahan (taulukko 14). Valtaosa karikkeista oli lehtikariketta. Lehtikarikkeiden typpipitoisuus oli 75 %, fosforipitoisuus 50 % ja kaliumipitoisuus 80 % vihreiden lehtien vastaavista ravinnepitoisuuksista. Leppää pidetään typen suhteen tuhlailevana puulajina (Viro 1955, Grigal 1976, Dawson ja Funk 1981). Viron (1955) mukaan harmaalepän lehdistä siirtyy ennen lehtien varisemista

typestä 41 %, fosforista 66 % ja kaliumista 60 % muihin puun osiin.

#### 44. Ravinteiden menetys kokopuun korjuussa

Pienikokoisen puuston tehokkaan käytön edellytyksenä on puun koko maanpäällisen osan talteenotto, jolloin korjuu tapahtuu parhaiten hakemenetelmällä. Metsämaan ravinteisuus kuitenkin heikkenee kokopuun korjuun aiheuttaman ravinteiden menetyksen takia.

Vertailemalla kokopuuhakkeen sisältämiä ravinnemääriä haketonna kohti ilmaistuna (taulukko 15) voidaan tarkastella korjuuajankohdan merkitystä ravinteiden menetyksen kannalta. Selviä eroja hakkeen sisältämissä ravinnemäärissä ei kuitenkaan ollut eri korjuuajankohtien välillä. Syynä tähän on ensiksikin puun sisäinen ravinnekierto, jonka seurauksena osa lehtien sisältämistä ravinteista siirtyy lehtien kellastuessa muihin puun osiin. Toinen tärkeä tekijä on lehtien osittainen variseminen puunkorjuussa.

Koemetsiköiden erilainen kehitysvaihe kuvastui hakkeen sisältämissä ravinnemäärissä (taulukko 15). Nakkilan metsikön

Taulukko 15. Ravinteiden menetys harmaalepikon kokopuun korjuussa.

Table 15. Loss of nutrients in whole-tree harvesting of *Alnus incana* stand.

Koe Experiment	N kg ravinnetta/t kg nutrients/t	P	K	Ca kg kokopuuhaketta of whole-tree chips
Siilinjärvi				
Leppä lehtineen <i>Alder with leaves</i>	6,7	0,5	2,2	2,4
Leppä lehdettömänä <i>Alder without leaves</i>	6,0	0,5	1,6	2,6
Nakkila				
Leppä lehtineen <i>Alder with leaves</i>	4,6	0,3	1,5	2,6
Leppä lehdettömänä <i>Alder without leaves</i>	4,8	0,4	1,5	2,3

järempi puusto sisälsi haketonna kohti ilmaistuna vähemmän typpeä, fosforia ja kaliumia kuin Siilinjärven puusto. Ravinnetoisuuksissa oli jyrkkä raja 6 mm hakefraktion kohdalla. Alle 6 mm fraktiossa, joka muodosti vain 4–7 % hakkeen kuivamassasta, ravinnetoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin yli 6 mm fraktiossa. Palakooltaan hienoin hake sisälsi suhteellisesti eniten lehtiä tai kuorta.

## 5. TULOSTEN TARKASTELUA

Kasvupaikkojen viljavuuseroista johtuen koemetsiköiden kehitysvaiheessa oli huomattava ero metsiköiden samanikäisyydestä huolimatta. Siilinjärven metsikössä puuston vuotuinen biomassan tuotos oli 5,3 t/ha eli 83 % Nakkilan metsikön vastaavasta biomassan tuotoksesta. Suotuisissa olosuhteissa harmaalepän maanpäällisten osien vuotuinen biomassan tuotos voi olla Saarsalmen ym. (1985) mukaan jopa 8,5 t/ha. Tämän tutkimuksen harmaalepikoiden vuotuinen biomassan tuotos oli keskimäärin vajaa puolet siitä, mitä Neuvostoliiton eteläisen taiga-alueen 20–40-vuotiaille harmaalepikoille on esitetty (Utkin ym. 1980). Edelleen koemetsiköiden runko- ja oksabiomassan vuotuinen tuotos oli keskimäärin vajaa 75 % siitä, mitä 8-vuotiaille harmaalepikoille Keski-Pohjanmaalla on mitattu (Björklund ja Ferm 1982). Vertailuna mai-

nittakoon, että tämän tutkimuksen harmaalepikoiden vuotuinen biomassan tuotos oli pienempi kuin 20–40-vuotiaiden käekaalimustikkatyypin hieskoivikoiden (Mälkönen 1977, Mälkönen ja Saarsalmi 1982). Syynä tarkasteltujen harmaalepikoiden suhteellisen alhaiseen biomassatuotokseen oli ilmeisesti puuston yli-ikäisyys.

Siilinjärven ja Nakkilan metsiköissä palautui karikkeissa maahan keskimäärin 73 % puustoon vuosittain sitoutuneesta tyypestä, 46 % fosforista, 78 % kaliumista ja 93 % kalsiumista. Tulosten tulkintaa vaikeuttaa kuitenkin se, että karike- ja lehtimassan määritykset tehtiin eri koaloilta. Tyypeä palautui suhteellisesti enemmän kuin Viron (1955) tutkimuksessa.

Tässä aineistossa lepän lehtikarikkeen typpipitoisuus oli keskimäärin 2,5 %. Lepän lehtikarikkeen typpipitoisuus on tavalli-

sesti 2—3 % eli 2—3 kertaa suurempi kuin muilla eurooppalaisilla lehtipuilla (Mikola 1954, 1966, Viro 1955). Korkean typpipitoisuutensa vuoksi lepän karike on helposti hajoavaa (Mikola 1958) ja ravinteiden kierto lepikossa nopeaa, sillä ravinteet ovat sidottuina karikkeisiin vain noin kolmanneksen siitä ajasta kuin havupuiden karikkeissa (Cole ja Rapp 1981).

Puiden ravinteiden käyttöön vaikuttavat pääasiassa maan ravinteisuustaso ja metsikön kehitysvaihe. Näiden koemetsiköiden maan ravinteisuuserot eivät heijastuneet puiden ravinnepitoisuuksissa. Puiden ravinnepitoisuudet vaihtelevatkin tavallisesti paljon vähemmän kuin kasvualustan (Remezov ja Pogrebnjak 1965).

Koelepickot käyttivät tuotettua biomassatonnaa kohti enemmän ravinteita kuin lauhkean vyöhykkeen lehtipuut keskimäärin (taulukko 16). Yleensä nuoret puut käyttävät enemmän ravinteita suhteessa tuotettuun biomassaan kuin vanhemmat puut. Näiden 35-vuotiaiden harmaalepiköiden ravinteiden käyttö oli kuitenkin suurempi kuin 5-vuotiaan viljelylepickon (Saarsalmi ym. 1985) johtuen erityisesti lehtien suuresta osuudesta biomassatuotoksessa. Tämän aineiston perusteella leppä on ravinnetarpeeltaan selvästi vaateliaampi kuin koivu (Mälkönen 1977) ja mänty (Mälkönen 1974). Osan tyyntarpeestaan leppä pystyy kuitenkin tyydyttämään typensidontakykynsä ansiosta. Johnsrudin (1978) mukaan 30-vuotias harmaalepicko pystyy sitomaan vuosittain tyyntä jopa 40 kg/ha.

Pintakasvillisuus ja siihen sitoutuneiden ravinteiden määrä riippuu suuresti metsikön kehitysvaiheesta. Siilinjärven metsikössä pintakasvillisuus muodosti 13 % metsikön vuotuisesta biomassan tuotoksesta. Tuotettua kuiva-aineyksikköä kohti pintakasvillisuus käytti kaliumia neljä kertaa ja fosforia sekä kalsiumia kaksi kertaa niin paljon kuin puusto. Puuston ja pintakasvillisuuden tyyntä käytössä ei ollut sanottavaa eroa. Pääosa pintakasvillisuudesta muodostui yksivuotisista lajeista, joihin sitoutuneet ravinteet palautuvat vuosittain maahan.

Taulukko 16. Eri puulajien ravinteiden käyttö tuotettua biomassayksikköä kohti.

Table 16. Amounts of nutrients consumed by different tree species to produce one unit of biomass.

Puulaji — Tree species	N	P	K	Ca
	kg/1000 kg			
<i>Alnus incana</i> Siilinjärvi OMT (Tämä tutkimus — This study)	15,6	1,0	5,2	5,6
<i>A. incana</i> Nakkila OMaT (Tämä tutkimus — This study)	17,8	1,1	5,0	5,9
<i>A. incana</i> viljelmä — Plantation (Saarsalmi ym. 1985)	11,8	0,8	3,9	4,3
<i>Betula</i> spp. (Mälkönen 1977)	9,3	0,8	4,0	4,8
Lauhkean vyöhykkeen lehtipuut <i>Temperate zone deciduous trees</i> (Cole ja Rapp 1981)	9,7	0,7	4,8	5,5

Osan ravinnetarpeestaan puut tyydyttävät sisäisen ravinnekierroksen avulla. Lehtipuiden vuosittain käyttämästä tyyntä keskimäärin kolmannes on peräisin puun sisäisestä ravinnekierrosta (Cole ja Rapp 1981). Puuston vuotuinen ravinnetarve ja sisäisen ravinteiden kiertoon osuus siitä on riippuvainen metsikön kehitysvaiheesta.

Tässä aineistossa runkopuun ja oksien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet kohosivat lehtien varistua. Vastaavasti varisseiden lehtien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuus oli pienempi kuin vihreiden lehtien. Siirtyneiden ravinteiden absoluuttista määrää ei voida esittää mm. siksi, että lehdet kevenivät kellastuessaan. Viron (1955) mukaan varisseiden lepän lehtien massa on ollut n. 23 % vihreiden lehtien massasta. Puiden sisäisen ravinnekierroksen seurausta oli osaksi myös se, että ravinnemäärissä ei ollut mainittavia eroja lehdellisestä ja lehdettömänä aikana tapahtuneesta kokopuun korjuusta.

Jos puuston maanpäällinen osa otetaan kokonaan talteen, poistuu kasvupaikalta suuri määrä ravinteita. Rapautuminen ja sadevedessä tulevat ravinteet korvaavat vain osan biomassan korjuusta menetetyistä ravinteista. Biomassan tarkemman talteenoton yhteydessä onkin kiinnitettävä erityistä huomiota ravinteisuuden ylläpitämiseen.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Ahlen, I. 1975. Hjortdjurens vinterbiotoper i relation till markanvändning i Skandinavien. *Viltrevy* 9 (3): 45—192.
- Björklund, T. & Ferm, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaalepän biomassa ja tekniset ominaisuudet. Summary: Biomass and technical properties of small sized birch and grey alder. *Folia Forestalia* 500. 37 s.
- van Cleve, K., Viereck, L.A. & Schlenter, R.L. 1971. Accumulation of nitrogen in alder (*Alnus*) ecosystem near Fairbanks, Alaska. *Arctic and Alpine Research* 3(2):101—114.
- Cole, D.W. & Rapp, M. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. Julkaisussa: Reichle, D.E. (toim.) *Dynamic properties of forest ecosystems*. International Biological Programme 23. Cambridge University Press. Cambridge. s. 341—409.
- Dawson, J.O. & Funk, D.T. 1981. Seasonal changes in foliar nitrogen concentration of *Alnus glutinosa*. *Forest Science* 27(2):239—243.
- Franklin, J.F., Dyrness, C.T., Moore, D.G. & Tarrant, R.F. 1968. Chemical soil properties under coastal Oregon stands of alder and conifers. Julkaisussa: "Biology of Alder" (toim. J.M. Trappe, J.F. Franklin, R.F. Tarrant & G.M. Hansen). U.S.D.A. Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station Portland. s. 157—172.
- Grigal, D.F., Ohmann, L.F. & Brander, R.B. 1976. Seasonal dynamics of tall shrubs in northeastern Minnesota: Biomass and nutrient element changes. *Forest Science* 22:195—208.
- Hakkila, P. 1970. Basic density, bark percentage and dry matter content of grey alder (*Alnus incana*). Seloste: Harmaalepän puuaineen tiheys, kuoriprosentti ja kuiva-ainesisältö. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 71(5). 33s.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 121. 28 s.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 4. 472 s.
- Ilvessalo, Y. 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Summary: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 47(1). 227 s.
- Issakainen, J. 1980. Luontaisten vesakoiden biomassan tuotoskyvystä. *Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja* 18:37—48.
- Johnsrud, S.C. 1978. Nitrogen fixation by root nodules of *Alnus incana* in a Norwegian forest ecosystem. *Oikos* 30(3): 475—479.
- Ljunger, Å. 1959. Al och alförädling. *Skogen* (5): 115—117.
- Löytyniemi, K. & Rousi, M. 1979. Lehtipuutaimistojen hyönteistuhouista. Summary: On insect damage in young deciduous stands. *Folia Forestalia* 384. 12 s.
- Meyer, H.A. 1941. A correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. The Pennsylvania State Forest School. State College Pennsylvania. Research paper 7. 3s.
- Miettinen, L. 1932. Tutkimuksia harmaalepikoiden kasvusta. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 18(1).86 s.
- Mikola, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisnopeudesta. Summary: Experiments on the rate of decomposition of forest litter. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 43(1). 50 s.
- 1958. Liberation of nitrogen from alder leaf litter. *Acta Forestalia Fennica* 67 (1). 10 s.
- 1966. The value of alder in adding nitrogen in forest soils. Final report of research conducted under grant authorized by U.S. Public Law 480 (Department of Silviculture, University of Helsinki, Finland).
- Miller, H.G. 1983. Nutrient cycling in alder. IEA Report 1983(2). National Swedish Board for Energy Source Development. Stockholm. 54 s.
- Mun, H.T., Kim, C.M. & Kim, J.H. 1977. Distributions and cyclings of nitrogen, phosphorus and potassium in Korean alder and oak stands. *Korean Journal of Botany* 20: 109—118.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(5). 87 s.
- 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku eräässä koivikossa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(5). 35 s.
- & Saarsalmi, A. 1982. Hieskoivikon biomassan tuotos ja ravinteiden menetyksen kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia Forestalia* 534. 17 s.
- Oskina, N.V. & Ermolova, L.S. 1982. Soderžanie azota v počve nadjemnoj fitomasse i godicnoj produkcii serool'shanikov. In *Biologičeskaja produktivnost' lesov Povolžaja*. Akademia Nauk SSSR. Moskva. s. 142—146.
- Ovington, J.D. 1956. The form, weights and productivity of tree species grown in close stands. *New Phytologist* 55: 289—304.
- 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. Julkaisussa: Cragg, I.B. (toim.) *Advances in ecological research I*. Academic Press. New York. s. 103—192.
- Paavilainen, E. 1980. Biomass yields and management of natural coppice stands. Report JAB-11.
- Remezov, N.P. & Pogrebnyak, P.S. 1965. Lesnoe povovedenie. Izdatel'ctvo "Lesnaja promyšlennost'". Mockva. 324 s.
- Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1985. Lepäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö. Summary: Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation. *Folia Forestalia* 628. 24 s.
- Schalin, I. 1966. Harmaalepän merkityksestä käytän-



- nön metsätaloudessa. Summary: *Alnus incana* (L.) Moench in forestry practice. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 83(9): 362—366.
- Simola, P. 1977. Pienikokoisen lehtipuuston biomassa. Summary: The biomass of small-sized hardwood trees. *Folia Forestalia* 302. 16 s.
- Tarrant, R.F. & Trappe, J.H. 1971. The role of *Alnus* in improving the forest environment. *Plant and Soil*, Special Volume: 335—348.
- Turner, J., Cole, D.W. & Gessel, S.P. 1976. Mineral nutrient accumulation and cycling in a stand of red alder (*Alnus rubra*). *Journal of Ecology* 64:965—974.
- Utkin, A.I., Gulbe, J.I. & Ermolova, L.S. 1980. Pervičnaja produktivnost' serool'shanikov Jaroslavskoj oblasti. *Lesovedenie* 3: 69—80.
- Viro, P.J. 1955. Investigations on forest litter. *Seloste: Metsäkariketutkimuksia. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 45(6). 65 s.
- Virtanen, A.I. 1957. Investigations on nitrogen fixation by the alder. II. Associated culture of spruce and inoculated alder without combined nitrogen. *Physiologia Plantarum* 10:164—169.
- Voigt, G.K. & Steucek, G.L. 1969. Nitrogen distribution and accretion in an alder ecosystem. *Proceedings of Soil Science Society of America* 33:966—969.
- Whittaker, R.H. 1965. Branch dimensions and estimation of branch production. *Ecology* 46:365—370.
- Wittwer, R.F. & Immel, M.J. 1978. A comparison of five tree species for intensive fiber production. *Forest Ecology and Management* 1: 249—253.

Total of 41 references

## SUMMARY

### Biomass production and nutrient consumption in *Alnus incana* stands

The distribution of the biomass of naturally regenerated, unmanaged alder (*Alnus incana*) stands, and its total annual production, were examined in the study. In addition, the amount of nutrients (N, P, K and Ca) bound in the tree stand and in the annual production were also determined. An attempt was made to estimate the effect of whole-tree harvesting, carried out at different times of the year, on the loss of nutrients. The study was restricted to the above-ground parts of the stand.

Field measurements were made in two 35-year-old alder stands, one growing on an *Oxalis-Myrtillus* site at Siilinjärvi (N 63°8', E 27°45') and the other on an *Oxalis-Maianthemum* site at Nakkila (N 61°21', E 21°55'). There were three sample plots at Siilinjärvi and two at Nakkila. The size of the plots was 30 x 30 m.

Allometric biomass equations ( $y = aIx^{b_i}$ ) were developed for the dry matter in the tree stand using logarithmic linear transformation. The underestimate caused by logarithmic transformation was corrected by

adding a correction term  $\frac{S_e^2}{2}$  to the constant. Stem

diameter, stem height and crown length were used as independent variables depending on the tree compartment (Table 4).

Sampling was carried out on the following dates in order to determine the amounts of nutrients removed from the site in connection with whole-tree harvesting:

#### Siilinjärvi

- Plot 1, mid August, 1975
- Plot 2, mid October, 1975
- Plot 3, mid May, 1976

#### Nakkila

- Plot 1, end of August, 1975
- Plot 2, beginning of November, 1975

Samples of stemwood, stem bark, living and dead branches, and leaves were taken for nutrient determinations during the August sampling round. The tree stand on each plot was harvested and chipped after sampling, and the dry mass and macronutrient content of the chips then determined.

In each experimental stand 25 litter funnels (10 dm<sup>2</sup> in size) were set up in order to determine the amounts of nutrients returned to the soil in the litterfall. Litter was collected from May to November.

The biomass of the ground vegetation and the nutrients bound in the ground vegetation were determined in the Siilinjärvi experiment. Samples were taken from 20 sample squares, each with a surface area of 50 dm<sup>2</sup>.

There were considerable differences in the stage of development of the stands owing to the differences in site fertility, despite the fact that they were of similar age. The biomass of the above-ground part of the stand in the Siilinjärvi experiment was 33,6 t/ha (Table 5), and the annual production 5,3 t/ha (Table 7). The corresponding values for the stand at Nakkila were 69,2 and 6,4 t/ha respectively.

The crown accounted for 27 % of the above-ground biomass of the stand at Siilinjärvi, but contained about 62 % of the nitrogen, phosphorus and potassium bound in the above-ground parts of the stand (Table 10). The corresponding proportions for the Nakkila stand were 18 and 52 %, respectively (Table 11). The alder stands consumed the following amounts of nutrients to produce one tonne of biomass: 16,7 kg N, 1,1 kg P, 5,1 kg K and 5,8 kg Ca (Table 16). This study indicates that alder is clearly more demanding as regards its nutrient requirements than birch or pine.

On the average, 73 % of the nitrogen, 46 % of the phosphorus, 78 % of the potassium and 93 % of the calcium bound each year in the stand were returned to the ground in the litterfall (Table 14). Almost 90 % of the litter consisted of leaves.

In the Siilinjärvi stand the ground vegetation accounted for 13 % of the annual biomass production of the whole stand (Table 6). The ground vegetation consumed four times as much potassium to produce one unit of dry matter as the tree stand, double the amount of calcium and phosphorus, and approximately the same amount of nitrogen. Most of the ground vegetation consisted of annual species which return all

the bound nutrients to the ground each year.

There were no clear differences in nutrient removal between whole-tree harvesting carried out at different times (Table 15). The main reason for this is the internal cycling of nutrients within the trees, as well as the fact that part of the leaves shed when harvesting was carried out.

Liite 1. Koepuiden eri osien keskimääräiset ravinnepitoisuudet prosentteina kuiva-aineesta Siilinjärven kokeella. Näytteenottoajat: koeala 1 — elokuun puoliväli 1975, koeala 2 — lokakuun puoliväli 1975 ja koeala 3 — toukokuun puoliväli 1976.

Appendix 1. Average nutrient content of different compartments of the sample trees expressed as a percentage of the dry matter. Siilinjärvi experiment. Sampling time: sample plot No 1 — middle of August 1975, sample plot No 2 — middle of October 1975 and sample plot No 3 — middle of May 1976.

Puun osa Compartment	Koeala 1 Sample plot No 1				Koeala 2 Sample plot No 2				Koeala 3 Sample plot No 3				Merkitsevyys Significance			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
Kuolleet oksat Dead branches	$\bar{x}$ 0,788	0,040	0,093	0,452	0,897	0,040	0,122	0,508	0,629	0,027	0,064	0,329	1—3*	1—3*	2—3*	1—3*
	s 0,114	0,009	0,052	0,105	0,096	0,011	0,046	0,106	0,141	0,006	0,035	0,055	2—3***	2—3**		2—3***
Elävät oksat Living branches	$\bar{x}$ 1,136	0,091	0,280	0,502	1,341	0,105	0,290	0,480	1,160	0,098	0,314	0,386	1—2***	1—2*		1—3*
	s 0,131	0,019	0,059	0,120	0,129	0,017	0,038	0,152	0,213	0,017	0,062	0,060	2—3**			
Lehdet Leaves	$\bar{x}$ 3,479	0,208	1,277	1,055												
	s 0,275	0,019	0,286	0,232												
Kuori Bark	$\bar{x}$ 1,131	0,091	0,291	1,012	1,329	0,117	0,272	1,213	1,216	0,103	0,278	1,021	1—2***	1—2***		
	s 0,108	0,013	0,058	0,302	0,162	0,018	0,056	0,371	0,161	0,018	0,040	0,193		2—3**		
Runkopuu Stemwood	$\bar{x}$ 0,213	0,019	0,057	0,067	0,300	0,026	0,099	0,097	0,249	0,021	0,083	0,087	1—2***	1—2*	1—2**	1—2*
	s 0,041	0,007	0,025	0,007	0,055	0,005	0,042	0,051	0,056	0,007	0,027	0,030	2—3*			

Liite 2. Koepuiden eri osien keskimääräiset ravinnepitoisuudet prosentteina kuiva-aineesta Nakkilan kokeella. Näytteenottoajat: koeala 1 — elokuun loppu 1975 ja koeala 2 — marraskuun alku 1975.

Appendix 2. Average nutrient content of different compartments of the sample trees expressed as a percentage of the dry matter. Nakkila experiment. Sampling time: sample plot No 1 — end of August 1975, sample plot No 2 — beginning of November 1975.

Puun osa Compartment	Koeala 1 Sample plot No 1				Koeala 2 Sample plot No 2				Merkitsevyys Significance				
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca	
Kuolleet oksat Dead branches	$\bar{x}$ 0,831	0,045	0,078	0,360	0,672	0,037	0,098	0,309	1—2*				
	s 0,202	0,019	0,035	0,070	0,189	0,016	0,065	0,088					
Elävät oksat Living branches	$\bar{x}$ 1,209	0,105	0,282	0,446	1,165	0,111	0,280	0,386					1—2***
	s 0,139	0,019	0,042	0,036	0,318	0,024	0,080	0,065					
Lehdet Leaves	$\bar{x}$ 3,263	0,185	0,946	1,002									
	s 0,241	0,016	0,161	0,148									
Kuori Bark	$\bar{x}$ 1,074	0,087	0,275	0,946	1,223	0,100	0,338	0,957	1—2**		1—2***		
	s 0,183	0,023	0,050	0,126	0,166	0,021	0,048	0,169					
Runkopuu Stemwood	$\bar{x}$ 0,202	0,017	0,053	0,073	0,293	0,024	0,070	0,104	1—2***		1—2***		1—2***
	s 0,019	0,009	0,009	0,020	0,042	0,009	0,013	0,015					





1989

- No 724 Kaunisto, Seppo: Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella.  
Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area.
- No 725 Verkasalo, Erkki: Koeseulontamenetelmät metsähakkeen laadun arvioinnissa.  
Test screening methods for evaluation of forest chip quality.
- No 726 Lehto, Tarja: Männyntaimien mykorritsat keskustaimitarhoilla.  
Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland.
- No 727 Kinnunen, Kaarlo: Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen.  
Effect of seedling type and site preparation on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings.
- No 728 Saarsalmi, Anna & Mälkönen, Eino: Harmaalepikon biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö.  
Biomass production and nutrient consumption in *Alnus incana* stands.