

SILVA FENNICA

Vol. 7 1973 N:o 1

Sisällys Contents	MATTI KÄRKKÄINEN: Runkojen järeys puunkorjuun monitoimikoneiden ajanmenekin ennustamisessa.	1
	<i>Summary: The size of stems in estimating the time consumption of processors.</i>	7
	LASSE LOVÉN: Metsäammattimiesten maisemahoidolliset arvostukset.	8
	<i>Summary: Landscape preferences of professional foresters.</i>	22
	TAPIO LEHTINIEMI ja JUHANI SARASTO: Kokemuksia rauduksen istutuksesta ojitetuille soille.	24
	<i>Summary: Betula verrucosa (Ehrh.) plantations on drained peat.</i>	42
	PERTTI LAATIKAINEN: Jyrsinturve ja kuorihumus männyn kylvötaimien kasvualustoina muovihuoneessa.	45
	<i>Summary: Milled peat and milled bark as substrate for Scots pine seedlings in greenhouses.</i>	58
	Vuonna 1972 Suomessa ilmestyneitä metsätieteellisiä tutkimuksia.	60
	<i>Forestry papers issued in Finland in 1972</i>	60

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA
SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

Silva Fennica

A QUARTERLY JOURNAL FOR FOREST SCIENCE

PUBLISHER:

THE SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

OFFICE:

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

EDITOR:

RIIHO HAARLAA

EDITORIAL BOARD:

J. E. ARNKIL (Chairman), MAX HAGMAN (Vice Chairman), OLLI MAKKONEN, KUSTAA SEPPÄLÄ, PÄIVIÖ RIIHINEN, VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN and YRJÖ VUOKILA (Secretary)

Silva Fennica is published quarterly. It is a sequel to the Series, vols. 1 (1926)–120(1966). Its annual subscription price is 20 Finnish marks. The Society of Forestry in Finland also publishes *Acta Forestalia Fennica*. This series appears at irregular intervals since the year 1913 (vol. 1).

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions and exchange inquiries can be addressed to the office.

Silva Fennica

NELJÄNNESVUOSITTAIN ILMESTYVÄ METSÄTIETEELLINEN AIKAKAUSKIRJA

JULKAISIJA:

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

TOIMISTO:

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

TOIMITTAJA:

RIIHO HAARLAA

TOIMITUSKUNTA:

J. E. ARNKIL (puheenjohtaja), MAX HAGMAN (vara-puheenjohtaja), OLLI MAKKONEN, KUSTAA SEPPÄLÄ, PÄIVIÖ RIIHINEN, VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN ja YRJÖ VUOKILA (sihteeri).

Silva Fennica, joka vuosina 1926–66 ilmestyi sarjajulkaisuna (nro 1–120), on vuoden 1967 alusta lähtien neljännesvuosittain ilmestynyt aikakauskirja. Suomen Metsätieteellinen Seura julkaisee myös *Acta Forestalia Fennica*-sarjaa vuodesta 1913 (nro 1) lähtien.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistolle. *Silva Fennica*n tilaushinta on Seuran jäseniltä 10 mk, muilta 20 mk.

SILVA FENNICA VOL. 7, 1973, No 1: 1–7

RUNKOJEN JÄREYS PUUNKORJUUN MONITOIMIKONEIDEN AJANMENEKIN ENNUSTAMISESSA

MATTI KÄRKKÄINEN

SUMMARY:

THE SIZE OF STEMS IN ESTIMATING THE TIME CONSUMPTION OF PROCESSORS

Saapunut toimitukselle 14. 12. 1972

Tutkimuksessa tarkastellaan simulointia apuna käyttäen, millainen on tarkoituksenmukainen rungon järeyttä jossakin leimikossa kuvaava keskikuutioluku haluttaessa sen avulla ennustaa eri monitoimikoneiden keskimääräistä ajanmenekkiä runkoa kohti. Kolmea monitoimikonefunktiota käyttäen päästään yhdeksän metsikön simuloinnissa tulokseen, jonka mukaan tavanomainen aritmeettinen keskikuutio soveltuu ajanmenekin ennustamiseen paremmin kuin kuutiomäärällä painotettu keskikuutio tai geometrinen keskikuutio.

1. JOHDANTO

Puutavaralajien valmistuksessa puuston järeyttä kuvataan usein runkojen keskimääräisellä koolla, joka ilmaisee puuston kuutiomäärän aritmeettisen keskiarvon runkoa kohti. Alkuaan tällainen tunnus lienee lähtöisin metsänarvioimistieteestä, jossa sitä on käytetty kuvaamaan metsikön kuutiomäärää puuston kokonaiskuutiomäärän ja runkoluvun suhteena (esim. ILVESSALO 1965). Yleisesti tunnettua kuitenkin on, ettei tällainen aritmeettinen keskikuutio välttämättä ole käyttökelpoisin tunnus arvioitaessa puutavaralajien valmistuksen ajanmenekkiä jossakin leimikossa. Ainoastaan silloin, kun jonkin työn riippuvuus rungon koosta on lineaarinen, sama arvio saadaan käyttäen keskikuutiota ja rungoittaisia tietoja. Tähän on kiinnittänyt huomiota mm. MAKKONEN (1950) lihasvoimin ja käsityövälinein suoritettujen hakkuun maksuperusteita analysoidessaan. Monitoimikonein ja yleensä koneellisesti valmistetun puutavaran osuuden kasvaessa tämän huomion

merkitys on kasvanut, etenkin kun nykyisin käytössä olevat ratkaisut perustuvat yleensä runkojen tai niiden osien yksittäiseen käsittelyyn. Koneellistetussa usean rungon tai niiden osien yhteiskäsittelyssä asia on luonnollisesti toinen.

Olettamus aritmeettisen keskikuution käyttöarvon heikkenemisestä koneelliseen valmistukseen siirryttäessä merkitsee sitä, että runkoa kohti kuuluva ajanmenekki riippuu yhä vähemmän suoraviivaisesti rungon koosta lihasvoimin ja käsityövälinein suoritettuun hakkuuseen verrattuna. Esimerkkinä voidaan ajatella rungon karsintaa. Konetyypistä riippuen ratkaisevin merkitys ajanmenekin muodostumisessa on joko oksaisen osan pituudella tai koko puun käyttöosan pituudella. Kun puiden ikääntyessä pituuskasvu heikkenee aikaisemmin ja voimakkaammin kuin kuutiokasvu, karsinnan ajanmenekki rungon koon funktiona ei ole suoraviivainen vaan kasvaa jatkuvasti hidastuvalla nopeudella. Osittain tilanne oli samanlainen myös kirveskarsinnassa, mutta oksien paksuuden kasvaminen rungon koon suuretessa vaikutti toiseen suuntaan käytettävissä olevan energian ollessa vähäisempi kuin koneita käytettäessä. Niinpä rungoittaisen karsinta-ajan riippuvuus rungon koosta onkin saatu joko vain lievästi kaartuvaksi tai suoraviivaiseksi (esim. MAKKONEN 1950).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on verrata eräiden keskikuutiolukujen antamia tuloksia runkokohtaisista kuutiomääristä saataviin tuloksiin arvioitaessa rungoittaista ajanmenekkiä eräitä monitoimikoneita käytettäessä.

Prof. KALLE PUTKISTO ja apul.prof. PEKKA KILKKI ovat kommentoineet artikkelia. Kiitän tuesta.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

Ongelman luonteesta johtuen päädyttiin tietokonesimulointiin, jota sovellettiin käyttämällä determinististä mallia. Tätä varten tarvittiin lähtötiedoiksi ajanmenekki rungon koon funktiona eri konetyypeillä sekä runkojen kuutiomäärän vaihtelu erilaisissa metsiköissä. Koska koneiden kannattavuus on parhainta kuusimetsissä, tutkimus rajoitettiin ainoastaan kuusta koskevaksi.

Ajanmenekkilukuina käytettiin rungoittaista tehoaikaa, joka koostui puun otosta ja sovittelusta koneeseen, karsinnasta ja latvan irrotuksesta sekä katkonnasta, mikäli sellainen suoritettiin. Näin ollen ajanmenekkiin ei ole vaikuttanut muu työpistekohtainen tehoaika, siirtyminen työpisteeltä toiselle jne. Pika 50-monitoimikoneella riippuvuus rungon koosta laskettiin PÖLKIN ja SALMISEN (1970, s. 8) esittämän kuvan perusteella. Yhtälöksi saatiin piirrokselta saatavalla tarkkuudella

$$(1) \quad y = 80,0 + 82,3 x - 28,0 x^2 \quad \text{jossa}$$
$$y = \text{ajanmenekki cmin/runko}$$
$$x = \text{rungon koko k-m}^3$$

Logma T-300 -koneella riippuvuus laskettiin kahdessa tapauksessa, joista Logma I tarkoittaa Enon työmaata ja Logma II Keuruun työmaata KOSKINEN ja PÖLKIN (1971) tutkimuksessa. Myös tällöin funktio jouduttiin laskemaan kuvan perusteella (s. 9 em. tutkimuksessa), ja yhtälöiksi saatiin

$$(2) \quad \text{Logma I: } y = 54,8 + 59,6 x$$

(3) Logma II: $y = 44,5 + 58,3 x - 29,3 x^2$ joissa y ja x ovat kuten edellä.

Koska Logma I:n tietoja kerättäessä koneen käyttäjä oli vielä tottumaton, yleistettävänä tietoina voidaan pitää lähinnä Logma II koskevia (KOSKINEN ja PÖLKKI 1971). Tässä yhteydessä myös Logma I otettiin mukaan, koska se edustaa lineaarista riippuvuutta puun koosta. — Huomattakoon, että Logma I ja II tarkoittavat samaa konetta eri työmailla.

Puuston järeysvaihtelua koskevien tietojen saaminen osoittautui hankalaksi. Koska kuusesta ei ollut käytettävissä soveltuvia runkolukusarjoja, kuusimetsiköiden jakautuminen läpimittaluokkiin oletettiin jäljempänä taulukossa 1 esitetyissä metsiköissä 1–8 samanlaiseksi kuin männyllä. Kunkin läpimittaluokan runkojen kuutiomäärä laskettiin käyttäen LAASASENAHON ja SEVOLAN (1971, s. 41) esittämää kuutioimisyyhtälöä. Runkojen jakautuminen läpimittaluokkiin otettiin VUOKILAN (1967) tutkimuksesta. Jäljempänä taulukossa 1 olevat metsiköt 1–7 vastaavat mainitun tutkimuksen liitetaulukoiden 7 ensimmäistä runkolukusarjataulukkoa, joista läpimittajakautumiksi otettiin kunkin taulukon vanhinta ikäluokkaa edustava sarja. Metsikkö 8 on saatu siirtämällä taulukon 7 jakauma läpimittaluokkiin 29–41 cm. Metsikkö 9 on otettu BREDBERGIN ja SUNDBERGIN (1968) julkaisusta (koeala 106) jättämällä pois alle 0,03 k-m³ suuruiset rungot, joita ei voi olettaa käsiteltäväksi monitoimikoneella. Eri metsiköiden jakaumat on esitetty taulukossa 1. — Mahdollisesti viimeksi mainittu aineiston osa on katsottava käyttökelpoisimmaksi, koska läpimittaluokkiin jakaminen välttämättä vähentää informaatiota alkuperäisiin rungoittaisiin tietoihin verrattuna.

Keskimääräinen ajanmenekki runkoa kohti laskettiin alkuperäisistä metsikkötiedoista sekä käyttäen erilaisia keskikuutiolukuja. Aritmeettisen keskikuution lisäksi laskennassa käytettiin LÖNNROTHIN (1926) suosittamaa geometrista puiden tilavuuksien keskiarvoa sekä NEUBAUERIN (1924–1925)¹

¹) Metsäkirjastossa olevaan mainittuun tutkimukseen liittyy myös perusteellinen LÖNNROTHIN kriittinen arviointi, jota ei tiettävästi ole julkaistu.

suosittelemaa kuutiomäärillä painotettua keskikuutiota, jota myöhemmin mm. SIITONEN (1972) on käyttänyt optimihakkuuohjelmalaskelmissa. — Helpoimmin määritettävissä oleva tunnus on luonnollisesti aritmeettinen keskiarvo. Mikäli tunnetaan se ja metsikön varianssi, myös NEUBAUERIN keskikuutio saadaan helposti ilman alkuperäisten tietojen kuutiomäärillä painotamista (esim. LÖNNROTH 1926, s. 33). Hankalin laskettava käyttännön puunkorjuutoiminnassa lienee geometrinen keskikuutio, joskaan sen käyttäminen ei liene täysin mahdotonta automaattisen tietojenkäsittelyn aika-kaudella.

Taulukko 1. Simuloidut metsiköt.
Table 1. Simulated stands.

Puun läpimitta Diameter of tree cm	Metsikkö Stand								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Runkoluku				Number of trees				
9									21
11									21
13									12
15	16	5		4					21
17	57	35		42	18	2			14
19	135	58	11	60	64	27	4		19
21	169	80	29	82	150	55	27		10
23	169	93	40	124	160	74	46		8
25	63	88	63	82	110	84	65		8
27	22	44	47	37	32	60	45		8
29		14	35	8	6	28	35	4	3
31			14			4	11	27	3
33								46	1
35								65	1
37								45	1
39								35	
41								11	

3. TULOKSET

Simuloinnin tulokset on esitetty taulukossa 2. Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että Pika 50 ja Logma II edustavat ilmeisesti tyypillistä tapausta, jolloin ajanmenekin riippuvuus rungon koosta on käyräviivainen. Logma I funktio oli lineaarinen, ja näin ollen aritmeettinen keskiarvo kuvaa kaikissa olosuhteissa parhaiten keskimääräistä ajanmenekkiä puuston järeyden vaihtelumallista riippumatta. Sen sijaan Pika 50:n ja Logma II:n tulokset riippuvat kokojakaumasta.

Taulukko 2. Eräiden monitoimikoneiden keskimääräinen runkokohtainen ajanmenekki eri metsiköissä. Simuloidut tulokset.

Table 2. Average time consumption per tree of some processors in various stands. Simulated results.

Metsikkö Stand	Keski- kuutio Average volume of stem m ³	Monitoimi- kone Processor	Todellinen ajan- menekki Real time consumption cmin	Arvioitu keskikuution avulla Based on average volume	Arvioitu keski- luvun 2 avulla Based on average 2	Arvioitu keski- luvun 3 avulla Based on average 3
				Virhe %	Error in per cent	Error in per cent
1	0,297	Pika 50	101,7	+0,2	+2,2	-0,8
		Logma I	72,5	0,0	+2,5	-1,3
2	0,350	Logma II	59,0	+0,5	+2,5	-0,7
		Pika 50	105,0	+0,4	+3,1	-1,0
3	0,467	Logma I	75,7	0,0	+3,5	-1,9
		Logma II	60,9	+0,8	+3,5	-0,7
4	0,339	Pika 50	111,7	+0,5	+2,7	-0,6
		Logma I	82,6	0,0	+3,2	-1,6
5	0,344	Logma II	64,7	+0,9	+2,9	-0,2
		Pika 50	104,3	+0,4	+2,7	-0,9
6	0,416	Logma I	75,0	0,0	+3,2	-1,7
		Logma II	60,5	+0,7	+3,1	-0,7
7	0,468	Pika 50	104,7	+0,3	+1,9	-0,6
		Logma I	75,3	0,0	+2,2	-1,1
8	1,076	Logma II	60,8	+0,5	+2,2	-0,4
		Pika 50	108,9	+0,4	+2,5	-0,7
9	0,240	Logma I	79,6	0,0	+3,0	-1,5
		Logma II	63,2	+0,8	+2,8	-0,3
10	0,468	Pika 50	111,9	+0,5	+2,3	-0,5
		Logma I	82,7	0,0	+2,8	-1,4
11	1,076	Logma II	64,8	+0,8	+2,6	-0,1
		Pika 50	134,9	+0,9	+1,6	+0,6
12	0,240	Logma I	118,9	0,0	+0,9	-1,0
		Logma II	72,0	+1,8	+1,5	+2,0
13	0,240	Pika 50	96,6	+1,8	+15,8	-5,3
		Logma I	69,1	0,0	+19,0	-8,0
14	0,240	Logma II	55,2	+2,8	+17,9	-5,1

Keskiluku 2: kuutiomäärällä painotettu keskikuutio
Average 2: average volume of stem weighted by volume

$$\bar{v}_2 = \frac{\sum v_i^2}{\sum v_i}$$

Keskiluku 3: geometrinen keskiarvo runkojen kuutiomääristä
Average 3: geometric average volume

$$\bar{v}_3 = \sqrt[n]{\prod v_i}$$

Taulukon perusteella näyttää ilmeiseltä, että aritmeettinen keskikuutio kuvaa parhaiten Pika 50 ajanmenekkiä erilaisissa olosuhteissa. Ainoastaan metsikössä 8 geometrinen keskikuutio antoi lähempänä oikeaa olevan tuloksen ja metsikössä 7 virhe oli saman suuruinen. Kaikissa tapauksissa aritmeettinen keskiarvo antoi ajanmenekille liian suuren arvon. Geometrinen keskikuutio aiheutti taas liian pienen arvion metsikköä 8 lukuunottamatta. Huonoimmat arviot saatiin käyttämällä kuutiomäärällä painotettua keskikuutiota, joka erityisen epätasaisessa metsikössä 9 aiheutti peräti 15,8 % suuruisen virheen keskimääräisen ajanmenekin arvioinnissa.

Kuten edellä on todettu, Logma I:n osalta oli jo ennakolta selvää, että aritmeettinen keskiarvo soveltuu erilaisista keskiluvuista parhaiten käytettäväksi ajanmenekin arviointiin. Mielenkiintoista on havaita, että geometrisen keskiarvo on yhtä metsikköä lukuunottamatta käyttökelpoisempi kuin kuutiomäärällä painotettu keskiarvo. Ero on sitä paitsi vähäinen myös mainitussa poikkeuksellisessa metsikössä 8.

Logma II:n funktiota simuloinnissa käytettäessä useimmissa tapauksissa geometrinen keskiarvo oli käyttökelpoisiin keskimääräistä ajanmenekkiä arvioitaessa. Viidessä metsikössä geometrinen keskiarvoa käytettäessä saatiin paras osuvuus, kahdessa käyttäen aritmeettista keskikuutiota ja ainoastaan kerran kuutiomäärällä painotetun keskikuutioon avulla. Kerran aritmeettinen keskiarvo ja geometrinen keskikuutio antoivat itseisarvoltaan samansuuruisen virheen. Taulukon perusteella eri tunnuksien aiheuttamien virhearviointien systemaattisuus on ilmeinen. Niiden suuruuksien perusteella huonoimmalta keskikuutiolta vaikuttaa kuutiomäärällä painotettu luku, joka aiheutti epätasaisessa metsikössä peräti 17,9 % suuruisen virheen keskimääräisen ajanmenekin arvioinnissa. Sen sijaan aritmeettisen ja geometrisen keskiarvon erot olivat vähäisiä, ja aritmeettista keskikuutiota voi käyttää lähes yhtä hyvin kuin geometristakin tulosten oleellisesti huonontumatta.

Simuloinnin tulosten perusteella on oletettavissa, että käytännön puunkorjuutoiminnassa riittävän käyttökelpoinen keskiluku on tavanomainen aritmeettinen keskikuutio, joka saadaan esim. hehtaaria kohti lasketun kuutiomäärän ja runkoluvun suhteena. Epävarmuutta tulosten yleistämiskelpoisuuteen aiheutuu kuitenkin sekä monitoimikoneiden funktionaalisten ominaisuuksien puutteellisesta selvittämisestä että puuston järeyden vaihtelun vähäisestä tuntemisesta. Ennen uusien perustietojen saamista pelkän aritmeettisen keskikuutioon käyttö on kuitenkin perusteltua.

KIRJALLISUUTTA

BREDBERG, C.-J. & SUNDBERG, P. 1968. Typbestånd 101—110. Skogshögskolan. Institutionen för skogsteknik II. Moniste.

- ILVESSALO, Y. 1965. Metsänarvioiminen. Porvoo—Helsinki.
- KOSKINEN, A. & PÖLKKI, V. Tutkimuksia Logma T-300-monitoimikoneesta. Studies on the Logma T-300 processor. Metsäteho Tied. 304.
- LAASASENAHO, J. & SEVOLA, Y. 1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavarasuhteet ja kantoarvot. Timber assortment relationships and stumpage values of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 74.3.
- LÖNNROTH, E. 1926. Der stereometrische Bestandmittelstamm. Acta For. Fenn. 30. 2.
- MAKKONEN, O. 1950. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. Practical application of the results of time studies in logging. Metsäteho Julk. 25.
- NEUBAUER, W. 1924—1925. Die Bestandesaufnahme nach dem Verfahren des Massenmittelstammes und nah Stammklassen gleicher Masse. Cbl. ges. Forstw. 50: 23—33, 105—115, 51: 1—29, 90—111.
- PÖLKKI, V. & SALMINEN, J. 1970. Pika 50-monitoimikone. Pika 50 processor. Metsäteho Tied. 298.
- SIHTONEN, M. 1972. Dynaaminen malli metsikön optimihakkuuohjelman määrittämiseksi. A dynamic programming model in the determination of the optimal cutting schedule for a forest stand. Helsingin yliopisto. Metsänarvioimistieteen laitos. Tiedonantoja 2.
- VUOKILA, Y. 1967. Eriasteisin kasvatushakkuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukat maan eteläistä sisäosaa varten. Growth and yield tables for pine stands treated with intermediate cuttings of varying degree for Southern Central-Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 63. 2.

SUMMARY:

THE SIZE OF STEMS IN ESTIMATING THE TIME CONSUMPTION OF PROCESSORS

The problem considered in this paper is how to analyze the usefulness of some average volume values of stems in predicting the average time consumption per tree of some processors. In this connection, the usual arithmetic mean, the arithmetic mean weighted by volume, and the geometric mean were used (See the footnote of table 2). The functions describing the dependence of time consumption per tree on the volume of the tree were obtained from previous studies (equations (1), (2), and (3)). The stand properties, also obtained from earlier papers, are presented in table 1.

The results presented in table 2 were obtained with the aid of the computer simulation techniques and the deterministic model described above. According to the results, the usual arithmetic mean is very applicable for predicting the time consumption. The geometric mean is nearly as good, or in some cases even better. However, as a rule its computation is much more tedious than that of the arithmetic average volume for the purpose.