

# FOLIA FORESTALIA 91

ETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1970

---

---

PERTTI HARSTELA JA TEEMU RUOSTE

KOKONAISTEN PUIDEN ESIJUONTO KAKSI-  
RUMPUVINTTURILLA KÄYTÄVÄ- JA RIVIHAR-  
VENNUKSESSA. LAITTEIDEN JA MENETEL-  
MIEN KEHITTELYÄ SEKÄ TUOTOSKOKEITA

PRELIMINARY FULL-TREE SKIDDING BY  
TWO-DRUM WINCH IN STRIP AND ROW  
THINNING

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.  
Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- 1966 No 19 Paavo Tiihonen: Puutaveralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. 2.—  
No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.  
Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results. 4.—  
No 21 Kullervo Kuusela: Alands skogar 1963—64. 2.—  
No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvaturpeen käytöstä männyn istutuksessa.  
Observations on the use of garden peat in Scots pine planting. 1.—  
No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskiläpimitan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.  
Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area. 1.—  
No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.  
Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme. 1.—  
No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.  
Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965. 3.—  
No 26 Sampsä Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.  
Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66. 2.—  
No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. 3.—
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.  
Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland. 3.—  
No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiililä: Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.  
Real estates raw wood utilization survey in Finland in 1964—66. 2.—  
No 30 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.  
Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66. 1.—  
No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.  
The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands. 2.—  
No 32 Metsätilastoa. I Metsävaranto.  
Forest statistics of Finland. I Forest resources. 3.—  
No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet v. 1965.  
Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965. 2.—  
No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.  
Growth and structure characteristics of cultivated spruce stands. 2.—  
No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966.  
Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966. 4.—  
No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.  
Studies on the capillary rise of water in peat. 1,50  
No 37 Matti Heikinheimo — Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainevarastot talvella 1965/66.  
Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66. 2.—
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftsöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskattningen i Finland.  
The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland. 2.—  
No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.  
Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67. 2. —  
No 40 Jorma Sainio — Pentti Sorrola: Eri polttoaineet teollisuuden lämmön ja voiman sekä kiinteistöjen lämmön kehittämisessä vuonna 1965.  
Different fuels in the generation of industrial heat and power and in the generation of heat by real estates in 1965. 2.—  
No 41 Pentti Rikkonen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.  
The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines. 2.—  
No 42 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of E-Sa, E-Ka, I-Sa, P-Ka, P-Sa and K-S in 1966—67. 3.—  
No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta.  
On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. 2.—  
No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (Rhizina undulata Fr.), uusi metsän tuhosieni maassamme.  
Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland. 1.—

Pertti Harstela – Teemu Ruoste

KOKONAISTEN PUIDEN ESIJUONTO KAKSIRUMPUVINTTURILLA  
KÄYTÄVÄ- JA RIVIHARVENNUKSESSA

Laitteiden ja menetelmien kehittelyä sekä tuotoskokeita

Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning

Summary in English

Tutkimus kuuluu osana Harvennuspuun korjuun koneellistamistoimikunnan selvityksiin

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osaston työohjelmaan kuuluvat yhtenä osana Harvennuspuun korjuun koneellistamistoimikunnan eli ns. HAKO-toimikunnan toimeksiannosta suoritettavat tutkimukset ja kokeilut, jotka ovat koskettelleet mm. esijuontoa. Aikaisemmin on HAKO-toimikunnan monisteena ilmestynyt esijuontoa valikoivassa harvennuksessa koskeva selvitys ”Kokeita harvennuspuun esikasauksesta maataloustraktorisovitteisilla juontovarusteilla”, jolle esillä oleva tutkimus on jatkoa.

Työn toteuttamisessa on yhteistyö Peltosalmen Konepajan kanssa ollut hyödyllistä. Mm. osa vintturiin tehdyistä muutoksista on suoritettu Peltosalmen Konepajalla, mistä esitän parhaat kiitokseni. Maastotyöt tehtiin metsäntutkimuslaitoksen Lapinjärven kokeilualueessa. Ylimetsänhoitaja KAUKO LUOMAN, aluemetsänhoitaja KARI IKÄVALKON ja metsäteknikko ARVO VARMOLAN myötämielinen suhtautuminen auttoi suuresti työn onnistumista. Myös mainitsen kiitollisena HAKO-toimikunnan johtoryhmän ja tutkijat, joiden kanssa tut-

kimuksen toteuttajilla on ollut mahdollisuus neuvotella.

Kirjoittajien kesken työ jakaantuu siten, että kandidaatti HARSTELA on suunnitellut ja johtanut tutkimuksen ja ylioppilas RUOSTE on suorittanut Harstelan johdolla ja valvonnassa aineiston käsittelyn sekä laatinut käsikirjoitusluonnoksen. Tutkimuksen suunnittelussa ja kenttätövävaiheessa ovat antaneet apuaan metsänhoitajat ESKO ALA-HEIKKILÄ ja MATTI AHONEN. Maastoryhmän, johon kuuluivat metsäteknikko TAUNO OITTINEN, kenttäestari SAULI TAKALO, työnjohtaja SAKARI ERHOLTZ ja kenttäapulainen MARKKU HEINONEN, panos oli merkittävä työmenetelmän ja -kaluston kehittämisessä.

Käsikirjoituksen on lukenut metsänhoitaja KLAUS RANTAPUU, laskentatöihin on osallistunut myös kauppat. yo. TUULA VESANMAA, piirrookset on laatinut ylioppilas MARJARIITTA HUHTALO ja konekirjoituksen ovat tehneet rouva AUNE RYTKÖNEN ja neiti RAIJA SIEKKINEN.

Esitän heille kaikille kiitokseni.

Helsingissä toukokuun 22 päivänä 1970

Veijo Heiskanen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT .....	1
SUMMARY .....	3
1. JOHDANTO .....	5
2. TUTKIMUSOLOSUHTEET JA -AINEISTO .....	6
21. Tutkimusolosuhteet .....	6
22. Tutkimusaineisto .....	6
23. Aineiston käsittely .....	7
3. TYÖMENETELMÄN JA -KALUSTON KEHITTÄMINEN .....	7
31. Vinssausmenetelmän kehittäminen .....	8
311. Kokeiltujen menetelmien kuvaaminen .....	8
312. Lasketut standardiajat ja niiden perusteella suoritettu menetelmien vertailu .....	8
32. Kaluston kehittäminen .....	11
321. Vintturi .....	11
322. Vetovaijeri ja taittopyörät .....	13
4. TUOTOSTUTKIMUS .....	14
41. Selittävät tunnuksot ja niiden ryhmittely .....	14
42. Tuotoskokeet .....	14
421. Työajan jakaantuminen .....	14
43. Työvaiheet ja niiden vaikuttavat tekijät .....	15
431. Palauttaminen .....	15
432. Kiinnitys .....	17
433. Vinssaus .....	18
434. Irrotus .....	19
435. Apuajat .....	20
44. Tuotos ja siihen vaikuttavat tekijät .....	21
441. Vinssatun puumäärän mukaiset tuotokset .....	21
442. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaatuva puumäärä .....	22
443. Kokonaistuotos .....	22
45. Kustannusvertailua .....	24
5. TIIVISTELMÄ .....	26
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	28

## SUMMARY

The purpose of the investigation was to elucidate the mechanical moving of thinning trees by a winch adapted for a farm tractor. Skidding was by the full-tree method alongside the strip road into bunches from which a processor or full-tree chipper can do the further preparation. The longest possible winching distance was used in an endeavour to winch the trees when possible to direct by alongside the motor road. The thinning methods employed were strip end row thinning. The widths of the strips were 3.5 and 5 m. Every third tree was removed from the rows (planting distance).

In connection with the preliminary tests, a prototype winch was developed in cooperation with the manufacturer, the best method of work was selected and the men were trained in the work. Output tests were conducted in a part of the marked stand where the ground was level. The most important growing stock and winching characteristics are given in Tables 1 and 2. Factors affecting the expenditure of working time and output were elucidated by applying the technique of stepwise regression analysis, making use of principal component analysis in the selection of variables. The aim was to achieve as uncorrelated variables as possible and facilitate thus the interpretation of the results and improve the predictive value of the models.

Method 4 (Figs. 2 and 8) was the best working method. In it the bunch was fixed with loops in the cable after the tree tops had been cut and limbed. The average number of trees in a bunch was six. The use of a return drum was advantageous in strips over 55 m long in sawing expenditure of time provided that two strips were winched by a single fixing of the return cable.

The following modifications were made to the winch during the investigation: The supporting legs were lengthened to make the driving shaft straight and their counter-surfaces were widened and broadened inwards only to counter the risk of accident (Fig. 5). The gear ratio of the return drum was improved and the brakes of the drums were adjusted to permit

easy and fast regulation (manual return was facilitated) (Fig. 6). To prevent the trees from falling under the winch it was equipped with a guard plate and the winching site was raised because the trees would not otherwise have risen into those already winched (Fig. 7). The tightening clamp of the drawchain was changed to make it easily adjustable (Fig. 6). The joints of the fixing shafts were strengthened (Fig 5, arrow).

The hydraulic clutch of the winch and its electric cable control functioned reliably, but electric cable control is probably not the answer for this work because it is too dear. To prevent breaks in the cable a thicker lengthening piece was fastened to the draw wire and the logs were fixed to this lengthening piece (Fig. 8). The joint necessitated widening of the pulley blocks.

The distribution of the working time in strip thinning is presented in Fig. 2. Fastening and unfastening took 67 per cent of productive working time. Interruptions are distributed into groups in Table 1. The expenditure of effective working time in the different work phases is given as a function of the factors that affected the phases. It is presented as regression equations for strip thinning in Chapter 43. The equations are shown graphically in Figs. 9–14. Owing to the small material, the above correlations are not given for row thinning.

The outputs in preliminary skidding ranged from 3.1 to 9.7 solid cu.m. per hour in strip and from 2.1 to 3.4 solid cu.m. per hectare in row thinning. This includes the quantity of wood which was bunched at the mouths of the strips by directed felling above. If the share of directed felling is omitted, the outputs on the strips ranged from 2.1 to 6.3 solid cu.m. per hour and on the rows from 1.9 to 2.2. The smaller output in row thinning is due primarily to the smaller stem size in the row thinning area.

Chapter 441 presents the output according to the quantity of timber actually winched as a function of the factors that affected it significantly and the correlations are given graphically in Fig. 15. The quantity of wood falling at

the entrance to the strip by directed felling is shown in the same way in Chapter 442.

When the strip outputs were evened to correspond to the means of the variables for row thinning the output on strips was 1.98 solid cu.m. per hour, whereas the mean output on rows was 2.48 solid cu.m. per hour. The winching output in row thinning thus seems to be greater than in strip thinning.

Chapter 43 contains a cost comparison in which the cost of preparation, according to the tariffs, alongside the strip road into about 3-m butt-limbeb pulpwood of approximate length and haulage from there by forest tractor to intermediate storage was calculated as the control method. Deduction A the cost of preliminary limbing and of felling from the control method gave the "cost margin" within which the further preparation and possible forest haulage of the timber must be kept if the method is to be competitive with the control method (Fig. 17). The cost of preliminary

limbing was calculated in two ways: on the basis of so-called contribution profit thinking in which the amortisation of the tractor is not included (1) and by including also the amortisation of the tractor (2). Using the averages, the "cost margin" for 3.5 metre strips becomes 2.06–5.89 marks per solid cu.m.

The working method under examination is labour dominated (about 0.05–0.06 man-working-days/solid cu.m.) compared with e.g. bunching by a man or forest tractor haulage, and dragging the cable is especially heavy work. The labour dominance can probably be reduced by using a radio-controlled winch.

The bunched trees could be handled by a processor (and possibly by a branch chipper) or a full-tree chipper. The smallness of the stem requires that the machine has a high handling speed or it must handle the logs in bundles. It must be capable, in addition, of working on a narrow strip road and handling trees that lie across the road.

## 1. JOHDANTO

Harvennuspuun korjuun koneellistaminen on vaikeampaa kuin avohakkuiden muun muassa seuraavista syistä: puun koko ja hakkuukertymä pinta-alayksikköä kohti ovat pieniä sekä jäljelle jäävä puusto vaikeuttaa korjuuta. Kun koneiden liikkuminen puulta puulle alentaa tuntuvasti niiden tehoa ja on usein mahdotonta, on puiden siirtäminen ja kasaus koneellista käsittelyä varten korjuun avainkysymyksiä. Konaisten puiden ja runkojen kasaus miestyönä on katsottava liian raskaaksi työksi. Ratkaisuna siirtämisongelmaan on nykyisellä teknisellä tasolla esitetty mm. seuraavia koneellisia vaihtoehtoja: esijuonto vintturilla sekä siirtäminen nivelpuominosturilla tai teleskoopinosturilla. (HAKKARAINEN 1962). Ruotsissa on myös osin teoreettisin laskelmin osin käytännön kokein kokeiltu eräitä ”rakennusnosturi-ideakoneita” sekä puhtaisiin geometrisiin harvennuksiin sopivia kaatoterällä varustettuja ”ideakoneita”, joissa puu kaatuu suoraan koneen elimiin. (SJUNNESON 1969). Viimeksi mainitut koneet eivät tulle käytännössä kysymykseen vielä lähiaikoina.

Tässä tutkimuksessa edellä esitellyistä vaihtoehtoista käsitellään maataloustraktorisoiviteisella vintturilla suoritettavaa esijuontoa. Vintturijuontoa ovat aikaisemmin tutkineet KANTOLA (1964), HAATAJA (1965), KAHALA ja SALMINEN (1968), RYSÄ (1969), HAA-PAMÄKI ja HAATAJA (1969) sekä ALA-HEIKKILÄ ja RUOSTE (1970). Viimeksimainittua ja Rysän tutkimusta lukuunottamatta em. tutkimuksissa vintturijuonto on ollut juontoketjun osana, eikä pelkän vintturoinnin tuotosta voi laskea. Rysä, Ala-Heikkilä ja Ruoste tutkivat runkojen ja rankojen juontoa palstatienvarteen 40–60 m palstatievälillä. Lisäksi ovat norjalaiset SAMSET ja BJAANES (1969) käyttäneet vintturiä yhdistetyssä käytävä- ja valikoivassa harvennuksessa siten, että käytävälle peruuttaneeseen traktoriin lastattiin laahuskuorma vintturilla. Vaikeassa maastossa kuitenkin puut vinsattiin ajouran varteen.

Koska karsinta on tekovaiheessa selvästi eniten aikaa vievä työvaihe ja sen koneellistami-

nen on myös korjuun rationalisoinnin avainkysymyksiä, päädyttiin tässä tutkimuksessa kokopuiden vinsaukseen. Valmiista kasoista karsintakone tai kokopuuhaakuri mahdollisesti voi suorittaa työn rationaalisesti.

Ala-Heikkilä ja Ruoste ovat todenneet, että kaato juontouralla nostanee vinssaustuotosta verrattuna tavalliseen suunnattuun kaatoon. Tuotoksen edelleen nostamiseksi ja jäävien puiden vaurioitumisen estämiseksi kokeiltiin käytävä- ja riviharvennusta, jotka harvennusmenetelminä sinänsäkin kuuluvat HAKO-toimikunnan tutkimusohjelmaan.

Tutkimuksessa käytettiin mahdollisimman pitkää vinssausmatkaa. Näin pyrittiin edullisessa tapauksessa vinsaamaan puut suoraan autotien varteen. Tällöin muu maastokuljetus jäisi pois, eikä vinssaus muodostaisi lisätöyväihettä ja -kustannusta korjuuketjuun.

Pyrkimyksenä oli kehittää tarkoituksenmukainen kalusto ja työmenetelmä ennen tuotos-tutkimusta, sekä samalla harjaannuttaa työntekijät ko. työhön. Näin menetellen tuotosluvut lienevät paremmin työmenetelmän käyttömahdollisuuksia kuvaavia, ja konepajateollisuus saa samalla viitteitä kaluston kehittämiseksi. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin selvittämään tuotokseen vaikuttavat vinssaus- ja puustotunnukset.

Käytäväharvennuksessa kaikki puut poistetaan systemaattisesti määräleveyseltä käytävältä ja käytävien välistä metsä jätetään koskematta. Käytäväharvennukseseen voidaan, toisin kuin tässä tutkimuksessa, liittää valikoiva harvennus käytävien välistä. Riviharvennusta voidaan soveltaa viljelymetsiköihin, jolloin poistetaan esimerkiksi joka kolmas istutusrivi kuten tässä tutkimuksessa.

Todettakoon että mainitut harvennusmenetelmät ovat vasta kokeiluasteella. Niiden vaikutusta puuston kasvuun ja tuotokseen on mm. VUOKILA (1969) selvittellyt nykyisen tietämyksen valossa.

## 2. TUTKIMUSOLOSUHTEET JA -AINEISTO

### 21. Tutkimusolosuhteet

Esikokeet kaluston ja työmenetelmän kehittämiseksi suoritettiin maastoltaan ja puustoltaan mahdollisimman homogeenisessa osassa leimikkoa. Näin eliminoitiin suurelta osin vertailua haittaava leimikkotunnusten vaihtelu. Samoin tuotokokeet suoritettiin maastoltaan homogeenisessa leimikon osassa kokeiden suppeuden vuoksi. Luotettavan kuvan saamiseksi eri leimikkotunnusten vaikutuksesta tuotokseen tarvittaisiin tässä tutkimuksessa käytetty huomattavasti suurempi aineisto. Tarkoituksena kuitenkin oli ensisijaisesti kehittää kalustoa ja menetelmää sekä suorittaa vain suuntaa-antavia

kokeita tuotoksen mahdollisen suuruusluokan arvioimiseksi.

Maastotyöt tehtiin syksyllä lumettomalla ja sulalla maalla. Maasto oli verraten tasaista ja käytäväharvennusalueella kaltevuutta ei esiintynyt. Sen sijaan riviharvennusalueella maaston kaltevuus vinssaussuunnassa oli  $-15^\circ$ . Kiviä ja mättäitä tutkimusalueella oli erittäin vähän, eikä haittaavaa alikasvosta esiintynyt. Koska puusto hakattiin pääasiassa vinssausruralta, kantoja oli runsaasti.

Puustotunnusten arvot hajontoineen käyvät ilmi oheisesta taulukosta.

Taulukko 1. Puustotunnusten keskiarvot- ja keskihajonnat käytävillä ja riveillä.

Table 1. Means and standard deviations of growing-stock characteristics in strips and rows.

Leimikkotunnus Growing-stock characteristic	Käytäväharvennus In strips		Riviharvennus In rows	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Runkoluku/ha Stems/hectare	1586	422.6	2040	533.1
Kuutiomäärä, k-m <sup>3</sup> /ha Volume s. cu.m./hectare	123	32.3	91	24.0
Puun keskikoko, dm <sup>3</sup> Mean size of trees, s. cu.m. dm	83	13.6	45	5.6
Oksaisuusluokka Branchiness class	3	—	3	—
Puulajiprosentit: Tree species composition, %				
Kuusi Spruce	65	22.3	100	—
Mänty Pine	5	—	—	—
Koivu Birch	30	—	—	—

$\bar{x}$  = keskiarvo, mean

s = hajonta, standart deviation

Jäävä puusto oli rakenteeltaan samanlaista kuin hakattava puustokin käytävä- ja riviharvennuksesta johtuen. Oksaisuusluokka määri-

tettiin työvaiheittaisten hakkuupalkkataulukoiden (11. 3.—31. 12. 1969) mukaan.

### 22. Tutkimusaineisto

Tuotostutkimusaineisto käsitti aikatutkimukset 20 käytävän ja 7 rivin vinssauksesta.

Käytävien pituus vaihteli 20–115 metriin ja niistä oli puolet 30.5 metriä ja toinen puoli



viisi metriä leveitä. Rivien pituus oli yhtä 20 metrin riviä lukuunottamatta 80 m.

Aikatutkimukset suoritettiin ns. ryhmätyöntutkimusmenetelmää käyttäen (PUTKISTO 1953) siten, että seuraavat työvaiheet eroteltiin:

1. Tehotyöaika
  11. Siirtyminen juontouralle
  12. Juonnon valmistelu
  13. Palautusvaijerin asennus
  14. Köyden vienti
  15. Taakan kiinnitys
  16. Vinssaus
  17. Taakan irroitus
  18. Muut

2. Yleiset ajat (syy)

3. Keskeytykset (syy)

Aikatutkija arvioi 20 m välein asetettujen merkkien perusteella vinssausmatkan sekä taakan kiinnitysmatkan. Kaadon yhteydessä puut numeroitiin sekä mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja joka viidennestä koepuusta kapeneminen ja pituus. Taakoittain merkittiin ylös vinsatut puut.

Oheisesta taulukosta käyvät ilmi tärkeimmät vinssausta koskevat tiedot.

Taulukko 2. Vinssaustunnusten keskiarvot ja hajonnat käytävillä ja riveillä.

Table 2. Means and standard deviations of winching characteristics in strips and rows.

Tunnus Characteristics	Käytäväharvennus In strips		Riviharvennus In rows	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Käytävän ja rivin pituus, m Length of strip and row, m	69	27.5	72	20.8
Puita taakassa, kpl Trees per bunch, units	7	1.7	8	3.3
Taakan koko, d-m <sup>3</sup> Size of bunch, s. cu. dm	506	116.2	353	104.8

$\bar{x}$  = keskiarvo, mean

s = hajonta, standard deviation

### 23. Aineiston käsittely

Kaluston ja menetelmän kehittelyn yhteydessä standardiajat laskettiin keskiarvoina suunta-antavien lukujen saamiseksi jo maastotöiden yhteydessä.

Tuotoskokeiden tuloksia analysoitaessa regressioanalyysillä selittävien tunnusten valinnan ja johtopäätöksiä teon helpottamiseksi suoritettiin selittävien muuttujien ryhmittely pääkomponenttianalyysiä käyttäen.

Koska puustotunnuksissa oli selvää vaihtelua, laadittiin tuotokseen vaikuttavien puustotunnusten selvittämiseksi ja tulosten analysoinnin helpottamiseksi ennusteyhtälöt valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa käyttäen. Lähtökohtamuuttujat valittiin pääkomponenttianalyysin perusteella mielekästä selitystä silmällä pitäen.

## 3. TYÖMENETELMÄN JA -KALUSTON KEHITTÄMINEN

Ennen varsinaista tuotostutkimusta suoritettiin joukko alustavia kokeita. Nüden avulla py-

rittiin kehittämään tuotostutkimusta varten mahdollisimman hyvä vinssausmenetelmä, joka

sitten otettiin tuotostutkimuksen kohteeksi. Samalla saatiin arvokasta tietoa käytössä olevan vintturin ominaisuuksista. Tältä pohjalta tehtiinkin siihen yhteistyönä Peltosalmen Konepaja Oy:n kanssa lukuisia parannuksia.

Alustavat kokeet antoivat vintturin käyttäjälle ja apumiehelle mahdollisuuden harjaantua työmenetelmien ja vintturin käyttöön. Heidän esittämänsä huomautukset olivat suureksi hyö-

dyksi vinssausmenetelmien ja -kaluston kehittämässä.

Maastoltaan oli kokeiden suorittamusalue tasaista tuoretta kangasmaata; pääpiirteiltään samanlaista kuin lopullisen tuotostutkimuksen alue. Puusto oli kuitenkin keskimäärin kookkaampaa (n. 165 dm<sup>3</sup>/runko) ja kuutiomäärä (170 k-m<sup>3</sup>/ha) suurempi kuin tuotostutkimuksessa.

### 31. Vinssausmenetelmän kehittäminen

Kiinnitys- ja irroitusajojen osuus tehollisesta työajasta riippuu oleellisesti siitä, kiinnitetäänkö puut vetovaijeriin yksitellen vai taakkoina. Jälkimmäistä tapaa käytettäessä on kiinnitys- ja irroitusajaa yksikköä kohti pienempi kuin yksin puun kiinnittäessä. Taakkojen kiinnittäminen edellyttää kuitenkin hakkuumiehen suorittamaa puiden siirtelyä. Tämä taas on varsin raskasta työtä, jonka suorittaminen kokonaisia puita vinssattaessa on tuskin käytännössä mahdollista.

Puiden kiinnitysmenetelmästä riippuu ratkaisevasti myös irrottamisen ja itse vinssauksen onnistuminen. Kiinnitystapa määrää osaltaan vinssattavan taakan muodon, joka taas vaikuttaa selvästi vinssauksen yhteydessä tapahtuvien keskeytysten määrään (taakan kiinnijuuttuminen ja irrottaminen).

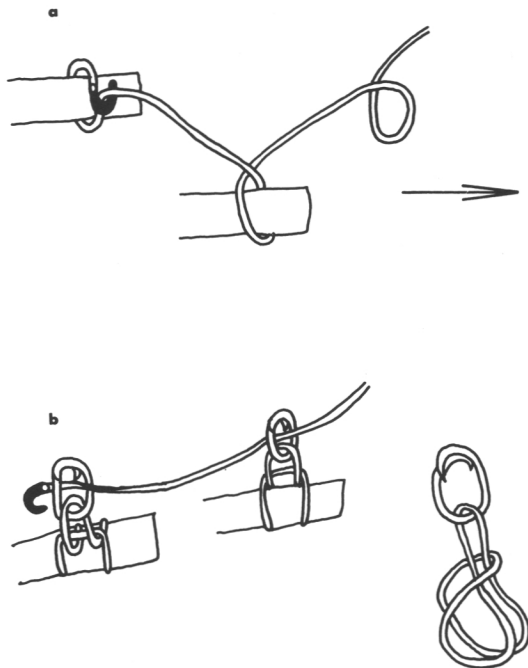
#### 311. Kokeiltujen menetelmien kuvaaminen

Parhaan menetelmän löytämiseksi kokeiltiin viittä erilaista esijuontomenetelmää. Kiinnitystapoina kokeiltiin puiden kiinnittämistä suoraan vetovaijeriin kuvan 1 a osoittamalla tavalla sekä erillisillä liukulukoilla (kuva 1 b). Muu menetelmien välinen vaihtelu koski vinssaus tapaa (latva edellä, tyvi edellä) sekä latva edellä juonnettaessa puun latvan käsittelyä (latva katkaistu ja lyhyeltä matkalta karsittu, latva katkaisematta ja karsimatta). Tyvi edellä juonnettaessa kokeiltiin yhdessä menetelmässä juontosuppilon käyttöä vinssauksen helpottamiseksi ja taakkojen kiinnijuuttumisen estämiseksi. Kuvassa 2 esitetään esijuontomenetelmät piirroksina.

#### 312. Menetelmien vertailu standardiaikojen perusteella

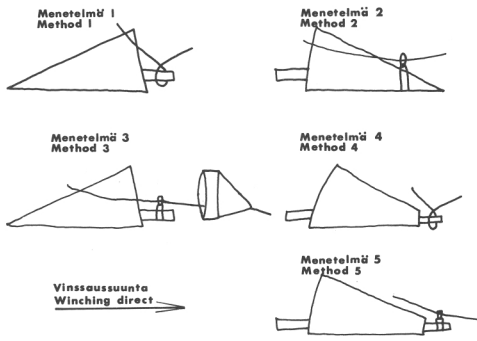
Alustavissa kokeissa vinsattiin kullakin menetelmällä kolme käytävää. Kustakin menetel-

mästä suoritettiin yksityiskohtainen aikatutkimus, jonka perusteella laskettiin eri menetelmille työvaiheittain keskimääräiset työajat esijuonnettua puuta kohden. Kaikki menetelmän kehittämistä varten tehdyt kokeet suoritettiin yhdellä, puusto- ja maasto-olosuhteiltaan yhtenäisellä palstalla, joten ko. olosuhteet eivät sannottavasti vaikuttaneet menetelmien standardiaikojen vaihteluun. Pienen aineiston tähden lasketut keskimääräiset ajat saattavat kuitenkin sisältää muista, satunnaisista tekijöistä johtuvaa



Kuva 1. Puiden kiinnittäminen vetovaijerin lenkeillä (a) liukulukoilla (b).

Figure 1. Fastening of trees to the pulling cable by loops (a) and chokers (b).



Kuva 2. Kaaviokuva kokeilluista esijuontomenetelmistä.

Figure 2. Schematic representation of the preliminary skidding methods experimented with.

vaihtelua. Kun laskettuja standardiaikoja tarkastellaan kriittisesti ja samalla otetaan huomioon maastotöiden aikana esiin tulleet näkökohdat, lienee menetelmän valitseminen varsinaiseen tuotostutkimukseen suoritettavissa.

Standardiajat on laskettu alustavien aikatutkimusten perusteella työvaiheittain. Huomioon on kuitenkin otettu vain ne työvaiheet, joiden ajanmenekkiin menetelmän valitsemisella on vaikutusta. Traktorin siirtymiseen ja vinsauksen valmisteluun sekä erilaisiin huoltotoimenpiteisiin kuluva aika ei näin ollen ole laskelmissa mukana. Standardiajat työvaiheittain eri menetelmissä käyvät ilmi taulukosta 3.

Taulukko 3. Alustavien kokeiden perusteella lasketut standardiaika-arvot työvaiheittain eri menetelmiä käytettäessä.

Table 3. Standard time values by work phases with the different working methods, calculated on the basis of preliminary tests.

- käytävän pituus 50 m  
length of the strip 50 m
- taakkoja 4 kpl  
4 bunches/strip
- puita taakassa 6 kpl  
6 trees in a bunch

Työvaihe Work phase	Menetelmä Method				
	cmin/puu cmin/tree				
	1	2	3	4	5
Palautus Return	11	8	13	8	8
Kiinnitys lenkeillä Fastening with loops	66	—	—	40	—
Liukulukot puihin Chokers to the trees	—	37	58	—	40
Liukulukot vaijeriin Chokers to the cable	—	21	33	—	23
Vinssaaminen Winching	7	7	9	4	7
Taakan kiinnijuuttumiset Sticking of the bunch	41	22	x	10	37
Irrottaminen Unfastening	55	66	57	28	48
Yhteensä Total	180	161	173	90	163

x = keskeytyksiä runsaasti – a lot of sticking

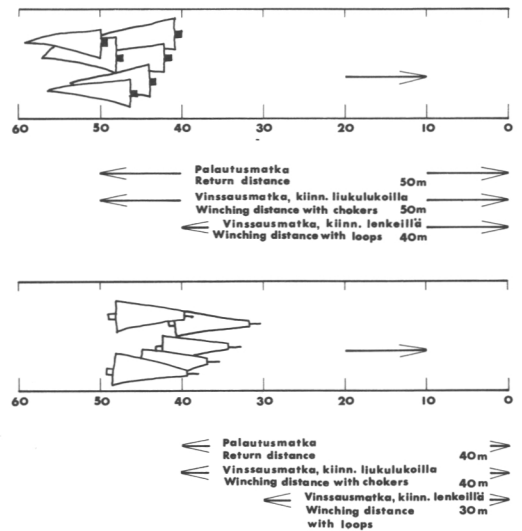
Vinssaus- ja palautusajat on otettu käsin taositteuilta käyriltä, joilla ajat on ilmaistu vinssaus- ja palautusmatkojen funktiona.

Palautusajan vaihtelut johtuvat siitä, että palautettava matka muodostuu lyhyemmäksi kun puut käytävällä kaadetaan vinssaussuuntaan. Palautusmatkassa on näin arvioitu voitettavan 10 m jokaista taakkaa kohden. Menetelmä 3 on sikäli erikoisasemassa, että käytetyt raškaan juontosuppilon takia ei vajeria voitu palauttaa käsin vaan palauttaminen oli suoritettava palautusvajjerilla. Tämän asentamiseen kuluva aika on kuitenkin siksi suuri, että vaikka itse palauttaminen on nopeampaa, muodostuu 50 metrin käytävälle laskettu standardiaika muita suuremmaksi.

Kiinnitysaikojia tarkasteltaessa on erikoisesti huomattava, että lenkeillä kiinnitettäessä sisältyy aikaan osittain myös vinssausta. Tämä johtuu siitä, että yhden puun tultua kiinnitetyksi antoi apumies merkin vintturin käyttäjälle tämän puun vinssaamiseksi seuraavan kiinnitettävän puun luo. Tällä tavoin saatiin taakka tiiviimmäksi kuin jos jokainen puu olisi kiinnitetty omalta kohdaltaan vajeriin. Tämän kiinnitysmenetelmän etuna oli myös se, että apumies pystyi valvomaan, että jokainen kiinnitetty puu pysyi vajerissa ja irtoamisen sattuessa uudelleen kiinnittäminen oli mahdollista. Heikkoutena oli vajerin normaalia suurempi kuluminen, joskin tämä haitta pystyttiin myöhemmin melkein kokonaan eliminoimaan, kuten kaluston kehittämistyötä kuvaavassa kappaleessa selvitetään. Liukulukkojen käytön suurin etu oli, että vinssimiehen irroittaessa puita taakasta apumies saattoi kiinnittää liukulukot valmiiksi seuraavan taakan puihin.

Vinssausajan merkitys koko esijuonnon ajanmenekin kannalta on varsin vähäinen. Muihin työvaiheisiin, ennen kaikkea kiinnitykseen ja irroitukseen, kului näet suurin osa työajasta. On kuitenkin mielenkiintoista todeta, että eri menetelmiä käytettäessä muodostuu vinssausmatka eripituisiksi (kuva 3) ja näin ollen myös vinssausajoissa puuta kohti esiintyy melkoista vaihtelua.

Taakan kiinnijuuttumisia sattui tyvi edellä juonnettaessa niin tiheään, että tyvi edellä vinssaus osoittautui kesäolosuhteissa melkein mahdottomaksi. Huomattakoon lisäksi, että alustavat kokeet suoritettiin verraten helpossa ja tasaisessa maastossa.



Kuva 3. Kaaviokuva puiden kaatosuunnan vaikutuksesta vinssaus- ja palautusmatkoihin käytettäessä lenkki- ja liukulukkokiinnitystä.

Figure 3. Schematic representation of the effect of the direction of felling on the winching and return distances when loop and choker fastening are used.

Taakkojen irroittaminen maastoesteistä oli vaikeampaa liukulukkoja kuin vajerilenkkejä käytettäessä. Liukulukkokiinnityksellä ovat puiden päät näet yhdessä tiiviissä kimpussa, minkä takia alimmaisten puiden törmätessä esimerkiksi kantoon, joudutaan usein koko taakka hajoittamaan sen irroittamiseksi. Lenkeillä kiinnitettäessä on taakan muoto sen sijaan pitkänomainen ja tavallaan porrastettu. Kiinnijuuttuneeseen puuhun päästään helposti käsiksi, eivätkä keskeytykset juuttumisten yhteydessä näin ollen muodostu kovinkaan pitkiksi.

Vinssaamisen helpottamiseksi käytettiin menetelmässä 3 juontosuppiloa. Aluksi esijuonto onnistuikin hyvin, mutta toisella käytävällä maaston epätasaisuudet aiheuttivat sen, etteivät puut pysyneet suppilon sisällä. Keskeytyksiä tällä käytävällä oli niin paljon, että ajanotto lopetettiin kokonaan ja luovuttiin tämän menetelmän jatkokeiluista. Lasketuissa standardiajoissa ei siis menetelmän kohdalla esiinny yhtään keskeytysaikaa, vaikka sen osuus lopulta teki vinssaamisen täysin mahdottomaksi.

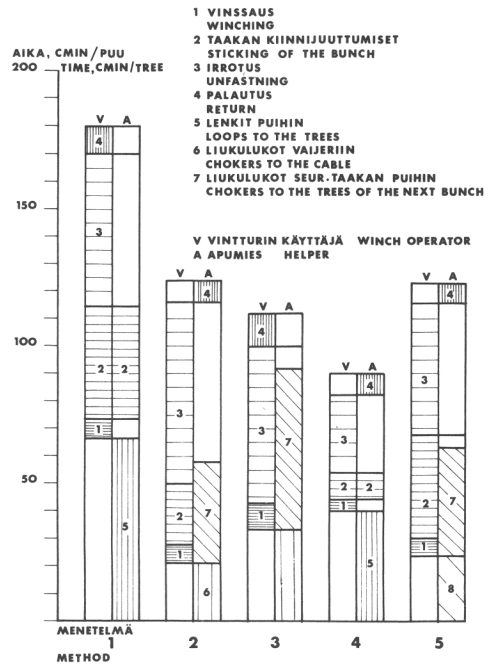
Taakan vinssaamisen jälkeen tapahtunut puiden irroittaminen oli kaikissa menetelmissä pal-

jon aikaa vaativa työvaihe. Liukulukkojen irrottaminen oli varsin hankalaa, koska tällöin jouduttiin hajoittamaan vinssattu taakka puu puulta, jotta päästiin käsiksi seuraavaan lukkoon. Kaikkein vaikein oli tilanne menetelmässä 2, jossa katkaisemattomien ja karsimattomien latvojen irrottamiselle aiheuttama haitta selvästi kuvastuu myös lasketussa standardiajassa. Yleensä ottaen irrottelu oli helpompaa ja nopeampaa lenkkikiinnitystä käytettäessä. Tosin menetelmässä 1 irrottelu-aika on melko suuri, mutta tämä johtuu ensisijaisesti siitä, etteivät puut tyvi edellä vinssattaessa nousseet kovin hyvin kasan päälle. Tämä aineutti vintturin käyttäjälle ylimääräistä selvittelytyötä, joka on laskettu mukaan kyseiseen aikaan. Suppilon avulla juonnettaessa kului ylimääräisesti jonkin verran aikaa suppilon poistamiseen irroiteltavan taakan edestä.

Yhden puun esijuontoon kuluva keskimääräinen aika eri menetelmiä käytettäessä esitetään toimintakaaviona kuvassa 4. Siitä selviää myös työnjako vintturin käyttäjän ja apumiehen kesken. Samalla saadaan havainnollinen kuva menetelmien keskinäisistä edullisuussuhteista. Menetelmä 4 osoittautui selvästi parhaaksi, varsinkin kun lähinnä parasta menetelmää 3 kuvaavasta pylväästä puuttuvat taakan kiinnijuuttumisesta johtuvat keskeytykset kokonaan.

Tuotuskokeisiin valittiin näiden esikokeiden perusteella menetelmä 4. Puiden kaato, latvan käsittely ja puiden kiinnittäminen suoritettiin siis tuotuskokeissa seuraavasti:

- puut kaadettiin käytävälle vinssaussuuntaan
- puiden latvat katkaistiin ja käyttöosan latva



Kuva 4. Yhden puun esijuontoon keskimääräinen aika eri menetelmiä käytettäessä.

Figure 4. Average time spent on the preliminary skidding of a single tree with the different methods.

karsittiin lyhyeltä matkalta kiinnittämisen helpottamiseksi

- puut kiinnitettiin latvoistaan lenkeillä veto-vaijeriin.

## 32. Kaluston kehittäminen

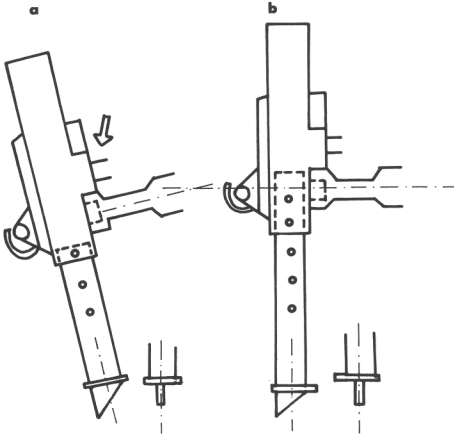
### 321. Vintturi

Kokeilun yhtenä tarkoituksena oli kehittää yhteistyönä valmistajan kanssa prototyyppi-vintturia mahdollisimman tarkoituksenmukaiseksi sekä kyseistä työtä että yleensä vinssausta varten. Tehtyjä muutoksia selostetaan lyhyesti seuraavassa, koska niillä lienee yleistä arvoa vinttureiden kehittelyä ajatellen.

Kuvassa 5 on esitetty tukijalkojen jatkaminen. Epätasaisella maalla pitkähköät jalat olivat tarpeen, koska traktorin ulosoton ja vintturin

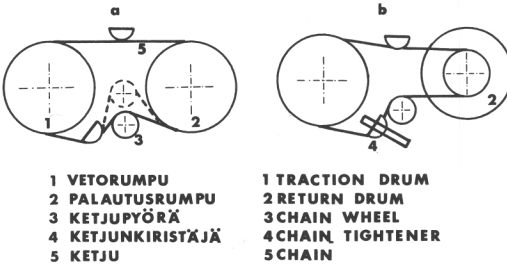
ketjupyörän välinen nivelakseli joutui helposti jyrkkään kulmaan, eikä kestänyt syntyneitä kuormitusta. Jalkojen maahan painumisen estämiseksi levitettiin niiden vastinpintoja. Levitys tehtiin sisäpuolelle tapahtumavaaran välttämiseksi.

Toista rumpua käytettiin vain vaijerin palauttamiseen, jolloin siltä ei vaadita suurta veto-voimaa, vaan tärkeämpää on sen pyörimisnopeus. Palautusrummun välitystä nopeutettiin niin että se tuli n. kolme kertaa nopeammaksi (kuva 6).



Kuva 5. Vintturin tukijalkojen jatkaminen, niiden vastinpintojen levittäminen sekä kiinnitysisäns vahvistetun liitoksen sijainti (nuoli).

Figure 5. Lengthening of the supporting legs of the winch, widening of the countersurfaces and location of the strengthened joint of the fixing shaft (the arrow).



Kuva 6. Palautusrummun välityksen muuttaminen, ketjupyörän ja ketjunkiristäjän sijainti. Ketjupyörän vaihtoehtoinen sijoituskohta merkitty katkoviivoin.

Figure 6. Changing of the gear ratio of the return drum, the location of the chain wheel and the chain tightener.

Välityksen muuttamisen vuoksi ketjupyörä joutui entistä suuremmalle rasitukselle ketjun ja ketjupyörän välisen kosketuspinnan pienentyessä. Hampaat jouduttiinkin vaihtamaan vahvempiin. Voitaisiin myös ajatella ketjupyörän sijoittamista nykyistä sijaintia ylemmäksi (kuva 6 a), jolloin kosketuspinta suurensi.

Ketjun löystyttyä alussa usein muutettiin ketjunkiristäjän rakennetta ja samalla se tehtiin helposti säädettäväksi. Kiristäjän sijoittaminen rumpujen yläpuolelle tekisi säätämisen vieläkin helpommaksi.

Osoittautui että työn kuluessa rumpujen jarruja jouduttiin kiristämään ja löysyttämään. Kun vajeria puretaan jommalta kummalta rumpulta, on kevyt jarrutus tarpeen, koska rumpu muuten vedon loputtua jatkaa pyörimistään vetäen löysällä olevan vajerin takaisin rumpuun sykkyröiksi. Kun rumpua sen sijaan käytetään vinssaukseen, on jarrutus tarpeeton ja kuluttaa turhaan jarrujen kitkapintoja. (Taakkoja irroitettaessa yht'äkin vedon loppuminen aiheutti myös rummun pyörimistä vastakkaiseen suuntaan. Tämä liike voitiin kuitenkin helposti pysäyttää kytkemällä rumpuun veto aivan lyhyeksi hetkeksi.) Palautettaessa vajeria käsin helpottuu lisäksi työ, jos jarrutus voidaan säätää mahdollisimman kevyeksi. Jarrujen säätö muutettiin helposti ja nopeasti suoritettavaksi.

Kuvassa 7 on esitetty vintturiin rakennetut vetopisteen korotus ja puskulevy. Ennen niiden rakentamista ensimmäisen taakan vinssaaminen kullakin käytävällä onnistui yleensä hyvin. Toinen taakka juuttui sen sijaan säännöllisesti edellisen taakan perään työntäen sen puita vinssin ja traktorin alle. Vinssatun taakan irroittelutyö muodostui näin erittäin hankalaksi ja hitaaksi. Mitä useampi taakka käytävältä juonnettiin sitä vaikeampi oli tilanne irroittelutyön osalta. Vetopisteen korotus helpotti huomattavasti taakkojen vinssaamista kasan päälle, mutta ei kokonaan poistanut haittaa, joka johtui puiden työntymisestä traktorin alle. Tämän vuoksi katsottiin tarpeelliseksi erikoisen suojalevyn rakentaminen vintturin tukijalkojen väliin. Samalla syntyi ajatus tämän rakenteen mitoittamisesta niin, että sitä samalla voitaisiin käyttää palstatien tasaukseen.

Varsinkin 5 metrin levyisillä käytävillä oli esijuonnettu puumäärä niin suuri, että vetopisteen korottamisesta huolimatta jouduttiin traktoria yleensä kerran siirtämään uuteen vinssausasemaan kasan muodostuessa edellisessä paikassa liian suureksi. Tämän vuoksi olisi voitu ajatella vetopiste rakennettavaksi niin, että sen siirtäminen sivusuunnassa olisi ollut mahdollista. Käsillä olevan tutkimuksen aikana ei tätä toimenpidettä kuitenkaan suoritettu.



Kuva 7. Vintturin vetopisteen korotus ja siihen asennettu puskulevy.  
*Figure 7. Raising of the traction point of the winch and the push plate installed in it.*

Vintturiin asennettu hydraulikytkin toimi alustavien kokeiden aikana luotettavasti. Sähkökaapeli-ohjaus ei myöskään tuottanut hankaluksia. Alustavissa kokeissa alettiin kuitenkin epäillä sen kannattavuutta verrattuna tavalliseen mekaaniseen hydraulikytkimen ohjaukseen. Sähkökaapeli-ohjauksen hinta on nimittäin varsin korkea, kun sen sijaan sillä saavutettavat edut kyseessä olevassa työssä verrattuna tavalliseen käsi-ohjaukseen ovat vähäiset. Radio-ohjauksen käyttö saattaa tulevaisuudessa olla sähkökaapeli-ohjausta kannattavampi, mikäli radio-ohjauslaitteiden toimintavarmuus nykyisestään paranee.

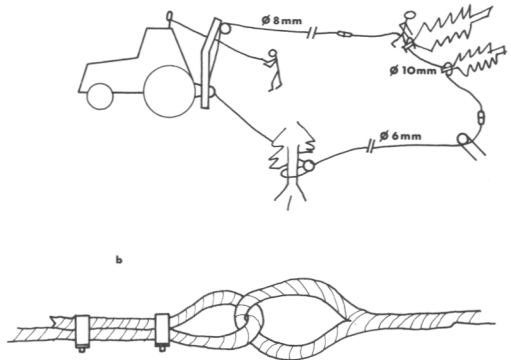
Vetopisteen korottamisen johdosta vintturin kiinnityssaisoihin kohdistui niin suuri voima, että ne murtuivat liitoskohdastaan (kuva 5 a nuoli) ja liitokset jouduttiin vahvistamaan.

### 322. Vetovaijeri ja taittopyörät

Tuotostutkimuksessa käytetty menetelmä edellytti puiden kiinnittämistä suoraan veto-

vaijeriin (vrt. kuva 1 a). Kiinnitystavasta johtui, että vetovaijeri joutui normaalia voimakkaamman rasituksen alaiseksi. Lenkkikohdista vaijeri nimittäin voimakkaan vedon vaikutuksesta litistyi ja murtui. Lopullinen katkeaminen tapahtui usein taakan törmätessä maastoesteeseen tai vinnssauksen aloittamisen aiheuttamasta nykäisystä. Alun perin käytetty 8 mm:n teräsvaijeri katkesi usein ja joskus jouduttiin uusimaan koko vaijeri. Tästä syystä näytti kyseisen kiinnitysmenetelmän kannattavuus erittäin kyseenalaiselta. Koko vetovaijerin korvaaminen 10 mm:n teräsköydellä olisi nimittäin tehnyt palauttamisen raskaaksi ja rummulle mahtuvan vaijerin pituus olisi käynyt riittämättömäksi pisimmillä käytävillä.

Edellä esitetystä syistä päädyttiin lopulta eräänlaiseen kompromissiratkaisuun. 8 mm:n varsinaiseen vetovaijeriin liitettiin 20 metriä 10 mm:n kiinnitysvaijeria (kuva 8 a). Käytännössä oli aikaisemmin todettu 8 mm:n vaijerin kestävän suoraa vetoa varsin hyvin, mikäli siinä ei ennestään ole murtumakohtia. 10 mm:n teräsköysi lenkkikiinnityksessä osoittautui myös riittävän vahvaksi, eikä sen katkeamista alustavien kokeiden aikana sattunut kertaakaan. Vaijereiden liittämistapa selviää kuvasta 8 b.



Kuva 8. Kaaviokuva työskentelyjärjestyksestä käytettäessä esijuontomenetelmää 4. Paksumman vaijerin käyttäminen. Vaijereiden liittämistapa näkyy kohdasta (b).

*Figure 8. Schematic representation of the working order for preliminary skidding method 4. Use of a thicker cable for fastening. The method of connecting the cables is shown in item (b).*

Vaijereiden liitoskohta ei mahtunut kulkemaan alkuperäisen taittopyörän läpi. Tämä jouduttiinkin korvaamaan suuremmalla pyörällä, joka samalla rakennettiin huomattavasti edellistä tukevammaksi.

Käytännön vintssaustyössä osoittautuivat vaijerin jatkaminen ja taittopyörän levitys onnistuneiksi ratkaisuksiksi. Vaijerin katkeamisia ei enää

tapahtunut, vaan kuormituksen tultua liian suureksi sakkelihiitos irtosi. Koko vaijeria ei siis jouduttu uusimaan, vaan selvittiin nopeasti ja suhteellisen helposti uuden liitoksen tekemisellä. Liitos toimi siis eräänlaisena ”varaventtiilinä”. Vintturin vetovoima 4000 kp ei yleensä ollut vintssauksen ”minimitekijä”, vaan vaijerin kestävyys.

## 4. TUOTOSTUTKIMUS

### 41. Selittävät tunnuksot ja niiden ryhmittely

Työaikaa ja tuotosta selittävinä tunnuksina voitiin käyttää vain oheisena esitettyjä puustotunnuksia kuten aikaisemmin on mainittu (vrt. s. 4). Selittävien muuttujien valinnan ja johtopäätöksien teon helpottamiseksi suoritettiin pääkomponenttianalyysi, joka lienee teoreettisesti paras tähän tarkoitukseen. Analyysillä pyrittiin ortogonaaliseen pääkomponenttirakenteeseen. Tunnetusti selittäjien keskinäiset korrelaatiot vaikuttavat regressioanalyysin tulosten tulkintaan ja pyrkimällä selittäjien valinnassa mahdollisuuksien mukaan ortogonaalista rakennetta kohti, parannetaan mallin ennustearvoa muita näytteitä ajatellen, (vrt. esim. MÄKELÄ 1968, MATTILA 1968, HARSTELA 1970).

Analyysin ratkaisu oli seuraava. Mukaan pääkomponentteihin on otettu itseisarvoltaan yli 0.30:n latauksen omaavat muuttujat.

(1) ”Puumäärä ja käytävän koko” –komponentti	pääkomponentin lataus
Kokonaispuumäärä	0.97
Vinssattu puumäärä	0.97
Käytävän pituus	0.93
Taakkojen lukumäärä	0.91
Juontomatka	0.83

Käytävän leveys	0.75
Taakkojen keskikoko	0.41
(2) ”Puuston tiheys” –komponentti	
Kuusen prosenttinen osuus	0.89
Puuston tiheys	0.79
Taakan keskikoko	0.56
Puiden keskikoko	0.48
(3) ”Puiden koko” –komponentti	
Puiden keskikoko	0.79
Keskimääräinen juontomatka	0.46
Taakkojen keskikoko	0.36

Rakenteesta selviää, että käyttämällä puumäärää (1) tai taakkojen lukumäärää (1) tai käytävän kokoa (1), puuston tiheyttä (2) ja puiden kokoa (3) selittäjinä päästään niin lähelle ortogonaalista rakennetta, ettei minkään selittävän tunnuksen ”selitysvaiva” liene oleellisesti häipynyt toisen selittäjän vaihteluun.

Jos mallissa on kaksi tai useampi latauksetaan suuri muuttuja samasta pääkomponentista on tuloksia tulkittaessa muistettava, että yhtä näistä selittäjistä muutettaessa täytyisi siis muuttaa muitakin samassa suhteessa, jotta mallin ennustearvo säilyisi mahdollisimman hyvänä.

### 42. Tuotoskokeet

#### 421. Työajan jakaantuminen

Tuotostutkimuksen piiriin kuului 20 käytävää, joista puolet oli 3.5 metrin ja puolet 5.0 metrin levyisiä sekä seitsemän riviä. Työajasta

oli keskeytysten osuus kerätyssä käytäväaineistossa 19.2 %. Keskeytysten jakaantuminen eri aiheuttajaryhmiin selviää seuraavasta asetelmasta:



Asetelma 1. Keskeytysajan jakaantuminen aiheuttajaryhmittäin.

Korjaukset, huolto	48.6 %
Taakkojen kiinnijuuttumiset	19.4 %
Palautusvaijerin selvittämiset ja irtoamiset vetovaijerista	16.6 %
Traktorin sammuminen ja kiinnijuuttuminen siirtämisen yhteydessä	9.8 %
Tutkimuksen aiheuttamat keskeytykset	5.6 %
Keskeytykset yhteensä	100.0 %

Keskeytysajoissa ei esiinny lainkaan lepoa, koska työ tutkimuksesta johtuen oli katkonais-ta. Toisaalta korjaukset ja huolto veivät prototyypivintturista johtuen verraten paljon aikaa ja tutkimuksen aiheuttamia keskeytyksiä ei normaaliudessa esiintyisi. Lepoaikojen puuttuminen on lisäksi otettu huomioon päivätuotosta laskettaessa olettamalla työpäivän pituudeksi 6.5 tuntia.

Keskeytysaikojen osuudet eri käytävillä vaihtelivat huomattavasti. Syitä suureen vaihteluun ei voitu löytää, vaan näytti ilmeiseltä, että se enemmänkin johtui sattumasta. Tämän vuoksi katsottiinkin realistiseksi lähtökohdaksi käyttää laskelmissa kullekin käytävälle yhtä suurta keskimääräistä keskeytysprosenttia, joksi tässä tutkimuksessa valittiin 20 %.

Kokonaistyöajasta oli 80 % tehoaikaa. Tehoaika jaoteltiin mahdollisimman tarkoin työvaiheisiin, joiden suhteellinen jakautuminen on esitetty asetelmassa 2.

Asetelma 2. Tehoajan suhteellinen jakautuminen eri työvaiheisiin.

Traktorin siirtäminen käytävältä toiselle (= Siirtäminen)	4.3 %
Vinssin laittaminen vinssauskuntoon (=Valmistelu)	5.7 %
Vaijerin vienti kauimmaisen taakkaan tulevan puun luo (= Palautus)	13.7 %
Puiden kiinnittäminen lenkeillä veto-vaijeriin (= Kiinnitys)	39.2 %
Taakan vinssaaminen (= Vinssaus)	9.3 %
Puiden irrottaminen vetovaijerista (= Irrotus)	27.8 %
Teho aika yhteensä	100.0 %

Työvaiheiden suhteellisia osuuksia tarkasteltaessa voidaan havaita, että kiinnitys- ja irrotusaikojen osuus on yhteensä peräti 67 % tehoajasta. Näin siitä huolimatta, että kiinnitysmenettelmää kokeiltaessa oli päätavoitteena nopean ja helpon menetelmän valitseminen tuotostutkimukseen. Sekä kiinnitys että irrotus edellyttivät puiden käsittelyä yksitellen ja kun tässä tutkimuksessa näiden käsiteltävien yksiköiden keskikoko oli vain n. 80 dm<sup>3</sup>, muodostui kyseisten työvaiheiden osuus näin suureksi.

Varsinaiseen vinssaukseen kului 9.3 % ja palauttamiseen 13.7 % tehoajasta. Kuten jo alustavien kokeiden yhteydessä todettiin, muodostui vinssausmatka systemaattisesti lyhemmäksi kuin palautusmatka, joten näiden työvaiheiden ajanmenekkien ero tuntuu varsin ymmärrettävältä.

Apuaikoihin lasketaan tässä tutkimuksessa kuuluviksi traktorin siirtäminen käytävältä toiselle sekä vinssin vinssauskuntoon laittaminen. Näihin kului tutkimuksessa yhteensä 10 % tehoajasta.

### 43. Työvaiheet ja niihin vaikuttavat tekijät

Työvaiheittaisen ajanmenekin riippuvuutta eri vinssaus- ja puustotekijöistä on tarkasteltu vain käytäväharvennuksessa rivien pienen lukumäärän vuoksi.

#### 431. Palauttaminen

Esikokeissa saatujen tulosten perusteella vetovaijeri palautettiin viimeisen kuhunkin taakkaan tulevan puun luo tämän tutkimuksen puitteissa käsin alle 60 metrin käytävillä ja koneellisesti tätä suuremmilla käytäväpituuksilla.

Itse palautustapahtuman ajanmenekki riippui pääasiassa vain palautettavasta matkasta. Palautusvaijeria käytettäessä oli vaijerin vienti keskimäärin huomattavasti nopeampaa kuin käsin palautettaessa. Kuvasta 9 selviää, että koneellisessa palautuksessa palautusajan riippuvuus matkasta on lineaarinen, kun sen sijaan käsin palauttamisen ajanmenekin ja palautusmatkan välillä vallitsee käyräviivainen regressio.

Palautusajan menekkiä yhtä taakkaa kohden (cmin/taakka) kuvaavat seuraavat yhtälöt.

	R	Selvitysaste
$y = 0.0575x^2$	0.80	63.5 %
$x =$ palautettava matka, m		
$y =$ palautus käsin (cmin/taakka):		
R = korrelaatiokerroin		

	R	Selvitysaste
$y = 1.093x$	0.93	86.6 %
$x =$ palautettava matka, m		
$y =$ palautus koneellisesti (cmin/taakka)		
R = korrelaatiokerroin		

Käsin palauttamisen kuvaajan käyräviivaisuus johtuu siitä, että mitä kauemmas apumies joutui vaijerin viemään sitä raskaammaksi palautustyö muodostui. Palautustyön raskaudesta oli osoituksena mm. se, että pitkillä vaijerin vetomatkoilla, esim. palautusvaijerin asennuksen yhteydessä, kohosi apumiehen pulssi välillä jopa yli 180 lyöntiä minuutissa. Yhtälön tarkastelussa on otettava huomioon, että se pitää tällaisenaan paikkansa vain alle 60 metrin palautusmatkoilla, koska tätä pitemmiltä matkoilta ei tässä tutkimuksessa tehty havaintoja.

Koneellisen palautuksen ajanmenekkiä lisää palautusvaijerin asentamiseen kulunut aika. En-

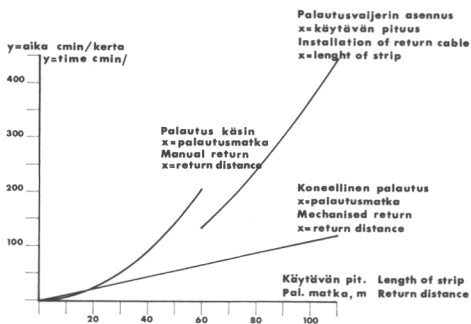
nen kuin koneelliseen palauttamiseen voitiin ryhtyä, oli palautusvaijeri käsin vedettävä kahden taittopöyrän kautta vinssattavalle käytävälle. Toisin sanoen esimerkiksi 60 metrin pituisella käytävällä apumies joutui vetämään palautusvaijeria n. 120 metriä, minkä jälkeen se kiinnitettiin vetovaijeriin ja koneellinen palautus voitiin aloittaa. Käytännössä asentamisen yhteydessä vintturin käyttäjä pystyi kuitenkin nopeuttamaan asennustyötä palauttamalla vetoaijeria käsin ja tulemalla näin vastaan apumiestä.

Harvennusmenetelmän luonteesta johtuen voitiin yhdellä palautusvaijerin asentamisella vinssata kaksi käytävää, joka oli varsin huomattava etu, kun ajatellaan koneellisen palautuksen kokonaisajanmenekkiä. Seuraava yhtälö kuvaa palauttamiseen ja palautusvaijerin asentamiseen keskimäärin kulunutta aikaa käytävää kohti lasketuna, kun oletetaan yhdellä palautusvaijerin asentamisella vinssattavaksi kaksi käytävää:

	R	Selvitysaste
$y = 0.0374x^2$	0.84	69.9 %
$x =$ käytävän pituus, m		
$y =$ palautus + palautusvaijerin asennusaika, cmin/käytävä		
R = korrelaatiokerroin		

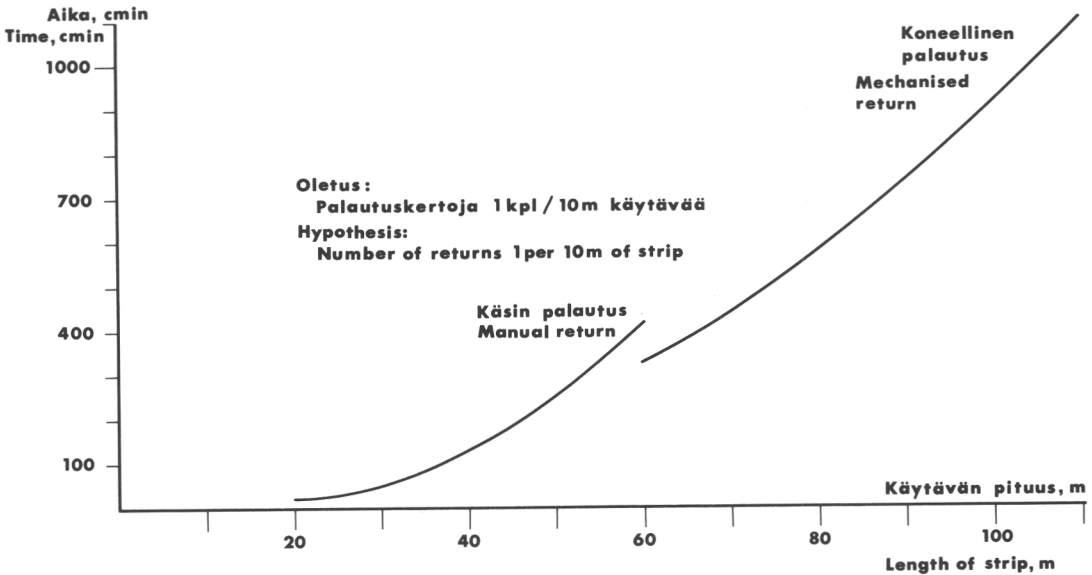
Koska palautusvaijerin käyttöä ei kokeiltu alle 60 metrin käytäväpituuksilla, voidaan esitetyn yhtälön kuvaaja pitää käyttökelpoisena vain 60 metrin ja sitä pitemmillä käytävillä.

Kaikkia edellä esitettyjä yhtälöitä hyväksikäyttäen voidaan arvioida palautuksen kokonaisajanmenekkiä eri käytäväpituuksilla. Palautuskertojen lukumäärällä on tällöin varsin ratkaiseva merkitys samoin kuin kulloisellakin palautusmatkalla. Kuvasta 10 nähdään havainnollisesti sekä käsin palauttaminen että koneellisen palauttamisen ajanmenekki, kun oletetaan, että jokaista käytävän 10 metriä kohden tarvitaan yksi palautuskerta alkaen kuitenkin 15 metristä. 60 metrin pituisella käytävällä olisi näin ollen palautuskertoja 5 ja vastaavat palautusmatkat, 15, 25, 35, 45 ja 55 m. Palautusaika olisi tässä tapauksessa käsin palautettaessa 420 cmin. Vastaava aika koneellisessa palautuksessa, kun myöskin palautusvaijerin asentamiseen kulunut aika on otettu huomioon, on 320 cmin. Palautusvaijerin käyttö on siis ollut edullista tämän pituisella käytävällä.



Kuva 9. Koneellisen ja käsinpalauttamisen ajanmenekkien riippuvuus palautetavasta matkasta sekä palautusvaijerin asentamiseen kuluneen ajan riippuvuus käytävän pituudesta.

Figure 9. Dependence of the expenditure of time on mechanised and manual retraining on the return distance, and the dependence of the time expended on the installation of the cable on the length of the strip.



Kuva 10. Koneellisen ja käsin palautuksen kokonaisajanmenekkien riippuvuus käytävän pituudesta.  
 Figure 10. Dependence of the total time expended on mechanised and manual return on the length of the strip.

Lähtökohtana esitetty oletus perustuu koko tutkimuksen aineistosta laskettuun taakkatiheyden keskiarvoon, joka oli jokseenkin tarkoin 1 taakka käytävän 10 metriä kohden. Mikäli taakkoja vinsattaisiin suhteellisesti vähemmän, saattaisi käsin palauttaminen puhtaasti ajanmenekkiä silmälläpitäen tulla kysymykseen yli 60 metrin pituisilla käytävilläkin. Koska apumiehen työ muodostuu kuitenkin tällöin huomattavan raskaaksi, voitaneen tätä käytäväpiuuttua pitää käsin palauttamisen rajana. Tätä tukee myös se, että koneellisesti palautettaessa jää apumiehelle aikaa pienimpien vinsattavien puiden kasaamiseen, joka puolestaan vaikuttaa kiinnittämisen ajanmenekkiä pienentävästi.

#### 432. Kiinnitys

Vinsattavat puut kiinnitettiin suoraan veto-vaijeriin pyöräyttämällä silmukka jokaisen puun latvaan. Yhden puun kiinnittämisen jälkeen antoi apumies merkin vinnin käyttäjälle kiinnitetyn puun vinnsaamiseksi seuraavaksi taakkaan tulevan puun luo. Näin saatiin taakka suhteellisen tiiviiksi muodostelmaksi. Kun seuraavassa lähdetään lähemmin tarkastelemaan kiinnitysaikaa, huomattakoon, että siihen tällöin sjsältyy myös edellä kuvattu kiinnittämisen yhteydessä tapahtunut vinnsaus.

Kiinnitysaajan menekkiin vinsattua puuta kohden vaikuttivat valikoivan regressioanalyysin viitteiden mukaan voimakkaimmin puiden keskikoko ( $\text{dm}^3/\text{runko}$ ) ja puuston tiheys käytävällä ( $\text{runko/ha}$ ). Näistä selittävästä tekijöistä esiintyy puiden keskikoko voimakkaalla latauksella (0.79) pääkomponentissa 3. Puuston tiheydellä on pääkomponentissa 2 lataus 0.79.

Tässä aineistossa oli puuston tiheyden ja rungon keskikoon välinen korrelaatio (0.19) siksi vähäinen, että se seuraavassa esitettävää regressioyhtälöä tarkasteltaessa voidaan jättää huomioimatta.

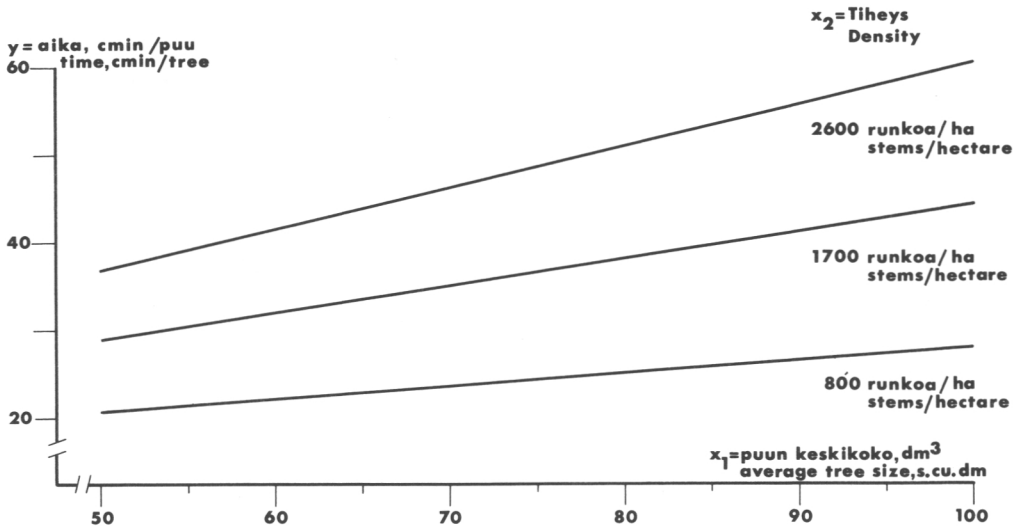
Kiinnitysaajan menekkiä vinsattua puuta kohden ( $\text{cmin/puu}$ ) kuvaa yhtälö:

$$y = 13.506 + 0.00018 x_1 x_2 \quad R = 0.36 \quad \text{Selvitysaste} = 0.36\%$$

$x_1 =$  puiden keskikoko,  $\text{dm}^3/\text{runko}$   
 $x_2 =$  puuston tiheys,  $\text{runko/ha}$   
 $y =$  kiinnitysaika,  $\text{cmin/puu}$

Pieni selvitysaste merkitsee, että kiinnitysaajan menekin suuresta hajonnasta on vain pieni osa saatu selitetyksi. Erehtymisen riski tässä aineistossa edellä kuvattua yhtälöä käytettäessä oli yli 10 %.

Kuvassa 11 on esitetty kiinnitysaajan menekki puun keskikoon funktiona, kun puuston tiheydelle on annettu arvot 800, 1700 ja 2600 runkoa/ha.



Kuva 11. Kiinnityksen ajanmenekki puuta kohti puiden keskikoon ja puuston tiheyden funktiona.  
 Figure 11. Time expended on fastening per tree as a function of average tree size and density of growing stock.

Puun keskikoon suuretessa kasvaa myös kiinnityksajan menekki vinsattua puuta kohden. Tämä johtunee pääasiassa siitä, että apumies saatoi siirtää pienien puiden latvoja yhteen ja kiinnittää ne yhtenä nippuna vaijerilenkkiin, jolloin kiinnitysaika puuta kohden pieneni. Lisäksi apumies joutui joskus nostamaan puun latvaa maasta kiinnityksen aikana ja se suurilla puilla on hankalampaa kuin pienillä.

Puuston tiheyden vaikutus on samansuuntainen: mitä tiheämpi puusto sitä hitaampaa oli kiinnitys. Koska kiinnitykseen kuluu myös sen yhteydessä tapahtuva vinssaus, voitaisiin olettaa, että harva puusto lisäisi ajanmenekkiä. Näin ei kuitenkaan ole tapahtunut, koska itse kiinnittäminen on sitä helpompaa mitä harvemmassa puita on. Jos puusto käytävällä nimittäin oli tiheä, johtui se siitä että kiinnitettävät puut jouduttiin kaatamaan osittain päällekkäin, jolloin alimmaisten puiden kiinnittäminen oli vaikeaa.

Tuotostutkimuksen aineistossa oli puiden koko keskimäärin  $83 \text{ dm}^3$  ja puuston tiheyden keskiarvo 1586 runkoa/ha. Kun nämä arvot sijoitetaan esitettyyn yhtälöön saadaan y:n arvoksi 37 cmin/puu, joka likimain on ollut kiinnittämisen keskimääräinen ajanmenekki tuotostutkimuksessa.

#### 433. Vinssaus

Vinssauksen ajanmenekkiin vaikuttavat samat tekijät kuin palautuksessa. Taakkakohtaiseen aikaan vaikuttaa näin ollen ratkaisevasti vinssausmatka. Seuraavasta yhtälöstä selviää vinssauksen ajanmenekki (cmin/taakka).

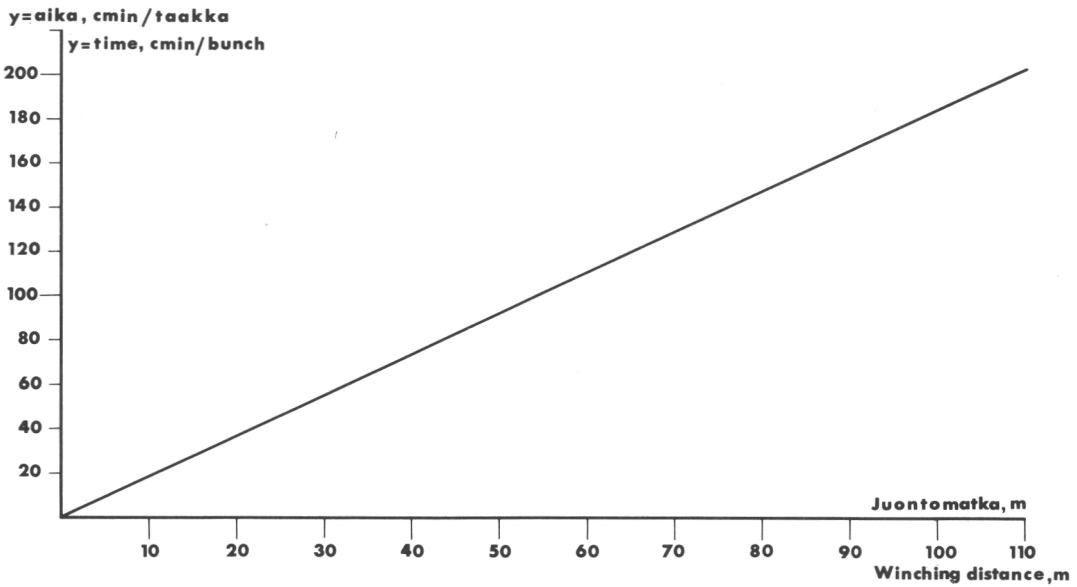
$$y = 1.857 x$$

R 0.88      Selvitysaste 78.3 %

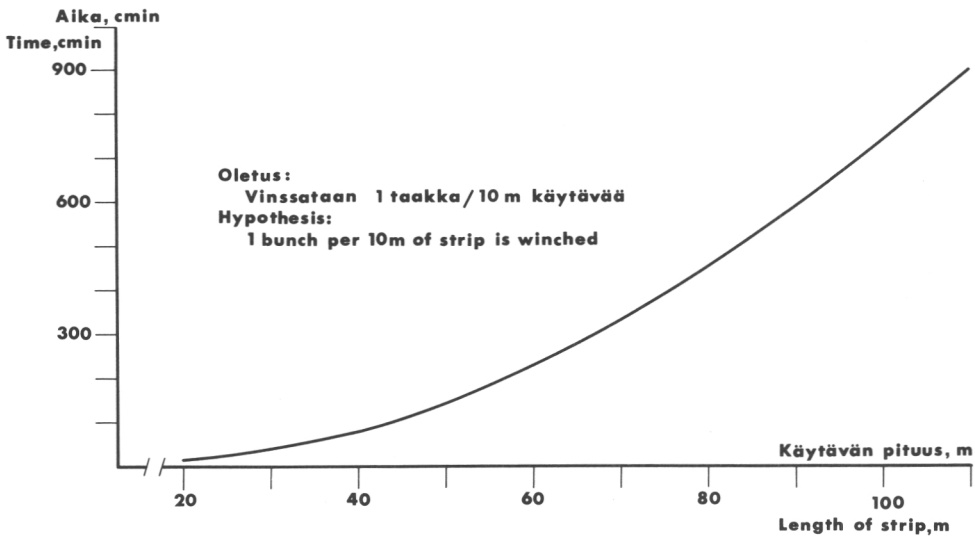
x = vinssausmatka,  
 y = vinssausaika, cmin/taakka  
 R = korrelaatiokerroin

Keskimääräinen vinssausnopeus on ollut n. 0.9 m/s. Teoriassa pitäisi nopeuden olla likimain vakio, mikäli traktorin kierrosluku pidetään samana. Aineistossa havaittu vaihtelu johtuu osaltaan siitä, että aivan pienet keskeytykset on laskettu mukaan vinssausaikaan ja kierrosnopeus ei luonnollisesti ollut sama koko ajan.

Kuvassa 12 on esitetty taakkakohtaisen ajan ja matkan keskeinen riippuvuus. Kuvasta 13 ilmenee vinssaukseen kulunut kokonaisaika, kun lähtökohtana on tutkimuksessa havaittu keskimääräinen taakkatiheys 1 taakka/10 m.



Kuva 12. Vinssauksen ajanmenekki taakkaa kohti juontomatkan funktiona.  
 Figure 12. Time expended on winching per bunch as a function of the skidding distance.



Kuva 13. Vinssauksen kokonaisajanmenekki käytävän pituuden funktiona.  
 Figure 13. Total time expended on winching as a function of the strip length.

On huomattava, että vinssausmatkat esijuontomenetelmästä johtuen keskimäärin jäävät n. 10 metriä lyhyemmiksi kuin vastaavat palautusmatkat. Kun palautukseen käsin kului 60 metrin käytävällä aikaa 420 cmin ja koneellisesti 320 cmin, oli vastaava ajanmenekki vinssauksessa kuvan 13 perusteella vain 230 cmin.

#### 434. Irrotus

Puiden irrottamisen vetovaijerista suoritti vintturin käyttäjä. Kiinnitystavan vuoksi oli taakan muoto jonkin verran pitkänomainen, ts. irroteltavien puiden latvat eivät olleet samalla tasolla. Niinpä irrottamisen yhteydessäkin oli

muutaman puun irrottamisen jälkeen vedettävä vinssillä seuraava puu ulottuville, mihin kuluva aika on tässä yhdistetty irrotusaikaan.

Irrotustyön suurimpana hankaluutena oli, että jokaisen vinssatun taakan ensimmäiset puut säännöllisesti pyrkivät painumaan jo juonnettujen puiden väliin ja niiden alle. Näin siitäkin huolimatta, että alustavien kokeiden yhteydessä huomattiin tässä epäkohta ja vetopisteen korotuksella saatiin tilannetta huomattavasti parannetuksi. Lisäksi muodostui irrotustyö yleensä sitä vaikeammaksi, mitä useampia puita käytävältä vinssattiin. Tämä johtui käytävän suulle juonnetun kasan suurentumisesta, mikä taas puolestaan vaikeutti taakkojen nousemista kasan päälle. Koska puut juonnettiin karsimattomina, hidasti näiden suuri lukumäärä kasassa myös jokaisen yksityisen puun irrottamista.

Parhaiksi selittäjiksi irrotuksen ajanmenekille (cmin/puu) osoittautuivat vinssattujen puiden lukumäärä käytävällä sekä puiden lukumäärä taakassa. Näiden keskinäinen korrelaatio oli varsin vähäinen (0.20). Käytävältä vinssattujen puiden lukumäärä vaihteli aineistossa 4–75 kpl/käytävä ja puiden lukumäärät taakoissa käytäväkohtaisina keskiarvoina 2–13 kpl/taakka.

Irrotusajan menekkiä vinssattua puuta kohden (cmin/puu) kuvaa yhtälö:

$$y = 30.500 + 0.122x_4 - 1.197x_5 \quad R = 0.50 \quad \text{Selvitysaste} = 25.0\%$$

$x_4$  = vinssattujen puiden lukumäärä, kpl/käytävä

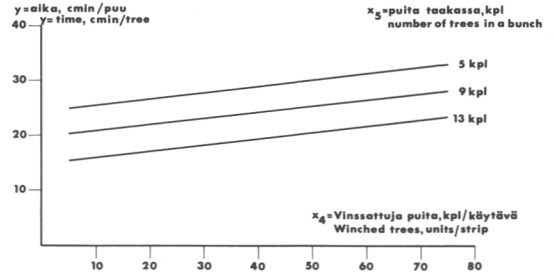
$x_5$  = puiden lukumäärä taakassa keskimäärin, kpl/taakka

$y$  = irrotusaika, cmin/puu

$R$  = korrelaatiokerroin

Yhtälön selvitysaste osoittaa, että varsin suuri osa irrotusajan vaihtelusta jää siis selittämättä. Kerrointen merkitsevyys on kuitenkin niin suuri, että 5 %:n riskillä voidaan sanoa, että mallin antamien tulosten ja todellisten havaittujen arvojen välillä vallitsee tilastollinen riippuvuus.

Kuvassa 14 on piirretty regressiosuorat, jotka kuvaavat irrotusajan menekkiä käytävältä vinssattujen puiden lukumäärän funktiona yhden taakan sisältäessä keskimäärin 5, 9 ja 13 puuta. Kuvasta selviää havainnollisesti, että mitä useampia puita käytävältä vinssataan sitä suurempi on irrottamisen ajanmenekki puuta kohti. Toisaalta taas havaitaan, että puiden suuri lukumäärä taakassa pienentää ajanmenekkiä.



Kuva 14. Irrotusajan menekki puuta kohti käytävältä vinssattujen puiden lukumäärän ja taakassa olevien puiden lukumäärän funktiona.

Figure 14. Expenditure of unfastening time per tree as a function of the number of trees winched from the strip and the number of trees in a bunch.

kiä. Tämä johtune siitä, että ensimmäisten puiden saaminen kasan päälle oli hankalinta ja loppuosa taakasta nousi helpommin. Tässä aineistossa oli irrottamisajanmenekki keskimäärin 27 cmin/puu. Tähän lukuun päästään kun sijoitetaan esitettyyn yhtälöön  $x_4 = 33$  ja  $x_5 = 6.19$ , jotka ovat kyseisten muuttujien keskiarvot tuotostutkimuksen aineistossa.

#### 435. Apuajat

Apuaikoihin luetaan kuuluviksi vinssin vinsauskuntoon laittaminen ja traktorin siirtäminen käytävältä toiselle. Yhteensä näihin kuluksen ajan osuus tehoajasta oli 10 %.

Vinssauksen valmisteluun kuului vinssin sijoittaminen käytävän päähän mahdollisuuksien mukaan sellaiseen suuntaan, ettei sitä vinsauskseen kestäessä olisi jouduttu siirtämään. Niinkään oli valittava riittävän kovapohjainen vinsausalusta, jotta vältettiin tukijalkojen maahan painumisesta aiheutuva haitta. Säädettyjen tukijalkojen laskemiseen kuului myös osa valmisteluajasta. Kaiken kaikkiaan kuului näihin toimenpiteisiin suurin piirtein yhtä suuri aika käytävää kohti, keskimäärin 196 cmin/käytävä. Kaikissa laskelmissa on käytetty tätä keskimääräistä valmisteluajaa.

Traktorin siirtämisaika käytävältä toiselle jäi yleensä varsin pieneksi. Käytävien välinen etäisyys oli siksi pieni ja maasto tutkimuspalstalla niin tasainen, että siirtämisaikoihin vaikuttavia tekijöitä ei voitu tarkemmin analy-

soida. Niinpä tässäkin kunkin käytävän osalta on käytetty keskimääräistä siirtämisaikaa 145 cmin/käytävä.

Aputyövaiheiden yhteydessä ei vaikeuksia juuri esiintynyt siitäkään huolimatta, ettei pe-

ruskoneena käytetty maataloustraktori ollut varustettu maastokelpoisuutta parantavilla puoliteloilla, jotka kylläkin vaikeammassa maastossa ja vaikeammissa olosuhteissa esimerkiksi talvella saattavat olla tarpeen.

#### 44. Tuotos ja siihen vaikuttavat tekijät

Tuotoksia on laskettu sekä käytävä- että rivi-harvennuksissa. Sen sijaan tuotoksen riippuvuutta eri tekijöistä ei ole laskettu rivi-harvennuksessa aineiston pienen koon vuoksi. Esijuonnon tuotokset käytävillä vaihtelivat tässä tutkimuksessa 3.1–9.7 k-m<sup>3</sup>/t ja riveillä 2.1–3.4 k-m<sup>3</sup>/t. Ero tuotoksissa rivi- ja käytäväharvennuksen välillä johtui lähinnä pienemmästä rungon koosta rivi-harvennuksessa kuten jäljempänä osoitetaan. Tuotoksiin on laskettu mukaan myös se puumäärä, jota ei itse asiassa jouduttu siirtelemään, koska se saatiin osittain kasatuksi pelkästään suunnattua kaatoa hyväksi käyttäen. Huomattava on, että tämän puumäärän osuus kokonaispuumäärästä oli sitä suurempi mitä lyhyemmistä käytävistä oli kysymys. Tästä syystä lyhyiden käytävien tuotokset olivat systemaattisesti korkeampia, mikäli tarkastellaan kokonaispuumäärää käytävällä eikä todellista vinsattua puumäärää. Kun suunnatun kaadon avulla näin saatava ylimääräinen tuotoslisä eliminoitiin, vaihtelivat tuotokset käytävillä 2.1–6.3 k-m<sup>3</sup>/t ja riveillä 1.9–2.2 k-m<sup>3</sup>/t.

Seuraavassa tarkastelussa on pyritty erottamaan liikutellun puumäärän mukaiset tuotokset ja suunnatun kaadon avulla saavutettava tuotoslisä sekä analysoimaan erikseen näihin vaikuttavia tekijöitä.

##### 441. Vinsstatun puumäärän mukaiset tuotokset käytävillä

Tuotokset on tässä tutkimuksessa laskettu kiintokuutiometreinä työtuntia kohden, ts. aikaan sisältyy myös keskeytysten osuus 20 %. Käytävittäin vaihtelivat tuotokset huomattavasti. Vaihtelun syiden selvittämiseksi käytettiin hyväksi valikoivaa regressioanalyysiä, jonka antamien viitteiden mukaan valittiin selittäviksi tekijöiksi kustakin pääkomponenttianalyysin komponentista yksi voimakkaan latauksen omaava muuttuja.

”Puumäärä ja käytävän koko” -komponentin muuttujista oli tuotosta parhaiten selittävä te-

kijä käytävän leveys (pääkomponentin lataus 0.75). Puuston tiheys esiintyy suurimmalla latauksellaan (0.79) pääkomponentissa (2) ja puuden keskikoko (pääkomponentin lataus 0.79) pääkomponentissa (3). Tuotoksen (k-m<sup>3</sup>/t) riippuvuutta näistä kolmesta tekijästä kuvaa yhtälö:

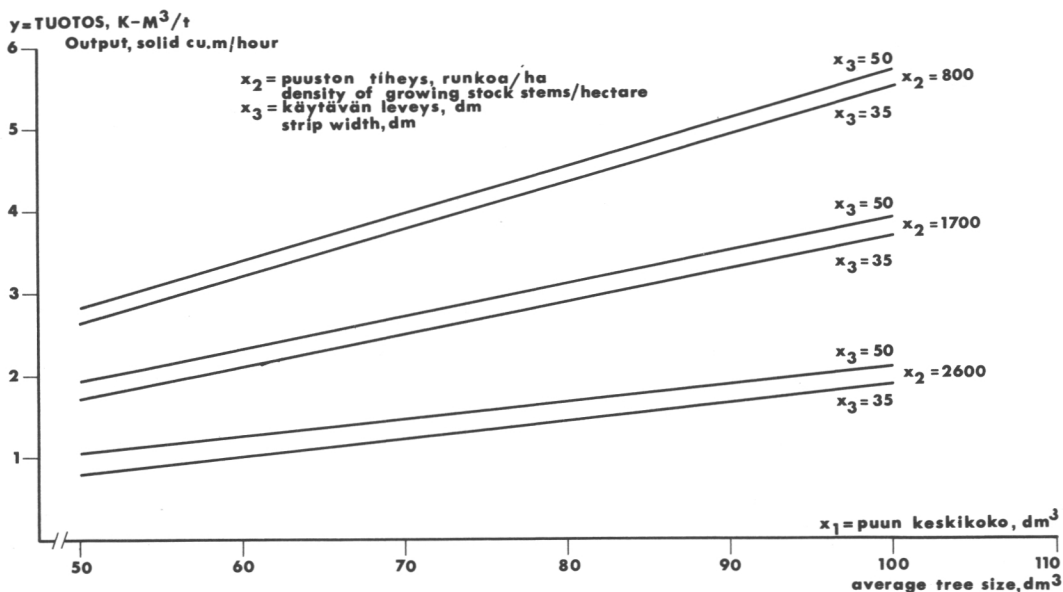
	R	Selvitysaste
$y = -0.75 + 0.73x_1 + 0.015x_3 - 0.00002x_1x_2$	0.80	63.6 %
$x_1 =$ puuden keskikoko, dm <sup>3</sup>		
$x_2 =$ puuston tiheys, runkoa/ha		
$x_3 =$ käytävän leveys, dm		
$y =$ tuotos, k-m <sup>3</sup> /t		
$R =$ korrelaatiokerroin		

Puun keskikoolla on tuotokseen nähden selvä vaikutus: mitä suurempia puita vinsataan sitä parempaan tuotokseen päästään. Havainnollisemman käsityksen antanee kuva 15, jossa on esitetty tuotoksen riippuvuus rungon keski-koosta, kun puuston tiheydelle on annettu arvot 800, 1700 ja 2600 runkoa/ha ja käytävän leveydelle tässä tutkimuksessa esiintyneet 35 ja 50 dm. Puun keskikoon merkitys onkin varsin ymmärrettävä, koska esijuontomenetelmän kiinnitys- ja irrotusvaiheissa puita käsitellään yksitellen.

Puuston tiheydellä on tuotosta pienentävä vaikutus. Tämä johtuu pääasiassa kiinnittämisen hidastumisesta kun puut jouduttiin kaatamaan osittain päällekkäin. Viiden metrin levyisillä käytävillä päästään keskimäärin n. 0.25 k-m<sup>3</sup> parempiin tuotoksiin kuin 3.5 metrin käytävillä.

Keskimääräisen käytäväleveyden oltua tutkimuksessa 4.25 m, puuston tiheyden 1586 runkoa/ha ja puuden keskikoon 83 dm<sup>3</sup> saadaan vinssaustuotokseksi esitetyn yhtälön mukaan 3.76 k-m<sup>3</sup>/t.

Jos sijoitetaan käytäväharvennuksesta saatuun yhtälöön rivi-harvennuksessa esiintyneet muuttujien keskiarvot saadaan käytäväharvennuksen tuotokseksi 1.29 k-m<sup>3</sup>/t, kun vastaava



Kuva 15. Vinsstatun puumäärän mukaiset tuotokset puiden keskikoon, puuston tiheyden ja käytävän leveyden funktiona.

Figure 15. Outputs according to the number of trees winched as a function of the average tree size, density of growing stock and strip width.

tuotoksien keskiarvo riveillä oli  $2.08 \text{ k-m}^3$  (hajonta  $\pm 0.2 \text{ k-m}^3$ ). Vinssaustuotos on siis tämän mukaan riveillä parempi kuin käytävillä.

442. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaatava puumäärä

Suunnattua kaatoa hyväksikäyttäen voidaan vinsattavaa puumäärää pienentää. Kun puiden keskipituus oli tässä aineistossa 15–16 m, voidaan sanoa, että ainakin 10 metriä jokaisen käytävän alussa on sellaista aluetta, jolta vinsasta ei tarvitse suorittaa. Tällä alueella oleva puumäärä on riippuvainen puiden keskikoon, käytävän leveydestä ja puuston tiheydestä seuraavan yhtälön mukaan:

R	Selvitys-
0.53	aste
	28.0 %

$$y = -0.230 + 0.00000025x_1x_2x_3$$

$x_1 = \text{puiden keskikoko } \text{dm}^3$   
 $x_2 = \text{puuston tiheys runkoa/ha}$   
 $x_3 = \text{käytävän leveys dm}$   
 $y = \text{suunnatulla kaadolla tien varteen kaadettu puumäärä, k-m}^3$   
 $R = \text{korrelaatiokerroin}$

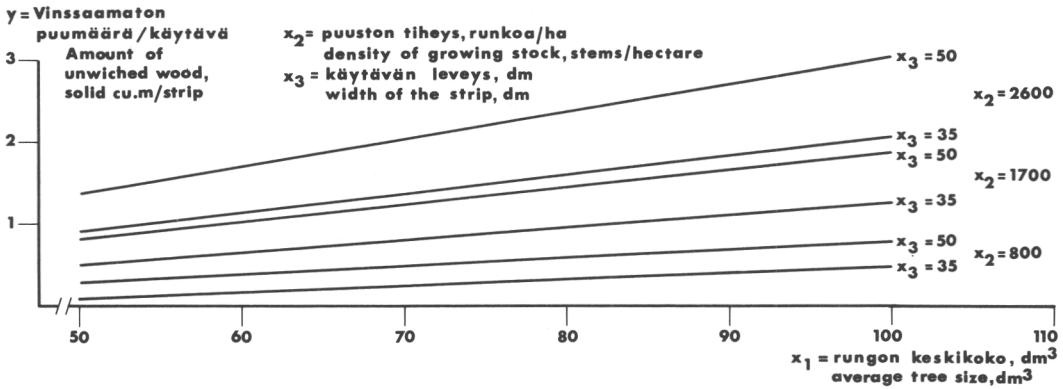
Kuva 16 esittää vinsaamattoman puumäärän riippuvuutta puun keskikoon puuston tiheyden ja käytävän leveys saavat eri arvoja. Käytävän leveyden vaikutus puumäärään on sitä voimakkaampi mitä tiheämpi on puusto ja mitä suurempi on puiden keskikoko. Tämä onkin luonnollista, koska käytävän leveys edustaa tavallaan pinta-alaa, jolta puut kaadetaan ja puuston tiheyden ja puiden keskikoon tulo taas merkitsee samaa kuin puustoisuuden tunnuksena usein käytetty suure  $\text{k-m}^3/\text{ha}$ .

Suunnatun kaadon keskimääräinen "tuotoslisä" oli tässä tutkimuksessa n.  $1.15 \text{ k-m}^3/\text{käytävä}$  ja  $0.41 \text{ k-m}^3/\text{rivi}$  (hajonta  $\pm 0.35$ ). Ero johtuu lähinnä puuston pienuudesta riviharvennusalueella.

443. Kokonaistuotos

Kun tarkastellaan esijuonnon kokonaistuotosta, on todellisen vinsaustuotoksen lisäksi otettava huomioon myös suunnatun kaadon ansiosta kunkin käytävän suulle palsta- tai autotien varteen jatkokäsittelyä varten saatu puumäärä. Niinikään on otettava huomioon puut,





Kuva 16. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaadettu puumäärä puiden keskikoon, puuston tiheyden ja käytävän leveyden funktiona.  
 Figure 16. Amount of wood falling at the entrance of the strip by directed felling as a function of the average tree size, density of growing stock and strip width.

jotka saadaan tielinjalta, mikäli uuden palstatiin raivaaminen maastoon on käytäväharvennuksen suorittamiseksi tarpeen.

Kun suunnattu kaato otetaan laskelmissa huomioon edellä esitetyn yhtälön mukaan, mutta tielinjan puita ei, saadaan esijuonnon tuotokseksi käytävillä keskimäärin  $4.110 \text{ k-m}^3/\text{t}$ , mikä merkitsee 6.5 tunnin työpäivänä n.  $32 \text{ k-m}^3$ :n tuotosta. 5 metrin levyisillä käytävillä päästiin jonkin verran parempiin tuotoksiin kuin 3.5 metrin käytävillä. Riveillä keskimääräinen tuotos oli  $2.48 \text{ k-m}^3/\text{t}$ . Tasoittamalla käytävien tuotokset vastaamaan rivien muuttujien keskiarvoa tuotos käytävillä oli  $1.98 \text{ k-m}^3/\text{t}$ . Käytävän pituudella ja keskimääräisellä juontomatalla ei näyttänyt olevan juuri vaikutusta tuotoksiin. Tämä johtunee siitä, että kaiken kaikkiaan olivat esijuonossa eniten aikaa vievät työvaiheet kiinnitys ja irrotus, joihin vaikuttavat tekijät samalla muodostuivat ratkaiseviksi myös tuotoksien kannalta. Lisäksi käytävän leveys korreloi verraten voimakkaasti käytävän pituuden kanssa, joten käytävän pituuden aiheuttama varianssi lienee osittain häipynyt käytävän leveyden aiheuttamaan.

Vintturilla suoritettavaa esijuontoa ovat aikaisemmin tutkineet ALA-HEIKKILÄ ja RUOSTE (1970) sekä RYSÄ (1969). Ala-Heikkilän ja Ruosteen tutkimus koskee karsitujen paperipuurunkojen ja rankojen esijuontoa talvijolosuhteissa. Käytetty vinssausmenetelmä oli niissä samantapainen kuin käsillä olevassa

tutkimuksessa. Harvennus suoritettiin tavallisen alaharvennuksena, ja rungot vinssattiin hajaltaan tai vinssausurilta palstatiin varteen. Esijuonnon suoritti kahden miehen työryhmä ja kalustona tutkimuksessa oli puoliteloilta varustettu maataloustraktori sekä 1-rumpuinen FARMI-juontovinski.

RYSÄ (1969) on tutkinut paperipuuden esijuontoa radiovintturilla hakkuumiehen kasamina juontotaakkoina palstatiin varteen.

ALA-HEIKKILÄN ja RUOSTEEN selvityksessä vaihtelevat tuotokset  $3.4\text{--}6.9 \text{ k-m}^3/\text{tehotunti}$ . RYSÄLLÄ ovat vastaavat tuotokset  $3.5\text{--}6.7 \text{ k-m}^3/\text{t}$ .

Tässä tutkimuksessa havaitut tehotuntia kohden lasketut liikutellun puumäärän mukaiset tuotokset käytävillä vaihtelivat  $2.6\text{--}7.9 \text{ k-m}^3/\text{t}$  ja  $3.8\text{--}9.0 \text{ k-m}^3/\text{t}$ , kun suunnatun kaadon vaikutus on keskimääräisenä otettu huomioon. Vinssattujen puiden keskikoko vaihteli jokseenkin samoissa rajoissa kuin edellä mainituissa vertailututkimuksissa. Voidaankin todeta, että tässä tutkimuksessa on päästy jonkin verran parempiin tuotoksiin kuin vertailun kohteina olevissa Rysän ja Ala-Heikkilän ja Ruosteen tutkimuksissa.

SAMSETIN ja BJAANESIN (1969) tutkimuksessa, jossa traktori peruutti käytävälle ja lastaus tapahtui vintturilla laahuskuormaksi, tuotokset riviharvennusta vastaavalla puun koolla oli keskimäärin vain  $1.02 \text{ m}^3/\text{tunti}$ , mutta mainituissa tutkimuksissa keskijuontomatka oli 120 m ja juontotyön suoritti yksi mies.

## 45. Kustannusvertailua

HAAPAMÄEN (1969) mukaan ovat muutuvat käyttötuntikustannukset traktorille ja lisälaitteille mies mukaanlukien 9.68 mk/tunti. HAAPAMÄEN esittämällä perusteilla voidaan 3 vuoden kuoletusajalle laskea 3000 mk lisävarusteiden (vintturin hinta oli n. 2100 mk) korko- ja kuoletuskustannuksiksi 1200 käyttötunnin jälkeen n. 2.50 mk/tunti. Katetuottoajatteluun perustuen, jolloin traktorin kuoletusta ei oteta huomioon, voidaan käytetyn kaluston ja 2 miehen tuntikustannukseksi laskea 16 mk/tunti (1). Tällöin miehen tuntipalkka on sosiaalikuljettajaksi HAAPAMÄEN esittämä 4 mk.

Pitkän tähtäyksen suunnittelussa ei kannattavuutta voine laskea katetuottoajattelun tai vallitsevan käytännön epävarmoin perustein, vaan myös traktorin kuoletus lienee otettava huomioon. Toiseksi laskentaperusteeksi onkin otettu 20 mk/tunti (2) kustannus kahdelle miehelle ja tutkimuksessa käytetylle kalustolle.

Kuvassa 17 on esijuontokustannus kiinto-kuutiometriä kohti esitetty työntuotoksen funktiona edellä mainittuja kustannuslukuja käyttäen. Ottamalla laskentaperusteeksi 0.1 k-m<sup>3</sup> rungon koko, joka vastannee keskimääräistä harvennuspuuta ja 1200 puuta hehtaa-

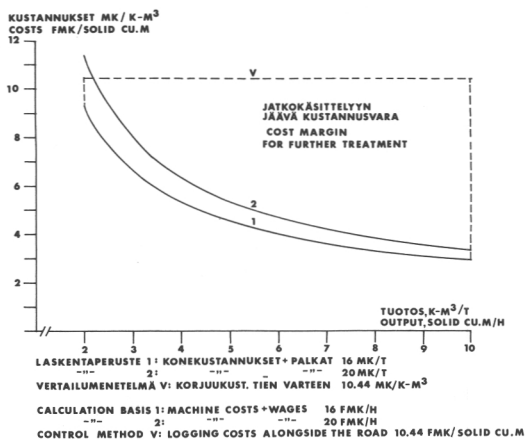
rilla tiheys, päästään 5 m käytävillä 5.59 k-m<sup>3</sup>/käyttötunti ja 3.5 m käytävillä 5.02 k-m<sup>3</sup>/käyttötunti tuotoksiin. Luvut vastaavat 5 metrin käytävillä 2.86 mk/k-m<sup>3</sup> (1) ja 3.58 mk/k-m<sup>3</sup> (2) kustannuksia sekä 3.5 metrin käytävillä 3.19 mk/k-m<sup>3</sup> (1) ja 3.99 mk/k-m<sup>3</sup> (2) kustannuksia laskentaperusteesta riippuen.

Vinssauksen ansiosta välttyään tekomiehen suorittamalta kasaukselta ja karsinta- ja katkenta voidaan suorittaa koneellisesti tai korvata haketuksella. Koska vinssausetäisyys saattaa maastosta riippuen olla yli 100 metriä on mahdollista edullisissa tapauksissa välttyä myös muulta metsäkuljetukselta ja vinssata puut suoraan autotien varteen.

Oheisena suoritetaan taulukossa 4 kustannusvertailu käytetyn menetelmän ja teon palstatien varteen välillä. Tällöin ajatellaan puutavara valmistettavaksi noin 3 metriseksi ja tynkä karsituksi vähintään 0.4 k-m<sup>3</sup> kasoihin palstatievälin ollessa 20–30 m. Jatkokuljetus ajatellaan suoritettavaksi metsätraktorilla. Tekomiehen suorittama kaato on sosiaalikuljettajaksi vuoden 1969 työvaihetaksan mukaan hinnoiteltu 0.90 mk:ksi/k-m<sup>3</sup> ja tutkimuksessa menetelmässä siihen on lisätty 50 % latvan katkaisulisää. Karsinta on samoin perustein hinnoiteltu 4 000 mk:ksi/k-m<sup>3</sup>, 3:ssa oksaisuus- ja toisessa pituusluokassa katkenta 0.76 mk:ksi/k-m<sup>3</sup> ja kasaus 1.75 mk:ksi/k-m<sup>3</sup>.

Metsäkuljetus on hinnoiteltu vuoden 1969 ohjemaksujen mukaan seuraavin perustein: Kuljetusmatka alle 100 metriä, maastoluokka II, tiheysluokka 1, tuore tavara. Taulukossa 4 on laskettu kustannukset tutkitulle menetelmälle 3.5 käytävillä kahta laskentaperustetta käyttäen, jotka on esitetty aikaisemmin tässä luvussa. Koska vinssausmatka edullisissa olosuhteissa saattaa olla yli 100 metriä, voidaan puut määrätapauksissa vinssata suoraan autotien varteen. Tästä syystä laskelmissa tutkitun menetelmän kustannukset on laskettu ilman muuta metsäkuljetusta, mutta metsäkuljetuskustannus on otettu mukaan suluissa oleviin lukuihin.

Puiden käsittelyä suorittavan koneen täytyisi laskelman mukaan käsitellä esijuonnetut puut 5.89 mk/illa/kpm<sup>3</sup> (5.09 mk/illa/k-m<sup>3</sup>), jotta tutkittu menetelmä yhdistettynä puiden koneelliseen jatkokäsittelyyn olisi vertailumenetelmän kanssa kilpailukykyinen. Kuvassa 17 on esitetty graafisesti kuinka suuri ”kustannusvara” jää vertailumenetelmään nähden eri vins-



Kuva 17. Esijuontokustannusten riippuvuus tuotoksesta sekä vertailu miehen suorittaman palstatien varteen hakuun kustannuksiin.

Figure 17. Dependence of the costs of preliminary skidding on output, and comparison with the costs of felling by a logger alongside the strip road.

saustuotoksilla (kaato hinnoiteltu kuten taulukossa 4 nähdään).

Alle 0.1 k-m<sup>3</sup> kokoisten puiden käsittelyssä voidaan nykyisillä sarjavalmisteisilla karsija-katkojakoneilla tuskin päästä edes 10 k-m<sup>3</sup>:n tuntituotoksiin, joten jatkokäsittelyn kustannukset monitoimikoneella muodostuvat suuremmiksi kuin taulukon 4 mukaiset kustannusvarat (5.89 ja 5.09 mk). Mikäli pystytään kehittämään erikoisesti harvennuspuun korjuuseen soveltuva monitoimikone tai kokopuu hakkuri, joka käsittelee pienikokoista puuta esimerkiksi nippuina, voi puiden jatkokäsittely tulla niin halvaksi, että esijuonto vintturilla ja puiden jatkokäsittely monitoimikoneella käytäväharvennuksen

yhteydessä muodostuu edullisemmaksi kuin hakkuumiehen suorittama perinteellinen palstatienvarteen hakkuu. Ennen kuin tällainen kone on kehitetty, voivat käsitykset esijuonnon tarpeellisuudesta ja sen suorittamistavoista täysin muuttua. Tällä hetkellä käytettävissä olevin jatkokäsittelyvaihtoehto ei kokonaisten puiden esijuonto vintturilla kuitenkaan ole erityisen kannattavaa.

Esijuonnon kustannukset tässä tutkimuksessa laskettuna vaihtoehdon (1) mukaan olivat 2.86–3.19 mk/k-m<sup>3</sup>. RYSÄN (1969) tutkimuksessa, jossa esijuonto suoritettiin radioohjatulla vintturilla, vaihtelivat kustannukset 1.70–3.60 mk/k-m<sup>3</sup>. ALA-HEIKKILÄN ja

Taulukko 4. Kustannusvertailu tutkitun menetelmän ja teon palstatienvarteen (tynkäkarsittu n. 3 m välillä).

Table 4. Comparison between the costs of the method studied and felling by a logger alongside the striproad (rough limbed ca. 3 m).

Työvaihe Work phases	Tutkittu menetelmä Method studied		Vertailu- menetelmä Control method
	Laskenta- peruste Calculation basis (1)	Laskenta- peruste Calculation basis (2)	
	Kustannus mk/k-m <sup>3</sup> Costs Fmk/cu.m.		
Kaato Felling	1.35	1.35	0.90
Karsinta Limbing	—	—	4.00
Katkonta Cross cutting	—	—	0.76
Kasaus Bunching	—	—	1.75
Vinssaus <sup>1)</sup> Winching	3.20	4.00	—
Metsäkuljetus Forest haulage	(3.03)	(3.03)	3.03
Yhteensä Total	4.55 (7.58)	5.35 (8.38)	10.44
Puiden jatkokäsittelyyn jäävä "kustannusvara" "Cost margin" for further treatment	C – A 5.89 (2.89)	C – B 5.09 (2.06)	

Suluissa olevat luvut merkitsevät tapauksia, jossa puita ei voida vinssata autotien varteen.

The numbers in parentheses are marking the case that winching to the motorroad is not possible.

1) Tuotokseksi oletettu 5.0 k-m<sup>3</sup>/käyttötunti — Hypothesis: Output 5.0 solid cu.m./hour.

RUOSTEEN (1970) tutkimuksessa esijuonnosta talviolosuhteissa olivat kustannukset selvästi edellisiä suuremmat (2.96–5.94 mk/k-m<sup>3</sup>). Todettakoon, että edellä mainitut vertailututkimukset eivät koskeneet kokopuiden vaan runkojen ja rankojen vinssausta.

Kaikkia esitettyjä kustannuksia täytyy kuitenkin pitää korkeina. Kustannusten alentamiseksi voitaisiin ajatella nyt tutkitussa esijuonto-

menetelmässä käytettäväksi radio-ohjattua vintturia. Tuotokset jäisivät ilmeisesti jonkin verran alhaisemmiksi, mutta mikäli esijuonnon pysyisi suorittamaan yksi mies, alentuisivat lopulliset kustannukset melkoisesti. Toisaalta on radio-ohjatun vintturin käytössä otettava huomioon tapaturmanvaara sekä se tosiasia, että toistaiseksi on radio-ohjauslaitteiden toimintavarmuus ollut heikokko.

## 5. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää harvennuspuun koneellista siirtämistä maataloustraktori-sovitteisella vintturilla. Puut juonnettiin kokonaisina palsttien varteen kasoihin, joista monitoimikone tai kokopuuhaakuri voi suorittaa niiden jatkokäsittelyn. Tutkimuksessa käytettiin mahdollisimman pitkää vinssausmatkaa. Näin puut pyrittiin vinssaamaan edullisessa tapauksessa suoraan autotien varteen. Harvennusmenetelmänä olivat käytävä- ja riviharvennus. Käytävien leveydet olivat 3.5 ja 5 metriä ja riveistä poistettiin joka kolmas (istutusväli 2 m).

Alustavien kokeiden yhteydessä kehitettiin yhdessä valmistajan kanssa prototyyppi-vintturia, pyrittiin löytämään paras työmenetelmä sekä harjaannutettiin miehet työhön. Tuotokokeet suoritettiin maastoltaan tasaaisessa leimikon osassa. Tärkeimmät puusto- ja vinssauskustannukset on esitelty taulukoissa 1 ja 2. Työajan menekkiin ja tuotokseen vaikuttavat tekijät selvitettiin valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa soveltaen, käyttäen hyväksi muuttujien valinnassa pääkomponenttianalyysiä. Näin pyrittiin mahdollisimman korreloimattomiin muuttujiin ja täten helpottamaan tulosten tulkintaa ja parantamaan mallien ennustearvoa.

Parhaaksi työmenetelmäksi osottautui menetelmä 4 (kuva 2 ja 8). Siinä taakka kiinnitettiin vajeriin tehdyillä lenkeillä senjälkeen, kun puiden latvat oli katkaistu ja karsittu. Keskimäärin taakassa oli kuusi puuta. Palautusrummun käyttö oli ajanmenekin kannalta edullista yli 55 m pituisilla käytävillä edellyttäen, että yhdellä palautusvajerin asennuksella vinssattiin kaksi käytävää.

Tutkimuksen aikana tehtiin vintturiin seuraavat korjaukset: Tukijalat pidennettiin, jotta nivelakseli saatiin suoraan ja niiden vastinpinnat levitettiin ja tehtiin tapaturmavaaran vuoksi

vain sisäänpäin leveneviksi (kuva 5). Palautusrummun välitystä nopeutettiin ja rumpujen jarut tehtiin helposti ja nopeasti säädettäväksi (käsin palautus helpottui) (kuva 6). Jotta puut eivät painuisi vintturin alle, se varustettiin pus-kulevällä, ja vetopistettä korotettiin, koska puut eivät muuten nousseet aikaisemmin vinsattujen päälle (kuva 7). Vetoketjun kiristäjä muutettiin helposti säädettäväksi (kuva 6). Kiinnitysaisojen liitokset vahvistettiin (kuva 5, nuoli).

Vintturin hydraulikytkin ja sähkökaapeli-ohjaus toimivat luotettavasti, mutta sähkökaapeli-ohjaus ei kalleutensa vuoksi vastanne tarkoitustaan kyseisessä työssä. Vajerin murtumisen estämiseksi kiinnitettiin vetovajeriin paksumpi jatke, johon puut kiinnitettiin (kuva 8). Liitokohta edellytti taittopyörien levitystä. Vetovoima (4000 kp) ei missään vaiheessa muodostunut työtä rajoittavaksi tekijäksi, vaan veto-vajerin kestävyys.

Työajan jakaantuminen käytäväharvennuksessa on esitetty asetelmassa 2. Siitä nähdään, että kiinnitys ja irrotus ovat vieneet 67 % tehoajasta. Keskeytykset on jaoteltu ryhmiin asetelmassa 1. Tehotyöajan menekki eri työvaiheissa on esitetty niihin vaikuttaneiden tekijöiden funktiona regressioyhtälöinä luvussa 43 käytäväharvennuksen osalta. Yhtälöitä on havainnollistettu kuvissa 9–14. Pienestä aineistosta johtuen ei riviharvennuksessa esitetty em. riippuvuuksia.

Esijuonnon tuotokset vaihtelivat käytäväharvennuksessa 3.1–9.7 k-m<sup>3</sup>/t ja riviharvennuksessa 2.1–3.4 k-m<sup>3</sup>/ha. Tällöin on laskettu mukaan myös se puumäärä, joka saatiin kasatuksi käytävien suulle pelkästään suunnattua kaatoa hyväksi käyttäen. Kun suunnatun kaadon osuus jätetään pois, vaihtelivat tuotokset

käytävillä 2.1–6.3 k-m<sup>3</sup>/t ja riveillä 1.9–2.2 k-m<sup>3</sup>/t. Riviharvennuksen pienempi tuotos johdetaan lähinnä pienemmästä rungon koosta riviharvennusalueella.

Luvussa 441 on esitetty todella vinssatun puumäärän mukainen tuotos siihen merkitsevästi vaikuttaneiden tekijöiden funktiona ja riippuvuuksia on havainnollistettu kuvassa 15. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaatunut puumäärä on esitetty samalla tavalla luvussa 442.

Tasoittamalla käytävien tuotokset vastaamaan riviharvennuksen muuttujien keskiarvoja tuotos käytävillä oli 1.98 k-m<sup>3</sup>/t kun taas riveillä tuotosten keskiarvo oli 2.48 k-m<sup>3</sup>/t. Vinsausuotosto riviharvennuksessa siis näyttää olevan suurempi kuin käytäväharvennuksessa.

Luvussa 43 on suoritettu kustannusvertailua siten, että on laskettu vertailumenetelmäksi taksojen mukainen tekokustannus palstatienvarteen n. 3 metrisenä tynkäkarsittuna ja likipituisena kuitupuuna ja siitä metsätraktorikuljetus välivarastoon. Vähentämällä esijuonto- ja kaatokustannus vertailumenetelmästä on saatu ”kustannusvara”, jolla puiden jatkokäsittelyn ja mahdollisen metsäkuljetuksen olisi tapah-

duttava, jotta tutkittu menetelmä olisi kilpailukykyinen vertailumenetelmän kanssa (kuva 17). Esijuontokustannus on laskettu kahdella tavalla: ns. katetuottoajattelun pohjalta, jolloin traktorin kuoletusta ei ole laskettu mukaan (1) ja laskien myös traktorille kuoletusta (2). Keskimääräislukuja käyttäen ”kustannusvaraksi” jää 3.5 m:n käytävillä 2.06–5.89 mk/k-m<sup>3</sup> riippuen laskentaperusteesta ja siitä voidaanko puut vinssata suoraan autotien varteen.

Tutkittu työmenetelmä on miestyövaltainen (n. 0.05–0.06 miestyöpäivää/k-m<sup>3</sup>) verrattuna esim. miehen suorittamaan kasaukseen tai metsätraktorikuljetukseen, ja erityisesti vajerin vetäminen on raskasta työtä. Tosin miestyövaltaisuuutta voitaneen vähentää radio-ohjatun vintturin käytöllä.

Kasatut puut voitaisiin käsitellä monitoimikoneella (ja mahd. oksahakkurilla) tai kokopuuhakkurilla. Pienen rungon koon vuoksi koneella tulee olla suuri käsittelynopeus tai sen on käsiteltävä puut nippuina. Edelleen sen on pystyttävä työskentelemään ahtaalla palstatiellä ja mieluummin käsittelemään tiehen nähden poikkisuunnassa olevia puita.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- Ajouran varresta kourakasoista tapahtuvan pino-  
tavarankuljetuksen ohjemaksut Etelä-Suo-  
messä. Palkkausalue 3 ja 4. 1. 2. 1970 al-  
kaen.
- ALA-HEIKKILÄ, E. ja RUOSTE, T. 1970. Kokeita harvennuspuun esikasauksesta maataloustraktorisoivitteisilla juontovarusteilla. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- HAAPAMÄKI, A. ja HAATAJA, P. 1969. Tutkimus eräistä maataloustraktorin käyttöön perustuvista puunkorjuumenetelmistä väljen-  
nyshakkuussa. Työtehoseuran julkaisuja n:o 137. Helsinki.
- HAATAJA, P. 1965. Kolmen miehen puunkorjuumenetelmä maataloustraktorin vintturilla juonnettaessa. Työtehoseuran julkaisuja n:o 108. Helsinki.
- HAKKARAINEN, A. E. 1969. Harvennusmet-  
sien puunkorjuun erityisongelmia. Metsälehti 46. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1970. The effect of winter conditions on the preparation of rough-  
limbed spruce pulpwood of approximate length. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 71.4. Helsinki.
- KAHALA, M. ja SALMINEN, J. 1968. Paperipuiden runkoina korjuu harvennusleimikois-  
sa. Metsätehon tiedotus 272. Helsinki.
- KANTOLA, M. 1964. Maataloustraktorin vintturin varassa suoritettavaan juontoon perustuva yhden miehen puunkorjuumenetelmä. Työtehoseuran julkaisuja n:o 103. Pienpuu-  
alan Toimikunnan Julkaisuja n:o 163. Hel-  
sinki.
- MATTILA, S. 1968. Tilastotiede II. Kauppa-  
korkeakoulu. Helsinki.
- MÄKELÄ, J. 1968. Puunkorjuun tuottavuuteen vaikuttavat tekijät maatilametsätalou-  
dessa. Työtehoseuran julkaisuja 124. Hel-  
sinki.
- PUTKISTO, K. 1953. Tutkimuksia puutavaran vedestä nostosta. Metsätehon julkaisu 30. Helsinki.
- RYSÄ, M. 1969. Tutkimus paperipuurunkojen esijuonnosta harvennushakkuualalla. Metsäteknologian laudaturtyö.
- SAMSET, I. ja BJAANES, H. 1969. Full tree strip thinning. Thinning and Mechanisation, IUFRO Meeting. Stockholm.
- SJUNNESSON, S. 1968. Några synpunkter på den tekniska utvecklingen. Ska vi gallra?. Stockholm.
- Työvaiheittaiset hakkuupalkat. Palkkausalue 4. 11. 4.—31. 12. 1969.

- No 45 Pentti Koivisto: Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat.  
Birch resources in Forestry Board Districts of Etelä- and Pohjois-Karjala, Itä-, Etelä- and Pohjois-Savo and Keski-Suomi. 2,—
- No 46 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta 1967 ja ennuste vuodelle 1968.  
Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968. 3,—
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.  
Forest Statistics of Finland 1950—67. 4,—
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskuluks.  
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates. 2,50
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.  
Forest balance of Finland in 1953—66. 2,—
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran tasaus.  
On the trimming allowance and trimming. 2,—
- No 51 Teuri J. Salminen: Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.  
On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark. 2,—
- No 52 Olli Makkonen: Paperipuiden piteuden vaikutuksesta runkojen hyväksikäyttöön minimiläpimitan ollessa 5 cm.  
On the influence of the length of pulpwood bolts on the degree of utilization of tree stems when the minimum diameter is 5 cm. 2,—
- No 53 Simo Poso, Christian Keil and Tapani Honkanen: Comparison of film-scale combinations in examining some stand characteristics from aerial photographs.  
Eri filmi-mittakaavayhdistelmät eräiden metsikkötunnusten ilmakuvatulkinnessa. 2,50
- No 54 Pertti Veckman: Suomen piensahat vuosina 1965 ja 1967.  
Small sawmills in Finland in 1965 and 1967. 2,50
- No 55 Kimmo Paarlahti ja Kalevi Karsisto: Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa.  
On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. 1,50
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.  
The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutiomistaulukoista.  
Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahdi ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.  
Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.  
Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteen esiintymisestä Lapissa.  
Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.  
Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.  
A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätilastollinen vuosikirja 1968.  
Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja piteuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.  
Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.  
On the extraction of stumps and roots. 1,50

- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa. Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levityssajankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteen aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä. Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa. On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksessa. On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimonyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla. Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests. pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kanto hinnat hakkuuvuonna 1968—69. Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,00
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kytökorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet. Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50
- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuiden fenotyypissä valinnassa sovellettuja valinnan asteita. Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees. 1,50
- No 84 Kari Keipi ja Otto Kekkonen: Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. 2,—
- No 85 S.—E. Appelroth — Pertti Harstela: Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka, kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutuskoneet Heger ja LMD-1 istutettaessa kuusta peltoon. Studies on afforestation work I. The use of semi-circular hoe, the field spade, plant basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. 3,—
- No 86 Pertti Veckman: Metsäalan toimihenkilöiden koulutustarve 1970-luvulla. Educational requirements of professional forestry staff in the 1970s. 4,—
- No 87 Michael Jones and David Cope: Economics Research in the Finnish Forest Research Institute, 1969—1974. 4,—
- No 88 Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Kullervo Kuusela ja Veikko O. Mäkinen: Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. 6,—
- No 89 Risto Sarvas: Establishment and registration of seed orchards. 2,—
- No 90 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968—70. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1968—70. 5,—
- No 91 Pertti Harstela ja Teemu Ruoste: Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittäely sekä tuotoskoikeita. Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning. 2,50
- No 92 Pentti Hakkila ja Pentti Rikkonen: Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Spruce saw logs as raw material of pulp. 1,50

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121  
Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirkjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää