

FOLIA FORESTALIA 613

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

ARI FERM & ANNAMARI MARKKOLA

HIESKOIVUN LEHTIEN, OKSIEN JA
SILMUJEN RAVINNEPITOISUUKSIEN
KASVUKAUTINEN VAIHTELU

NUTRITIONAL VARIATION OF
LEAVES, TWIGS AND BUDS IN
BETULA PUBESCENS STANDS
DURING THE GROWING SEASON



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

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

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

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

FOLIA FORESTALIA 613

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Ari Ferm & Annamari Markkola

HIESKOIVUN LEHTIEN, OKSIEN JA SILMUJEN RAVINNEPITOISUUKSIEN KASVUKAUTINEN VAIHTELU

Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula
pubescens* stands during the growing season

Approved on 8.2.1985

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Tutkimusmetsiköt	4
22. Aineiston keruu ja käsittely	4
23. Sääolot	4
3. OKSIEN JA SILMUJEN RAVINNEPITOISUUS	7
31. Yleistä oksien ravinnepitoisuuksista	7
32. Oksien tuhkapitoisuus ja pääravinnepitoisuudet	7
33. Oksien hivenravinnepitoisuudet	10
34. Silmujen ravinnepitoisuudet	10
4. LEHTIEN RAVINNEPITOISUUS	10
41. Tuhka	10
42. Typpi	10
43. Fosfori	10
44. Kalium	11
45. Kalsium ja magnesium	11
46. Hivenravinteet	11
5. LEHTIEN JA OKSIEN RAVINNEPITOISUUKSIEN VERTAILU	15
6. LEHTIEN JA OKSIEN RAVINNESUHTEET	16
7. LEHDEN KOON KEHITYS JA RAVINTEIDEN SIIRTYMINEN	16
8. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄÄ	22
81. Ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu eri metsiköissä	22
82. Näytteenotto ja ravinneanalyysi	23
83. Hieskoivun kasvuhäiriö	24
84. Hieskoivun suhde mangaaniin	25
85. Ravinteiden siirtyminen	25
KIRJALLISUUS	26

FERM, A. & MARKKOLA, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia For.* 613: 1—28.

Tutkimuksessa selvitettiin nuorten hieskoivuvesakoiden ja varttuneiden hieskoivikoiden ravinnepitoisuuksia lehdissä, oksissa ja silmuissa yhden kasvukauden aikana. Samanikäiset metsiköt (1, 3, 15 ja 40 vuotta) valittiin sekä kivennäis- että turvemaalta. Lisäksi tutkittiin erään kasvuhäiriöisen koivikon ravinnepitoisuuksia.

Lähes kaikkien ravinteiden pitoisuuteen lehdissä, oksissa ja silmuissa vaikutti näytteenoton ajankohta hyvin selvästi. Nuorissa, varsinkin yksivuotiaissa vesakoissa lehtien tuhkapitoisuus ja pääravinnepitoisuudet olivat korkeammalla tasolla kuin muissa metsiköissä. Lehtien typpi-, magnesium- ja rautapitoisuus oli turvemaan hieskoivikoissa hiukan korkeampi kuin kivennäismaalla. Lehtien fosfori-, mangaani-, boori- ja sinkkipitoisuus taas oli kivennäismaalla korkeampi kuin turvemaalla. Kaliumpitoisuudessa ei ollut eroja kivennäismaan ja turvemaan välillä. Lehtien fosfori-, kalium- ja magnesiumipitoisuus laski iän myötä.

Oksissa ravinnetilanteen vaihtelut eivät näkyneet yhtä selvästi kuin lehdissä. Kuitenkin eräiden ravinteiden (mangaani ja boori) korkeimmat ja matalimmat pitoisuudet ilmenivät oksissakin. Kaikenkaikkiaan lehtianalyysi näytti käyttökelpoisemmalta kuin muista kasvinosista tehty ravinneanalyysi.

Tutkitussa tapauksessa hieskoivun kasvuhäiriöön vaikuttavia syitä olivat ilmeisesti vähäinen booripitoisuus (alle 5 ppm) lehdissä ja oksissa sekä tähän liittyen pääravinteiden ja boorin väliset korkeat suhteet.

Nuorissa vesakoissa näytti tyyppä siirtyvän syksyllä lehdistä puun muihin osiin suhteellisesti vähemmän kuin vanhemmissa puustoissa. Samoin oli asianlaita fosforilla. Vanhemmissa turvemaan metsiköissä fosforin suhteellinen siirtymä oli erityisen suuri: vähintään kaksi kolmasosaa lehtien elokuussa sisältämästä fosforista siirtyi puun muihin osiin. Kysymys saattoi olla kasvu- alustan alhaiseen fosforitasoon reagoinnista tai pelkäämään metsikön iästä johtuvasta ilmiöstä.

Leaves, twigs and buds were sampled for studying nutritional variation in eight *Betula pubescens* Ehrh. stands (26°05'N, 64°52'E). Comparisons were made according to sampling date, stands age (1, 3, 15 and 40 y) and site (mineral soil and peatland). A pubescent birch stand (26°35'N, 65°36'E) showing symptoms of disturbed growth was included in the study.

The sampling date had a distinct effect on almost every nutrient content in every shoot component. Young birch coppices had higher foliar ash and macronutrient levels than other stands. Foliar nitrogen and magnesium contents were higher on peatland than on mineral soil, whereas phosphorus, manganese, boron and zinc contents were higher on mineral soil. Foliar potassium levels did not differ between the sites. Foliar phosphorus, potassium and magnesium contents decreased along with the age of the stand.

Nutritional variations between stands did not appear so distinctly in current twigs as in leaves. However, with some nutrients (manganese and boron) the highest and the lowest contents were apparent in twigs, too. On the whole, the foliar analysis was more practical than the analysis made from twigs or buds.

Low boron contents (< 5 ppm in leaves and twigs) connected with high N/B-, P/B- and Ca/B-ratios apparently contributed to the observed growth disturbance.

Young birch sprouts retranslocated less nitrogen from senescing leaves than older trees. The removal of phosphorus from leaves of the mature trees on peatland was particularly high: at least two thirds of the maximum phosphorus pool in August were retranslocated in the autumn. This is presumably a reaction to the low phosphorus status found in peatlands or merely due to the aging of these trees.

ODC 176.1 *Betula pubescens* + 160.2 + 161
ISBN 951-40-0689-5
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Etenkin Pohjanmaalla hieskoivu (*Betula pubescens* Ehrh.) on yleisempi koivulaji kuin rauduskoivu (*Betula pendula* Roth). Hieskoivu menestyy hyvin turvemailla, mutta rauduskoivu vain poikkeuksellisesti.

Rauduskoivun lehtien ravinnepitoisuuksia ja niiden kasvukautista vaihtelua on selvitetty Pohjoismaissa (Kivinen 1933, Tamm 1951 a, Viro 1955, Raitio 1982). Sensijaan hieskoivun ravinnekysymyksiä on tutkittu vähemmän. Joitakin vertailevia kokeita kummallakin koivulajilla on tehty (esim. Paavilainen ja Norlamo 1975). Turvemailta on lisäksi eräitä havaintoja koivun lehtien ravinnepitoisuuksista, kuitenkin ilman lajierittelyä (Tamm 1951 b, Braecke 1979, Silfverberg 1982). Hieskoivuvaltaiseen koivikkoon sitoutuneiden ravinteiden määrästä ja kierrosta on Mälkönen (1977) julkaissut tutkimuksen ja hieskoivun ravinnekysymyksiä kokopuun korjuuta silmällä pitäen on tarkasteltu vertaamalla 20-vuotiaista ja 40-vuotiaista metsikköä (Mälkönen ja Saarsalmi 1982). Varsinkin varttuneet koivikot reagoivat heikosti lannoitukseen. Tämä on todettu myös turvekankaan hieskoivikossa (Oikarinen ja Pyykönen 1981).

Puiden ja metsiköiden ravinnetaloudessa on suuria vaihteluita. Lajivaihtelun ja kasvukautisen vaihtelun lisäksi yksittäisen puulajin kasvupaikkojen välinen vaihtelu voi olla suuri (ks. Ricklefs ja Matthew 1982). Esimerkiksi tiedot hieskoivun ravinnedynamiikasta eri ikäisistä metsiköistä ja eri kasvupaikoilta olisivat käyttökelpoisia moneen tarkoitukseen. Tietoja voitaisiin käyttää hyväksi hieskoivun kasvupaikkavaatimuksia pohdittaessa. Lisäksi hieskoivun vaikutukset ravinnekiertoon ja merkitys sekametsien kasvatuksessa sekä lannoitustarpeen arviointi ovat jatkuvasti ajankohtaisia aiheita. Turvemaiden hieskoivikoita on esitetty kasvatettavaksi vesametsinä lyhyehköillä kiertoajoil-

la energiatuotantoa varten, jolloin esimerkiksi kokopuun korjuuta ajatellen ravinnetiedot ovat tärkeitä.

Hieskoivun ravinnekysymysten vähäinen tuntemus sekä hieskoivun ekologiassa vielä monet osin epäselvät piirteet olivat lähtökohtana tälle tutkimukselle, jossa tarkastellaan hieskoivun pää- sekä hivenravinteiden kasvukautista vaihtelua lehdissä, oksissa ja silmuissa. Eräänä syynä oksien analysoimiselle oli oksien ja lehtien ravinnepitoisuuksien vastaavuuksien etsiminen. Oksien ja lehtien yhtäaikaista ravinnepitoisuuden määrittämisen otanta on tutkittu havupuilla (Comerford ja Leaf 1982) ja ravinnepitoisuuksien kasvukautista vaihtelua eräillä lehtipuilla (Grigal ym. 1976, McColl 1980), mutta koivusta ei ole vastaavia tietoja. Puustojen ikä- ja kasvupaikkavaihtelun varmistamiseksi valittiin tutkittavaksi eri ikäluokkien metsiköitä sekä kivennäis- että turvemaalta. Lisäksi erityiskysymyksenä haluttiin selvittää hieskoivun kasvuhäiriön ravinnefysiologista taustaa erästä hieskoivikosta, jossa havaittiin selvä kasvuhäiriö. Hieskoivun kasvuhäiriöstä ei Suomessa ole julkaisuja tietoja.

Tutkimus kuuluu osana PERA-projektin (puu energian raaka-aineena) B-osaprojektiin, jossa selvitetään lehtipuunmetsiköiden biomassatuotosta ja vesametsäkasvatusta. Tekijät suunnittelivat tutkimuksen yhdessä. Markkola teki laboratoriotyöt ja opinnäytetyön aineistosta. Ferm laati alustavan käsikirjoituksen, joka viimeisteltiin yhdessä. Jorma Issakainen osallistui tutkimussuunnitteluun ja vastasi kenttätöistä. Lisäksi työn toteuttamisessa ovat avustaneet: Eija-Riitta Huuki, Arto Ketola, Jouni Markkanen, Anna-Liisa Mertaniemi, Tarja Palola, Keijo Polet ja Maire Ala-Pönttiö. Englanninkieliset tekstinosat tarkasti Leena Kaunisto. Käsikirjoitukseen ovat tutustuneet Eero Paavilainen, Eino Mälkönen, Hannu Raitio, Heikki Veijalainen ja Jyrki Hytönen.

Kaikille edellä mainituille samoin kuin muillekin tutkimuksessa avustaneille esitämme runsaat kiitoksemme.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Tutkimusmetsiköt

Tutkimuskohteista kahdeksan metsikköä sijaitsi Muhoksella, Metsäntutkimuslaitoksen ns. pohjoispuolen palstalla (26°05'N, 64°52'E). Kasvuhäiriöinen metsikkö sijaitsi Pudasjärvellä (26°35'N, 65°36'E). Yleistiedot metsiköistä on esitetty taulukossa 1. Yksi- ja kolmivuotiaissa metsiköissä tutkimukseen sisältyvät taimet olivat kaikki vesasyntyisiä, mutta 15- ja 40-vuotiaissa metsiköissä oli siemensyntyisiäkin puita. Kasvuhäiriömetsikössä oli selvästi kasvuhäiriöön viittaavia makroskooppisia oireita: apikaalidominanssihäiriöitä, pensastavaa kasvutapaa jne. (ks. Raitio 1983 b). Useimpien metsiköiden kasvupaikka oli melko karu: kivennäismaalla EVT:n ja turvemaa suursarameen tasoa. Turvemaa metsiköt olivat kehittyneet vähintään muuttumiksi. Eräät kivennäismaan metsiköt olivat osin soistuneita. Aineiston kasvuhäiriöinen metsikkö oli syntynyt luontaisesti turvepohjaiselle peltoheitolle.

Maan ravinnepitoisuuksien analysoimista varten otettiin tutkimusmetsiköistä elokuussa 1982 viidestä satunnaisesti valitusta osanäytteestä muodostetut maanäytteet: kivennäismaan metsiköistä humuskerroksesta ja 15...25 cm:n syvyydeltä sekä turvemaa metsiköistä 5...10 cm:n ja 20...25 cm:n syvyydeltä.

Kaikkien kivennäismaan tutkimusmetsiköiden kasvualusta oli melko niukkaravinteinen (taulukko 2). Keskimääräinen pH-arvo oli noin 4 ja humuskerroksen typpipitoisuus noin 1,8 % orgaanisen aineksen määrästä. Liukoista fosforia oli muita runsaammin 1- ja 15-vuotiaiden metsiköiden humuskerroksessa. Näissä metsiköissä oli myös vaihtuvaa mangaania runsaasti. Muuten metsiköiden ravinnepitoisuudet vaihtelivat vain vähän.

Turvemaa metsiköiden pintaturpeen pH-arvo vaihteli 3,8...4,4 ja typpipitoisuus 2,0...3,2 % orgaanisesta aineksesta (taulukko 2). Typeä ja fosforia oli maassa enemmän kuin vastaaventyppisillä Vahteran (1955) ja Westmanin (1981) tutkimusaloilla. Kaliumia oli enemmän kuin Vahteran (1955) tutkimilla ojitetuilla sararämeillä, mutta vähemmän kuin Westmanin (1981) tutkimilla luonnontilaisilla sararämeillä. Erityisesti pintaturpeen kaliumpitoisuus näyttäisikin vähenevän ojituksen seurauksena (Westman 1981). Eri-ikäisten turvemaa metsiköiden maan ravinnepitoisuuksissa ei ollut suuria eroja. Kuitenkin kalsiumpitoisuus oli 3-vuotiaan vesakon kasvualustan sekä pinta- että pohjaturpeessa ja 15-vuotiaan metsikön pohjaturpeessa selvästi suurempi kuin muissa turvenäytteissä. Rautaa ja kuparia oli kaikissa turvemaa metsiköissä välttävästi sekä sinkkiä ja booria vähän (ks. Paarlahti ym. 1971, Kurki 1982).

22. Aineiston keruu ja käsittely

Vanhemmista tutkimusmetsiköistä (15- ja 40-vuotiaat) näytteeksi otettiin 8...10 valtapuusta latvuksen

keskikohdalta kolme tai neljä satunnaisesti valittua oksaa. Nuorista valtavesoista (1- ja 3-vuotiaat) näytteet kerättiin koko latvuksesta. Otanta tehtiin etelän suunnalta. Saman metsikön eri näytteet yhdistettiin yhdeksi näytteeksi, josta puolet kuivattiin (70°C) analysointia varten ja puolet pakastettiin toistomäärityksiä varten.

Ensimmäiset näytteet otettiin ennen kasvukauden alkua 3.—4.5. sekä 26.—28.5.1982, ja ne käsittivät vain silmuja sekä oksia. Oksien (pitkäversojen) nuorimmista vuosikasvaimista erotellut oksa- ja lehtinäytteet otettiin 10.6., 24.6., 5.—7.7., 21.—22.7., 4.—5.8., 18.—21.8., 1.9. ja 28.—29.9.1982. Lisäksi kolmena viimeisenä näytteenotokertana vuosikasvaimista eroteltiin silmut.

Näytteistä määritettiin Muhoksen tutkimusasemalla tuhkapitoisuus, fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rauta, alumiini, sinkki, mangaani, kupari ja boori Halosen ja Tulkin (1981) ohjeiden mukaan. Kokonaistyyppipitoisuudet analysoitiin sovelletulla mikro-Kjeldahl-menetelmällä (Kubin 1978). Lehti- ja varsinäytteistä teetettiin myöhemmin rinnakkaisanalyysejä Viljavuuspalvelu Oy:ssä sekä Muhoksen tutkimusasemalla. Fosforille, kaliumille, kalsiumille, magnesiumille ja boorille eri määritykset antoivat lähes samoja arvoja sekä typelle ja mangaanille hyvin yhdenmukaisia arvoja. Rauta, sinkki ja kupari olivat tyydyttävästi samanlaisia eri määrityksissä, mutta alumiinanalyysoimisen tuloksissa oli niin suurta vaihtelua, ettei niitä esitetä. Vielä on mainittava, että silmumateriaalia saatiin kolmella viimeisellä näytteenotokerralla niin vähän, ettei booria tuolloin analysoitu.

Ravinneanalyysoimisen tulokset esitetään graafisesti kasvukauden kuluun mukaan. Metsikön iän, kasvualustan laadun (kivennäismaa/turvemaa), versonosan (oksat/lehdet) sekä kasvukauden ajankohdan vaikutusta ravinnepitoisuuksiin testattiin toistettujen mittausten varianssianalyyseillä käyttäen BMDP-ohjelmistoa (esim. Winer 1971). Varianssianalyyseistä jätettiin kasvuhäiriöinen metsikkö pois.

Lisäksi rinnakkaisnäytteistä yritettiin määrittää lehtien ravinnepitoisuuksia lehtien kehitysvaiheisiin ja kokoon suhteuttaen.

23. Sääolot

Vuoden 1982 kasvukausi oli tutkimusalueella yleispiirteiltään kylmä ja vähäsatuinen (Kuukausikatsaukset...1982) (kuva 1). Toukokuun lämpötila oli normaalikauden (1931—1960) mukainen, mutta kesäkuun keskilämpötila oli noin 3°C alhaisempi kuin normaalisti. Kesäkuun puolivälissä oli kylmä sääjakso, jonka aikana satoi lunta ja muodostui hetkellinen lumi-peitekin. Loppuosa kasvukaudesta oli lähellä normaalia. Vuoden tehoisan lämpötilan summa oli hieman alempi kuin pitkäaikainen keskiarvo. Kesä- ja heinäkuun sademäärä oli normaalia pienempi.

Taulukko 1. Yleistietoja tutkimusmetsiköistä.
Table 1. Characteristics of the experimental stands.

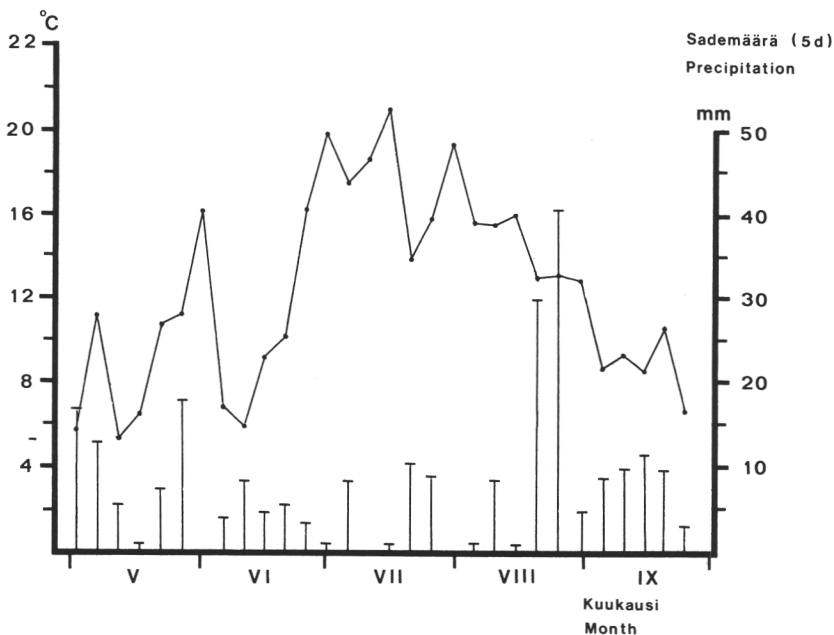
Kasvualue — Site	Ikä — Age, a	Metsätyyppi — Forest type ²⁾	Ojitus — Drainage	Humuksen tai turpeen paksuus — Humus or peat depth, cm	Maa- tai turvelaji — Soil or peat type	Puuston pituus — Tree height, m	Runkoluku kpl/ha — Stems/ha	Hakkuu — Cutting
Kivennäismaa — Mineral soil	1	EVT		7	Hietamoreeni — Fine-sand moraine	0,5...1,0	>50 000	Lokakuussa 1980 — In October 1980
Kivennäismaa — Mineral soil	3	EVT		10	Hietamoreeni — Fine-sand moraine	1,0...2,5	>50 000	Huhtikuussa 1979 — In April 1979
Kivennäismaa — Mineral soil	15	EVT/VMT		12	Hietamoreeni — Fine-sand moraine	5...8	15 000	
Kivennäismaa — Mineral soil	40	EVT		15	Hiekkamoreeni — Sand moraine	7...12	1 200	
Turvemaa — Peatland	1	VSR	1965, 1981	30	C-t/S-t — Carex/Sphagnum peat	0,5...1,0	>50 000	Kesällä 1981 — In summer 1981
Turvemaa — Peatland	3	VSR	1967	70...90	C-t/S-t — Carex/Sphagnum peat	1,5...2,5	>50 000	Huhtikuussa 1979 — In April 1979
Turvemaa — Peatland	15	RhSR	1960—70, 1982	90	C-t — Carex peat	6...8	15 000	
Turvemaa — Peatland	40	VSR	1967	40	C-t — Carex peat	10...12	5 000	
Turvemaa — Peatland	15 ¹⁾	RhSR	1970	20...25	Entinen pelto — Former agricultural land	3...6	50 000	

1) Kasvahäiriö — Growth disturbance

2) EVT = Empetrum-Vaccinium-tyyppi — Empetrum-Vaccinium-type,
VMT = Vaccinium-Myrtillus-tyyppi — Vaccinium-Myrtillus-type,
VSR = Varsinaisen sararäme — Ordinary sedge pine swamp,
RhSR = Ruohoisen sararäme — Herbrich sedge pine swamp

Keskilämpötila (5 d)

Mean temperature



Kuva 1. Vuoden 1982 kasvukauden keskilämpötilat ja sademäärät viiden päivän jaksoina Muhoksella (Koivikko).

Fig. 1. Mean temperature and precipitation in Muhos (Koivikko) in five-day-periods during the growing season in 1982.

3. OKSIEN JA SILMUJEN RAVINNEPITOISUUS

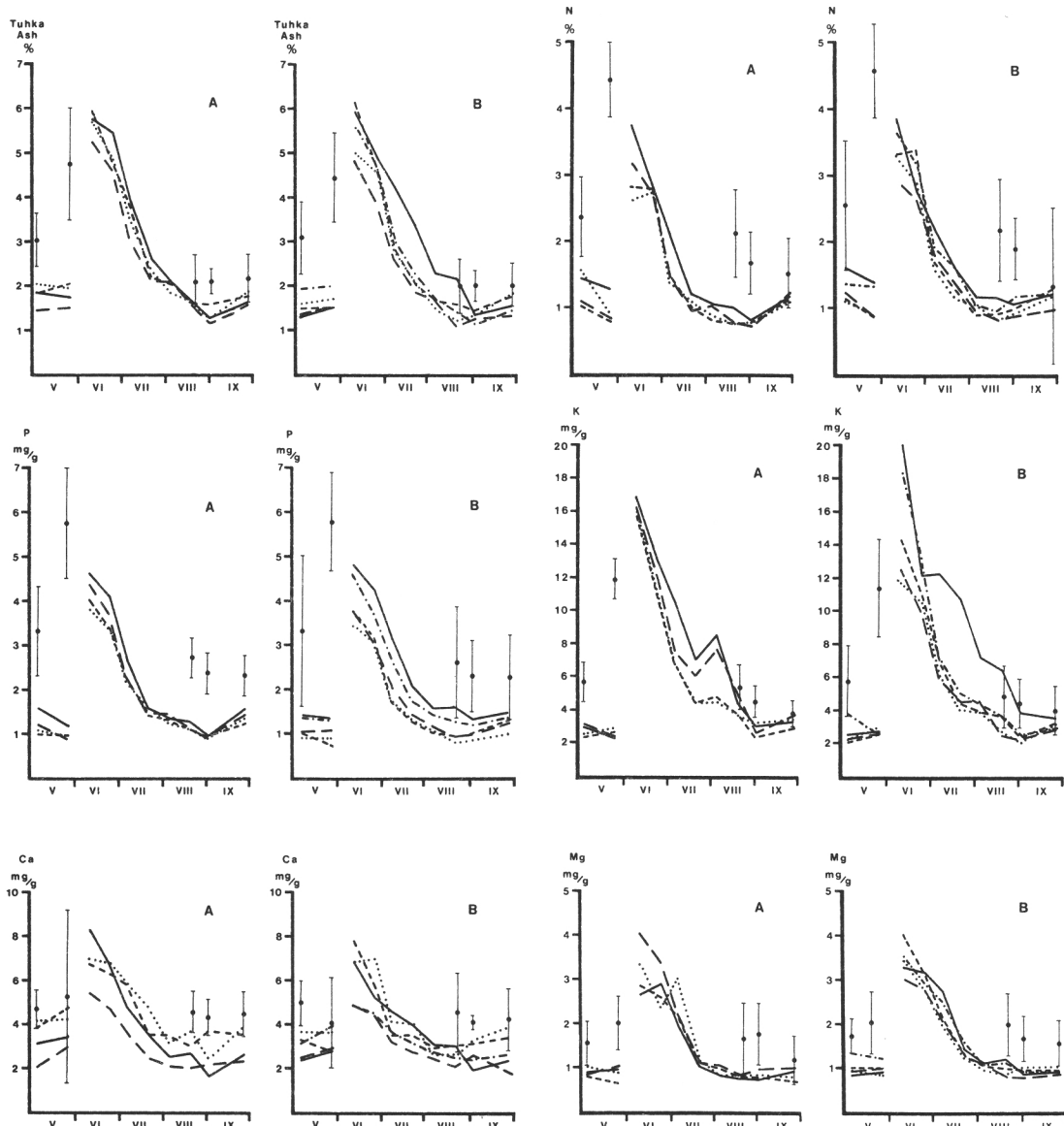
31. Yleistä oksien ravinnepitoisuuksista

Oksien ravinnepitoisuuksien dynamiikka oli pääpiirteissään samantapainen kaikkien ravinteiden osalta. Ravinnepitoisuudet olivat korkeita alkukesällä, paljon korkeampia kuin toukokuussa mitattujen edellisen kasvukauden oksien pitoisuudet. Oksien kasvun sekä puutumisen kanssa yhtäaikaaisesti tapahtui ravinnepitoisuuksien alenemista, mikä tasaantui loppukesällä. Lehtien kellastumisvaiheeseen ajoittui useimpien ravinteiden pitoisuuksien lievää nousua (kuva 2). Oksien magnesium-, mangaani- ja rautapitoisuudet eivät lehtien kellastuessa kuitenkaan nousseet ja oksien kuparipitoisuus jopa aleni.

32. Oksien tuhkapitoisuus ja pääravinnepitoisuudet

Oksien tuhkapitoisuuden vaihteluväli kasvukauden aikana oli 1...6 % (kuva 2). Eri metsiköissä tuhkapitoisuus vaihteli hyvin samansuuntaisesti. Ainoastaan näytteenoton ajankohdalla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä vaikutus tuhkapitoisuuteen ($p = 0,000$). Kasvukauden lopulla oksien tuhkapitoisuus oli samalla tasolla kuin edellisenä vuotena syntyneiden oksien tuhkapitoisuus toukokuussa ennen kasvukauden alkua.

Oksien typpipitoisuus vaihteli 1...4 %:n välillä (kuva 2). Metsiköiden välillä ei ollut eroja oksien typpipitoisuuden suhteen, vain



Kuva 2. Hieskoivun oksien (viivat) ja keskimääräiset silmujen (●) ravinnepitoisuudet kasvukauden aikana kivennäismaalla (A) ja turvemaalla (B).

Metsiköt: — = 1-vuotias, - - - = 3-vuotias, ····· = 15-vuotias, ······ = 40-vuotias ja - · - · - = kasvuhäiriöinen metsikkö. ([-]) = 2 × keskihajonta.

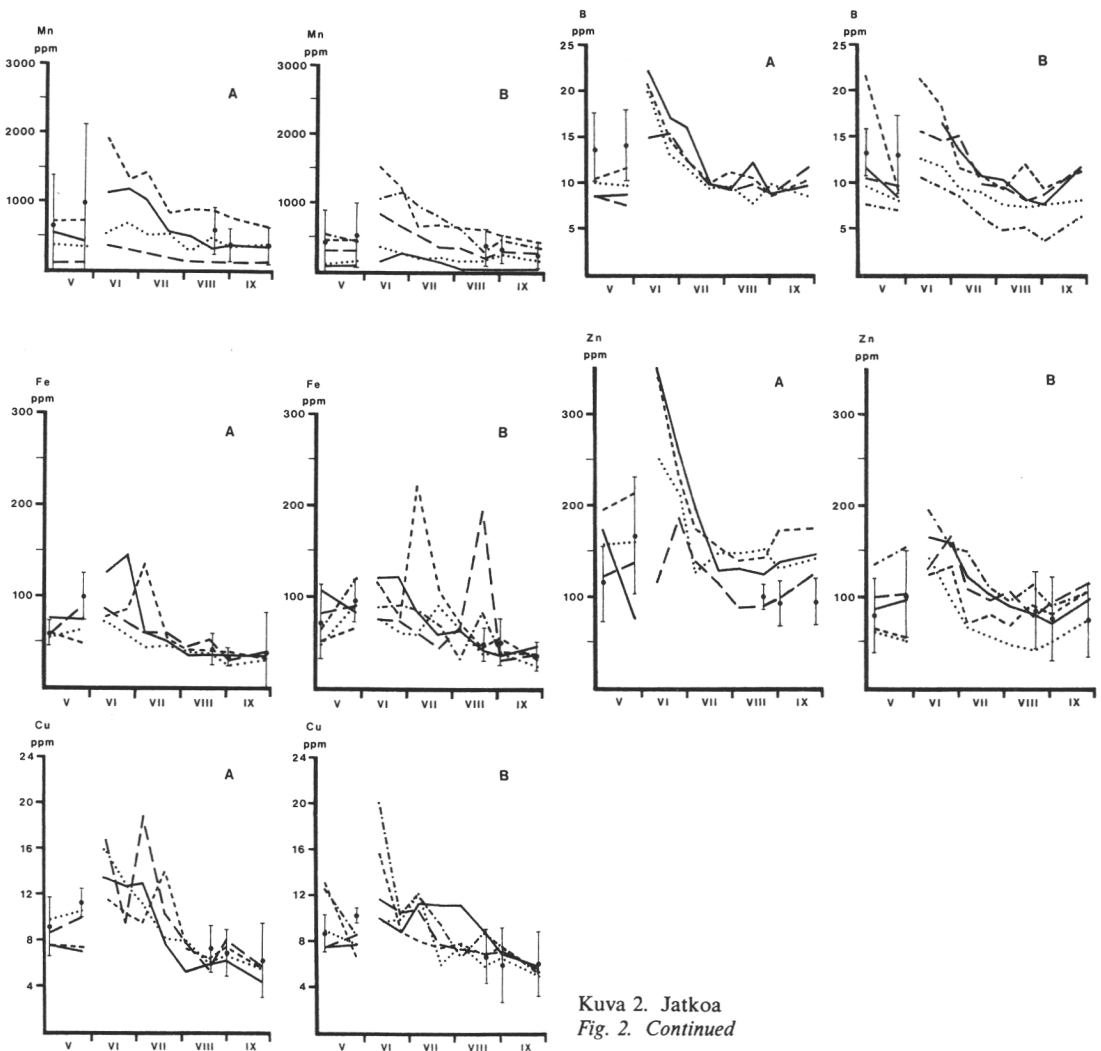
Fig. 2. Nutrient levels in twigs (lines) and buds (● = means) of *B. pubescens* during the growing season on mineral soil (A) and on peatland (B).

Stands: — = 1-year-old, - - - = 3-year-old, ····· = 15-year-old, ······ = 40-year-old and - · - · - = growth disturbance. ([-]) = 2 × standard deviation.

näytteenoton ajankohdan vaikutus oli erittäin merkitsevä ($p = 0,000$).

Oksien fosforipitoisuuden vaihteluväli oli 1...5 mg/g (kuva 2). Ajankohdan lisäksi metsiköiden iällä oli vaikutusta fosforipitoisu-

den vaihteluun ($p < 0,05$), mikä johtui erityisesti siitä, että turvemaan yksivuotiaiden vesojen fosforipitoisuus oli koko kasvukauden ajan muiden metsiköiden oksien fosforipitoisuutta suurempi.



Kuva 2. Jatkoa
Fig. 2. Continued

Oksien kaliumpitoisuuden vaihteluväli (2...20 mg/g) oli kasvukauden aikana suuri — suurempi kuin muilla ravinteilla (kuva 2). Kaliumpitoisuus oli kesäkuun alussa 6...10-kertainen syyskuussa mitattuihin pitoisuuksiin verrattuna. Metsikön ikä ja kasvualusta eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi oksien kaliumpitoisuuksiin, joskin yksivuotiaiden vesojen oksien pitoisuus, etenkin turvemaalla oli korkeampi kuin vanhemmissa puissa. Kivennäismaalla kaliumpitoisuus nousi hetkellisesti elokuun alussa.

Oksien kalsiumpitoisuus vaihteli koko ai-neistossa 2...8 mg/g (kuva 2). Ajankohdan lisäksi metsiköiden ikä vaikutti tilastollisesti merkitsevästi oksien kalsiumpitoisuuteen ($p < 0,01$). Erityisesti kivennäismaan kahden vanhimman metsikön oksien kalsiumpitoisuus asettui kasvukauden alun jälkeen korkeammalle tasolle kuin nuorempien metsiköiden.

Oksien magnesiumpitoisuuden kasvukauden aikainen vaihtelu oli samansuuntainen kuin kalsiumin (kuva 2). Vaihteluväli oli

0,7...4,0 mg/g. Pitoisuudet olivat varsinkin heinä—syyskuussa silmiinpistävän yhtenäisiä eri-ikäisissä metsiköissä eri kasvualustoilla.

33. Oksien hivenravinnepitoisuudet

Kaikkien analysoitujen hivenravinteiden pitoisuuksiin oksissa, kuten pääravinteidenkin pitoisuuksiin, vaikutti näytteenoton ajankohta tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p = 0,000$) (ks. myös kuva 2). Oksien mangaanipitoisuuden vaihtelua selitti lisäksi metsikön ikä ($p < 0,001$), sinkin vaihtelua kasvualusta ($p = 0,000$) ja raudan vaihtelua ajankohdan ja iän yhdysvaikutus ($p < 0,05$).

Oksien booripitoisuus oli kasvuhäiriöisesä metsikössä koko kesän alle 10 ppm; jokaisella näytteenotokerralla alempi kuin muissa metsiköissä.

34. Silmujen ravinnepitoisuudet

Pääravinnepitoisuudet olivat yleensä korkeampia silmuissa kuin oksissa (kuva 2). Sensijaan mangaanin kuten myös raudan, sinkin ja kuparin pitoisuudet olivat silmuissa samansuuruisia tai alhaisempia kuin oksissa. Tuhkapitoisuus sekä typen, fosforin ja kaliumin pitoisuudet nousivat silmuissa toukokuun lopussa ennen lehtien puhkeamista kaksinkertaisiksi toukokuun alun tasosta. Muilla ravinteilla ei tapahtunut vastaavaa voimakasta nousua.

Hieskoivun silmujen tuhka- ja pääravinnepitoisuudet erosivat eri-ikäisten metsiköiden välillä toukokuussa huomattavasti enemmän kuin kasvukauden lopulla. Erot johtunevat paljolti siitä, että puiden silmujen puhkeaminen toukokuun lopulla tapahtui hie- man eri aikoina.

4. LEHTIEN RAVINNEPITOISUUS

41. Tuhka

Hieskoivun lehtien tuhkapitoisuus oli alhaisimmillaan heinä—elokuussa ja korkeimmillaan sekä kasvukauden alussa että lopussa (kuva 3). Vaihteluväli oli 1...6 %. Vaihtelu oli eri metsiköissä samansuuntaista, vaikka metsiköiden ikä ja kasvualusta vaikuttivatkin tilastollisesti vähintään merkitsevästi lehtien tuhkapitoisuuden vaihteluun. Yksivuotiaiden vesakoiden lehtien tuhkapitoisuus ei laskenut alle 4 % missään kasvukauden vaiheessa. Kasvun kannalta vakiintuneena aikana, elokuussa, oli lehtien tuhkapitoisuus kaikissa metsiköissä keskimäärin 4 % (taulukko 3).

42. Typpi

Lehtien alkukehityksen ja nopeimman kasvun aikana lehtien typpipitoisuus oli korkea, keskimäärin 4 % (kuva 3). Tämän jälkeen lehtien typpipitoisuus laski jyrkästi ol- len heinä—elokuun ajan melko tasainen. Lehtien kellastuessa typpipitoisuus aleni. Koko kasvukauden ajan oli turvemaiden

koivikoissa typpitaso korkeampi kuin kivennäismaiden puustoissa ($p < 0,05$). Lehtien typpipitoisuus oli elokuussa kivennäismaan metsiköissä keskimäärin 2,2 % ja turvemaan metsiköissä 2,7 % (taulukko 3). Merkille pantavaa on, että eri-ikäisten hieskoivukoiden lehtien typpipitoisuus ei eronnut toisistaan juuri lainkaan.

43. Fosfori

Kasvukauden alussa lehtien fosforipitoisuus oli korkea (3,5...5,0 mg/g), mutta laski jyrkästi heinäkuuhun mennessä (kuva 3). Turvemaalla lehtien fosforipitoisuus joko aleni melko tasaisesti koko kasvukauden ajan tai vasta kasvukauden lopulla. Sensijaan kivennäismaan kaikissa metsiköissä lehtien fosforipitoisuus oli alimmillaan heinäkuun puolivälissä, ja kohosi sen jälkeen. Lehtien kellastuessa pitoisuudet yleensä alenivat myös kivennäismaalla, eniten vanhimmassa koivikossa. Lehtien fosforipitoisuuden selvää nousua kasvukauden puolivälissä ei koivulla ole aiemmin havaittu. Esimerkiksi Hoylen

(1965) mukaan *Betula alleghaniensis* -lajilla ja Tammin (1951 a) mukaan rauduskoivulla fosforipitoisuus laski koko kasvukauden ajan. Nyt saatuun tulokseen ovat voineet vaikuttaa erilainen vesi- ja ravinnetilanne maassa, uusista vuosikasvaimista otetut lehtinäytteet sekä kesän 1982 sääolot. Vähäisiläkin sateilla kuivan kesän jälkeen (kuva 1) on saattanut olla vaikutusta fosforin liikkuvuuteen. Toisaalta fosfori saattaa käyttäytyä erilailla kivennäismaalla ja turvemaalla. Koska kyseessä on vain yhden kasvukauden havainnot, sattuman mahdollisuus on myös otettava huomioon.

Lehtien fosforipitoisuus oli varsinkin kasvukauden lopulla kivennäismaalla selvästi suurempi kuin turvemaalla ($p < 0,001$), jossa kuitenkin eri-ikäisten metsiköiden fosforipitoisuudet vaihtelivat suuresti. Turvemaan yksivuotiaiden vesakoivujen lehtien fosforipitoisuus oli kirjallisuudessa esitettyjä optimiarvoja korkeampi (esim. Miller 1983) koko kasvukauden ajan. Sensijaan turvemaan vanhimmissa metsiköissä lehtien fosforipitoisuus laski syyskuussa alle kolmanneksen siitä, mitä se oli kesäkuussa. Jo heinäkuussa lehtien fosforipitoisuus oli alle oletetun puuterajan (2 mg/g) (Miller 1983). Vertailuksi mainittakoon Mälkösen ja Saarsalmen (1982) 20- ja 40-vuotiaasta OMT-hieskoivikosta elokuussa mittaamat lehtien fosforipitoisuudet, jotka olivat 2,6 mg/g ja 1,3 mg/g. Tässä tutkimuksessa lehtien fosforipitoisuus oli elokuussa kivennäismaalla keskimäärin 2,7 mg/g ja turvemaalla 2,0 mg/g (taulukko 3).

44. Kalium

Lehtien kaliumpitoisuuden kuvaaja oli kasvukauden aikana kaikissa metsiköissä kaksihuippuinen (kuva 3) samaan tapaan kuin oksissa (kuva 2). Kasvukauden alussa kaliumpitoisuus oli yleensä korkeimmillaan. Sen jälkeen se aleni heinäkuussa ja nousi elokuussa laskeakseen jälleen lehtien kellastumisvaiheessa (kuva 3). Pitoisuuden vaihteluväli oli 2...14 mg/g. Yllättävää oli, että lehtien kaliumpitoisuuteen ei vaikuttanut kasvualustan laatu eli kivennäismaalla ja turvemaalla pitoisuudet olivat samalla tasolla. Sensijaan metsiköiden ikä vaikutti pitoisuuksiin ($p < 0,01$): etenkin turvemaan yksivuotiaassa vesakossa oli muita korkeampi ka-

liumpitoisuus. Lehtien kaliumpitoisuus oli elokuussa kivennäismaalla keskimäärin 9,6 mg/g ja turvemaalla 8,8 mg/g (taulukko 3).

45. Kalsium ja magnesium

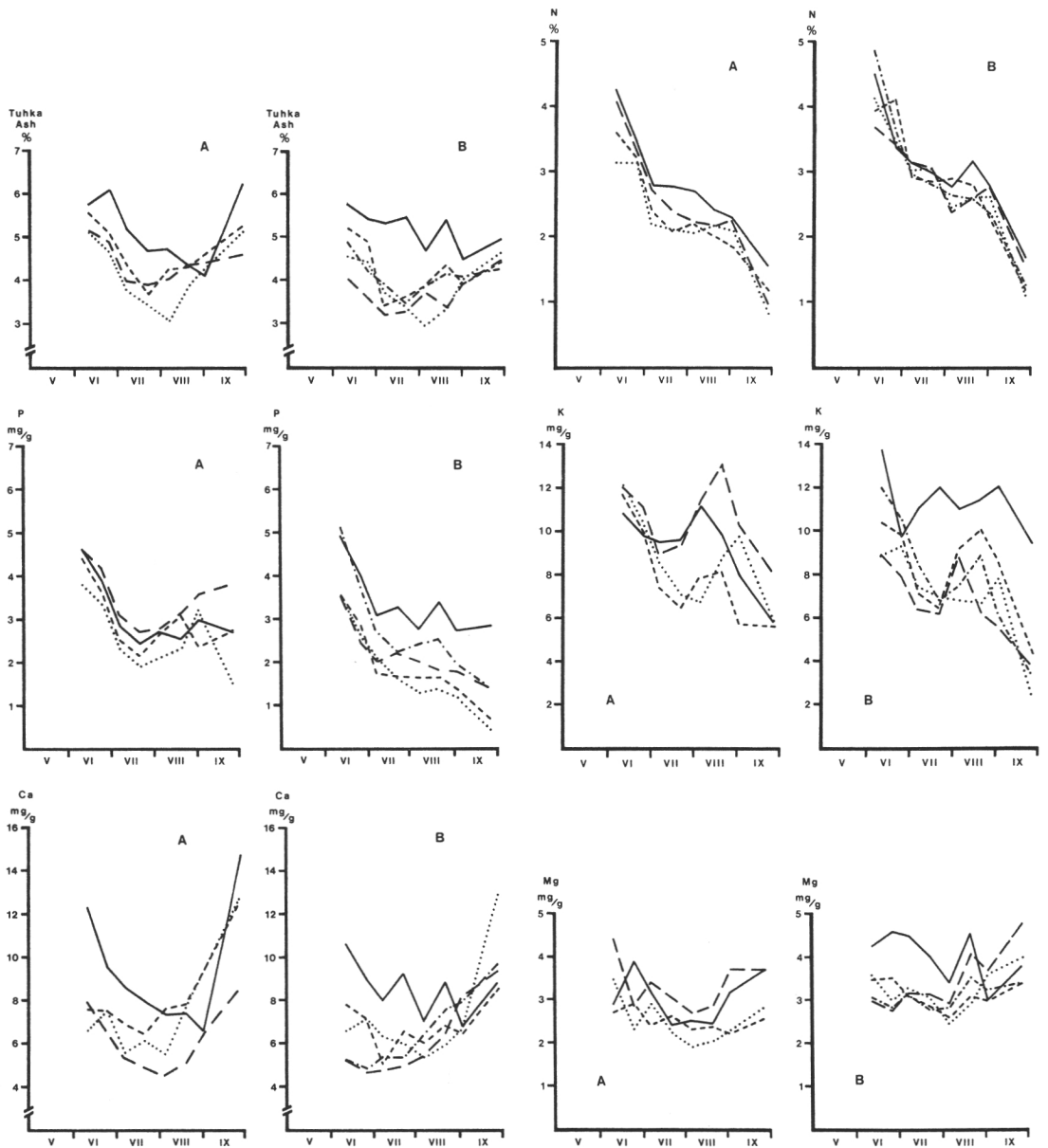
Alkukesällä lehtien kalsiumpitoisuus aleni, minkä jälkeen pitoisuudet nousivat, turvemaan metsiköissä nopeammin kuin kivennäismaan (kuva 3). Kasvualustan laatu ei vaikuttanut lehtien kalsiumpitoisuuteen. Metsikön iän vaikutus oli merkitsevä ($p < 0,01$). Yksivuotiaissa vesakoissa kalsiumpitoisuus laski aina syyskuulle asti ja nousi — kivennäismaalla erittäin jyrkästi — vasta ennen lehtien putoamista. Elokuussa lehtien kalsiumpitoisuus oli kivennäis- ja turvemaalla keskimäärin 6,5 mg/g (taulukko 3).

Magnesiumpitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu oli samantapaista kuin kalsiumin, joskaan kasvukauden alku- ja loppupuolella vaihtelu ei ollut yhtä voimakasta. Vaihteluväli oli myös pienempi (1,8...4,5 mg/g). Metsiköiden ikä vaikutti lehtien magnesiumpitoisuuteen ($p < 0,01$) siten, että nuorissa metsiköissä oli yleensä korkeampi pitoisuus. Toisaalta taas turvemaan hieskoivujen lehdistä oli korkeampi magnesiumpitoisuus kuin kivennäismaalla ($p < 0,001$). Elokuun keskimääräiset pitoisuudet olivat kivennäismaalla 2,3 mg/g ja turvemaalla 3,2 mg/g (taulukko 3).

46. Hivenravinteet

Mangaani. Lehtien mangaanipitoisuus oli vanhimmissa kivennäis- ja turvemaan metsiköissä selvästi alemmalla tasolla kuin nuoris- ja metsiköissä (kuva 3). Metsiköiden välinen vaihtelu mangaanin suhteen oli suurempi kuin muilla ravinteilla: variaatiokertoimet olivat noin 70 %. Vaihtelun syynä lienee kasvupaikoilla vallitseva erilainen happamuus-, vesi- ja happitilanne, mikä ilmeni myös maaperässä olevan vaihtuvan mangaanin määrässä (taulukko 2). Niillä kasvupaikoilla, joissa mangaania oli maaperässä runsaasti, sitä oli runsaasti myös puiden lehdistä.

Lehtien mangaanipitoisuuden vaihteluun vaikutti ajankohdan lisäksi metsikön ikä ($p = 0,000$), kasvualusta ($p < 0,001$) sekä iän ja



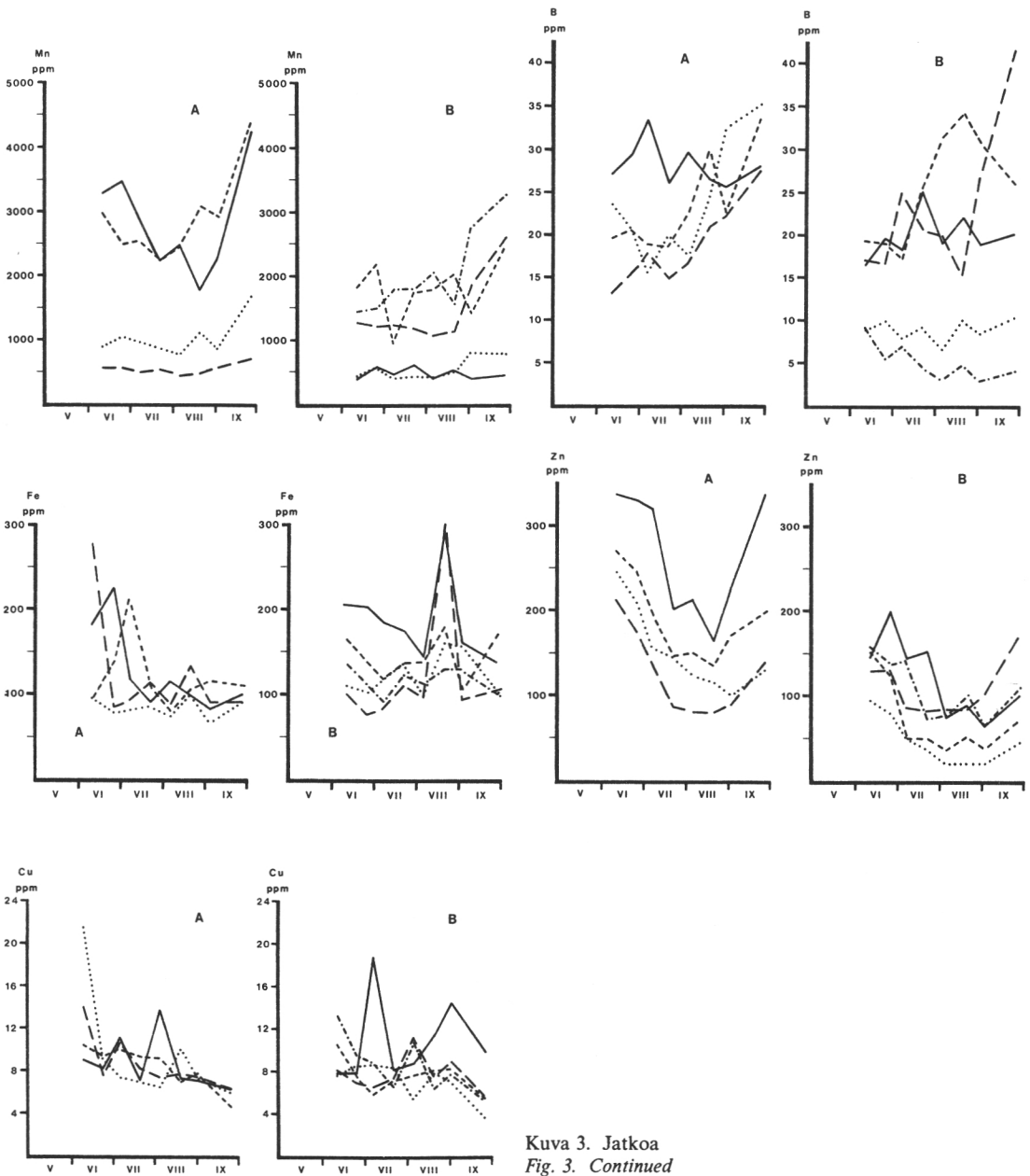
Kuva 3. Hieskoivun lehtien ravinnepitoisuudet kasvukauden aikana kivennäismaalla (A) ja turvemaalla (B). Met-siköt, ks. kuva 2.

Fig. 3. Foliar nutrient levels of *B. pubescens* during the growing season on mineral soil (A) and on peatland (B). Stands, see Fig. 2.

kasvualustan yhdysvaikutus ($p = 0,000$). Yhdysvaikutuksen aiheuttivat lähinnä kolmevuotiaat metsiköt.

Lehtien mangaanipitoisuus ei laskenut alle 300 ppm:n missään kasvukauden vaiheessa yhdessäkään tutkitussa metsikössä (kuva 3).

Mangaania näytti kasvukauden lopulla kerääntyvän lehtiin kaikilla kasvupaikoilla. Kasvukauden lopulla mitattiin myös suurimmat pitoisuudet, jotka kivennäismaan korkean mangaanitason metsiköissä olivat keskimäärin 4300 ppm ja turvemaan vastaa-



Kuva 3. Jatkoa
Fig. 3. Continued

vissa metsiköissä keskimäärin 2800 ppm. Mainittakoon, että korkean mangaanitason metsiköissä ei havaittu mangaanimyrkytykseen viittaavia oireita (vrt. Raitio 1982). Elokuussa kivennäismaiden metsiköissä lehtien mangaanipitoisuus oli keskimäärin 1567 ppm ja turvemaiden metsiköissä vastaavasti 979 ppm (taulukko 3).

Boori. Kivennäismaalla lehtien booripitoisuus pysyi koko kasvukauden ajan lehtipuille ja koivulle esitettyjen kriittisten arvojen (5...15 ppm) yläpuolella (Miller 1983, Braecke 1983) (kuva 3). Yksivuotista vesakkoa lukuunottamatta booria näytti kasaantuvan lehtiin kasvukauden loppua kohti. Kasvukauden lopulla kivennäismaiden hieskoivi-

Taulukko 3. Hieskoivun lehtien tuhka- ja ravinnepitoisuudet elokuussa metsikön iän (a) ja kasvualustan (b) mukaan. (Kasvuhäiriöinen metsikkö ei ole mukana).
 Table 3. Foliar nutrient and ash levels according to stand age (a) and site (b) in *Betula pubescens* stands in August. (Growth disturbance stand is excluded).

	Tuhka	N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Fe	Zn	Cu
	ash										
	%				mg/g				ppm		
a) Ikä — Age, a											
1	4,78	2,76	2,85	10,85	7,60	3,22	1292	25	162	136	11
3	3,86	2,34	2,45	9,87	5,33	3,13	767	19	154	83	9
15	4,18	2,46	2,26	8,80	7,05	2,58	2330	30	125	94	8
40	3,30	2,33	1,78	7,25	6,09	2,32	704	15	107	70	8
Keskim. Mean	4,03	2,47	2,34	9,19	6,52	2,81	1273	22	137	96	9
b) Kasvualusta — Site											
Kivennäismaa — Mineral soil	4,11	2,24	2,67	9,61	6,61	2,39	1567	24	98	133	9
Turvema — Peatland	3,96	2,70	1,99	8,78	6,43	3,24	979	20	175	58	9

koiden booripitoisuus oli optimiarvoissa (25...30 ppm) (Miller 1983, Braecke 1983).

Turvemaalla lehtien booripitoisuuksissa oli selvästi kaksi eri pitoisuustasoa (kuva 3), joiden kasvukautinen vaihtelukin poikkesi toisistaan. Korkeammalla tasolla pitoisuudet olivat koko kasvukauden yli 15 ppm suurin vaihteluihin. Alhaisimman tason metsiköissä — 40-vuotiaassa ja kasvuhäiriöisessä metsikössä — lehtien booripitoisuus oli koko kasvukauden alle 10 ppm melko pienin vaihteluihin.

Lehtien booripitoisuudessa oli eroja metsikön iän ja kasvualustan suhteen tilastollisesti merkitsevästi. Iän ja kasvualustan yhdysvaikutus oli erittäin merkitsevä, samoin iän ja näytteenoton ajankohdan yhdysvaikutus. Iän ja kasvualustan yhdysvaikutus oli monisäikeinen. Turvemaan 1- ja 40-vuotiaissa metsiköissä oli puiden lehdissä vähemmän booria kuin vastaavissa kivennäismaan metsiköissä. Tilanne oli päinvastainen 3- ja 15-vuotiaissa metsiköissä.

Kasvuhäiriöisessä metsikössä lehtien booripitoisuuden kehityssuunta oli laskeva koko kasvukauden ajan ja alhaisimmat mitatut pitoisuudet olivat elokuun alussa 3,1 ppm ja syyskuun alussa 2,9 ppm, jotka ovat alhaisimpia booripitoisuuksia, mitä koivulle on julkaistu (ks. Braecke 1979). Merkille pantavaa on lisäksi, että kasvuhäiriöisessä koivossa oksien booripitoisuus oli koko kasvu-

kauden ajan ja erityisesti sen loppupuolella korkeampi kuin lehdissä, mikä oli päinvastaista kuin muissa metsiköissä.

Rauta. Vaikka rautaa ei tutkimusmetsiköiden maassa ollut erityisen runsaasti (taulukko 2), oli lehtien rautapitoisuus melko korkea koko kasvukauden ajan (kuva 3). Eri metsiköissä lehtien rautapitoisuus vaihteli epäsäännöllisesti ja äkillisesti. Vaihtelu pieneni kivennäismaan metsiköissä elokuussa ja turvemaalla vasta syyskuussa. Turvemaan 1- ja 3-vuotiaassa vesakossa äkillinen rautapitoisuuden nousu elokuun puolivälin jälkeen tapahtui yhtäaikaaisesti mm. äkillisen fosforipitoisuuden nousun kanssa. Näytteenoton ajankohdalla ei ollut vaikutusta lehtien rautapitoisuuteen. Turvemaalla lehtien rautapitoisuus oli korkeampi kuin kivennäismaalla (taulukko 3).

Sinkki. Hieskoivun lehtien sinkkipitoisuus erosi kasvualustojen välillä huomattavasti. Elokussa lehtien sinkkipitoisuus oli kivennäismaalla keskimäärin 130 % suurempi kuin turvemaalla (taulukko 3). Turpeen sinkkipitoisuus oli kovin alhainen (< 2 mg/l), mikä mahdollisesti vaikutti sinkin määrään puustossa. Lehtien sinkkipitoisuus ei kuitenkaan ollut turvemaallakaan alle esitettyjen puuteraojen (Kolari 1979). Sinkkipitoisuus oli alhaisimmillaan elokuussa (kuva 3), jolloin sink-

kiä oli kivennäismaan koivun lehdissä keskimäärin 133 pmm ja turvemaan koivuissa 58 pmm. Kasvukauden lopussa tapahtui selvää sinkin kerääntymistä lehtiin.

Näytteenoton ajankohta, metsikön ikä ja kasvualustan laatu vaikuttivat hieskoivun lehtien sinkkipitoisuuteen tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Myös metsikön iän ja kasvualustan välinen yhdysvaikutus oli erittäin merkitsevä ($p < 0,001$). Yhdysvaikutuksen aiheuttivat lähinnä kolmevuotiaat metsiköt. Kun erotteluanalyysillä yritettiin jakaa eri ravinteiden pitoisuuksien avulla (oksat ja

lehdet yhdistettynä) kivennäismaa ja turvemaan omiksi osajoukoikseen, oli kesäkuun sinkkipitoisuus selvästi paras selittäjä ($F = 50,0$).

Kupari. Eri metsiköiden lehtien kuparipitoisuus vaihteli jonkin verran epäsäännöllisesti (kuva 3), joskin lievä laskusuunta kasvukauden aikana oli havaittavissa. Lehtien kuparipitoisuudet olivat samanlaisia niin kivennäis- kuin turvemaalla. Elokuussa lehtien kuparipitoisuus oli keskimäärin 9 ppm (taulukko 3).

5. LEHTIEN JA OKSIEN RAVINNEPITOISUUKSIEN VERTAILU

Kasvukauden alussa vain typen, kalsiumin, magnesiumin ja eräissä metsiköissä mangaanin sekä boorin pitoisuudet olivat lehdissä suurempia kuin oksissa. Mutta ns. vakiintuneena aikana, elokuussa, lehtien pitoisuudet olivat kaikkien muiden ravinteiden, paitsi sinkin osalta suuremmat kuin vastaavat pitoisuudet oksissa. Jos tarkastellaan koko kasvukautta, eri ravinteiden pitoisuudet sinkkiä ja kuparia lukuunottamatta erosivat lehdissä oksien vastaavista tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$).

Versonosan (= oksat, lehdet) ja metsikön iän välinen yhdysvaikutus saatiin kalsiumille ($p < 0,05$), magnesiumille ($p < 0,05$), mangaanille ($p < 0,001$), boorille ($p < 0,05$) ja sinkille ($p < 0,001$). Yhdysvaikutukset johtuivat siitä, että po. ravinteiden vaihtelu oli oksissa pienempää kuin lehdissä.

Niillä ravinteilla, joilla oli versonosan ja kasvualustan (= kivennäismaa, turvemaan) välinen yhdysvaikutus, nämä yhdysvaikutuk-

set olivat samansuuntaisia kuin versonosan ja iän yhdysvaikutukset. Kasvualusta vaikutti enemmän lehtien ravinnepitoisuuksiin kuin oksien ravinnepitoisuuksiin. Versonosan ja kasvualustan yhdysvaikutus oli merkitsevä esimerkiksi fosforille ($p < 0,01$) ja mangaanille ($p < 0,001$).

Versonosan ja ajankohdan välinen yhdysvaikutus oli erittäin merkitsevä kaikilla muilla ravinteilla, paitsi raudalla ja sinkillä, joilla tätä yhdysvaikutusta ei ollut lainkaan. Useiden ravinteiden pitoisuudet oksissa vaihtelivat kasvukauden kulun mukaan enemmän kuin pitoisuudet lehdissä, mikä johtui siitä, että kasvukauden alun ja lopun pitoisuusero oli oksissa suurempi kuin lehdissä. Sensijaan lehdissä oli koko kasvukauden ajan enemmän ko. ravinnetta ja varsinkin syksyllä pitoisuuserot oksiin nähden olivat huomattavia. Kalium ja kupari olivat sikäli poikkeuksellisia, että niiden pitoisuus oli alkukesällä oksissa suurempi kuin lehdissä.

6. LEHTIEN JA OKSIEN RAVINNESUHTEET

Lehtien N/P-, N/K- ja K/P-suhteet näyttäsivät kivennäismaan metsiköissä pienenevän lähestyttäessä kasvukauden loppua (kuva 4). Sensijaan turvemaalla ei näin selvää laskeutumaa ollut, vaan esimerkiksi vanhimmassa turvemaan metsikössä lehtien sekä N/P- että K/P-suhteet nousivat koko kasvukauden ajan. Näyttää siltä, että fosfori oli tyyppien ja kaliumin suhteen minimitekijänä tässä vanhimmassa (40-vuotiaassa) turvemaan metsikössä. Ilmeisesti tilanne oli sama myös turvemaan 15-vuotiaassa metsikössä. N/P-suhde oli yli 16 lähes koko kasvukauden ajan näissä vanhimmissa metsiköissä ja korkein arvo oli yli 24. K/P-suhde taas nousi kolmesta yli kuuteen.

Oksien N/P-, N/K- ja K/P-suhteissa ei ollut niin selviä eroja metsikön iän tai kasvualustan laadun suhteen kuin lehdistä voitiin havaita. Oksien N/P-suhteen kehitys kasvukauden aikana oli samantapainen eri metsi-

köissä (kuva 4), joskin esimerkiksi kivennäis- ja turvemaalla erosivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p = 0,000$) toisistaan. Samoin oli tilanne N/K-suhteella. Sensijaan oksien K/P-suhteen kehityksessä ei ollut eroja eri metsiköiden välillä.

Oksien Ca/B-suhde oli kaikissa metsiköissä hyvin vakaa koko kasvukauden ajan — keskimäärin 340 (kuva 5). Kivennäismaan puiden lehdistäkään ei tämä ravinnesuhde vaihdellut paljon. Sensijaan turvemaan kasvuhäiriöisessä metsikössä lehtien Ca/B-suhde suureni koko kasvukauden ajan ja oli korkeimmillaan lähes kymmenkertainen muihin metsiköihin verrattuna. Myös lehtien N/B- ja P/B-suhde oli kasvuhäiriöisessä metsikössä huomattavan korkea verrattuna muihin metsiköihin (kuva 6), joskin näiden ravinnesuhteiden kasvukautinen vaihtelu oli epä-säännöllisempää eikä nousujohteista, kuten Ca/B-suhteen.

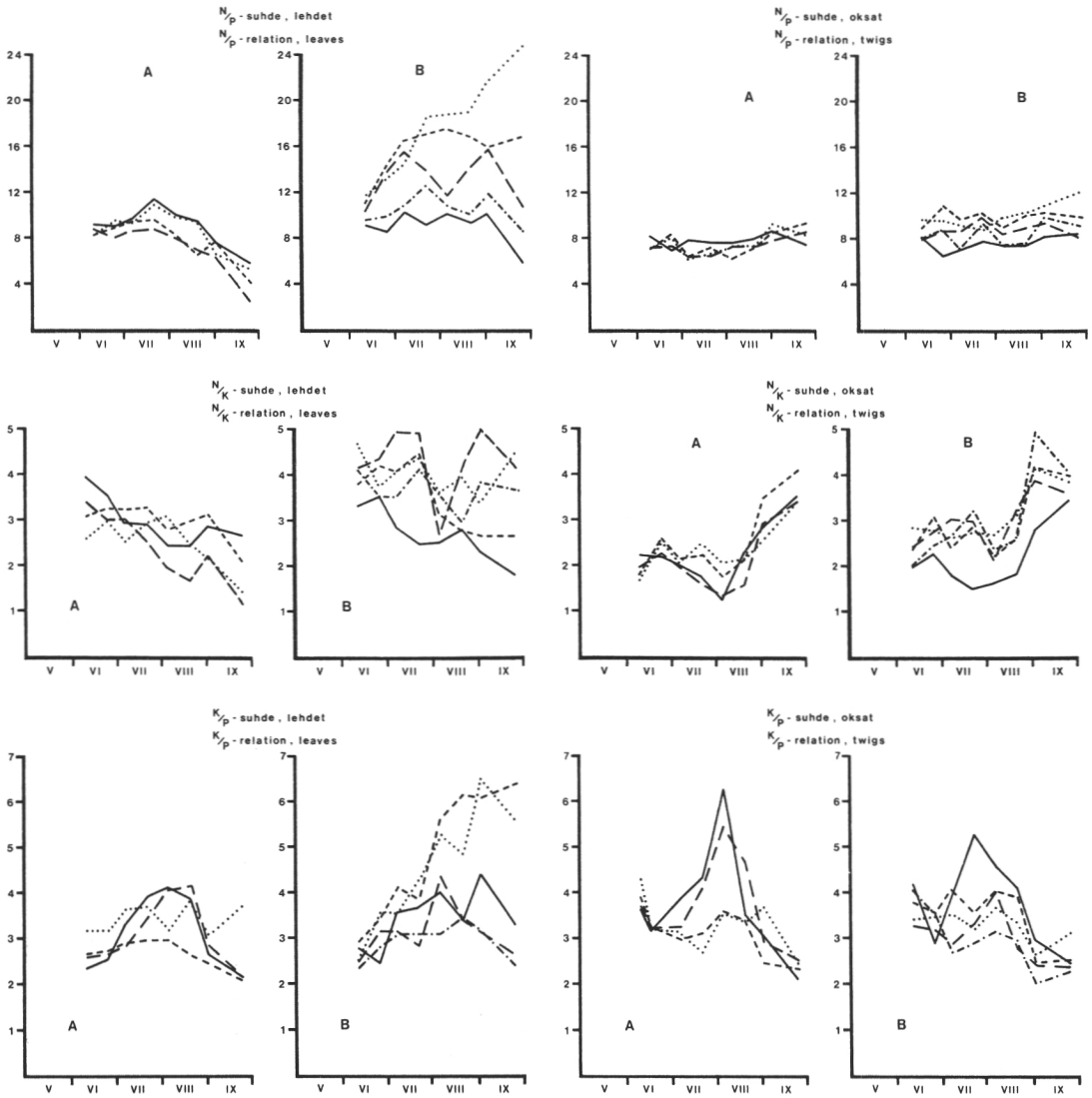
7. LEHDEN KOON KEHITYS SEKÄ RAVINTEIDEN SIIRTYMINEN

Kun tarkastellaan kuvissa 7 ja 8 esitettyjä hieskoivun lehtien kokotunnusten muutoksia kasvukauden puolivälistä lähtien, havaitaan, että ainoastaan turvemaan yksivuotiaiden vesojen lehdet olivat muita suurempia. Viimeisellä mittauskerralla tuo ero oli kuitenkin jo hävinnyt.

Täysikokoisen lehden keskimääräinen kuivamassa ja sen keveneminen elo—syyskuun aikana oli samankaltaista kuin Viron (1955) tutkimuksen koivuilla. Mahdollista on kuitenkin, ettei otantapopulaatio (lehdet oksissa) esimerkiksi syyskuussa enää ollut kummassakaan tutkimuksessa sama kuin elokuussa. Osa vanhimmissa ja mahdollisesti suurimmista lehdistä oli saattanut jo pudota,

mihin viittaa kuvassa 8 esitetty yksittäisen lehden pinta-alan kehitys eri metsiköissä. Myös koivun lehtien monimuotoisuudella saattaa olla vaikutusta tässä yhteydessä (ks. Jentys-Szaferowa 1937, Kozłowski ja Clausen 1966). Lisäksi lehtien kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella melko paljon: enemmän puiden kuin yksittäisen puun oksien välillä (Ellis 1975).

Kivennäismaan 40-vuotiaassa metsikössä ja kasvuhäiriöisessä metsikössä oli lehdistä syyskuun lopussa jo noin 90 % kellastuneita, kun muiden metsiköiden lehdistä tuo osuus oli noin 50 %. Kaikissa metsiköissä osa puiden lehdistä oli tuolloin pudonnut jo maahan.

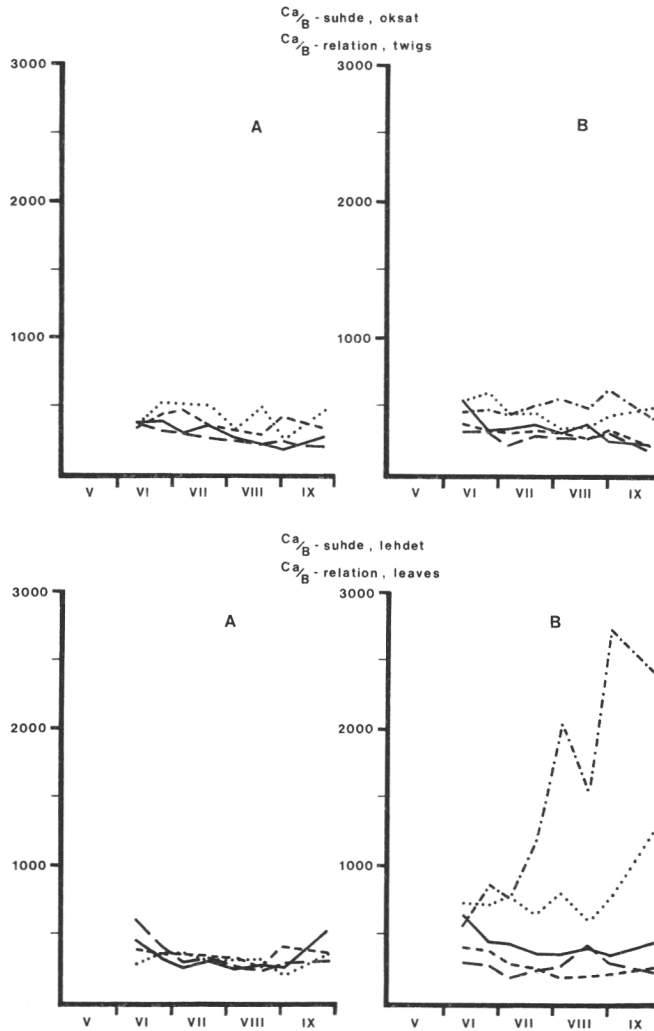


Kuva 4. Hieskoivun oksien ja lehtien N/P-, N/K- ja K/P-suhde kasvukauden aikana kivennäismaalla (A) ja turve-
maalla (B). Metsiköt, ks. kuva 2.

Fig. 4. N/P-, N/K- ja K/P-ratio in twigs and leaves of *B. pubescens* during growing season on mineral soil (A) and on
peatland (B). Stands, see Fig. 2.

Pääravinteiden syyskesäistä siirtymistä lehdistä puun muihin osiin tarkasteltiin vertaamalla ravinteiden elokuun maksimimäärää siihen ravinnemäärään, mikä kellastuvissa lehdissä oli syyskuun lopussa. Erotus tulkittiin siirtymäksi, joskin osa ravinteesta on voinut tarkasteluhetkien välillä huuhtoutua lehdistä. Kuitenkin esimerkiksi typen ja fosforin huuhtoutumisen on todettu erällä ha-

vumetsävyöhykkeen lajeilla (mm. *Betula papyrifera*) erittäin vähäiseksi — korkeintaan 0,15 % kokonaismäärästä (Chapin ja Kedrowski 1983). Suurimman ongelman aiheuttaa eri otantakertojen vertailtavuus. Lehtien fenologinen kehitysaste vaikuttaa ravinteiden määrään ja kulkeutumiseen: joidenkin ravinteiden pitoisuus on suurempi vanhoissa kuin nuorissa lehdissä tai päinvas-



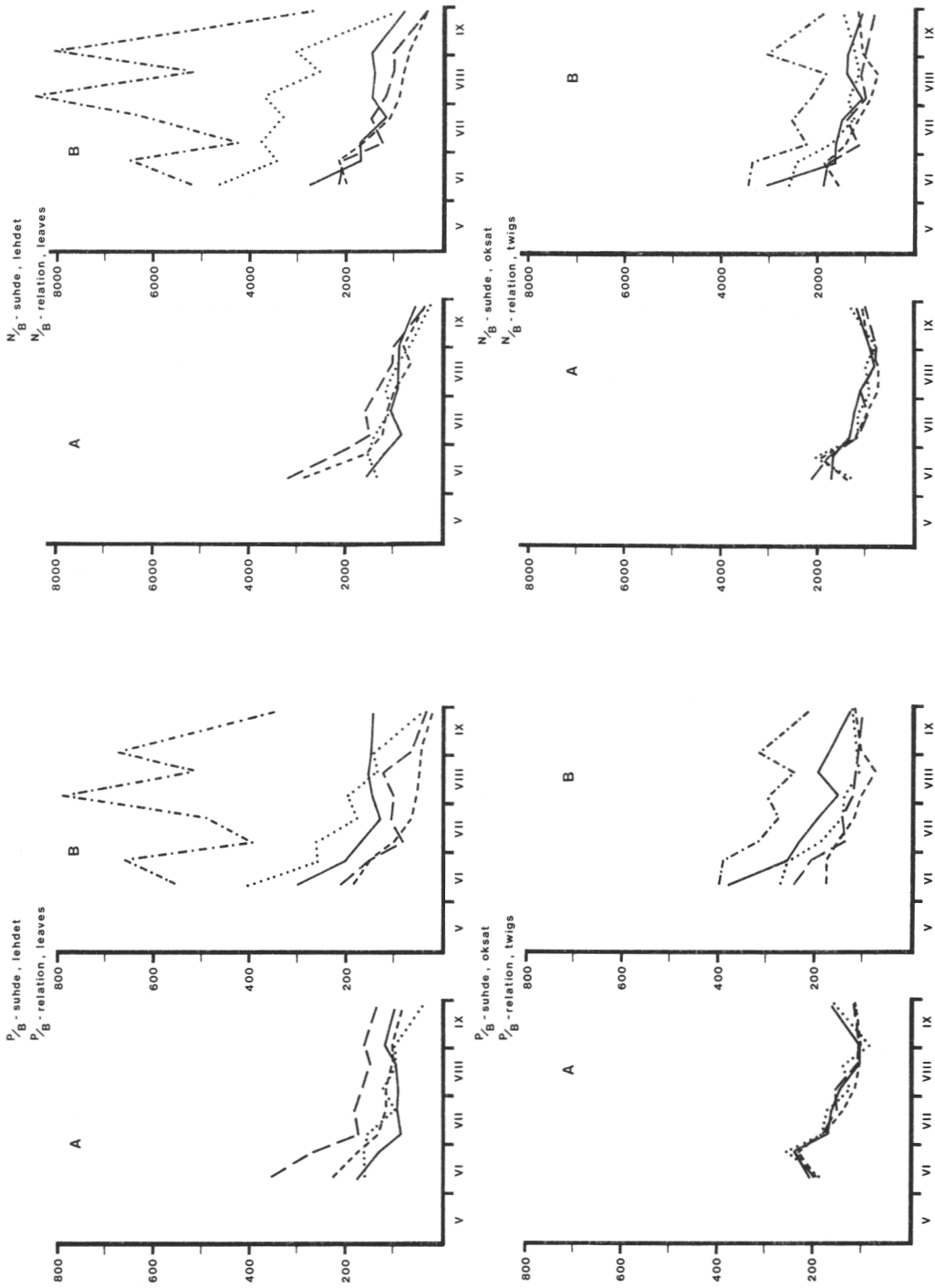
Kuva 5. Hieskoivun oksien ja lehtien Ca/B-suhde kasvukauden aikana kivennäismaalla (A) ja turvemaalla (B). Metsiköt, ks. kuva 2.
 Fig. 5. Ca/B-ratio in twigs and leaves of *B. pubescens* during growing season on mineral soil (A) and on peatland (B). Stands, see Fig. 2.

toin. Varjostetut lehdet putoavat aikaisemmin kuin muut lehdet, lehtien välinen ravinekierto on mahdollista — esimerkiksi puute jossakin saattaa aiheuttaa joidenkin ravinteiden kulkeutumista, nuoret vesat ovat selvästi heterogeenisempia kuin vanhat puut jne.

Pääravinteiden kulkeutumista arvioitiin kahdella tavalla: käyttämällä apuna 100 lehden kuivamassa-arviota eri ajankohtina (kuva 7) sekä toisaalta johtamalla keskimääräi-

sestä lehden kuivamassasta ja pinta-alasta (kuva 8) ominaislehtiala (g/cm^2), jonka avulla ravinteiden siirtymä laskettiin. Näin laskien tulokset eroavat jonkin verran, varsinkin nuorissa vesakoissa (kuva 9).

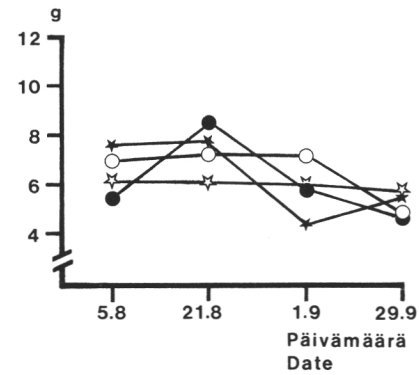
Laskentatavasta riippuen tyypeä näyttäisi tutkimusmetsiköissä siirtyvän lehdistä puun muihin osiin 28...78 % (kuva 9). Kasvualustan laatu ei juurikaan vaikuttanut tyyppien siirtymään. Sensijaan on mahdollista, että nuorimmissa vesakoissa siirtyminen olisi suh-



Kuva 6. Hieskoivun oksien ja lehtien N/B- ja P/B-suhde kasvukauden aikana kivennäismaalla (A) ja turvemaalla (B). Metsiköt, ks. kuva 2.
 Fig. 6. N/P- ja P/B-ratio in twigs and leaves of B. pubescens during growing season on mineral soil (A) and on peatland (B). Stands, see Fig. 2.

100 lehden
kuivamassa

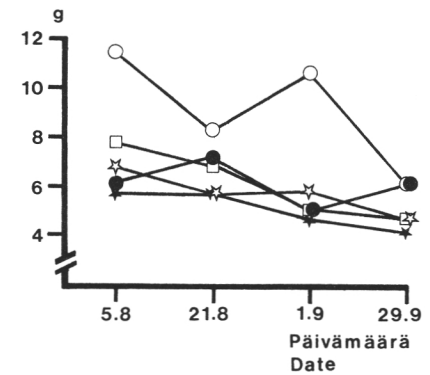
Dry mass of
100 leaves



Kivennäismaa
Mineral soil

100 lehden
kuivamassa

Dry mass of
100 leaves



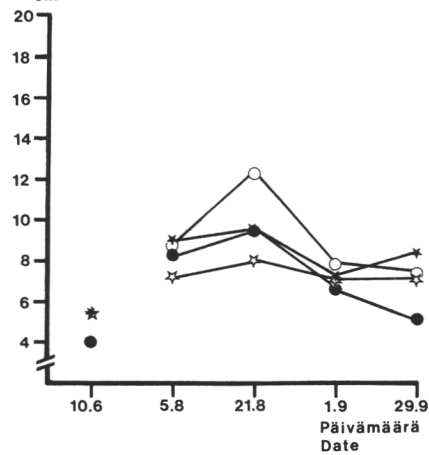
Turvemaa
Peatland

Kuva 7. 100 lehden kuivamassa hieskoivumetsiköiden näyte-erissä kasvukauden lopulla. Metsiköt: ○ = 1-vuotias, ● = 3-vuotias, ☆ = 15-vuotias, ★ = 40-vuotias ja □ = kasvuhäiriöinen metsikkö.

Fig. 7. Dry mass of 100 leaves in the leaf samples of *B. pubescens* stands in the latter part of the growing season. Stands: ○ = 1-year-old, ● = 3-year-old, ☆ = 15-year-old, ★ = 40-year-old and □ = growth disturbance.

Lehtiala
Leaf area

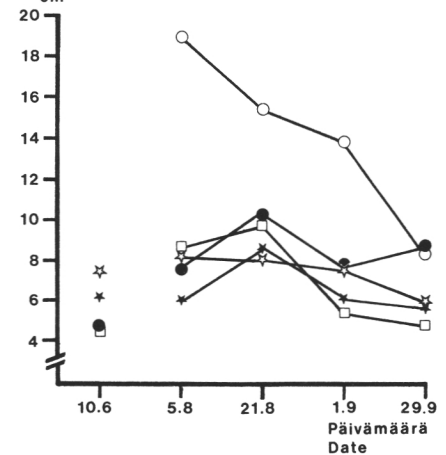
cm²



Kivennäismaa
Mineral soil

Lehtiala
Leaf area

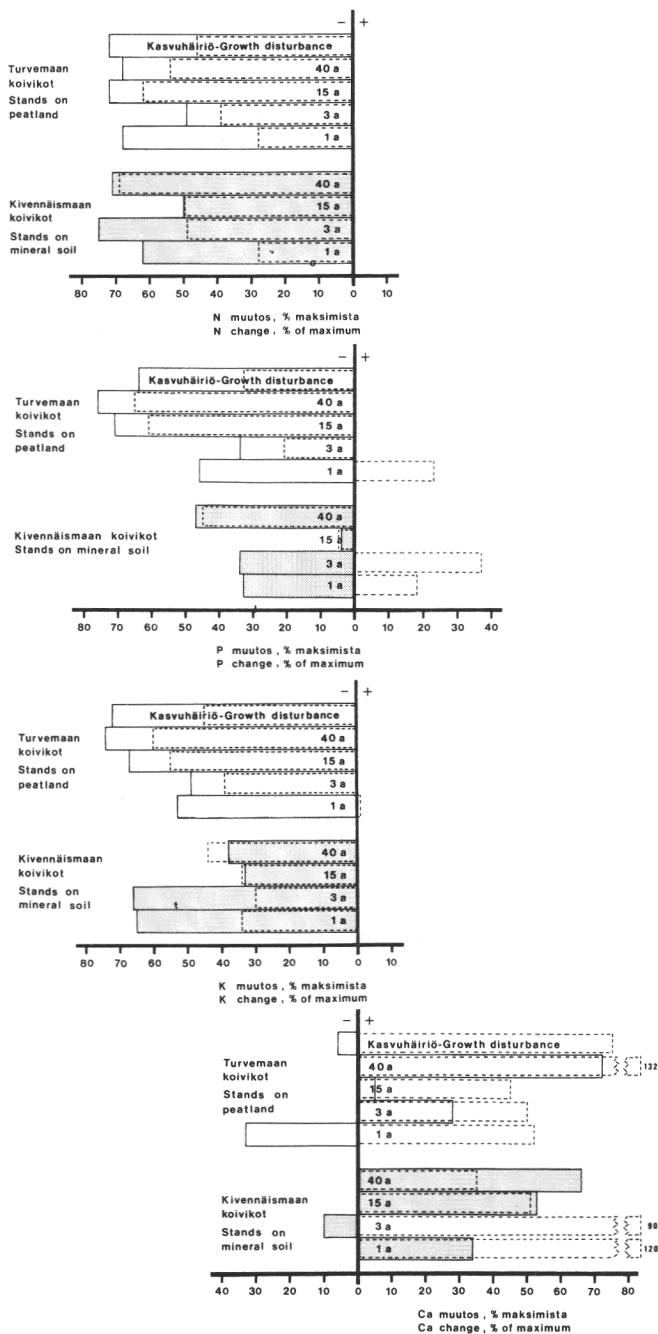
cm²



Turvemaa
Peatland

Kuva 8. Lehtinäytteiden keskimääräinen lehtikoko hieskoivumetsiköissä kasvukauden alussa ja lopussa. Metsiköt, ks. kuva 7.

Fig. 8. Mean leaf size in the leaf samples of *B. pubescens* stands in the beginning and at the end of the growing season. Stands, see Fig. 7.



Kuva 9. Typen, fosforin, kaliumin ja kalsiumin määrän suhteellinen muutos hieskoivumetsiköiden lehdistä elokuun maksimimäärästä verrattuna niiden määrään kellastuvissa lehdistä. Yhtenäisillä viivoilla piirretyt histogrammit on laskettu 100 lehden kuivamassaa kohti ja katkoviivoilla piirretyt ominaislehtialaa (g/m^2) kohti.

Fig. 9. Relative change of the amounts of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the leaves of *B. pubescens* stands from the maximum in August compared to the amounts in the senescing leaves. Histograms with solid lines have been calculated using dry mass of 100 leaves and those with dashed lines using specific leaf area (g/m^2).

teellisesti vähäisintä tai tapahtuisi myöhemmin. On huomattava, että lehtien kellastumisessa oli eroja viimeisellä mittauskerralla, joten tulokset ovat siis vain suuntaa antavia.

Fosforin suhteen näyttää tilanne olleen metsiköissä huomattavasti monisäikeisempi kuin tyvellä (kuva 9). Fosforia kulkeutui lehdistä puun muihin osiin suhteellisesti selvästi enemmän vanhemmissa turvemaan metsiköissä kuin kivennäismaan vastaavissa. Sama ilmiö näkyi aikaisemmin fosforin kasvukautista kehityssuuntaa selostettaessa jyrkänä pitoisuuksien laskuna syyskesällä juuri turvemaan vanhimmissa metsiköissä. Tulos viittaa mahdollisuuteen, että kyseessä voisi olla jonkinlainen sopeutuma turvemaiden

tunnetusti alhaiseen fosforitasoon tai kyseessä on fosforin puutos näissä turvemaan metsiköissä. Toinen mielenkiintoinen havainto on, että hyvin nuorten vesojen lehtiin saattaa kasautua fosforia kasvukauden lopulla, mikä viitannee niiden tuhlailevaan fosforin käyttöön. Tulos on kuitenkin epävarma jo aikaisemmin mainittujen monien tekijöiden vuoksi.

Kaliumin siirtymä lehdistä oli tutkimusmetsiköissä 30...75 %. Kalsiumia sensijaan näyttäisi kasautuvan lehtiin hyvinkin runsaasti. Laskemalla siirtymä lehtien kuivamassasta lehtialayksikköä kohti oli kalsiumia kellastuvissa lehdissä jopa kaksi kertaa enemmän kuin elokuussa.

8. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄ

81. Ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu eri metsiköissä

Eri lehtipuulajien ravinteiden kasvukautista vaihtelua on tutkittu melko paljon (Kivinen 1933, Mitchell 1936, Tamm 1951 a ja b, Hoyle 1965, Guha ja Mitchell 1966, Grigal ym. 1976, McColl 1980, Schönau 1981, Chapin ja Kedrowski 1983). Kasvukausien välinen vaihtelu on usein suhteellisen pientä kunhan vertailtavina ovat täysin kehittyneet kasvinosat (Insley ym. 1981). Toisaalta eri vuosina toistettuja lehtianalysejä on pidetty aiheellisena luotettavien tulosten saamiseksi (Evers ja Bücking 1976).

Käsillä olevassa työssä ravinneanalyysit tehtiin kasvukauden aikana kehittyvistä kasvinosista, jolloin ravinnepitoisuudet ovat tavallisesti kasvukauden alussa korkeat ja pienenevät sitten nopeasti. Näytteenoton ajankohta oli erittäin merkittävä tekijä analysoitujen ravinteiden pitoisuuksille hieskoivun lehdissä ja oksissa. Ainoastaan lehtien rauta- ja kuparipitoisuuksiin ei näytteenoton ajankohta selvästi vaikuttanut, mikä johtui näiden ravinteiden epäsäännöllisestä vaihtelusta kasvukauden aikana.

Hieskoivun lehtien typpi- ja kaliumpitoisuudet alenivat kaikissa metsiköissä ja fosforipitoisuudet useimmissa metsiköissä lehtien

kellastuessa syyskuussa. Samaan aikaan oksien vastaavat ravinnepitoisuudet nousivat, mikä ilmentää ravinteiden siirtymistä. Samanlaisia tuloksia ovat erällä muilla lehtipuulajeilla saaneet Grigal ym. (1976) ja McColl (1980). Merkille pantavaa on, että hivenravinteista sinkki ja kupari käyttäytyivät syksyllä eri tavoin. Sinkkipitoisuus kohosi sekä lehdissä että oksissa, mutta kuparipitoisuus vastaavasti aleni näissä kasvinosissa.

Lehtien typpi-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu oli pääpiirteittäin samanlaista kuin koivulle on kirjallisuudessa esitetty. Kivennäismaalla havaittu keskikesän jälkeinen fosforipitoisuuden nousu lehdissä on koivulla ennen havaitsematon seikka. Koska kyseessä on vain yhden kasvukauden havainnot, sattuman mahdollisuus on aina otettava huomioon.

Nuorissa, varsinkin yksivuotiaissa vesakoissa lehtien tuhkapitoisuus ja pääravinnepitoisuudet olivat korkeammalla tasolla kuin muissa metsiköissä. Nuorten vesojen kasvu onkin kiihkeätä mm. erikoisen juuriversosuhteen vuoksi (esim. Blake 1981). Niillä on käytettävissä koko emopuun juuristo ja sinne varastoituneet ravinnot.

Neljän ravinteen, fosforin, mangaanin,

boorin ja sinkin pitoisuuksiin lehdissä vaikutti analyysiajankohdan lisäksi metsikön ikä ja kasvualustan laatu hyvin selvästi. Ko. tekijöiden yhdysvaikutuksia oli näillä ravinteilla myös eniten. Kaikkien edellämainittujen ravinteiden pitoisuus oli kivennäismaan hieskoivujen lehdissä suurempi kuin turvemaalla. Sensijaan typen, magnesiumin ja raudan suhteen tilanne oli päinvastainen. Niiden pitoisuus oli turvemaan koivujen lehdissä korkeampi kuin kivennäismaalla.

Turvemaan kahdessa vanhimmassa hieskoivikossa lehtien fosforipitoisuus oli heinäkuulta alkaen alle oletetun puuterajan (2 mg/g). Ilmeisesti vanhimpia turvemaan metsiköitä vaivasi fosforin puute tai sitten hieskoivun fosforitalouden dynamiikkaan kuuluu oleellisesti alhainen fosforitaso etenkin vanhemmissa metsiköissä. Fosforin vähäisyyttä vuosikasvaimissa onkin pidetty merkkinä kasvun yleisestä hidastumisesta (Raitio 1983 a).

Lehtien kaliumpitoisuudessa ei ollut eroja kivennäismaan ja turvemaan koivikoiden välillä, vaikka turvealustojen kaliumpitoisuus oli erityisesti pintamaissa selvästi pienempi kuin kivennäismaiden. Tätä jossain määrin yllättävää tulosta voi pitää osoituksena siitä, että hieskoivun juuret kykenevät turvemailla — kuitenkin turvekerroksen paksuudesta riippuen — saamaan riittävästi kaliumia turvekerroksen alla olevasta kivennäismaasta.

82. Näytteenotto ja ravinneanalyysi

Oksien, puiden ja metsiköiden välistä ravinnepitoisuuksien vaihtelua on lehtipuilla tutkittu vähemmän kuin kasvukautista vaihtelua (Ellis 1975). Eri ravinteiden pitoisuuksien tai absoluuttisten määrien vaihteluraja on hyvin vähän käytettävänä. Lehtipuilla toistojen ja yksilöiden välinen vaihtelu on pientä verrattuna lajien väliseen vaihteluun, mutta tarkasteltavan puulajin kasvupaikkojen välinen vaihtelu saattaa olla huomattava (Ricklefs ja Matthew 1982).

Oikeasta ja vertailukelpoisesta näytteenoton ajankohdasta on varsinkin lehtipuilla vaikeata antaa tarkkoja ohjeita. On ehdotettu, että näytteet tulee ottaa silloin, kun metsiköiden sisäinen vaihtelu on pienimmillään eli 2...4 viikkoa ennen lehtien kellastumista (Mitchell 1936, Lea ym. 1979, Auchmoody

ja Greweling 1979) tai kun ravinteiden absoluuttiset määrät ovat korkeimmillaan (Hoyle 1965). Syksyä lähestyttäessä tapahtuu jo ravinteiden siirtymistä lehdistä puun muihin osiin, minkä vuoksi edellämainittu näytteenottoajankohta ei välttämättä osoita ravinteiden suurinta käyttöastetta (McCull 1980). Tutkimuksen tarkoitus saattaa vaikuttaa siihen, mikä näytteenottoaika valitaan. On vielä muistettava, että lannoitus sekä lämpösumman kertymistapa, sademäärän jakaantuminen yms. ilmastolliset seikat saattavat aiheuttaa lisäongelmia näytteenoton ajoitukseen. Edellä mainitut tekijät huomioon ottaen tämän tutkimuksen perusteella on vaikeata antaa yleispätevää suositusta sopivasta näytteenoton ajankohdasta hieskoivun ravinneanalyysia varten. Useimpien ravinteiden alkukesän suuri vaihtelu tasaantui heinä—elokuussa, jolloin myös erot eri metsiköiden välillä olivat selvimpiä.

Tässä tutkimuksessa esitetty ravinnepitoisuuden kasvukautinen vaihtelu eri ikäisissä hieskoivikoissa on sovellettavissa lähinnä Pohjanmaan keskimääräistä ravinteisuustasoa edustaville kasvupaikoille. Puutteena on pidettävä sitä, että kasvupaikan viljavuuden vaikutusta niin kivennäis- kuin turvemaallakin ei tämän tutkimuksen aineistosta saada selville. Aaltonen (1950) nimittäin havaitsi koivun lehtien kemiallisen koostumuksen eroavan eri metsätyyppien välillä huomattavasti selkeämmin kuin kuusella tai männylällä. Erityisesti lehtien tuhka-, kalium-, kalسيوم- ja typpipitoisuudet kohosivat CT- ja VT-metsiköistä MT- ja OMT-metsiköihin siirryttäessä.

Näytteenottokohdan määrittäminen lehtipuilla tuottaa vaikeuksia. On esitetty, että otanta tulisi tehdä useista oksista ja kaikkien latvusluokkien puista (Auchmoody ja Greweling 1979), tai valossa olevien latvusten ylemmässä osassa olevista lehdistä (Evers ja Bücking 1976), kuitenkin niin, että nuorilla puilla kaikki lehdet ovat käyttökelpoisia. Toisaalta ei ole syytä liikaa korostaa latvuksen ylintä osaa (van den Driessche 1974).

Varsinaisissa tuotostutkimuksissa tulisi analysoida kaikkiin latvusluokkiin kuuluvien puiden latvukset ainakin kolmelta eri korkeudelta (van den Driessche 1974). Eri tutkimuksissa on koepuiden määrä yhdessä metsikössä ollut 3...15 kappaletta. Ellis (1975) on esittänyt tutkimuksiinsa perustuvan optimiotantakehikon lehtipuiden ravin-

neanalyysia varten. Sen mukaan näyte tulisi ottaa latvuksen keskeltä, näytteeseen tulee kuulua kaksi oksaa, joista nypitään kaikki lehdet yhdistäen ne yhdeksi näytteeksi. Koeputa tulisi olla noin 15. Tässä tutkimuksessa noudatettu vanhempien metsiköiden näyteotanta ehkä painotti liiaksi oksien määrää koeputa kohti ja aliarvioi koeputien määrää.

Pienten vesojen ravinneotantaa on tutkittu vähän, mutta esimerkiksi vesipajun vesoilta ylä- ja alaoksien lehtien ravinnepitoisuus poikkesi selvästi toisistaan (Kaakinen 1983). Yläosan lehtien fosfori- ja sinkkipitoisuus oli suurempi, mutta kalium-, kalsium-, magnesium-, kupari- ja mangaanipitoisuus pienempi kuin alaosan lehtien. Tässä tutkimuksessa koivunvesojen kaikki lehdet otettiin näytteeksi, joten keskimääräinen kuva ravinnetilanteesta lienee oikea. Näytti kuitenkin siltä, että nuoret vesat olivat selvästi heterogeenisempia analysoitavaksi kuin vanhemmat puut.

Vaikka tutkimuksen kasvinäyteanalyysia verrattiin kotrollianalyysihin, jotka osoitautuivat samansuuntaisiksi, tuloksiin jäi epävarmuutta, koska jokaisesta mittauksesta oli vain yksi näyte. Eri laboratorioissa tehdyissä analyyseissä on aina enemmän tai vähemmän eroja (Auchmoody ja Greweling 1979). Typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja mangaanin analyytit ovat yleensä luotettavimpia (Jones 1969, van Goor 1978, Auchmoody ja Greweling 1979).

Lehtianalyysi näytti käyttökelpoisemmalta kuin muista kasvinosista tehty ravinneanalyysi. Ainakin hieskoivulla lehtianalyysin tulkinta vaikuttaa helpommalta kuin oksat tai silmuanalyysin tulkinta, koska esimerkiksi oksissa ravinnetilanteen vaihtelut eivät näy yhtä selvinä kuin lehdistä. Hieskoivun oksien kasvukautinen ravinnepitoisuuksien vaihtelu oli huomattavan samanlaista eri metsiköissä. Kuitenkin eräiden ravinteiden (mangaani ja boori) korkeimmat ja matalimmat pitoisuudet näkyivät oksissakin. Oksien ja lehtien ravinnepitoisuudet olivat yleensä erilaisia. Sinkki ja kupari olivat ainoat ravinteet, joilla oksien ja lehtien analyytit eivät eronneet toisistaan.

83. Hieskoivun kasvuhäiriö

Alhainen booripitoisuus (alle 5 ppm), boorin heikko liikkuvuus puussa sekä tähän liit-

tyen pääravinteiden ja boorin korkeat suhteet olivat ilmeisesti havaittuun hieskoivun kasvuhäiriöön vaikuttavia syitä. Koivun lehtien booripitoisuuden puuterajoja ovat esittäneet Ingestad (1962), Ingestad ja Jacobson (1962) sekä Braecke (1979). Edellä mainituilla se oli niinkin korkea kuin 35 ja 51 ppm ja jälkimmäisellä 14...16 ppm, jota kuivina kesinä voidaan jopa hivenen alentaa. Taimitarhoilla ja ravinneliuoksissa kasvatetuilla taimilla puuterajat saattavat olla huomattavasti korkeampia, mikä selittänee ensiksimitut korkeat puuterajat. Braecken (1979) analyysit tehtiin suometsiköistä, joissa sekapuuna oli koivu. Näissä metsiköissä kasvuhäiriö syntyi lannoituksen seurauksena. Käsillä olevassa tutkimuksessa kasvuhäiriöinen koivikko oli lannoittamaton. Tässä tutkimuksessa myös turvemaan vanhimmassa metsikössä lehtien booripitoisuus oli alle esitettyjen puuterajojen, mutta näkyviä merkkejä kasvuhäiriöstä ei esiintynyt. Tämä viittaa siihen, että puuston vanhetessa boorin käyttö on vähäisempää tai kasvuhäiriöön ei vähäinen boori sinänsä ole välttämätön syy.

Kasvunsa aikana kasvit tarvitsevat riittävästi booria ja erityisesti kuivuus voi aiheuttaa tilapäistä boorinpuutetta (Braecke 1979). Tämän tutkimuksen kasvuhäiriöisessä metsikössä alhainen booripitoisuus ei liene ollut tilapäistä, analyytikertojen vähäisyydestä huolimatta, sillä booritaso pysyi alhaisena koko kasvukauden eikä keskikesän pitkä kuiva kausikaan näy analyyseissä mitenkään poikkeavasti. Boorin vähäisyyttä ja huonoa liikkuvuutta osoitti myös se, että kasvuhäiriöisessä metsikössä oksien booripitoisuus oli poikkeuksellisesti korkeampi kuin lehtien.

Runsaan kalsiumin tarjonnan on todettu aiheuttavan kasveille suuren boorintarpeen, koska kasveissa itsessään runsas kalsium vähentää liukoisen boorin määrää (esim. Mengel 1972, Gupta ja McLeod 1976). Eräs metsittyneellä suopellolla havaittu männyn kasvuhäiriö aiheutui ilmeisesti korkeasta Ca/B-suhteesta, joka kasvuhäiriöisissä puissa oli lähes 850 (Raitio 1979). Tässä tutkimuksessa kasvuhäiriöisen metsikön Ca/B-suhde oli todella poikkeavan korkea verrattuna muihin metsiköihin maksimiarvojen ollessa noin 2800. Ca/B-suhde kasvoi koko kasvukauden ajan, mitä ei muissa metsiköissä tapahtunut. Myös muiden pääravinteiden ja boorin välieste suhteet olivat huomattavan korkeita.

Koivun kasvuhäiriöitä metsittyneillä pel-

loilla etenkin Keski- ja Pohjois-Suomessa lie-
nee huomattavan paljon, vaikka inventointi-
tutkimuksissa ei koivun kasvuhäiriöitä ole
juuri havaittu (Veijalainen 1978, Laine ja
Puttonen 1983). Yhteistä koivun kasvuhäi-
riöille näyttää Pohjanmaan turvemailla ole-
van ohuehko turvekerros ja sen alla hieno-
lajitteinen kivennäismaa. Tämän tutkimuk-
sen kasvuhäiriöinen metsikkö kasvoi vanhal-
la pellolla. Se sijaitsi kauempana rannikolta
kuin muut tutkimusmetsiköt — alueella, jos-
sa boorin puutoksen sattumistodennäköisyys
on ilmeisempi (Veijalainen 1978, Braekke
1983, Wikner 1983).

Todettuun hieskoivun kasvuhäiriöön saat-
taa olla muitakin syitä kuin boorin puutos.
Braekke (1979) on kiinnittänyt huomiota sii-
hen, että kasvuhäiriöisissä puissa oli kor-
keampi fosfori-, kalium- ja mangaanipitoi-
suus ja koivulla lisäksi typpipitoisuus sekä
alhaisempi magnesiumipitoisuus kuin häiriöt-
tömissä puissa. Etenkin korkea mangaanipi-
toisuus oli Braekken aineistossa silmiinpistä-
vä. Oloissa, jossa boorin saanti on kasville
vaikeata, saattaa esimerkiksi mangaanin otto
olla helppoa. Kasvualustan vesitalouden yleis-
tilanne vaikuttaa samoin. Tämän tutkimuk-
sen kasvuhäiriöisessä metsikössä lehtien man-
gaanipitoisuus nousi huomattavan korkealle
kasvukauden kuluessa. Rauduskoivulla on
Raitio (1982) esittänyt mangaanimyrkytyk-
sestä aiheutuneen kasvuhäiriön.

84. Hieskoivun suhde mangaaniin

Kivennäismaan 1- ja 15-vuotiaissa hies-
koivikoissa lehtien mangaanipitoisuus oli
koko kasvukauden ajan yli 2000 ppm ja kor-
keimmillaan yli 4000 ppm ilman kasvuhäiriö-
oireita. Turvemaallakin oli kolme metsikköä,
joissa lehtien mangaanipitoisuus pysytteli
koko kasvukauden yli 1000 ppm. Eri metsi-
köiden välinen mangaanipitoisuuden vaihte-
lu oli kuitenkin suurta, suurempaa kuin mui-
den ravinteiden. Hieskoivun lehtien mangaan-
ipitoisuuksista ei ole julkaistuja tietoja,
mutta rauduskoivulla on todettu lievä kas-
vuhäiriö lehtien mangaanipitoisuuden ollessa
1600 ppm ja paha kasvuhäiriö 3500 ppm:ssä
(Raitio 1982). Rauduskoivun sietokyky kor-
keille mangaanipitoisuuksille on Ingestadin
ja Jacobsonin (1962) mukaan melko heikko,
joskaan 1500 ppm:n pitoisuudet eivät liene
vielä toksisia. Mainittakoon, että vanhoilla

keltakoivuilla (*B. alleghaniensis*) on mitattu
jopa 5000 ppm:n mangaanipitoisuuksia leh-
distä ja epäilty tällaisten määrien olevan tok-
sisia (Hoyle 1969). Niin Raition (1982) kuin
Hoylenkin (1969) mukaan liiallinen vesi
maassa nostaa lehtien mangaanipitoisuuksia.

Mangaanin ja alumiinin toksisuuden vält-
tämiskyky täytynee olla adaptiivisena kas-
veilla, jotka elävät alhaisessa pH:ssa sekä
pelkistävissä oloissa (Gerloff ym. 1966). Tä-
mä saattaa tapahtua mekanismeilla, joilla
vältetään liiallisen mangaanin kasautuminen
kasviin tai joilla suuret mangaanipitoisuudet
ovat siedettävissä. Eräillä saman kasvilajin
klooneilla on mangaanin jakaantuminen leh-
tisolukoissa erilaista, vaikka mangaanipitoi-
suus on sama (Horst 1983). Joillakin klooneilla
korkea kasvualustan mangaanipitoi-
suus saattaa aiheuttaa tuntuvan laskun kui-
va-ainetuotokseen, kun taas toisilla klooneil-
la ei vastaavaa tapahdu samalla kasvualustal-
la ja samoissa lehtien mangaanipitoisuuksissa
(Horst 1983).

Alhaisessa pH:ssa voi koivun kalsiumin ja
muiden kationien ottokyky olla erittäin teh-
okas (Ingestad 1974). Tällöin on mahdollis-
ta, että samalla tapahtuu runsasta raskasme-
tallien ottoa, mikäli niitä on käyttökelpoisessa
muodossa. Erityisesti mangaani ja sinkki
tulevat tällöin kysymykseen. Koivu on tun-
netusti tehokas sinkin (Gerloff ym. 1966,
Stachurski ja Zimka 1982) sekä mahdollisesti
myös muiden raskasmetallien ja kationien
akkumuloija. Hies- ja rauduskoivun sietoky-
kyä mangaaniin ja muihin vastaaviin metal-
leihin nähden olisi syytä selvittää tarkemmin
tutkimuksin. On mahdollista, että tässä tut-
kimuksessa havaitut hieskoivun lehtien kor-
keat mangaanipitoisuudet voivat liittyä pod-
soloitumiskehitykseen.

85. Ravinteiden siirtyminen

Ravinteiden sisäinen kierto tyydyttää suu-
ren osan puiden vuotuisesta ravinnetarpeesta
(esim. Mälkönen 1977). Ravinteita siirtyy
syksyllä lehdistä vaihtelevassa määrin takai-
sin puun muihin osiin. Chapinin ja Ked-
rowskin (1983) mukaan kulkeutuminen voi
tapahtua pitkällekin, sillä vain 3...9 % types-
tä ja fosforista kulkeutui kuluneen kasvu-
kauden aikana kehittyneisiin versonosiin lo-
pun mennessä vanhempiin puun osiin sekä
juuristoon. Eri koivulajien pääravinteiden

siirtymäksi lehdistä puun muihin osiin on esitetty olevan tyypellä 49...75 %, fosforilla 22...51 % ja kaliumilla 46...59 % (Fries 1952, Viro 1955, Hoyle 1965, Stachurski ja Zimka 1975, Chapin ja Kedrowski 1983). Kalsium sensijaan näyttäisi kasaantuvan lehtiin (Viro 1955).

Ravinteiden siirtymistä lehdistä puun muihin osiin ei liene kovinkaan paljon tutkittu samanaikaisesti eri ikäisissä ja erilaisilla kasvualustoilla sijaitsevista puustoissa. Vaikka tämän tutkimuksen ravinteiden siirtymisarvioihin liittyy epävarmuustekijöitä, voidaan eri ravinteita verrata keskenään samassa metsikössä ja eräiden metsiköiden välillä verrata samaakin ravinnetta. Typen siirtymän vaihteluväli oli suurinpiirtein samanlainen kuin koivulajeilla on aiemmin esitetty. Nuorissa vesakoissa näytti tyyppä siirtyvän suhteellisesti vähemmän kuin vanhemmissa puustoissa.

Fosforin siirtymä oli toisaalta suurempi ja toisaalta pienempi kuin on aiemmin koivulla esitetty. Nuorissa vesakoissa fosfori ei näyttäisi siirtyvän siinä määrin kuin vanhemmissa metsiköissä, ja kivennäismaalla siirtymä oli yksivuotiaista vesakkoa lukuunottamatta samanikäisissä metsiköissä aina vähäisempää kuin turvemaalla. Vanhemmissa turvemaan metsiköissä suhteellinen siirtymä oli erityisen suuri, sillä vähintään kaksi kolmasosaa lehtien fosforista siirtyi puun muihin osiin. Kaliumin suhteen tilanne oli samansuuntainen kuin fosforilla, joskaan erot eri metsiköiden välillä eivät olleet niin suuret. Kalsiumilla vaihtelu eri metsiköiden välillä oli huomattava, mutta suunta oli pääpiirteissään selvä. Kalsiumia ei siirtynyt lehdistä puun muihin osiin, vaan sitä kasaantuu kellastuviin lehtiin.

Nuorista, nopeakasvuisista vesoista ravinteita ei siirtynyt ennen lehtien varisemista siinä määrin kuin vanhemmissa puustoissa. Tällä saattaa olla merkitystä tulkittaessa nuorten koivutaimikoiden hyviä lannoitustuloksia (esim. Viro 1974). Vastaavasti vanhemmissa koivikoissa, varsinkaan turvemaidella, ei useinkaan ole saatu lannoitusreaktioita aikaan (Viro 1974, Oikarinen ja Pyykkönen 1981, Moilanen suull.).

Viime aikoina on puiden sisäisestä ravinekierrosta, ravinnevaatimuksista ja sopeutumista tiettyyn ravinnetasoon esitetty monia hypoteesejä, teorioita ja havaintoja (esim. Stachurski ja Zimka 1975, Vitousek ja Reiners 1975, Ingestad 1979 a ja b, Ingestad ja Lund 1979, Darrall ja Wareing 1981, Vitousek 1982, Chapin ja Kedrowski 1983). Useissa tutkimuksissa on viitteitä siitä, että ravinteiden siirtyminen olisi tehokkaampaa alhaisen ravinnetason kasvualustoilla kuin paremman tason (Nye 1961, Miller ym. 1976, Turner 1977, Vitousek 1982), jopa samalla puulajilla (Stachurski ja Zimka 1975). Vastakkaista käsitystä edustavat Chapin ja Kedrowski (1983), joiden mukaan puut, jotka kasvavat sellaisella kasvualustalla, jossa on vähän tyyppä ja fosforia, eivät siirrä näitä ravinteita sen enempää kuin suotuisammassa ravinnetilassa olevat puut. Siten tehokas ravinnekierro ei olisi tärkeä sopeutuma, mutta saattaa olla luonteenomaista joillekin kasveille. Nyt saatujen tulosten perusteella näyttää siltä, että ainakin turvemaan vanhimmat koemetsiköt reagoivat kasvualustan alhaiseen fosforitalouteen tehokkaalla sisäisellä ravinnekierroilla. Toisaalta kysymyksessä saattaa olla luontainen fysiologinen reagointi puutostilanteeseen tai pelkästään metsikön iästä riippuva ilmiö.

KIRJALLISUUS

- Aaltonen, V.T. 1950. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Seloste: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. Commun. Inst. For. Fenn. 37(8): 1—31.
- Auchmoody, L.R. & Greweling, T. 1979. Problems associated with chemical estimates of biomass. In: Proc. Impact of intensive harvesting on forest nutrient cycling, Syracuse, N.Y., Aug. 13.—16. s. 190—210.
- Blake, T.J. 1981. Growth-related problems of aging and senescence in fast growing trees grown on short rotations. IEA Report. NE 21: 1—43.
- Braekke, F.H. 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. Medd. Nor. Inst. Skogforsk. 35: 213—236.
- 1983. Micronutrients — prophylactic use and cure of forest growth disturbances. In: Kolari, K.K. (ed.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings of international workshop and excursion held in Jyväskylä and Kivisuo, Finland, 10.—13. October,

1982. Seloste: Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Jyväskylässä ja Kivisuolla 10.—13. lokakuuta, 1982 pidetyn kansainvälisen symposiumin esitelmäraportit. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 159—169.
- Chapin III, F.S. & Kedrowski, R.A. 1983. Seasonal changes in nitrogen and phosphorus fractions and autumn retranslocation in evergreen and deciduous taiga trees. *Ecology* 64(2): 376—391.
- Comerford, N.B. & Leaf, A.L. 1982. An evaluation of techniques for sampling forest tree nutrient content. Part I. Sampling the crown for total nutrient content. *Forest Sci.* 28(3): 471—480.
- Darrall, N.M. & Wareing, P.F. 1981. The effect of nitrogen nutrition on cytokinin activity and free amino acids in *Betula pendula* Roth. and *Acer pseudoplatanus* L. *J. Exp. Bot.* 32(127): 369—379.
- Ellis, R.C. 1975. Sampling deciduous broadleaved trees for the determination of leaf weight and foliar elemental concentrations. *Can. J. For. Res.* 5: 310—317.
- Evers, F.H. & Bücking, W. 1976. Mineral analyses. In: *Proceedings in Life Sciences. Modern methods in forest genetics* (Miksche, J.P., ed.) s. 165—188.
- Fries, N. 1952. Variations in the content of phosphorus, nucleic acids and adenine in the leaves of some deciduous trees during the autumn. *Plant and Soil* 4: 29—42.
- Gerloff, G.C., Moore, D.G. & Curtis, J.T. 1966. Selective absorption of mineral elements by native plants of Wisconsin. *Plant and Soil* 25: 393—405.
- Grigal, D.F., Ohmann, L.F. & Brander, R.B. 1976. Seasonal dynamics of tall shrubs in northeastern Minnesota: biomass and nutrient element changes. *For. Sci.* 22(2): 195—208.
- Guha, M.M. & Mitchell, R.L. 1966. The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees. II. Seasonal changes. *Plant and Soil* 24: 90—112.
- Gupta, V.C. & Macleod, J.A. 1976. Influence of calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. *Soil Sci.* 124(5): 279—284.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36: 1—23.
- Horst, W.J. 1983. Factors responsible for genotypic manganese tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Plant and Soil* 72: 213—218.
- Hoyle, M.C. 1965. Variation in foliage composition and diameter growth of yellow birch with season, soil and tree size. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 475—480.
- 1969. Variation in content of microelements in yellow birch foliage due to season and soil drainage. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33: 458—459.
- Ingestad, T. 1962. Macroelement nutrition of pine, spruce and birch seedlings in nutrition solutions. Sammanfattning: Inverkan av varierad makronärings-tillförsel på tall-, gran- och björkplantor i näringslösningar. *Medd. Stat. Skogsf. Inst.* 51(7): 1—150.
- & Jacobson, A. 1962. Boron and manganese nutrition of birch seedlings in nutrition solutions. Sammanfattning: Inverkan av varierad bor- och mangangiva på björkplantor i näringslösningar. *Medd. Stat. Skogsf. Inst.* 51(8): 1—20.
- Insley, H., Boswell, R.C. & Gardiner, J.B.H. 1981. Foliar macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in lime (*Tilia* Spp.) II. Seasonal variation. *Plant and Soil* 61: 391—401.
- Jentys-Szaferowa, J. 1937. Biometrical studies on the collective species *Betula alba* L. I. Polymorphism of the leaves of birches. *Inst. Bad. Lasów. Pants., Ser. A* 26: 1—57.
- Jones, J.B. 1969. Elemental analyses of plant leaf tissue by several laboratories. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 52: 900—903.
- Kaakinen, S. 1983. Vesipajun lehtien ravinnepitoisuuden vaihtelusta turpeentuotannosta vapautuneilla soilla. Luk-tutkielma. Oulun yliopiston kasvitieteen laitos. 47 s.
- Kivinen, E. 1933. Koivun- ja lepänlehtien typpipitoisuuksista kasvukauden kuluessa. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 1933. s. 108—115.
- Kolari, K.K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa — kirjallisuuskatsaus. Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland — a review. *Folia For.* 389: 1—37.
- Kozłowski, T.T. & Clausen, J.J. 1966. Shoot growth characteristics of heterophyllous woody plants. *Can. J. Bot.* 44: 827—843.
- Kubin, E. 1978. Kasvimateriaalin typpipitoisuuden määrittämisestä. Oulun yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 7. Oulu. 21 s.
- Kurki, M. 1982. Main chemical characteristics of peat soils. In: *Peatlands and their utilization in Finland*. Finnish Peatland Society. Finnish National Committee of the International Peat Society. s. 37—41.
- Kuukausikatsaukset Suomen ilmastoon 1982. Vuosiker-ta 76. Ilmatieteen laitos.
- Laine, J. & Puttonen, P. 1983. Occurrence of growth disturbance symptoms on different peatland sites in Finland. In: Kolari, K.K. (ed.) *Growth disturbances of forest trees*. Proceedings of international workshop and excursion held in Jyväskylä and Kivisuo, Finland, 10.—13. October, 1982. Seloste: Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Jyväskylässä ja Kivisuolla 10.—13. lokakuuta 1982 pidetyn kansainvälisen symposiumin esitelmäraportit. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 171—176.
- Lea, R., Tierson, W.C., Bickelhaupt, D.H. & Leaf, A.L. 1979. Stand treatment and sampling time of hardwood foliage. I. Macro-element analysis. *Plant and Soil* 51: 515—533.
- McCull, J.G. 1980. Seasonal nutrient variation in trembling aspen. *Plant and Soil* 54: 323—328.
- Mengel, K. 1972. Ernährung und Stoffwechsel des Planze. Stuttgart. G. Fisher Verlag. 470 s.
- Miller, H.G. 1983. Wood energy plantations — Diagnosis of nutrient deficiencies and the prescription of fertilizer applications in biomass production. International Energy Agency — Forestry Energy Agreement. Programme Group 'B'. Biomass Growth and Production. Report No: 3: 1—20.
- , Cooper, J.M. & Miller, J.D. 1976. Effect of nitrogen supply on nutrients in litterfall and crown leaching in a stand of Corsican pine. *J. Appl. Ecol.* 13: 233—248.
- Mitchell, H.L. 1936. Trends in the nitrogen, phosphorus, potassium and calcium content of the leaves of some forest trees during the growing season. *Black Rock For. Pap.* 6: 29—44.
- Mälkönen, E. 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku eräässä koivikossa. Commun. Inst. For. Fenn. 91(5): 1—35.

- & Saarsalmi, A. 1982. Hieskoivun biomassatuotos ja ravinteiden menetykset kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia For.* 534: 1—17.
- Nye, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forests. *Plant and Soil* 13: 333—345.
- Oikarinen, M. & Pyykkönen, J. 1981. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla. Abstract: The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescens birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtillus spruce swamp in Ostrobothnia. *Folia For.* 486: 1—15.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74(5): 1—58.
- Paavilainen, E. & Norlamo, M. 1975. Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. Seloste: Typpilannoitelajien vaikutus koivun, kuusen ja männyn alkukehitykseen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 86(2): 1—43.
- Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Abstract: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. *Folia For.* 412: 1—16.
- 1982. Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koe-kentällä. Summary: Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field. *Folia For.* 536: 1—15.
- (toim). 1983 a. Metsäpuiden fysiologiaa I. Ravinnetalouden perusteita. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 39. 200 s.
- 1983 b. Macro- and microscopic symptoms in growth disturbed forest trees. In: Kolari, K.K. (ed.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings of international workshop and excursion held in Jyväskylä and Kivisuo, Finland, 10.—13. October, 1982. Seloste: Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Jyväskylässä ja Kivisuolla 10.—13. lokakuuta 1982 pidetyn kansainvälisen symposiumin esitelmäraportit. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 35—39.
- Ricklefs, R.E. & Matthew, K.K. 1982. Chemical characteristics of the foliage of some deciduous trees in southeastern Ontario. *Can. J. Bot.* 60: 2037—2045.
- Schönau, A.P.G. 1981. Seasonal changes in foliar nutrient content of *E. grandis*. *South African Forestry Journal* 119: 1—4.
- Silfverberg, K. 1982. Näringsanalys i två spårämne-göds-lade granplanteringar. Abstract: Nutrient analysis of Norway spruce after application of micro-nutrients. Seloste: Kahden hivenlannoitetun istutus-kuusikon ravinneanalyysi. *Folia For.* 526: 1—12.
- Stachurski, A. & Zimka, J.R. 1975. Methods of studying forest ecosystems: leaf area, leaf production and withdrawal of nutrients from leaves of trees. *Ekol. Pol.* 23(4): 637—648.
- 1982. Zink cycling in forest ecosystems. *Pol. Ecol. Stud.* 8(3—4): 343—359.
- Tamm, C.O. 1951 a. Seasonal variation in composition of birch leaves. *Physiol. Plant.* 4: 461—469.
- 1951 b. Chemical composition of birch leaves from drained mire both fertilized with wood ash and unfertilized. *Svensk Bot. Tidskr.* 45(2): 309—319.
- Turner, J. 1977. Effect of nitrogen availability on nitrogen cycling in a Douglas-fir stand. *For. Sci.* 23: 307—316.
- Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitöisyyksistä. Referat: Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. *Commun. Inst. For. Fenn.* 45(4): 1—108.
- van den Driessche, R. 1974. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *Botan. Rev.* 40(3): 347—394.
- van Goor, C.P. 1978. The comparability of chemical analysis of leaf samples. *Dorschkamp Re. Inst. For. and Landscape Plan. Rep.* 138. Wageningen, Netherlands.
- Veijalainen, H. 1978. Metsäpuiden latvakadon esiintymisestä Suomessa. Summary: Occurrence of die-back of forest-trees in Finland. Suontutkimusosaston tiedonantoja 1: 1—22.
- Viro, P.J. 1955. Investigations on forest litter. Selostus: Metsäkariketutkimuksia. *Commun. Inst. For. Fenn.* 45(6): 1—65.
- 1974. Fertilization on birch. Selostus: Koivun lannoitus. *Commun. Inst. For. Fenn.* 81(4): 1—38.
- Vitousek, P. 1982. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *American Naturalist* 119(4): 553—572.
- & Reiners, W. 1975. Ecosystem succession and nutrient retention: a hypothesis. *BioScience* 25(6): 376—381.
- Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnuksien suhteesta kasvu-paikkatyypin ja puuston kasvupotentiaaliin. *Acta For. Fenn.* 172: 1—77.
- Wikner, B. 1983. Distribution and mobility of boron in forest ecosystems. In: Kolari, K.K. (ed.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings of international workshop and excursion held in Jyväskylä and Kivisuo, Finland, 10.—13. October, 1982. Seloste: Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Jyväskylässä ja Kivisuolla 10.—13. lokakuuta pidetyn kansainvälisen symposiumin esitelmäraportit. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 131—141.
- Winer, B.J. 1971. Statistical principles in experimental design. McGraw — Hill. New York. 907 s.

Total of 67 references

ODC 176.1 *Betula pubescens* + 160.2 + 161
ISBN 951-40-0689-5
ISSN 0015-5543

FERM, A. & MARKKOLA, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia For.* 613: 1—28.

Leaves, twigs and buds were sampled for studying nutritional variation in eight pubescent birch stands. Comparisons were made according to sampling date, stand age and site. A birch stand showing symptoms of disturbed growth was included in the study.

The sampling date had a great effect almost on every nutrient content studied. Young coppice stands had higher foliar ash and macronutrient contents than other stands. Foliar nitrogen, magnesium and iron contents were higher in stands on peatland, whereas phosphorus, manganese, boron and zinc contents were higher on mineral soil. The observed growth disturbance was apparently due to low boron contents in leaves and twigs. Nutrient removal from senescing leaves was determined. The proportional retranslocation of phosphorus was great especially in mature peatland stands.

Authors' addresses: *Ferm*: The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, SF-69100 Kannus. *Markkola*: University of Oulu, Department of Botany, SF-90570 Oulu.

ODC 176.1 *Betula pubescens* + 160.2 + 161
ISBN 951-40-0689-5
ISSN 0015-5543

FERM, A. & MARKKOLA, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia For.* 613: 1—28.

Leaves, twigs and buds were sampled for studying nutritional variation in eight pubescent birch stands. Comparisons were made according to sampling date, stand age and site. A birch stand showing symptoms of disturbed growth was included in the study.

The sampling date had a great effect almost on every nutrient content studied. Young coppice stands had higher foliar ash and macronutrient contents than other stands. Foliar nitrogen, magnesium and iron contents were higher in stands on peatland, whereas phosphorus, manganese, boron and zinc contents were higher on mineral soil. The observed growth disturbance was apparently due to low boron contents in leaves and twigs. Nutrient removal from senescing leaves was determined. The proportional retranslocation of phosphorus was great especially in mature peatland stands.

Authors' addresses: *Ferm*: The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, SF-69100 Kannus. *Markkola*: University of Oulu, Department of Botany, SF-90570 Oulu.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

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

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

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

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

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

Punkaharjun jalostuskoelasema
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 30, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

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

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

- No 603 Palmgren, Kristina: Muokkauksen ja kalkituksen aiheuttamia mikrobiologisia muutoksia metsämaassa. Microbiological changes in forest soil following soil preparation and liming.
- No 604 Pelkonen, Paavo: Temperature response of electrical impedance in poplar cuttings: A preliminary concept. Poppelipistokkaiden impedanssin riippuvuus lämpötilasta: Alustava malli.
- No 605 Hutunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1982—84. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1982—84.
- No 606 Arbetsorganisation i skogsbruket. Slutrapport för ett projekt vid Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd under perioden 1981—1983. The organization of work in forestry. Metsätalouden työorganisaatio.
- No 607 Jokinen, Katriina: Männyn tyvitervastaudin leviäminen ja torjunta harmaaorvakalla (*Phlebiopsis gigantea*) männyn taimikoiden harvennuksessa. The spread of *Heterobasidion annosum* and its control using *Phlebiopsis gigantea* during thinnings in the young stands of Scots pine.
- No 608 Savonen, Eira-Maija & Lähde, Erkki: Paakun taimimäärän vaikutus männyntaimien kehitykseen. Effects of seedling density on the development of containerised Scots pine seedlings.
- No 609 Lehto, Tarja: Kalkituksen vaikutus männyn mykoritsoihin. The effects of liming on the mycorrhizae of Scots pine.
- No 610 Repo, Tapani, Mela, Martti & Valtanen, Jukka: Männynversosyöväälle altiiden ja vastustuskykyisten taimialkuperien 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 lämpösunnan 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 suometsät 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 Metsätalastollinen 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 ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista. Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal för användning vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och slipertimmer.

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

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

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

ISBN 951-40-0689-5
ISSN 0015-5543