

ODC  
237.4  
114.444

# FOLIA FORESTALIA 241

METSÄNTUTKIMUSLAITOS • INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE • HELSINKI 1975

---

---

VICTOR IPATIEV &  
EERO PAAVILAINEN

LANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN KESTOAIKA  
VANHASSA TUPASVILLARÄMEEN  
MÄNNIKÖSSÄ

DURATION OF THE EFFECT OF  
FERTILIZATION IN AN OLD PINE STAND  
ON A COTTONGRASS PINE SWAMP

---

- 1973 No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.  
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.  
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.  
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.  
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.  
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteraus kuusisaha-puun teossa.  
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkonen: Havusahatukkienvatavut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkienvatavut ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.  
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.  
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.  
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.  
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana.  
On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta.  
Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyyppisestä ja geneettisestä vaihtelusta.  
Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa.  
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.  
On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Sa'ovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.  
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.  
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.  
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidiraakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.  
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972.  
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.  
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1975.

Victor Ipatiev & Eero Paavilainen

LANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN KESTOAIKA VANHASSA  
TUPASVILLARÄMEEN MÄNNIKÖSSÄ

Duration of the effect of fertilization in an old pine stand  
on a cottongrass pine swamp

**Продолжительность влияния удобрения на рост старовозрастных  
основных насаждений, произрастающих на осушенном  
переходном болоте**

ALKUSANAT

Tämä julkaisu on suomalais-neuvostoliittolaisen yhteistyön tulos. Kysymyksessä on ensimmäinen yhteinen tutkimus suometsätieteen alalla. Toivottavasti se omalta osaltaan edistää Suomen ja Neuvostoliiton metsäntutkijoiden välisen yhteistyön tulevaa kehitystä.

Tutkimuksen kohteena on isovarpuisen tupasvillarämeen männikkö, jota vastaa neuvostoliittolaisessa metsäisten soiden luokituksessa rahkasammal-varpu-männiköksi nimitetty suotyyppi. Tämän tyyppisiä suometsiä on Neuvostoliitossa runsaasti. Nyt esitettävien kokeiden tuloksia voitaneenkin soveltaa käytännön metsätalouteen Neuvostoliiton alueella ja erityisesti Valkovenäjän Neuvostotasavallassa, missä ilmastotilat ovat jokseenkin samanlaiset kuin Etelä-Suomessa.

Tutkimus on suoritettu Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastossa professori OLAVI HUIKARIN johdolla. Kenttätyöt on tehty Parkanon tutkimusasemalla. Aineistoa kerätessä on saatu arvokasta apua tohtori OLAVI LAIHOLOTA, lisensiaatti SEPPO KAUNISTOLTA, metsäteknikko KALLE NEVANRANNALTA ja työnjohtaja ESKO MANSIKKAVII-DALTA. Laskentatöissä ovat opastaneet lisensiaatti KIMMO PAARLAHTI ja metsänhoitaja HEIKKI RAVELA. Tohtori EINO MÄLKÖ-NEN ja vt.prof. KUSTI SEPPÄLÄ ovat suorittaneet tarvittavat käännökset suomesta venäjän-kielelle. Tekijät esittävät parhaat kiitoksensa edellä mainituille ja muille tutkimustyössä avustaneille.

Helsingissä, huhtikuussa 1975

Victor Ipatiev Eero Paavilainen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY IN ENGLISH .....	3
<b>Краткое содержание</b> .....	5
JOHDANTO .....	7
AINEISTO .....	7
MENETELMÄT .....	9
TULOKSET .....	10
LOPPUKATSAUS .....	12
KIRJALLISUUSVIITTEET .....	13

Duration of the effect of fertilization in an old pine stand growing on a cottongrass pine swamp.

SUMMARY

Adverse moisture conditions or poor nutrient status of the peat substrate are factors which directly restrict forest growth on peatlands in Finland. Most attention has been paid to correcting the restrictive effect of these two factors by such means as drainage, soil preparation and fertilization, so as to increase the wood production of Finnish forests. The fertilization requirements are determined using a classification system based on the ground vegetation in which a number of classes representing the nutrient status at the stand level are distinguished. (HUIKARI & PAAVILAINEN 1972).

Already by the beginning of the 1950's, the results of the greatly enlarged fertilization experiment programme were apparent in the first thorough inventory (HUIKARI 1961) which was carried out. It was clear that nitrogen fertilization is not required on grove-like, herb-rich and large sedge peatlands, although there is possibly a need on such sites for potassium and phosphorus. However, on peatlands such as smallsedge, cotton-grass and *Sphagnum* peatlands, which are poorer in nutrients and more acidic, nitrogen as well as phosphorus and potassium are required if a good level of growth is to be achieved.

It was also very quickly noticed, that although the effect of nitrogen fertilization remains for a number of years, it ceases between 5–10 years after fertilization is carried out (e.g. HUIKARI 1973). Although on the other hand, earlier established wood ash fertilization experiments showed that the duration of the effect of phosphorus and potassium is longer on nitrogen rich substrates, even lasting for twenty years or more, a sufficient supply of nitrogen is the greatest problem when the duration of the effect of fertilization is considered.

The aim of the present study was to establish the duration of the effect of NPK fertilization on the growth of an old pine stand growing on a dwarf-shrub rich cottongrass pine swamp. The study was carried out in the Department of Peatland Forestry and in Parkano

Research Station of the Finnish Forest Research Institute.

The material used in the study was collected from two experimental series in which different draining intensities were used (Fig.1). The site is quite acid and poor in nutrients, as the following figures show:

$p^H_{(KCl)}$	$p^H_{(H_2O)}$	N, %	P, mg/g	K, mg/g
2.61	3.37	1.00	1.41	0.60

Fertilization was carried out for the first time in June 1962 using two different forms of NPK-fertilizer: 600 kg/ha NPK (16 % N, 20 %  $P_2O_5$ , 8 %  $K_2O$ ) or 1000 kg/ha NPK (10–12–6). Some of the sample plots were refertilized in May 1973 using calciumammoniumnitrate (25 % N) 100 kg/ha (Fig. 1).

The basal area-mean tree method of KUUSELA (1966) as developed by PAARLAHTI & RAVELA (1973) was used in collecting and treating the material. When the results are compared with those obtained in the earlier study of PAAVILAINEN (1968) it appears that the method used in this study probably gives a slightly lower estimate for the growth than stem analysis on felled trees.

The effect of fertilization is estimated from the growth of the basal area. The final calculations were made using covariance analysis with the following variables:

Dependent variables

Annual growth of the basal area in the years 1962–1974,  $m^2/ha/year$ .

Independent variables

Regression variables:

1. Total basal area in 1962,  $m^2/ha$
2. Growth of the basal area before fertilization (average for the years 1960–1961),  $m^2/ha/year$ .

Classes:

1. Unfertilized
2. Fertilized in 1962 (the two fertilizer treatments were combined)

3. Refertilized in 1973 (This was used only when calculating the results for the years 1973–1974).

The draining intensity was not used as a class because its effect in earlier calculations was found to be not statistically significant.

Fertilization increased the growth of the trees in the second year after fertilization (Table 2.) The maximum influence occurred 4–5 years after fertilization. The effect then decreased gradually and was no longer statistically significant 7–8 years after fertilization (Fig. 2).

There was a close correlation ( $r = 0,798$ ) between the mean volume growth after fertilization and the volume of the stand at the time of fertilization (Fig. 3).

Refertilization increased the growth of the basal area during the two years following fertilization (Fig. 4). Growth in subsequent years was not calculated.

The results show that the effect of NPK-fertilization on the growth of a mature pine stand on a cottongrass pine swamp has ended 6–8 years after fertilization. Thus refertilization will be required at least 10 years after the first fertilizer application. Which type of fertilizer and in what amounts, produce the best effect on the growth will have to be studied further. However, the results of this study do show that refertilization with nitrogen alone can improve the growth of trees growing on this type of peatland.

**Продолжительность влияния удобрения на рост старовозрастных  
сосновых насаждений, произрастающих на осушенном  
переходном болоте**

**Краткое содержание**

Основными факторами, ограничивающими рост щими рост насаждений на торфяно-болотных почвах, являются их неблагоприятный водно-воздушный режим или недостаток основных элементов питания. В Финляндии, где с каждым годом увеличивается спрос на древесину, в настоящее время наибольшее внимание уделяется устранению этих факторов путем осушения, обработки и удобрения избыточно увлажненных почв. При определении потребности в тех или иных удобрениях в основном учитывался характер напочвенного покрова, являющийся индикатором почвенного питания (О. ХУИКАРИ, Е. ПААВИЛАЙНЕН 1972.)

Уже в начале 1950-х годов были обобщены результаты применения удобрений при первой инвертаризации болотных лесов (О. ХУИКАРИ, 1961). Было очевидно, что богатые разнотравные и осоковые болота в дополнительном азотном питании не нуждаются, одновременно обнаружилась большая потребность фосфора и калия. В то же время на осоково-сфагновых и сфагновых болотах, отличающихся низким содержанием основных элементов питания и высокой кислотностью, требуется внесение как азотных, так и фосфорных и калийных удобрений.

Также было установлено, что влияние азотного удобрения на рост леса, продолжается в течение 5—10 лет после внесения (О. ХУИКАРИ, 1973). Несмотря на то, что опыты по применению на осушенных торфяно-болотных почвах древесной золы в качестве удобрений показали, что влияние фосфора и калия сказывается в течение 20 лет и более, вопрос об азотном питании при установлении продолжительности действия минеральных удобрений является важнейшей проблемой в настоящее время.

Целью настоящего исследования является установление продолжительности эффективного влияния полного минерального (NPK) удобрения старовозрастных сосновых насаждений, произрастающих на кустарничково-сфагновом переходном болоте. Изучение было проведено в Отделе лесного болотоведения на опытной станции в г. Паркано Финского научно-исследовательского института леса.

Экспериментальный материал был собран на двух сериях истоянных пробных площадей, которые различаются интенсивностью осушения (рис. 1). Торфяно-болотная почва отличается довольно низким содержанием основных элементов питания и высокой кислотностью:

pH/KCl/	pH/H <sub>2</sub> O/	N, %	P, мг/г	K/ мг/г
2,61	г 3,37	г 1,00	1,41	0,60

Удобрение было внесено в первой половине июня 1962 г. Использовались две дозы полного удобрения: 600 кг/га (16 % N, 20 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8 % K<sub>2</sub>O) и 1 000 кг/га (10—12—6). Некоторые пробные площади в мае 1973 г. были вторично удобрены. Писпользовалось только азотное удобрение (25 % N) в дозе 400 кг/га (рис. 1).

При сборе и обработке материала исследований использовался метод К. КУУСЕЛА (1966) в модификации К. ПААРЛАХТИ и Н. РАВЕЛА (1973), при котором сопоставляются площади сечений модельных деревьев, отобранных реласкопом. Сравнение полученных этим методом результатов с данными Е. ПААВИЛАЙНЕНА (1968), который провел ранее исследование на некоторых пробных площадях этих же серий, показало, что применение вышеуказанного метода дает несколько заниженные показатели по запасу и приросту, чем при анализе стволов срубленных деревьев.

Влияние удобрений устанавливалось по приросту площади сечений деревьев. Результаты исследования обработаны ковариационным анализом. Приняты следующие переменные:

### **Зависимые переменные**

Ежегодный прирост по площади сечения в 1962—1974 г.г., м<sup>2</sup>/га/год.

### **Независимые переменные**

1. Сумма площадей сечения в 1962 г., м<sup>2</sup>/га.

2. Прирост по площади сечения до удобрения (средний за 1960—1961 гг.), м<sup>2</sup>/га/год.

### **Классы.**

1. Без удобрения

2. Удобрение в 1962 г. (обе дозы объединены).

3. Вторичное удобрение в 1973 г. (использованы результаты только 1973 и 1974 гг.)

Интенсивность осушения не была выделена в самостоятельный класс, так как предварительная математическая обработка показала, что влияние этого фактора на рост насаждения статистически не достоверно.

Удобрение увеличило прирост на второй год после внесения (табл. 2). Максимальное же влияние его отмечено на 4—5 годы. Затем влияние постепенно снижается и через 7—8 лет после удобрения становится статистически недостоверным (рис. 2).

Наблюдается тесная корреляционная связь ( $r = 0,798$ ) между средним приростом по запасу после удобрений и запасом насаждения в год удобрения (рис. 3).

Вторичное удобрение заметно увеличило прирост по площади сечения уже в первые два года (рис. 4). В последующий год прирост не изучался.

Результаты проведенного исследования показывают, эффективное влияние полного минерального удобрения на рост старовозрастных сосновых насаждений, произрастающих на бедных переходных болотах, продолжается 6—8 лет. Таким образом, вторичное удобрение в данных условиях местопроизрастания необходимо производить по крайней мере через 10 лет после первого внесения. Вопрос о том — какой вид удобрения и какая доза дают максимальный эффект требует дальнейшего изучения. Однако, результаты данного исследования показывают, что и использование только азотного удобрения может улучшать рост насаждений данного типа болот.

## JOHDANTO

Aikaisemmissa tutkimuksissa on ilmennyt, että vanhan tupasvillarämeen männikön kasvu elpyy NPK-lannoituksen vaikutuksesta. Puiden elpymiskykyä osoittaa niiden kasvu – etenkin pituuskasvu – ennen lannoitusta. Hyväkasvuiset puut lisäävät voimakkaasti kasvuaan lannoituksen johdosta, kun taas pituuskasvunsa jo lopettaneiden lakkapäisten rämemäntyjen elpymiskyky on heikko (PAAVILANEN 1968).

NPK-lannoituksen vaikutuksen kestoajan on todettu olevan ojitetun tupasvillarämeen sekä vanhoissa että nuorissa puustoissa yleensä 5–10 vuotta (mm. HUIKARI & PAAVILAINEN 1972, PAAVILAINEN 1972, 1974, KARSISTO 1972, 1974, HUIKARI 1973, PAAVILAINEN & SIMPANEN 1975). Tämän ajan kuluessa puut käyttävät niin tarkoin turpeessa olevan käyttökelpoisen typen, että tämän ravinteen puute muodostuu puiden kasvua rajoittavaksi tekijäksi. Fosforia ja kaliumia

saattaa olla edelleenkin riittävästi kasvualustassa, mutta niiden vaikutus estyy typen puutteen takia. Aikaisemmin julkaistujen tulosten perusteella ei kuitenkaan tiedetä, miten alunperin NPK:lla lannoitettu rämemännikkö reagoi sellaiseen jatkolannoitukseen, jossa käytetään typpeä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tuoda lisäselvitystä kysymykseen, miten ojitetun tupasvillarämeen vanha puusto reagoi lannoitukseen. Tutkittavana on etenkin:

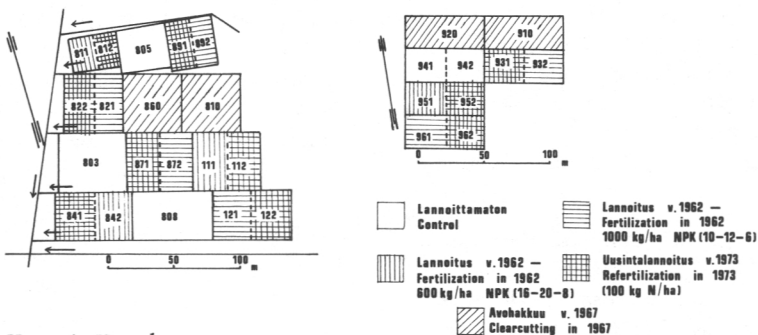
- 1) mikä on NPK-lannoituksen vaikutuksen kesto aika,
- 2) miten N-uusintalannoitus vaikuttaa alunperin NPK:lla lannoitetun puuston kasvuun.

Tutkimus on jatkoa PAAVILAISEN (1968) aikaisemmalle vanhojen rämemäntyjen elpymiskykyä koskevalle selvitykselle.

## AINEISTO

Tutkimus tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman kestokoealasarjoilla n:o 8 ja 9 (kuva 1) eli samoissa kohteissa,

joista PAAVILAISEN (m.t.) aikaisemman tutkimuksen aineisto on kerätty. Koesarjassa 8 sarkaleveys on 40–50 m, kun taas sarja 9 on



Kuva 1. Koealat  
Fig. 1. Sample plots

Taulukko 1. Mäntyä koskevat puustotiedot v. 1974.

Table 1. Description of the pine stand in 1974.

Koala N:o Sample plot N:o 1)	Kuutiomäärä, ilman kuorta k-m <sup>3</sup> /ha Volume excl. bark solid m <sup>3</sup> /ha	Runkoluku, kpl/ha Stem num- ber per/ha	Keskiläpi- mitta, cm Mean dia- meter, cm	Pojapinta- ala, m <sup>2</sup> /ha Basal area m <sup>2</sup> /ha	Valtapiuus, m Dominant height, m
111	40.7	609	19.8	8.64	11.9
112	41.8	899	18.3	9.29	11.2
121	27.7	1000	19.9	6.32	10.7
122	24.2	1180	21.8	5.58	11.0
803	24.3	2081	13.6	5.96	8.5
805	38.8	438	20.1	8.25	11.8
808	22.2	1072	16.8	5.36	9.2
811	11.4	931	18.5	2.58	11.0
812	32.0	431	18.6	6.90	11.1
821	32.8	2350	15.2	7.96	9.3
822	36.1	1865	19.9	8.00	11.5
841	15.1	3198	12.0	4.69	6.0
842	23.6	3117	15.2	6.42	7.9
871	36.6	1863	17.0	7.56	10.8
872	26.9	1545	17.3	6.05	10.1
891	33.7	714	16.3	7.15	10.8
892	31.4	942	16.9	7.05	10.5
931	70.0	740	19.6	14.82	11.9
932	71.1	720	19.0	15.37	11.0
941	48.6	1320	15.6	10.71	9.6
942	42.8	1220	13.4	10.21	8.7
951	62.0	1240	15.0	14.30	9.2
952	59.8	1240	15.0	13.79	9.2
961	51.5	1600	11.9	12.21	8.1
962	58.7	1320	16.3	13.52	9.6

1) Ks. kuva 1  
See Fig. 1

ojitettu ilman varsinaisia sarkaojia. Suotyyppi oli kummassakin sarjassa isovarpuinen tupasvillaräme. Turpeen paksuus on koesarjassa 8 keskimäärin 0.5–1.8 m ja sarjassa 9 keskimäärin 0.4–0.6 m. Turpeen pintakerroksen (0–20 cm) pH ja ravinteisuus oli lannoittamattomilta nol-laruuduilta otettujen näytteiden mukaan seuraava (6 näytteen keskiarvo):

pH(KCl)	pH(H <sub>2</sub> O)	N, %	P, mg/g	K, mg/g
2.61	3.37	1.00	1.41	0.60

Luvut osoittavat, että kysymyksessä on varsin hapan ja ravinneköyhä kasvupaikka.

Kuvasta 1 ilmenee, että osa koealoista on lannoitettu kesäkuussa 1962 käyttämällä seuraavia kahta NPK-lannosta.

Lannoitetta

Ravinteita, kg/ha

	N	P	K
600 kg/ha NPK (16-20-8)	96	52	40
1000 kg/ha NPK (10-12-6)	100	52	50

Eräiden koealojen toiseen puolikkaaseen (ks. kuva 1) on annettu vuoden 1973 toukokuussa uusintalannoitus käyttämällä oulunsalpietaria (25 % N) 400 kg/ha eli siis 100 kg N/ha.

Vallitsevan latvuserroksen puuston keski-ikä oli lannoitettaessa keskimäärin 110–125 vuotta. Kaikkien koealojen puuston laatu selviää taulukosta 1.

## MENETELMÄT

Aineisto kerättiin ja käsiteltiin käyttämällä hyväksi PAARLAHDEN ja RAVELAN (1973) laatimia ohjeita, jotka perustuvat KUUSELAN (1966) keskipuupohjapinta-alamenetelmään. Kaikkien 1,3 m:n korkeudella 1 cm:ä paksimmat puut luettiin ja tarvittavat koepuut valittiin relaskoopilla. Jokaisesta koepuusta mitattiin pituus, läpimitta (d 1,3) kahdelta vastakkaiselta suunnalta, kapeneminen, pituuskasvu viimeisenä vuotena (1974) sekä erikseen vuosina 1968–1974, 1962–1967 ja 1957–1962, minkä lisäksi sädekasvun mittaamista varten otettiin kairalastut 1,3 m:n korkeudelta. Vuosilustojen paksuus mitattiin viimeisten 15 vuoden ajalta (1960–1974), mikä merkitsee, että mukana oli kaksi lannoitusvuotta edeltävää vuotta (1960–1961) ja 13 vuotta (1962–1974) lannoituksen jälkeen. Vain mäntyä koskevat mittaustulokset otettiin mukaan tähän tutkimukseen.

Muun muassa pituuskasvun mittaamiseen liittyvien epävarmuustekijöiden johdosta on pohjapinta-alan kasvu luotettavampi tunnus lannoituksen vaikutusta selvittäessä kuin kuutiokasvu. Lannoituksen vaikutusta tarkastellaan tämän vuoksi jäljempänä puuston pohjapinta-alan kasvua koskevien tulosten perusteella.

Aineiston käsittelyssä käytettiin kovarianssianalyysia, jossa selitettävänä muuttujina oli puuston vuotuinen kuoreton pohjapinta-alan kasvu vuosina 1962–1974. Selittäviä regressio-muuttujia olivat aluksi:

1. Puuston kuoreton pohjapinta-ala v. 1962,  $m^2/ha$

2. Puuston pohjapinta-alan kasvu ennen lannoitusta, (keskiarvo vuosilta 1960–1961  $m^2/ha/v$ ).

Luokkia olivat:

1. Ojitus, jossa taso 1 = ojitus 40–50 m:n sarkaleveyttä käyttäen, koesarja 8  
taso 2 = ojitus ilman varsinaisia sarkaojia, koesarja 9.
2. Lannoitus, jossa taso 1 = ei lannoitusta  
taso 2 = lannoitettu v. 1962 (eri lannoitekäsittelyt yhdistettiin, koska ne poikkesivat toisistaan annettujen ravinteiden määrän puolesta varsin vähän).  
Vuosina 1973–1974 koskeneessa laskennassa oli mukana luokasta 2 myös  
taso 3 = uusintalannoitettu v. 1973.

Lopullisesta mallista jätettiin pois regressiotekijä 1, koska sen ja regressiotekijän 2 välillä oli voimakas keskinäinen korrelaatio sekä luokka 1, jonka vaikutus ei ollut ensimmäisessä analyysissä merkitsevä.

Eri tekijöiden vaikutuksen merkitsevyys sekä käytetyn mallin selitysaste selviävät taulukosta 2.

Kuutiokasvun osalta laskettiin regressiosuorat, jotka osoittivat lannoitusvuoden jälkeisen vuotuisen kuutiokasvun (kuoreton kasvu vuosien 1962–1972 keskiarvona) riippuvuuden puuston kuutiomäärästä (kuorellisena) lannoitettaessa. Suorat laskettiin erikseen lannoitetulle ja lannoittamattomalle puustolle.

Verrattaessa tämän tutkimuksen tuloksia PAAVILAISEN (1968) samoilta koealasarjoilta aikaisemmin esittämiin saadaan seuraava asetelmä:

	Lannoittamaton puusto		Lannoitettu puusto	
	Tämä aineisto PAAVILAINEN (1968)	Tämä aineisto PAAVILAINEN (1968)	Tämä aineisto PAAVILAINEN (1968)	Tämä aineisto PAAVILAINEN (1968)
	(5 koealaa)	(2 koealaa)	(20 koealaa)	(2 koealaa)
Kuoreton kuutiomäärä v. 1967, $k \cdot m^3/ha = A$	27.83	36.90	31.67	35.60
Kuoreton kuutiokasvu v. 1963–1967, $k \cdot m^3/ha/v = B$	0.73	1.12	1.08	1.58
$\frac{100 \cdot B}{A}$	2.6	3.0	3.4	4.4

Vaikkakaan tulokset eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia, viittaavat ne siihen, että käytetty menetelmä antaa mahdollisesti hieman alemman arvion puuston kasvusta kuin kaatokoepuista tehty runkoanalyysi.

Taulukko 2. Eri tekijöiden vaikutuksen merkitsevyys.

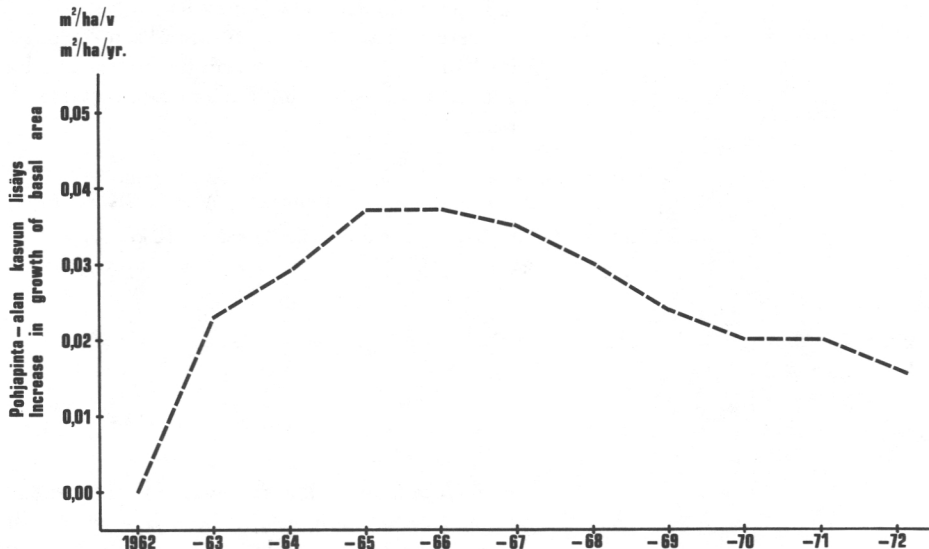
Table 2. Statistical significance of the effect of different factors.

Vaihtelun lähde Source of variance	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Kasvu ennen lannoitusta – Growth before fertilization	117.97***	72.10***	50.95***	55.50***	84.36***	46.48***
Lannoitus – Fertilization	.00	5.13*	4.46*	6.28*	8.62**	4.47*
100.R <sup>2</sup>	84.4	78.8	72.8	75.0	81.8	71.1

## TULOKSET

Tulokset osoittavat (kuva 2), että NPK-lannoitus on parantanut selvästi vanhan rämemännikön kasvua. Jo toisena vuotena lannoituksen jälkeen (1963) oli pohjapinta-alan kasvun ero lannoitettujen ja vertailukoealojen välillä tilastollisesti merkitsevä ( $F$ -arvo  $5.13 > F_5 \%$  = 4.30, ks. taulukko 2). Lannoituksen vaikutus saavutti

maksiminsa 4.–5. vuotena, eikä ollut enää merkitsevä 7. vuotena lannoituksen jälkeen. Todennäköisesti kuitenkin myös silloin ja vielä ainakin 8. lannoituksen jälkeen vuotena on pohjapinta-alan kasvu lisääntynyt lannoituksen vaikutuksesta, joskaan kasvuerot eivät ole merkitseviä.



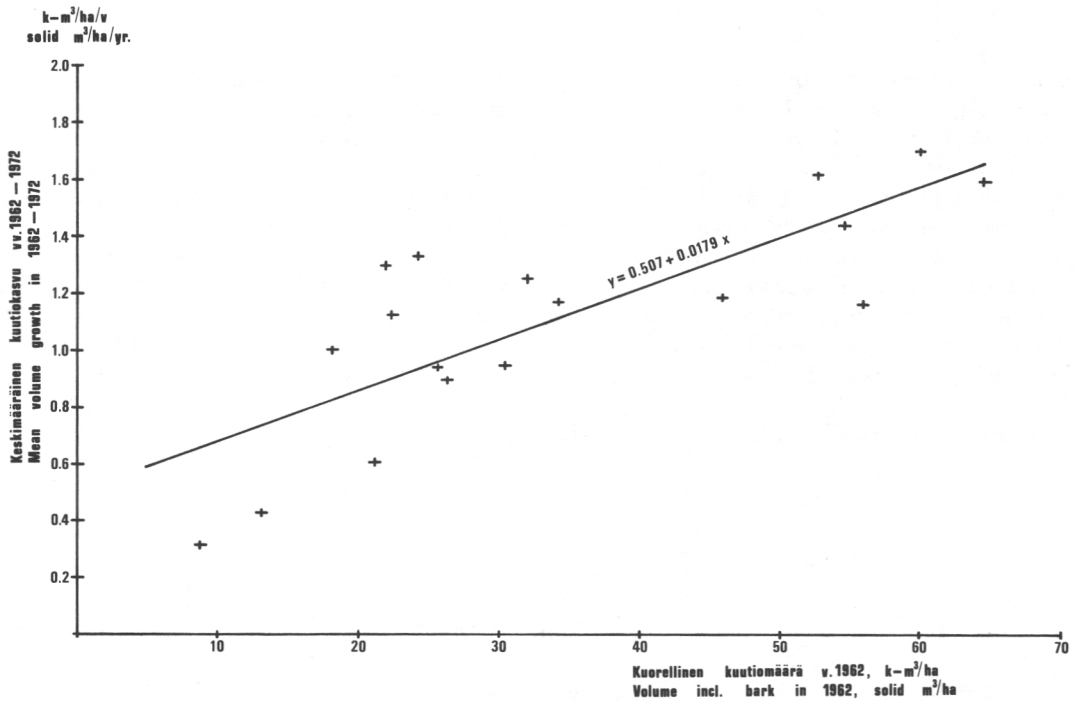
Kuva 2. Lannoituksella aikaansaatu pohjapinta-alan kasvun lisäys

Fig. 2. Effect of fertilization on basal area increment

Vuosi — Year		1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
F-arvo <i>F-value</i>		34.81***	40.59***	27.94***	23.57***	23.46***	24.01***	25.56***
		3.00	2.90	1.40	1.37	.69	.70	1.25
		64.6	67.6	58.3	54.4	53.3	55.2	57.8

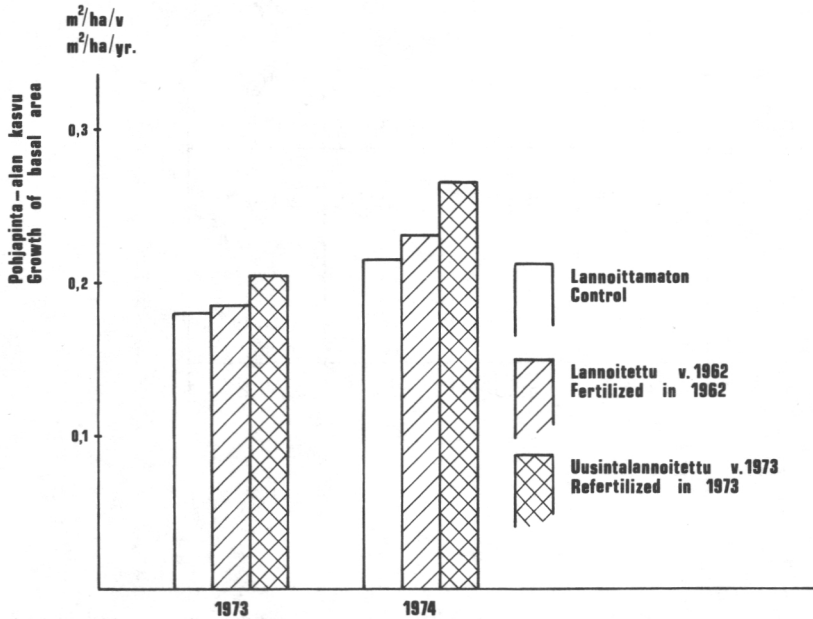
Kuvasta 3 ilmenee, että lannoituksen jälkeisen kuutiokasvun ja puuston lannoitushetken kuutiomäärän välillä oli selvä riippuvuussuhde

( $r = 0.798$ ). Kovarianssianalyysi osoitti vastavasti, että lannoituksen jälkeinen puuston pohjapinta-alan kasvu oli riippuvainen kokonais-



Kuva 3. Lannoituksen jälkeisen kuutiokasvun riippuvuus puuston kuutiomäärästä lannoitettaessa

Fig. 3. Dependence of the volume growth increment following fertilization on the volume of the stand at fertilization



Kuva 4. Lannoituksen vaikutus pohjapinta-alan kasvuun vv. 1973–1974  
 Fig. 4. Effect of fertilization on the growth of basal area during 1973–1974

pohjapinta-alasta lannoitushetkellä sekä sen lisäksi vielä voimakkaammin lannoitusta edeltävästä pohjapinta-alan kasvusta.

Kuten edellä on esitetty, osa koealoista lannoitettiin uudelleen 11 vuotta ensimmäisen lannoituksen jälkeen. Tällöin käytettiin pelkkää typpilannoitusta. Kuvasta 4 havaitaan, että uusintalannoitus on ilmeisesti lisännyt puuston pohjapinta-alan kasvua lannoitusvuotena sekä sitä seuraavana vuotena, vaikkei lannoituskäsittelyn vaikutus olekaan tilastollisesti merkitsevää (ks. taulukko 2).

Tulosten perusteella voidaan todeta, että

NPK-lannoituksen tehokas vaikutus vanhan tupsavillärämeen männikön kasvuun loppuu 6–8 vuoden kuluessa. Ilmeisesti kasvualustassa on tällöin vielä riittävästi fosforia ja kaliumia puiden kohtalaisen hyvääkin kasvua varten, sillä typpilannoitus yksinään on vaikuttanut kasvua parantavasti, vieläpä 11 vuoden kuluttua ensimmäisestä lannoituksesta. Tässä yhteydessä jää kuitenkin selvittämättä, antaisiko toisenlainen uusintalannoitus – esimerkiksi NPK:lla – vielä paremman tuloksen kuin pelkän typen käyttö.

## LOPPUKATSAUS

Tässä työssä on saatu aikaisempien tutkimusten kanssa hyvin yhtäpitävä tulos siitä, että NPK-lannoituksen vaikutuksen kestoaika on tupsavillärämeellä alle 10 vuotta. Mikäli lannoituksella pyritään tehokkaaseen kasvunlisäyk-

seen tämän tyyppin kasvupaikoilla, on uusintalannoitus siis annettava viimeistään n. 10 vuoden kuluttua ensimmäisestä lannoituksesta (vrt. HUIKARI & PAAVILAINEN 1972). Pelkkä typpikin näyttää antavan tällöin hyvän kasvun-

lisäyksen, mutta uusintalannoituksen sopivimman lannoiteyhdistelmän ja -määrän selvittely jää jatkotutkimusten varaan.

Kuten alkusanoissa jo on todettu, tämän tutkimuksen tuloksia voidaan sellaisenaankin käyttää hyväksi eräissä osissa Neuvostoliittoa. Ehkä vielä tärkeämpää kuitenkin on, että suo-

malainen lannoitustutkimusten menetelmä käytännön sovellutuksineen on voitu Suomen ja Neuvostoliiton välisen tieteellis-teknisen yhteistyön puitteissa siirtää hyödyttämään toisen yhteistyön osapuolena olevan maan metsätutkimusta.

## KIRJALLISUUSVIITTEET

- HUIKARI, O. 1961. Koetuloksia metsäojitetujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. Metsätal. Aikakausl. 5/1961.
- HUIKARI, O. 1973. Koetuloksia metsäojitetujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. Metsäntutkimusl. suontutkimusos. tiedonant. 1/1973. Moniste.
- HUIKARI, O. & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsän lannoitus. 2. painos. Helsinki.
- KARSISTO, K. 1972. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. Summary: On the duration of the effect fertilizer application to peatland forests. Suo 3-4.
- KARSISTO, K. 1974. On the duration of fertilization influence in peatland forests. Proc. Intern. Symp. Forest Drainage. Jyväskylä-Oulu 1974, s. 309-327.
- KUUSELA, K. 1966. A basal area - mean tree method in forest inventory. Seloste: Pohjapinta-alakeskipuumenetelmä metsien inventoinnissa. Comm. Inst. For. Fenn. 61.2.
- PAARLAHTI, K. & RAVELA, H. 1973. Kuu- tiomäärän, kasvun ja puutavaralajijakautuman laskennan ATK-ohjelma. Moniste.
- PAAVILAINEN, E. 1968. Vanhojen rämemäntujen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta. Summary: On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. Folia Forestalia 43.
- PAAVILAINEN, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoitelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. Comm. Inst. For. Fenn. 77.3.
- PAAVILAINEN, E. 1974. The use of nitrogen in fertilizing peatland forests. Proc. Intern. Symp. Forest Drainage. Jyväskylä-Oulu 1974, s. 337-345.
- PAAVILAINEN, E. & SIMPANEN, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Comm. Inst. For. Fenn. Painossa.







- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.  
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.  
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.  
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.  
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.  
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.  
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.  
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.  
Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Allj Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.  
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.  
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.  
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.  
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.  
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.  
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.  
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.  
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.  
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.  
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.  
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.  
Forestry behaviour of private forest owners in Finland 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—

- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuut-  
teitten määrä.  
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root  
wood. 1,50
- No 225 Metsätilastollinen vuosikirja 1973.  
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L.  
(Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.  
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine  
weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pölkky-  
menetelmä").  
A wage- payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method).  
4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.  
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrit-  
tämismenetelmät.  
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsä-  
maan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.  
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löytyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv.,  
Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.  
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col.,  
Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsä-  
teollisuuden raaka-ainenäykymät vuoteen 2000.  
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until  
2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan  
katkaisuläpimitasta.  
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-  
logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadun-  
määrittäminen Suomessa.  
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in  
Finland. 3,—
- No 235 Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.  
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway  
spruce on peat greenhouse experiments 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia  
tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järeä kuitupuu sekä likipituinen havukuitupuu.  
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked  
broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate  
length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.  
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.  
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman  
ratkaisuna.  
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa  
tupasvillärämeen männikössä.  
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine  
swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää  
käytettäessä.  
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting  
pulpwood. 2,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.  
Learning of grapple loading. 4,—