

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology
2/1979

AINESPUUN KORJUU SUOMESSA

SUMMARY:

HARVESTING OF INDUSTRIAL WOOD IN FINLAND

MARKKU MÄKELÄ

Mäkelä, M. 1979. Ainespuun korjuu Suomessa.

Abstract: Harvesting of industrial wood in Finland

Selvityksessä esitetään perustietoutta Suomen metsätaloudesta, erityisesti puunkäytöstä ja -korjuusta. Ihmistyövaltainen hakkuu, koneellinen kasaus, puutavaran teko monitoimikoneella sekä metsäkuljetus käsitellään tarkimmin lähinnä kerättyjen tilastotietojen pohjalta. Monitoimikoneista esitetään prosessorit, harvesterit, kaato-kasauskoneet ja kaato-juontokoneet, metsäkuljetuksesta kuormatraktori- ja laahustraktorikuljetus. Lopuksi esitellään viimeaikainen kehitys ainespuun korjuussa Suomessa.

Basic information on Finnish forestry, especially the utilisation and harvesting of wood is presented. Labour-intensive cutting, mechanised bunching, preparation of timber by multipurpose logging machines, and forest haulage are the topics discussed in greatest detail mainly on the basis of statistical data. The multipurpose logging machines described are processors, harvesters, felling-bunching and felling-skidding machines; the forest haulage units are forwarders and skidder haulage machines. Finally, recent development in the harvesting of industrial wood in Finland is discussed.

SISÄLLYS

	Sivu
1. PUUNKORJUULOLOT JA -MENETELMÄT	4
11. Yleistä	4
12. Teollisuuden puunkäyttö	5
13. Hakkuumäärät ja työvoima	6
14. Korjuutekniset olosuhteet	10
15. Kaukokuljetus	15
2. PUUNKORJUUMENETELMÄT JA NIIDEN TUOTTAVUUS	18
21. Aineisto	18
Tuotostaso	18
Aikajaotelma	19
22. Miestyövaltainen hakkuu	21
Yleistä	21
Tuotokset	23
23. Koneellinen kasaus	25
24. Puutavaran teko monitoimikoneella	26
Yleistä	26
Proessorit	27
Korjuuolosuhteet	28
Ajankäyttö	29
Tuotokset	30
Päätelmiä	36
Harvesterit	37
Yleistä	37
Pika 75 harvesteri	38
Lokomo 961 S harvesteri	40
Päätelmiä	40
Kaato-kasauskoneet	42
Kaato-juontokoneet	43
25. Metsäkuljetus	45
Yleistä	45
Kuljetus kuormatraktorilla	47
Yleistä	47
Tuotokset	49
Päätelmiä	52

Kuljetus laahustraktorilla	53
Yleistä	53
Tuotokset	54
Päätelmiä	55
3. VIIMEAIKAINEN KEHITYS AINESPUUN KORJUUSSA	56
31. Ihmistyövaltainen hakkuu	56
32. Esikasaus	57
33. Monitoimikoneet	58
34. Metsäkuljetus	60
SUMMARY	61
KIRJALLISUUS	65

1. PUUNKORJUUOLOLOT JA -MENETELMÄT

11. Yleistä

Suomen valtakunnan pinta-ala on 33,7 Mha, josta vesistöjä on 3,2 Mha eli 9 %. Maapinta-alasta on metsämaata 65 %, joutomaata (sisältäen kitumaan) 23 %, maatalousmaata 10 % sekä rakennettua alaa, teitä yms. 2 % (Metsätilastollinen... 1977).

Metsissä on kuorellista runkopuuta 1 520 Mm³. Tästä on maan eteläpuoliskossa 70 % ja pohjoispuoliskossa 30 %. Kokonaisrunkopuumäärästä on mäntyä 45 %, kuusta 37 %, koivua 16 % sekä leppää ja haapaa yhteensä 2 % (Metsätilastollinen... 1977).

Koko maassa on keskimääräinen puumäärä metsämaahehtaarilla 71 m³. Maan eteläpuoliskossa se on mäntyvaltaisissa metsissä 73 m³/ha, kuusivaltaisissa 110 m³/ha ja lehtipuuvaltaisissa 85 m³/ha, kun vastaavat määrät maan pohjoispuoliskossa ovat 47 m³/ha, 73 m³/ha ja 39 m³/ha (Metsätilastollinen... 1977).

Suurin osa metsistä on yksityisten henkilöiden omistuksessa. Kaikesta metsäpinta-alasta omistavat yksityiset henkilöt 65 %, valtio 24 %, osakeyhtiöt 7 % sekä kunnat, seurakunnat ja muut yhteisöt loput 4 %. Yksityisten omistajien osuus puuston kuorellisesta kuutiomäärästä ja vuotuisesta kasvusta on vieläkin suurempi, lähinnä valtion osuuden kustannuksella. Tämä johtuu siitä, että valtion omistamat metsät sijaitsevat

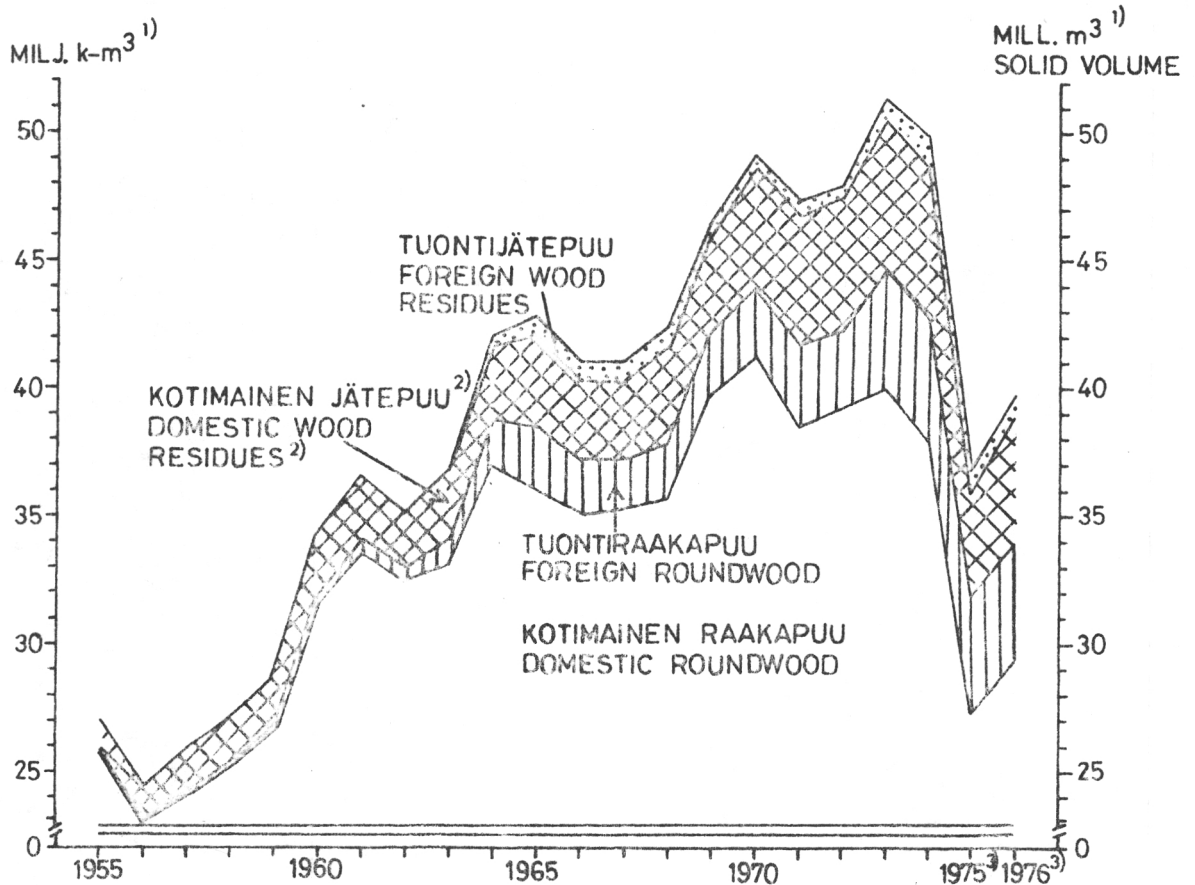
suurimmaksi osaksi Pohjois-Suomessa, jossa sekä pinta-alakoh-
taiset puumäärät että vuotuiset kasvut ovat huomattavasti
valtakunnan keskiarvoja pienempiä.

12. Teollisuuden puunkäyttö

Suomen metsäteollisuus käytti vuosina 1970-75 ainespuuta
keskimäärin 47 Mm³ vuodessa. Puunkäyttö oli vuonna 1973
suurin 51 Mm³ ja vuonna 1975 pienin 37 Mm³. Kuvassa 1 on
esitetty teollisuuden ainespuun käyttö vuosina 1955-76 (Metsä-
tilastollinen... 1977). Metsäteollisuuden käyttämä ainespuun
määrä on jakautunut teollisuuslajeittain seuraavasti:

	Ainespuun käyttö vuosina 1970-75		
	Mm ³ /vuosi	%	vaihteluväli, %
Sahateollisuus	16,1	34	30 - 36
Lastulevyteollisuus	0,9	2	1 - 3
Kuitulevyteollisuus	0,6	1	1 - 1
Vaneriteollisuus	2,0	4	3 - 5
Puumassateollisuus	27,1	58	56 - 62
Muu teollisuus	0,3	1	0 - 1
Yhteensä	47,0	100	

Suurin puunkäyttäjä Suomessa on puumassateollisuus, joka
käyttää yli puolet kokonaismäärästä. Toinen merkittävä
käyttäjä on sahateteollisuus runsaalla kolmanneksella kokonais-
määrästä. Muiden teollisuuslajien yhteinen käyttömäärä on
keskimäärin 8 %.



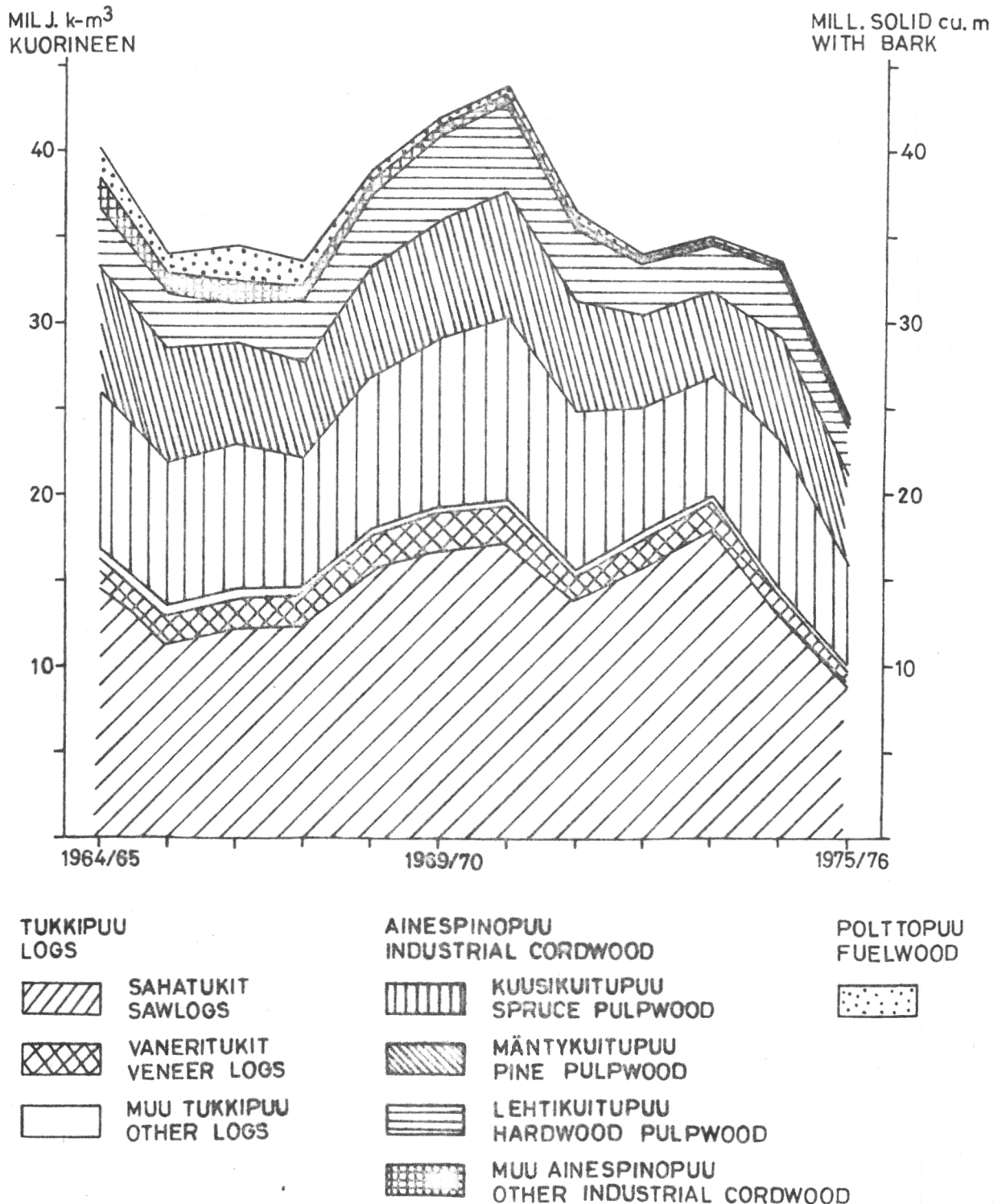
Kuva 1. Teollisuuden ainespuun käyttö vuosina 1955-76.
Figure 1. Consumption of industrial wood by industries in 1955-76.

- 1) Raakapuumäärät ovat kuorellista mittaa. Jätepuu on siinä kuoriasteessa, jossa se on tullut käyttöön - Roundwood quantities include bark. The proportion of bark included in wood residues is unknown and dependent on its source.
- 2) Kotimainen jätepuu on osa teollisuuden käyttämästä koti- ja ulkomaisesta raakapuusta - Domestic wood residues are part of domestic and foreign roundwood used by industries.
- 3) Ennakkoarvio - Preliminary estimate.

13. Hakkuumäärät ja työvoima

Suomessa korjataan vuosittain markkinahakkuissa noin 35 - 45 Mm³ kuorellista puutavaraa (kuva 2). Viime vuosina on määrä tosin pienentynyt maailmanlaajuisesta lamasta johtuen. Siksi esimerkiksi käytetään hankintavuosia 1973/74 ja -74/75 eli viimeisiä jokseenkin normaaleja vuosia.

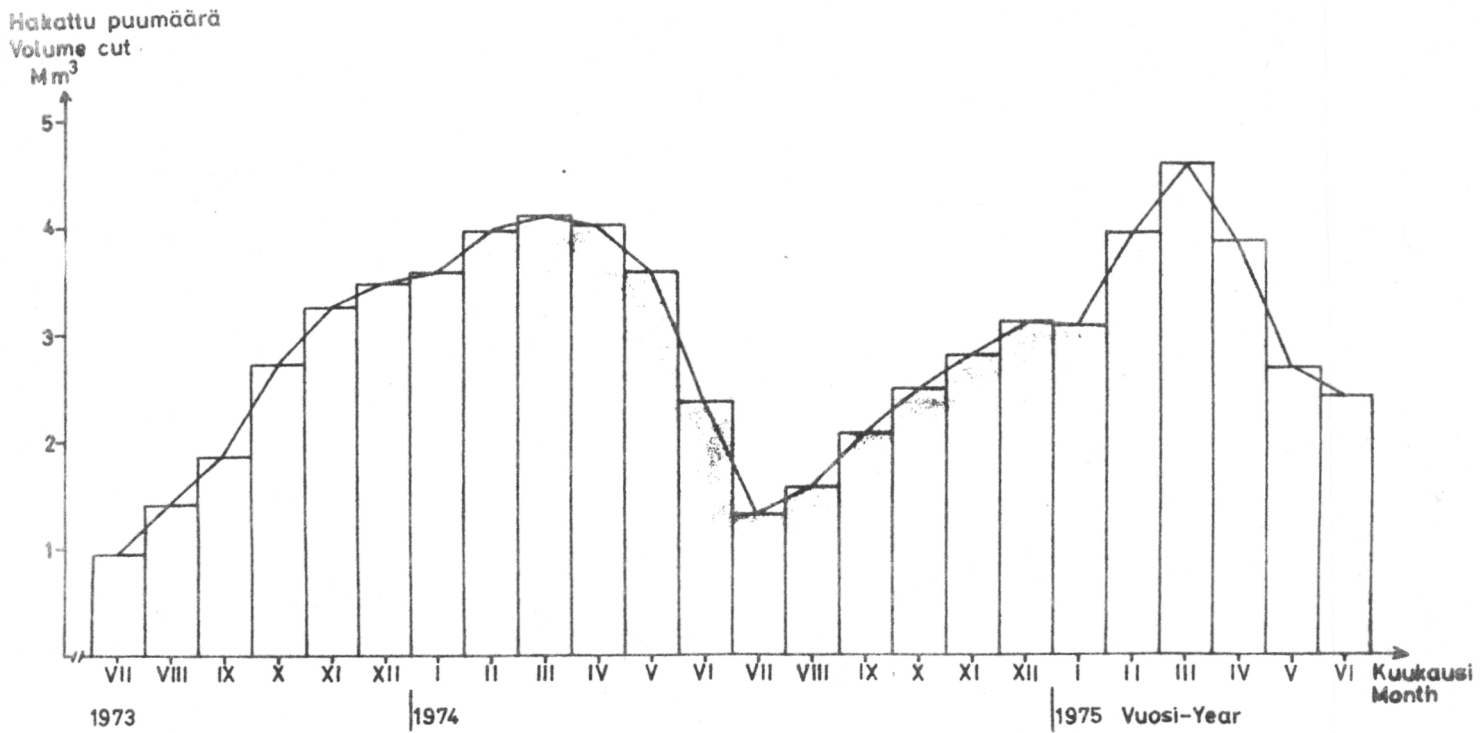
Hankintavuotena 1974/75 oli pysty- ja hankintakaupoista sekä yhtiöiden omista metsistä hakattu puumäärä 34 Mm³. Tästä oli havutukkien osuus noin 40 %, vaneritukkien 3 %, havukuitupuun 44 %, lehtikuitupuun 12 % sekä muun ainespinopuun ja polttopuun osuus vajaa 1 % (Metsätilastollinen... 1977).



Kuva 2. Markkinahakkuut yhteensä pystykaupoista ja omista metsistä sekä hankintakaupoista hakkuuvuosina 1964/65 - 1975/76.
Figure 2. Commercial fellings in the cutting seasons 1964/65 - 1975/76. Total from stumpage sales and own forests as well as delivery sales.

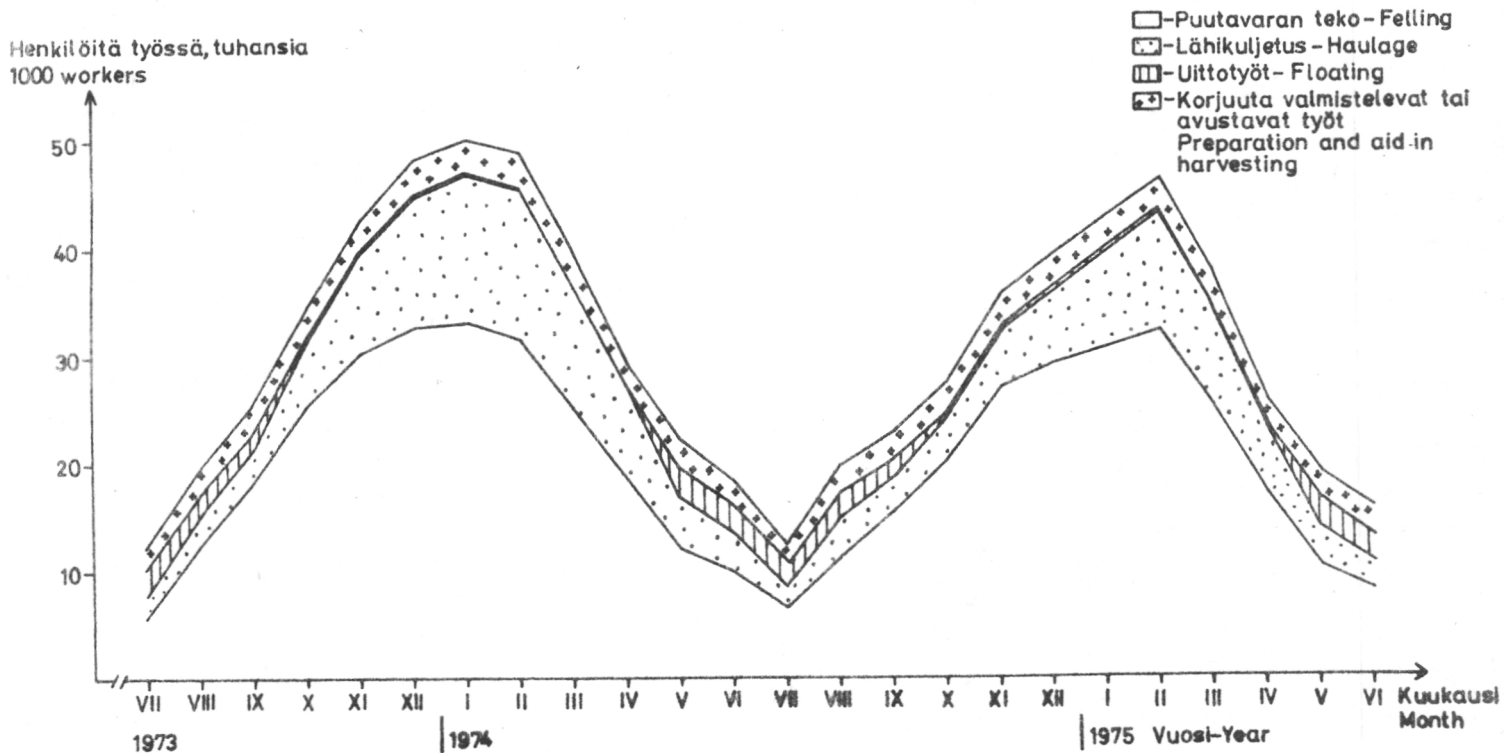
Kuukausittainen hakkuumäärän vaihtelu hankintavuoden aikana on ollut varsin suurta ja säännöllistä (kuva 3). Hakkuumäärät ovat olleet suurimmillaan alku- ja kevättalvella ja pienimmillään kesäaikana (Metsätilastollinen... 1977). Hakkuumäärät perustuvat pystykauppojen ja omien metsien hakkuun osalta palkanmaksua varten suoritettuun tekomittaukseen. Hankintakauppojen määrät perustuvat puolestaan raakapuun vastaanottomittaukseen. Hankintakauppojen osalta on siis hakkuumäärien tilastoinnissa hieman viivettä.

Puutavaran korjuutyövoiman vakinaistamisen ja jatkuvan työllistämisen kannalta tulisi kuukausittaisten hakkuumäärien olla mahdollisimman tasaisia. Koska näin ei ole, aiheuttaa tämä suurta määrävaihtelua korjuutyövoimassa. Metsänhoitotyöt tosin tasaavat työvoiman käyttöä melkoisesti sulan maan aikana. Kuvassa 4 on esitetty hankintavuosien 1973/74 ja -74/75 markkinahakkuissa (hakkuu ja lähikuljetus) ollut työvoima kuukausittain (Metsätilastollinen... 1976). Hakkuumäärä- ja korjuutyövoimakäyrien 1-2 kuukauden vaihe-ero johtuu viiveestä korjatun puumäärän tilastoinnissa.



Kuva 3. Pystykauppojen, omien metsien hakkuiden ja hankinta-
kauppojen puumäärät.

Fig. 3. Commercial fellings from stumpage sales, own forest
and delivery sales.

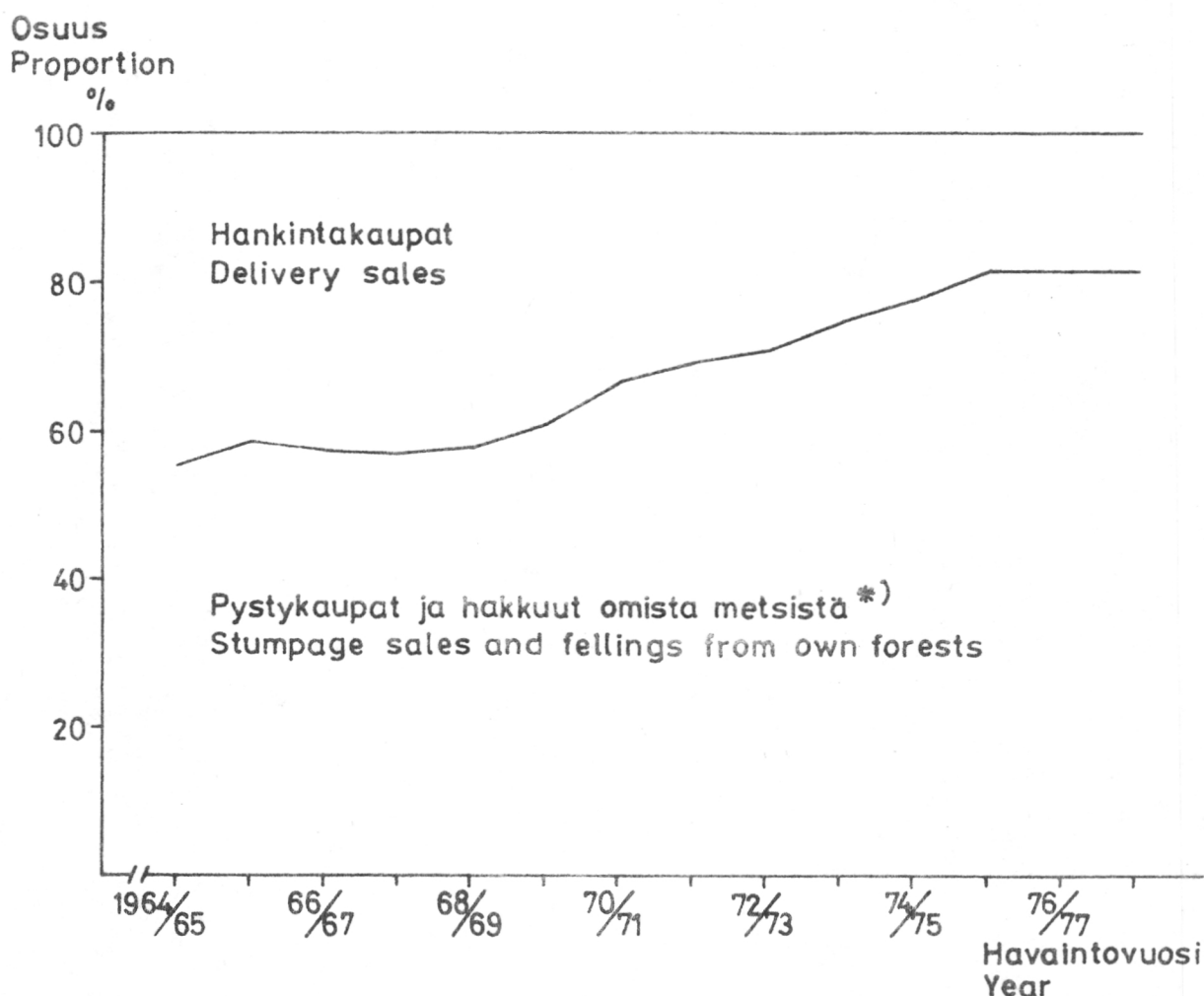


Kuva 4. Työvoima markkinahakkuissa.

Fig. 4. Labours force in commercial fellings.

14. Korjuutekniset olosuhteet

Kauppataivan perusteella voidaan tehdä jako pysty- ja hankinta-kauppoihin. Pystykauppoihin sisällytetään tässä kohdassa myös hakkuut yhtiöiden omista metsistä sekä metsähallituksen valtionmetsistä hankintakaupoin myymät ja hakkaamat puumäärät. Pystykauppojen osuus oli hankintavuosina 1964/65 - 68/69 lähes vakio eli noin 55-60 % kokonaishakkuumäärästä. Tämän jälkeen osuus on noussut tasaisesti, asettuen hankintavuoden 1974/75 jälkeen noin 80 % tasolle (Metsätilastollinen... 1977, RUMPUNEN 1978) (kuva 5).



*) Sisältää metsähallituksen valtionmetsistä hankintakaupoin myymät ja hakkaattamat määrät.

Kuva 5. Markkinahakkuiden puumäärän jakautuminen kauppataivan mukaan.

Fig. 5. Commercial fellings according to sale type.

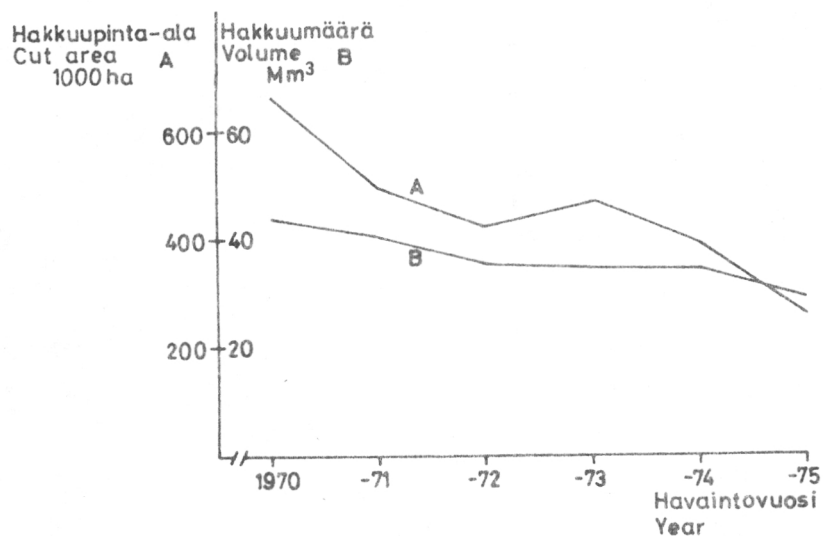
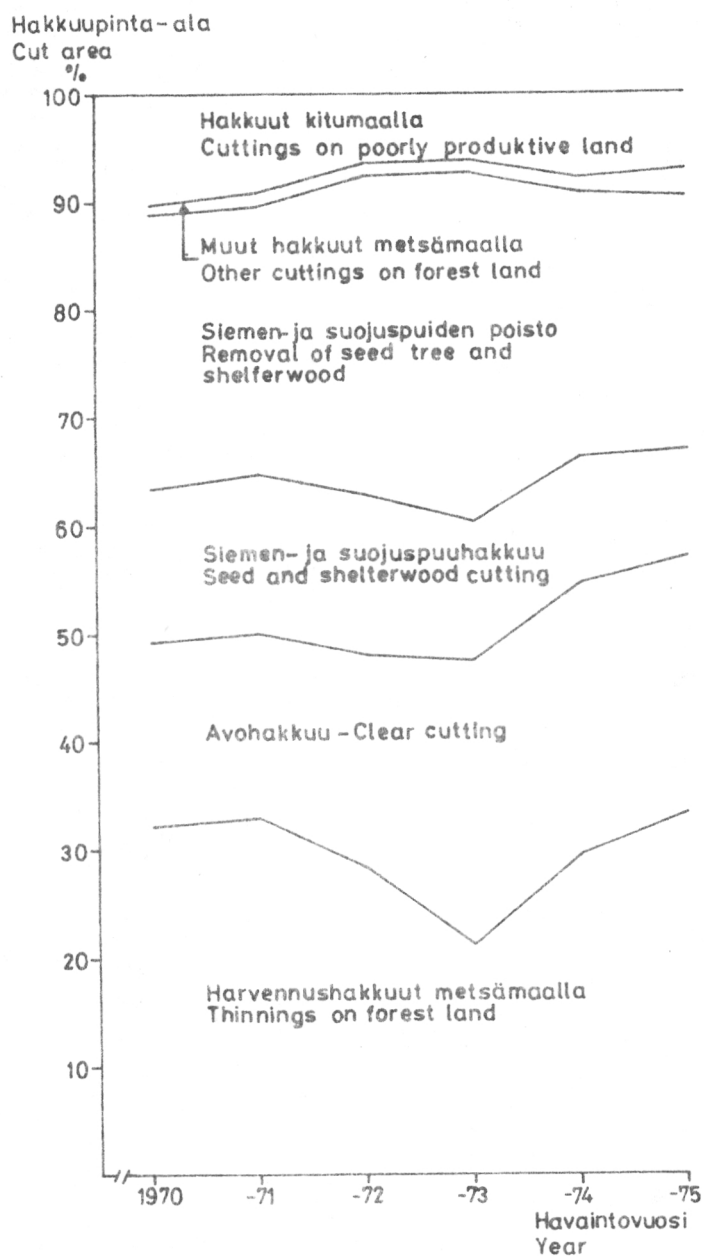
Hakkuut voidaan jakaa uudistus- ja kasvatushakkuisiin. Uudistushakkuilla tarkoitetaan tässä avohakkuita sekä siemen- ja suojuspuuasentoon hakkuita. Kasvatushakkuisiin kuuluvat puolestaan harvennushakkuut, väljennyshakkuut sekä siemen-, suojus- ja muiden ylispuiden poisto.

Hankintavuonna 1976/77 hakattiin Suomessa uudistushakkuissa 64 % ja kasvatushakkuissa 36 % metsäteollisuusyritysten ja metsähallituksen hakkaamasta puutavarasta. Aiempi kehitys on ollut seuraava (SAVOLAINEN 1972, 1974, RUMPUNEN 1978).

	Osuus puumäärästä, %		
	1971/72	-73/74	-76/77
Uudistushakkuut	56	62	64
Kasvatushakkuut	44	38	36

Hakkuutapojen pinta-alajakaumaa on tarkasteltu kuvassa 6. Aineistona on kaikki metsäteollisuusyritysten ja valtion hakkuualat sekä yksityismetsien kaupallisten hakkuiden kokonaismäärästä noin 80 % (Metsätilastollinen... 1971, 1972, 1974a, 1974b, 1976, 1977).

Hakkuupinta-alan perusteella oli vuosina 1970-75 harvennushakkuu yleisin hakkuutapa. Avohakkuun osuus on hieman lisääntynyt lähinnä siemen- ja suojuspuuhakkuun kustannuksella. Muiden hakkuutapojen osuudet ovat pysyneet suhteellisen vakioina.



Kuva 6. Eri hakkuutavoin käsitellyt pinta-alat vuosina 1970-75.

Fig. 6. Size of areas cut in different ways during period 1970-75.

Keskimääräiset pinta-alakohtaiset prosentit olivat uudistushakkuilla 35-44 % ja kasvatushakkuilla 56-65 % harkinnanvaraisten hakkuutapojen sijoituksesta riippuen.

Kuvan 6 alaosassa on esitetty kokonaishakkuupinta-alan kehitys vuosina 1970-75 (käyrä A). Hakkuupinta-alan käyrä seuraa hakkuumäärän kehitystä (käyrä B), tosin pinta-alan pienentyminen on prosentuaalisesti suurempaa kuin hakkuumäärän pienentyminen. Tämä johtunee joko avohakkuun lisääntymisestä tai pinta-alakohtaisen hakkuumäärän kasvusta.

Leimikoiden kokojakauma ja sen kehitys metsäteollisuusyritysten ja metsähallituksen hakkuussa on esitetty seuraavassa asetelmassa (SAVOLAINEN 1970, 1972, 1974, RUMPUNEN 1978).

Leimikon koko, m ³	Hankintavuosi			
	1969/70	-71/72	-73/74	-76/77
	% hakatusta puumäärästä			
1... 100	8	8	7	4
101... 300	22	19	24	32
301... 500	19	19	20	
501...1000	16	18	18	19
1001+	35	36	31	45
Yhteensä	100	100	100	100

Leimikoiden kokojakaumassa ei näytä tapahtuneen oleellisia muutoksia vuosina 1969-74. Tällöin noin 70 % hakkuumäärästä on tullut yli 300 m³:n leimikoilta ja noin puolet yli 500 m³:n

leimikoilta. Hankintavuonna 1976-77 on isojen leimikoiden osuus kasvanut. Tämä johtunee metsäteollisuusyritysten hakkuiden vähentymisestä, jolloin metsähallituksen Pohjois-Suomessa olleiden suurten leimikoiden vaikutus tuli selvemmin esiin.

Leimikoiden keskimääräinen, puumäärillä painotettu tiheys oli hankintavuonna 1976-77 kaikissa hakkuissa noin 100 m³/ha. Uudistushakkuissa tiheys oli noin 120 m³/ha ja kasvatushakkuissa 60 m³/ha (RUMPUNEN 1978).

Eri hakkuumenetelmien suhteelliset osuudet hakatusta puumäärästä ovat olleet seuraavat. Aineisto käsittää metsäteollisuusyhtiöiden sekä metsähallituksen hakkuut (SAVOLAINEN 1967, 1968, 1970, 1972, 1974).

Hakkuumenetelmä	Hankintavuosi				
	1966/67	-67/68	-69/70	-71/72	-73/74
	% puumäärästä				
Ihmistyövaltaiset menetelmät:					
- tavanomainen tavara-	90	90	90	82	77
lajimenetelmä					
- uudet tavaralajimenetelmät				11	18
- tavanomainen runko-	10	10	10	5	2
menetelmä					
- uudet runkomenetelmät				1	1
- puumenetelmä	0	0	0	0	0
Monitoimikonemenetelmä	0	0	0	1	2
Yhteensä	100	100	100	100	100

Hankintavuoden 1976/77 hakkuumenetelmätiedot on luokiteltu edellisestä poiketen perinteisiin ja kehittyneisiin miestyövaltaisiin hakkuumenetelmiin, sekä monitoimikoneilla korjattuun puutavaraan (RUMPUNEN 1978). Perinteisiin miestyövaltaisiin hakkuumenetelmiin luettiin tavanomainen tavaralaji- ja runkomenetelmä. Niiden osuus oli 60 % hakkuumäärästä. Kehittyneisiin miestyövaltaisiin hakkuumenetelmiin luettiin uudet tavaralaji- ja runkomenetelmät, jotka poikkeavat perinteisistä menetelmistä lähinnä tynkäkarsinnan ja/tai silmävaraisen katkonnan osalta. Niiden osuus oli 34 %. Monitoimikoneilla korjattiin hankintavuonna 1976/77 6 % hakkuumäärästä.

Vallitseva matalasuhdanne on ehkä eniten vaikuttanut monitoimikoneilla korjatun puutavaran osuuteen, sillä hakkuumäärien pienentyessä ovat useat metsäteollisuusyritykset seisottaneet omia monitoimikoneitaan vakinaisen hakkuutyövoiman työllisyyden turvaamiseksi.

15. Kaukokuljetus

Koska tässä selvityksessä ei käsitellä lähemmin kaukokuljetusta, on paikallaan esittää muutamia sitä koskevia tietoja (Metsätilastollinen... 1971, 1972, 1974a, 1974b, 1976, 1977).

Kuvassa 7 on esitetty metsäteollisuusyhtiöiden, raakapuun kaukokuljetuksissa perille toimitetut kuljetustavoittaiset osuudet vuosina 1970-75. Autolla tapahtunut kaukokuljetus on ollut selvästi yleisin. Sen osuus on ollut keskimäärin

58 % ja varsin vakio. Seuraavaksi suurin osuus oli vesitse kuljetetulla puutavaralla, tarkastelukautena keskimäärin 27 %. Vesitse kuljetetun puun osuudessa on 1970-luvun alkupuolella tapahtunut pienenä vähentymistä. Rautateitse on kuljetettu keskimäärin 13 % puutavarasta. Rautateitse kuljetetun puumäärän osuudessa on puolestaan tapahtunut selvää nousua. Traktorilla kuljetettiin tehtaille 1970-luvun alkupuolella keskimäärin 2 % kaikesta puusta. Sen osuus on laskenut selvästi viime vuosien aikana.

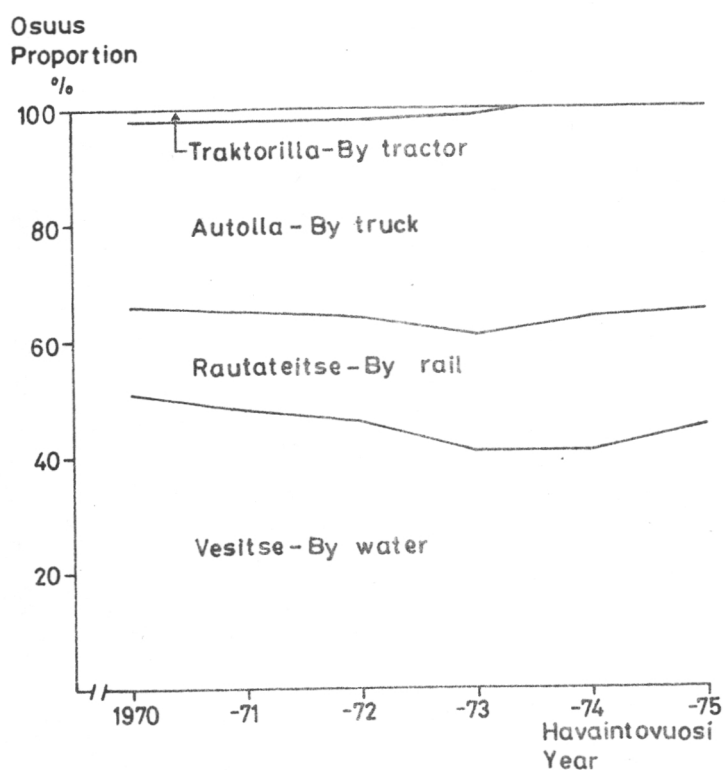
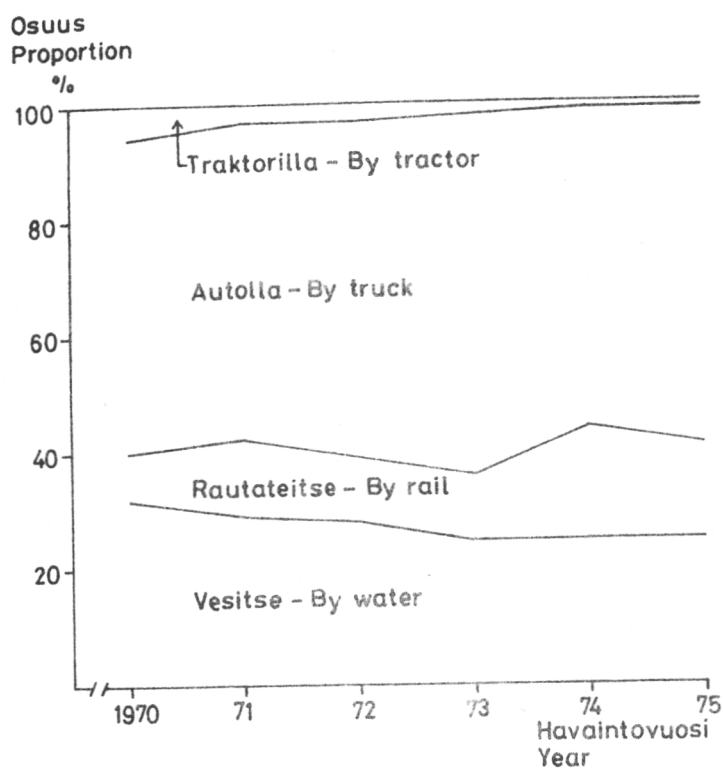
Kuljetussuorite saadaan kertomalla kuljetettu puumäärä kuljetusmatkalla. Kuljetussuoritteiden kuljetustavoittaiset osuudet metsäteollisuusyhtiöiden raakapuun kaukokuljetuksissa vuosina 1970-75 on esitetty kuvassa 8.

Vesitse tapahtuvan raakapuun kaukokuljetuksen kuljetussuoritteiden osuus on ollut suurin, keskimäärin 45 %. Osuudessa on tapahtunut lievää laskua tarkastelukautena. Seuraavaksi suurin kuljetussuorite on ollut autokuljetuksella, keskimäärin 35 %. Sen osuus on ollut varsin vakio. Rautatiekuljetuksen kuljetussuorite oli keskimäärin 19 %. Sen osuus on hieman kasvanut vuoden 1970 jälkeen. Traktorin kuljetussuoritteiden osuus on pienentynyt tarkasteluaikana alle 1 %:iin.

Erot perille toimitettujen raakapuumäärien ja kuljetussuoritteiden suhteellisissa osuuksissa eri kaukokuljetustavoilla johtuvat kuljetustapojen erilaisista keskikuljetusmatkoista.

Kuva 7. Metsäteollisuusyhtiöille yhtiöiden omasta ja myyjien toimesta vuosina 1970-75 perille toimitettujen raaka-puumäärien kuljetustavoittaiset osuudet.

Fig. 7. Quantities of roundwood delivered at destination by forest industries and by sellers in 1970-75.



Kuva 8. Kuljetussuoritteiden määräosuudet metsäteollisuusyhtiöiden raakapuun kaukokuljetuksissa vuosina 1970-75.

Fig. 8. Volume of roundwood transportation over long-distances by forest industries in 1970-75.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty vuotuiset keskilähtömatkat eri kuljetustavoilla vuosina 1970-75.

Kuljetustapa	Keskikuljetusmatka vuosina 1970-75, km	
	\bar{x}	Vaihteluväli
Traktorilla	17	13 - 23
Autolla	66	60 - 72
Rautateitse	186	140 - 237
Vesitse	213	192 - 243

2. PUUNKORJUUMENETELMÄT JA NIIDEN TUOTTAVUUS

21. Aineisto

Tuotostaso

Tuotostaso voidaan esittää aikatutkimustuotosten tai tilastotuotosten perusteella. Aikatutkimuksissa saadaan tietty tuotos tutkitulle koneelle kyseisissä olosuhteissa tutkitulla kuljettajalla. Laajoista aikatutkimuksista on lisäksi lasketavissa tarkasti erilaisten tekijöiden vaikutus tuotoksiin tutkimusolosuhteissa.

Tilastotuotokset edustavat lähinnä käytännössä toteutuvaa keskimääräistä tuotostasoa. Niistä ei yleensä selviä helposti eri tekijöiden vaikutus tuotoksiin, koska tilastoista saatavat tiedot ovat jo yleensä muuttujien keskiarvoja. Sen sijaan

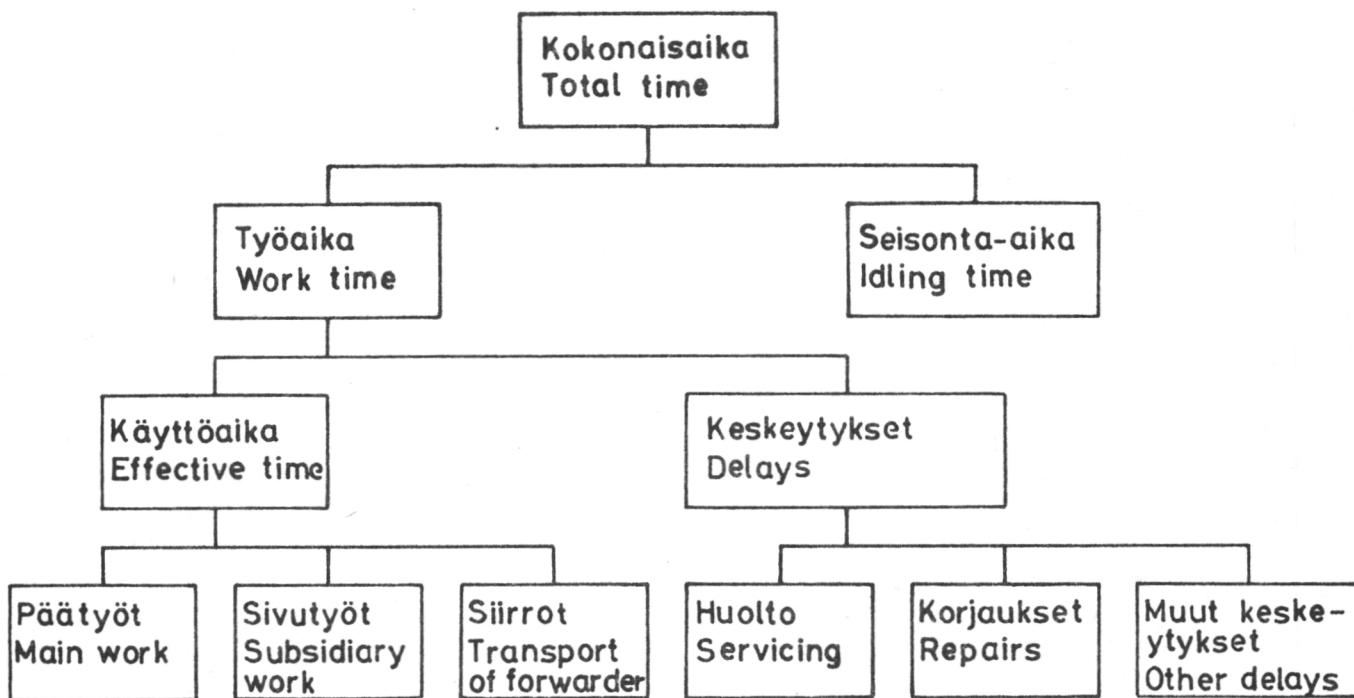
tilastoista on saatavissa keskimääräinen tuotostaso edellyttäen, että aikahavainnot on tehty luotettavasti.

Koska tässä selvityksessä pyritään käytännössä esiintyviin tuotoksiin, on ne koottu tilastotiedoista silloin kun se on vain ollut mahdollista. Tilastojen keräystavasta johtuen ovat tiedot aina hieman vanhentuneita. Tässä selvityksessä ne vastaavat lähinnä vuosien 1974-76 tasoa. Toisaalta puunkorjuussa ei ole viime vuosina tapahtunut mitään sellaista muutosta, mikä olisi olennaisesti muuttanut tuotostasoa. Toisaalta on tunnettua, että jopa samoja koneita käytettäessä tuottavuus jatkuvasti paranee (esim. LAITINEN 1978).

Esitettävien tilastotuotosten hankinta ja käsittely sekä tulosten vertailu vastaaviin aikatutkimuksiin on esitetty yksityiskohtaisesti MÄKELÄN (1978) tutkimuksessa. Koska tämän selvityksen tarkoitus on selkeän kokonaiskuvan antaminen, esitetään tuotokset niiden taustaa ja käsittelyä laajasti selvittämättä.

Aikajaotelma

Tässä selvityksessä on käytetty Pohjoismaissa yleistä koneiden seurannan aikajaotelmaa (kuva 9).



Kuva 9. Selvityksessä käytetty aikajaotelma.
Fig. 9. Division of total time used in study.

- Kokonaisaika on laskentakauden koko aikamäärä.
- Työaika on se osa kokonaisajasta, jolloin koneen kuljettaja on paikalla.
- Seisonta-ajan muodostavat ruokatunnit, yöt, pyhät, lomamat ja ajat, jolloin koneella ei ole työtä.
- Käyttöaika on se osa työajasta, joka käytetään eri työtehtävien suorittamiseen alle 15 minuutin pituiset keskeytykset mukaan luettuina.
- Päätyö on se työtehtävä, joka kulloinkin katsotaan koneen varsinaiseksi työtehtäväksi.

- Sivutöitä ovat esimerkiksi puutavaran kuljetuksen yhteydessä tie- ja muut työt, joita ei haluta tarkemmin eritellä.
- Siirtoihin luetaan työmaalta toiselle tapahtuvat sekä työmaan sisäiset, yli 15 minuuttia kestävät siirrot.
- Keskeytyksiin luetaan yli 15 minuuttia kestävät huoltotyöt, korjaustyöt, jotka voivat myös sisältää varaosien odotusta tai siirron korjaamolle sekä muut keskeytykset.

Kaikki tässä selvityksessä esitettävät konetyötä koskevat tuotokset on laskettu käyttöajan päätyötä eli ns. pääkäyttöaikaa kohti. Miestyövaltaisessa hakkuussa tuotokset on sen sijaan laskettu työ(maa)aikaa kohti.

22. Miestyövaltainen hakkuu

Yleistä

Eri karsintatapojen yleisyydet Suomessa ovat olleet seuraavat metsäteollisuusyhtiöiden ja metsähallituksen työmailla (SAVOLAINEN 1972, 1974, RUMPUNEN 1978):

Karsintatapa	Hankintavuosi		
	1971/72	-73/74	-76/77
	% puumäärästä		
Kirveskarsinta	10	4	-
Moottorisahakarsinta	89	94	94
Koneellinen karsinta	1	2	6
<u>Yhteensä</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>
Käsityövälinein pinnanmyötäisesti	91	86	64
Käsityövälinein vajaakarsintaa käyttäen	9	14	36
Kirves- ja moottorisahakarsinta yhteensä	100	100	100

Yksityismetsien toimitushakkuissa on menetelmien kehittyminen ollut hitaampaa. Hankintavuonna 1974/75 käytettiin karsinnassa pelkästään kirvestä 8 %:lla työmaista, kun vastaava luku kolme vuotta aiemmin oli ollut 15 %. Sekä kirvestä että moottorisahaa käytettiin molempina mainittuina ajankohtina noin puolella hankintahakkuutyömaista (MÄKELÄ 1977).

Kuitupuun pituudet ja katkontatavat hankintavuonna 1976/77 olivat seuraavat metsäteollisuusyritysten ja metsähallituksen työmailla (RUMPUNEN 1978).

Pituus	Osuus puumäärästä, %
2 m, määräpituinen ja noin	56
3 m, - " -	34
4 m, - " -	-
3-6 m, vapaanpituinen	10

Työpäivän pituus miestyövaltaisessa hakkuussa on ollut seuraava.

Ajankohta		Työpäivän pituus,
Vuosi	Vuodenaika	h
1946-52	Talvi	7,4
-"-	Syksy	7,8
1964	Talvi	6,9
1965	Talvi	7,0
1971	Talvi	6,6
-"-	Syksy	7,1
1975	Talvi	6,6

Työpäivään on sisällytetty työskentelyyn ja tähän oleellisesti liittyviin taukoihin päivittäin käytetty aika. Ruokailuun sekä työmaalla ja työmaalta kulkemiseen käytettyä aikaa ei ole laskettu työpäivän pituuteen.

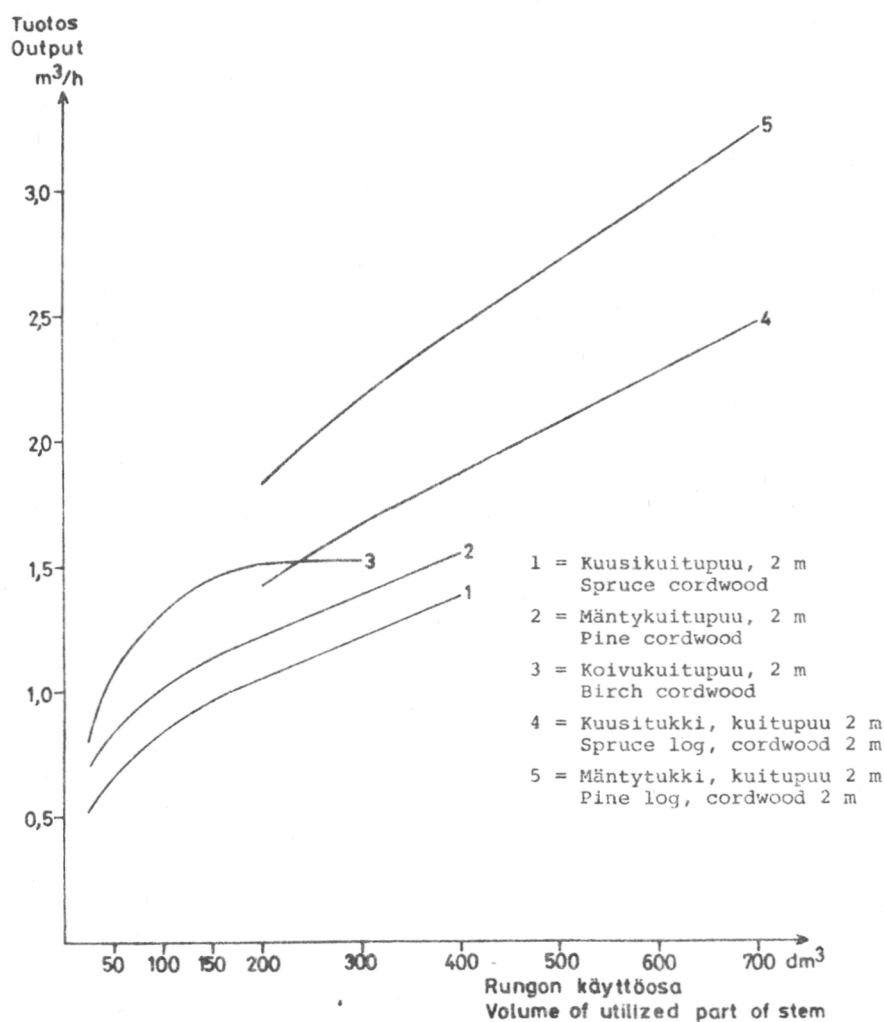
Esitetyt luvut ovat koko maan keskimääräisiä työpäivän pituuksia. Etelä-Suomessa on työpäivän pituus hakuussa ollut yleensä 0,10 - 0,35 h pitempi kuin Pohjois-Suomessa (RYSÄ ja SAVOLAINEN 1972, ESKELINEN ym. 1976).

Tuotokset

Miestyövaltaisen hakkuun keskimääräiset tilastotuotokset talvelta 1975 olivat metsäteollisuusyritysten ja metsähallituksen työmailla seuraavat: Tavanomaisella tavaralajimenetelmällä hakattaessa oli työtuntituotos 0,8 - 1,0 m³/h ja kehittyneillä tavaralajimenetelmillä vastaavasti 1,5 - 1,8 m³/h (ESKELINEN ym. 1976).

Miestyövaltaisen hakkuun tilastotiedoista ei saa selville tuotokseen vaikuttavia tekijöitä, ellei aineisto ole erittäin suuri (ks. VÖRY 1954). Tämä johtuu siitä, että miestyövaltaisessa hakkuussa on mukana kontrolloimaton hakkuumiehen vaikutus. Siksi hakkuutuotokseen vaikuttavat tekijät täytyy selvittää aikatutkimusten avulla.

Tavanomaisella tavaralajimenetelmällä suoritetusta hakkuusta on tehty aikanaan erittäin laaja aikatutkimus (KAHALA 1969). Kuvassa 10 on esitetty sen tuloksena saatu hakkuun tuotoksen riippuvuus rungon käyttöosan suuruudesta. Mitattu keskeytysten osuus (18 %) on mukana tuotoksissa.



Kuva 10. Tavanomaisen tavaralajimenetelmähakkuun tuotokset (KAHALA 1969).

Fig. 10 Output of normal manual shortwood method.

23. Koneellinen kasaus

Suomalaiseen puunkorjuuseen kuuluu usein myös puutavaran koneellinen kasaus. Harvennushakkuissa voivat hakkuumiehet kantaa normaalin kuitupuun ajouran varteen, mutta ylisuuret kuitupuupölkkyt ja tukit on jo kasattava koneellisesti metsäkuljetusajoneuvon ulottuville. Ajouraväliä on tietenkin mahdollista pienentää niin, että kaikkiin puihin ulotutaan ajouralta käsin. Niin pieni ajouraväli aiheuttaa kuitenkin siksi suuria kasvutappioita jäävälle puustolle, ettei se ole käytännössä mahdollinen. Avohakkuualoilla voidaan koneellista kasausta käyttää esimerkiksi huonosti kantavissa paikoissa tai haluttaessa parantaa metsäkuljetusajoneuvon tuotosta.

Koneellinen kasaus voidaan suorittaa vintturilla, pitkäulotteisella kuormaimella tai pientraktorilla. Kun jäljempänä puhutaan kasatusta puumäärästä, tarkoitetaan sillä siirrettyä puumäärää, eikä käsitellyn palstan kokonaispuumäärää.

Vintturilla suoritettavasta kasauksesta on olemassa seuraavia aikatutkimuksiin perustuvia tuotostietoja. Tukkien, ylisuurten kuitupuupölkkyjen ja kuitupuurunkojen vinssaustuotokset ovat vaihdelleet 3 - 10 m³/pääkäyttötunti kasvatushakkuolosuhteissa. Yleisin vinssaustuotos on ollut 7 metrin keskimääräisvinssausetäisyydellä 8 - 9 m³/h. Vastaava tuotos 10 metrin etäisyydellä on ollut 7 - 8 m³/h, 13 metrin etäisyydellä 5 - 6 m³/h ja 16 metrin etäisyydellä 4 - 5 m³/h. Väljennyshakkuiden tukkipuiden vinssauksessa on ELOVAINIO (1972) saanut selvästi edellä

esitettyjä suuremmat tuotokset. Ero selittyy väljennys-
hakkuiden suurella rungonkoolla.

Keskimääräinen metsäkuljetuksen ajouravälin ja vinssaus-
etäisyyden riippuvuus väljennysshakkuissa on ollut seuraava
(ELOVAINIO 1972):

Ajouraväli, m	Vinssausetäisyys, m
20	7
40	10
60	13
80	16

Esikasaukseen soveltuvia pitkälle ulottuvia kuormaimia ovat
ns. liukupuomi- ja teleskooppikuormaimet. Aikatutkimuksissa
on kasaustuotos ollut Normetin teleskooppirakenteista, 15 metriä
ulottuvaa kuormainta käytettäessä 10 metrin etäisyydellä keski-
määrin 13 m³/käyttötunti. Etäisyyden vaihtelu oli tutkimuk-
sessa 8,7 - 10,4 m ja tuotoksen vaihtelu 8,5 - 18,0 m³/h
(TAIPALE 1976). Marttiin liukupuomilla on kasaustuotos ollut
suuruusluokkaa 6 - 10 m³/käyttötunti (HARSTELA ym. 1977).

24. Puutavaran teko monitoimikoneella

Yleistä

Monitoimikone määritellään useampaa kuin yhtä puutavaran tekoon
tai sen lisäksi kuljetukseen kuuluvaa työvaihetta suorittavaksi
puunkorjuukoneeksi. Yhdistettäviä työvaihteita voivat olla kaato,

katkonta, karsinta, kasaus, lajittelu, haketus, kuorinta ja juonto. Suorittamiensa työvaiheiden mukaan monitoimikonetta kutsutaan kaato-kasauskoneeksi, karsima-katkontakoneeksi eli prosessoriksi, kaato-karsinta-katkontakoneeksi eli harveste-riksi jne.

Monitoimikoneita oli Suomessa vuonna 1977 kaikkiaan 118 kappaletta. Näistä oli prosessoreita 79, harvestereita 22, kaatojuontokoneita 10 ja kaato-kasauskoneita 7 (Metsätehon arkisto 1978).

Prosessoreita ja harvestereita on käytetty metsäteollisuusyritysten ja metsähallituksen hakkuissa seuraavasti (SAVOLAINEN 1972, 1974, RUMPUNEN 1978):

Työmenetelmä	Hankintavuosi		
	1971/72	-73/74	-76/77
	% monitoimikoneilla valmistetusta puusta		
- Puulta puulle menetelmä (puita ei ole kasattu)	57	62	92
- Valmistus ajouran varressa (koneellisesti kasatut puut)	7	9	2
- Valmistus välivarastolla	36	29	6
Yhteensä	100	100	100

Prosessorit

Prosessorit luokitellaan yleensä isoihin, keskikokoisiin ja pieniin. Pienet prosessorit käsittelevät yleensä vain yhtä puuta

kerrallaan, isot sen sijaan pystyvät lomittamaan eri käsittelyvaihteita. Pieniä prosessoreina pidetään tässä selvityksessä Pika ja Valmet prosessoreita, keskikokoisena Tvigg prosessoria ja isoina Kockums ja Lokomo-Ösa prosessoreita. Prosessorit (ja harvesterit) voidaan jakaa myös karsimistavan mukaan sykeperiaatteella (jaksottaisesti) ja jatkuvatoimisesti karsiviin koneisiin. Sykeperiaatteella karsivia prosessoreita ovat Pika ja Valmet prosessorit (ei kuitenkaan Valmet 448). Jatkuvatoimisesti karsivia koneita ovat mm. Kockums, Lokomo-Ösa, Tvigg ja Valmet 448 prosessorit.

Suomessa käytössä olleista 79:stä prosessorista oli pieniä 20 kappaletta (38 %), keskikokoisia 9 (11 %) ja isoja 40 (51 %). Sykeperiaatteella karsivia prosessoreita oli 30 kappaletta eli 38 % (Metsätehon arkisto 1978).

Prosesessoritilastoaineisto oli pääosin vuodelta 1975 ja se sisälsi yleisimmät Suomessa käytetyt monitoimikoneet. Aivan uusimpia malleja, kuten Valmet 448:aa ei kuitenkaan ole mukana tilastoaineistojen vähäisyyden vuoksi.

Korjuuolosuhteet

Monitoimikoneiden tilastoaineistossa oli korjattujen leimikoiden keskimääräinen järeys (= kuutiomäärän ja puiden lukumäärän suhde) $0,29 \text{ m}^3$ (keskihajonta $0,14 \text{ m}^3$). Keskimääräinen leimikon tiheys oli 580 runkoa/ha (hajonta 198 runkoa/ha). Leimikon järeyden ja tiheyden välillä vallitsi seuraava riippuvuus:

Järeys, m ³	Tiheys, runkoa/ha
0,20	617
0,30	589
0,40	550
0,50	500

Proessorityömaiden maastoluokka oli metsäkuljetuksen maastoluokitusta käytettäessä keskimäärin 1,6 (hajonta 0,7).

Ajankäyttö

Käyttöaste oli prosessoreilla konemerkitäin 61 - 77 %. Pääkäyttöaika oli 56 - 73 % työajasta. Keskeytysten osuudet työajasta olivat 23 - 39 %. Prosessoreiden merkkikohtainen ajankäyttöjakauma on esitetty taulukossa 1.

Ajankäytössä oli selvä eri urakoitsijoiden ja metsäteollisuusyritysten omistamien koneiden välillä. Keskimääräinen käyttöaste oli urakoitsijoiden koneilla 72 % (hajonta 12 %) ja metsäteollisuusyritysten koneilla 57 % (hajonta 15 %). Keskiarvo oli 66 % (hajonta 15 %). Omistajaryhmittäinen ajankäyttöjakauma selviää seuraavasta asetelmasta.

	Koneen omistaja			
	Urakoitsija		Metsäteollisuusyritys	
	Osuus työajasta, %			
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Käyttöaika	72		57	
- pääkäyttöaika	63	11	52	15
- muu käyttöaika	4	4	5	7
Keskeytykset	28		43	
- korjaus	17	9	23	15
- huolto	8	5	12	7
- muu keskeytys	3	6	8	10
Työaika yhteensä	100		100	

Taulukko 1. Prosessoreiden ajankäyttökajakauma.

Table 1. Breakdown of working time for different makes of processor

	Processorin merkki - Make of processor											
	Pika 50		Pika 52		Valmet		Kockums		Lokomo- Ösa		Tvigge	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Käyttöaika - Effective time	63		65		67		61		66		77	
- pääkäyttöaika main effective time	59	17	62	13	62	10	56	15	59	15	73	11
- muu käyttöaika other effective time	4	4	3	3	5	6	5	7	7	9	4	3
Keskeytykset - Delays	37		35		33		39		34		23	
- korjaus - repairs	22	10	24	12	20	9	20	12	14	11	13	7
- huolto - servicing	8	4	7	5	11	5	11	6	14	9	6	4
- muu keskeytys other delays	7	8	4	6	2	4	8	10	6	9	4	8
Työaika yhteensä Working time, total	100		100		100		100		100		100	

Urakoitsijoiden prosessoreiden parempi käyttöaste on seurausta niiden pienemmästä keskeytysosuudesta. Edellä selostetut ajankäyttötulokset on esitetty sellaisena kun ne on saatu tilastoista. Urakoitsijoiden ja metsäteollisuusyritysten omistamien koneiden ajankäytön kirjaamisessa voi kuitenkin olla eroja, joiden vaikutus on tilastoa käsiteltäessä mahdoton ottaa huomioon. Erisuuruiset käyttöasteet eri omistajaryhmillä eivät vaikuta jäljempänä esitettävien tuotosten suuruuteen, sillä ne on laskettu pääkäyttöaika kohti.

Tuotokset

Tilastoaineistosta laskettiin eri tekijöiden vaikutukset prosessoreiden pääkäyttötuntituotoksiin valikoivalla regressioanalyysillä. Eri konemerkeille saatiin tuotosta (y) selittämään seuraavat yhtälöt:

$$\begin{aligned}
 \text{Pika 50} \quad y &= \overset{***}{24,7}x_1 + \overset{**}{0,41}x_3 - \overset{*}{1,14}x_2 - \overset{*}{1,00}x_4 + 2,4 & ,R^2=0,612 \\
 \text{Pika 52} \quad y &= -\overset{***}{28,0}x_5 - \overset{***}{2,21}x_4 + \overset{***}{49,5}x_1 + \overset{*}{3,47}x_8 - 7,6 & ,R^2=0,465 \\
 \text{Valmet prosessori} \quad y &= -\overset{**}{2,60}x_2 + \overset{***}{6,65}x_4 + 0,000003x_7 + 22,6 & ,R^2=0,415 \\
 \text{Kockums} \quad y &= \overset{***}{41,6}x_1 + \overset{***}{6,56}x_6 - \overset{**}{1,43}x_4 - \overset{**}{7,52}x_8 - 22,1 & ,R^2=0,586 \\
 \text{Lokomo-Ösa} \quad y &= \overset{***}{14,3}x_1 + \overset{***}{4,50}x_2 + \overset{*}{5,65}x_8 + 1,9 & ,R^2=0,256 \\
 \text{Tvigg} \quad y &= \overset{***}{43,8}x_1 + 4,5 & ,R^2=0,410
 \end{aligned}$$

-
- *** = regressiokerroin on tilastollisesti merkitsevä 0,1 % riskillä
 ** = " " " " 1,0 % " "
 * = " " " " 5,0 % " "
 R^2 = yhteiskorrelaatiokertoimen neliö eli selitysaste
 y = tuotos, m^3/h
 x_1 = järeys, m^3
 x_2 = omistaja (urakoitsija = 0, metsäteollisuusyritys = 1)
 x_3 = havaintovuosi (vuosiluvun viimeinen numero, esim. 1975 = 5)
 x_4 = järeyden luonnollinen logaritmi, m^3
 x_5 = järeyden toinen potenssi, m^3
 x_6 = tiheyden luonnollinen logaritmi, runkoa/ha
 x_7 = tiheyden toinen potenssi, runkoa/ha
 x_8 = havaintovuoden luonnollinen logaritmi (ks. x_3)

Leimikon järeys selitti yleensä parhaiten prosessoreiden tuotosta (kuvat 11 ja 12). Leimikon tiheyden, koneen omistajan ja havaintovuoden vaikutuksesta eri konemerkkien tuotoksiin esitetään seuraavassa vain ne, joiden vaikutus oli merkitsevä vähintään 5 % riskillä. Muut tekijät ovat kussakin tarkastelussa vakioita (kuva 13).



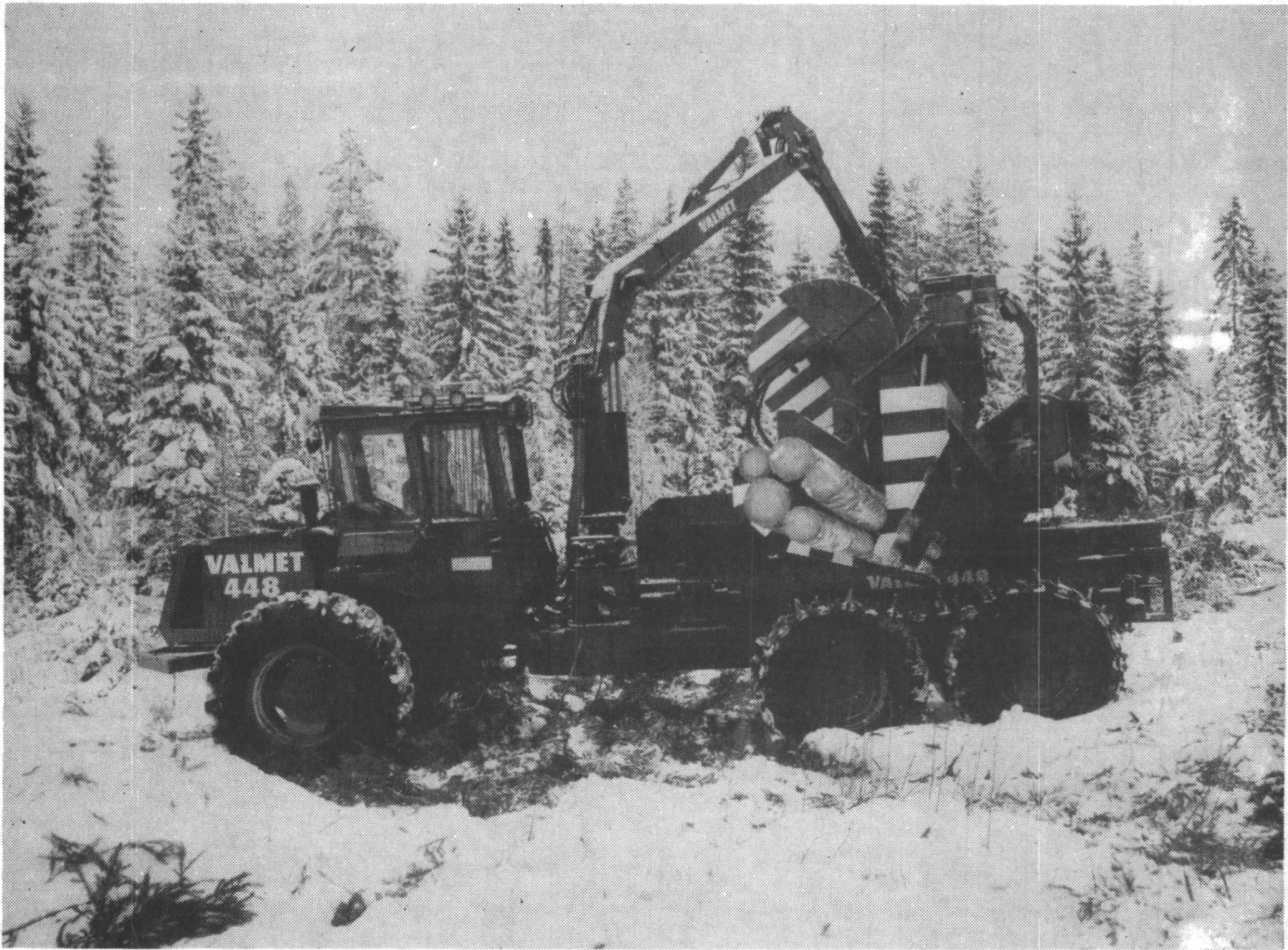
Kuva 11. Normet esikasaussyksikkö (valokuva Orion Yhtymä Oy, Normet).

Fig. 11. Normet bunching device.



Kuva 12. Valmet prosessori (valokuva Valmet Oy).

Fig. 12. Valmet processor.



Kuva 13. Valmet 448 prosessori (valokuva Valmet Oy).
 Fig. 13. Valmet 448 processor.

Leimikon tiheyden vaikutus tuotoksiin tuli merkitseväksi ainoastaan Valmet ja Kockums prosessoreilla. Muilla koneilla ei tiheydessä ollut todennäköisesti riittävästi vaihtelua, jotta se olisi näkynyt malleissa. Valmet prosessorilla nosti leimikon tiheyden muutos 400 rungosta 800 runkoon hehtaarille tuotosta 10 %. Kockums prosessorilla oli vastaava ero 11 %. Suhteelliset tuotokset muuttuivat tiheyden mukana seuraavasti:

Leimikon tiheys runkoa/ha	Suhteellinen tuotos, %	
	Valmet	Kockums
400	96	94
500	98	97
600	100	100
700	103	103
800	106	105

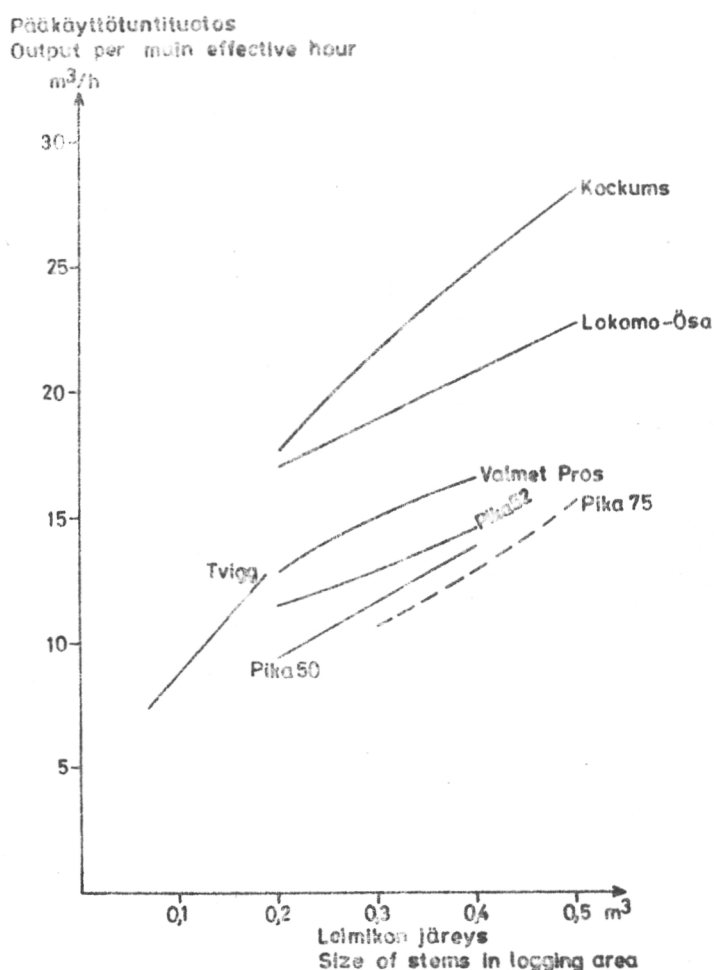
Omistajan vaikutus tuotoksiin tuli merkitseväksi Pika 50:llä sekä Valmet ja Lokomo-Ösa prosessoreilla. Pika 50:llä oli urakoitsijoiden omistamien koneiden tuotos keskimäärin 9 % parempi kuin metsäteollisuusyritysten omilla koneilla. Valmet prosessorilla oli vastaava ero 17 %. Lokomo-Ösa prosessorilla oli sen sijaan urakoitsijoiden koneiden tuotokset keskimäärin 23 % huonommat kuin metsäteollisuusyritysten omilla koneilla.

Omistajalla ei tulosten perusteella näytä olevan tietynsuuntaista vaikutusta tuotosten suuruuteen. Vaihtelua aiheuttaa mm. koneiden ikä ja kunto sekä kuljettajan työtaito.

Havaintovuosi tuli merkittäväksi selittäjäksi Pika 50:llä ja 52:lla sekä Kockums ja Lokomo-Ösa prosessoreilla. Tuotokset nousivat vuosittain kaikilla näillä koneilla. Seuraavassa asetelmassa on esitetty vuotuiset tuotoksen muutokset.

	Tuotoksen nousu vuodessa, %	Havaintoja vuosilta
Pika 50	4	1970-77
Pika 52	5-8	1973-77
Kockums	5-7	1974-77
Lokomo-Ösa	4-5	1975-77

Tuotoksen keskimääräinen vuotuinen nousu oli noin 5 %. Tulosta on pidettävä lähinnä suuntaa-antavana, sillä konemerkkien eri vuosien tiedot eivät aina ole samoista koneista.



Kuva 14. Monitoimikoneiden tilastoihin perustuvat tuotokset.

Fig. 14. Output of different makes of processor based on statistical data.

Kuvassa 14 on esitetty tuotosten riippuvuus leimikon järeydestä. Muut korjuuolosuhdetekijät kunkin konemerkin keskiarvoja. Pienten prosessoreiden tuotos oli suuruusluokkaa 10 - 15 m³/h leimikon järeyden ollessa 0,20 - 0,40 m³. Isoilla prosessoreilla vastaava tuotos oli 17 - 25 m³/h. Eri tekijöiden konemerkitäiset vaikutukset on laskettavissa annetuista yhtälöistä.

Päätelmiä

Seuraavassa tarkastellaan tilastoaineiston perusteella isojen ja pienten prosessoreiden käytön taloudellisuutta. Vastaava tarkastelu aikatutkimustulosten perusteella on tehty MYLLYNIEMEN (1977) tutkimuksessa. Siinä laskettuja tuntikustannuksia, isoilla 218 mk/h ja pienillä 165 mk/h, on käytetty myös tässä tarkastelussa. Isoihin prosessoreihin laskettiin Kockums ja Lokomo-ösa, pieniin puolestaan Pika 52 ja Valmet prosessori. Tarkastelun suhteelliset tulokset on esitetty seuraavassa asetelmassa.

	Pienet prosessorit			Isot prosessorit		
	Leimikon järeys, m ³					
	0,20	0,30	0,40	0,20	0,30	0,40
Käyttötuntituotos	87	100	111	124	148	164
Tuntikustannus	100	100	100	132	132	132
Yksikkökustannus	114	100	90	106	89	80

Voidaan todeta, että isojen prosessoreiden käsittelemä puutavara on tilastoaineiston tuotoksilla ja käytetyillä tuntikustannuksilla yksikkökustannuksiltaan 7 - 11 % halvempaa kuin pienten

prosessoreiden käsittelemä puutavara vastaavan järeyksissä leimikoissa. Samansuuntaiseen tulokseen päätyi myös MYLLYNIEMI tutkimuksessaan. Isojen prosessoreiden edullisuutta lisää vielä puutavaran metsäkuljetuksen parempi tuotos niiden jäljiltä (TYNKKYNEEN 1976).

Metsätehon tekemän korjuumenetelmien taloudellisuusvertailun mukaan tulee prosessoreiden osuus koneellisessa puunkorjuussa olemaan merkittävä vielä lähiaikoina. Vuonna 1978 olisi korjuukustannusten puolesta kannattavaa korjata monitoimikoneilla 33 % kaikesta puutavarasta. Isojen prosessoreiden osuus olisi tästä kaksi kolmasosaa. Prosessoreiden käytön edullisuus tulee kuitenkin selvityksen mukaan vähentymään lähinnä isojen harvestereiden kustannuksella. Vuonna 1982 monitoimikoneilla taloudellisesti korjattavissa olevasta puusta (~ 50 %:sta) olisi prosessoreiden osuus enää vain kolmannes tai neljännes (ESKELINEN ym. 1978).

Harvesterit

Yleistä

Suomessa oli vuonna 1977 22 harvesteria, joista suurin osa oli sykeperiaatteella karsivia Pika 75 harvestereita. Jatkuva-toimisesti karsivaa Lokomo harvesteria oli vain muutama koneyksikkö (Metsätehon arkisto 1978).

Tässä selvityksessä käsitellään Pika 75 harvesteria tilastotietojen perusteella. Lokomo harvesterista esitetään vain

aikatutkimuksissa saatu tuotos. Koska esitettävät tuotostiedot on saatu eri menetelmillä, ei niitä voi verrata keskenään.

Pika 75 harvesteri

Tilastoaineisto oli vuosilta 1975-77, pääosa vuodelta 1975. Aineistossa Pika 75 harvesterin korjaamien leimikoiden keskimääräinen järeys oli $0,36 \text{ m}^3$ (hajonta $0,09 \text{ m}^3$). Leimikoiden keskitiheys oli 611 runkoa/ha (hajonta 152 runkoa/ha).

Pika 75 harvesterin käyttöaste oli tilastoaineistossa urakoitsijoiden koneilla keskimäärin 56 % (hajonta 7 %) ja metsäteollisuusyritysten omilla koneilla 47 % (hajonta 16 %). Verraten alhainen käyttöaste johtunee tilastoaineiston ajoittumisesta vaiheeseen, jolloin käytössä oli 0-sarjan koneita. Varsinaisilla sarjapioneilla on päästy sen sijaan parempiin käyttöasteisiin. Vuodelta 1977 olevassa 6 koneen vertailutilastossa oli käyttöaste 65 %. Käyttöasteen erilaisuus ei kuitenkaan vaikuta tuotosten suuruuteen, sillä ne on laskettu pääkäyttöaikaa kohti.

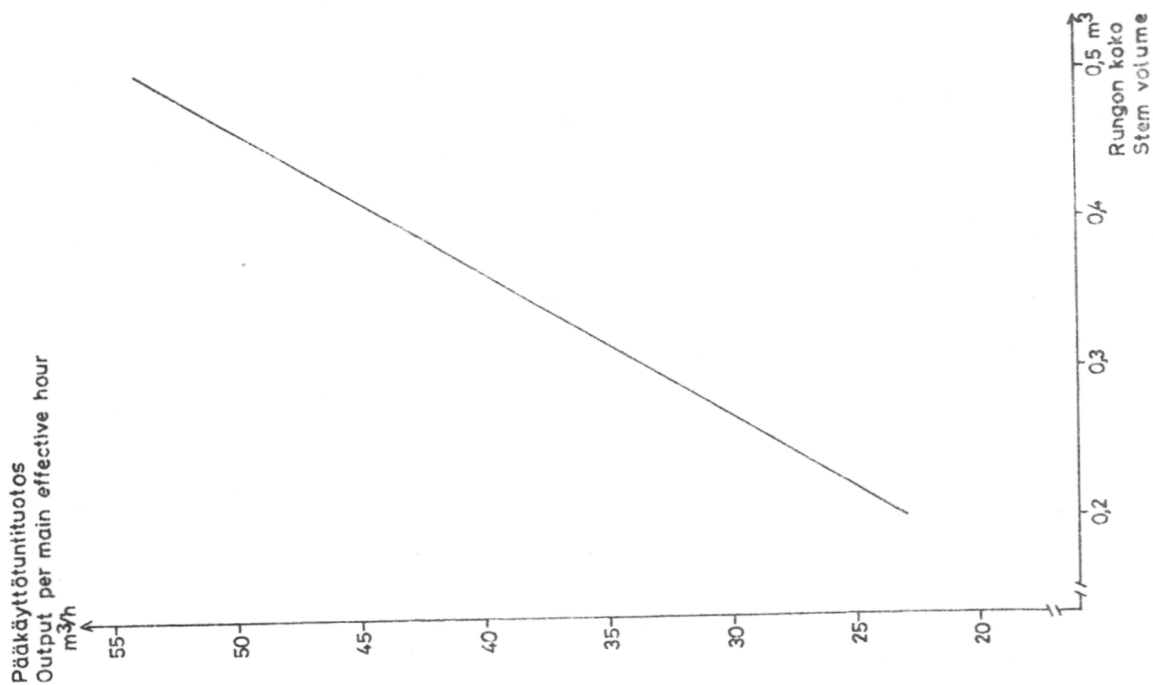
Tilastoaineistosta laskettiin eri tekijöiden vaikutukset Pika 75:n pääkäyttötuntituotoksiin valikoivalla regressioanalyysillä. Tuotosyhtälöksi saatiin tällöin:

$$y = 32,8x_1 + 10,0x_2 - 9,0 \quad R^2 = 0,485$$

y = tuotos, m^3/h

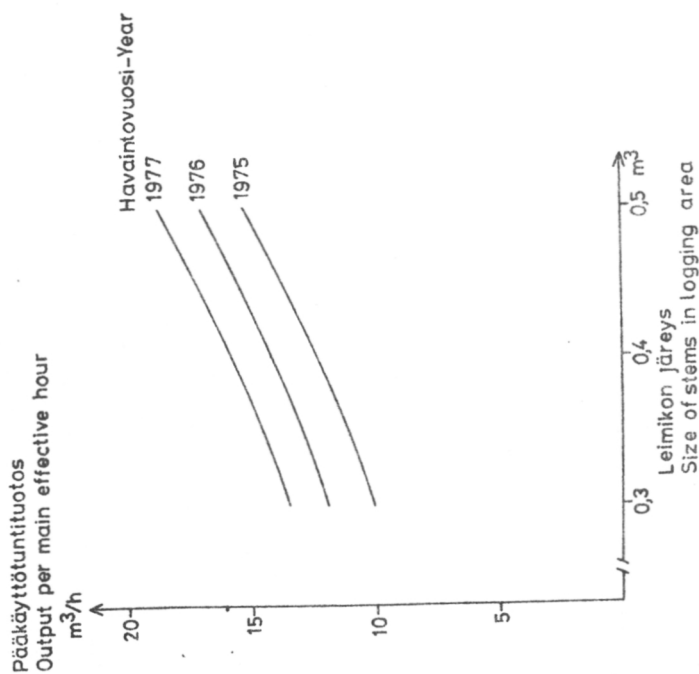
x_1 = leimikon järeyden neliö, m^3

x_2 = luonnollinen logaritmi havaintovuoden viimeisestä numerosta.



Kuva 16. Lokomo 961 S harvesterin aikatutkimuksiin perustuva tuotos (leimikon tiheys 500 r/ha).

Fig. 16. Output level for Lokomo 961 S harvester based on time studies.



Kuva 15. Pika 75 harvesterin tilastoihin perustuva tuotos.

Fig. 15. Statistical output level for Pika 75 harvester.

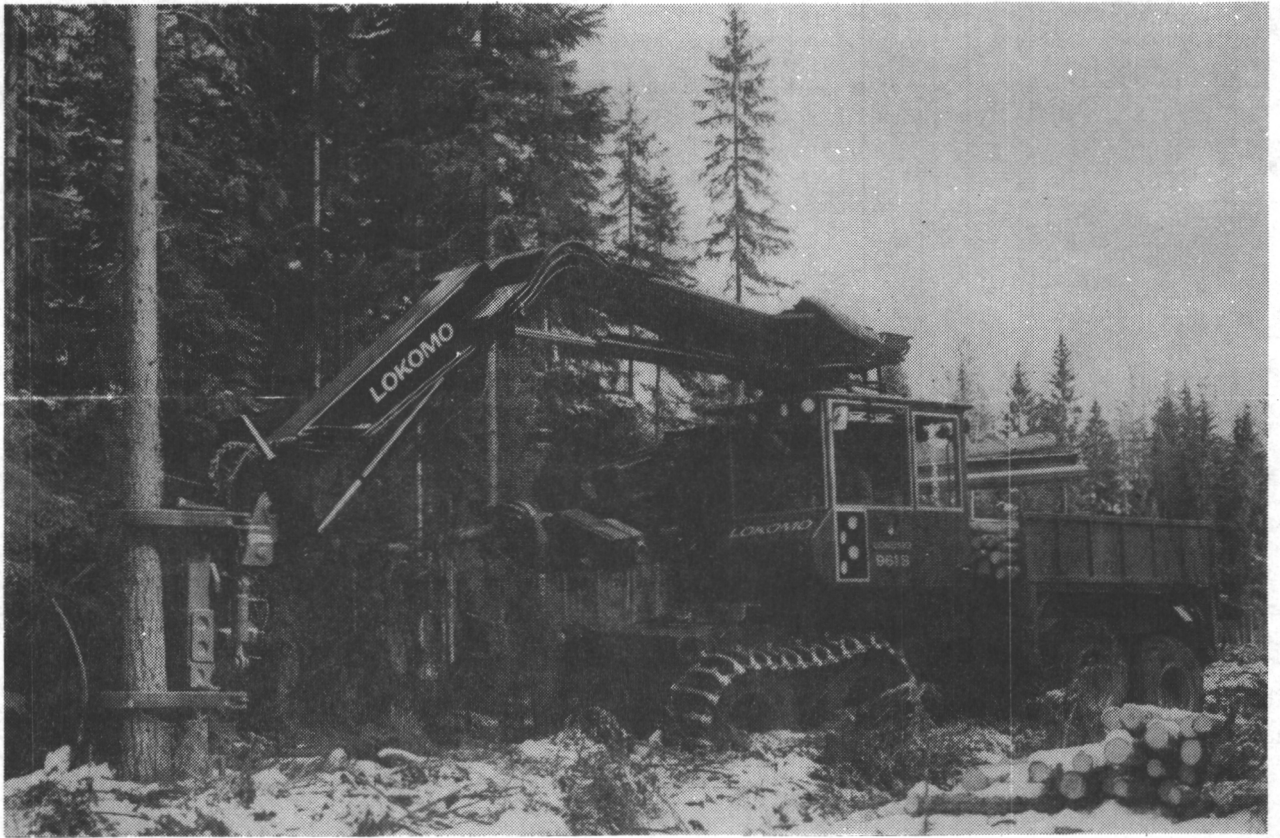
Leimikon järeys selitti parhaiten Pika 75 harvesterin tuotosta. Toinen merkittävä tuotosta selittävä tekijä oli havaintovuosi. Tuotos nousi aineiston mukaan 12 % vuodessa. Kuvassa 15 on esitetty Pika 75 harvesterin tuotoksen riippuvuus leimikon järeydestä ja havaintovuodesta. Tuotos vaihtelee 10 - 19 m³/h leimikon järeyden ollessa 0,30 - 0,50 m³.

Lokomo 961 S harvesteri

Lokomo 961 S harvesterin aikatutkimuksissa saatu tuotos on esitetty kuvassa 16. Sen mukaan harvesterin pääkäyttötuntituotos oli 33 - 54 m³/h rungon koon ollessa 0,30 - 0,50 m³. (THESSLUND 1978). Lokomo 961 S harvesterista on valmistettu myös kokorunkoversio olosuhteisiin, joissa ei käytetä tavaraminimenetelmää (kuvat 17 ja 18).

Päätelmiä

Harvesterit ovat edellä esitettyjen tietojen mukaan tuotostensa puolesta kilpailukykyisiä vastaavan kokoisten prosessoreiden kanssa. Niiden prosessoreita selvästi korkeampi hankintahinta tekee niillä käsitellyn puun yksikkökustannuksiltaan kalliimmaksi, tosin harvesterin korjaaman puun kustannuksiin sisältyy kaadon osuus. Kuitenkin on muistettava, että prosessoreille tapahtuva erilliskaato on tuotokseltaan suuri sekä hakkuumiesten piirissä haluttu työmenetelmä.



Kuva 17. Lokomo 961 S harvesteri (valokuva Rauma-Repola Oy, Lokomo).

Fig. 17. Lokomo 961 S harvester.



Kuva 18. Lokomo 961 kokorunkoharvesterikorjuuketju (valokuva Rauma-Repola Oy, Lokomo).

Fig. 18. Lokomo 961 tree length harvester system.

Metsätehossa tehdyn korjuumenetelmien taloudellisuuskehitysen-
ennusteen mukaan kannattaisi vuonna 1978 korjata monitoimi-
koneilla noin 33 % puumäärästä. Tästä harvestereiden osuus
olisi kolmannes. Harvestereiden osuus kasvaisi myöhemmin
selvästi siten, että vuonna 1982 se olisi puolesta kahteen
kolmannekseen koneellisesti korjattavasta puusta (n. 50 %:sta).
Vuonna 1986 olisi selvityksen mukaan iso harvesteri edullisin
lähes kaikissa koneellisesti korjattavissa kohteissa
(n. 56 %:ssa) (ESKELINEN ym. 1978).

Kaato-kasauskoneet

Kaato-kasauskoneita oli vuonna 1977 Suomessa käytössä 7 kappa-
letta (Metsätehon arkisto 1978). Konetyyppi on tarkoitettu
lähinnä puiden koneelliseen kaatoon prosessori- tai haketuskor-
juuketjuissa. Ongelmana kaato-kasauskoneiden käytössä on niiden
suuri tehokkuus verrattuna muiden korjuuketjun koneiden tuotok-
siin. Niinpä aikatutkimustuotosten mukaan kaato-kasauskone-
prosessori-korjuuketjussa tulisi olla kaato-kasauskone, kaksi
isoa prosessoria sekä 2 - 3 järeää kuormatraktoria, mikäli
ketjun kapasiteetti käytettäisiin täysin hyväksi (MIKKONEN 1975).
Toisaalta organisaatio yms. vaikeuksista johtuen kaato-kasaus-
koneiden käytännössä saavuttamat tuotokset ovat selvästi aika-
tutkimustuotoksia alhaisempia.

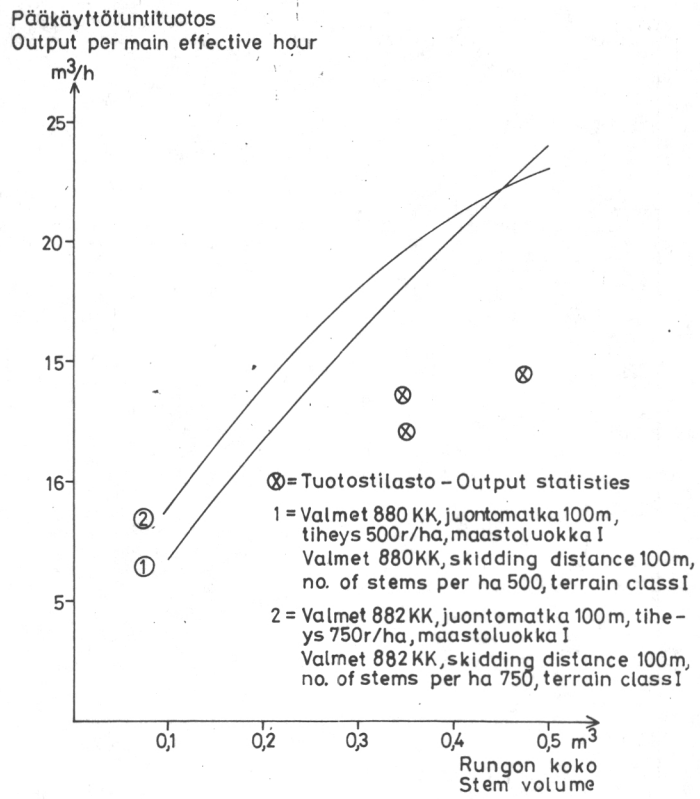
Metsätehon pikatestausten mukaan on prosessorikorjuuketjuihin
tarkoitettujen kaato-kasauskoneiden pääkäyttötuntituotokset
suuruusluokkaa 25 - 40 m³/h.

Kaato-juontokoneet

Vuonna 1977 oli Suomessa käytössä 10 kaato-juontokonetta (Metsätehon arkisto 1978). Kaikki koneet työskentelivät prosessoreiden yhteydessä. Kaato-juontokoneiden käyttöalue on puiden kaato ja kuljetus varastolle täysin koneellistetussa, välivarastolla toimivan prosessorin korjuuketjussa. Koneiden tuotokset ovat varsin lähellä välivarastolla toimivien pienten prosessoreiden tuotoksia joten tällaisissa korjuuketjuissa ei koneiden yhteensovittamisesta synny suuria vaikeuksia.

Kuvassa 19 on esitetty Valmet kaato-juontokoneiden aikatutkimuksiin perustuvia tuotoksia (KOSKINEN 1973, PELTOLA 1976). Niiden mukaan käyttötuntituotos on 16 - 18 m³/h rungon koon ollessa 0,30 m³ 100 metrin juontomatkalla. Samassa kuvassa on pisteinä Metsätehon keräämien tuotostilastojen konekohtaiset keskiarvot (SÄTERI 1974). Tilastotuotosten alhaisempaa tasoa selittää ainakin osittain niiden pitempi keskimääräinen juontomatk.

Kaato-juontokoneet soveltuvat parhaiten käytettäväiksi pienten prosessoreiden kanssa. Näiden käsittelemä puutavara on kuitenkin yksikkökustannuksiltaan kalliimpaa kuin isoilla prosessoreilla tapahtuva puiden käsittely. Tämä tulee omalta osaltaan vähentämään kaato-juontokoneiden käyttöön soveltuvien korjuuketjujen määrää. Myös harvestereiden yleistyminen tulee rajoittamaan kaato-juontokoneiden tarpeellisuutta Suomessa. (kuva 20)



Kuva 19. Kaato-juontokoneiden tuotokset.
Fig. 19. Output of feller-skidder.



Kuva 20. Valmet 882 KK kaato-juontokone (valokuva Valmet Oy).
Fig. 20. Valmet 882 KK feller-skidder.

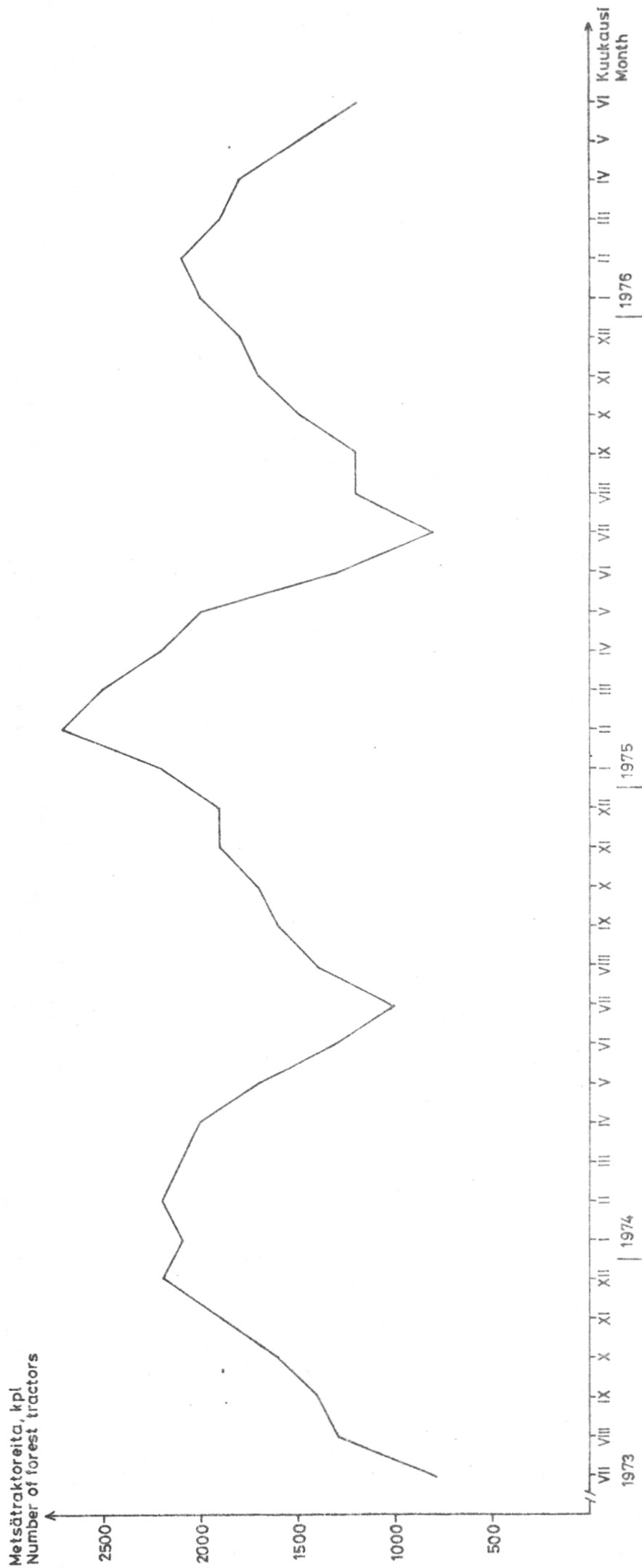
25. Metsäkuljetus

Yleistä

Suomessa on puutavaran metsäkuljetuksessa kuormatraktori yleisin kuljetusväline. Vuonna 1976 kuljetettiin metsäteollisuuden ja metsähallituksen työmailla 91 % puutavarasta kuormatraktorilla ja loput 9 %, metsävarusteisilla maataloustraktorilla, tavallisilla maataloustraktorilla ja hevosilla. Yksityismetsien toimitushakkuissa poikkesivat hankintavuonna 1974-75 metsäkuljetusmenetelmät selvästi edellisistä. Metsätraktorin osuus kuljetetusta puumäärästä oli 19 %, lisälaittein varustetun maataloustraktorin osuus 68 %, hevospeljetuksen osuus 12 % ja muiden menetelmien osuus loput 1 % (MÄKELÄ 1977).

Markkinahakkuiden lähikuljetuksissa työskennelleiden metsätraktoreiden lukumäärät hankintavuosina 1973-74, -74-75 ja -76-77 on esitetty kuvassa 21 (Metsätilastollinen... 1977). Eniten metsätraktoreita on ollut työssä joulumaaliskuussa ja vähiten heinäkuussa.

Tässä selvityksessä noudatetaan metsätraktoritutkimuksissa yleisesti käytettävää ajomatkakäsitettä, jossa ajomatka kuormaa kohti on tyhjänä ja kuormattuna ajon summa jaettuna kahdella.



Kuva 21. Metsätraktoreiden lukumäärä markkinahakuiden lähikuljetuksissa.

Fig. 21. Number of forest tractors in haulage of commercial fellings.

Kuljetus kuormatraktorilla

Yleistä

Kuormatraktorit luokiteltiin kolmeen kokoluokkaan moottoritehon perusteella. Pienten traktoreiden teho oli alle 50 kW (~ 70 hv), keskikokoisten 50 - 75 kW (~ 70 - 100 hv) ja järeiden yli 75 kW (~ 100 hv). Kuormatraktoreiden keskimääräiset arvot eri järeysluokissa olivat seuraavat.

	Pienet	Keskikokoiset	Järeät
Moottoriteho, kW(hv)	43 (59)	60 (82)	100 (136)
Kantavuus, t	6,7	10,3	12,4
Massa tyhjänä, t	7,4	9,1	11,9
Massa kuormattuna, t	14,2	19,4	24,3

Käytetyssä luokituksessa oli tyypillinen pieni kuormatraktori Volvo SM 462, keskikokoinen Lokomo 909 ja Valmet 872 K sekä järeä Lokomo 928 ja Valmet 882 K (kuvat 22, 23 ja 24).

Kuormatraktoreiden tilastoaineistossa oli keskimääräinen ajo-matka pienillä traktoreilla 320 metriä, keskikokoisilla 400 metriä ja järeillä 450 metriä. Keskimääräinen maastoluokka oli kaikissa järeysluokissa 2,1.

Kuormatraktoreiden käyttöaste oli keskimäärin 83 %. Keskeytykset käsittivät etupäässä koneen huoltoa ja korjausta. Käyttöaste ei ollut aineistossa riippuvainen koneen koosta eikä kuljetustuotoksesta.



Kuva 22. Lokomo 928 kuormatraktori (valokuva Rauma-Repola Oy, Lokomo).

Fig. 22. Lokomo 928 forwarder.



Kuva 23. Lokomo 909 kuormatraktori (valokuva Rauma-Repola Oy, Lokomo).

Fig. 23. Lokomo 909 forwarder.

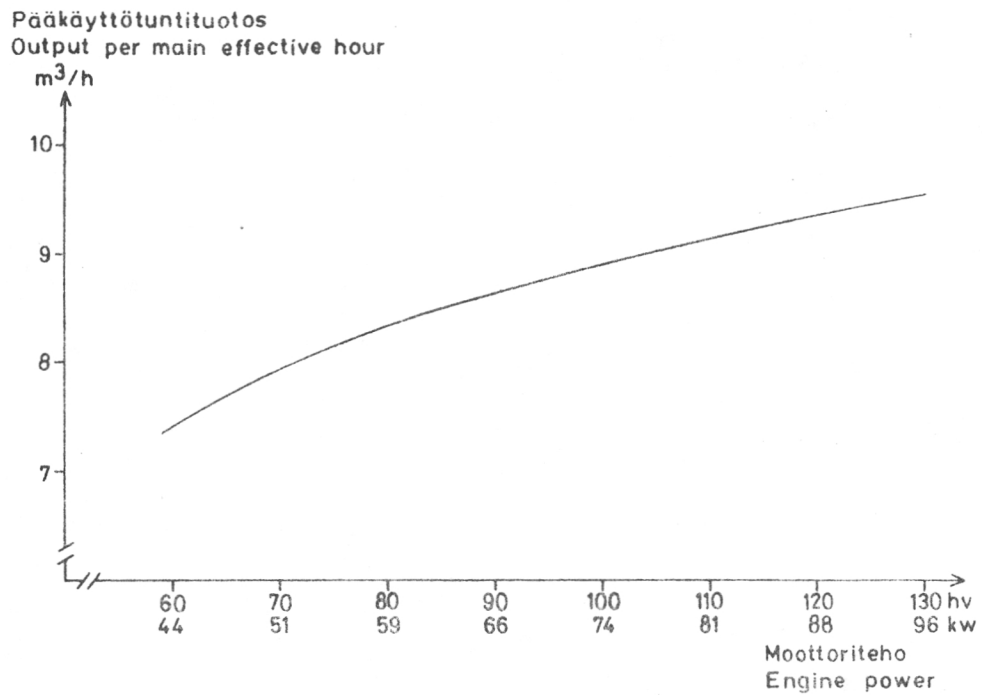


Kuva 24. Valmet 872 K kuormatraktori (valokuva Valmet Oy).

Fig. 24. Valmet 872 K forwarder.

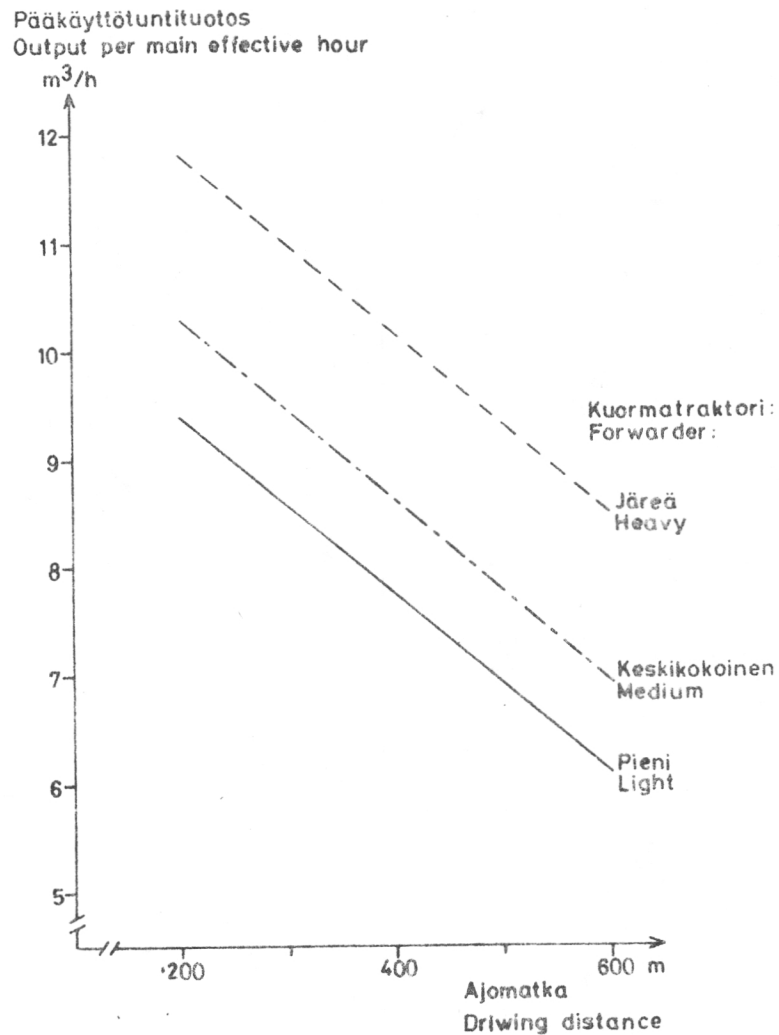
Tuotokset

Kuormatraktoreiden kuljetustuotosta selitti tilastoaineiston traktorikohtaisista ominaisuuksista parhaiten traktorin moottoriteho (kuva 25). Keskimääräinen kuljetustuotos pienellä 45 kW:n (~ 60 hv) tehoisella kuormatraktorilla oli 7,4 m³/h, keskikokoisella 63 kW:n (~ 85 hv) traktorilla 8,5 m³/h ja järeällä 96 kW:n (~ 130 hv) traktorilla 9,5 m³/h. Tuotoksissa ei ole huomioitu eripituisia ajomatkoja.



Kuva 25. Kuormatraktorien moottoritehon vaikutus tuotokseen.

Fig. 25. Effect of engine power of forwarders on output.



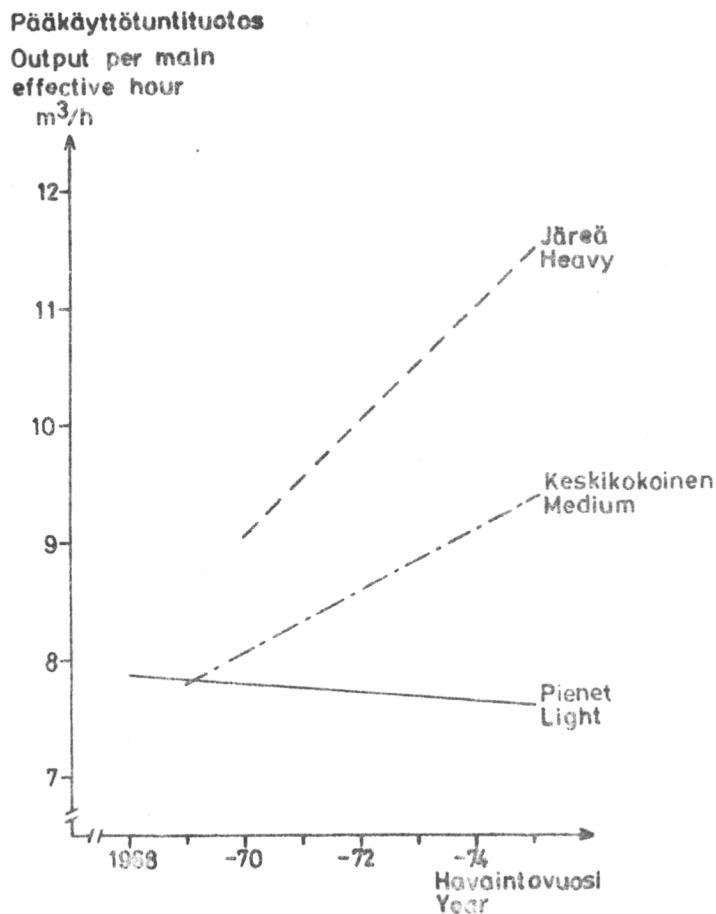
Kuva 26. Ajomatkan vaikutus kuormatraktorin tuotokseen.

Fig. 26. Effect of driving distance on output of forwarders.

Keskimääräisen ajomatkan vaikutus tuotoksiin on esitetty kuvassa 26. Pienellä kuormatraktorilla (teho 45 kW) oli tuotos 200 metrin ajomatalla 9,4 m³/h, 400 metrillä 7,7 m³/h ja 600 metrillä 6,1 m³/h. Keskikokoisella traktorilla (teho 63 kW) vastaavat tuotokset olivat 10,3, 8,6 ja 6,9 m³/h sekä järeällä traktorilla (teho 95 kW) 11,8, 10,1 ja 8,5 m³/h.

Moottoritehon ja ajomatkan vaikutukset tuotoksiin laskettiin eri aineistoista. Tästä johtuen tuotoksissa on pieni tasoero.

Kuormatraktoreiden kuljetustuotokset ovat nousseet vähitellen vuosien kuluessa (SAVOLAINEN 1973). Kokoluokittain kuormatraktoreita tarkasteltuna on tilastoaineiston mukaan tuotoksen keskimääräinen vuotuinen nousu ollut järeillä traktoreilla 0,5 m³/h ja keskikokoisilla 0,3 m³/h. Pienillä traktoreilla tuotos on sen sijaan ollut hieman laskeva (kuva 27). Pienten kuormatraktoreiden tuotoksen lasku johtunee siitä, että niiden kehittäminen tapahtui pääasiassa 1960-luvun puolella, joten koneet ovat nykyisin teknisesti vanhoja. Uudemmat pienikokoiset kuormatraktorit sijoittuvat nykyisin moottoritehonsa (= luokitusperuste) puolesta keskikokoisten luokkaan. Paitsi kuormatraktoreiden tekninen kehittyminen, myös työtekniikan ja -menetelmien kehittyminen on vaikuttanut tuotoksiin.



Kuva 27. Kuormatraktoreiden järeysluokittainen tuotoksen kehitys.

Fig. 27. Output development for different size classes of forwarders.

Päätelmiä

Käytännön metsäkuljetuksen kannalta on kiinnostavin seikka keskikokoisen ja järeän kuormatraktorin tuotosero. Kun käytetyn tilastoaineiston tuotoksissa huomioitiin erilaiset keskiajomatkat, saatiin keskikokoisten ja järeiden kuormatraktoreiden tuotoseroksi 17 %. Vuodenvaihteen 1977-78 kustannustasolla on vastaava keskimääräinen tuntikustannusten ero 7 - 9 %. Näiden laskentaperusteiden mukaan ovat järeät kuormatraktorit keskikokoisia edullisempia keskimääräisten tuntituotosten ja -kustannusten perusteella.

On syytä muistaa myös erikokoisten kuormatraktoreiden soveltuvuus eri käyttökohteisiin; järeät koneet selviävät yleensä keskikokoisia paremmin vaikeissa olosuhteissa. Toisaalta järeät kuormatraktorit ajavat useasti monitoimikoneiden tekemän puutavaran, jolloin työn luonteesta johtuen tuotos on ihmistyövaltaisesti hakatun leimikon metsäkuljetustuotosta korkeampi.

Kuljetus laahustraktorilla

Yleistä

Laahustraktorit voidaan jakaa juontopihti-, puristuspankko- ja vaijerikoneisiin. Juontopihtitraktoreissa juonnettavat puut kerätään alaspäin aukenevaan juontopihtiin. Näille koneille on ominaista pieni kuorma. Puristuspankkokoneessa puut nostetaan ylöspäin aukenevaan puristuspankkoon koneen kourakuormaimella. Tyypille on ominaista suuri kuorma. Vaijerikoneilla suhteellisen pieni kuorma kerätään koneen luokse vintturilla. Eroina koneiden käyttötavoista voidaan mainita, että vaijerikoneet voivat ottaa kuormansa kaikkialta hakkuupalstalta. Puristuspankkokoneet voivat ottaa kuormansa ajouralta tai palstalta sellaisista paikoista, joissa traktorin on mahdollista liikkua kuormattuna. Juontopihtikoneilla tulisi sen sijaan kuormataakat kerätä etukäteen traktorilla päästäviin paikkoihin.

Laahustraktorit jaettiin käytetyssä tilastoaineistossa vaijerikoneiden ryhmään sekä juontopihti- ja puristuspankkokoneiden ryhmään. Tyypillinen vaijerikone on Juonto-Lokkeri, pihtijuontokone Valmet 880 S sekä puristuspankkokone Valmet ja Lokomo puristuspankkokone.

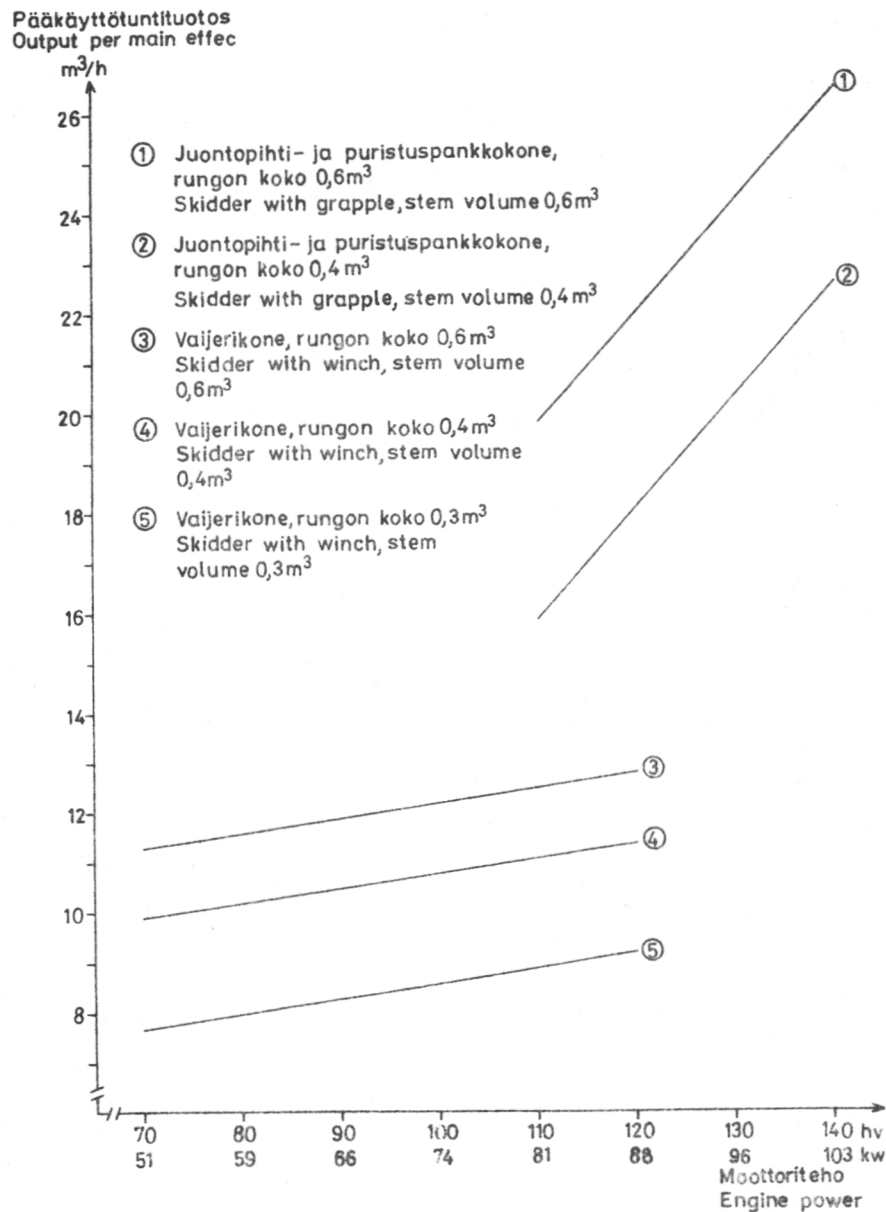
Vaijerilaahustraktoreiden keskimääräinen käyttöaste oli 82 %. Juontopihti- ja puristuspankkokoneilla vastaava käyttöaste oli 75 %. Keskeytykset olivat etupäässä koneen huoltoa ja korjausta.

Tuotokset

Käytetyistä tilastoista ei käynyt ilmi keskimääräistä kuljetusmatkaa. Laahustraktoreiden aikatutkimuksiin perustuneissa tuotostutkimuksissa on juontomatkan vaikutus tuotoksiin ollut keskimäärin seuraava.

Juontomatka, m	Suhteellinen tuotos	
	Vaijerikoneet	Juontopihti- ja puristuspankkokoneet
100	117	127
200	100	100
300	87	83
400	78	68

Laahustraktoreiden tilastoaineistosta lasketut tuotokset on esitetty kuvassa 28. Keskimääräinen juontotuotos vaijerikoneilla oli 7,7 - 9,4 m³/h leimikon järeyden ollessa 0,30 m³ ja traktorin moottoritehon ollessa 50 - 90 kW (~ 70 - 120 hv). Leimikon järeyden ollessa 0,40 m³ tuotos oli vastaavasti 9,9 - 11,6 m³/h. Juontopihti- ja puristuspankkokoneilla juontotulos vaihteli 16,0 - 22,0 m³/h leimikon järeyden ollessa 0,40 m³ ja traktorin moottoritehon ollessa 80 - 100 kW (~ 110 - 140 hv).



Kuva 28. Laahustraktoreiden tuotokset.

Fig. 28. Output of skidders.

Vaijerikoneilla oli traktorin moottoritehon vaikutus kuljetustuotokseen huomattavasti pienempi kuin juontopihti- ja puristuspankkokoneilla. Tämä johtuu siitä, että moottoritehon lisäys mahdollistaa suuremman juontotaakan. Vaijerikoneilla ja pihtijuontokoneilla ei tätä pystytä tietyn pisteen jälkeen täysin hyödyntämään.

Päätelmiä

Laahusjuonto vaijerikoneella on tässä selvityksessä esitettyjen tuotostulosten mukaan täysin kilpailukykyinen kuormatraktoreiden

kanssa juontovaiheen osalta runkojen koon ollessa riittävän suuri. Juontopihti- ja puristuspankkokoneilla ovat tuotokset lähes kaksinkertaiset kuormatraktoreihin verrattuna. Tilastoaineiston erilaiset kuljetusmatkat ovat tosin vaikuttaneet eri konetyyppien tuotossuhteiden suuruuksiin.

Laahustraktorilla kuljetettavan puutavaran pieni osuus kaikesta Suomessa kuljetettavasta puutavarasta ei johtune tuotosten pienuudesta. Suurimmat syyt laahusjuonnon vähäisyyteen lienee varastokäsittelyn vaikeudessa, suuressa tilantarpeessa, pitkissä keskikuljetusmatkoissa, keskimäärin pienessä puuston järeydessä ja organisatoorisissa hankaluuksissa. On esimerkiksi vaikea löytää riittävän järeäpuustoisia leimikoita ympäri vuoden. Lisäksi korjuuketju on ns. "kuuma ketju", jossa helposti syntyy odotteluaikoja. Laahusjuonnon taloudellisuutta suhteessa kuormajuontoon tuleekin tarkastella koko korjuuketjun kustannuksina.

3. VIIMEAIKAINEN KEHITYS AINESPUUN KORJUUSSA

31. Ihmistyövaltainen hakkuu

Hakkuun kehittämisen pääkohteet ovat viime aikoina olleet hakkuutyön keventäminen ja työturvallisuuden lisääminen. On pyritty kehittämään ergonomisesti parempia työmenetelmiä ja -välineitä.

Uusien työmenetelmien tavoitteena on vähentää hakkuun raskaimman työvaiheen, kasauksen, osuutta ja rasittavuutta, mutta myös

lisätä työn tuottavuutta ja alentaa korjuukustannuksia. Esimerkiksi harvennuspuun korjuuseen tarkoitettussa LEKA-menetelmässä (HARSTELA ym. 1977) on periaatteena, että suunnatun kaadon jälkeen suuret pölkyt jätetään paikoilleen, keskikokoisia ainoastaan suoritetaan ja pienet pölkyt kasataan suurempien viereen. Tämän jälkeen suoritetaan esikasaus tai metsäkuljetus pitkäulotteisella kuormaimella varustetulla kuormatraktorilla.

Työvälineissä ollaan vähitellen siirtymässä kevyempiin moottorisahoihin. Samalla sahojen ergonomiset ominaisuudet ovat parantuneet: Tärinä on alentunut oleellisesti ja melutaso hieman, useissa sahamerkeissä on lämmitettävät kahvat sekä teräketjun automaattipysäyttimet takapotkun sattuessa yms. Puiden kaatoon on kehitetty erilaisia mekaanisia, hydraulisia sekä moottorisahasta voimansa saavia suuntaamislaitteita. Pienten puiden kaadossa työasentoa voidaan parantaa sahaan liitettävällä kaato-kahvalla, jota käytettäessä kaatomiehen ei tarvitse työskennellä kumartuneena.

Hakkuumiehen henkilökohtaiset suojavälineet ovat myös kehittyneet. Nykyiset kypärät, silmä- ja kuulosuojaimet, polvien ja reisien viiltosuojaimet sekä turvakäsineet ja -jalkineet eivät vaikeuta työskentelyä, mutta ehkäisevät tehokkaasti tapaturmia.

32. Esikasaus

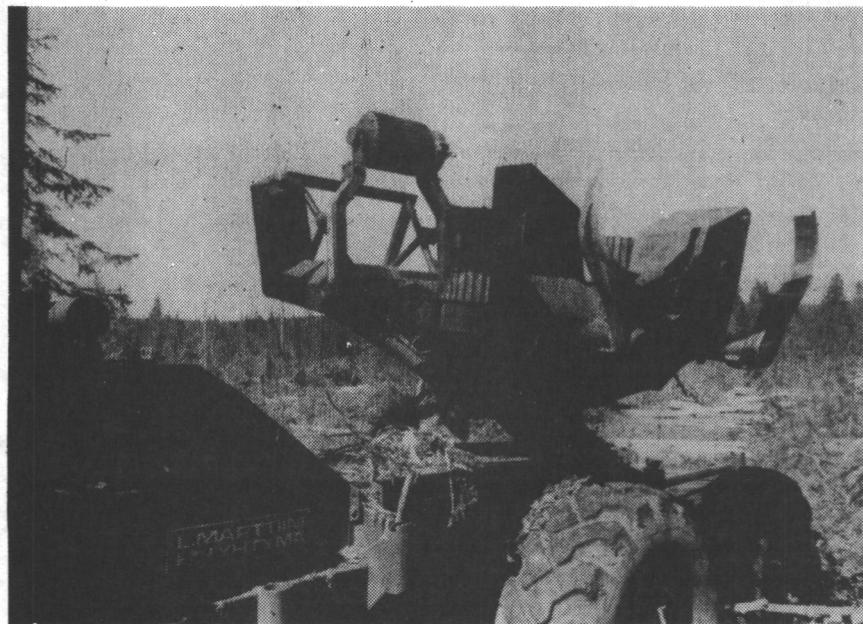
Esikasauksessa on perinteisen maataloustraktoriin liitettävän vintturin rinnalle tullut yksittäisiä, usein radio-ohjattavia

vinssausyksiköitä ja aivan viime aikoina myös kevyitä moottorisahavinttureita. Pitkäulotteisten kuormainten kehitys on mahdollistanut erilliset, tällaisella kuormaimella varustetut esikasausyksiköt. Niissä on yleensä peruskoneena vanha kunnostettu metsätraktori.

33. Monitoimikoneet

Viime aikoina on tullut markkinoille ns. kuormatraktoriprosessoreita, jotka ovat verraten pienikokoisia kuormatraktoriin kuormatilaan asennettavia laitteita. Ne saavat yleensä käyttövoimansa peruskoneen moottorista. Tällaisia prosessoreita ovat mm. Marttiinin (kuva 29) ja Husqvarnan prosessorit. Marttiinin prosessorissa on vielä useimmista muista prosessoreista poiketen puiden joukkokäsittelymahdollisuus, mikä parantaa koneen tuotosta erityisesti pienillä puilla, siis esimerkiksi harvennushakkuuolosuhteissa. Erityisesti harvennushakkuisiin on kehitetty prosessoreita, joille on ominaista kyky työskennellä ahtaissa tiloissa kuten kapeilla ajourilla. Ne on yleensä mitoitettu pienikokoisille puille. Tällaisia prosessoreita ovat Finko-1 ja Kockums stegmatare, joista Finko-1 voi käsitellä useita puita kerrallaan.

Prossessorit voidaan muuttaa harvestereiksi, kun kuormain varustetaan kaatolaitteella. Tällainen harvesteri on mm. Valmetilla. Harvennusemetsiin on kehitetty Makeri-pientraktoriperusteinen harvesteri (kuva 30). Se ei työskentele ajouralta käsin vaan pienenä ja kapeana koneena menee itse jokaisen käsiteltävän puun luokse.



Kuva 29. Marttiini prosessori (valokuva L. Marttiini Yhtymä Oy).

Fig. 29. Marttiini processor.



Kuva 30. Makeri harvesteri (valokuva Ky M. Laine).

Fig. 30. Makeri harvester.

Suomen olosuhteisiin soveltuvia uusia kaato-kasauslaitteita ovat Makeri kaato-kasauskone sekä Rovaniemen Konepajan kaatolaite. Makeri kaato-kasauskone on pientraktoriperustainen, puiden palstalla tapahtuvaan kaatoon ja kasaukseen lähinnä harvennushakkuuolosuhteissa tarkoitettu koneyksikkö. Rovaniemen Konepajan kaatolaite on hydraulikuormaimen päähän asennettava laite. Kuormatraktorisovitteisena sillä voidaan kaataa pienikokoiset puut ajouralta käsin ja kuljettaa sitten ne väli-varastolle.

34. Metsäkuljetus

Useilta valmistajilta on tullut markkinoille hyvin järeitä kuormatraktoreita. Ne on tarkoitettu lähinnä avohakkuisiin ja vaikeisiin olosuhteisiin.

Harvennusmetsien puunkuljetusongelmiin on viime aikoina etsitty ratkaisua myös ns. pientraktorilinjalta. Työhön kehitettyjä pientraktoreita ovat mm. Makeri ja Norcar. Molemmat ovat ketteriä, kapeita ja omalla kourakuormaimella varustettuja kuljetusyksiköitä. Kuorma kuljetetaan varsinaisen pientraktorin vetämässä peräkärjessä. Makeria voidaan käyttää myös laahusjuonnossa.

Kuormainten kehittyminen on vaikuttanut paitsi esikasaukseen, myös metsäkuljetukseen. Kuormatraktori voidaan nykyisin varustaa tarvittaessa 10-15 metriä ulottavalla liuku- tai teleskooppikuormaajalla. Tämä mm. vähentää huomattavasti hakkuumiehen kasaustyötä (kuva 31).



Kuva 31. Marttiini LM-5000 liukupuomi (valokuva Marttiini Yhtymä Oy).

Fig. 31. Marttiini LM-5000 sliding boom device.

SUMMARY

RECENT DEVELOPMENT IN THE HARVESTING OF INDUSTRIAL WOOD

Labour-intensive logging

The main targets of logging development recently have been the easing of logging and increasing work safety. Ergonomically better methods of work and tools have been developed.

The aim of the new working methods is to reduce the share and strain of the heaviest working phase in logging, that is bunching, but also to increase the productivity of work and lower the harvesting costs. The principle in the LEKA method (HARSTELA et al. 1977) for the harvesting of thinnings is to

leave large bolts in situ after directed felling, straightening only medium-sized bolts and small ones bunched alongside the larger. This is followed by pre-bunching or forest haulage by a forwarder equipped with a long-range loader.

A gradual change to light-weight power saws is taking place in tools. The ergonomic properties of saws have been improved: vibration has been reduced essentially and the noise level slightly: several models have heatable grips and automatic stoppers for the saw chain in case of back kick, etc. Various mechanical and hydraulic directing devices as well as those powered from the power saw have been developed for felling. The working position in felling of small trees can be improved by using a felling frame linked with the saw: this makes it unnecessary to work in a stooped position.

Personal safety devices for the logger have also been improved. The present-day helmets, eye and ear protectors, knee and thigh guards against slashes and protective gloves and footwear prevent accidents effectively without interfering with the work.

Pre-bunching

Separate, often radio-controlled winching units have emerged in pre-bunching alongside the traditional winch combined with the farm tractor and, very recently, also light-weight power saw winches. The development of long-reach loaders has led to separate pre-bunching units equipped with a loader of this kind. The basic machine in them is generally a modified old forest tractor.

Multipurpose logging machines

Forwarder processors have come on the market lately. They are relatively small units mounted in the load space of a forwarder. They are generally powered by the engine of the basic machine. Examples are the Marttiini (Fig. 29) and Husqvarna processors. The Marttiini, unlike most of the other processors, can also handle trees in bulk, which improves the output of the machine especially with small trees, hence e.g. in thinning conditions. Processors able to operate in restricted spaces such as narrow strip roads have been developed especially for thinnings. They are generally dimensioned for small-sized trees. Examples are the Finko-1 and Kockums "stegmatare". The Finko-1 is capable of handling several trees at a time.

Processors can be converted into harvesters when the loader is equipped with a felling device. For instance, Valmet makes a harvester of this type. The Makeri harvester based on a small tractor is designed for thinnings (Fig. 30). A small and narrow machine, it does not operate from the strip road but goes to every tree to be handled.

The Makeri feller-buncher and the felling device made by Rovaniemen Konepaja engineering works are new felling-bunching machines suited to Finnish conditions. The Makeri feller-buncher is based on a small tractor and is designed for the felling and bunching of trees mainly in thinning conditions. The felling device of Rovaniemen Konepaja is mounted on the end of a hydraulic loader. When forwarder-mounted it is capable of

felling small-sized trees from the strip road from which it then transports them to the landing.

Forest haulage

Several manufacturers have put very heavy forwarders on the market. They are intended mainly for clear-cuttings and difficult conditions.

A solution to the timber haulage problems of thinnings has lately been sought also in the so-called minitractor line. Minitractors developed for the work include the Makeri and Norcar. Both are agile, narrow haulage units equipped with their own grapple loader. The load is transported in a trailer drawn by the minitractor itself. The Makeri can be used for skidding as well.

The progress of loaders has influenced not only pre-bunching but also forest haulage. The forwarder can nowadays be equipped with a slide or telescope loader with a range of 10-15 m. This reduces considerably e.g. the bunching work done by the logger (Fig. 31).

KIRJALLISUUS

- ELOVAINIO, A. 1972. Maataloustraktorisovitteisen vintturin käyttö tukkien kasauksessa harvennushakkuuolosuhteissa. Summary: Use of a farm tractor-mounted winch for bunching sawlogs in thinning. Metsäteho Tied. 316:1-26.
- ESKELINEN, A., PELTONEN, J., RUMPUNEN, H. & SAVOLAINEN, R. 1976. Puunkorjuun tuottavuus metsäteollisuuden ja metsähallituksen työmailla talvella 1975. Metsätehon seloste 2: 1-27.
- " - MIKKONEN, E., MYLLYNIEMI, A. & PELTONEN, J. 1978. Eri runkopuunkorjuumenetelmien taloudellisuuden kehitys vuosina 1978-1986. Summary: The development of the economicalness of stemwood harvesting methods in 1978-1986. Metsätehon Tiedotus 351:1-32.
- HARSTELA, P., JÄRVINEN, J., TERVO, L. & AHOLAINEN, R. 1977. Tutkimus eräistä harvennushakkuumenetelmistä (levälleen teko ja LEKA-menetelmä). Summary: The study of some short wood methods of cutting in thinnings (Cutting without bunching and SCAPE method). Folia For. 310:1-29.
- KAHALA, M. 1969. Tutkimus puutavaran valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Summary: A study of the factors influencing the cutting of timber. Metsätehon Julkaisu 44:1-94.
- KOSKINEN, A. 1974. Valmet 880 KK -kaato-juontokone. Summary: Valmet 880 KK -feller-buncher. Metsätehon Katsaus 20: 1-4.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1970. 1971. Yearbook of forest statistics. Folia For. 130:1-176.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1971. 1972. Yearbook of forest statistics. Folia For. 165:1-228.

- Metsätilastollinen vuosikirja 1973. 1974a. Yearbook of forest statistics. Folia For. 225:1-224.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1972. 1974b. Yearbook of forest statistics. Folia For. 195:1-229.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1974. 1976. Yearbook of forest statistics. Folia For. 255:1-214.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1975. 1977. Yearbook of forest statistics. Folia For. 295:1-217.
- MIKKONEN, E. 1975. Kaato-kasauskoneista ja niiden käyttömahdollisuuksista Suomen olosuhteissa. Summary: Feller-bunchers and their uses in Finnish conditions. Metsätehon Katsaus 21:1-4.
- MYLLYNIEMI, A. 1977. Työvaikeustekijöiden vaikutus palstalla toimivien monitoimikoneiden tuotokseen. Summary: Effect of work difficulty factors on the output of multipurpose machines operating in the cutting area. Metsäteho Tied. 345.1-19.
- MÄKELÄ, J. 1977. Yksityismetsien puunkorjuuolot ja -menetelmät talvella 1974-75. Summary: Logging conditions and methods in private forests of Finland in winter 1974-75. Työtehoseuran Julkaisuja 193:1-42.
- MÄKELÄ, M. 1979. Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa. Summary: Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies. Folia For. 378:1-
- PELTOLA, H. 1976. Valmet 882 KK-kaato-juontokone - Valmet - Proessori -korjuuketju. Summary: Valmet 882 feller skidder - Valmet processor harvesting system. Metsätehon Katsaus 11:1-6.
- RUMPUNEN, H. 1978. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1976-77. Metsätehon Katsaus 6:1- 4.

RYSÄ, M. & SAVOLAINEN, R. 1972. Puunkorjuun tuottavuus ihmistyövaltaisissa korjuumenetelmissä metsäteollisuuden ja metsähallituksen työmaille vuonna 1971. Summary: Productivity of timber harvesting with labour-intensive harvesting methods at work sites of the forest industry and the national board of forestry in 1971. Metsäteho Tied. 319:1-32.

SAVOLAINEN, R. 1967. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1966/67. Summary: Methods and technical conditions of logging in the logging year 1966/67. Metsäteho Tied. 271:1-28.

- " - 1968. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1967/68. Summary: Methods and technical conditions of logging in the logging year 1967/68. Metsätehon Katsaus 19:1-6.

- " - 1970. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1969/70. Summary: Methods and technical conditions of harvesting in the logging year 1969/70. Metsätehon Katsaus 18:1-4.

- " - 1972. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1971/72. Summary: Methods and technical conditions of harvesting in the logging year 1971/72. Metsätehon Katsaus 17:1-4.

- " - 1973. Metsätraktoreiden ajankäyttö- ja tuotostilasto 1969-1972. Summary: Time consumption and output statistics for forest tractors 1969-1972. Metsätehon Katsaus 19:1-4.

- SAVOLAINEN, R. 1974. Puunhankintamenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1973/74. Summary: Methods and technical conditions of harvesting in the logging year 1973/74. Metsätehon Katsaus 23:1-4.
- SÄTERI, L. 1974. Korjaus- ja tuotostilastoja Valmet 880 KK-Pika 52-korjuuketjuista. Summary: Repair and output statistics on the Valmet 880 KK - Pika 52 harvesting systems. Metsätehon Katsaus 15:1-6
- TAIPALE, J. 1976. Normetin kasauslaite. Summary: Normet's bunching device. Metsätehon Katsaus 19:1-6.
- THESSLUND, O. 1978. Lokomo 961 S harvesteri. Metsätehon Katsaus 10:1-10.
- TYNKKYNE, M. 1976. Monitoimikoneilla valmistetun sahatukin ja pitkän kuitupuun kuormajuonto. Metsätehon seloste 12:1-10.
- VÖRY, J. 1954. Puutavaran valmistuksen keskityötulosten määrittäminen tilastoteitse. Summary: Statistical determination of the average work performance in the preparations of timber. Acta For. Fenn. 61(33):1-12.

