

FOLIA FORESTALIA 441

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1980

MATTI KUJALA

RUNKOPUUN KUORELLISEN
TILAVUUSKASVUN
LASKENTAMENETELMÄ

A CALCULATION METHOD FOR
MEASURING THE VOLUME GROWTH
OVER BARK OF STEMWOOD

- 1979
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa. Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erialaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976. Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta. Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löyttyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhosta. On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusalioilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76.
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoitta-misen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa. End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon. The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männyn karisteen yhteydessä.
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorin-puutosalueella.
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana. Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.

FOLIA FORESTALIA 441

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1980

Matti Kujala

RUNKOPUUN KUORELLISEN TILAVUUSKASVUN
LASKENTAMENETELMÄ

A calculation method for measuring the volume growth
over bark of stemwood

ODC 562.1--015.5
ISBN 951-40-0460-4
ISSN 0015-5543

KUJALA, M. 1980. Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä. Summary: A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood. *Folia For.* 441:1—8.

Julkaisussa esitetään menetelmä runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laske-
miseksi puusta mitattujen tunnusten avulla. Menetelmän periaate on käy-
tössä valtakunnan metsien inventoinnin kasvunlaskennassa.

Puun kuorellisen tilavuuden ja kuoretoman pohjapinta-alan suhde riippuu puun runkumuodosta ja kuoren paksuudesta. Tämän suhteen muuttumista puun pituuden kasvaessa voidaan käyttää kuvaamaan runkumuodon muuttumista ja kuoren paksuuden kasvua. Helpon kasvunlaskentamenetelmän luomiseksi on valtakunnan metsien 6. inventoinnissa maan eteläosasta mitattujen yli 40 000 koepuun perusteella laadittu männylle, kuuselle ja koivulle edellä mainitun suhteen estimointiyhtälöt. Pituuden muutoksen perusteella määritetään ko. yhtälöillä puun kuorellisen tilavuuden ja kuoretoman pohjapinta-alan suhteen muuttuminen kasvunlaskentajakson aikana. Tämän suhteen ja kuoretoman pohjapinta-alan muutoksen perusteella saadaan lasketuksi kuorellinen tilavuus laskentajakson alussa. Sen ja mittaushetken kuorellisen tilavuuden välinen erotus on puun arvioitu tilavuuskasvu mittausjakson aikana.

A method for calculating the volume growth over bark of stemwood based on the characters measured from the tree is presented in this publication. This principle is being used in the growth calculations in the National Forest Inventory.

The ratio between the volume over bark and the basal area under bark depends on the stem form and the thickness of the bark. The change in this ratio as the height of the tree increases can be used to describe the change in the stem form and the growth of the thickness of the bark. In order to create an easy method for calculating the volume growth, on the basis of over 40'000 sample trees measured in the 6th National Forest Inventory in Southern Finland estimation equations for pine, spruce and birch were formulated to describe the above-mentioned relation. The change in the ratio between the volume over bark and the basal area under bark during the growth calculation period is defined on the basis of the change in height. Based on this ratio and the change in the basal area under bark, the volume over bark at the beginning of the calculation period is achieved. The difference between this volume and the volume over bark at the time of the measurement gives the estimated volume growth during the measurement period.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. MENETELMÄN PERIAATE	4
3. MENETELMÄN SOVELTAMISMAHDOLLISUUDET	5
4. LUOTETTAVUUDEN TARKASTELUA	6
KIRJALLISUUS — <i>REFERENCES</i>	8
SUMMARY	8

1. JOHDANTO

Arvioitaessa puun rungon tilavuuskasvua mittauksien avulla joudutaan arvio perustamaan tavallisesti kairauksen avulla tehtävään kuorettoman rinnankorkeuslähimittaan kasvun ja puun pituuskasvun mittaamiseen. Mittaamatta jätetään runkomuodon muuttuminen ja kuoren paksuuskasvu. Niiden vaikutus tilavuuden kasvuun on otettava huomioon muulla tavalla.

Valtakunnan metsien 6. ja 7. inventoinnissa käytetyssä kasvunlaskentamenetelmässä (K u u s e l a 1966, S a l m i n e n

1978) puusta mitataan kasvutunnuksina pituuden ja kuorettoman lähimittaan kasvu 5:n vuoden aikana. Puun runkomuoto ja kuoren paksuus on siinä yhdistetty yhdeksi, puun pituudesta riippuvaksi muuttujaksi, jonka arvioitua muuttumista pituuden kasvaessa käytetään kuvaamaan runkomuodon muuttumista ja kuoren paksuuden kasvua. Menetelmän sovellutuksena esitetään tässä julkaisussa yksinkertainen keino kuorellisen tilavuuskasvun laskemiseksi.

2. MENETELMÄN PERIAATE

Puiden tilavuuden ja tilavuuskasvun laske-
miseksi mitataan niistä seuraavat tunnuks-
et:

- d = puun lähimitta rinnankorkeudelta kuoren päältä
- d_6 = puun lähimitta 6 m korkeudelta kuoren päältä
- h = puun pituus
- b = kuoren kaksinkertainen paksuus rinnankorkeudella
- i_{dn} = kuorettoman rinnankorkeuslähimittaan kasvu n:n viimeisen vuoden aikana
- i_{hn} = pituuskasvu n:n viimeisen vuoden aikana (lehtipuilla ei pituuskasvua voi mitata, mutta sen arviona voi käyttää taulukosta 1 saatavia lukuja).

Mittaustietojen perusteella puille lasketaan:

- g_{ub} = kuoreton poikkileikkauspinnan ala rinnankorkeudella
- g_{ub-n} = kuoreton pohjapinta-ala n vuotta aikaisemmin
- h_{-n} = puun pituus n vuotta aikaisemmin.

Puiden kuorellinen tilavuus (v) voidaan laskea L a a s a s e n a h o n (1976) kuutiomisyhtälöillä. Kun puun kuorellinen tilavuus (m^3) jaetaan kuorettomalla pohjapinta-alalla (m^2), saadaan suhdeluku r , jonka muuttumista puun pituuden muuttuessa voidaan käyttää kuvaamaan puun runkomuodon ja kuoren paksuuden muuttumista.

$$(1) \quad r = \frac{v}{g_{ub}}$$

Laskemalla puiden r -arvoille puulajeittaiset keskiarvot pituusluokittain voidaan r :stä h :n funktiona piirtää käyrä, joka kuvaa r :n

keskimääräistä muuttumista puun pituuden muuttuessa (Kuva 1).

Olettamalla yksityisen puun kasvaessa r :n kehityksen seuraavan samansuuntaisesti suuremman koepuujoukon pituuden mu-
kaista keskiarvoa voidaan koepuun r -arvo n vuotta sitten (r_{-n}) arvioida siten, että keskiarvokäyrältä otetaan h :ta vastaava r :n estimaatti \hat{r} ja h_{-n} :ää vastaava r_{-n} :n estimaatti \hat{r}_{-n} ja näiden erotus vähennetään puun omasta r :stä.

$$(2) \quad r_{-n} = r - (\hat{r} - \hat{r}_{-n})$$

Kaavasta (1) seuraa, että

$$(3) \quad v = r \times g_{ub}$$

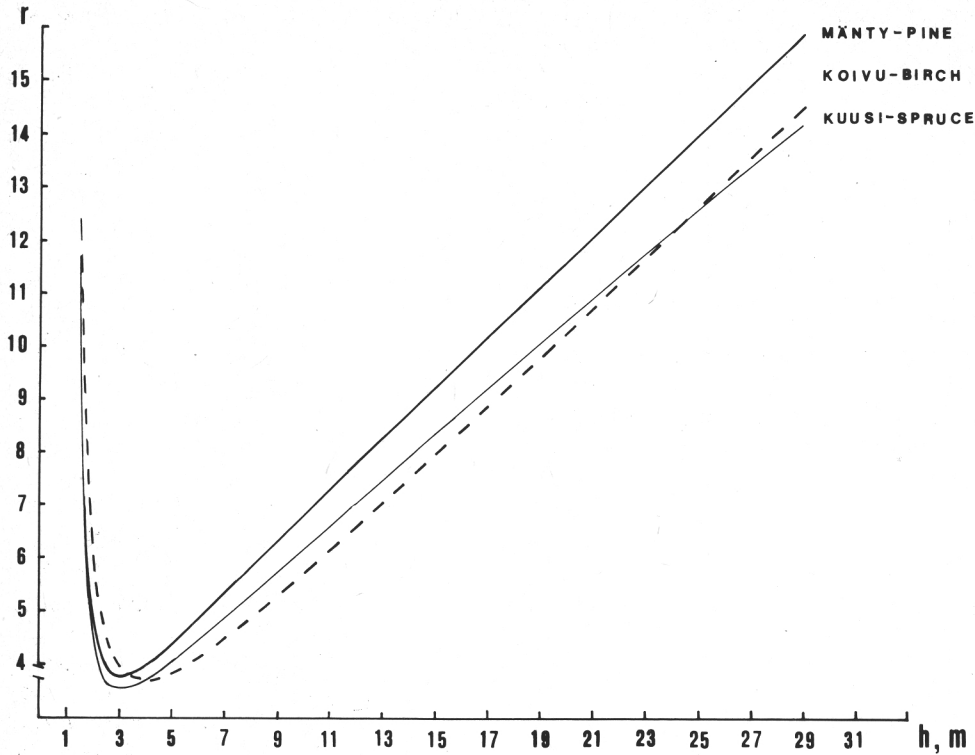
ja vastaavasti kuorellinen tilavuus n vuotta sitten (v_{-n}) saadaan kaavalla:

$$(3') \quad v_{-n} = r_{-n} \times g_{ub-n}$$

Kuorellinen tilavuuskasvu 1 vuotta kohti (i_v) saadaan kaavalla:

$$(4) \quad i_v = \frac{v - v_{-n}}{n}$$

Koepuiden kasvun perusteella voidaan laskea kasvun määrä koealalle tai suuremmalle pinta-alalle. Tällöin on koepuiden kasvun arviot painotettava niiden valinnan ja koealojen sijoittelun vaatimalla tavalla.



Kuva 1. Puun kuorellisen tilavuuden ja kuorettoman pohjapinta-alan suhde piteuden funktiona.

Fig. 1. The ratio between the volume over bark and the basal area under bark as a function of tree height.

3. MENETELMÄN SOVELTAMISMAHDOLLISUUDET

Suuren metsäalueen inventoinnissa, jossa mitataan paljon koepuita eri-ikäisistä metsiköistä, voidaan edellä kuvattua menetelmää käyttää sellaisenaan. Yksityisen koelan, metsikön tai pienen metsäalueen kasvua laskettaessa käytetään keskimääräisiä r-arvoja seuraavalla tavalla.

Valtakunnan metsien inventoinnin koepuukoalat on sijoitettu maastoon täysin systemaattisesti. Koealoilta koepuut valitaan relaskoopilla (Valtakunnan ... 1971). Näin ne edustavat Suomen metsien puustoa ja sen erilaisia ominaisuuksia puiden rinnan- korkeuspoikkileikkauspinta-alojen suhteessa. Valtakunnan metsien 6. inventoinnissa mitattiin 15 eteläisimmän piirimetsälautakunnan ja Ahvenanmaan alueelta koepuina 17 716 mäntyä, 18 405 kuusta ja 6 480 koivu.

Näiden puiden perusteella on laadittu yhtälöt r:lle h:n funktiona. Puiden suuren lukumäärän vuoksi ei yhtälöitä ole laskettu regressioyhtälöinä puiden omista r-arvoista, vaan yhtälöt on pakotettu seuraamaan mahdollisimman tarkasti graafisesti tasoitettuja, pituusluokittaisia keskiarvoja.

Suhteen r estimointiyhtälöt:

mänty (h = m)

$$(5) \quad \hat{r} = 0,39 + 0,39h + \frac{2}{h-1,3} + 0,77\sqrt{h-1,3}$$

kuusi

$$(6) \quad \hat{r} = 0,44 + 0,355h + \frac{2}{h-1,3} + 0,65\sqrt{h-1,3}$$

koivu

$$(7) \quad \hat{r} = 0,48 + 0,48h + \frac{3,5}{h-1,3}$$

Vastaavasti voidaan \hat{r}_{-n} laskea käyttämällä yhtälössä h :n sijasta h_{-n} :ää, esim. männylle:

$$(5') \quad \hat{r}_{-n} = 0,39 + 0,39h_{-n} + \frac{2}{h_{-n} - 1,3} + 0,77\sqrt{h_{-n} - 1,3}$$

Kasvun laskennassa on merkitystä vain sillä, mitenkä hyvin yhtälöiden antamien pituusluokittaisten arvojen erot kunkin pituusluokan kohdalla vastaavat laskennan kohteena olevan puun r -arvon kehitystä. Tämän vuoksi voidaan yhtälöissä oleva vakio jättää pois, koska se ei vaikuta käyrän muotoon. Laskennassa tarvittava r :n ja r_{-n} :n estimaattien erotus säilyy kuitenkin samana ja yhtälöt yksinkertaistuvat muotoon:

mänty

$$(8) \quad \hat{r} = 0,39h + \frac{2}{h - 1,3} + 0,77\sqrt{h - 1,3}$$

$$(8') \quad \hat{r}_{-n} = 0,39h_{-n} + \frac{2}{h_{-n} - 1,3} + 0,77\sqrt{h_{-n} - 1,3}$$

kuusi

$$(9) \quad \hat{r} = 0,355h + \frac{2}{h - 1,3} + 0,65\sqrt{h - 1,3}$$

$$(9') \quad \hat{r}_{-n} = 0,355h_{-n} + \frac{2}{h_{-n} - 1,3} + 0,65\sqrt{h_{-n} - 1,3}$$

koivu

$$(10) \quad \hat{r} = 0,48h + \frac{3,5}{h - 1,3}$$

$$(10') \quad \hat{r}_{-n} = 0,48h_{-n} + \frac{3,5}{h_{-n} - 1,3}$$

Esimerkki männyn kasvun laskemisesta:

$$n = 5 \text{ vuotta, } d = 16 \text{ cm, } d_6 = 11 \text{ cm, } h = 12 \text{ m,}$$

$$b = 15 \text{ mm, } i_{d5} = 20 \text{ mm ja } i_{h5} = 1,9 \text{ m;}$$

$$g_{ub} = 0,01651 \text{ m}^2, \quad g_{ub-5} = 0,01227 \text{ m}^2 \text{ ja } h_{-5} = 10,1 \text{ m}$$

$$v = 0,1207 \text{ m}^3$$

$$r = \frac{0,1207}{0,01651} = 7,309$$

$$\hat{r} = 0,39 \times 12 + \frac{2}{12 - 1,3} + 0,77\sqrt{12 - 1,3} = 7,386$$

$$\hat{r}_{-5} = 0,39 \times 10,1 + \frac{2}{10,1 - 1,3} + 0,77\sqrt{10,1 - 1,3} = 6,450$$

$$r_{-5} = 7,309 - (7,386 - 6,450) = 6,373$$

$$v_{-5} = 6,373 \times 0,01227 = 0,0782 \text{ m}^3$$

$$i_v = \frac{0,1207 - 0,0782}{5} = \underline{\underline{0,0085 \text{ m}^3}}$$

$$\text{diskonttokasvuprosentti} = \frac{100 \times 0,0085}{0,1207} = \underline{\underline{7,04 \%}}$$

Lyhyillä puilla, joiden pituus n vuotta sitten oli 1,3 m tai vähemmän, ei v_{-n} :ää voida laskea samalla tavalla kuin pidemmillä, sillä niiden $g_{ub-n} = 0$ ja kaavan (1) mukaan $r_{-n} =$ ääretön. Niiden tilavuus n vuotta sitten voidaan likimäärin laskea kaavalla:

$$(11) \quad v_{-n} = v \frac{h_{-n}^{2,5}}{h^{2,5}}$$

4. LUOTETTAVUUDEN TARKASTELUA

Esitetyn menetelmän luotettavuuteen vaikuttaa paljolti se, mitenkä hyvin tehty oletamus yksityisen puun r -arvon kehityksen ja r :n keskiarvokäyrän samansuuntaisuudesta pitää paikkansa. Tätä olettamusta ei ole todellisella aineistolla testattu, mutta sitä voidaan tarkastella muulla tavalla.

Valtakunnan metsien inventoinnin koe-puuaineiston perusteella on voitu todeta, että r -arvojen pituusluokittaiset keskiarvot ovat samalla puulajilla lähes yhtä suuret riippumatta puiden kasvupaikkojen hyväydestä tai sijainnista. Esimerkiksi kitumaan

ja parhaimpien kasvupaikkojen tai eri lämpösumma-alueiden r -arvojen pituusluokittaiset keskiarvot eivät juuri eroa toisistaan.

Samana pituisten puiden r -arvojen eroon vaikuttavat erot puiden runkokuodossa ja kuoren paksuudessa. Karumilla kasvupaikoilla on puiden kuori yleensä paksumpi ja runkokuoto huonompi kuin paremmilla paikoilla (esim. P ä i v i n e n 1978). Kun paksu kuori suurentaa r -arvoa ja huono runkokuoto taas sitä pienentää, kumoavat ne toistensa vaikutuksia, eikä kasvupaikkojen ero siten aiheuta selviä eroja r -arvoihin.

Vaikka yksittäiset r-arvot eivät olekaan samoilla pituuksilla aivan samoja, voidaan kuitenkin olettaa niihin vaikuttavien syiden pysyvän puun kasvaessa samansuuntaisina. Esimerkiksi paksukuorinen puu myös pysyy paksukuorisena ja huonomuotoinen huonomuotoisena tai ainakin muutokset ovat suhteellisen hitaita ja toistensa vaikutuksia kumoavia. Näin puun r-arvon ero keskimääräisiin r-arvoihin pysyy lähes samansuuruisena.

Voimakkaat muutokset puiden kasvuolosuhteissa voivat vaikuttaa runkomuodon muuttumiseen. Esimerkiksi Nyysönen (1952, 1954) ja Vuokila (1960) ovat todenneet, että voimakkaan hakkuun jälkeen puiden muoto huononee jäljelle jäävien puiden kasvun keskittyessä puun tyviosaan. Vastaavasti metsikön ylitiehyys tai yli-ikäisyys parantaa runkomuotoa kasvun hidastuessa ensinnä puun tyvellä. Puun runkomuodon kehityksen poikkeaminen keskimääräisestä kehityksestä on siten osoitus kasvuolosuhteiden muutoksesta.

Kun lasketaan kasvua erotusmenetelmällä ja oletetaan runkomuodon muuttuvan keskimääräisellä tavalla, saadaan runkomuodon huonontuessa menneen jakson kasvulle yliarvio ja runkomuodon parantuessa aliarvio.

Kasvunlaskennassa on kuitenkin usein tavoitteena arvioida mittaushetken kasvua tai tulevaa kasvua. Kun metsikön harventamisen jälkeinen runkomuodon huonontuminen voidaan tulkita kiihtyvän kasvun tuntoimerkiksi, on jo tapahtuneen kasvun yliarvio itse asiassa parempi arvio tulevalle kasvulle kuin todellinen mittaussajakson kasvu. Vastaavasti on metsikön tiheydestä johdettu runkomuodon parantuminen osoitus kasvun hidastumisesta ja saatu kasvun aliarvio vastaa paremmin tulevaa kasvua kuin todellinen kasvu.

Pituuskasvun mittausta on kaadetustakin puusta vaikeaa ja tulkinnanvaraista pelkästään vuosikasvainten perusteella. Vielä vaikeampaa se on pystyssä olevan puun korkealla olevasta latvasta. Tiettyä pituuden muutosta vastaavan r-arvon muutoksen arviointitarkkuutta voidaan esitetyllä menetelmällä pitää riittävän hyvänä, kun sitä vertaa pituuskasvun arvioinnin tarkkuuteen.

Puun tilavuuskasvusta tulee kasvunlaskennassa suurin osa pohjapinta-alan kasvun osalle. Vain noin kolmasosa kasvusta jää pituuskasvulla selitettäväksi. Tämä on otettava huomioon arvioitaessa kokonaiskasvun laskennan luotettavuutta.

Taulukko 1. Lehtipuiden pituuskasvun arviointi pituuden, latvuserroksen ja iän perusteella. Taulukko on tehty Ilvessalon (1948) julkaisussa s. 145 olevan taulukon perusteella.

Table 1. Estimation of height growth of deciduous trees on the basis of height, crown class and age. Table based on Ilvessalo (1948, page 145).

Pituusluokka Height class m	Latvuserros Crown class	15	25	35	45	Ikäluokka, a — Age group, a				95	105	115	125
						55	65	75	85				
5:n viime vuoden pituuskasvu, dm Height growth during the last 5 years, dm													
—10	I—II	20	16	13	10	9	8	7	6	6	5	4	4
	III	16	13	10	8	7	6	5	4	3	3	2	2
	IV	9	7	5	4	3	3	3	2	2	2	1	1
11—13	I	23	21	18	15	13	10	8	7	5	4	4	3
	II	20	17	15	12	10	8	7	6	4	4	3	2
	III—IV	10	8	7	6	5	5	4	4	3	2	2	2
14—16	I		21	18	15	13	11	9	7	6	5	4	3
	II		17	14	12	10	8	7	6	5	4	3	2
	III		9	8	7	6	5	5	4	3	3	2	2
17—20	I			21	18	15	12	10	8	7	5	5	4
	II			15	12	10	9	7	7	5	5	4	3
	III			10	8	8	6	6	5	4	3	3	2
21—	I				21	19	15	12	10	9	7	6	5
	II				15	12	10	9	8	7	6	5	4
	III				11	10	8	7	6	5	4	3	2

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- ILVESSALO, Y. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Tapio. 148 s.
- KUUSELA, K. 1966. A basal area-mean tree method in forest inventory. Seloste: Pohjapinta-alakeskipuun menetelmä metsäinventoinnissa. Commun.Inst.For.Fenn. 61(2): 1—32.
- LAASASENAHO, J. 1976. Männyn, kuusen ja koivun kuutioimisytälöt, Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. Moniste. 89 s.
- NYSSÖNEN, A. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamännikoissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands. Commun.Inst.For.Fenn. 40(4): 1—20.
- 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. Acta For.Fenn. 60(4): 1—194.
- PÄIVINEN, R. 1978. Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle. Summary: Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch. Folia For. 353: 1—32.
- SALMINEN, S. 1978. Increment calculations on the basis of relascope sampling in the Finnish national forest inventory. IUFRO Meeting of June 18—25, Bucharest, Romania. Moniste. 7 s.
- Valtakunnan metsien inventoinnin kenttätöiden ohjeet. 1971. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto. Moniste. 45 s.
- VUOKILA, Y. 1960. Männyn kasvusta ja sen vaihtelusta harventaen käsitellyissä ja luonnontilaisissa metsiköissä. Summary: On growth and its variations in thinned and unthinned scots pine stands. Commun.Inst.For.Fenn. 52(7): 1—38.

SUMMARY

A simple means for calculating the volume growth over bark of stemwood is presented here as an application of the growth calculation method used in the Finnish National Forest Inventory.

Symbols used in the description:

- g_{ub} = cross-sectional area under bark at breast height
 g_{ub-n} = basal area under bark n years earlier
 h = height of tree
 h_{-n} = height of tree n years earlier
 v = volume over bark
 v_{-n} = volume over bark n years earlier
 r = v/g_{ub} , ratio between volume over bark and basal area under bark
 r_{-n} = ratio between volume over bark and basal area under bark n years earlier
 i_v = volume growth over bark per one year.

The growth in height and diameter under bark can be measured when estimating the volume growth of the tree. However, changes in the thickness of the bark and the stem form must be estimated in another way. The ratio between the volume over bark and the basal area under bark (r) depends on the stem form and the thickness of the bark. The change in this ratio as the height of the tree increases can be used to describe the change in the stem form and the growth of the thickness of the bark. By calculating the averages for the r -values (of the trees) by tree species and height class, a curve of r as a function of h can be

obtained which describes the average change of r as height increases (figure 1).

By assuming that r in one tree develops parallelly with the average based on the height of a greater number of trees, the r -value of the tree n years ago (r_{-n}) can be estimated by taking the r and r_{-n} estimates of \hat{r} and \hat{r}_{-n} corresponding to h and h_{-n} on the average curve and by deducting the difference from the tree's own r -value.

$$r_{-n} = r - (\hat{r} - \hat{r}_{-n})$$

Volume over bark n years ago can now be calculated with the formula:

$$v_{-n} = r_{-n} \times g_{ub-n}$$

Volume growth per one year is obtained with the formula:

$$i_v = \frac{v - v_{-n}}{n}$$

In order to create an easy method for calculating volume growth 40'000, sample trees were measured in the 6th National Forest Inventory in Southern Finland, and equations for estimating the r -values of pine, spruce and birch were formulated (page 5). These equations and the calculation method presented can be used to measure the volume growth over bark on all forest sites in all of Southern Finland.

ODC 562.1--015.5
ISBN 951-40-0460-4
ISSN 0015-5543

KUJALA, M. 1980. Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä. Summary: A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood. *Folia For.* 44:1:1—8.

A method for calculating the volume growth over bark of stemwood based on the characters measured from the tree is presented in this publication. This principle is being used in the growth calculations in the National Forest Inventory.

The change in the ratio between the volume over bark and the basal area under bark during the growth calculation period is defined on the basis of the change in height. Based on this ratio and the change in the basal area under bark, the volume over bark at the beginning of the calculation period is achieved. The difference between this volume and the volume over bark at the time of the measurement gives the estimated volume growth during the measurement period.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 562.1--015.5
ISBN 951-40-0460-4
ISSN 0015-5543

KUJALA, M. 1980. Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä. Summary: A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood. *Folia For.* 44:1:1—8.

A method for calculating the volume growth over bark of stemwood based on the characters measured from the tree is presented in this publication. This principle is being used in the growth calculations in the National Forest Inventory.

The change in the ratio between the volume over bark and the basal area under bark during the growth calculation period is defined on the basis of the change in height. Based on this ratio and the change in the basal area under bark, the volume over bark at the beginning of the calculation period is achieved. The difference between this volume and the volume over bark at the time of the measurement gives the estimated volume growth during the measurement period.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 562.1--015.5
ISBN 951-40-0460-4
ISSN 0015-5543

KUJALA, M. 1980. Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä. Summary: A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood. *Folia For.* 44:1:1—8.

A method for calculating the volume growth over bark of stemwood based on the characters measured from the tree is presented in this publication. This principle is being used in the growth calculations in the National Forest Inventory.

The change in the ratio between the volume over bark and the basal area under bark during the growth calculation period is defined on the basis of the change in height. Based on this ratio and the change in the basal area under bark, the volume over bark at the beginning of the calculation period is achieved. The difference between this volume and the volume over bark at the time of the measurement gives the estimated volume growth during the measurement period.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

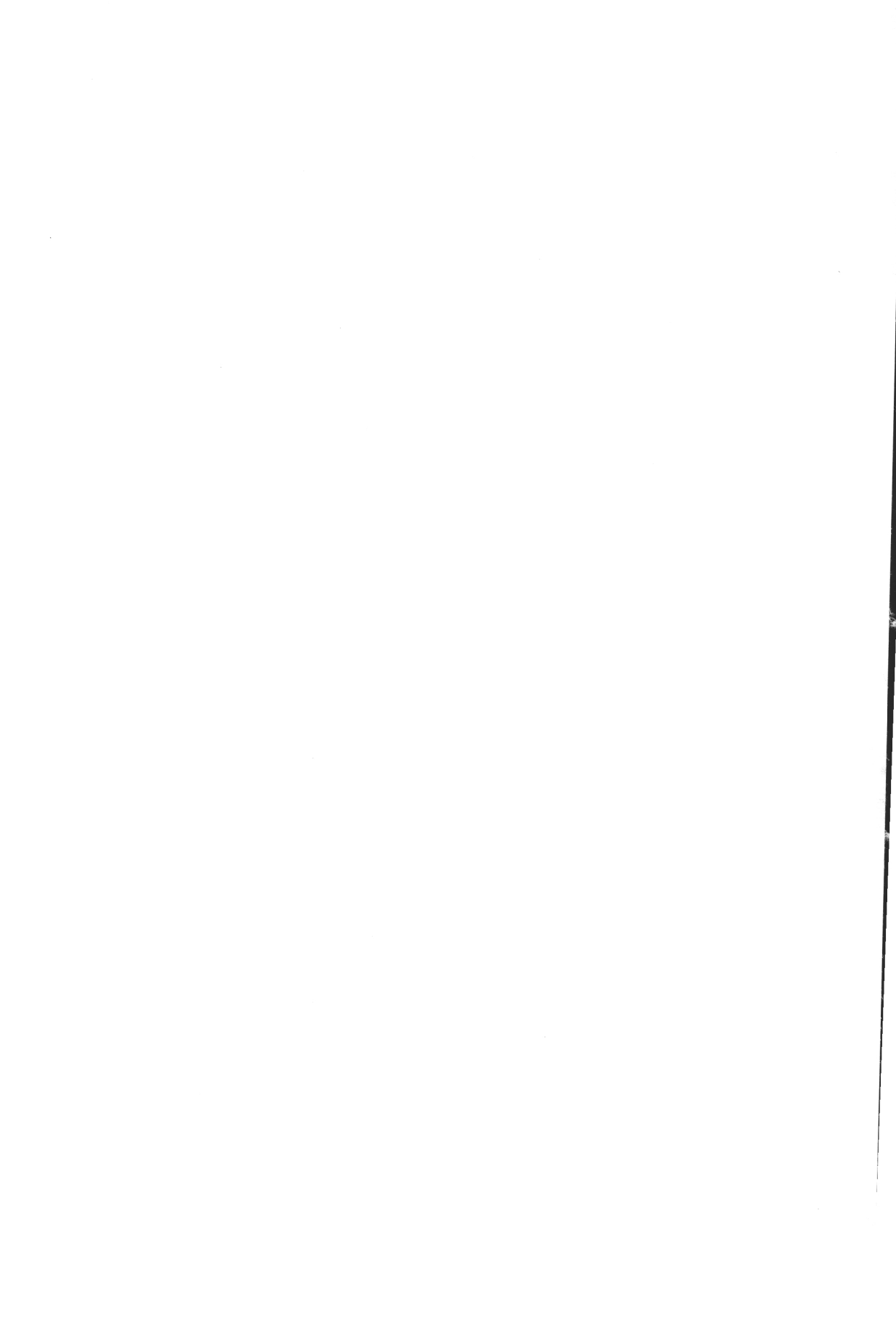
ODC 562.1--015.5
ISBN 951-40-0460-4
ISSN 0015-5543

KUJALA, M. 1980. Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä. Summary: A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood. *Folia For.* 44:1:1—8.

A method for calculating the volume growth over bark of stemwood based on the characters measured from the tree is presented in this publication. This principle is being used in the growth calculations in the National Forest Inventory.

The change in the ratio between the volume over bark and the basal area under bark during the growth calculation period is defined on the basis of the change in height. Based on this ratio and the change in the basal area under bark, the volume over bark at the beginning of the calculation period is achieved. The difference between this volume and the volume over bark at the time of the measurement gives the estimated volume growth during the measurement period.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.



- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet.
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman alallapysyvyys 1969—1977.
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Plebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pellolle istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Plebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopelolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukkien kuoren määrä.
Bark quantity of birch logs.
- No 414 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus runsastypisillä rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.
- No 415 Teivainen, Terttu: Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microtus agrestis* L.) ruokintakokeiden mukaan.
Palatability of some cultivated willows to field voles (*Microtus agrestis* L.) in feeding trials.
- No 416 Velling, Pirkko: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa.
Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials.
- No 417 Mattila, Eero: Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976—1978.
Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the Finnish reindeer management area, 1976—1978.
- 1980 No 418 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester.
Polttopuun korjuu Pallarin leikkuuhakkurilla.
- No 419 Kinnunen, Kaarlo & Lemmetyinen, Markku: Paakkukoon vaikutus männyn taimien alkukkehitykseen
Initial development of containerized pine seedlings as affected by the size of earth ball.
- No 420 Keipi, Kari & Laakkonen, Olavi: Päätehakkuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja.
Profitability comparisons of urea fertilization in old stands.
- No 421 Lipas, Erkki & Levula, Teuvo: Urealannoitus eri vuodenaikoina.
Urea fertilization at different times of the year.
- No 422 Weissenberg, Kim, von & Kurkela, Timo (Eds.): Proceedings of the meeting of the IUFRO Working Party S2.05—05, Resistance in pines to *Melampsora pinitorqua*, June 1979, Suonenjoki, Finland.
IUFRO:n työryhmän S2.05—05, Versoruosteenkestävyys männynsä, kesäkuussa 1979 Suonenjoella pidetyn kokouksen esitelmät.
- No 423 Kylmänen, Pekka: Ennakkotuloksia nuorissa männyn siemenviljelyksissä syntyvän Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi -kaukoristeytysiemenen käyttömahdollisuuksista.

- Preliminary results concerning usability of North Finland x South Finland hybrid seed born in young Scots pine seed orchards.
- No 424 Sievänen, Risto: A preliminary simulation model for annual photosynthetic production and growth in a short rotation plantation.
Alustava lyhykiertoviljelmän vuotuisen fotosynteesin tuotoksen ja kasvun simulointimalli.
- No 425 Kohmo, Ilkka: Metsiköiden kasvuprosentti Suomessa vuosina 1971—1976.
Increment percentage of forest stands in Finland 1971—1976.
- No 426 Rautiainen, Olavi & Räsänen, Pentti K.: Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—1976.
Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976.
- No 427 Tiihonen, Paavo: ATK-karttamenetelmän kokeilu työkohteiden etsinnässä Pohjois-Savossa 1976—1978.
Experimenting with the ADP-map method for locating working sites in northern Savo, East Finland, 1976—1978.
- No 428 Ryytänen, Leena: Männyn siemenen varastointi ja vanheneminen.
Storage of Scots pine seed and seed ageing.
- No 429 Raivonen, Marjut & Leikola, Matti: Hakkuutähteiden poistamisen vaikutus istutettujen kuusen taimien alkukehitykseen.
The influence of the removal of logging waste on the initial development of planted Norway spruce seedlings.
- No 430 Metsätalastollinen vuosikirja 1979.
Yearbook of Forest Statistics 1979.
- No 431 Kyttälä, Timo: Puuston vaurioituminen harvennushakkuissa. — Kirjallisuustarkastelu.
Stand damage during thinnings. — Literature review.
- No 432 Silfverberg, Klaus: Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet.
Micronutritional growth disorder in Norway spruce.
- No 433 Hakkila, Pentti & Wójcik, Tomasz: Thinning young pine stands with the Makeri tractor in Poland.
Makeri pientraktori nuoren männikön harvennuksessa Puolassa.
Próba zastosowania ciągnika Makeri do pozyskiwania drewna w trzebieżach drzewostanów sosnowych w Polsce.
- No 434 Seppälä, Heikki, Kuuluvainen, Jari & Seppälä, Risto: Suomen metsäsektori tienhaarassa.
Tutkimus Suomen metsäsektorin kehityksestä ja tulevaisuuden vaihtoehtoista.
The Finnish forest sector at a cross road.
- No 435 Julkaisut 1979. Metsätutkimuslaitos.
Abstracts of publications, 1979. The Finnish Forest Research Institute.
- No 436 Mattila, Eero & Kujala, Matti: Utsjoen, Inarin ja Enontekiön metsävarat 1978.
Forest resources of Utsjoki, Inari and Enontekiö, North Finland, in 1978.
- No 437 Kurvinen, Pekka & Harstela, Pertti: Haketustyön ergonomia ja työn järjestely.
Ergonomics and work organizing of chipping work.
- No 438 Nisula, Pentti: Neulasten pitolujuuden mittari.
Needle retention gauge.
- No 439 Nisula, Pentti: Tutkimuksia kantoherbisidin levittämisestä raivaussahalla.
Studies on stump herbicide spraying using a brush saw.
- No 440 Nisula Pentti: Näkökohtia polttohakkeen kuivaamisesta.
Aspects of the drying of fuel chips.
- No 441 Kujala, Matti: Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä.
A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood.
- No 442 Päivinen, Risto: Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta.
On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics.
- No 443 Veijalainen, Heikki: Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu.
Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis.
- No 444 Tervonen, Markku & Issakainen, Jorma: Sarkaleveyden ja lannoituksen vaikutus männyn sädekasvun elpymiseen ohutturpeisella piensararämeellä.
Effect of ditch spacing and fertilization on the revival of radial growth of Scots pine on shallow-peated small sedge bog.
- No 445 Huuri, Olavi: Juurten hienfosfaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutus-taimien alkukehitykseen kivennäismailla.
Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots pine and Norway spruce transplants on mineral soils.
- No 446 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977—1979.
Forest resources in the Province of Ahvenanmaa and the nine southernmost Forestry Board Districts in Finland 1977—1979.