

FOLIA FORESTALIA 628

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

ANNA SAARSALMI, KRISTINA PALMGREN &
TEUVO LEVULA

LEPPÄVILJELMÄN BIOMASSAN TUOTOS SEKÄ
RAVINTEIDEN JA VEDEN KÄYTTÖ

BIOMASS PRODUCTION AND NUTRIENT AND
WATER CONSUMPTION IN AN *ALNUS INCANA*
PLANTATION



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyssönen
Yleisinformatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Tommi Salonen

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 koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä 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 628

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Anna Saarsalmi, Kristina Palmgren & Teuvo Levula

LEPPÄVILJELMÄN BIOMASSAN TUOTOS SEKÄ RAVINTEIDEN JA VEDEN KÄYTTÖ

Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana*
plantation

Approved on 26.7.1985

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Kokeen perustaminen	4
22. Mittaukset sekä näytteiden otto ja käsittely	4
3. KASVATUSOLOSUHTEET	5
4. TULOKSET	9
41. Puuston biomassa	9
42. Biomassaan sitoutuneet ravinnemäärät	10
43. Karikkeissa maahan palautuneet ravinnemäärät	11
44. Sadevedessä maahan tulleet ravinnemäärät ja ravinteiden huuhtoutuminen	13
45. Lepän veden käyttö	14
5. TULOSTEN TARKASTELU	16
51. Kasvualustan biologiset ominaisuudet	16
52. Puuston biomassa	16
53. Ravinteiden käyttö ja viljelmän vuotuinen ravinnetase	17
6. YHTEENVETO	19
KIRJALLISUUS — REFERENCES	20
SUMMARY	22
LIITTEET — APPENDICES	23

SAARSALMI, A., PALMGREN, K. & LEVULA, T. 1985. Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö. Summary: Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation. Folia For. 628:1—24.

Tutkimuksessa selvitettiin harmaaleppäviljelmän biomassan tuotosta sekä ravinteiden (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, B) ja veden käyttöä. Lisäksi selvitettiin lannoituksen vaikutusta kasvualustan biologisiin ominaisuuksiin sekä orgaanisen aineen hajoamista maassa. Tutkimus kesti viisi vuotta. Koe perustettiin karkeahietaiselle peltomaalle, johon leppä taimet istutettiin 0,5 m välein. Käsittelyjä oli neljä, jotka toistettiin kolmesti.

Harmaalepikon maanpäällisten osien kokonaisbiomassa oli keskimäärin 17 t/ha kolmen ja 31 t/ha viiden kasvukauden jälkeen sekä lehtien osuus biomassasta 10 ja 5 % vastaavasti. Biomassan määrässä ei ollut merkittäviä eroja eri käsittelyjen välillä. Tuotettua biomassatonnia kohti leppä käytti vuosittain ravinteita seuraavasti: N 11,8, P 0,8, K 3,9, Ca 4,3, Mg 0,8 kg, sekä Cu 6, Zn 29, Mn 125 ja B 9 g. Tuotettua biomassakiloa kohti leppä käytti vettä keskimäärin 350 l. Leppäbiomassaan sitoutuneista ravinteista palautui vuosittain karikkeissa maahan keskimäärin seuraavasti: N 60, P 40, K 50, Ca ja Mg 75, Cu 60, Zn ja B 40 sekä Mn 90 %. Huuhtoutumalla maasta poistuneet ravinnemäärät olivat pieniä. Pelkästään sadevedessä tuli maahan enemmän ravinteita kuin niitä huuhtoutui. N- tai P- ja Mo-lannoitus lisäsi merkittävästi sädesienten ja ammonifioivien bakteerien määrää sekä edisti orgaanisen aineen hajotusta, etenkin syvemmällä maassa. Leppäkarikkeista hajosi viidessä kuukaudessa 60—70 %. P- ja Mo-lannoituksen saaneiden koalojen karikkeista oli hajonnut 17 kuukaudessa n. 90 %, mikä oli enemmän kuin muilla koaloilla.

The biomass production and nutrient (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, B) and water consumption in a grey alder plantation were studied. In addition, the effect of fertilization on the biological properties of the soil and the decomposition of organic matter in the soil were also studied. The study lasted for five years. The experiment was established on fine-sand field soil, the alder seedlings being planted at 0,5 m intervals. There were four treatments with three replications of each treatment.

The mean total biomass of the above-ground parts of the stand was 17 t/ha after three growing seasons, and 31 t/ha after five. The proportion of leaves out of the biomass was 10 and 5 % respectively. There were no significant differences between the different treatments as regards the amount of biomass. Alder required the following amounts of nutrients to produce one ton of biomass per year: 11,8 kg N, 0,8 kg P, 3,9 kg K, 4,3 kg Ca, 0,8 kg Mg, 6 g Cu, 29 g Zn, 125 g Mn, and 9 g B. On the average, alder required 350 l of water to produce one kilogramme of biomass. The mean amount of N returned annually to the ground in the litter was 60 % of that bound in the alder biomass. The corresponding figures for P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, and B was as follows: 40, 50, 75, 60, 40, 90 and 40 %. The amounts of nutrients leached from the soil were small, the amounts of nutrients added to the soil through rainfall far exceeding the leaching losses.

Fertilization with N or P and Mo significantly increased the number of actinomycetes and ammonifying bacteria and promoted the decomposition of organic matter, especially deeper in the soil. 60—70 % of the alder litter was decomposed within five months. About 90 % of the litter on the plots fertilized with P and Mo had decomposed within 17 months, this figure being greater than that for any of the other plots.

ODC 547 + 114.26 + 114.5 + 181.3 + 176.1 *Alnus incana*
ISBN 951-40-0710-7
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Energiametsäviljelminä kasvatettavien nopeakasvuisten lehtipuiden ravinnetarve on suuri. Lyhyiden kiertoaikojen vuoksi biomassan korjuussa poistuu kasvupaikalta huomattava määrä ravinteita, jotka on korvattava puuntuotoskyvyn ylläpitämiseksi. Tästä syystä energiametsäviljelyssä kasvatettavien puulajien ravinnetarpeen tunteminen on erityisen tärkeää.

Metsätaloudessa ei leppä toistaiseksi ole arvostettu, vaan pidetty jopa haitallisena. Näin ollen leppä tuotokseen, lannoituksesta puhumattakaan, ei ole kiinnitetty kovin paljon huomiota.

Energiametsäviljelyä ajatellen harmaalepällä on monia hyviä ominaisuuksia. Leppä on nuorena nopeakasvuinen (Miettinen 1932, Kalela 1937), uudistuu helposti vesoista ja on puulajeistamme ainoa, joka kykenee käyttämään hyväkseen ilmakehän vapaata typpeä. Näitä ominaisuuksia on puukustannuksiin vaikuttavina tekijöinä alettu arvostaa yhä enemmän (Hakkila 1970). Hyönteiset ja nisäkkäät eivät aiheuta yhtä suuria tuhoja leppä- kuin paju-, koivu- ja haapaviljelmillä (Teivainen 1978 ja 1979, Löyttyniemi ja Roussi 1979).

Lepällä on maata parantava vaikutus helposti hajoavien, runsaasti typpeä sisältävien lehtikarikkeittensa vuoksi (Viro 1955, Virtanen 1957, Mikola 1958 ja 1966, Nykvist 1962, Schalin 1966). Typpeä vapautuu maahan myös leppä juurista (Virtanen 1957). Kohutuullinen typpilisäys edistää leppä juurinystyröiden muodostusta, typensidontaa ja kasvua (Ingestad 1980). Suuret typpilisäykset sen sijaan vaurioittavat nystyröitä (Stewart ja Bond 1961, Huss-Danell 1980). Fosforilla ja molybdeenillä on niinkään keskeinen merkitys typensidonnassa (Quispel 1958, Becking 1961, Sprent 1979).

Suomessa on tehty jonkin verran luontaisesti syntyneiden harmaalepikoiden biomassaa koskevia tutkimuksia (Simola 1977, Isakainen 1980, Paavilainen 1980, Björklund ja Ferm 1982, Mälkönen ja Saarsalmi 1983). Niin ikään Englannissa (Ovington 1956), Neuvostoliiton eteläisellä taiga-alueella (Ut-

kin ym. 1980) ja Keski-Alaskassa (Van Cleve ym. 1971) on selvitetty luontaisesti syntyneiden harmaalepikoiden biomassaa. Ulkomaila on tutkittu kuitenkin lähinnä tervaa (Wittwer ja Immel 1978) tai punaleppää (Zavitkovski ja Stevens 1972, Smith ja DeBell 1974, Turner ym. 1976).

Harmaaleppä ravinteiden käyttöä on selvitetty kasvihuoneolosuhteissa vesiviljelykokein (Ingestad 1980 ja 1981). Kenttäolosuhteissa leppä ravinteiden käyttöä on selvitetty etenkin luonnontilaisissa lepikoissa (*Alnus incana*: Van Cleve ym. 1971, Oskina ja Ermolova 1982, Mälkönen ja Saarsalmi 1983; *Alnus rugosa*: Voigt ja Steucek 1969; *Alnus rubra*: Turner ym. 1976). Wittwer ja Immel (1978) ovat esittäneet tuloksia istuttamalla perustetun 4-vuotiaan tervalepikon puustoon sitoutuneista ravinnemääristä. Leppäviljelmien ravinteiden kierrosta ei toistaiseksi ole tutkimuksia. Ravinteiden ohella vesi on tärkeä kasvutekijä. Erityisen tärkeää onkin selvittää leppä veden käyttöä sekä lannoituksen vaikutusta leppä biomassatuotokseen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää harmaaleppäviljelmän (*Alnus incana*) biomassan tuotosta sekä ravinteiden (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, B) ja veden käyttöä. Lisäksi on tarkoituksena selvittää, miten kasvualustan biologiset ominaisuudet mahdollisesti aikaa myöten muuttuvat lannoituksen tai leppä maata parantavan vaikutuksen seurauksena. Niinkään tarkastellaan biologiseen aktiivisuuteen kiinteästi liittyvän orgaanisen aineen hajoitusta.

Tutkimuksen suunnittelusta ovat vastanneet Eino Mälkönen, Anna Saarsalmi, Kristina Palmgren ja Teuvo Levula. Käsikirjoituksen biomassaa ja ravinnetaloutta käsittelevän osan on laatinut pääasiassa Anna Saarsalmi ja maan biologisia ominaisuuksia käsittelevän osan Kristina Palmgren. Teuvo Levula on pääasiassa huolehtinut biomassan määrittelyyn liittyvistä kenttätoista ja tulosten laskennasta. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Eino Mälkönen ja Paavo Pelkonen. John Derome, B.Sc. on kääntänyt tekstin englanninkielisen osan. Kiitämme kaikkia tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneita henkilöitä, sekä Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiötä ja Oy W. Rosenlew Ab:ta koalueen luovuttamisesta käyttöömme.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

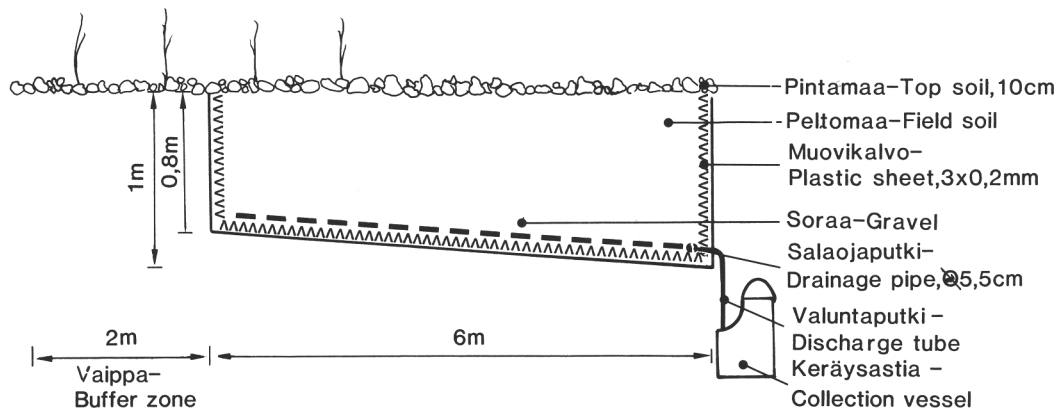
21. Kokeen perustaminen

Hämeenlinnan Miemalaan (N 60° 57', E 74° 31') perustettiin keväällä 1979 kenttäkoe karkeahietaiselle peltomaalle, joka oli ollut kaksi vuotta kesantona. Koealat tehtiin lysimetriperiaatteen mukaisesti, jotta voitaisiin seurata lepän veden käyttöä sekä valumavedessä maasta huuhtoutuneiden ravinteiden määrää. Lysimetrin muodosti allas, jonka rakenne ilmenee kuvasta 1. Koealojen pintakerros oli altaiden kaivun yhteydessä pois kuorittua pintamaata, lukuunottamatta kolmea koealaa, joille pintakerrokseksi levitettiin läheisestä lepinkosta tuotua maata (nk. kontrollialat). Maan raakoostumus pellolla ja lepinkossa oli hyvin yhdenmukainen (taulukko 1). Kontrollialojen avulla pyrittiin vertaamaan, miten karike- ja humuskerrosta vailla oleva peltomaa poikkeaa lepän luonnollisesta kasvualustasta. Koealojen väliin erotettiin 2 m vaipan lisäksi 1—3 m levyinen suoja-alue. Koealat reunustettiin lautakehikolla, jotta pintavalunta kokeen ulkopuolelta ja koealalta toiselle estyisi.

Kokeessa oli neljä käsittelyä:

- 1 kontrolli, 10 cm pintakerros lepinkosta tuotua maata,
- 2 puutuhka 3000 kg/ha (koostumus, ks. taulukko 13),
- 3 —" ja 150 kg N/ha oulunsalpietarina
- 4 —" ja 25 kg P/ha superfosfaattina ja 1,4 kg Mo/ha natriummolybdaattina

Koejärjestelyssä käytettiin arvottujen lohkojen menetelmää ja toistoja oli kolme. Puutuhka levitettiin ennen istutusta. Muut lannoitteet annettiin seuraavana keväänä. Lepän taimet (1 (LK+A) Hausjärvi) istutettiin 0,5 m välein. Poikkeuksellisen kuivan kevään ja alkukesän johdosta lepät kasteltiin istutuksen jälkeen, mutta ei enää myöhemmin.



Kuva 1. Lysimetrin rakenne.

Fig. 1. Schematic diagramme of the lysimeter.

Taulukko 1. Maan raakoostumus painoprosentteina 0—20 cm kerroksessa lepinkon maassa ja peltomaassa.
Table 1. The particle size distribution (as weight-%) in the 0 to 20 cm soil layer of the soil from an alder stand and the field soil.

Raekoko —Particle size, mm	Lepikon maa Alder soil	Peltomaa Field soil
>2	3,4	2,3
0,5—2	1,2	3,3
0,2—0,5	1,5	3,2
0,05—0,2	53,1	47,3
0,02—0,05	22,6	23,5
0,002—0,02	13,4	15,5
<0,002	4,8	4,9

22. Mittaukset sekä näytteiden otto ja käsittely

Leppien pituus mitattiin vuosittain. Puuston maanpäällisten osien biomassa määritettiin kolmen ja viiden kasvukauden jälkeen. Biomassan määrittäminen perustui eri puunosien kuivamassan ja rungon pituuden sekä loppumittauksen yhteydessä myös rinnankorkeuslähimittauksen väliseen riippuvuuteen (Mälkönen 1974).

Puuston mittauksen yhteydessä otetut biomassanäytteet kuivattiin (+60° C:ssa 2—3 vrk.) ja niistä tehtiin ravinnemääritykset (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, B) Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston laboratoriossa (Halonen ym. 1983). Lehdistä määritettiin lisäksi molybdeeni Viljavuuspalvelu Oy:ssä.

Lepän juurten ja nystyröiden biomassaa määritettiin neljäntenä vuonna kokeen perustamisen jälkeen otetuista näytteistä. Tällöin kaivettiin koaloittain kaksi leppää juurineen maasta, kukin 0,5 m² alueelta ja 0,2 m syvyydeltä. Juuristo puhdistettiin huolellisesti ja juuret sekä nystyrät eroteltiin ja määritettiin niiden kuivamassa.

Lehtikarikkeissa maahan palautuvien ravinnemäärien selvittämiseksi asetettiin kolmantena tutkimusvuonna neljälle eri käsittelylle yhteensä 16 kpl 0,20 m² kokoista karikelaatikkkoa. Kuhunkin laatikkoon kertyneet karikkeet kuivattiin ja punnittiin, mutta analysoitiin koaloittain yhtenä näytteenä keskimäärin kuukauden keruujaksoina.

Kasvukauden aikaista maan lämpötilaa mitattiin 10 cm syvyydestä kolmantena (15.5.—14.9.1981), neljäntenä (29.4.—2.10.1982) ja viidentenä (19.5.—4.10.1983) tutkimusvuonna kahdella piirturilla. Maan pH ja ravinnepitoisuudet määritettiin 0—20 cm maakerroksesta otetuista näytteistä. Maanäytteet otettiin koetta perustettaessa ennen tuhkan levitystä ja sen jälkeen syksyisin. Satunnaisotantaan perustuva näyte koostui yhdeksästä koaloittain otetusta osanäytteestä. Maan pH määritettiin tuoreesta näytteestä maa/vesi tilavuussuhteessa 1/2,5. Ravinnemääritykset tehtiin ilmakehän näytteistä: N, P, K, Ca ja Mg Halosen ym. (1983) mukaan sekä Cu, Zn ja Mn Lakasen ja Erviön (1971) mukaan.

Maan mikrobiologisia määrittelyjä varten arvottiin jokaiselle koelalle kolme 0,25 m² kokoista näytealaa. Kultakin näytealalta otettiin 0—5 cm maakerroksesta 9 osanäytettä, jotka yhdistettiin kolmeksi kokoomanäytteeksi. Näytteet otettiin koetta perustettaessa ja syksyisin. Koalojen perustamisen aiheuttamien muutosten tarkastelua varten maanäytteet otettiin myös häiriytymättömästi pellosa ja lepikon maasta. Näytteistä määritettiin bakteerien kokonaislukumäärän ohella sade-sienten määrä, tyyppiin kierto osallistuvien fysiologisilta

ominaisuuksiltaan erikoistuneiden ammonifioivien ja proteolyttisten bakteerien määrä (Voss-Lagerlund 1976).

Viidentenä vuonna kokeelle perustettiin orgaanisen aineen hajoituskoe, jossa testisubstraattina käytettiin leppä lehtikarikkeita ja selluloosaa (94 % α -selluloosa, 6 % β + γ -selluloosa). Uunikuivia lehtikarikkeita punnittiin 3—4 g 15 x 15 cm kokosiin nylonverkkopusseihin ja 3 x 5 cm tai 3 x 10 cm kokosiin nylonverkkopusseihin pujotettiin 2—4 selluloosaliuskaa. Toukokuussa 1983 kullekin koelalle asetettiin 15 karikke- ja 15 selluloosapussia. Karikepusit peitettiin kevyesti karikkeilla. Selluloosaliuskat työnnettiin viistoon maahan n. 15 cm syvyyteen siten, että liuskan yläreuna oli maan pinnassa. Orgaanisen aineen hajoamisen edistymistä tutkittiin 5, 12 ja 17 kk jälkeen. Kunakin ajan-kohtana kerättiin kolmannes karikke- sekä selluloosapusseista maasta ja määritettiin niiden massan väheneminen.

Sadevedessä maahan tulevien ravinnemäärien selvittämiseksi kokeen viereen asetettiin kuusi sademittaria (Päivänen 1974). Sademittareihin kertynyt vesimäärä mitattiin erikseen, mutta mittareihin kertynyt vesi yhdistettiin kahdeksi näytteeksi ravinneanalyysejä varten. Vesinäytteitä kerättiin vuosittain n. 4 kk ajan. Keruujakson pituus oli noin kuukausi.

Lysimetreistä valuva vesi johdettiin muoviasioihin. Valuneen veden määrä mitattiin koaloittain ja osa siitä otettiin näytteeksi. Keskimäärin noin kuukauden aikana kerätyt näytteet yhdistettiin koaloittain yhdeksi näytteeksi ravinneanalyysejä varten.

Vesinäytteet säilytettiin 1—%:na etikkahappoliuoksena homehtumisen ehkäisemiseksi. Näytteet konsentroidiin ja neutraloitiin ja niistä määritettiin pääravinnepitoisuudet sekä sadevesinäytteistä myös kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuus Halosen ym. (1983) mukaan.

3. KASVATUSOLOSUHTEET

Tutkimusvuosina 1981—1983 maan vuorokautinen keskilämpötila 10 cm:n syvyydessä vaihteli 15.5.—15.9. välisenä aikana välillä +6° C — +19° C. Maan lämpösummat 10 cm:n syvyydessä olivat vastaavasti 1144, 995 ja 956 dd.

Peltomaan pH oli koetta perustettaessa keskimäärin 5,5 (kuva 2). Tuhkalisäyksen jälkeen maan pH alkoi kohota ja oli korkeimmillaan seuraavan vuoden syksyllä. Kontrollialojen pH oli kokeen aikana 1—1,5 pH-yksikköä alempi kuin peltomaan pH. Lepikossa maa on yleensä suhteellisen hapan. Franklinin ym. (1968) mukaan nopean hajoitustoiminnan ja nitrifikaation seurauksena maan happamuus lisääntyy. Ingstad (1980) on todennut harmaaleppä ravinnetarvetta selvittelevässä vesiviljelmäkoeksessa,

että ravinneliuoksen pH on laskenut typensidonnin seurauksena. Harmaaleppä ei ole pH:n suhteen yhtä herkkä kuin esim. koripaju, eikä leppä kasvussa ole todettu muutoksia, kun ravinneliuoksen pH on ollut välillä 3,8—6,7 (Ericsson ja Lindsjö 1981). Kun pH on laskenut alle 3,5 on leppä kasvun sijaan todettu hidastuneen (Ingstad 1979).

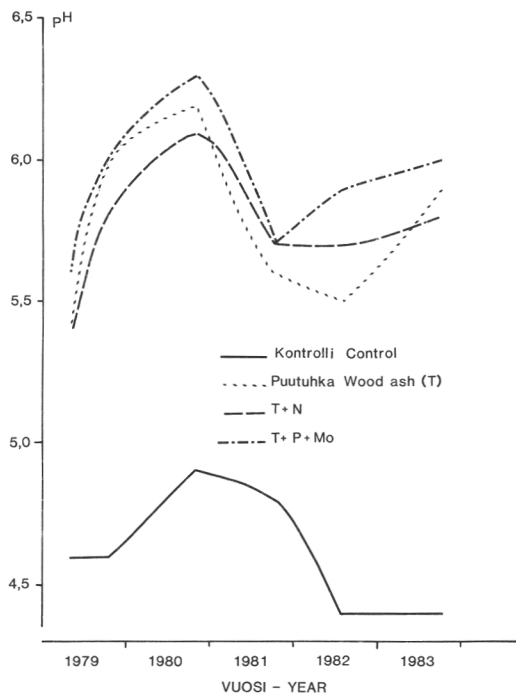
Peltomaan P-, K-, Ca- ja Mg-pitoisuudet olivat alempia kuin Suomen pelloilla keskimäärin (Kurki 1977). Vertailu Kurjen lukuihin tehtiin siten, että tässä tutkimuksessa painoyksikköä kohti saadut ravinnepitoisuudet muunnettiin maan tiheyden avulla mittayksiköksi mg/l. Maan tiheys oli 0—20 cm:n peltomaakerroksessa keskimäärin 1,2 g/cm³ ja kontrollialoilla keskimäärin 0,9

g/cm³. Tiheyden avulla laskettiin maan pinta-alakohtaiset ravinnemäärät (taulukko 2). Kontrollialoilla oli enemmän typpeä, muita ravinteita sen sijaan vähemmän kuin pelto-
maassa.

Tuhkalisäyksen jälkeen maan kalium-, kalsium-, kupari- ja mangaanipitoisuus kohosi. Myöhemmin tutkimusjakson aikana eivät maan ravinnepitoisuudet enää merkittävästi muuttuneet. Maan liukoisen fosforin pitoisuuteen ei tuhka- kuten ei fosforilannoitukseen vaikuttanut. Lannoitteena annettu typpimäärä oli peltomaan kokonaistypen määrään verrattuna pieni, eikä kohottanut maan kokonaistyyppipitoisuutta.

Maan biologinen aktiivisuus on yleensä korkeimmillaan kasvukauden alussa ja lopussa, mutta varsin suuria vaihteluita saat-
taa esiintyä kasvukauden aikanakin mikrobipopulaatioiden rakenteesta, lämpötilasta, kosteudesta, edafisista ym. tekijöistä riipuen. Tässä tutkimuksessa rajoituttiin kuitenkin tarkastelemaan maan biologisia ominaisuuksia koetta perustettaessa ja syksyisin.

Proteolyyttisten ja ammonifioivien bakteerien määrä oli ensimmäisen kasvukauden lopussa kaikkien käsittelyjen jälkeen pienempi kuin koetta perustettaessa (kuvat 3a, b, c, d). Sen sijaan bakteerien kokonaismää-



Kuva 2. Maan pH 0—20 cm kerroksessa tutkimusjakson aikana.

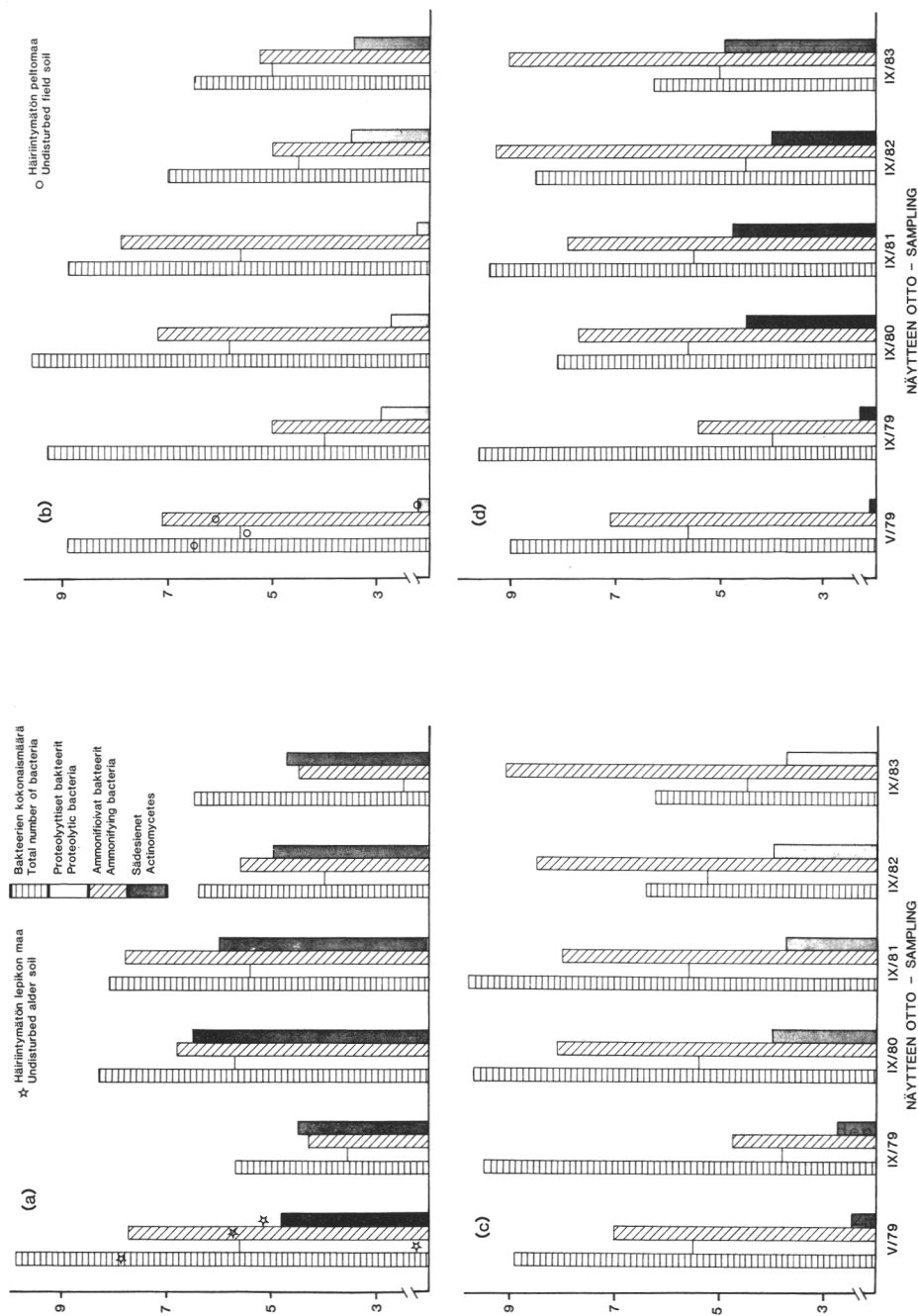
Fig. 2. The pH of the 0 to 20 cm soil layer throughout the course of the experiment.

Taulukko 2. Maan keskimääräinen kokonaistypen, liukoisen fosforin, vaihtuvan kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin määrä sekä EDTA:n liukoisten hivenravinteiden määrä 0—20 cm kerroksessa tutkimusjakson aikana. Käsittelyt: 1 = kontrolli, 2 = puutuhka (T), 3 = T + N, 4 = T + P + Mo.

Table 2. The mean total nitrogen, soluble phosphorus, exchangeable potassium, calcium and magnesium, and EDTA-extractable micronutrients in the 0 to 20 cm soil layer during the course of the study. Treatments: 1 = control, 2 = wood ash (T), 3 = T + N, 4 = T + P + Mo.

Ravinne Nutrient	1	Käsittely — Treatment			
		2	3	4	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ — kg/ha			
N	5 120 ± 160	3 430 ± 130	4 210 ± 60	4 250 ± 80	
P	4 ± 1	15 ± 1	14 ± 1	16 ± 1	
K	180 ± 20	260 ± 20	360 ± 40	340 ± 40	
Ca	380 ± 10	1 530 ± 110	1 980 ± 190	2 340 ± 180	
Mg	40 ± 2	200 ± 7	250 ± 13	330 ± 30	
Cu	4 ± 1	11 ± 1	16 ± 2	16 ± 1	
Zn	4 ± 1	6 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	
Mn	120 ± 10	140 ± 20	170 ± 20	170 ± 30	

BAKTEERIEN LUKUMÄÄRÄ (log/g KUIVAA MAATA — BACTERIAL NUMBER (log/g DRY SOIL



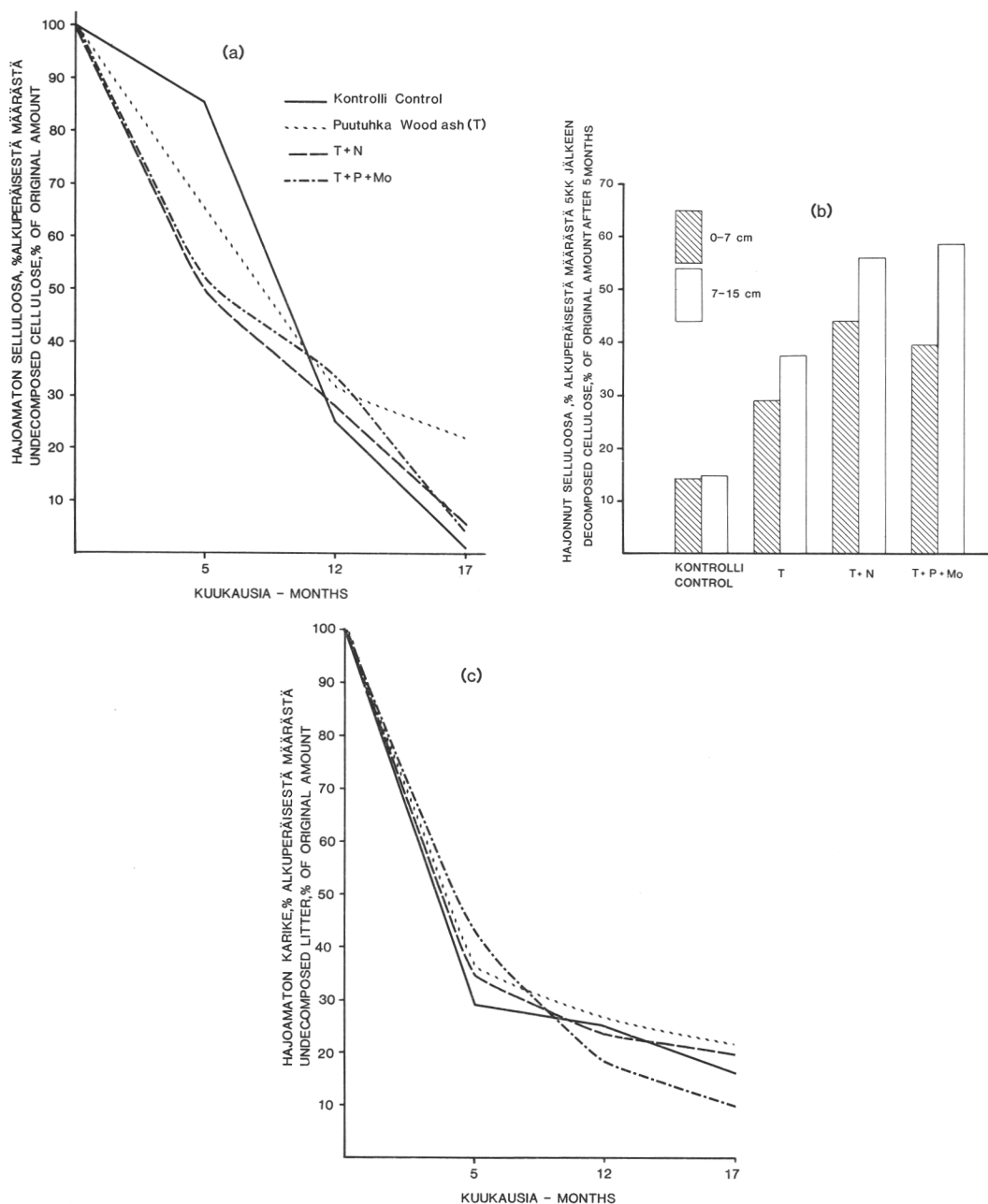
Kuva 3. Maan mikro-organismien määrä 0—5 cm kerroksessa tutkimusjakson aikana eri käsittelyillä (a=tuhka, b=tuhka, c=tuhka+N, d=tuhka+P+Mo).

Fig. 3. The number of microbes in the 0 to 5 cm soil layer in the different treatments (a=control, b=wood ash, c=wood ash+N, d=wood ash+P+Mo) during the course of the study.

rä ei kontrollialoja lukuunottamatta vähentynyt, mihin ilmeisesti oli syynä tuhkanannoitus. Kokeen perustamiseen liittyvästä kasvualustan voimaperäisestä käsittelystä johtui, että maan fysikaaliset ominaisuudet (mm. kosteus ja tiheys) tilapäisesti muuttui-

vat. Tämä heijastui todennäköisesti myös maan biologiseen tilaan, josta syystä ensimmäistä vuotta koskevat tulokset eivät kuvaa vakiintunutta tilannetta.

Peltomaassa oli koetta perustettaessa merkittävästi vähemmän sädesieniä kuin



Kuva 4. Orgaanisen aineen hajoaminen (a=selluloosa 17 kk aikana, b=selluloosa 5 kk aikana 0—7 ja 7—15 cm syvyydessä, c=karie 17 kk aikana).

Fig. 4. The rate of organic matter decomposition (a=cellulose during 17 months, b=cellulose during 5 months in 0-7, 7-15 cm soil layers, c=litter during 17 months).

kontrollialoilla. Tuhkan lisäksi annettu typi tai fosfori ja molybdeenin lisäksi sekä sädesienten että ammonifioivien bakteerien määrää merkitsevästi (kuva 3 c, d). Tutkimusjakson lopussa sädesieniä oli lähes yhtä paljon typellä sekä fosforilla ja molybdeenillä lannoitetuilla koejäsenillä kuin kontrollialoilla. Sen sijaan ammonifioivia bakteereja oli tyypeä tai fosforia ja molybdeeniä saaneilla koejäsenillä selvästi enemmän kuin kontrollialoilla. Proteolyyttisten bakteerien määrässä ei tutkimusjakson aikana ollut merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä.

Orgaanisen aineen hajoamisnopeuden seuraaminen katsottiin aiheelliseksi aloittaa vasta koejakson siinä vaiheessa, jolloin peltoomaahan oli kertynyt selvä karikekerros. Selluloosan hajoaminen oli viiden ensimmäisen kuukauden aikana hitaampaa ja erot selluloosan hajoamisnopeudessa 0—7 ja 7—15

cm maakerroksissa pienemmät kontrolli- ja tuhkaa saaneilla koejäsenillä kuin muilla koejäsenillä (kuvat 4 a, b). Jälkimmäisillä oli selluloosasta hajonnut tuolloin keskimäärin 50 %. Vajaassa 1,5 vuodessa puhdas α -selluloosa oli hajonnut lähes kokonaan lukuunottamatta tuhkalla lannoitettuja koejäseniä, joilla selluloosasta oli jäljellä vielä n. 20 %. Karikkeista oli viidessä kuukaudessa hajonnut keskimäärin 65 %. Hajoaminen oli nopeinta kontrollialoilla, joilla se oli merkitsevästi nopeampaa kuin fosforia- ja molybdeeniä saaneilla koejäsenillä (kuva 4 c). Viiden kuukauden jälkeen hajoaminen hidastui selvästi. Kokeen päättyessä oli karikkeista hajonnut kontrollialoilla runsaat 80 %. Koejäsenillä, jotka olivat saaneet fosforia ja molybdeeniä, oli karikkeista hajonnut n. 90 %, eli selvästi enemmän kuin muiden lannoituskäsittelyjen jälkeen.

4. TULOKSET

41. Puuston biomassa

Leppien kuolleisuus oli kokeen perustamisvuonna alle 1 %. Neljän kasvukauden jälkeen lepiä oli elossa keskimäärin 95 %. Viidentenä vuonna kuolleisuus oli todennäköisesti valon puutteen johdosta aikaisempaa suurempi. Kuitenkin vielä viidennen kasvukauden lopussa puista oli elossa keskimäärin 80 %.

Lepät olivat ensimmäisen kasvukauden jälkeen keskimäärin 0,6 m mittaisia (taulukot 3 ja 4). Toisesta vuodesta lähtien leppien pituuskehitys oli nopeaa. Viidennen kasvukauden lopussa lähes 50 % puista oli jo yli 5 m mittaisia.

Puuston biomassan määrittämisessä käytettiin koepuista mitattuihin tunnuksiin perustuvaa regressiomenetelmää. Pyrittäessä mahdollisimman korkeaan selitysteeseen saatiin seuraavat regressioyhtälöt, joiden perusteella biomassamääriä koskevat tulokset laskettiin.

v. 1981

Runkopuu: $\log y = -2,83 + 0,78 \log h^2$ $R^2 = 90 \%$
 Kuori: $\log y = -1,41 + 0,50 \log h^2$ $R^2 = 83 \%$
 Oksat: $\log y = -3,43 + 0,81 \log h^2$ $R^2 = 74 \%$
 Lehdet: $\log y = -4,48 + 0,92 \log h^2$ $R^2 = 78 \%$

Taulukko 3. Leppien keskipituuden kehitys tutkimusjakson aikana. Käsittelyt, ks. taulukko 2.

Table 3. Development of the mean height of the alder saplings during the course of the experiment. See Table 2 for explanation to treatments 1–4.

Käsittely Treatment	1979	1980	1981 m	1982	1983
1	0,7	2,1	3,7	4,3	5,0
2	0,6	2,1	3,5	4,1	5,0
3	0,6	2,2	3,6	4,1	5,1
4	0,6	2,2	3,6	4,1	4,9

Taulukko 4. Leppien jakaantuminen pituusluokkiin.

Table 4. Distribution of the alder saplings into different height classes.

Vuosi Year	Pituusluokka — Height class, cm					
	<200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700 >700
	%					
	a					
1980	33	67				
1981	3	14	45	37	1	
1982	3	14	27	31	25	-
1983		8	22	22	17	27 4

Runkopuu:	$y = 38 + 0,0014 d^2$	$R^2 = 99 \%$
Kuori:	$y = 0,08 h + 0,2027 d^2$	$R^2 = 95 \%$
Oksat:	$y = 0,38 h - 0,0011 h^2 + 0,0005 d^2$	$R^2 = 86 \%$
Lehdet:	$y = 0,0001 + 0,0719 d^2$	$R^2 = 86 \%$
missä	y = kuivamassa, g h = pituus, cm d = läpimitta, mm	

Puuston maanpäällisten osien kokonaisbiomassa oli keskimäärin 17 t/ha kolmen ja 31 t/ha viiden kasvukauden jälkeen (taulukko 5). Biomassassa ei ollut merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä. Viidennen ja kolmannen kasvukauden kokonaisbiomassan mitaustulosten perusteella saatiin puuston maanpäällisen osan keskimääräiseksi vuotiseksi biomassatuotokseksi 8,5 t/ha.

Rungon osuus biomassasta oli kolmantena vuonna keskimäärin 69 % ja viidentenä vuonna 83 %. Kuoren osuus rungosta oli mainittuina vuosina keskimäärin neljännes. Lehtien osuus biomassasta oli kolmantena vuonna keskimäärin 10 % ja viidentenä vuonna 5 %. Simolan (1977) mukaan lehtien osuus lepän maanpäällisten osien biomassasta on ollut keskimäärin 8 %, kun puun rinnankorkeusläpimitta on ollut 25—27 mm.

Juurten biomassa oli neljän kasvukauden jälkeen keskimäärin 5,4 t/ha (taulukko 6). Eri käsittelyjen välillä ei ollut merkitseviä eroja. Lepän juurinystyrät sijaitsivat pääasiassa 0—10 cm maakerroksessa ja nysty-

röiden osuus maanalaisten osien biomassasta 0—20 cm syvyydessä oli keskimäärin 5 % (taulukko 6).

Pääosa lepän lehdistä varisi syyskuun puolivälistä lokakuun puoliväliin. Vuotuisen lehtikarikkeiden määrä oli keskimäärin 1,7 t/ha (taulukko 7). Viidentenä vuonna puut olivat karsiutuneet n. 2 m korkeuteen.

42. Biomassaan sitoutuneet ravinnemäärät

Lepän lehtien typpipitoisuus oli kummallakin näytteenotokerralla keskimäärin 3,6 % (liitteet 1 ja 2). Kirjallisuuden mukaan lepän lehtien typpipitoisuus vaihtelee välillä 2,5—3,4 % (Viro 1955, Voigt ja Steucek 1969, Van Cleve ym. 1971, Turner ym. 1976, Dawson ja Funk 1981). Hughes ym. (1968) on esittänyt astiakokeen perusteella punalepän lehdille ravinnepitoisuuksia, joita pienemmillä pitoisuuksilla on voitu todeta puutosoireita: N 2,40, P 0,16, K 0,40 Ca 0,08 ja Mg 0,11 %. Millerin (1983) mukaan nämä arvot sopivat myös muille leppälajeille. Fosforipitoisuutta hän pitää kuitenkin korkeana. Tässä aineistossa lepän lehtien ravinnepitoisuudet olivat selvästi Hughesin ym. (1968) esittämiä ravinnepitoisuuksia korkeammat.

Lepän eri osien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat viidentenä vuonna pienemmät kuin kolmantena vuonna, lukuunottamatta lehtien typpi- ja kuoren kalsium-

Taulukko 5. Leppien maanpäällisten osien biomassa kolmen (v. 1981) ja viiden (v. 1983) kasvukauden jälkeen. Käsittelyt, ks. taulukko 2.

Table 5. The biomass of the above-ground parts of the alder saplings after three (1981) and five (1983) growing seasons. See table 2 for explanation to treatments 1–4.

Vuosi ja käsittely Year and treatment	Runkopuu Stemwood	Kuori Bark	Oksat Branches	Lehdet Leaves	Yhteensä Total
1981	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ — kg/ha				
1	9 280 ± 580	3 160 ± 120	3 720 ± 130	1 850 ± 70	18 010
2	8 150 ± 350	2 860 ± 90	3 260 ± 150	1 610 ± 80	15 880
3	8 370 ± 130	2 840 ± 20	3 360 ± 240	1 680 ± 140	16 250
4	9 020 ± 310	3 040 ± 80	3 620 ± 50	1 810 ± 30	17 490
1983					
1	20 620 ± 1050	6 250 ± 260	3 560 ± 170	1 710 ± 70	32 140
2	19 790 ± 550	6 030 ± 120	3 640 ± 180	1 670 ± 30	31 130
3	20 340 ± 530	5 860 ± 150	4 020 ± 250	1 660 ± 60	31 880
4	19 230 ± 460	5 790 ± 80	3 790 ± 120	1 610 ± 30	30 420

Taulukko 6. Lepän juurten ja nystyröiden biomassa neljän kasvukauden jälkeen. Käsittelyt, ks. taulukko 2.
Table 6. The biomass of alder roots and nodules after four growing seasons. See Table 2 for explanation to treatments 1–4.

Käsittely Treatment	Juuret Roots	Nystyrät Nodules	Yhteensä Total
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}} \text{ — kg/ha}$		
1	5 170 $\pm$ 1 420	250 $\pm$ 70	5 420
2	6 120 $\pm$ 3 040	290 $\pm$ 50	6 410
3	5 570 $\pm$ 1 730	260 $\pm$ 70	5 830
4	4 580 $\pm$ 1 110	290 $\pm$ 70	4 870

Taulukko 7. Lepän lehtikarikkeiden määrä vuosina 1981–1983. Käsittelyt, ks. taulukko 2.
Table 7. The amount of alder leaf litter during 1981–1983. See Table 2 for explanation to treatments 1–4.

Käsittely Treatment	1981	1982	1983
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}} \text{ — kg/ha}$		
1	1 490 $\pm$ 210	1 730 $\pm$ 60	1 720 $\pm$ 140
2	1 300 $\pm$ 120	1 730 $\pm$ 60	1 920 $\pm$ 100
3	1 300 $\pm$ 510	1 710 $\pm$ 150	1 770 $\pm$ 170
4	1 320 $\pm$ 100	1 780 $\pm$ 140	2 160 $\pm$ 160

pitoisuutta, jotka pysyivät likimain muuttumattomina (liitteet 1 ja 2). Runkopuun, kuoren, oksien sekä lehtien mangaanipitoisuus oli merkittävästi suurempi kontrollialoilla kuin muilla käsittelyillä (liitteet 1 ja 2). Lepikon happamassa maassa mangaani on helppoliukoisessa muodossa ja sitä kulkeutuu runsaasti puun eri osiin (Wittwer ja Immel 1978). Kuitenkin maanäytteiden uutossa käytetty menetelmä ei tuonut esiin eroja eri käsittelyjen välisissä maan mangaanipitoisuuksissa. Eri osien fosfori- ja magnesiumipitoisuus oli kontrollialoilla pienempi kuin muiden käsittelyjen jälkeen, mikä todettiin myös maan vastaavissa ravinnepitoisuuksissa. Vaikka kontrollialoilla maan typpipitoisuus oli korkeampi kuin muilla kojeäsenillä, ei merkittäviä eroja lepän eri osien typpipitoisuuksissa ollut. Vastaavasti maan kalsiumpitoisuus oli pienin kontrollialoilla,

mutta runkopuun kalsiumpitoisuus oli niillä jopa korkeampi kuin lannoituskäsittelyillä. Molybdeenilannoitus kohotti merkittävästi lehtien molybdeenipitoisuutta, joka oli kolmantena vuonna selvästi suurempi kuin kokeen päättyessä (liitteet 1 ja 2).

Puustoon sitoutuneiden ravinteiden määrä laskettiin lepän eri osien biomassamäärien ja ravinnepitoisuuksien avulla. Kuoren osuus rungon biomassasta oli neljännes, mutta siihen oli kuitenkin sitoutunut fosforia ja kuparia lukuunottamatta enemmän ravinteita kuin runkopuuhun. Pääravinteista sitoutui lehtiin eniten typeä, fosforia puolestaan vähiten (taulukot 8 ja 9). Hivenravinteita sitoutui lehtiin suhteellisesti vähemmän kuin pääravinteita.

Viiden kasvukauden jälkeen lepikon kokonaisbiomassa oli keskimäärin 31 t/ha. Biomassaan oli sitoutunut pääravinteita keskimäärin seuraavasti: N 278, P 25, K 91, Ca 96 ja Mg 18 kg/ha (taulukko 9). Vertailuna mainittakoon, että Yhdysvaltain keski-osissa, niinkään istuttamalla perustetun ter-
valepikon kokonaisbiomassa oli neljän kasvukauden jälkeen 29 t/ha ja biomassaan oli sitoutunut ravinteita seuraavasti: N 226, P 15, K 88, Ca 182 ja Mg 19 kg/ha (Wittwer ja Immel 1978). Istutustiheys oli pienempi (0,9 x 0,6 m) kuin tässä kokeessa (0,5 x 0,5 m).

43. Karikkeissa maahan palautuneet ravinnemäärät

Osa puustoon sitoutuneista ravinteista palautui lehtikarikkeissa maahan (taulukko 10). Lepän lehdet varisevat vihreinä ja niiden typpipitoisuus on huomattavasti korkeampi kuin muiden lehtipuiden (Viro 1955, Dawson ja Funk 1981). Tässä tutkimuksessa lehtikarikkeiden fosfori- ja kaliumpitoisuus oli pienempi, typpipitoisuus likimain yhtä suuri ja muiden ravinteiden pitoisuudet korkeampia kuin elävissä lehdissä. Tarkastelamalla pelkästään lehtien ja lehtikarikkeiden ravinnepitoisuuksia keskenään ei saada todellista kuvaa ravinteiden sisäisestä kierrosta, sillä lehti kevenee ravinteiden siirtymisen johdosta ennen varisemistaan. Viron (1955) mukaan varisseiden lepän lehtien massa on ollut n. 77 % vihreiden lehtien massasta.

Taulukko 8. Lepän biomassaan sitoutuneiden ravinteiden määrä kolmen vuoden kuluttua istutuksesta. Käsittelyt, ks. taulukko 2.

Table 8. Amount of various nutrients bound into the alder biomass 3 years after planting. See Table 2 for explanation to treatments 1–4.

Käsittely Treatment	N	P	K kg/ha	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn g/ha	B	Mo
Runkopuu — Stemwood										
1	50,3	5,30	17,3	8,79	2,41	60	110	510	42	
2	43,7	5,68	14,8	7,96	2,59	61	130	170	37	
3	46,5	6,08	16,4	8,38	2,99	76	150	260	39	
4	50,3	6,71	16,9	8,55	3,27	73	130	160	44	
Kuori — Bark										
1	54,9	4,60	15,0	19,8	2,69	34	160	1100	53	
2	48,5	4,51	13,3	18,5	2,64	34	140	270	50	
3	47,0	4,79	13,6	18,4	2,78	35	180	350	52	
4	50,5	5,29	14,2	19,6	3,10	39	160	240	56	
Oksat — Branches										
1	40,1	3,73	17,9	14,8	3,25	45	170	990	41	
2	32,7	4,21	14,6	13,0	3,09	47	160	210	33	
3	36,3	5,04	16,4	14,5	3,43	53	210	270	37	
4	37,1	4,52	16,8	14,3	3,63	53	180	180	39	
Lehdet — Leaves										
1	69,2	4,43	29,0	18,0	3,43	22	78	600	33	0
2	57,5	4,33	25,7	17,7	3,50	21	74	140	33	0,4
3	60,5	4,69	26,5	18,1	3,40	25	97	180	33	0,5
4	64,2	5,32	28,4	20,0	4,11	23	91	140	38	6,0
Yhteensä — Total										
1	214,5	18,1	79,2	61,4	11,8	160	510	3200	170	
2	182,4	18,7	68,4	57,2	11,8	160	510	790	150	
3	190,3	20,6	72,9	59,4	12,6	190	640	1060	160	
4	202,1	21,8	76,3	62,5	14,1	190	560	720	180	

Taulukko 9. Lepän biomassaan sitoutuneiden ravinteiden määrä viiden vuoden kuluttua istutuksesta. Käsittelyt, ks. taulukko 2.

Table 9. Amount of various nutrients bound into the alder biomass 5 years after planting. See Table 2 for explanation to treatments 1–4.

Käsittely Treatment	N	P	K kg/ha	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn g/ha	B	Mo
Runkopuu — Stemwood										
1	86,7	7,71	24,0	29,3	4,56	90	320	100	77	
2	82,5	9,63	23,9	23,0	5,51	91	330	230	74	
3	85,0	10,70	25,7	21,0	6,27	118	370	310	76	
4	81,6	10,90	25,4	21,3	6,04	102	320	170	71	
Kuori — Bark										
1	99,1	7,35	28,6	38,4	4,88	61	310	2700	120	
2	93,7	8,70	27,9	37,6	5,70	59	350	460	110	
3	90,7	8,41	27,4	39,6	5,65	64	380	570	110	
4	88,6	8,17	27,5	38,9	5,75	57	330	280	110	
Oksat — Branches										
1	39,5	2,93	13,6	13,9	3,01	44	150	1010	42	
2	39,0	3,76	14,5	13,9	3,53	54	150	210	43	
3	51,2	4,74	16,0	17,2	4,29	60	210	300	50	
4	41,3	3,91	15,4	14,9	3,69	56	150	170	47	
Lehdet — Leaves										
1	62,6	3,38	25,5	19,2	3,78	21	61	790	31	0,2
2	59,1	3,49	24,2	18,5	4,51	22	56	140	31	0,2
3	60,1	3,71	24,0	19,9	3,91	22	75	200	34	0,2
4	55,8	3,44	22,7	19,5	4,25	21	61	120	33	0,6
Yhteensä — Total										
1	287,9	21,4	91,7	100,8	16,2	216	840	5600	270	
2	274,3	25,6	90,5	93,0	19,3	226	890	1040	260	
3	287,0	27,6	93,1	97,7	20,1	264	1040	1380	270	
4	267,3	26,4	91,0	94,6	19,7	236	860	740	260	

Taulukko 10. Lepän lehtikarikkeissa maahan palautuneet ravinnemäärät vuosina 1981—1983. Käsittelyt, ks. taulukko 2.

Table 10. The amounts of nutrients returned to the soil in the alder leaf litter during 1981–1983. See Table 2 for explanation to treatments 1–4.

Käsittely Treatment	N	P	K kg/ha	Ca	Mg	Cu	Zn g/ha	Mn	B
1981									
1	55,9	2,38	19,4	27,2	3,40	24	100	800	25
2	47,2	2,41	13,4	19,0	3,29	21	83	190	25
3	46,9	2,26	12,8	19,5	3,34	21	73	150	24
4	48,9	2,50	13,9	19,7	3,66	20	69	160	28
1982									
1	67,9	3,08	13,7	25,8	4,05	28	110	1240	34
2	63,8	3,36	14,4	30,8	6,46	30	120	260	47
3	60,9	3,29	15,4	30,8	6,41	32	120	220	44
4	51,7	3,21	17,6	33,7	5,92	33	120	220	44
1983									
1	59,0	2,40	14,2	24,1	3,71	23	91	810	11
2	67,4	2,87	16,7	28,2	6,09	28	96	330	46
3	63,0	2,87	16,0	27,9	5,93	29	95	200	41
4	75,1	3,27	17,8	35,8	6,86	38	120	230	47

Taulukko 11. Sademäärä sekä sadevedessä maahan vuosittain tulleet ravinnemäärät tutkimusjakson aikana.

Table 11. The precipitation and amounts of nutrients added annually to the soil in rainfall during the course of the study.

Vuosi Year	Sademäärä Precipitation mm	N	P	K kg/ha	Ca	Mg	Cu	Zn g/ha	Mn
1.6.-31.12.79	418	3,6	0,32	4,3	3,8	0,8	34	59	38
1980	569	5,6	0,29	2,9	4,2	0,7	57	194	68
1981	767	8,3	0,27	7,7	10,0	1,8	69	169	69
1982	503	4,5	0,27	3,7	4,6	0,8	40	111	55
1983	589	5,0	0,29	3,3	5,2	0,9	41	130	63
Yhteensä Total	2846	27,0	1,44	21,9	27,8	5,0	241	663	293

44. Sadevedessä maahan tulleet ravinnemäärät ja ravinteiden huuhtoutuminen

Sadeveden ravinnepitoisuudet vaihtelivat jonkin verran vuosittain, mutta olivat keskimäärin saman suuruisia aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna (Viro 1953, Mälkönen 1974, Päivänen 1974). Sadeveden kasvukauden aikaisten keskimääräisten ravinnepitoisuuksien ja koko vuoden sademäärän (Hattula-Leteensuo säähavaintoaseman sademittaukset) perusteella laskettiin sadevedessä

kokeelle vuosittain tulleiden ravinteiden määrä (taulukko 11). Jokioisten, Lammin ja Vihdin säähavaintoasemilla on sadevedessä tullut maahan vuosina 1972—1977 keskimäärin typpeä 7,3, fosforia 0,4, kaliumia 2,8, kalsiumia 5,3 ja magnesiumia 1,1 kg/ha/v (Järvinen ja Haapala 1980), eli typpeä ja fosforia enemmän, magnesiumia yhtä paljon ja kaliumia ja kalsiumia vähemmän kuin tällä kokeella.

Valumaveden typpi- ja kaliumpitoisuus oli ensimmäisenä ja toisena vuonna, fosfori-

pitoisuus vielä kolmantena vuonna korkeampi kuin myöhemmin tutkimusjakson aikana. Muiden ravinteiden pitoisuuksissa ei tutkimusjakson aikana ollut merkittäviä muutoksia. Eri käsittelyillä ei ollut vaikutusta valumaveden ravinnepitoisuuksiin.

Analysoiduista ravinteista huuhtoutui eniten kalsiumia, fosforia puolestaan vähiten (taulukko 12). Kaikkiaan maasta huuhtoutui ravinteita vähemmän kuin mitä niitä sadevedessä tuli kokeelle. Valumaveden määrän mittaamiseen liittyi varhain keväällä ja myöhään syksyllä teknisiä vaikeuksia, mistä syystä tulokset ovat aliarvioita (ks. luku 45).

Vertailuna esitetyille tuloksille mainittakoon, että pajun kasvatusta selvittelevässä lysimetrikokeessa, jossa kasvualustana oli rahkaturve, huuhtoutui vuosittain keskimäärin tyypeä 1, fosforia 0,02, kaliumia 1, kalsiumia 4 ja magnesiumia 2 kg/ha (Saarsalmi 1984).

45. Lepän veden käyttö

Istutusvuonna lepan taimet eivät pystyneet käyttämään kaikkea koaloille tullutta vettä, ja ylimääräinen vesi valui koaloilta

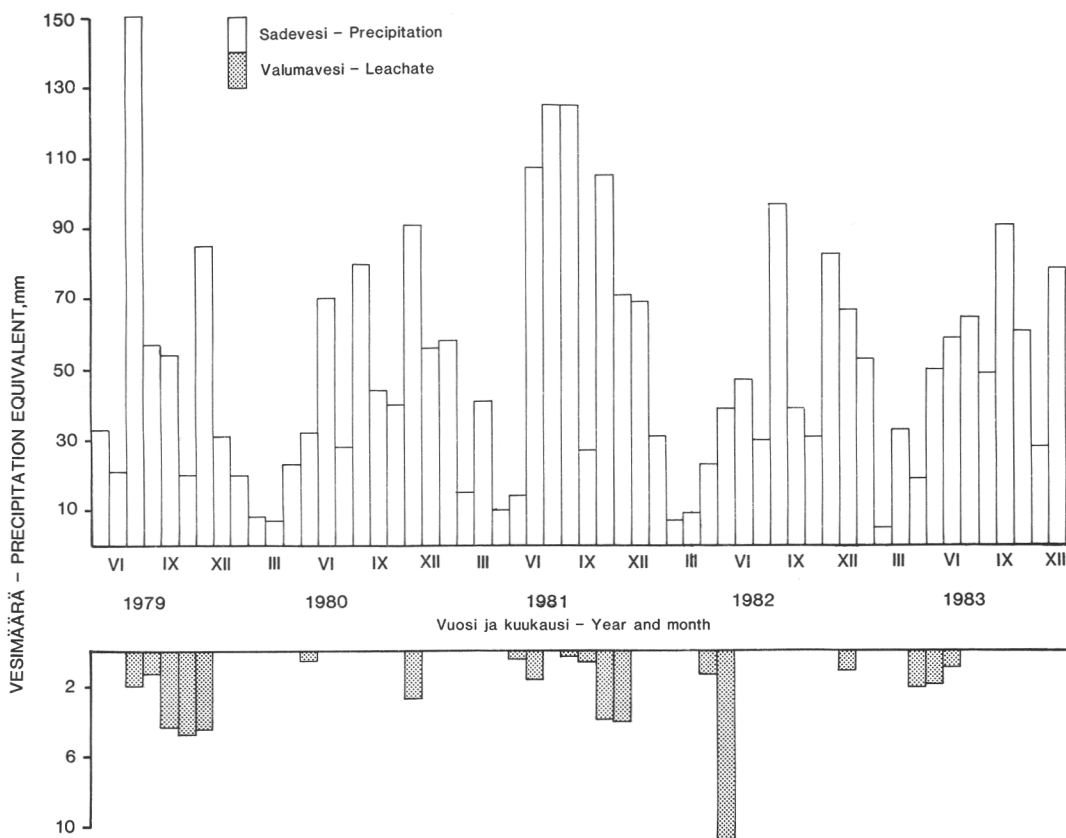
pois (kuva 5). Seuraavina vuosina veden valuminen oli runsainta keväisin sulamisvesien aikaan sekä myöhään syksyllä. Valunta lakasi viimeistään kesäkuun alussa. Poikkeus oli runsassateinen vuosi 1981, jolloin kesäkuussa satoi yli kaksi kertaa niin paljon kuin normaalisti (kuva 5). Tällöin vettä valui heinäkuuta lukuunottamatta lähes koko kasvukauden ajan. Runsas syysvalunta alkoi toisena vuonna marraskuussa ja kolmantena vuonna lokakuun puolivälissä. Neljäntenä ja viidentenä vuonna ei koaloilta valunut vettä syksyllä enää lainkaan.

Valumaveden määrän mittaamiseen liittyi keväällä ja myöhään syksyllä vaikeuksia. Varhain keväällä kaivot, joihin keruuastiat piti sijoittaa, olivat vielä lumen peitossa. Lisäksi kaivojen pohjat olivat jäässä ja niihin valui sulamisvettä myös kokeen ulkopuolelta. Tämän takia toisena ja kolmantena vuonna näytteiden keruu päästiin aloittamaan vasta toukokuun puolivälissä, jolloin valunta oli jo loppumaisillaan. Neljäntenä ja viidentenä vuonna valumaveden määrää päästiin sen sijaan mittaamaan jo huhtikuussa. Vettä valui kuitenkin niin runsaasti, että tulokset ovat aliarvioita.

Taulukko 12. Maasta valuneen veden ja sen mukana huuhtoutuneiden ravinteiden määrä tutkimusjakson aikana. Käsittelyt, ks. taulukko 2.

Table 12. The amount of outflow and nutrients leached from the soil during the course of the study. See Table 2 for explanation to treatments 1-4.

Keruujakso Collection period	Käsittely Treatment	Vesimäärä Precipitation equivalent mm	N	K	Ca	Mg	P
			kg/ha				g/ha
1.6.—2.12.79	1	19	7,1	2,5	7,6	3,3	2,3
	2	13	4,2	1,4	5,1	2,0	1,1
	3	19	4,4	2,1	6,8	2,6	2,2
	4	16	5,1	2,0	6,3	2,8	1,5
23.5.—28.11.80	1	2	0,9	0,5	1,6	0,4	0,1
	2	3	0,6	0,3	0,9	0,3	0,1
	3	4	1,2	0,4	1,5	0,5	0,2
	4	3	0,8	0,2	1,0	0,4	0,4
15.5.—25.11.81	1	8	0,6	0,6	1,6	0,7	1,5
	2	11	1,2	0,9	2,5	1,0	4,4
	3	15	1,7	1,2	3,3	1,1	4,6
	4	7	0,5	0,5	1,5	0,8	1,0
28.4.—9.12.82	1	2	0,7	0,2	0,7	0,3	+
	2	4	0,4	0,2	0,9	0,3	+
	3	5	0,7	0,4	1,1	0,4	+
	4	5	0,7	0,3	1,3	0,6	+
9.4.—20.12.83	1	3	1,1	0,3	1,3	0,6	0,1
	2	4	0,5	0,3	0,8	0,3	0,1
	3	6	0,8	0,5	1,2	0,4	0,1
	4	5	0,9	0,4	1,3	0,6	0,03



Kuva 5. Kuukausittainen sademäärä sekä koelaitteistoilta valuneen veden keskimääräinen määrä tutkimusjakson aikana.
Fig. 5. Mean monthly precipitation and mean amount of leachate flowing from the plots during the course of the study.

Kasvien veden käyttöä (evaporaatio + transpiraatio) kuvataan usein nk. transpiraatiokertoimen avulla, millä tarkoitetaan sitä vesimäärää, jonka kasvi tai kasvusto käyttää tietyn biomassayksikön (1 vettä/kg kuivaainetta) tuottamiseen. Larcher (1975) on esittänyt eri puulajien transpiraatiokertoimiksi seuraavat arvot: tammi 340, koivu 320, mänty 300, lehtikuusi 260, kuusi 230 ja pyökki 170 l. Saarsalmi (1984) on puolestaan saanut tiheän vesipajukasvuston transpiraatiokertoimeksi 350, kun biomassatuotos on ollut vähintään 1 kg/m².

Lepän veden käyttö tuotettua biomassakiloa kohti laskettiin toisesta vuodesta lähtien koelaitteistoille kasvukausittain keskimäärin tul-

leen sadeveden ja maasta valuneen veden määrän sekä biomassatuotoksen perusteella. Tämän mukaan leppä käytti vettä tuotettua biomassakiloa kohti 350 l. Tulos on todellisuudessa hieman pienempi, koska toukokuun osalta valumaveden määrät ovat aliarvioita. Lepän vuotuinen biomassatuotos oli keskimäärin 0,85 kg/m² ja veden tarve vastaavasti 300 l/m².

Lepän käyttämän veden ja maasta haihtuneen veden osuutta ei tässä tutkimuksessa voitu erottaa. Ilmeistä kuitenkin on, ettei tiheässä, täysin sulkeutuneessa lepikossa, maan pinnalta haihtuneen veden määrä ollut suuri.

5. TULOSTEN TARKASTELU

51. Kasvualustan biologiset ominaisuudet

Maan biologiseen aktiivisuuteen vaikuttavat bakteerien ja sienten määrän ohella useat vuorovaikutussuhteissa olevat tekijät, mm. kosteus, lämpötila, pH ja ravinteiden käyttökelpoisuus. Toisaalta pieneliöstön aktiivisuuden tiedetään vaihtelevan eri vuosina suuresti ilmastollisista olosuhteista riippumatta (Boois ja Jansen 1971). Mikroympäristön ravinnetilanteen muuttuessa bakteerien lajikohtainen vaihtelu saattaa sen sijaan muuttaa pieneliöstön fysiologista kapasiteettia eli vaikuttaa maan orgaanisen aineen hajoituspotentiaaliin (Howard ja Howard 1979).

Bakteeriryhmien koossa, proteolyttisiä bakteereita lukuunottamatta, oli suurta vaihtelua sekä eri vuosina että saman kasvukauden aikana. Vaihtelu oli suurinta kontrollialoilla, mikä saattoi johtua niiden pintakerroksen erilaisista lämpötila- ja kosteussuhteista peltomaahan verrattuna.

Kontrollialoilla, joiden pH oli keskimäärin 1—1,5 pH-yksikköä pienempi kuin muilla koejäsenillä, oli runsaasti yleensä hapanta ympäristöä suosivia sädesieniä koko tutkimusjakson ajan. Ilmeisesti sädesienten esiintymiseen vaikuttavat myös muut tekijät kuin pH, sillä tuhkalannoitus, joka kohotti maan pH:ta, lisäsi sädesienten määrää. Sädesienten määrä lisääntyi myös tuhkan lisäksi annetun typpi- sekä fosfori ja molybdeenilannoituksen jälkeen. Tutkimusjakson lopussa peltomaassa oli sädesieniä lähes yhtä paljon kuin kontrollialoilla ja häiriintymättömässä lepikon maassa. Tämä on merkittävää siksi, että orgaanisen aineen hajoituksessa sädesienten osuus on erittäin keskeinen (esim. Lamont ja Voets 1976). Myös ammonifikaatioon osallistuvien bakteerien määrä kasvoi erittäin merkittävästi sekä typpi- että fosfori ja molybdeenilannoituksen myötä, mikä viittaa typen kierron nopeutumiseen.

Selluloosan hajoaminen oli viiden ensimmäisen kuukauden aikana nopeinta tyypellä tai fosforilla ja molybdeenillä lannoitetuilla koejäsenillä. Tämä saattoi johtua toisaalta

bakteerien saamasta tyypestä tai fosforista ja molybdeenistä toisaalta hajoitettavan selluloosan ja ympäröivän mikroilmaston erilaisista kosteusolosuhteista eri maakerroksissa, jotka puolestaan vaikuttavat hajottajaorganismien määrään ja lajikoostumukseen (Cook ja Papendick 1970).

Karikkeiden hajoamisnopeutta säätelevät maan ominaisuuksien ohella karikkeiden kemiallinen koostumus, etenkin C/N suhde, (Ovington 1953, Howard ja Howard 1980). Tässä tutkimuksessa maan C/N suhde oli hyvä, keskimäärin 15, eikä eri käsittelyjen välillä esiintynyt eroja. Karikkeiden korkea C/N suhde viittaa käyttökelpoisen typen niukkuuteen ja korkeaan ligniinipitoisuuteen (Fogel ja Cromack 1977, Herman ym. 1977). Lepän karike hajoaa helposti mm. siksi, että sen ligniinipitoisuus on alhainen ja typpipitoisuus korkea esim. kuusen karikkeeseen verrattuna (Mikola 1954, Mellilo ym. 1982).

Alkuvaiheessa karikkeiden hajoaminen oli nopeinta kontrollialoilla, joilla jo viidessä kuukaudessa karikkeista oli hajonnut keskimäärin 70 %. Lepän karikkeissa on runsaasti vesiliukoisia yhdisteitä, mikä selittää sen, että karikkeiden hajoaminen on alussa nopeaa (Mikola 1954, Nykvist 1962). Tutkimusjakson loppuun mennessä oli karikkeiden hajoaminen ollut nopeinta fosforilla ja molybdeenillä lannoitetuilla koejäsenillä, mikä johtui eroista hajottajaorganismien lajikoostumuksessa.

52. Puuston biomassassa

Jo kolmen kasvukauden jälkeen puuston kokonaisbiomassa oli keskimäärin 17 t/ha ja viiden kasvukauden jälkeen 31 t/ha, kun istutustiheys oli 0,5 x 0,5 m. Biomassassa ei ollut merkittäviä eroja eri käsittelyjen välillä. Runko- ja oksabiomassan vuotuinen tuotos oli kolmannelta vuodelta lähtien keskimäärin 6,8 t/ha ja lehtien 1,7 t/ha. Toistaiseksi harmaalepän biomassaa koskevat tutkimukset ovat kohdistuneet pääasiassa luon-

taisesti syntyneisiin lepikoihin. Keski-Pohjanmaalla, luontaisesti syntyneiden 8-vuotiaiden harmaalepikoiden runko- ja oksabiomassa on ollut keskimäärin 34 t/ha ja vuotuinen tuotos 4,8 t/ha (Björklund ja Ferm 1982). Mätkönen ja Saarsalmi (1983) ovat esittäneet harmaalepikon kokonaisbiomassaksi 40 t/ha 35-vuotiaassa OMT:n lepikossa ja 80 t/ha 35-vuotiaassa OMaT:n lepikossa. Vuotuinen tuotos on ollut mainituissa lepikoissa keskimäärin 6 t/ha. Neuvostoliitossa, eteläisen taiga-alueen 20—40 vuotiaiden harmaalepikoiden kokonaisbiomassa on ollut 70—135 t/ha ja vuotuinen tuotos 10—13 t/ha (Utkin ym. 1980).

Juurten biomassassa oli neljän kasvukauden jälkeen keskimäärin 5,4 t/ha, josta nystyröiden osuus oli keskimäärin 5 %. Pienestä näytemäärästä johtuen tuloksiin on suhtauduttava varauksella. Vertailuna mainittakoon, että juuriston osuudeksi kokonaisbiomassasta on yli kolme kertaa vanhemmissa lepikoissa esitetty 20—30 % (Voigt ja Steucek 1969, Zavitkovski ja Stevens 1972). Yhdysvalloissa Oregonissa, 5-vuotiaassa istuttamalla perustetussa punalepikossa nystyröiden määrä on puolestaan ollut keskimäärin 146 kg/ha ja n. 4 % maanalaisten osien biomassasta (Bormann ja Gordon 1984). Hollannissa 5—20 vuotiaissa luontaisesti syntyneissä tervalepikoissa on nystyröiden biomassaksi esitetty jopa 444 kg/ha (Akkermans 1971).

Yhdysvalloissa yleisen punalepän (*Alnus rubra*) biomassatuotoksesta on esitetty varsin korkeita lukuja. Tiheissä luonnontilaisissa 3—4 vuotiaissa punalepikoissa, Yhdysvaltain länsiosassa, puuston vuotuinen biomassatuotos on ollut 3,8—11,5 t/ha puuston tiheydestä riippuen (Smith ja DeBell 1974). Bormann ja Gordon (1984) ovat todenneet viiden vuoden ikäisen lepikon kokonaisbiomassan (Yhdysvaltain Oregonissa) lisääntyneen istutustiheyden kasvaessa seuraavasti:

2,7 x 2,7 m	13,7 t/ha
1,2 x 1,2 m	24,3 t/ha
0,6 x 1,2 m	26,3 t/ha

Yhdysvaltain keskiosassa on 4-vuotiaan tervalepikon kokonaisbiomassa ollut 29 t/ha, kun istutustiheys on ollut 0,9 x 0,6 m ja taimet istutettaessa 1-vuotiaita (Wittwer ja Immel 1978).

53. Ravinteiden käyttö ja viljelmän vuotuinen ravinnetase

Typpi- tai fosfori ja molybdeenilannoitus ei vaikuttanut lepän kasvuun. Kirjallisuuden mukaan fosforin tiedetään olevan toistaiseksi ainoa ravinne, joka on kenttäolosuhteissa lisännyt lepän kasvua (Van Cleve 1972).

Vesiviljelykokeissa Stewart ja Bond (1961) sekä Huss-Danell (1980) ovat todenneet, että jopa pienetkin typpilisäykset ovat heikentäneet lepän typen sidontaa. Toisaalta Ingestad (1980) on vesiviljelmäkokeissa todennut, että lisättäessä typpeä pieninä erinä siten, ettei se haittaa nystyröintiä ja typensidontaa, on biomassatuotos ollut jopa kaksinkertainen verrattuna lepän kasvuun pelkästään typensidonnan turvin.

Maan typpipitoisuus ei tutkimusjakson aikana kohonnut, mihin on ilmeisesti syynä se, että lepät käyttivät runsaasti maassa olevaa käyttökelpoista typpeä. Typeä lukuunottamatta, kontrollialoilla oli vähemmän ravinteita kuin peltomaassa, mikä ei kuitenkaan heikentänyt lepän kasvua. Niinikään kontrollialojen pH:lla, joka oli 1—1,5 pH-yksikköä alempi kuin peltomaassa, ei ollut vaikutusta lepän kasvuun. Myös muissa tutkimuksissa on todettu että maan pH ei merkittävästi vaikuta lepän kasvuun (mm. Ericsson ja Lindsjö 1981).

Ravinteiden määrät leppäekosysteemin eri osissa on esitetty taulukossa 13. Lepän vuosittain käyttämien ravinteiden määrää laskettiin kolmantena ja viidentenä vuonna biomassaan sitoutuneiden ravinteiden määrän perusteella ottaen huomioon neljäntenä vuonna lehtibiomassaan sitoutuneet ravinteet. Tämän tutkimuksen mukaan nuori leppikko käytti tuotettua biomassakiloa kohti likimain yhtä paljon typpeä, kalsiumia, kuparia ja booria, muita ravinteita puolestaan selvästi vähemmän kuin vesipaju (taulukko 14). Leppä sitoo ilmakehän typpeä, jolla on tärkeä merkitys lyhytkiertoviljelyssä.

Leppäbiomassaan oli sitoutunut typpeä, fosforia ja kaliumia suhteessa 100:8:33. Vertailuna mainittakoon, että ravinnesuhteitaan optimaalisissa olosuhteissa kasvatettu harmaaleppä sisälsi kokeen lopussa, yhdeksän viikon ikäisenä, typpeä, fosforia ja kaliumia suhteessa 100:18:50 (Ingestad 1981). Tällöin oli kuitenkin kyse nuorista taimista, joiden eri osien suhteet olivat kenttäkokeeseen verrattuna poikkeavia. Ingestadin (1981) mukaan lepän kaliumin tarve on pie-

nempi, fosforin tarve puolestaan suurempi kuin koivun.

Osa puustoon sitoutuneesta tyypestä palautui vuosittain karikkeissa maahan (taulukko 13). Kirjallisuuden mukaan lepän karikkeissa palautuu vuosittain maahan 50—80 kg tyypeä/ha (Turner ym. 1976, Mälkönen ja Saarsalmi 1983).

Eri käsittelyillä ei ollut vaikutusta valumaveden ravinnepitoisuuksiin. Huuhtoutuneiden ravinteiden määrä oli tässä tutkimuksessa pieni (taulukko 13). Pelkästään sadevedessä tuli maahan enemmän ravinteita kuin niitä huuhtoutui.

Leppäviljelmälle kehittyi viidessä vuodessa varsin korkea biomassa. Saatujen tulosten perusteella näytti siltä, ettei tyyppi tai fosfori- ja molybdeenilannoituksella ollut vaikutusta lepän kasvuun. Leppäviljelmällä ei esiintynyt merkittäviä tuhoja. Edellä esitetyn perusteella harmaaleppä näyttäisi vartenotetavalta puulajilta energiapuun kasvatukseen. Toisaalta myös lepinkossa on odotettavissa lannoitustarvetta myöhemmässä vaiheessa, kun biomassa toistuvasti korjataan. Biomassan korjuu tulisi ajoittaa lehdeettömään aikaan, jolloin lehtimassaan sitoutuneet ravinteet jäisivät kasvupaikalle.

Taulukko 13. Ravinnemäärät leppäekosysteemin eri osissa. Tulokset on esitetty kaikkien koealojen keskiarvoina lukuunottamatta tapauksia (sulkeissa), joissa kontrolli on poikennut muista käsittelyistä. Tuhka levitetty koealoille koetta perustettaessa keväällä 1979. Muut lannoitteet annettu keväällä 1980.

Table 13. The amounts of nutrients bound in the different compartments of the alder ecosystem. The results represent the means of all the plots, apart from those cases (in brackets) where the values for the control plot differ significantly from those for the other treatments. Wood ash was added to the plots at the time when the experiment was established in spring 1979. The plots were fertilized in spring 1980.

Ravinnetaseen osa Component of nutrient balance	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Mo
Tullut ekosysteemiin Input to the ecosystem	kg/ha					g/ha				
Tuhka — Ash	-	26	88	460	40	1600	1000	23000	2,7	
Tuhka+N — Ash+N	150	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Tuhka+P+Mo — Ash+P+Mo	-	51	"	"	"	"	"	"		1400
Sadevesi — Precipitation (1980—1983)	5,9	0,3	kg/ha/a 4,4	6,0	1,1	52	151	g/ha/a 64		
Palautunut maahan Input into the soil										
Karike — Litter (1981—1983)	59	2,9 (2,6)	16	27	5,3 (3,7)	28	100	218 (950)	35	
Poistunut ekosysteemistä Losses from the ecosystem										
Huuhtoutunut maasta Leaching from soil (1980—1983)	0,8	+	0,5	1,4	0,6					
Sitoutunut maanpäälliseen biomassaan — Bound in the aboveground biomass	100	7,4 (5,5)	34	36	7,2 (6,2)	51	243	244 (1893)	80	

Taulukko 14. Eri puulajien ravinteiden käyttö tuotettua biomassayksikköä kohti.

Table 14. Amounts of nutrients required by different tree species to produce one unit of biomass.

Puulaji Tree species	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B
	kg/1000 kg					g/1000 kg			
<i>Alnus incana</i> (Tämä tutkimus — This study)	11,8	0,8	3,9	4,3	0,8	6	29	125	9
<i>Alnus incana</i> OMT — OMaT (Mälkönen & Saarsalmi 1983)	17,5	1,1	5,4	6,0					
<i>Salix 'Aquatica Gigantea'</i> (Saarsalmi 1984)	12,4	1,9	13,6	4,8	1,5	7	62	91	11
<i>Betula</i> spp. (Mälkönen 1977)	9,3	0,8	4,0	4,8					

6. YHTEENVETO

Tutkimuksessa selvitettiin harmaaleppäviljelmän (*Alnus incana*) biomassan tuotosta sekä ravinteiden (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, B) ja veden käyttöä. Lisäksi tarkasteltiin, miten kasvualustan biologiset ominaisuudet muuttuivat lannoituksen tai lepän maata parantavan vaikutuksen seurauksena. Tutkimus kesti viisi vuotta.

Hämeenlinnan kaupungin läheisyyteen (N 60° 57', E 74° 31') perustettiin keväällä 1979 kenttäkoe karkeahietaiselle peltomaalle lysesimetriperiaatteen mukaisesti. Kokeessa oli neljä käsittelyä, jotka toistettiin kolmesti:

- 1 kontrolli, 10 cm pintakerros lepikestä tuotua maata,
- 2 puutuhka 3000 kg/ha (sis. fosforia 0,9 %),
- 3 —"— ja 150 kg N/ha oulunsalpietarina
- 4 —"— ja 25 kg P/ha superfosfaattina ja 1,4 kg Mo/ha natriummolybdaattina.

Puutuhka levitettiin ennen istutusta. Muut lannoitteet annettiin seuraavana keväänä. Lepän taimet (1(LK+A) Hausjärvi) istutettiin 0,5 m välein.

Puuston maanpäällisten osien biomassaa määritettiin kolmen ja viiden kasvukauden jälkeen. Biomassan määrittäminen perustui koe-puiden eri osien kuivamassan ja rungon pituuden sekä loppumittauksen yhteydessä myös rinnankorkeusläpimitan väliseen riippuvuuteen. Biomassan määrittämisen yhteydessä otettiin näytteet ravinneanalyysejä varten. Karikkeissa maahan palautuneiden ravinteiden määrän selvittämiseksi analysoitiin kokeelta kerätty karike. Orgaanisen aineen hajoamisnopeutta seurattiin nylonverkkopusseihin punnittujen lepän lehtikarikkeiden ja α -selluloosan painon vähenemisenä 5-, 12- ja 17 kuukauden jälkeen.

Kasvualustan pH ja ravinnepitoisuudet määritettiin 0—20 cm, biologiset tunnuksat 0—5 cm maakerroksesta koetta perustettaessa ja syksyisin. Sadevedessä maahan tulleiden ravinne-määrien selvittämiseksi kokeen viereen asetettiin sademittareita. Lysesimetreistä valuneen veden määrä mitattiin ja siitä määritettiin ravinnepitoisuudet.

Puuston maanpäällisten osien kokonaisbiomassa oli kolmen kasvukauden jälkeen keskimäärin 17 t/ha, josta lehtien osuus n. 10 %, ja viiden kasvukauden jälkeen keskimäärin 31 t/ha, josta lehtien osuus n. 5 %.

Vuotuinen biomassan tuotos oli kyseisenä aikana keskimäärin 8,5 t/ha. Biomassassa ei ollut merkitseviä eroja eri käsittelyjen välillä.

Peltomaan pH oli koetta perustettaessa n. 5,5. Tuhka kohotti pH:ta, joka oli korkeimmillaan kahden kasvukauden jälkeen. Kontrollialojen pH oli 1—1,5 pH-yksikköä alempi kuin muiden koejäsenten.

Molybdeenilannoitus kohotti merkitsevästi lehtien molybdeenipitoisuutta. Muutoin ei merkitseviä eroja eri lannoituskäsittelyjen välillä ollut. Leppä käytti tuotettua biomassatonta kohti ravinteita kolmannelta kasvukaudesta lähtien seuraavasti: N 11,8, P 0,8, K 3,9, Ca 4,3, Mg 0,8 kg sekä Cu 6, Zn 29, Mn 125 ja B 9 g. Leppäbiomassaan sitoutuneista ravinteista palautui vuosittain karikkeissa maahan seuraavasti: N 60, P 40, K 50, Ca ja Mg 75, Cu 60, Zn 40, Mn 90 ja B 40 %.

Sadevedessä tuli maahan vuosittain ravinteita keskimäärin seuraavasti: N 5,9, P 0,3, K 4,4, Ca 6,0 ja Mg 1,1 kg/ha. Huuhtoutumalla maasta poistuneiden ravinteiden määrä oli pieni: pelkästään sadevedessä tuli maahan enemmän ravinteita kuin niitä huuhtoutui.

N- tai P- ja Mo-lannoitus lisäsi merkitsevästi peltomaan sädesienten ja ammonifioivien bakteerien määrää sekä edisti selvästi orgaanisen aineen hajoitusta, etenkin syvemmällä maassa. Puhdas α -selluloosa hajosi 17 kuukaudessa lähes kokonaan kaikilla paitsi pelkkää tuhkaa saaneilla koejäsenillä. Lepän karikkeista hajosi viidessä kuukaudessa 60—70 %. Fosforia ja molybdeenin saaneiden koejäsenten karikkeista hajosi 17 kuukaudessa n. 90 %, mikä oli enemmän kuin muilla koejäsenillä.

Lepän taimet eivät vielä ensimmäisenä kasvukautena käyttäneet kaikkea koealoille tullutta vettä. Leppien varttuessa valunta lakkasi yleensä viimeistään kesäkuun alussa. Leppäviljelmän veden käyttö tuotettua biomassakiloa kohti laskettiin koealoille kasvukausittain keskimäärin tulleen sadeveden ja maasta valuneen veden sekä biomassatuotoksen perusteella. Tämän mukaan leppä käytti 350 l vettä tuotettua biomassakiloa kohti.

KIRJALLISUUS—REFERENCES

- Akkermans, A.D.L. 1971. Nitrogen fixation and nodulation of *Alnus* and *Hippophae* under natural conditions. Dissertation, Univ. of Leiden, The Netherlands.
- Becking, J.H. 1961. A requirement of molybdenum for the symbiotic nitrogen fixation in alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.). *Plant & Soil* 15: 217—227.
- 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 For.* 500: 1—37.
- Boois, H.M. & Jansen, E. 1971. The growth of fungal mycelium in forest and soil layers. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 8: 509—520.
- Bormann, B.T. & Gordon, J.C. 1984. Stand density effects in young red alder plantations: productivity, photosynthate partitioning, and nitrogen fixation. *Ecology* 65 (2): 394—402.
- Van Cleve, K., Viereck, L.A. & Schlenker, R.L. 1971. Accumulation of nitrogen in alder (*Alnus*) ecosystems near Fairbanks, Alaska. *Arctic and Alpine Research* 3 (2): 101—114.
- Van Cleve, K. 1972. Revegetation of disturbed tundra and taiga surface by introduced and native plant species. *Proc. Symp. Impact Oil Res. Dev. In Northern Plant Communities.* s. 7—11. *Inst. Arct. Biol. Univ. Alaska, Fairbanks.*
- Cook, R.J. & Papendick, R.I. 1970. Soil water potential as a factor in the ecology of *Fusarium roseum*. *F. Sp. Cerealis 'Culmorum'*. *Plant & Soil* 32: 131—145.
- Dawson, J.O. & Funk, D.T. 1981. Seasonal changes in foliar nitrogen concentration of *Alnus glutinosa*. *Forest Science* 27(2): 239—243.
- Ericsson, T. & Lindsjö, I. 1981. Tillväxtens pH-beroende hos några energiskogsarter. *SLU. Projekt energiskogsodling. Teknisk rapport* 11: 1—7.
- Fogel, R. & Cromack, K. 1977. Effects of habitat and substrate quality on Douglas-fir litter decomposition in western Oregon. *Can. J. Bot.* 55: 1632—1640.
- Franklin, J.F., Dyrness, C.T., Moore, D.G. & Tarrant, R.F. 1968. Chemical soil properties under coastal Oregon stands of alder and conifers. In "Biology of Alder" (Eds. J.M. Trappe, J.F. Franklin, R.F. Tarrant & G.M. Hansen). U.S.D.A. Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Exp. Stn. Portland. s. 157—172.
- Hakkila, P. 1970. Basic density, bark percentage and dry matter content of grey alder (*Alnus incana*). *Seloste: Harmaalepän puuaineen tiheys, kuoriprosentti ja kuiva-ainesisältö.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 71(5): 1—3.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 121: 1—28.
- Herman, W.A., McGill, W.B. & Dormaar, J.F. 1977. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. *Can. J. Soil Sci.* 57: 205—215.
- Howard, P.J.A. & Howard, D.M. 1979. Respiration of decomposing litter in relation to temperature and moisture. *Microbial decomposition of tree and shrub leaf litter* 2. *Oikos* 33(3): 457—465.
- Howard, D.M. & Howard, P.J.A. 1980. Effect of species, source of litter, type of soil, and climate on litter decomposition. *Microbial decomposition of tree and shrub leaf litter* 3. *Oikos* 34(1): 115—124.
- Hughes, D.R., Gessel, S.P. & Walker, R.B. 1968. Red alder deficiency symptoms and fertilizer trials. In "Biology of Alder" (Eds. J.M. Trappe, J.F. Franklin, R.F. Tarrant & G.H. Hansen). U.S.D.A. Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Exp. Stn. Portland. s. 225—237.
- Huss-Danell, K. 1980. Nitrogen fixation and biomass production in clones of *Alnus incana*. *New Phytol.* 85: 503—511.
- Ingestad, T. 1979. A definition of optimum nutrient requirements in birch seedlings. III. Influence of pH and temperature of nutrient solution. *Physiol. Plant.* 46: 31—35.
- Ingestad, T. 1980. Growth, nutrition, and nitrogen fixation in grey alder at varied rate of nitrogen addition. *Physiol. Plant.* 50: 353—354.
- Ingestad, T. 1981. Nutrition and growth of birch and grey alder seedlings in low conductivity solutions and at varied relative rates of nutrient addition. *Physiol. Plant.* 52: 454—466.
- Issakainen, J. 1980. Luontaisten vesakoiden biomassan tuotoskyvystä. *Metsäntutkimuslaitos. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja* 18: 37—48.
- Järvinen, O. & Haapala, K. 1980. Sadeveden laatu Suomessa 1971—1977. Summary: The quality of wet and dry deposition in Finland according to observations made from 1971 to 1977. *Vesihallitus. Tiedotus* 198. 102 s.
- Kalela, E.K. 1937. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusi-harmaaleppäsekkametsiköiden kehityksestä. *Acta For. Fenn.* 44: 1—179.
- Kurki, M. 1977. Suomen peltojen viljavuuden kehityksestä. *Viljavuuspalvelu Oy. Moniste.* 41 s.
- Lakanen, E. & Erviö, P. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agr. Fenn.* 128: 223—232.
- Lamont, E. & Voets, J-P. 1976. Cellulolytic activity of aerobic soil actinomycetes. *Zeitschrift für Allg. Mikrobiologie* 16(5): 345—351.
- Larcher, W. 1975. *Physiological plant ecology.* Translated by M.A. Biderman-Thorson. Berlin. 252 s.
- Löyttyniemi, K. & Rousi, M. 1979. Lehtiputaimitojen hyönteistuharoista. Summary: On insect damage in young deciduous stands. *Folia For.* 384: 1—12.
- Mellilo, J.M. & Aber, J.D., Muratore, J.M. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology* 63: 621—626.
- Miettinen, L. 1932. Tutkimuksia harmaalepikoiden kasvusta. *Commun. Inst. For. Fenn.* 18: 1—100.
- Mikola, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarik-

- keiden hajaantumisnopeudesta. Summary: Experiments on the rate of decomposition of forest litter. Commun. Inst. For. Fenn. 43(1): 1—50.
- Mikola, P. 1958. Liberation of nitrogen from alder leaf litter. Acta For. Fenn 67: 1—10.
- Mikola, P. 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. (Dep. Silvicult. Univ. Helsinki, Finland).
- Miller, H.G. 1983. Nutrient Cycling in Alder. IEA Report 1983(2). National Swedish Board for Energy Source Development. Stockholm. 54 s.
- Mäliköinen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. Commun. Inst. For. Fenn. 84(5): 1—87.
- Mäliköinen, E. & Saarsalmi, A. 1983. Lepikon biomassan tuotos ja ravinnetarve. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla. Manuscript in the Department of Soil Science of the Finnish Forest Research Institute.
- Nykvist, N. 1962. Leaching and decomposition of litter. V. Experiments on leaf litter of *Alnus glutinosa*, *Fagus sylvatica* and *Quercus robur*. Oikos 13(2): 232—248.
- Oskina, N.V. & Ermolova, L.S. 1982. Soderzhanie azota pochav nadzemnoj fitomasse i godichnoj produktivii serool'shanikov. Teoksessa: Biologicheskaja produktivnost lesov povolzh'ja. Akademia Nauk SSSR. Moskva. s. 142—146.
- Ovington, J.D. 1953. Study of the development of woodland conditions under different trees. 1. Soil pH. J. Ecol. 41: 13—24.
- Ovington, J.D. 1956. The form, weights and productivity of tree species grown in close stands. New Phytol. 55: 289—304.
- Paavilainen, E. 1980. Biomass yields and management of natural coppice stands. Report JAB-11.
- Päivänen, J. 1974. Nutrient removal from Scots pine canopy on drained peatland by rain. Acta For. Fenn. 139: 1—19.
- Quispel, A. 1958. Symbiotic nitrogen fixation in non-leguminous plants. IV. The influence of some environmental conditions on different phases of the nodulation process in *Alnus glutinosa*. Acta Bot. Neerl. 7.
- Saarsalmi, A. 1984. Vesipajun biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö. Summary: Biomass production and nutrient and water consumption in *Salix 'Aquatica Gigantea'* plantation. Folia For. 602: 1—29.
- Schalin, I. 1966. Harmaalepän merkityksestä käytännön metsätaloudessa. Summary: *Alnus incana* (L.) Moench in forestry practice. Metsätaloudellinen aikauslehti 83(9): 362—366.
- Simola, P. 1977. Pienikokoisen lehtipuuston biomassa. Summary: The biomass of small-sized hardwood trees. Folia For. 302: 1—16.
- Smith, J.H.G. & DeBell, D.S. 1974. Some effects of stand density on biomass production of red alder. Can. J. For. Res. 4(3): 335—340.
- Sprent, J.I. 1979. The Biology of Nitrogen-fixing Organisms. McGraw-Hill Comp. London. 196 s.
- Stewart, W.D.P. & Bond, G. 1961. The effect of ammonium nitrogen on fixation of elemental nitrogen in *Alnus* and *Myrica*. Plant and Soil 14: 347—359.
- Teivainen, T. 1978. Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan. Abstract: Resistance of some poplar clones to mole damage through feeding experiments. Folia For. 339: 1—12.
- Teivainen, T. 1979. Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microstus agrestisi* L.) ruokintakokeiden mukaan. Folia For. 415: 1—7.
- Turner, J., Cole, D.W. & Gessel, S.P. 1976. Mineral nutrient accumulation and cycling in a stand of red alder (*Alnus rubra*). J. Ecol. 64: 965—974.
- Utkin, A.J., Gulbe, J.I. & Ermolova, L.S. 1980. Pervichnaja produktivnost serool'shanikov yaroslavskoj oblasti. Lesovedenie 3: 69—80.
- Viro, P.J. 1953. Loss of nutrients and the natural nutrient balance of the soil in Finland. Selostus: Ravinteiden huuhtoutuminen ja maan luontainen ravinnetase Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 42(1): 1—45.
- Viro, P.J. 1955. Investigations on forest litter. Seloste: Metsäkariketutkimuksia. Commun. Inst. For. Fenn. 45(6): 1—65.
- Virtanen, A.J. 1957. Investigations on nitrogen fixation by the alder II. Associated culture of spruce and inoculated alder without combined nitrogen. Physiol. Plant. 10: 164—169.
- Wittwer, R.F. & Immel, M.J. 1978. A comparison of five tree species for intensive fiber production. For. Ecol. Manage 1: 249—253.
- Voigt, G.K. & Steucek, G.L. 1969. Nitrogen distribution and accretion in an alder ecosystem. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 33: 966—969.
- Voss-Lagerlund, K. 1976. Effects of soil preparation on the bacterial population in forest soil. Selostus: Muokkauksen ja lannoituksen vaikutus metsämaan mikrobistoon. Commun. Inst. For. Fenn. 86(7): 1—36.
- Zavitkovski, J. & Stevens, R.D. 1972. Primary productivity of red alder ecosystems. Ecology 53(2): 235—242.

Total of 62 references

SUMMARY

The biomass production of a grey alder (*Alnus incana*) plantation, the amounts of nutrients (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, B) bound in the different compartments of the alder ecosystem, and the consumption of water by alder, were investigated in the study. In addition, the extent to which the biological properties of the substrate are changed by fertilization or the fertilizing effect of the alder stand itself were also studied. The decomposition of organic matter was also examined in this connection. The study lasted for five years.

The experiment was established in 1979 on an old field of the fine-sand soil type close to the city of Hämeenlinna (N 60° 57' E 74° 31'). The experimental plots were laid out in the form of lysimeters. This was done in order to be able to determine the amounts of nutrients leached from the individual plots (Fig. 1). Four treatments were used in the experiment, each treatment having three replications:

- 1 control, a 10 cm layer of soil from an alder stand spread on the plots,
- 2 3000 kg wood ash/ha (containing 0.9 % P),
- 3 ——— and 150 kg N/ha as ammonium nitrate with lime,
- 4 ——— 25 kg P/ha as superphosphate and 1.4 kg Mo/ha as sodium molybdate.

The wood ash was spread before the saplings were planted. The fertilizers were added the following spring. The 1 year old saplings were planted at 0.5-m intervals. The alder saplings were watered in conjunction with planting only.

The amount of biomass in the above-ground parts of the tree stand was estimated after three and five growing seasons. The estimates were based on the dependence between the dry weight of the different parts of the saplings and the length of the stem and, after the final biomass measurement, also the diameter at breast height of the stems. Samples were also taken from the saplings for nutrient analyses at the same time as the biomass measurements were made. The amounts of nutrients returned to the ground in the litter were determined by means of litter samples collected in litter traps. The rate of decomposition of the organic matter was followed by means of nylon bags containing alder leaf litter or cellulose strips buried in the soil on the plots at the beginning of the fifth growing season. The loss in weight of these substrates was determined after 5, 12 and 17 months.

The pH and nutrient contents of the 0 to 20 cm soil layer and the biological properties of the 0 to 5 cm layer were determined at the time the experiment was established and also each autumn. Fluctuations in the temperature of the 0 to 10 cm soil layer were followed during the growing season, starting in the third year using two thermographs. Precipitation was collected at points adjacent to the plots for determining the amounts of nutrients passing to the ground in the rainwater. The amount of water flowing out of the lysimeters was measured and the nutrient contents of the leachate determined.

The mean pH of the field soil was 5.5 at the time the experiment was established (Fig. 2). After adding wood ash, the pH started to rise and was at its highest in

autumn the following year. The pH of the control plots remained 1 to 1.5 pH-units lower than that of the field soil during the course of the experiment. Although there was more total nitrogen on the control plots, the amounts of other nutrients were higher in the field soil (Table 2).

The mean height of the saplings was 3.6 m after three, and 5 m after five growing seasons (Tables 3 and 4). The mean total biomass of the above-ground parts of the alder stand was 17 t/ha after three, and 31 t/ha after five growing seasons. The proportion of leaves out of the total biomass was about 10 and 5 % respectively (Table 5). The mean annual biomass production during the period in question was 8.5 t/ha. There were no significant differences between the different treatments as regards the amount of biomass.

Fertilization with molybdenum significantly increased the Mo content of the leaves. There were no other differences between the different fertilization treatments. The amounts of nutrients bound in the biomass after three and five growing seasons are presented in Tables 8 and 9. The amount of nutrients in the different parts of the alder ecosystem, and the amounts of nutrients required per unit biomass, are presented in Tables 13, and 14 respectively.

Part of the nutrients bound in the tree stand were returned to the soil in the litter (Table 10). On the average, 60 % of the nitrogen bound in the alder biomass was returned annually to the soil in the litter. The corresponding figure for phosphorus is about 40, for potassium about 50, for calcium and magnesium about 75, for copper about 60, for zinc about 40, for manganese about 90, and for boron about 40 %.

The average amounts of nutrients yearly added to the soil via precipitation were as follows: 5.9 kg N, 0.3 kg P, 4.4 kg K, 6.0 kg Ca and 1.1 kg Mg/ha. The amounts of nutrients leached from the soil were of no significance (Table 12). More nutrients were added to the soil in rainwater than were lost through leaching.

Fertilization with N or P and Mo significantly increased the number of actinomycetes and ammonifying bacteria in the agricultural soil (Figs. 3a, b, c, d) and promoted the decomposition of organic matter, especially deeper in the soil. The pure α -cellulose strips buried in the soil had decomposed almost completely within 17 months on all the plots except those given wood ash only. About 60–70 % of the alder litter had decomposed within five months. About 90 % of the litter had decomposed on the plots given phosphorus and molybdenum within 17 months. This was the highest value for all the plots (Figs. 4a, b, c).

During the first year the alder saplings were not able to utilize all the water falling on the plots, the excess water flowing out of the lysimeters (Fig. 5). In the following years the outflow of water was at its greatest in the spring following snowmelt, as well as in late autumn. Outflow usually ceased completely by the beginning of June at the latest. The amount of water required to produce one kilogramme of biomass was calculated on the basis of the mean amounts of water added and flowing out of the plots during each growing season, and the biomass production. The alder plantation required 350 l of water to produce one kilogramme of biomass.

Liite 1. Lepän eri osien keskimääräiset ravinnepitoisuudet (% N, P, K, Ca, Mg) ja (ppm Cu, Zn, Mn, B, Mo) kuiva-aineesta kolmen kasvukauden jälkeen. Käsittelyt 1—4, ks. taulukko 2.

Appendix 1. The mean nutrient contents of the different compartments of the alders after three growing seasons. N, P, K, Ca and Mg as % of dry weight, and Cu, Zn, Mn, B, Mo as ppm. See Table 2 for explanation to treatments 1—4.

Ravinne - Nutrient		Runkopuu (Rp) - Stem wood			Kuori (K) - Bark			Oksat (O) - Branches			Lehdet (L) - Leaves			Merkitsevät erot ¹⁾ - Significant differences ¹⁾
		$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	
N	1	0,55		0,02	1,74		0,04	1,08		0,03	3,74		0,06	L 1—4*
	2	0,54		0,01	1,70		0,03	1,00		0,03	3,59		0,06	
	3	0,56		0,03	1,66		0,02	1,08		0,02	3,60		0,04	
	4	0,56		0,02	1,66		0,02	1,03		0,02	3,55		0,05	
P	1	0,06		0,004	0,15		0,01	0,10		0,01	0,24		0,01	L 1—4*
	2	0,07		0,003	0,16		0,01	0,13		0,01	0,27		0,01	Rp 1—4*
	3	0,07		0,005	0,17		0,01	0,15		0,01	0,28		0,01	
	4	0,07		0,005	0,17		0,01	0,13		0,01	0,29		0,02	O 1—3**
K	1	0,19		0,01	0,48		0,03	0,49		0,04	1,57		0,07	
	2	0,18		0,01	0,47		0,02	0,45		0,02	1,60		0,05	
	3	0,20		0,01	0,48		0,02	0,49		0,04	1,58		0,05	
	4	0,19		0,01	0,47		0,02	0,46		0,04	1,57		0,06	
Ca	1	0,10		0,01	0,63		0,03	0,49		0,02	0,98		0,05	
	2	0,10		0,01	0,65		0,02	0,40		0,01	1,10		0,05	
	3	0,10		0,01	0,65		0,04	0,43		0,02	1,08		0,04	
	4	0,09		0,01	0,64		0,03	0,39		0,02	1,10		0,04	
Mg	1	0,03		0,002	0,09		0,01	0,09		0,01	0,19		0,01	L 1—4*
	2	0,03		0,013	0,09		0,01	0,09		0,01	0,22		0,01	Rp 1—3*, 1—4**
	3	0,04		0,003	0,10		0,01	0,10		0,01	0,20		0,01	
	4	0,04		0,002	0,10		0,01	0,10		0,01	0,23		0,01	
Mn	1	56,0		13,1	344,8		56,0	267,3		35,2	329,3		36,0	L 1—2**, 1—3**, 1—4**
	2	20,3		5,9	95,8		11,5	64,4		5,2	88,7		4,6	Rp 1—2**, 1—4*
	3	30,7		5,8	113,1		21,5	80,7		17,1	106,8		16,1	K 1—2**, 1—3**, 1—4**
	4	18,0		2,8	79,1		5,1	49,1		3,5	76,8		4,5	O 1—2**, 1—3**, 1—4**
Cu	1	6,5		0,5	10,7		1,0	12,3		0,8	12,0		0,6	L 1—3*
	2	7,5		0,7	12,0		1,4	14,3		1,0	13,1		0,6	
	3	9,1		0,4	12,4		1,2	15,8		0,7	14,7		0,7	
	4	8,1		1,2	12,6		1,3	14,5		0,8	12,8		0,6	
Zn	1	12,3		1,2	50,1		5,9	44,9		4,6	42,4		2,0	1—3**, L 2—3*
	2	16,2		0,9	50,0		1,9	48,9		2,9	45,8		2,0	Rp 2—4*
	3	17,8		1,9	62,4		5,9	62,3		4,4	58,1		4,7	
	4	14,7		1,3	53,5		2,8	48,0		3,3	50,2		2,3	O 1—3*
B	1	4,6		0,2	17,7		0,5	10,9		0,4	17,7		0,8	
	2	4,6		0,2	17,3		0,2	10,3		0,2	20,4		1,1	
	3	4,7		0,2	18,3		0,6	11,0		0,3	19,4		1,0	
	4	4,8		0,2	18,3		0,6	10,7		0,3	21,4		1,0	
Mo	1										0,07		0,02	L 1—4***, 2—4***, 3—4***
	2										0,25		0,04	1—2***, 1—3***
	3										0,29		0,09	
	4										3,30		1,00	

¹⁾ Osoittaa eron merkitsevyyden ravinnepitoisuudessa käsittelyjen välillä.
Indicates significance of difference in nutrient contents between treatments.

Liite 2. Lepän eri osien keskimääräiset ravinnepitoisuudet (% N, P, K, Ca, Mg) ja (ppm Cu, Zn, Mn, B, Mo) kuiva-aineesta viiden kasvukauden jälkeen. Käsittelyt 1—4, ks. taulukko 2.

Appendix 2. The mean nutrient contents of the different compartments of the alders after five growing seasons. N, P, K, Ca and Mg as % of dry weight, and Cu, Zn, Mn, B, Mo as ppm. See Table 2 for explanation to treatments 1–4.

Ravinne - Nutrient		Runkopuu (Rp) - Stem wood			Kuori (K) - Bark			Oksat (O) - Branches			Lehdet (L) - Leaves			Merkitsevät erot ¹⁾ - Significant differences ¹⁾
		$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$\pm$	$S_{\bar{x}}$	
N	1	0,43		0,05	1,59		0,03	1,12		0,05	3,70		0,09	
	2	0,42		0,05	1,56		0,04	1,07		0,04	3,55		0,06	
	3	0,42		0,04	1,55		0,02	1,28		0,12	3,63		0,06	
	4	0,43		0,06	1,54		0,04	1,09		0,04	3,47		0,06	
P	1	0,04		0,004	0,12		0,003	0,08		0,004	0,20		0,10	
	2	0,05		0,002	0,14		0,01	0,10		0,01	0,21		0,01	Rp 1—3*, 1—4**
	3	0,05		0,001	0,14		0,01	0,12		0,01	0,22		0,01	
	4	0,06		0,003	0,14		0,01	0,10		0,01	0,21		0,01	O 1—3**
K	1	0,12		0,004	0,46		0,01	0,38		0,02	1,50		0,06	
	2	0,12		0,002	0,46		0,02	0,40		0,03	1,45		0,06	Rp 1—4*
	3	0,13		0,003	0,47		0,01	0,40		0,02	1,46		0,05	
	4	0,13		0,003	0,48		0,02	0,41		0,03	1,41		0,06	
Ca	1	0,15		0,01	0,62		0,02	0,39		0,02	1,13		0,03	
	2	0,12		0,01	0,62		0,02	0,38		0,02	1,11		0,04	Rp 1—3*
	3	0,10		0,01	0,68		0,01	0,43		0,02	1,21		0,03	
	4	0,11		0,01	0,68		0,03	0,40		0,01	1,22		0,04	
Mg	1	0,02		0,001	0,08		0,003	0,09		0,004	0,22		0,01	
	2	0,03		0,001	0,09		0,004	0,10		0,004	0,27		0,02	Rp 1—3***, 1—4***
	3	0,03		0,002	0,10		0,005	0,11		0,01	0,24		0,01	K 1—2*, 1—3**, 1—4*
	4	0,03		0,002	0,10		0,004	0,10		0,004	0,26		0,01	
Mn	1	52,4		5,0	429,3		43,8	282,8		24,8	463,0		46,0	L 1—2***, 1—3***, 1—4***
	2	11,7		0,9	76,1		10,4	59,2		7,1	85,5		9,3	Rp 1—2***, 1—3***, 1—4***
	3	15,5		2,1	98,7		14,3	76,8		9,5	120,6		23,4	K 1—2***, 1—3***, 1—4***
	4	8,8		0,4	48,1		2,8	44,2		3,0	73,6		6,8	O 1—2***, 1—3***, 1—4***
Cu	1	4,4		0,3	9,7		0,7	12,3		0,7	12,1		0,5	
	2	4,6		0,3	9,8		0,7	15,0		0,8	13,2		0,9	
	3	5,8		0,6	11,0		0,9	15,0		1,0	13,6		0,6	
	4	5,4		0,9	9,8		0,7	14,8		0,9	13,1		0,9	
Zn	1	15,6		0,7	49,3		2,5	41,3		2,6	35,9		2,0	1—3*, L 2—3**
	2	16,6		1,0	58,8		4,4	40,4		2,0	33,8		2,0	
	3	18,2		1,2	64,2		4,5	53,6		2,9	45,3		2,6	K 1—3*
	4	16,4		0,8	56,9		2,8	40,9		3,7	38,1		2,1	O 1—3*, 2—3*
B	1	3,8		0,1	18,4		0,4	11,8		0,5	18,3		1,9	
	2	3,7		0,1	17,9		0,5	11,7		0,3	18,5		2,1	
	3	3,8		0,1	18,5		0,4	12,5		0,6	20,6		2,7	
	4	3,7		0,1	18,8		0,6	12,5		0,4	20,4		2,6	
Mo	1										0,18		0,05	L 1—4***, 2—4***, 3—4***
	2										0,20		0,05	
	3										0,21		0,05	
	4										0,63		0,03	

¹⁾ Osoittaa eron merkitsevyyden ravinnepitoisuudessa käsittelyjen välillä.
Indicates significance of difference in nutrient contents between treatments.

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: Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — Phone: (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — Address: 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — Phone: (957) 314 241

Ojajoen koeasema
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: (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — Address: Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — Phone: (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — Address: PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — Phone: (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — Address: Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — Phone: (968) 71 161

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

- No 610 Repo, Tapani, Mela, Martti & Valtanen, Jukka: Männynversosyöväälle alttiiden ja vastustuskykyisten taimi-alkuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella.
Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance.

1985

- No 611 Raitio, Hannu: Yksivuotiaiden avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen männyntaimien kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen.
Symptoms and occurrence of a growth disturbance in one-year-old, bare-rooted Scots pine seedlings raised in the open.
- No 612 Långström, Bo: Tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1970—1971. Yhteispohjoismaisen tutkimuksen Suomea koskevat tulokset.
Damage caused by *Hylobius abietis* in Finland in the years 1970—1971. Results from the Finnish part of a joint Nordic study.
- No 613 Ferm, Ari & Markkola, Annamari: Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu.
Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season.
- No 614 Hytönen, Jyrki: Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos.
Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatica'* fertilized with industrial sludge.
- No 615 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation in the Forestry Board Districts of Keski-Suomi and Etelä-Pohjanmaa according to the 7th National Forest Inventory.
- No 616 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemilla.
Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands.
- No 617 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suomensät vuosina 1951—1983.
Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951—1983.
- No 618 Lipas, Erkki: Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla.
Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties.
- No 619 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykokeista turvemilla.
Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.
- No 620 Metsätilastollinen vuosikirja 1984.
Yearbook of Forest Statistics, 1984.
- No 621 Salo, Kauko: Luonnonmarjojen ja sienten poiminta Suomussalmella ja eräissä Pohjois-Karjalan kunnissa.
Wild-berry and edible-mushroom picking in Suomussalmi and in some North Karelian communes, Eastern Finland.
- No 622 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihioiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista.
Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal för användning vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 623 Hämäläinen, Jouko, Paavilainen, Eero, Salminen, Olli & Heinonen, Riitta: Tuloksia ojitettujen korpikuusi-koiden lannoituksesta.
The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands.
- No 624 Hakkila, Pentti (toim.-ed.): Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti.
The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project.
- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löyttyniemi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hirvivahinkoalttiuteen.
The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella.
Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö.
Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeilla ojitetuilla rämeillä.
Effect of thinning and fertilization on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.
- No 630 Aarnio, Jukka: Suomensiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus.
The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner.

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.