

FOLIA FORESTALIA 558

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

ARI FERM JA SEPPO KAUNISTO

LUONTAISESTI SYNTYNEIDEN KOIVUMETSIKÖIDEN MAANPÄÄLLINEN LEHDETÖN BIOMASSATUOTOS ENTISELLÄ TURPEENNOSTOALUEELLA KIHNIÖN AITONEVALLA

ABOVE-GROUND LEAFLESS BIOMASS PRODUCTION OF NATURALLY GENERATED BIRCH STANDS IN A PEAT CUT-OVER AREA AT AITONEVA, KIHNIÖ



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

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

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja 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 558

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

Ari Ferm ja Seppo Kaunisto

LUONTAISESTI SYNTYNEIDEN KOIVUMETSIKÖIDEN
MAANPÄÄLLINEN LEHDETÖN BIOMASSATUOTOS
ENTISELLÄ TURPEENNOSTOALUEELLA
KIHNIÖN AITONEVALLA

Above-ground leafless biomass production of naturally generated
birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö

FERM, A. & KAUNISTO, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia For.* 558:1—32.

Tutkimuksessa selvitettiin suonpohjan turpeelle luontaisesti syntyneiden koivu- ja pajumetsiköiden runko- ja oksapuun määrää ja tuotosta sekä maan ominaisuuksien vaikutusta puuston kehitykseen eräällä Suomen vanhimmista turvetuotantoalueista, Kihniön Aitonevalla (62°12'N, 23°18'E). Metsiköt olivat pääosin rauduskoivuvaltaisia. Kaikkien puulajien yhteinen runkoluku oli keskimäärin 25 000 kpl/ha, josta kuolleiden puiden osuus oli lähes puolet. Puuston itseharveneminen oli sitä runsaampaa, mitä suurempi oli kokonaisrunkoluku. Keskimääräinen rinnankorkeusikä oli 14 v, valtapituus 11 metriä ja pohjapinta-ala 21 m²/ha.

Metsiköiden runko- ja oksapuun kuivamassa oli keskimäärin 59 t/ha, joskin vaihtelu oli varsin suurta. Oksien osuus oli keskimäärin 19 %. Runko- ja oksapuun keskimääräinen tuotos oli 4,3 t/ha/v. Runkopuun vuotuinen juokseva tuotos kuoretta oli tätä suurempi: keskimäärin 4,9 t/ha suurimman arvon ollessa 7,7 t/ha.

Mitä enemmän oli kuolleita puita ja mitä pienempi oli elävien koivujen osuus runkoluvusta, sitä suurempi oli metsikön kokonaisuudessa ja tuotos. Paras tuotos oli metsiköissä, joissa elävien koivujen runkoluku oli mitaushetkellä 6000—10 000 kpl/ha.

Kuolleiden sekä elävien ja kuolleiden puiden yhteinen lukumäärä samoin kuin puuston pohjapinta-ala, kokonaisuudessa, runkomassa ja tuotos korreloivat positiivisesti kivennäismaan vaihtuvan kaliumin ja negatiivisesti turpeen liukoisien fosforin kanssa. Näyttää siltä, että puusto ei alueella enää saanut turpeesta riittävästi liukoista fosforia ja oli näin fosforin osalta riippuvainen kivennäismaan fosforista. Osa puustosta on todennäköisesti ollut niin matalajuurista, että se on kyennyt käyttämään vain turpeessa olevia ravinteita. Tällöin nimenomaan fosforin puutos turpeessa on lisännyt kuolleisuutta. Kivennäismaassa näyttäisi fosforia olleen kuitenkin riittävästi koko alueella, joten sen vaihtelu ei vaikuttanut kasvuun. Sen sijaan vaihtuvaa kaliumia oli kivennäismaassa liian vähän, joten varsinaisesti kasvua sääteleväksi tekijäksi näytti muodostuvan kivennäismaan kaliumin määrä.

The investigation deals with the biomass production (stem and branch) of mixed birch and willow stands naturally generated in a peat cut-over area, as well as the effect of soil properties on the development of the stands. The stands were located in one of the oldest peat harvesting areas in Finland at Aitoneva, Kihniö (62°12'N, 23°18'E).

Nineteen sample plots were prepared for coppice and fertilization experiments in the stands. Before the treatments the stand characteristics on the plots were measured.

The sample plots were mainly dominated by silver birch (*Betula pendula*). The average stem number of all tree species was 25 000 stems/ha, the proportion of dead trees being nearly 50 %. More selfthinning occurred as the total stem number increased. The mean breast-height age was 14 years, dominant height 11 m and basal area 21 m²/ha.

The mean dry mass of stem and branchwood (including bark) was 59 t/ha, although the variation was quite large. The proportion of branches was 19 % on the average. The mean annual increment of stem and branchwood with bark was 4,2 t/ha/yr. The current annual increment of barkless stemwood was higher the average being 4,9 t/ha and the highest value 7,7 t/ha.

The greater the number of dead trees and the smaller the share of live birches out of stem number the higher were the total mass and yield of the stand. The highest biomass production was in stands where the stem number of live birches was 6 000—10 000 stem/ha at the measuring time.

The number of dead trees and the combined number of dead and live trees as well as the basal area, total mass, stem mass and yield of the stand correlated positively with the exchangeable potassium in mineral soil and negatively with the easily soluble phosphorus in peat. It seems likely that the trees were unable to receive sufficient amounts of soluble phosphorus from peat and therefore were dependent on the phosphorus supply of mineral soil. Some trees must have had so shallow roots that they were able to use only the nutrients supplied by peat. In such cases it was the shortage of phosphorus in peat that increased mortality. There seemed to have been enough phosphorus in mineral soil throughout the entire area so that its variation did not affect growth. On the other hand, the mineral soil contained too little potassium so that the actual growth regulating factor was the amount of potassium in mineral soil.

ODC 537 + 176. 1 *Betula* + 2—114.444

ISBN 951-40-0618-6

ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO JA MITTAUKSET	5
21. Tutkimusalue	5
22. Kasvualusta	6
23. Puusto	6
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	8
31. Kuivamassan määrä	8
311. Laskenta	8
312. Kokonaismassa ja sen jakautuminen	9
313. Tuotos	10
314. Massa- ja muiden puustotunnusten väliset suhteet	11
32. Itseharveneminen	11
33. Kasvualustan ominaisuuksien keskinäinen vertailu	12
34. Massa- ja muiden puustotunnusten riippuvuus kasvualustan ominaisuuksista	13
341. Runkoluku, ikä, pituus ja pohjapinta-ala	13
342. Kokonaismassa ja sen jakautuminen	15
343. Tuotos	16
4. PÄÄTELMÄ	17
KIRJALLISUUTTA	18
SUMMARY	20
LIITETAULUKOT	23

SYMBOLIT — SYMBOLS

n	= Koepuiden lukumäärä <i>Number of sample trees</i>
d	= Rinnankorkeusläpimitta, mm <i>Breast height diameter, mm</i>
h	= Puun pituus, dm <i>Tree height, dm</i>
ppa	= Metsikön pohjapinta-ala, m ² /ha <i>Stand basal area, m²/ha</i>
s	= Keskihajonta <i>Standard deviation</i>
R ²	= Selitysaste, % <i>Coefficient of determination, %</i>

MAI	= Keskimääräinen vuotuinen tuotos, t/ha <i>Mean annual increment, t/ha</i>
CAI	= Vuotuinen juokseva tuotos (kuoretta), t/ha <i>Current annual increment (without bark), t/ha</i>
V	= Variaatiokerroin, % <i>Variation coefficient, %</i>

Tilastolliset testit — *Statistical tests*

*	= 5 % riskitaso — <i>risk level</i>
**	= 1 % " "
***	= 0,1 % " "

1. JOHDANTO

Turvetuotantoon soveltuvia suoalueita on arvioitu Suomessa nykykriteerein olevan yhteensä n. 500 000 ha, josta n. 100 000 ha on ilmastollisesti sellaisilla alueilla, ettei niitä ainakaan lähiaikoina voida käyttää (Turvetuotantokomitean mietintö 1983). Vuonna 1982 turvetuotantoon varattuja alueita oli n. 100 000 ha ja turvetta tuotettiin n. 38 000 hehtaarilla (Suoninen 1983, suullinen tieto).

Nykyisillä menetelmillä samalta suolta voidaan tuottaa turvetta keskimäärin n. 15 vuotta. Tämän mukaan poistuisi turvetuotantoalueita tuotannosta vuoteen 2000 mennessä n. 46 000 ha. Kun otetaan huomioon, että turvetuotantoa on harjoitettu laajenevassa mitassa jo 1970-luvun puolivälistä lähtien ja tulevaisuuden tuotantotavoitteet ovat vuoden 1982 saantoakin (16,5 milj. m³) korkeampia, voitaneen olettaa, että vuoteen 2000 mennessä turvetuotannon piiristä poistuu tuotantoalueita yli 50 000 ha (ks. myös Pohjonen 1982).

Edellä esitetyt luvut edustavat niin laajoja pinta-aloja, että sen paremmin taloudellisesti kuin maisemallisestikaan ei ole yhdentekevää, mitä niille tuotannon päätyttyä tapahtuu. Osa vapautuvasta maasta voitaneen ottaa maataloustuotantoon, joitakin ehkä padota tekojärviksi, mutta pääosalla vapautuvasta maasta lienee puuntuotanto useimmiten kysymykseen tuleva käyttömuoto.

Turvetuotantoalueet ovat tuotannon päättyessä tavallisesti tasaisia kenttiä, joilla sarkaojitus on usein vajavainen, mutta joilla valtaojien ja viemäreiden mitoitus yleensä tekee mahdolliseksi sarkaojituksen kunnostamisen puunkasvatusta varten. Pohjamaan päällä on vaihtelevanpaksuinen maatonut, verrattain runsastyyppinen turvekerros (Kaunisto 1979 ja 1982). Pohjamaan laatu saattaa vaihdella lajitekoostumukseltaan ja näin myös ravinteisuudeltaan hyvinkin paljon (Kaunisto 1982).

Metsänkasvatuskokeet turvetuotantoalueiden suonpohjilla ovat osoittaneet, että erilaiset kivennäisravinteita sisältävät aineet, kuten kivennäismaa, puuntuuhka ja turpeentuuhka lisäävät männyn taimien kasvua (Mi-

kola, P. & Mikola, I. 1958 ja Mikola 1975). Kauniston (1979) mukaan männyn taimet eivät menestyneet ilman PK-lannoitusta suonpohjalla, jonka ohuin turvekerros oli 40 cm, kun taas typen lisäys PK:n ohella oli tarpeeton.

Varhaisimmat suonpohjien metsänkasvatuskokeet kohdistuivat lähinnä männyn kasvatukseen ja näin ollen runkopuun tuotantoon. Viime aikoina on korostetusti puhuttu tehokkaan puubiomassaviljelyn, lähinnä pajun viljelyn mahdollisuuksista energialähteeksi turvetuotannosta vapautuneilla suonpohjilla (esim. Pohjonen 1980, 1982). Esimerkiksi Metsäntutkimuslaitos ja Pohjois-Suomen tutkimuslaitos ovat perustaneet kokeita entisille turvetuotantoalueille. Myös turvetuotannon jättömaalle luontaisesti syntyvän puuston kasvatuksesta on esitetty näkemyksiä ja jopa kannattavuusarvioita (Huusko ja Kiukaanniemi 1981).

Tämän tutkimuksen tekijät perustivat syksyllä 1981 Kihniön Aitonevalle luontaisesti syntyneisiin, käsittelemättömiin koivumetsiköihin harvennus- ja lannoituskokeen, jonka tarkoituksena on vertailla polttopuu- ja ainespuukasvatuksen eri vaihtoehtoja. Kokeita perustettaessa havaittiin koivumetsiköt erittäin kasvuisiksi. Tämän takia koivutiheiköiden massa- ja tuotosarviointi katsottiin tarpeelliseksi. Samalla haluttiin syventää tietoa turvesuonpohjan ominaisuuksista ja niiden vaikutuksista puuston biomassatuotukseen. Tässä tutkimuksessa biomassalla tarkoitetaan kaikkea puun kantoleikkauksen yläpuolella olevaa puu- ja kuoriainesta.

Tutkimus kuuluu osana Pera-projektin (puu energian raaka-aineena) B-osaprojektiin, jossa selvitetään lehtipuumetsiköiden biomassatuotosta ja vesametsäkasvatusta. Kirjoittajien kesken työ on jakautunut seuraavasti: Ari Ferm on vastannut puustoa koskevista mittauksista ja laskelmista sekä kirjoittanut näitä koskevat luvut 31 ja 32. Seppo Kaunisto on tehnyt maan ravinteiden ja erilaisten puustosta mitattujen suureiden välisten riippuvuussuhteiden tarkastelun ja kirjoittanut luvut 33 ja 34. Käsikirjoitus on tarkastettu yhdessä. Työn toteuttamisessa ovat sen eri vaiheissa avustaneet seuraavat henkilöt: työnjohtaja Olavi Kohal, tutkimusapulainen Jaakko Miettinen, laboratoriomestari Arja Ylinen, vanhempi suunnittelija Veli Haapanen, piirtäjä Irma

Honganpuhto, kanslistit Pirkko Marjamäki ja Paula Häkli sekä opiskelija Eija-Riitta Huuki.

Käännöstyön suomesta englanninkielelle on suorittanut fil. maist. Leena Kaunisto. Käsikirjoitukseen ovat tutustuneet professorit Eero Paavilainen, Eino Mälkö-

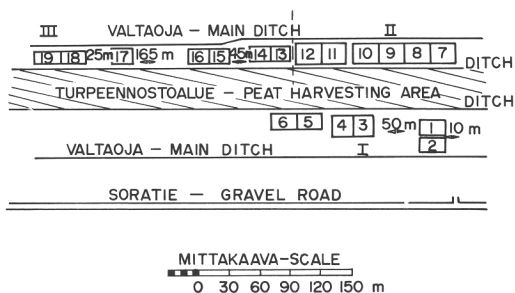
nen ja Yrjö Vuokila, maat.-metsät. tri Veli Pohjonen ja MH Jyrki Hytönen.

Kaikille edellä mainituille samoin kuin muillekin tutkimuksessa avustaneille henkilöille esitämme parhaat kiitoksemme.

2. AINEISTO JA MITTAUKSET

21. Tutkimusalue

Tutkimus tehtiin Kihniön Aitonevalle (62°12'N, 23°18'E, korkeus 158 m.p.y.) turvetuotannosta poistetulle suonpohja-alueelle luontaisesti syntyneissä koi-vu-pajumetsiköissä (kuva 1), joihin oli rajattu vaihtelevan suuruisia (300...500 m²) koealoja. Metsiköt ovat syntyneet 1960-luvun puolivälin jälkeen. Alueen ojitus ja koealojen sijoitus on esitetty kuvassa 2. Kummankin koealasarjan toisessa laidassa oli syvä veto-oja, joten kuivatus alueilla oli hyvä. Kuvasta 2 todetaan, että sarkaleveys oli jonkin verran pienempi koealoilla 7—19 kuin koealoilla 1—6. Mittaukset tehtiin loka—marras-kuussa vuonna 1981.



Kuva 2. Koealojen sijainti tutkimusalueella.

Fig. 2. Location of sample plots in the experimental area.



Kuva 1. Koealueen puustoa.

Fig. 1. A birch thicket in the experimental area.

Taulukko 1. Turpeen eräiden ominaisuuksien vaihteluväli, keskiarvo ja keskijajonta koealueella 0—10 cm:n pintakerroksessa.

Table 1. Range, mean and standard deviation of some properties in peat in 0—10 cm surface layer.

Mitattu ominaisuus Measured property	Vaihteluväli Range	Keskiarvo Mean	Keskijajonta Stand. dev.
pH	3,32—3,81	3,60	0,14
Johtoluku — Conductivity 10 μ S/cm	0,25—0,63	0,36	0,10
Liukoinen P — Soluble P mg/l	1,44—4,64	2,77	1,03
Vaihtuva K — Exchangeable K mg/l	31,4—94,2	54,81	18,05
NH ₄ — N, mg/l	2,92—12,3	7,62	2,56
NO ₃ — N, mg/l	2,51—12,7	5,90	3,78
Tot. N, %	1,09—2,26	1,72	0,31
Tot. N org., %	1,41—2,48	2,05	0,27
Orgaaninen aines kuiva-aineesta, %	62,9—95,4	83,8	9,90
Organic from dry matter			
Turveysyvyys — Peat depth, cm	16—63	37,7	12,50

Taulukko 2. Kivennäismaan eräiden ominaisuuksien vaihteluväli, keskiarvo ja keskijajonta koealueella.

Table 2. Range, mean and standard deviation of some mineral soil properties.

Mitattu ominaisuus Measured property	Vaihteluväli Range	Keskiarvo Mean	Keskijajonta Stand. dev.
pH	3,8—5,4	4,45	0,37
Johtoluku — Conductivity 10 μ S/cm	0,17—0,37	0,28	0,06
Liukoinen — Soluble P mg/l	1,4—8,2	3,11	1,96
Vaihtuva — Exchangeable K mg/l	5,0—15,5	9,82	2,23
Vaihtuva — Exchangeable Ca mg/l	26,6—446,9	190	104
Kokonais — Total P mg/l	85—710	294	166
Kokonais — Total K mg/l	530—2030	1171	337
Kokonais — Total Ca mg/l	485—1430	851	290

22. Kasvualusta

Koealojen 1—6 pinta oli poikkeuksellisen epätasain muodostuen matalahkoista harjanteista ja painanteista (n. 0.6—1.0 m:n korkeusero), jotka olivat syntyneet aikoinaan turvetuotannon yhteydessä. Muiden koealojen pinta oli tasaisempi. Jokaiselta koealalta mitattiin turpeen paksuus ja otettiin turvenäytteitä 0—10 cm:n pintaturvekerroksesta syksyllä 1981 sekä lisäksi kivennäismaanäytteitä välittömästi turvekerroksen alta 0—10 cm:n kerroksesta keväällä 1982. Koealakohdaiset turve- ja kivennäismaanäytteet koostuivat viidestä systemaattisesti eri puolilta koealaa otetusta osanäytteestä, jotka yhdistettiin yhdeksi koealaa edustavaksi näytteeksi. Turpeesta määritettiin NH₄- ja NO₃-typpi, totaalityppi, orgaanisen aineksen osuus, pH vedessä (turve/vesi 1/5 tilavuusyksikköinä), johtoluku, ammoniumasetatiliuoksen fosfori ja vaihtuva kalium. Kivennäismaasta määritettiin neljän viimemainitun lisäksi kokonaisfosfori, -kalium, -kalsium ja vaihtuva kalsium.

Koealueilla liukoista fosforia oli turpeessa erittäin vähän, mutta kaliumia kohtalaisesti (taulukko 1) (vrt. esim. Kurki 1972, Kaunisto 1971, Kaunisto & Paavilainen 1977). Vaihtelu oli kuitenkin varsin suuri. Orgaanisen ainesosan kokonaistyyppipitoisuus oli verrattain korkea, mutta mineraalityppeä oli huomattavasti vähemmän kuin Kauniston (1979) läheiseltä männynistutusalueelta keräämässä aineistossa. Turpeen pH oli alhainen, kuten aikaisemminkin on todettu kyseistä turvetuotantoaluetta koskevista määrittelyissä (Kaunisto

emt.). Turpeen syvyys ja orgaanisen aineksen osuus vaihtelivat verrattain paljon, mutta keskimäärin orgaanisen aineksen osuus oli kuitenkin varsin korkea.

Kivennäismaa oli lajittunutta. Lajitekoostumuksesta yli puolet (53 %) oli hienoa hiekkaa, noin 25 % karkeata hiekkaa, noin 7 % hienoa soraa ja noin 10 % karkeata hietaa. Taulukossa 2 on esitetty eräitä kivennäismaan keskimääräisiä analyysituloksia ja niiden vaihtelua koealueella. Kurjen (1972) peltomaiden analyysien keskimääräisiin hienon hiekan arvoihin verrattuna oli sekä liukaisen fosforin että kaliumin määrä erittäin alhainen, kumpikin vain n. 10 %:a Kurjen ilmoittamista arvoista. Kivennäismaassa keskimääräinen kokonaisfosforin määrä oli lähes ja kokonaiskaliumin määrä yli satakertainen liukoiseen osaan verrattuna. Koska turve- ja kivennäismaanäytteet otettiin eri ajankohtina, ne eivät täysin ole keskenään vertailukelpoisia.

23. Puusto

Koealojen keskelle perustettiin 100 m²:n ympyräkoealat. Koealoilta luettiin puusto 1 cm:n tasaavalla luokituksella. Raudus- ja hieskoivu erotettiin toisistaan (ks. Raulo 1981), mutta puiden pienen koon ja mittausajankohdan vuoksi tähän on suhtauduttava varauksella. Pystykoepuut (raudus ja hies erikseen)

Taulukko 3. Eräiden puustotunnusten vaihteluväli, keskiarvo ja keskihajonta.
 Table 3. Range, mean and standard deviation of some tree characteristics.

Tunnus — Measured quantity	Vaihteluväli Range	Keskiarvo Mean	Keskihajonta Stand. dev.
Runkoluku — No. of stems, kpl/ha	13800—35800	24700	8031
Elävät puut — No of live trees	6500—25300	12700	5126
Kuolleet puut — No of dead trees	1900—20600	12000	6317
Kuolleisuus — Mortality, %	9—67	47	17
Ikä — Age	11—16	13,7	1,4
Latvussuhde — Crown ratio, %	37—73	50	8,6
Keskipituus — Mean height, m	6,7—10,6	8,7	1,1
Valtapiuus, m — Dominant height, m	8,7—13,2	11,2	1,4
Pohjapinta-ala — Basal area, m ² /ha	14,6—27,1	20,9	3,9

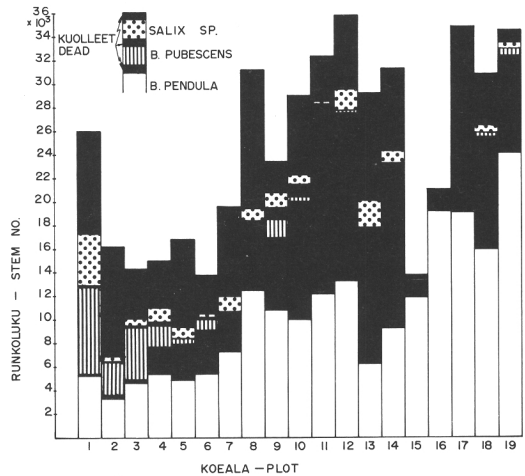
valittiin puiden luvun yhteydessä siten, että koepuita tuli kunkin koealan runkolukusarjan puitteissa 10—15 kpl/koeala/puulaji, jolloin jokaista läpimittaluokkaa edusti vähintään yksi satunnaisesti valittu koepuu. Kaatokoepuita, jotka punnittiin, poimittiin yhteensä 57 kpl. Ne pyrittiin saamaan koko koealueen runkolukusarjan kattavasti varmistaen, että mukaan tuli myös isoja ja pieniä puita.

Kaatokoepuista mitattiin läpimitta rinnan- ja kannonkorkeudelta puiden ollessa pystyssä. Kaadetusta koepuusta mitattiin pituus, puolelta korkeudelta läpimitta, latvusraja (= alimman elävän oksan korkeus maanpinnasta) ja viimeisen vuoden pituuskasvu. Koepuista karsittiin oksat ja punnittiin elävät ja kuivat oksat erikseen. Punnitustarkkuus oli 0.01 kg.

Elävistä ja kuivista oksista otettiin kosteusnäytteet siten, että oksanipusta sahattiin n. 10 cm:n etäisyydeltä tyvestä n. 20 cm:ä pitkä nippu. Oksien lisäksi punnittiin runkopuu, päärunko ja selvät haarat erikseen. Runkopuun kosteusnäytettä varten sahattiin rinnankorkeudelta n. 3 cm:n paksuinen kiekko, jonka katsottiin riittävän koko rungon kosteusnäytteeksi (esim. Hakkila 1979, Auclair ja Metayer 1980, Björklund ja Ferm 1982). Kosteusnäytteitä kuivattiin 2 vrk 105°C:ssa. Niiden kuiva- ja tuoremassan suhdetta käytettiin laskelmissa koepuiden kuiva-ainemäärityksessä. Lisäksi rinnankorkeudelta otetuista kiekkoista laskettiin ikä ja mitattiin viiden vuoden sädekasvu.

Elävien ja kuolleiden puiden lukumäärä vaihteli huomattavasti eri koealoilla kuolleiden puiden määrän ollessa eräillä koealoilla jopa 67 % runkoluvusta (taulukko 3, kuva 3). Valtaosa kuolleista puista oli pienissä, 1 ja 2 cm:n läpimittaluokissa. Koealat 1, 2 ja 5 olivat runkoluvun perusteella pajuvaltaisia, mutta muut koivuvaltaisia. Pajujen vaikutus metsikön massakertymään oli kuitenkin vähäinen, koska pajut kuuluivat pienimpiin läpimittaluokkiin ja niistä 66—100 % oli kuolleita.

Puuston keski-ikä laskettiin rinnankorkeudelta sekä puiden läpimitalla että pohjapinta-alalla painottaen.



Kuva 3. Elävien ja kuolleiden puiden lukumäärä eri koealoilla.

Fig. 3. Number of live and dead trees on the plots.

Vaikka näin lasketut keski-ikä eroavat jonkin verran toisistaan, käytetään tuloksia tarkasteltaessa vain pohjapinta-alalla painotettua keski-ikää. Keskimääräinen ikä oli 14 vuotta. Tyvestä ja rinnankorkeudelta otettujen ikänäytteiden vertailun mukaan biologisen iän ja rinnankorkeusiän ero oli keskimäärin vain kaksi vuotta.

Koemetsiköiden keskimääräinen valtapiuus oli 11,2 (s = 1,4) m usean metsikön ollessa valtapiuudeltaan yli 13,0 m. Keskipituus oli eri metsiköissä 1,5—3,0 m pienempi kuin valtapiuus.

3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

31. Kuivamassan määrä

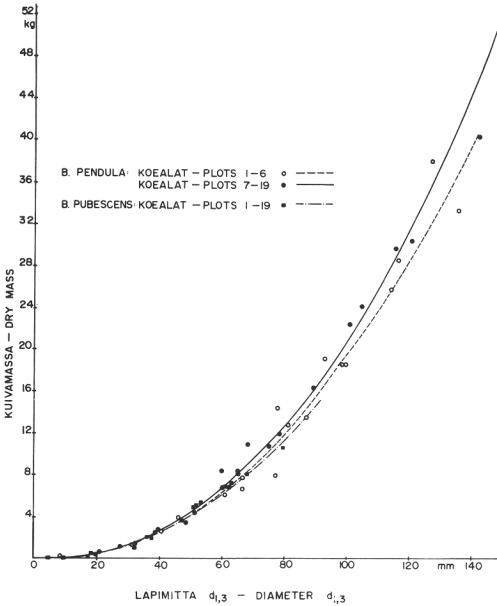
311. Laskenta

Punnituskoepuiden kuivamassan ja rinnankorkeusläpimitan riippuvuus on esitetty kuvissa 4 (runkomassa) ja 5 (oksamassa). Runkopuun massa-arvot vastaavat hyvin esimerkiksi Hakkilan (1979) kuivapainotaulukoissa samankokoisille koivuille esittämiä arvoja.

Koelakohtaiset kuivamassat laskettiin summaamismenetelmällä käyttäen apuna runkolukusarjan sekä koepuuaineiston perusteella laadituista regressiomalleista saatuja yksikkömassoja. Mallit olivat muotoa $y = ax^b \varepsilon$, joihin päästiin logaritimuunnoksen avulla. Muunnoksen aiheuttama aliarvio korjattiin lisäämällä vakioon kerroin $s^2/2$ (esim. Meyer 1941). Korjauksen vaikutus oli vähäinen ollen runkopuulle pienempi kuin oksapuulle ja hieskelle suurempi kuin rau-

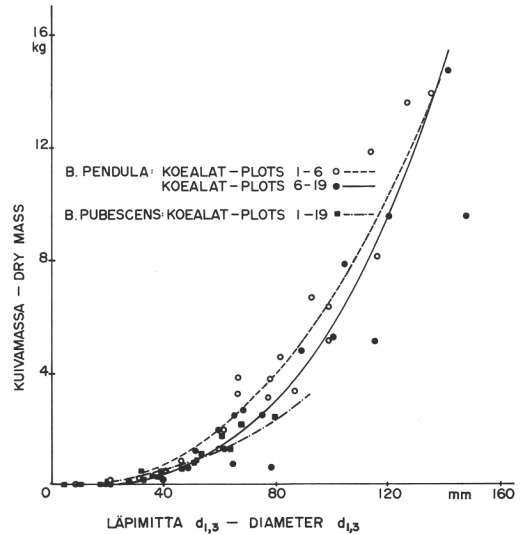
dukselle. Korjauksen käyttöön mm. Madgwick ja Satoo (1975) suhtautuvat varauksella, sillä sen vaikutus peittyi helposti metsikön sisäiseen vaihteluun. Yhtälöissä oli selittävänä tekijänä vain rinnankorkeusläpimita, koska esimerkiksi pituuden lisääminen malleihin ei tuonut lisäselitystä (ks. myös Payandeh 1981).

Koepuuaineiston yhdistäminen saattaa aiheuttaa virheitä sovellettaessa yhteistä yhtälöä yksittäiselle koelalle (Koerper ja Richardson 1980, Madgwick ja Kreh 1980). Erityisesti oksamassa vaihtelee puuston tiheyden mukaan, joten luotettavan kuvan saamiseksi olisi pitänyt kaataa ja punnita suuri määrä koepuita joka koelalta. Koska tätä ei suuren työmäärän vuoksi pidetty mahdollisena, tyydyttiin kompromissiin, jossa rauduskoivun runko- ja oksamassa laskettiin koeloille 1–6 omilla ja koeloille 7–19 omilla yhtälöillään (Liitetaulukko 1). Hieskoivulle niiden vähäisyyden vuoksi tehtiin yhteiset yhtälöt koko alueelle. Pajujen massa laskettiin hieskoivun yhtälöillä. Yhtälöi-



Kuva 4. Punnituskoepuiden rungon kuivamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

Fig. 4. Dependence of the stem dry mass of weighed sample trees on breast-height diameter.



Kuva 5. Punnituskoepuiden oksamassan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.

Fig. 5. Dependence of the branch mass of weighed sample trees on breast-height diameter.

den variaatiokertoimet, jotka laskettiin Björklundin ja Fermin (1982) esittämällä tavalla, olivat rauduskoivun runkopuulle 10—15 % ja oksapuulle 27—44 %. Hieskoivun yhtälöiden variaatiokertoimet olivat jonkin verran suuremmat. Myöhemmin verrattiin käytettyjen regressioyhtälöiden toimivuutta painotetulla lineaarisella regressioanalyysillä laadittuihin yhtälöihin (Cunia 1964) koelajien kokonaismassaestimaattien laskennassa. Vaikka esimerkiksi Cunia (1979) pitää biomassamittauksissa lineaarisesta painotettua regressioanalyysia perustellumpana kuin tässä tutkimuksessa käytettyä mallia, ei tulos nyt oleellisesti muuttunut tai parantunut.

Keskimääräinen vuotuinen tuotos (MAI) saatiin jakamalla eri kuivamassaositteet rinnankorkeudelta määritetyllä iällä ja runkopuun kuoreton tuotos (CAI) taas laskettiin Ilvessalon (1948) kasvunlaskentamenetelmää soveltaen (5 viimeistä vuotta). Koivun kuoren osuus saatiin Ilvessalon (emt.) taulukoista ja Björklundin ja Fermin (1982) tulok-
sista johtamalla.

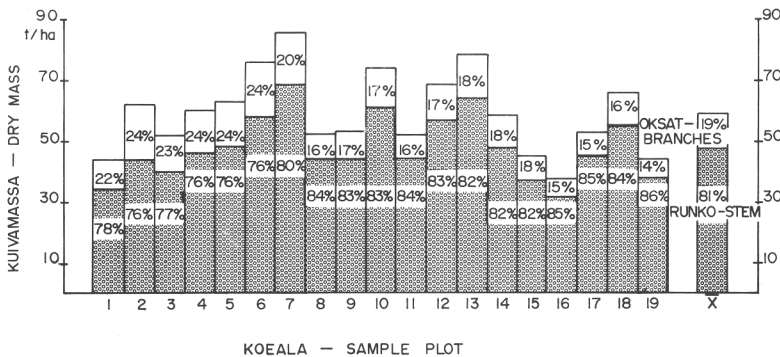
312. Kokonaismassa ja sen jakautuminen

Tarkasteltaessa puuston biomassaa eri koaloilla kiinnittyy huomio siihen, että ulkoisesti varsin homogeenisen näköisissä metsiköissä voi puubiomassan määrä vaihdella erittäin paljon (kuva 6). Puustojen biomassaa ilman lehtiä oli keskimäärin 59 (s = 13) t/ha. Suurin arvo oli 85 t/ha ja pienin 37 t/ha. Rauduskoivun osuus kokonaismassasta vaihteli välillä 64—100 %.

Kovin monia koivun biomassatutkimuksia ei ole maassamme tai muissakaan Pohjoismaissa julkaistu. Seuraavassa asetelmassa esitetään vertailuksi eräistä suomalaisista tutkimuksista poimitut runko- ja oksapuun yhteenlasketut massat:

Metsikön ikä, v.	Puulaji	Kasvupaikkatyyppi	Massa, t/ha	Lähde
10	Hies	RhSR mu (turvekangas)	40	Björklund ja Ferm 1982
14	Raudus/hies	Suonpohja	59	Tämä tutkimus
20	Hies	OMT	38	Mälkönen ja Saarsalmi 1982
40	Hies	OMT	106	”
40	Raudus/hies (lievästi harvennettu)	OMT	87	Mälkönen 1977

Tutkimusmetsiköiden vertaaminen kotimaisiin koivumetsiköiden kehityssarjoihin on vaikeaa, koska sarjoja ei ole tehty massa-arvoihin perustuvina ja vanhaa polttoturve-suonpohjaa vastaavaa kasvupaikkaa tavallisilta metsämailta on vaikea osoittaa. Ehkä turvekankaat olisivat parhaita vertailukohteita. Vertailukohtaan saamiseksi todettakoon, että metsiköiden arvioitu keskimääräinen runkotilavuus kuorineen oli 105 (s = 22,5) m³/ha. Tämä on saatu Erkkilän (1981) sekä Björklundin ja Fermin (1982) esittämiä koivun kuivatuoretiheyslukuja apuna käyttäen.



Kuva 6. Puuston maanpäällisen osan kokonaiskuivamassa ilman lehtiä ja sen jakautuminen eri koaloilla.

Fig. 6. Total dry mass of the above-ground part without leaves and its division on different plots.

Oksien määrä vaihteli metsiköittäin 14—24 % keskiarvon ollessa 19 % (kuva 6, $s = 3$ %).

Esitetyistä puuston kokonaismassan määrästä puuttuu poistuma. Ilvessalon ja Ilvesalon (1975) raudusvoittoisille metsiköille esittämistä poistumaluvuista johtamalla saatu tutkimusmetsiköiden kokonaistuotos voitaneen karkeana arviona olettaa noin 25 % suuremmaksi kuin nykyisen puuston biomassassa.

313. Tuotos

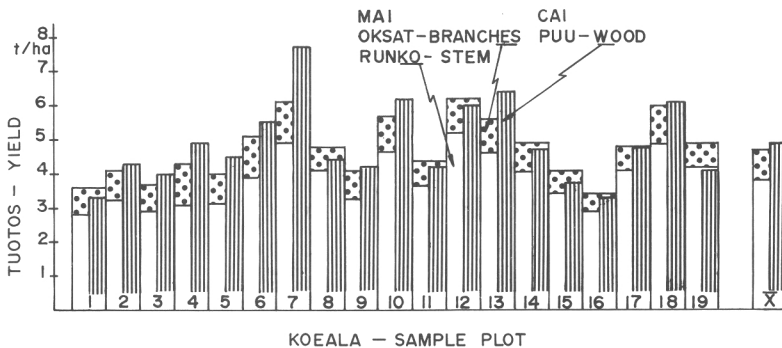
Tutkimuksen tuotosarviot olivat varsin suuria. Koko puubiomassan keskimääräinen vuotuinen tuotos pohjapinta-alalla painotettuna oli 4,3 ($s = 0,9$) t/ha ja läpimitalla painotettuna (kuva 7) jonkin verran korkeampi. Runkopuulle vastaava arvo oli 3,5 ($s = 0,8$) t/ha. Keskimääräiseen tuotokseen verrattuna kasvu oli vielä selvästi kohoava, sillä kuorettoman runkopuun vuotuinen juokseva tuotos oli edellämainittua korkeampi (4,9 t/ha, $s = 1,2$) suurimman juoksevan vuotuisen kuorettoman runkopuutuotoksen ollessa peräti 7,7 t/ha (kuva 7).

Aineiston suuri runkolukumäärän vaihtelu tarjosi mahdollisuuden tarkastella tuotosta myös puiden lukumäärän funktiona. Liitetaulukosta 2 todetaan, että kokonaismassa oli riippumaton kokonaisrunkoluvusta (elävät + kuolleet). Sen sijaan keskimääräiset vuotuiset runkopuun tuotosluvut korreloivat positiivisesti kokonaisrunkoluvun kanssa.

Tarkasteltaessa pelkästään elossa olevien puiden ja massa- ja tuotostunnusten välistä riippuvuutta todetaan, että elävien puiden ja kokonaismassan välillä vallitsi tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Pohjapinta-alalla painotetun keskimääräisen vuotuisen tuotoksen ja elävien puiden lukumäärän välillä vallitsi lievä negatiivinen sekä elävien puiden lukumäärän ja kuorettoman juoksevan vuotuisen runkopuutuotoksen välillä myös lievä negatiivinen korrelaatio. Korrelaatio ei kummassakaan tapauksessa ollut tilastollisesti merkitsevä. Aineistosta laskettiin lisäksi regressioanalyysit käyttäen kokonaisrunkolukua ja elävien puiden lukumäärää sekä näiden neliöitä kokonaismassan ja tuotostunnusten selittäjinä. Yhdessäkään tapauksessa ei neliötermi kuitenkaan tullut mukaan yhtälöön.

Tulosten perusteella näyttää siltä, että mitaushetkellä ja siitä eteenpäin olisi voitu saavuttaa suurempi vuotuinen juokseva runkopuutuotos tutkimuksessa esiintyneitä jonkin verran pienemmillä elävien puiden lukumäärillä, vaikkakin kokonaismassa vielä oli kokonaisrunkoluvusta (elävät + kuolleet) riippumaton.

Tuotosta tarkasteltiin myös puuston iän funktiona. Liitetaulukosta 2 havaitaan, että kokonaismassan ja läpimitalla painotetun iän välillä vallitsee tilastollisesti merkitsevä positiivinen korrelaatio. Regressioanalyysissä riippuvuutta kuvasi suora $y = 4,16x + 7,11$ ($F = 6,87^{**}$, $R^2 = 30,0$ %). Neliötermi ei tullut mukaan yhtälöön. Keskimääräisen tuotoksen sekä kuorettoman vuotuisen juok-



Kuva 7. Keskimääräinen vuotuinen tuotos (MAI, jakajana rinnankorkeusikä) ja sen jakautuminen rungon ja oksien osalle sekä runkopuun vuotuinen juokseva tuotos (CAI, viisi viimeistä vuotta) eri koelohilla.

Fig. 7. Mean annual increment (MAI, breast-height age as divisor) and its division to stem and branches as well as the current annual stemwood increment (CAI, the last five years) on the plots.

sevan runkopuutuotoksen ja puuston iän väliset korrelaatiot vaihtelivat jonkin verran iän laskutavasta riippuen, mutta ainoassakaan tapauksessa ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tutkimusalueella olevan koivu—pajutiheikön keskimääräinen vuotuinen tuotos oli lisääntyvä ainakin 14—15 vuoden ikään saakka ja että vuotuisessa juoksevassa runkopuutuotoksessakaan ei vielä voitu todeta kasvun taantumaa iän funktiona.

Aikaisempien tutkimusten tuloksiin verrattessa edellä esitetyt tuotosluvut ovat varsin korkeita. Issakainen (1981) sai ravinteisten turvemaiden hieskoivikoiden keskimääräiseksi runko- ja oksapuun kuiva-ainetuotokseksi 4 t/ha 15 vuoden iällä. Nygrenin (1981) mittaamien 7—12-vuotiaiden raudus-hiestiheiköiden vuotuinen runkopuun tuotos oli 1,0—5,9 t/ha. Etelä-suomalaisen 40-vuotiaan OMT-koivikon runkopuun vuotuinen kuoreton tuotos oli 2,7 t/ha (Mälkönen 1977). Mälkönen ja Saarsalmi (1982) ovat arvioineet vuotuiseksi runkopuutuotokseksi 20-vuotiaalle OMT-koivikolle 2,6 t/ha ja 40-vuotiaalle 3,4 t/ha. Metsämaiden keskimääräiseksi vuotuiseksi tuotokseksi Suomessa on arvioitu n. 1,0—1,5 t/ha (Luukkanen 1973, Kuusela 1982).

Edellämäinittuja korkeammista tuotosluvuista tai -odotuksista puhutaan puiden voimaperäisen lyhytkiertoviljelyn yhteydessä. Esimerkiksi Cannell ja Smith (1980) ovat esittäneet lauhkealla vyöhykkeellä tapahtuvalle lyhytkiertoviljelylle ”työmaksimina” tuotostasoa, joka on 10—12 t/ha.

314. Massa- ja muiden puustotunnusten väliset suhteet

Liitetaulukossa 2 on esitetty eräiden puusto- ja massatunnusten väliset korrelaatiokertoimet. Keskipituus, valtapituus ja pohjapinta-ala korreloivat kaikkien massatunnusten kanssa. Itseasiassa tutkimusmetsiköiden kokonaiskuivamassa voitaisiin määrittää esim. keskipituuden ja pohjapinta-alan perusteella. Kokonaisuudessaan sekä tekijän $h \times ppa$ välinen riippuvuus oli lineaarinen ($r = 0.986$, $p < 0.001$). Massayhtälö on: $y = -26,45 + 3,84(h) + 2,48(ppa)$, missä $y =$ kokonaisuudessaan, t/ha; $h = m$, $ppa = m^2/ha$; $R^2 = 0.968$. Myös runkolukua ja pohjapin-

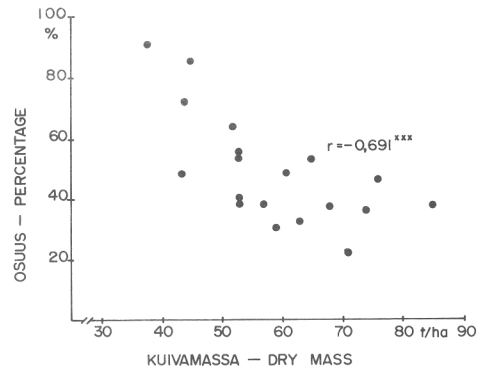
ta-alaa käyttämällä päästiin varsin hyvään tulokseen.

Oksamassan ja runkoluvun välillä oli erittäin merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Esimerkiksi Madgwick ja Kreh (1980) ovat laskeneet eri-ikäisten *Pinus virginiana* -metsiköiden oksamassan määrän regressioyhtälöllä, jossa ainoana selittäjänä tekijänä oli puuston runkoluku. Valikoivan regressioanalyysin perusteella parhaimmaksi osoittautui kuitenkin yhtälö, jossa selittäjänä oli vain keskipituus ($y = -13,94 + 2,88(h)$, missä $y =$ oksamassa, t/ha; $h = m$, $R^2 = 0.840$).

32. Itseharveneminen

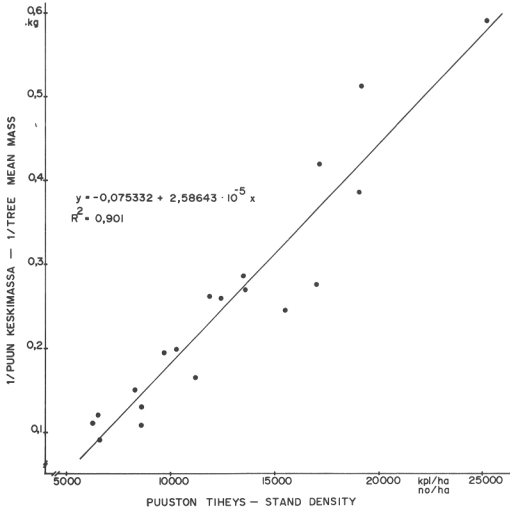
Mitä enemmän tämän tutkimuksen koaloilla oli kuolleita puita ja toisaalta mitä pienempi oli elävien koivujen osuus runkoluvusta, sitä suurempi oli puuston massa (kuva 8). Näyttää siltä, että metsiköt olisivat itseharvenemisessa sellaisessa vaiheessa, että toisissa metsiköissä (pienempi tuotos) on suuri määrä pieniä puita, kun taas toisissa metsiköissä (suurempi tuotos) on vähemmän, mutta suurempia puuyksilöitä. Mikäli nämä erot syntyvät täsmälleen samassa kehitysvaiheessa, selitys on löydettävissä kasvualusten ravinteisuuseroista (ks. Yoda ym. 1963), ts. itseharveneminen on nopeampaa luontaisesti viljavilla tai lannoitetuilla kasvu-aloilla.

Shinozakin ja Kiran (1956) mukaan kasvustojen keskimääräisen kasvin massan käänteisluku olisi lineaarisessa riippuvuussuhteessa istutustiheyteen (tai kasvuston elä-



Kuva 8. Elävien koivujen osuuden runkoluvusta riippuvuus kokonaiskuivamassasta.

Fig. 8. Dependence of the percentage of live birches on the total dry mass.



Kuva 9. Puun keskimassan käänteisluvun riippuvuus puuston tiheydestä.

Fig. 9. Dependence of the inverse number of the mean tree mass on the density of the stand.

vän osan tiheyteen). Näin näyttää olevan tässäkin tutkimuksessa (kuva 9). Havainto on mielenkiintoinen sikäli, että riippuvuus suhde pätee myös tuotoksen ja tiheyden välillä (ks. Cannell 1980). Tätä kautta esimerkiksi koivun sopivaa istutustiheyttä ko. kasvupaikoille haettaessa ei tarvittaisi kovin monia tilajärjestysvaihtoehtoja. Yoda ym. (1963) kehittämä itseharvenemislaki: $W = C p^{-3/2}$, jossa W on keskimääräinen kasvin massa, p on kasvuston tiheys ja C vakio, näyttäisi Shinozakin ja Kiran (1956) lain ohella pätevän tutkimusmetsiköihin, kuten seuraavasta yhtälöstä todetaan: $\ln W = 14,630 - 1,301 \ln p$; $R^2 = 0,912$. $\ln W$:n ja $\ln p$:n suhteen piirretyn suoran kulmakerroin on lähellä $-1,5$:tä. Kulmakertoimen näinkin suuri jyrkkyys on osoituksena itseharvenemisen etenemisestä, joskaan ei loppumisesta, ja toisaalta jo aiemmin viitatut ravinteisuus-erot eri metsiköissä ovat ilmeisiä. Yodan ym. (emt.) laki on sovellettavissa kasvustoihin, jotka kasvavat eri-ikäisinä ja eri kasvupaikoilla ja Shinozakin ja Kiran (emt.) laki taas kasvustoihin, jotka kasvavat samanlaisissa olosuhteissa.

Rinnankorkeusien erot eri metsiköiden välillä viittaavat siihen, että metsiköt olisivat syntyneet hieman eri aikaan. Toisaalta on saattanut käydä niin, että syystä tai toisesta on metsiköiden alkukehityksen nopeudessa ollut selviä eroja. Metsiköiden taimiai-

neksen syntyvaihe on saattanut olla erilainen, vaikka turvetuotannon jättöalue näyttää homogeeniselta ja Kauniston (1981) tutkimukset viittaavat siihen, että koivun taimiainesta on luontaisesti riittävästi odotettavissa.

Japanissa tehtyjen populaatioiden itseharvenemistutkimusten mukaan (esim. Hozumi ym. 1956, Yoda ym. 1963) jokaisessa kasvuston kehitysvaiheessa on asymptoottinen tiheyden raja-arvo, vaikka perustamistiheys on ollut kuinka suuri tahansa. Tällöin voitaisiin olettaa, että kilpailun aikaansaama luontainen tilajärjestyksen kehitys johtaa tehokkaaseen, ihmisen kannaltakin toivottavaan tilankäyttöön (ks. myös Pohtila 1980). Mitä ankarampaa puuyksilöiden välinen kilpailu on, sitä homogeenisemmäksi muodostuu tilajärjestys ja sitä tehokkaammaksi tilankäyttö (Pohtila emt.). Tutkimusmetsiköistä ei tilajärjestystä erikseen selvitetty, mutta on ilmeistä, että itseharveneminen ja siten tilajärjestyksen kehitys oli metsiköissä eri vaiheessa. Kalelan (1962) mukaan taimikon itseharveneminen saattaa olla portaitaista ja kulminoituisi ensi kerran havaittavasti n. 7 vuoden iällä ja mahdollisesti toinen "massaharveneminen" olisi odotettavissa hieman myöhemmin.

33. Kasvualustan ominaisuuksien keskinäinen vertailu

Tutkituilla koelaloilla puuston määrä, samoin kuin tuotoskin vaihtelivat suuresti. On selvää, että puustoon sitoutuneiden ravinteiden määrät myös olivat erilaisia. On mahdollista, että erilainen ravinteiden sitoutuminen kasvumateriaaliin on vaikuttanut kasvualustassa jäljellä olevien ravinteiden määrään. Tämän vuoksi seuraavassa esitettäviä tutkittujen ravinteiden välisiä keskinäisiä vuorovaikutuksia on vaikeata tulkita ilman samanaikaista tietoa puuston ja ravinteiden välisistä vuorovaikutuksista. Tämän vuoksi tarkastellaan seuraavassa vain muutamia yksityiskohtia tärkeimpien ravinteiden välisistä korrelaatioista, vaikka kasvualustan ominaisuuksien välille on laskettu täydellinen korrelaatiomatriisi (liitetaulukko 3).

Pohjaturpeen vaihtuva kalium korreloi negatiivisesti pohjamaan pH:n sekä vaihtuvan ja kokonaiskalsiumin kanssa (liitetaulukko 3). Kivennäismaan vaihtuva kalium

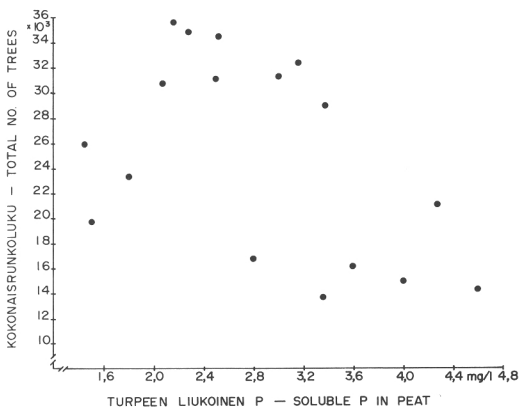
korreloi turpeen helppoliukoisien fosforin kanssa negatiivisesti. Muiden maasta mitattujen suureiden kanssa turpeen helppoliukoinen fosfori ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi. Sen sijaan kivennäismaan helppoliukoinen fosfori korreloi positiivisesti kivennäismaan kokonaisfosforin, -kaliumin ja -kalsiumin kanssa. Turpeen NH_4 - ja NO_3 -pitoisuudet korreloivat positiivisesti turpeen pH:n kanssa ja kokonaistyyppipitoisuus kivennäismaan pH:n ja vaihtuvan kalsiumin kanssa, mikä mahdollisesti on merkkinä mikrobiaktiiviteetin lisääntymisestä pH:n kohoamisen myötä (ks. Alexander 1961). Sekä turpeen että kivennäismaan pH korreloivat positiivisesti pohjanmaan kokonais- ja vaihtuvan kalsiumin kanssa (ks. myös esim. Kurki 1972).

34. Puusto- ja massatunnusten riippuvuus kasvualustan ominaisuuksista

341. Runkoluku, ikä, pituus ja pohjapinta-ala

Puustotunnusten ja kasvualustan ominaisuuksien välisiä riippuvuussuhteita tarkastellaan kuvissa 10—13 ja liitetaulukkoissa 4—8. Runkolukua koskevat tulokset on esitetty kaikille puulajeille yhteisesti ja koivulle erikseen, koska koivu oli koalueella vallitsevana. Hies- ja rauduskoivua ei laskennassa erotettu toisistaan.

Vaikka muut puulajit kuin koivu muodostivat hyvin huomattavan osan runkoluvusta, korrelaatiot kaikkien puiden lukumäärien



Kuva 10. Kokonaisrunkoluvun riippuvuus turpeen liukoisesta fosforista.

Fig. 10. Dependence of the total stem number on soluble phosphorus in peat.

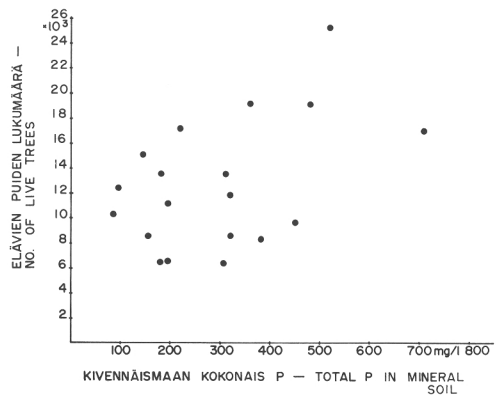
ja kasvualustan ominaisuuksien välillä olivat varsin samanlaisia kuin koivun lukumäärien ja kasvualustan ominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet. Koivun lukumäärien kohdalla kuitenkin korrelaatiokertoimet, samoin kuin regressioyhtälöiden selitysasteetkin olivat yleensä jonkin verran korkeampia (liitetaulukot 4—8).

Elävien ja kuolleiden puiden yhteinen runkoluku korreloi negatiivisesti turpeen liukoisien fosforin kanssa (kuva 10, liitetaulukko 4) ja toisaalta positiivisesti turpeen ja kivennäismaan vaihtuvan kaliumin kanssa. Tosin kaliumin osalta vain koivujen kokonaislukumäärän ja turpeen vaihtuvan kaliumin välinen korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä (liitetaulukko 4).

Elävien puiden lukumäärä korreloi positiivisesti kivennäismaan liukoisien ja kokonaisfosforin (kuva 11, liitetaulukko 5) ja kuolleiden lukumäärä puolestaan negatiivisesti turpeen liukoisien fosforin (kuva 12, liitetaulukko 4), mutta positiivisesti kivennäismaan vaihtuvan kaliumin määrän kanssa (kuva 13, liitetaulukko 5).

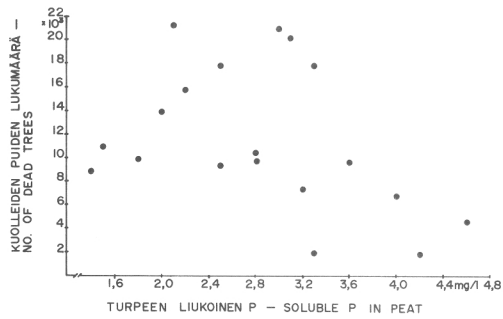
Tulosten perusteella näyttää siltä, että puita on koalueelle syntynyt sitä enemmän, mitä enemmän niiden käytettävissä on ollut kaliumia. Puuston itseharveneminen on luonnollisesti ollut sitä runsaampaa, mitä suurempi runkoluku on ollut. Tämän vuoksi myös kuolleiden puiden lukumäärä on ollut sitä suurempi mitä enemmän kivennäismaassa on ollut vaihtuvaa kaliumia.

Kaliumin ohella tärkeä on ollut myös fosfori. Puusto on käyttänyt ravinteita,



Kuva 11. Elävien puiden lukumäärän riippuvuus kivennäismaan kokonaisfosforista.

Fig. 11. Dependence of the number of live trees on the total phosphorus of mineral soil.



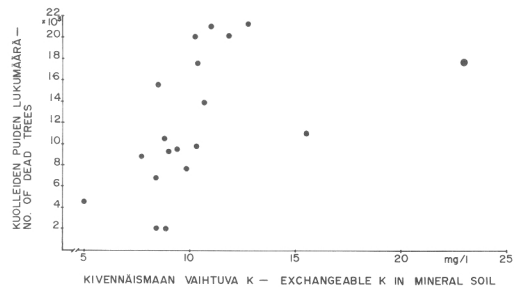
Kuva 12. Kuolleiden puiden lukumäärän riippuvuus turpeen liukoisesta fosforista.

Fig. 12. Dependence of the number of dead trees on easily soluble phosphorus in peat.

myös fosforia, sitä enemmän mitä suurempi runkoluku on ollut. Koska fosfori on, toisin kuin kalium, turpeessa varsin hidasliikkeen, ovat turpeen fosforivarat vähentyneet runkoluvun nousun myötä. Osa puustosta on mahdollisesti ollut niin matalajuurista, että se on kyennyt käyttämään vain turpeessa olevia ravinteita. Tällöin nimenomaan fosforin puutos on saattanut lisätä kuolleisuutta. Tätä tilannetta kuvaa myös aikaisemmin liitetaulukossa 3 esitetty turpeen helppoliukoisien fosforin ja kivennäismaan vaihtuvan kaliumin välinen negatiivinen korrelaatio. Toisaalta kivennäismaahan juurensa ulottaneet ovat säilyneet elossa sitä paremmin, mitä enemmän kivennäismaassa on ollut fosforia. Näistä koivujen osuus on todennäköisesti ollut suurempi kuin muiden puulajien, koska elävien koivujen ja kivennäismaan fosforipitoisuuden väliset korrelaatiokertoimet ovat suurempia kuin kaikkien puulajien elävien puiden ja kivennäismaan ominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet (liitetaulukko 5).

Kivennäismaan vaihtuva kalsium ja johtoluku, turpeen ja kivennäismaan pH sekä turpeen NO_3 -pitoisuus korreloivat negatiivisesti sekä elävien että kaikkien puiden lukumäärän kanssa, joskaan korrelaatiot eivät kaikissa tapauksissa olleet tilastollisesti merkitseviä.

Maan pH ja kemiallisen sitoutumisen muoto vaikuttavat fosforin liukoisuuteen (esim. Black 1967, Amberger 1979). Käsillä olevassa aineistossa ei kuitenkaan voitu todeta mitään riippuvuutta turpeen ja kivennäismaan liukoisien fosforin ja toisaalta kivennäismaan vaihtuvan kalsiumin tai turpeen ja



Kuva 13. Kuolleiden puiden lukumäärän riippuvuus kivennäismaan vaihtuvasta kaliumista. Ympyröity havainto ei sisälly laskentaan.

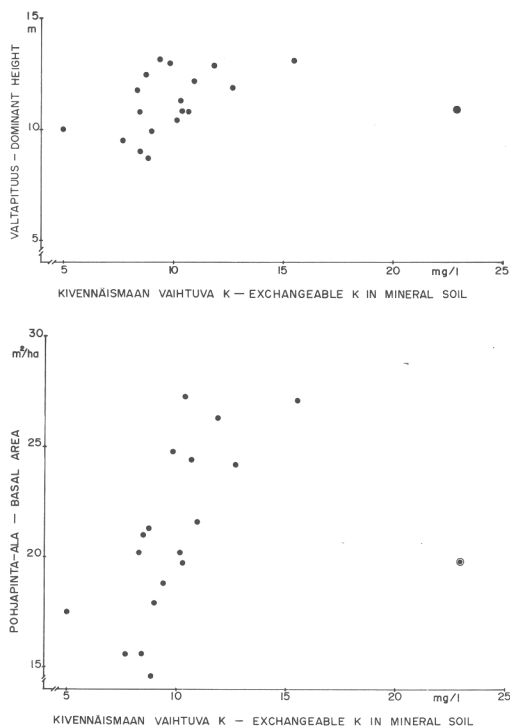
Fig. 13. Dependence of the number of dead trees on the exchangeable potassium of mineral soil. Circled observation is not included in the calculation.

kivennäismaan pH:n kanssa. Näin ollen ei ole todennäköistä, että viimeainittujen vaikutus runkolukuihin liittyisi suoraan kemiallisesti kasvualustan fosforitalouteen.

Koealueella turpeen tyyppipitoisuus oli verrattain korkea, kun taas turpeen fosforipitoisuus oli alhainen. On oletettavissa, että kasvien kannalta tyyppiä oli fosforiin nähden liikaa. Esim. Kaunisto ja Paavilainen (1977) ovat osoittaneet epätasapainoisen N/P-suhteen lisänsen männyn taimien kuolleisuutta. Happamalla kasvualustoilla typen mineralisoituminen lisääntyy maan pH:n kohotessa (esim. Alexander 1961). On mahdollista, että mitä korkeampi kasvualustan pH on ollut, sitä kärjistyneempi on ollut typen ja fosforin välinen suhde.

Selitettäessä runkoluvun vaihtelua turpeen ja kivennäismaan ominaisuuksilla valikoivalta regressioanalyysillä voitiin todeta, että yleensä ne selittävät muuttujat, jotka korreloivat tilastollisesti merkitsevästi selitettävien muuttujien kanssa, tulivat mukaan myös regressiomalleihin. Tämä tapahtui kuitenkin siten, että voimakkaasti keskenään korreloivista selittävästä muuttujista, kuten esimerkiksi muuttujaparit pH/vaihtuva Ca tai kivennäismaan liukoinen P/kokonais-P, tuli malliin mukaan vain toinen (liitetaulukot 6—8). Edelleen havaitaan, että kivennäismaan ominaisuuksilla voitiin selittää runkoluvun vaihtelua verrattain hyvin ja huomattavasti paremmin kuin turpeen ominaisuuksilla. Turpeen ominaisuuksien lisääminen malliin vain harvoissa tapauksissa kohotti selitysasetta.

Puuston keski- ja valtapituus korreloivat positiivisesti kivennäismaan vaihtuvan ka-



Kuva 14. Puuston valtipituuden ja pohjapinta-alan riippuvuus kivennäismaan vaihtuvasta kaliumista. Ympyröity havainto ei sisälly laskentaan.

Fig. 14. Dependence of the dominant height of the stand and basal area on the exchangeable potassium of mineral soil. Circled observation is not included in the calculation.

liumin (kuva 14), kalsiumin ja johtoluvun sekä turpeen NO_3 -typpipitoisuuden kanssa (liitetaulukot 4 ja 5). Samoin kuin runkolukumäärien ollessa kysymyksessä, selittivät regressiomallissa kivennäismaan ominaisuudet turpeen ominaisuuksia paremmin myös puuston valta- ja keskipituutta (liitetaulukot 6 ja 7), mutta turpeen ominaisuuksien lisääminen regressiomalliin lisäsi selityssastetta vielä varsin selvästi (liitetaulukko 8).

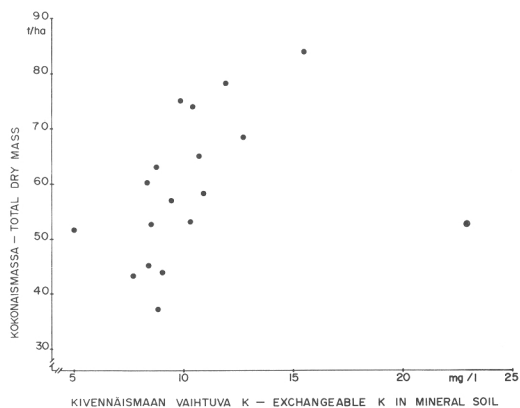
Turpeen ominaisuudet korreloivat vain verrattain heikosti puuston pohjapinta-alan kanssa (liitetaulukko 4). Turpeen liukoisen fosforin ja pohjapinta-alan välillä vallitsi negatiivinen korrelaatio, mikä on ymmärrettävää jo edellä runkoluvun ja turpeen liukoisen fosforin välillä todetun negatiivisen korrelaation vuoksi. Puuston pohjapinta-ala oli kiinteästi riippuvainen kivennäismaan vaihtuvan kaliumin määrästä (kuva 14, liitetaulukko 5), joka tuli mukaan tärkeimpänä selittäjänä myös regressiomalleissa (liitetau-

lukot 7 ja 8). Selityssasteet jäivät jonkin verran pienemmiksi kuin muita puustotunnuk-sia selitettäessä.

342. Kokonaismassa ja sen jakautuminen

Eri massatunnukset olivat vain verrattain vähän riippuvaisia turpeen ominaisuuksista, joskin tilastollisesti melkein merkitsevä negatiivinen korrelaatio voitiin todeta runkopuun määrän ja turpeen heppoliukoisen fosforin välillä (liitetaulukko 9). Puuston kokonaismassan määrä kohosi kivennäismaan vaihtuvan kaliumin määrän kohotessa yhtä havaintoa (koeala 8) lukuunottamatta (kuva 15). Havainnon selvän trendistä poikkeavuuden vuoksi on liitetaulukossa 10 esitetyt korrelaatiokertoimet laskettu ilman kyseistä havaintoa. Tällöin todetaan varsin kiinteä positiivinen korrelaatio kokonais- ja runkomassan sekä pohjamaan vaihtuvan kaliumin välillä.

Oksamassa lisääntyi turpeen kokonaistypipitoisuuden kohotessa (liitetaulukko 9). Vielä kiinteämpi oli korrelaatio oksamassan kokonaismassasta lasketun osuuden ja turpeen kokonaistypen välillä. Lisäksi oksamassan osuus puuston koko massasta korreloi positiivisesti myös pohjamaan ja pohjaturpeen pH:n, pohjamaan vaihtuvan kalsiumin ja turpeen NO_3 -pitoisuuden kanssa, mikä viittaa runsaan typpitalouden oksikkuutta lisäävään vaikutukseen. Turpeen vaihtu-



Kuva 15. Kokonaismassan riippuvuus kivennäismaan vaihtuvasta kaliumista. Ympyröity havainto ei sisälly laskentaan.

Fig. 15. Dependence of the total biomass on the exchangeable potassium of mineral soil. Circled observation is not included in the calculation.

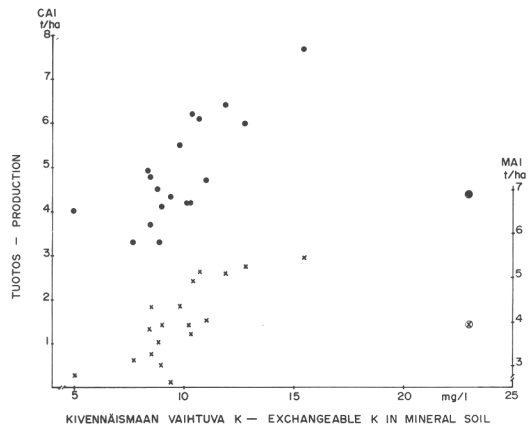
van kaliumin ja oksaisuusprosentin välillä oli negatiivinen korrelaatio. Tämä johtunee siitä, että koealojen runkoluku lisääntyi kivennäismaan vaihtuvan kaliumin lisääntyesä. Suuri puuston tiheys puolestaan vähentää oksikkuutta.

Massatunnusten ja kasvualustan välisten riippuvuuksien tarkastelusta valikoivan regressioanalyysin avulla saatiin tulokseksi kaikissa tapauksissa yksinkertaiset lineaariset yhtälöt, joissa ainoaksi selittäjäksi tuli mukaan kunkin massatunnuksen kanssa kiinteimmin korreloiva kasvualustan ominaisuus. Turpeen ominaisuudet selittivät huonosti massatunnusten vaihtelua (liitetaulukko 11), kun taas kivennäismaan ominaisuudet (poikkeavaa havaintoa, koeala 8, ei sisällytetty analyysiin) verrattain hyvin (liitetaulukko 12). Poikkeuksena oli oksamasan määrä, jonka selitysaste jäi kummassakin tapauksessa alhaiseksi. Laskettaessa regressioanalyysit siten, että mukana olivat sekä turpeen että kivennäismaan ominaisuudet, tulivat malliin mukaan vain kivennäismaan ominaisuudet.

Massatunnusten ja kivennäismaan ominaisuuksien väliset riippuvuudet tukevat edellä jo puiden runkoluvun yhteydessä esitettyä käsitystä, että alueella puusto oli vähentänyt turpeen heppoliukoisen fosforin määrää ja oli siten fosforin osalta riippuvainen kivennäismaan fosforista. Kivennäismaassa (lievästä negatiivisesta korrelaatiosta huolimatta) näyttäisi tulosten perusteella oleen riittävästi liukoista fosforia ja näin varsinaisesti kasvua sääteleväksi tekijäksi on nähtävästi muodostunut kivennäismaan kaliumin määrä.

343. Tuotos

Massatunnuksiin verrattuna näyttää vielä jonkin verran kiinteämpi korrelaatio vallitsevan tuotoksen ja kasvualustan ominaisuuksien välillä (liitetaulukot 13 ja 14, kuva 16). Samoin kuin massatunnukset, myös tuotos korreloi negatiivisesti turpeen liukoisen fosforin ja positiivisesti kivennäismaan vaihtuvan kaliumin kanssa (koealan 8 havainto



Kuva 16. Vuotuisen juoksevan kuivamassatuotoksen (CAI) ja keskimääräisen vuotuisen kuivamassatuotoksen (MAI) riippuvuus kivennäismaan vaihtuvasta kaliumista. Ympyröidyt havainnot eivät ole mukana laskennassa.

Fig. 16. Dependence of the current annual biomass production (CAI) and mean annual increment (MAI) on the exchangeable potassium of mineral soil. Circled observations are not included in the calculation.

ei ole mukana laskennassa). Tuotoksen ja kasvualustan ominaisuuksien välisissä regressioyhtälöissä, kuten muiden puustotunnusten yhteydessäkin, kivennäismaan ominaisuudet selittivät vaihtelua selvästi turpeen ominaisuuksia paremmin (liitetaulukot 15 ja 16). Kuitenkin turpeen ominaisuuksien lisääminen valikoivaan regressioanalyysiin kohotti keskimääräisen vuotuisen tuotoksen (MAI) ja vuotuisen juoksevan kuorettoman runkopuutuotoksen (CAI) selitysastetta vielä jonkin verran. Eri tuotostunnusten ja maan ominaisuuksien välisissä korrelaatiokertoimissa ei näyttänyt olevan mitään oleellisia keskinäisiä eroja. Koska keskimääräiset vuotuiset tuotostunnukset kuvaavat koko kiertoaikaa ja toisaalta vuotuinen juokseva runkopuutuotos vain viiden viimeisen vuoden tilannetta, voitaneen päätellä, että kasvualustasta mitattujen tunnusten vaikutus on koko kiertoajan huomioonottaen ollut varsin samantapainen. Kasvutapahtuma näyttää pääasiassa oleen riippuvainen puille käyttökelpoisen kaliumin määrästä.

4. PÄÄTELMIÄ

Esitetyt tulokset perustuvat varsin pieneen aineistoon, joten niihin on syytä suhtautua tietyllä varauksella niitä tulkittaessa ja yleistettäessä. Tulokset kuitenkin ovat esimerkiksi siitä, että turvetuotannon jälkeisillä suonpohjan kasvualustoilla voidaan päästä varsin mittaviin biomassan tuotoksiin vähäisin investoinnein.

Puusto oli kokonaan luontaisesti syntynyt ja pääosaltaan rauduskoivua. Metsiköiden valtapituus oli keskimäärin 11,2 m maksimin ollessa 13,2 m. Raulon (1977) mukaan rauduskoivun valtapituus on 15 vuoden iällä vanhalle, etelä-suomalaiselle pellolle viljeltäessä hieman yli 11,0 m ja OMT:llä vastaavasti 9,5 m. Myös Oikarinen (1980) esitti raudukselle peltoviljelmillä 11 metrin valtapuuden 15-vuotiaissa metsiköissä.

Koiviston (1959) sekä Ilvessalon ja Ilvessalon (1975) esittämien kehityssarjojen mukaan kivennäismaiden luonnnonnormaalit koivikot ylttäisivät tutkimusmetsiköiden mittoihin noin 25—35-vuotiaina niin valta- ja keskipituuden, pohjapinta-alan kuin runkotiavuudenkin suhteen. Turvemaiden hieskoivikoiden kehityssarjojen (Saramäki 1977, Keltikangas ja Seppälä 1977) tunnuksat taas vastaavasti ovat nyt tutkittujen metsiköiden tasolla vasta 30—40-vuotiaina.

Rauduskoivun tilavuustuotosta ojitetulla suolla ei tunneta, koska tähän mennessä ei ole löytynyt puhtaita turvemaiden rauduskoivikoita tutkimuskohteiksi (Saramäki 1973). Yksittäispuuna esiintyessään rauduskoivu on kuitenkin yleensä valtapuu turvemaalla ja useimmissa tapauksissa varsin selvästi hieskoivuja kookkaampi (Saramäki emt.). Tässä tutkimuksessa ei varsinaisesti tilavuuden mittaamiseen pyritty, vaan tutkimus tehtiin massa-arviointina.

Keskimääräinen vuotuinen runko- ja oksapuun tuotos oli keskimäärin 4,3 tai 4,7 t/ha maksimin ollessa 6,2 tai 6,1 t/ha laskentatavasta riippuen. Runkopuun vuotuinen juokseva kuoreton tuotos oli keskimäärin 4,9 t/ha (suurin arvo 7,7 t/ha), mikä on selvästi suurempi kuin keskimääräinen tuotos. Kotimaisiin ja ulkomaisiin tutkimuksiin

verrattuna tuotosluvut ovat varsin suuria (ks. luku 313). Varsinaiseen puubiomassan viljelyyn verrattaessa etuna on myös ollut se, että tuotos on saatu ojitusta lukuunottamatta ilman minkäänlaisia sijoituksia sen paremmin puuston perustamisen kuin kasvatuksenkaan aikana.

Japanilaisia itseharvenemistutkimuksia (Hozumi ym. 1956, Shinozaki ja Kira 1956, Yoda ym. 1963) apuna käyttäen on tässä tutkimuksessa tarkasteltu metsiköiden itseharvenemisvaihetta. Noin 15 vuoden iällä paras tuotos oli metsiköissä, joissa elävien koivujen runkoluku oli 6000—10000 kpl/ha ja joissa kuolleita puita oli pienimmissä läpimittaluokissa runsaasti. Luultavaa on, että niillä koaloilla, joilla kuolleisuutta oli paljon ja keskimääräisen puun massa oli jo suurehko, on saavutettu itseharvenemisessä sellainen aste, jolloin valta- ja lisävaltapuut ovat tasaisesti jakautuneet eivätkä sanottavasti enää kuole (ks. Ford 1975). Valaistusolot ovat tällöin myös pienimmille puille epäedulliset. Koska ei tiedetä, mikä metsiköiden tiheys oli syntyhetkellä eikä varsinaista itseharvenemisprosessia tunneta, on sopivien kasvatustiheyksien määrittely lisätutkimuksin varmennettava, niin massakasvatusta (esim. energiatuotanto) kuin ainespuukasvatustakin silmällä pitäen. Suurta massatuotosta tavoiteltaessa lienee niin, että metsikön perustamishetkellä täytyy yksilöluvun olla riittävän suuri, jotta kilpailun syntyminen sekä sitä kautta tehokkaan tilankäytön muodostuminen ja biomassan nopea allokointuminen olisi yleensä mahdollista.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että tuotannosta poistetuilla turvetuotantoalueilla, suonpohjilla, on lehtipuuston kehittymisen kannalta ensiarvoisen tärkeätä, että puusto kykenee käyttämään hyväkseen turveeroksen alla olevan kivennäismaan ravinteita. Puusto näyttää käyttävän erityisesti kivennäismaan maan päälle jäävästä turpeesta ”loppuun” hidasliikkeisen, helppoliukoisen fosforin ja on näin voimakkaasti riippuvainen kivennäismaan fosforista, mikä ilmeni siten, että sekä puiden lukumäärä että ko-

konaismassa ja tuotos korreloivat negatiivisesti turpeen helppoliukoisien fosforin kanssa. Toisaalta tutkituissa tapauksissa kivennäismaassa oli ilmeisesti fosforia riittävästi kaikille tuotoksen tasoille eikä tuotoksen ja kivennäismaan fosforipitoisuuden välillä ilmennyt vuorovaikutusta. Näyttää siltä, että entisillä turpeennostoalueilla saattaa kivennäismaan ominaisuuksilla olla huomattava vaikutus tuotoksen suuruuteen. Tässä tapauksessa erityisesti kivennäismaan vaihtuvalla kaliumilla näytti olevan tärkeä osuus kasvun tason säätelyssä.

Vaikka turpeen kokonaistyyppipitoisuus, samoin kuin mineraalityypin määrä vaihtelivat verrattain runsaasti, eivät ne vaikuttaneet puuston kokonaiskuiva-ainetuotokseen. Sensijaan näytti siltä, että turpeen tyyppimäärän lisääntyessä oksien osuus puuston massasta lisääntyi. Läheisiltä männyn istutusalueilta on aikaisemmin todettu, että tyyppilannoitus fosforin ja kaliumin lisäksi ei parantanut männyn taimien kasvua (Kaunisto 1979). Tulosten perusteella näyttää siltä, että erittäin happamissakin olosuhteissa mineraalityyppiä saattaa vapautua riittävästi suonpohjan turpeesta myös mäntyä vaate- ja harmaaleppäkoivulle. Tosin Kaunisto (1981) on todennut, että tyyppilannoitus lisäsi koivun taimien kasvua niiden kehityksen alkuvaiheessa suonpohjan turpeella.

Niin puusto- kuin ravinnetarkastelun osoittaa, että turvetuotannon jälkeinen suonpohja voi olla verrattain epähomogeeninen kasvualusta.

Eri yhteyksissä on todettu, että turvemaat eivät sovellu rauduskoivun kasvatukseen

(Raulo 1981) tai ne soveltuvat tähän huonosti (Lehtiniemi ja Sarasto 1973). Tämä tutkimus kuitenkin osoittaa, että silloin kun kuivatus on tehokasta ja puiden juuristolla on mahdollisuus hyödyntää pohjamaan kiennäisravinteita, ennen kaikkea fosforia ja kaliumia, rauduskoivulla voidaan päästä varsin korkeisiin tuotoslukuihin. Kuten tämän tutkimuksen ja Kauniston (1981) esittämät tulokset osoittavat, suonpohjaturpeelle syntyy luontaisesti koivikoita verrattain helposti.

Koivun herkkää uudistumista suonpohjan turpeella voidaan vielä tehostaa lannoituksella ja muokkauksella (Kaunisto 1981). Kun vielä otetaan huomioon, että näin syntynyt luontainen koivutaimikko ei tarvitse mitään hoitotoimenpiteitä, on ilmeistä, että tuotettaessa energiapuuta turvetuotantoalueiden suonpohjilla koivun kasvatusta on otettava huomioon tärkeänä vaihtoehtona pajunkasvatukselle. Mikäli koivua aiotaan kasvattaa edellä esitetyllä tavalla, edellyttää se kuitenkin eräitä esitoimenpiteitä. Turvetuotantoalueet pitää suunnitella siten, että niille määrävälein (mahdollisesti 150—200 m) perustetaan siementävä koivupuusto hyvissä ajoin ennen turvetuotannon päättymistä. Muutoin joudutaan turvautumaan kylvöön tai istutukseen. Kylvön ja istutuksen biologiset ja taloudelliset edellytykset turvealustoilla tulisi selvittää mahdollisimman pian. Koivun ja pajun kasvatuksen vertailemiseksi tulisi perustaa kokeita, joissa tutkitaan rinnakkain erilaisia koivun ja pajun kasvatustapojen tuotoksia ja kustannuksia.

KIRJALLISUUTTA

- ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York. Wiley & Sons. Inc. 472 s.
- AMBERGER, A. 1979. Pflanzenernährung. Stuttgart. 237 s.
- AUCLAIR, D. & METAYER, S. 1980. Methodologie de l'évaluation de la biomasse aérienne sur pied et de la production en biomasse des taillis. Summary. Acta Ecologica Ecol. Applic. 1 (4): 357—377.
- BLACK, C. A. (ed.) 1968. Soil-plant relationships. New York. 792 s.
- BJÖRKLUND, T. & FERM, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaaleppänsä biomassan ja tekniset ominaisuudet. Abstract: Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder. Folia For. 50(1): 1—37.
- CANNELL, M. G. R. 1980. Productivity of closely spaced young poplar on agricultural soils in Britain. Forestry 53 (1): 1—21.
- & SMITH, R. J. 1980. Yields of minirotation closely spaced hardwoods in temperate regions: Review and appraisal. For. Sci. 26 (3): 415—428.
- CUNIA, T. 1964. Weighted least squares method and construction of volume tables. For. Sci. 10 (2): 180—191.
- 1979. On sampling trees for biomass tables construction: some statistical comments. Forest Resource Inventory Workshop Proceedings — Vol. 2 — Frayer, W. E. (ed.) Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA. s. 643—664.
- ERKKILÄ, A. 1981. Nuorten raudus- ja hieskoivujen

- kasvu, tuotos ja puuaineen laatu. Käsikirjoitus. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 48 s.
- FORD, E. D. 1975. Competition and stand structure in some evenaged plant monocultures. *J. Ecol.* 63: 311—333.
- HAKKILA, P. 1979. Wood density and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96 (3): 1—59.
- HOZUMI, K., ASAHIRA, T. & KIRA, T. 1956. Intraspecific competition among higher plants. VI. Effects of some growth factors on the process of competition. *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ. Ser. D7:* 17—34.
- HUUSKO, A. & KIUKAANNIEMI, E. 1981. Turvetuotannon jättömaiden eräiden hyödyntämismuutosten kärkeä kannattavuusvertailu. TUPAVA-projekti. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitoksen monisteita N:o 15: 1—46.
- ILVESSALO, Y. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki. 148 s.
- & ILVESSALO, M. 1975. Suomen metsätyypit metsiköiden luontaisen kehitys- ja puuntuottoisuuden valossa. Summary: The forest types of Finland in the light of natural development and yield capacity of forest stands. *Acta For. Fenn.* 144: 1—101.
- ISSAKAINEN, J. 1981. Vesakkobiomassan tuotoksesta Pohjois-Suomessa. PERA-symposium 3.—4.3. 1981. Kokoussitelmät. Moniste Metsätutkimuslaitoksessa. s. 189—204.
- KALELA, E. K. 1962. Taimistojen luontaisesta harvenemisestä. Referat: Über die natürliche Ausscheidung der Pflanzenbestände. *Commun. Inst. For. Fenn.* 55 (19): 1—10.
- KAUNISTO, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. Summary: Effect of fertilization, soil preparation, and distance of water level on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. A study performed in greenhouse. *Commun. Inst. For. Fenn.* 75 (2): 1—70.
- 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cutover areas. *Folia For.* 404: 1—14.
- 1981. Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistuminen turpeenoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on peat cut-away area. *Suo* 32 (3): 53—60.
- 1982. Afforestation of peat cut-away areas in Finland. *Proc. Int. Symp. IPS Commissions IV and II. Minsk 1982:* 144—153.
- & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92 (1): 1—54.
- KELTIKANGAS, V. & SEPPÄLÄ, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatus taloudellisena vaihtoehtona. Summary: The economics of growing birch stands on drained peatlands. *Silva Fenn.* 11 (1): 49—68.
- KOERPER, G. J. & RICHARDSON, C. J. 1980. Biomass and net annual primary production regressions for *Populus grandidentata* in three sites in northern lower Michigan. *Can. J. For. Res.* 10: 93—101.
- KOIVISTO, P. (toim.) 1959. Kasvu- ja tuottotaulukot. Summary: Growth and yield tables. *Commun. Inst. For. Fenn.* 51 (8): 1—49.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955—1970 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Referat: Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbodens auf Grund der in den Jahren 1955—1970 durchgeführten Bodenfruchtbarkeitsuntersuchungen. Helsinki 182 s.
- KUUSELA, K. 1982. Utilization and potentials of forest energy in Finland with forest resources in the IEA member countries. Manuscript. IEA/FE. 30 s.
- LEHTINIEMI, T. & SARASTO, J. 1973. Kokemuksia rauduksen istutuksesta ojitetuille soille. Summary: *Betula verrucosa* (Ehrh.) plantations on drained peat. *Silva Fenn.* 7 (1): 24—44.
- LUUKKANEN, O. 1973. Lyhytkiertopuun tuotobiologiasta. *Dendrologian Seuran Tiedonantoja* 4: 74—77.
- MADGWICK, H. A. I. & KREH, R. E. 1980. Biomass estimation for Virginia pine trees and stands. *For. Sci.* 26 (1): 107—111.
- & SATOO, T. 1975. On estimating the above ground weights of tree stands. *Ecology* 56: 1446—1450.
- MEYER, H. A. 1941. A correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. The Pennsylvania State Forest School, Res. paper No. 7: 1—3.
- MIKOLA, P. 1975. Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs after industrial exploitation of peat. *Silva Fenn.* 9 (2): 101—115.
- & MIKOLA, I. 1958. Suon metsittäminen polttoturpeen noston jälkeen. Summary: Reforestation of bogs after peat harvesting. *Suo* 9: 44—47.
- 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 menetys kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia For.* 534: 1—17.
- NYGREN, M. 1981. Valon vaikutus koivutaimikon latvuston rakenteeseen ja kasvuun. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 59 s.
- OIKARINEN, M. 1980. Viljelykoivikon, -kuusikon ja -männikön kasvusta ja tuotoksesta. Muhoksen tutkimuskeskuksen tiedonantoja 21: 16—28.
- PAYANDEH, B. 1981. Choosing regression models for biomass prediction equations. *For. Chron.* 57 (5): 119—232.
- POHJONEN, V. 1980. Energiapajujen viljelystä vanhoilla turvetuotantoalueilla. *Suo* 31 (1): 7—9.
- 1982. Suota ei jätetä joutilaaksi. Pellervo, maaliskuu: 40—42.
- POHTILA, E. 1980. Havainnot taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young tree stands in Lapland. *Commun. Inst. For.*

- Fenn. 98 (1): 1—35.
- RAULO, J. 1977. Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. plantations. Seloste: Viljeltyjen raudus- ja hieskoivikoiden valtapuiden kehitys. Commun. Inst. For. Fenn. 90 (4): 1—15.
- 1981. Koivukirja. Jyväskylä. 131 s.
- SARAMÄKI, J. 1973. Hieskoivun kasvukyvystä Pohjois-Pohjanmaan ojitetuilla soilla. Summary: On the potential growth of *Betula pubescens* on drained peat in the province of North Ostrobothnia, Finland. Suo 1: 16—19.
- 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Devel-

- opment of white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern central Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 91 (2): 1—59.
- SHINOZAKI, K. & KIRA, T. 1956. Intraspecific competition among higher plants. VII. Logistic theory of the C—D effect. J. Inst. Polytech., Osaka City Univ., Ser. D7:35—72.
- Turvetuotantokomitean mietintö 1983. Betänkande av givet av torvkommittén. Helsinki 241 s.
- YODA, K., KIRA, T., OGAWA, H. & HOZUMI, K. 1963. Intraspecific competition among higher plants. XI. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. J. Biol. Osaka City Univ. 14: 107—129.

SUMMARY

Material

The investigation deals with the biomass production (stem and branch) of mixed birch and willow stands naturally generated in a peat cut-over area, as well as the effect of soil properties on the development of the stands. The stands were located in one of the oldest peat harvesting areas in Finland, at Aitoneva in Kihniö (62°12' N, 23°18' E) 158 m above sea level. The area was well-drained.

Nineteen sample plots were prepared for coppice and fertilization experiments in the stand (Fig. 2). Before the treatments the stem and branch masses were measured, the tree age determined and the mean annual increment (MAI) and the current annual increment of stemwood without bark (CAI, the last five years) were calculated on the plots.

For measuring stand characteristics on the plots (stands), a circular sample plot of 100 m² was set up in the middle of each sample square. The trees on the circular plots were counted by rounding off to the nearest class midpoint (1 cm). Standing sample trees (*Betula pendula* and *B. pubescens* separately) were chosen so that about 10—15 sample trees/plot/tree species were included according to the stem frequency distribution on each plot. The number of felled sample trees to be weighed was 57. The breast-height and stump-height diameters of felled sample trees were measured when the trees were still standing. After felling the height, mid-diameter, crown limit (= height from the ground to the lowest living branch) and the latest leader growth were measured. The live branches, dry branches and stemwood of sample trees were separately weighed with the accuracy of 0,01 kg. Moisture samples of live and dry branches were taken by sawing off an about 20-cm-long piece from a branch bundle a. 10 cm from the butt. The moisture sample of stemwood was taken by sawing about 3-cm-thick disks at breast height. The age of the breast-height disks and the five-year radial growth were determined. The mean stand age was calculated by weighting with both the diameter and basal area of trees. Only the mean age weighted with the basal area is included in the discussion.

The depth of peat was measured on each plot, peat samples were taken from the 0—10 cm surface peat layer and mineral soil samples from below the peat layers. The peat and mineral soil samples were composed of five subsamples. The peat was analyzed for NH₄ and

NO₃ nitrogen, total nitrogen, the proportion of organic matter, pH in water (peat/water 1:5 V/V), electrical conductivity, ammonium-acetate soluble phosphorus (pH 4,8) and exchangeable potassium. In addition to the four last-mentioned, the mineral soil was analyzed for total phosphorus, total potassium, total calcium and exchangeable calcium.

Table 1 shows the means and variations of some peat properties on the plots. Peat contained very small amounts of soluble phosphorus, but reasonably potassium, although the variation was large. The particle size distribution of mineral soil was large. Over half (53 %) of the soil was medium sand, a. 25 % very coarse or coarse sand, a. 7 % fine gravel and a. 10 % fine sand (according to U.S. classification). Table 2 shows the means and variations of some mineral soil properties in the experimental area.

Results

Stand characteristics and biomass production

The mean age of birch of stands at breast height was 14 years. When comparing the age samples taken from the butt and breast height, the difference between the biological age and breastheight age was two years.

The mean values and standard deviations of stand characteristics are presented in Table 3.

The average stem number of the stands was 25 000 stems/ha, the proportion of dead trees being nearly 50 % (Table 3, Fig. 3). The dead trees were mainly in the 1—2 cm diameter class. *Salix sp.* was the most frequently occurring tree species on three plots, although 66—100 % of them were dead. *Betula pendula* was the most frequently occurring living tree species on all the plots. The birches had developed as rapidly as for example planted *B. pendula* stands. The mean dominant height was 11 m and basal area 21 m²/ha (Table 3).

The stem and branch mass was estimated with dry-mass equations based on sample trees (n = 57). The breast-height diameter was the independent variable (Figs. 4 and 5, App. 1). The allometric model chosen functioned well, so that for example the weighted linear regression model did not improve the result.

The mean dry mass of stem and branchwood (including bark) was 59 (s = 13) t/ha, although the

variation was quite large (Fig. 6). The proportion of branches was 19 %. The estimated mean stand volume was 105 (s = 22,5) m³/ha.

The mean annual increment of the above-ground biomass without leaves was 4,3 t/ha/yr when weighted by the basal area (Fig. 7) and 4,7 t/ha/yr when weighted by the breast-height diameter. The current annual increment of barkless stemwood was higher: the average being 4,9 (s = 1,2) t/ha and highest value 7,7 t/ha (Fig. 7). The comparison to other investigations dealing with the birch biomass production showed that the yield of stands was good for Finnish conditions. The total yield was increasing at least up to the age of 14–15 and no growth retardation in relation to age could be found in the current annual stemwood production.

The phase of self-thinning was interesting. The greater the number of dead trees and the smaller the proportion of live birches in stem number, the higher were the total mass and yield of the stand (Fig. 8). The inverse number of the mean mass of live trees on the plot had a clear linear dependence with the density of live trees (Fig. 9). Furthermore, in the logarithmic transformation the regression coefficient of the line describing the dependence of the mean wood mass on the density of live trees was 1,3, which shows that self-thinning varied to a large degree but had not ceased on the plots. The variation was probably caused by nutritional differences of stands and possible differences in the initial development of stands. The highest biomass production was in stands where the stem number of live birches was 6 000–10 000 stems/ha at the measuring time.

Stand characteristics and soil properties

The relationships between the stand characteristics and soil properties are shown in Figs. 10–13 and Apps. 4–8.

The stem number of live and dead trees was in a negative correlation with the soluble phosphorus in peat (Fig. 10, App. 4), but in a positive one with the exchangeable potassium in peat and mineral soil (App. 5).

The number of live trees was in a positive correlation with the soluble and total phosphorus of the mineral soil (Fig. 11, App. 5), while the number of dead trees correlated negatively with the soluble phosphorus in peat (Fig. 12, App. 4) but positively with the amount of the exchangeable potassium in mineral soil (Fig. 13, App. 5).

The results seem to indicate that the more potassium had been available the more trees had been born in the experimental area. Naturally, more selfthinning occurred with a greater stem number. Therefore the number of dead trees was the greater, the more potassium was in the mineral soil.

Phosphorus was as important as potassium. The stand consumed nutrients, including phosphorus, the more, the greater the stem number. As phosphorus, unlike potassium, moves slowly in peat, the phosphorus reserves in peat decreased with the increasing stem number. Part of the trees had probably so shallow roots that they could only utilize the nutrients in peat. In such cases it was the shortage of phosphorus that increased mortality. On the other hand, the trees whose roots had penetrated to the mineral soil survived

the better, the higher the phosphorus content in the mineral soil. When explaining the variation in stem number with the properties of cut-over peat and subsoil by means of the regression analysis, it was discovered that properties of subsoil explained the variation in the stem number fairly well, much better than those of cut-over peat, and that the inclusion of the peat properties in the model only rarely increased the value of the coefficient of determination (Apps. 6–8).

The mean and dominant heights of the stand correlated positively with the exchangeable potassium (Fig. 14), calcium and electrical conductivity of mineral soil as well as with the NO₃ nitrogen content of peat (Apps. 4 and 5). Similarly in the case of stem numbers, the properties of the subsoil in the regression model explained also the dominant and mean heights of the stand better than the properties of cut-over peat (Apps. 6 and 7), but by adding the peat properties to the regression model the coefficient of determination was further increased (Apps. 8).

There was only a rather weak correlation between the properties of peat and the basal area of the stand (App. 4). A negative correlation was between the soluble phosphorus of peat and the basal area, which was already implied by the negative correlation between the stem number and the soluble phosphorus of peat. A close dependence was found between the basal area of the stand and the amount of the exchangeable potassium of mineral soil (Fig. 14, App. 5) which was the most important independent variable in the regression models (Apps. 7 and 8).

Biomass production and soil properties

The yield and total mass did not much depend on peat properties, although the stem dry mass, total MAI, stem MAI and stem CAI were in a statistically significant, negative correlation with the easily soluble phosphorus of peat (Apps. 9–16, Figs. 15–16). The stem and total mass as well as the yield increased as exchangeable potassium increased in the mineral soil, except for one observation (Plot 8) which was omitted from the calculation.

By studying the mutual dependence between the mass and yield characteristics and peat properties with the regression analysis, in all but two cases, the result was a simple linear equation where the only independent variable included was the one with the most solid correlation with each mass or yield variable, usually the soluble P of peat (Apps. 11 and 15). As the mineral soil properties were independent regression variables, usually several variables were included in the equation (Apps. 12 and 16). Apart from the amount and proportion of branch mass, the most important variable included was exchangeable potassium.

When both peat and mineral soil properties were included in the regression analyses, the model contained only the properties of mineral soil for the mass characteristics. The properties of mineral soil also explained the variation in yield better than peat properties, the addition of which to the model did increase the coefficient of determination (App. 17).

The dependence between the mass and yield characteristics and mineral soil properties support the above presented view that there was not enough easily soluble phosphorus in peat for the trees and thus the trees were dependent on the phosphorus supplied by the mineral

soil. The mineral soil seemed to contain a sufficient amount of easily soluble phosphorus and so the actual growth regulating factor seemed to be the amount of potassium in the mineral soil.

Branch mass increased as the total nitrogen content in peat rose (App. 9). Furthermore, the proportion of the branch mass out of the total mass correlated positively also with the pH of subsoil and cut-over peat and the exchangeable calcium of subsoil as well as the NO_3 content in peat, which shows the role of the rich nitrogen conditions in increasing branchiness.

However, a negative correlation was found between the exchangeable potassium of peat and branch percentage, which was obviously related to the positive correlation between the number of trees and the exchangeable potassium of mineral soil.

The results show that fairly high biomass production with small investments is possible on cut-over peat after peat harvesting provided that the subsoil contains reasonable amounts of mineral nutrients and that tree roots are able to penetrate through the peat layer to the underlying mineral soil.

Liitetäulukko 1. Rauduksen ja hieksen kuivamassayhtälöt. Yhtälöt ovat muotoa $y = ax^b e$, jotka on logaritimuunnoksen jälkeen korjattu kertomalla $e^{\frac{1}{2} + a}$. $Y =$ kuivamassa (0,01 kg), $x = D_{1,3}$ (mm).

Appendix 1. Dry mass equations of *Betula pendula* and *B. pubescens*. Form of equations is $y = ax^b e$, which after logarithmic conversion was corrected with coefficient $e^{\frac{1}{2} + a}$. $Y =$ dry mass (0,01 kg), $x = D_{1,3}$ (mm).

Muuttuja Variable	Yhtälön numero — No. of equation											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Kerroin — Coefficient											
Vakio... ^(a)	0.09808	0.01247	0.10525	0.06168	0.00101	0.05119	0.08275	0.00553	0.08183	0.09768	0.03563	0.13367
Constant	2.14546	2.36126	2.19403	2.26611	2.86978	2.35624	2.19161	2.52066	2.25035	2.13729	2.00079	2.10585
$n \dots$	20	20	20	19	19	19	39	39	39	18	18	18
$R^2 \dots$	0.99	0.97	0.99	0.99	0.94	0.99	0.99	0.93	0.99	0.96	0.92	0.96
$V \%$...	15.4	27.6	14.7	10.3	40.1	12.0	13.6	43.7	14.1	33.8	48.3	33.5

Yhtälöt:
B. pendula (Koealat 1...6)
 1 = runkopuu kuoriinseen
 2 = oksapuu
 3 = runko- ja oksapuu
B. pendula (plots 1...6)
 1 = stemwood with bark
 2 = branchwood
 3 = branch and stemwood

B. pendula (Koealat 7...19)
 4 = runkopuu kuoriinseen
 5 = oksapuu
 6 = runko- ja oksapuu
B. pendula (plots 7...19)
 4 = stemwood with bark
 5 = branchwood
 6 = branch and stemwood

B. pendula (Koealat 1...19)
 5 = runkopuu kuoriinseen
 6 = oksapuu
 7 = runko- ja oksapuu
B. pendula (plots 1...19)
 5 = stemwood with bark
 6 = branchwood
 7 = branch and stemwood

B. pubescens (Koealat 1...19)
 10 = runkopuu kuoriinseen
 11 = oksapuu
 12 = runko- ja oksapuu
B. pubescens (plots 1...19)
 10 = stemwood with bark
 11 = branchwood
 12 = branch and stemwood

Liitetaulukko 2. Puustosta mitattujen tunnusten väliset korrelaatiokertoimet
Appendix 2. Correlation coefficients between the measured characteristics of the stand.

Muuttuja — Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
Elävät koivut — No of live birches	1							
Kaikki elävät — No of all live trees	2	0,980***						
Kuolleet koivut — No of dead birches	3	0,274	0,254					
Kaikki kuolleet — No of all dead trees	4	-0,071	-0,035	0,877***				
Elävät + kuolleet koivut — No of live + dead birches	5	0,788***	0,764***	0,807***	0,516*			
Kaikki elävät + kuolleet — No of all live + dead trees	6	0,581**	0,623**	0,852***	0,760***	0,901***		
Oksamassan %-osuus — Percentage of branch wood	7	-0,758***	-0,720***	-0,692***	-0,398*	-0,908***	-0,780***	
Kokonaiskuivamassa — Total dry mass	8	-0,583**	-0,575**	0,231	0,467*	-0,210	-0,008	0,218
Runkomassa — Stem mass	9	-0,458*	-0,453*	0,373	0,566**	-0,042	0,148	0,034
Oksamassa — Branch mass	10	-0,827***	-0,811***	-0,251	0,058	-0,668	-0,481*	0,723***
Ikä _d — Age _d	11	-0,887***	-0,882***	-0,353	-0,050	-0,770	-0,614**	0,772***
Ikä _{ppa} — Age _{ppa}	12	-0,834***	-0,864***	-0,534**	-0,280	-0,853	-0,782***	0,790***
MAI _d — MAI _d	13	0,024	-0,022	0,565**	0,631**	0,346	0,479*	-0,308
MAI _{ppa} — MAI _{ba}	14	-0,210	-0,193	0,472*	0,597**	0,172	0,341	-0,127
MAI _d (runko) — MAI _d (branches)	15	-0,640**	-0,619**	-0,106	0,163	-0,461	-0,275	0,545**
MAI _{ppa} (oksat) — MAI _{ba} (branches)	16	-0,665***	-0,640**	-0,111	0,166	-0,479	-0,285	0,571**
CAI	17	-0,317	-0,313	-0,339	0,500*	0,022	0,187	-0,04
MAI _d (runko) — MAI _d (stem)	18	0,124	0,122	0,657**	0,660**	0,496*	0,596**	-0,475*
MAI _{ppa} (runko) — MAI _{ba} (stem)	19	-0,011	0,006	0,606**	0,636**	0,380	0,502*	-0,355
Keskipeite — Mean height	20	-0,807***	-0,80***	-0,143	0,170	-0,586**	-0,388	0,638**
Valtapituus — Dominant height	21	-0,776***	-0,777***	-0,052	0,247	-0,510*	-0,312	0,518*
Pohjajapinta-ala — Basal area	22	-0,373	-0,373	-0,473*	0,635**	0,073	0,254	-0,032

Liitetaulukko 3. Eräiden turpeen ja kivennäismaan ominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet.
Appendix 3. Correlation coefficients between some peat and mineral soil properties.

Analysoitu maa Analysed soil	Maan ominaisuus Soil property	1	2	3	4	5	6	7
Turve Peat	Liukoinen — Soluble P	1						
	Vaihtuva — Exchangeable K	2	0,136					
	Turpeen syvyys — Peat depth	3	-0,195	-0,204				
	Orgaanista kuiva-aineesta — Organic from dry matter	4	-0,253	-0,594**	0,280			
	NH ₄	5	-0,067	0,096	-0,011	0,130		
	NO ₃	6	0,196	-0,018	0,086	0,164	0,273	
	pH	7	0,125	-0,019	-0,339	-0,026	0,577**	0,447*
	Johtoluku — Conductivity	8	0,005	-0,090	0,300	0,238	0,407**	0,661***
	Kok. N — Tot. N	9	-0,137	-0,579**	0,228	0,680***	0,156	0,307
	N orgaanisesta — N from org.	10	0,021	-0,258	0,096	0,021	0,088	0,297
Kivennäismaa Mineral soil	pH	11	0,161	-0,568**	0,031	0,528**	-0,053	0,053
	Johtoluku — Conductivity	12	0,127	-0,218	-0,290	0,176	-0,034	0,035
	Liukoinen — Soluble P	13	0,144	-0,278	0,417*	0,300	-0,175	-0,280
	Vaihtuva — Exchangeable K	14	-0,387*	0,235	-0,282	-0,155	-0,031	0,004
	Vaihtuva — Exchangeable Ca	15	0,108	-0,675***	-0,003	0,510*	0,089	0,317
	Kokonais — Total P	16	+0,106	-0,351	0,278	+0,356	-0,064	-0,503*
	Kokonais — Total K	17	-0,050	-0,222	0,238	+0,257	-0,042	-0,375
	Kokonais — Total Ca	18	+0,216	-0,513*	0,282	+0,301	-0,074	+0,315

9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

0,702***
 0,414* 0,831***
 0,093 0,616** 0,874***
 0,859*** 0,361 -0,075 -0,352
 0,944*** 0,552** 0,151 0,206 0,958***
 0,756*** 0,894*** 0,524* 0,327 0,608** 0,715***
 0,773*** 0,936*** 0,600** 0,349 0,575** 0,721*** 0,980***
 0,967*** 0,629** 0,268 0,046 0,907*** 0,966*** 0,749*** 0,757***
 0,777*** 0,183 -0,238 -0,487* 0,979*** 0,503* 0,461* 0,422* 0,842***
 0,865*** 0,335 -0,038 -0,395* 0,949*** 0,958*** 0,520* 0,527* 0,903*** 0,943***
 0,702*** 0,931*** 0,743*** 0,583** 0,421* 0,558** 0,869*** 0,880*** 0,619** 0,256 0,333
 0,665** 0,828*** 0,655** 0,527* 0,415* 0,524* 0,752*** 0,772*** 0,572** 0,270 0,312 0,928***
 0,982*** 0,642** 0,358 0,018 0,876*** 0,947*** 0,705*** 0,726*** 0,944*** 0,805*** 0,885*** 0,640** 0,591**

8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

0,246
 0,135 0,745***
 0,141 0,433* 0,096
 0,026 0,009 -0,184 0,107
 -0,172 0,109 -0,141 0,115 0,098
 -0,163 -0,150 -0,043 -0,344 -0,150 -0,256
 0,148 0,596** 0,353 0,785*** 0,128 -0,091 -0,124
 -0,263 +0,055 +0,256 +0,306 -0,024 +0,737*** +0,291 +0,077
 -0,182 +0,074 -0,160 +0,114 +0,215 +0,796*** +0,014 -0,083 +0,697***
 -0,166 +0,180 -0,046 +0,450* +0,157 +0,797*** -0,242 +0,371 +0,787*** +0,727***

Liitetaulukko 4. Eräiden puustotunnusten ja turpeen ominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet.
Appendix 4. Correlation coefficients between some stand characteristics and peat properties.

Puustotunnus Stand characteristic	Liuk. P — Soluble P	Vaihtuva K Exchange- able K	Turpeen syvyys Peat depth	Org. %	Turpeen ominaisuus — Peat property			pH	Johtoluku Conduc- tivity	Kok. N Total N	Kok N org. Total N org.
					NH ₄	NO ₃	NO ₃				
Runkoluku — Stem number	-0,489*	0,326	0,545**	-0,175	0,111	-0,144	-0,297	-0,146	-0,096	0,069	
Eläviä — Live trees	-0,160	0,169	0,339	-0,153	0,113	-0,515*	-0,485*	-0,209	-0,224	-0,154	
Kuolleita — Dead trees	-0,488*	0,275	-0,245	-0,096	0,048	0,240	0,021	-0,015	0,063	0,216	
Kaikki koivut — All birches	-0,246	0,434*	+0,560***	-0,240	0,008	-0,303	0,410*	-0,199	-0,319	-0,181	
Elävät koivut — Live birches	-0,044	0,232	+0,402*	-0,196	0,021	-0,541**	-0,537**	-0,226	-0,300	-0,220	
Kuolleet koivut — Dead birches	-0,342	0,456*	-0,285	-0,187	-0,007	0,045	-0,125	-0,094	-0,210	-0,072	
Keskipituus — Mean height	-0,119	-0,250	-0,195	0,288	-0,293	0,470*	0,207	0,176	0,394*	0,279	
Valtapiitus — Dominant height	-0,218	-0,174	-0,157	0,247	-0,260	0,449*	0,138	0,219	0,255	0,129	
Pohjapinta-ala — Basal area	-0,425*	0,095	0,158	0,192	-0,181	0,122	0,011	-0,161	0,141	0,040	

Liitetaulukko 5. Eräiden puustotunnusten ja kivennäismaan ominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet.
Appendix 5. Correlation coefficients between some stand characteristics and mineral soil properties.

Puustotunnus Stand characteristic	Liuk. P — Soluble P	Vaihtuva K — Exchange- able K	pH	Kivennäismaan ominaisuus — Mineral soil characteristic			P	K	Ca
				Johtoluku Conduc- tivity	Vaihtuva Ca Exchange- able Ca	Vaihtuva Ca			
Runkoluku — Stem number	0,047	0,331	-0,449*	-0,337	-0,409*	-0,001	-0,110	-0,187	
Eläviä puita — Live trees	0,384	-0,143	-0,259	-0,546**	-0,466*	0,468*	0,174	0,172	
Kuolleita puita — Dead trees	-0,244	0,538**	-0,356	0,012	-0,135	-0,391	-0,285	-0,382	
Kaikki koivut — All birches	0,196	0,170	-0,495*	-0,625***	-0,555**	0,187	-0,40	-0,074	
Elävät koivut — Live birches	0,431*	-0,153	-0,281	-0,576**	-0,518*	0,515*	0,208	0,209	
Kuolleet koivut — Dead birches	-0,106	0,413*	-0,504*	-0,424*	-0,371	-0,200	-0,262	-0,318	
Keskipituus — Mean height	-0,199	0,469*	0,161	0,521*	0,435*	-0,364	-0,057	-0,078	
Valtapiitus — Dominant height	-0,170	0,547**	0,008	0,465*	0,206	-0,427*	-0,017	-0,172	
Pohjapinta-ala — Basal area	-0,121	0,713***	0,136	0,318	0,140	-0,149	0,068	-0,072	

Liitetaulukko 6. Eräiden puustotunnusten riippuvuus turpeen ominaisuuksista. Regressiokertoimet, vakio, mallin F-arvo ja selitysaste.
Appendix 6. Dependence of some stand characteristics on peat properties. Regression coefficients, constant, F value of model and coefficient of determination.

Puustotunnus — <i>Stand characteristic</i>	Regressiokertoimet — <i>Regression coefficients</i>						
	Liukoinen Soluble P	Turpeen ominaisuus — <i>Peat property</i>		Vakio <i>Constant</i>	Mallin F-arvo <i>F value of model</i>	Selitys- aste <i>Coeff. det. %</i>	
		Vaihtuva Exchangeable K	NH ₄				NO ₃
Runkoluku — <i>Stem number</i>	—4215,9	179	—	—	26344	5,03*	40,1
Eläviä puita — <i>Live trees</i>	—	—	—	—698	16654	5,81*	26,7
Kuolleita puita — <i>Dead trees</i>	—2960	—	—	—	19975	5,03*	23,9
Kaikki koivut — <i>All birches</i>	—	2,07	—	—	73	3,71	18,8
Elävät koivut — <i>Live birches</i>	—	—	—	—7,523	160	6,67*	29,4
Kuolleet koivut — <i>Dead birches</i>	—	1,39	—	—	—6	4,19	20,8
Keskipituus — <i>Mean height</i>	—	—	—0,201	0,174	9,22	5,60**	41,2
Valtapituus — <i>Height of dom. trees</i>	—	—	—0,229	0,208	11,7	4,46*	35,8
Pohjapinta-ala	—1,59	—	—	—	25,3	3,65*	17,7

Liitetaulukko 7. Eräiden puustotunnusten riippuvuus kivennäismaan ominaisuuksista. Regressiokertoimet, vakio, mallin F-arvo ja selitysaste.
Appendix 7. Dependence of some stand characteristics on the mineral soil properties. Regression coefficients, constant, F value of model and coefficient of determination.

Puustotunnus — <i>Stand characteristic</i>	Regressiokertoimet — <i>Regression coefficients</i>							
	Vaihtuva Exchangeable K	Kivennäismaan ominaisuus — <i>Soil property</i>			Vakio <i>Constant</i>	Mallin F-arvo <i>F value of model</i>	Selitysaste <i>Coeff. det., %</i>	
		pH	Johtoluku <i>Conductivity</i>	Vaihtuva Exchange- able Ca				Kokonais Total P
Runkoluku — <i>Stem number</i>	—	—85,1	—884,8	—	—	881	9,94**	57,0
Eläviä puita — <i>Live trees</i>	—	—	—491,2	—0,222	0,155	266	13,37***	74,1
Kuolleita puita — <i>Dead trees</i>	1540	—	—	—	—	3386	6,46**	28,9
Kaikki koivut — <i>All birches</i>	—	—	—885,3	—0,408	—	521	12,26***	62,0
Elävät koivut — <i>Live birches</i>	—	—	—481,5	—0,256	0,175	254	21,71***	82,3
Kuolleet koivut — <i>Dead birches</i>	—	76,26	—	—	—	409	5,46**	25,5
Keskipituus — <i>Mean height</i>	0,337	—	7,37	0,060	—	2,11	9,54***	67,2
Valtapituus — <i>Height of dom. trees</i>	0,397	1,111	11,04	—	—0,03	—	7,95**	69,4
Pohjapinta-ala — <i>Basal area</i>	1,78	—	—	0,018	—	—	10,84**	57,5

Liitetaulukko 11. Puuston kokonais-, runko- ja oksamassan riippuvuus turpeen ominaisuuksista. Regressiokertoimet, vakio, mallin F-arvo ja selitysaste.

Appendix 11. Dependence of the total, stem and branch mass of the stand on peat properties. Regression coefficients, constant, F value of model and coefficient of determination.

Puustotunnus Stand characteristic	Regressiokertoimet — Regression coefficients					Vakio Con- stant	Mallin F-arvo F value of model	Selitysaste Coeff. det., %
	Turpeen ominaisuus — Peat property		—		—			
	Liuk. P Soluble P	K	N tot.	NO ₃				
Kokonaismassa — Total mass	-4,63	—	—	—	71,7	2,60	13,3	
Runkomassa — Stem mass	-4,35	—	—	—	59,8	3,92*	18,7	
Oksamassa — Branch mass	—	—	4,96	—	2,66	4,08*	19,3	
Oksamassan osuus — Branch mass, %	—	-0,113	—	0,421	22,6	10,17***	57,6	

Liitetaulukko 12. Kokonais-, runko- ja oksamassan riippuvuus kivennäismaan ominaisuuksista. Regressiokertoimet, vakio, mallin F-arvo ja selitysaste.

Appendix 12. Dependence of the total, stem and branch mass of the stand on mineral soil properties. Regression coefficients, constant, F value of model and coefficient of determination.

Puustotunnus — Stand characteristic	Regressiokertoimet — Regression coefficients				Vakio Con- stant	Mallin F-arvo F value of model	Selitysaste Coeff. det., %
	Kivennäismaan ominaisuus — Soil property		—				
	Vaihtuva K Exchangeable K	Johtoluku Conductivity	Vaihtuva Ca Exchangeable Ca				
Kokonaismassa — Total mass	4,84	—	0,062	—	18,86***	70,2	
Runkomassa — Stem mass	4,12	—	0,040	—	19,62***	71,0	
Oksamassa — Branch mass	—	39,1	—	0,381	10,68**	40,0	
Oksamassan osuus — Branch mass, %	—	26,5	0,022	7,000	15,23***	67,0	

Liitetaulukko 13. Puuston tuotoksen ja turpeen ominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet.
Appendix 13. Correlation coefficients between yield and peat properties.

Tuotos — Yield	Turpeen ominaisuudet — Peat property				pH	NO ₃	NH ₄	Org. %	Johtoluku Conduc- tivity	Kok. N Total N	Kok. N org. Total N org.
	Liuk. P Soluble P	Vaihuva K Exchangeable K	Turpeen syvyys Peat depth	Org. %							
MAI _d	-0,496*	0,175	0,143	0,090	-0,332	-0,307	-0,121	0,090	-0,375	0,000	-0,063
MAI _{ppa}	-0,531**	0,039	0,102	0,168	-0,137	-0,266	-0,045	0,168	-0,309	0,063	-0,042
MAI _d oksat — MAI _{ba} branches	-0,146	-0,298	-0,239	0,368	0,036	-0,364	0,254	0,368	-0,182	0,352	0,147
MAI _{ppa} oksat — MAI _{ba} branches	-0,174	-0,369	-0,180	0,401*	0,128	-0,292	0,273	0,401*	-0,130	0,373	0,151
MAI _d runko — MAI _d stem	-0,483*	-0,279	0,194	0,001	-0,383	-0,258	-0,170	0,001	-0,395*	-0,126	-0,150
MAI _{ppa} runko — MAI _{ba} stem	-0,568**	-0,158	0,169	0,092	-0,156	-0,145	-0,162	0,092	-0,352	-0,073	-0,160
CAI _{ppa} runko — CAI _{ba} stem	-0,446*	0,002	0,007	0,162	-0,091	-0,263	-0,055	0,162	-0,324	0,052	-0,060

Liitetaulukko 14. Puuston tuotoksen ja kivennäismaan ominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet.
Appendix 14. Correlation coefficients between yield and mineral soil properties.

Tuotos — Yield	Maan ominaisuus — Soil property						Kokonais — Total	
	Liuk. P Soluble P	Vaihuva K Exchangeable K	pH	Johtoluku Conductivity	Vaihuva Ca Exchange- able Ca	P	K	Ca
MAI _d	0,126	0,776***	-0,270	0,011	-0,119	0,034	0,176	0,014
MAI _{ppa}	-0,012	0,789***	-0,196	0,221	0,052	-0,027	0,111	-0,007
MAI _d oksat — MAI _d branches	-0,014	0,431*	0,215	0,421*	0,459*	-0,086	+0,050	+0,087
MAI _{ppa} oksat — MAI _{ba} branches	-0,047	0,441*	0,201	0,544**	-0,094	+0,044	+0,044	+0,105
MAI _d runko — MAI _d stem	0,158	0,751***	-0,327	-0,108	-0,222	0,073	0,175	0,012
MAI _{ppa} runko — MAI _{ba} stem	0,027	0,765***	-0,291	0,101	-0,066	0,035	0,122	0,009
CAI _{ppa} runko — CAI _{ba} stem	-0,027	0,786***	-0,067	0,241	0,154	-0,008	+0,120	+0,032

Liitetaulukko 15. Puuston tuotoksen riippuvuus turpeen ominaisuuksista. Regressiokertoimet, vakio, mallin F-arvo ja selitysaste.

Appendix 15. Dependence of yield on peat properties. Regression coefficients, constant, F value of model and coefficient of determination.

Tuotos — Yield	Regressiokertoimet — Regression coefficients				Vakio Constant	Mallin F-arvo F value of model	Selitysaste Coeff. det., %
	Liuk. P Soluble P	Turpeen ominaisuus — Peat property		Johtoluku Conductivity			
		Org. %	NH ₄				
MAI _d	-0,421	—	—	—	5,89	5,57*	24,7
MAI _{ppa} — MAI _{ba}	-0,485	—	—	—	5,67	6,44**	27,5
MAI _d oksat — MAI _d branches	—	-0,008	-0,320	—	0,445	3,71*	31,7
MAI _{ppa} oksat — MAI _{ba} branches	—	0,010	—	—	—	3,46	16,1
MAI _d runko — MAI _d stem	-0,363	—	—	-3,10	6,00	5,16*	39,2
MAI _{ppa} runko — MAI _{ba} stem	-0,461	—	—	—	4,77	8,01**	32,0
CAI _{ppa} runko — CAI _{ba} stem	-0,500	—	—	—	6,24	4,06*	19,3

Liitetaulukko 16. Puuston tuotoksen riippuvuus kivennäismaan ominaisuuksista. Regressiokertoimet, vakio, mallin F-arvo ja selitysaste.

Appendix 16. Dependence of yield on mineral soil properties. Regression coefficients, constant, F value of model and coefficient of determination.

Tuotos — Yield	Regressiokertoimet — Regression coefficients			Vakio Constant	Mallin F-arvo F value of model	Selitysaste Coeff. det., %
	Liuk. P Soluble P	Maan ominaisuus — Soil property				
		Vaihtuva K Exchangeable K	Vaihtuva Ca Exchangeable Ca			
MAI _d	0,136	0,293	—	0,558	15,24***	67,0
MAI _{ppa} — MAI _{ba}	—	0,390	0,003	—	17,76***	68,9
MAI _d oksat — MAI _d branches	—	0,051	0,001	0,175	8,47**	53,0
MAI _{ppa} oksat — MAI _{ba} branches	—	0,057	0,001	—	12,02***	60,0
MAI _d runko — MAI _d stem	0,136	0,293	—	0,558	15,24***	67,0
MAI _{ppa} runko — MAI _{ba} stem	—	0,296	—	0,595	22,60***	58,6
CAI _{ppa} runko — CAI _{ba} stem	—	0,427	0,004	—	23,10***	74,3

Litetaulukko 17. Puuston tuotoksen riippuvuus turpeen ja kivennäismaan ominaisuuksista niissä tapauksissa, joissa sekä turpeen että kivennäismaan ominaisuus on selittäjänä tullut mukaan malliin.

Appendix 17. Dependence of yield on peat and mineral soil properties when both have been included in the model.

Tuotos — Yield	Regressiokertoimet — Regression coefficients									
	Org. %	pH	Johdoluuku Conductivity	Vaihtuva K Exchangeable K	Vaihtuva Ca Exchangeable Ca	Vakio Constant	Mallin F-arvo F value of model	Selitysaste Coeff. det., %		
MAI _d	0,025	—	-3,41	0,321	—	—	16,59***	82,6		
MAI _{ppa}	0,027	—	-2,99	0,323	—	—	18,96***	79,1		
MAI _d runko — MAI _d stem	—	-1,87	—	0,259	—	8,10	15,39***	67,2		
MAI _{ppa} runko — MAI _{ppa} stem	—	—	—	0,296	—	0,595	22,60***	58,6		
CAI _{ppa} runko — CAI _{ppa} stem	—	—	-2,41	0,489	0,005	—	20,64***	80,50		

ODC 537 + 176.1 *Betula* + 2--114.444
ISBN 951-40-0618-6
ISSN 0015-5543

FERM, A. & KAUNISTO, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeenostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia For.* 538:1—32.

Betula pendula was the most frequent living tree species in the stands. The mean annual increment of the total branch and stem mass of unfertilized thickets (breast-height age of birch 14y) naturally generated in a peat cut-over area was 4,3 t/ha/yr. The current annual increment of barkless stemwood was an average of 4,9 t/ha/yr. the top value being 7,7 t/ha/yr. Yield figures show that birch may provide an important alternative in energy wood production.

The total stem number (live + dead), the number of dead trees and dry mass of the stand and the annual yield correlated positively with the exchangeable potassium in the mineral soil under the peat layer and negatively with the easily soluble phosphorus in peat.

Authors' addresses: *Ferm*: The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, Valtakatu 18, SF-69100 Kannus. *Kaunisto*: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano.

ODC 537 + 176.1 *Betula* + 2--114.444
ISBN 951-40-0618-6
ISSN 0015-5543

FERM, A. & KAUNISTO, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeenostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia For.* 558:1—32.

Betula pendula was the most frequent living tree species in the stands. The mean annual increment of the total branch and stem mass of unfertilized thickets (breast-height age of birch 14y) naturally generated in a peat cut-over area was 4,3 t/ha/yr. The current annual increment of barkless stemwood was an average of 4,9 t/ha/yr. the top value being 7,7 t/ha/yr. Yield figures show that birch may provide an important alternative in energy wood production.

The total stem number (live + dead), the number of dead trees and dry mass of the stand and the annual yield correlated positively with the exchangeable potassium in the mineral soil under the peat layer and negatively with the easily soluble phosphorus in peat.

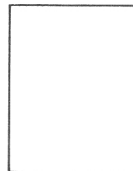
Authors' addresses: *Ferm*: The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, Valtakatu 18, SF-69100 Kannus. *Kaunisto*: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano.

Tilaan 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 jalostuskoegasema
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:* (995) 61 401

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

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

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

Kannuksen energiametsäkoegasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

1982

- No 532 Lyly, Olavi & Saksa, Timo: Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuorena istutusmännikössä. Variation in height growth and differentiation of tree classes in a young Scots pine plantation.
- No 533 Lähde, Erkki, Nieminen, Jarmo, Etholén, Kullervo & Suolahti, Pekka: Varttuneet kontortametsiköt Suomen eteläpuoliskossa. Older lodgepole pine stands in southern Finland.
- No 534 Mälkönen, Eino & Saarsalmi, Anna: Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetykset kokopuun korjuussa. Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands.
- No 535 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forest of western Finland.
- No 536 Raitio, Hannu: Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field.
- No 537 Leikola, Matti, Raulo, Jyrki & Pukkala, Timo: Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen. Prediction of the variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce.
- No 538 Takalo, Sauli & Väyrynen, Seppo: Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa. Terri light crawler in timber transport.
- No 539 Appelroth, Sven-Eric: Rekommendationer för materialinsamling och resultatpresentation vid tidsstudier av skogsvårdsarbeten. Recommendations for collecting data and presenting results of time studies on silvicultural operations.
- No 540 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1980–82. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1980–82.
- No 541 Saksa, Timo & Lähde, Erkki: Siemenen määrä männyn, kuusen ja lehtikuusen suojakylvössä. Number of seeds in shelter sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch.

1983

- No 542 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia. Studies of the measurement of pulpwood bolts.
- No 543 Kärkkäinen, Matti & Björklund, Tarja: Suomussalmelaisten mäntytukkien koesahaustuloksia. On the sawing of pine logs from Suomussalmi, north-eastern Finland.
- No 544 Petäistö, Raija-Liisa: Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla. Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries.
- No 545 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 546 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Istutustaimikoiden tila 11–12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä. State of plantations 11–12 years after planting in some private forests in western Finland.
- No 547 Rousi, Matti: Pohjois-Suomen siemenviljelysjälkeläistöjen menestymisestä Kittilässä. The thriving of the seed orchard progenies of northern Finland at Kittilä.
- No 548 Imponen, Vesa & Sirén, Matti: Kaatotavan vaikutus kuormainproessorin tuottavuuteen. The influence of the felling method on the performance of a grapple loader processor.
- No 549 Parviainen, Jari & Lappi, Juha: Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi. A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains.
- No 550 Metsätalastollinen vuosikirja 1982. Yearbook of Forest Statistics 1982.
- No 551 Kaunisto, Seppo: Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa. Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse.
- No 552 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka. The technique of recycling wood and bark ash.
- No 553 Löytyniemi, Kari & Piisilä, Niilo: Hirvivahingot männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan—Hämeen piirimetsä-lautakunnan alueella. Moose (*Alces alces*) damage in young pine plantations in the Forestry Board District Uusimaa—Häme.
- No 554 Vuokila, Yrjö, Gustavsen, Hans Gustav & Luoma, Pirkko: Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit. Site classification and thinning models for Siberian larch (*Larix sibirica*) stands in Finland.
- No 555 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1982. Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1982.
- No 556 Vuokila, Yrjö: Viljelymetsiköiden harvennusmallit. Gallringsmallar för odlade bestånd i Finland. Thinning models for forest cultures in Finland.
- No 557 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Koealpuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla. The selection of trees in thinning experiments: A computer method.
- No 558 Ferm, Ari & Kaunisto, Seppo: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella, Kihniön Aitonevalla. Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii 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.