

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

metsäteknologian tutkimusosasto

4/1978

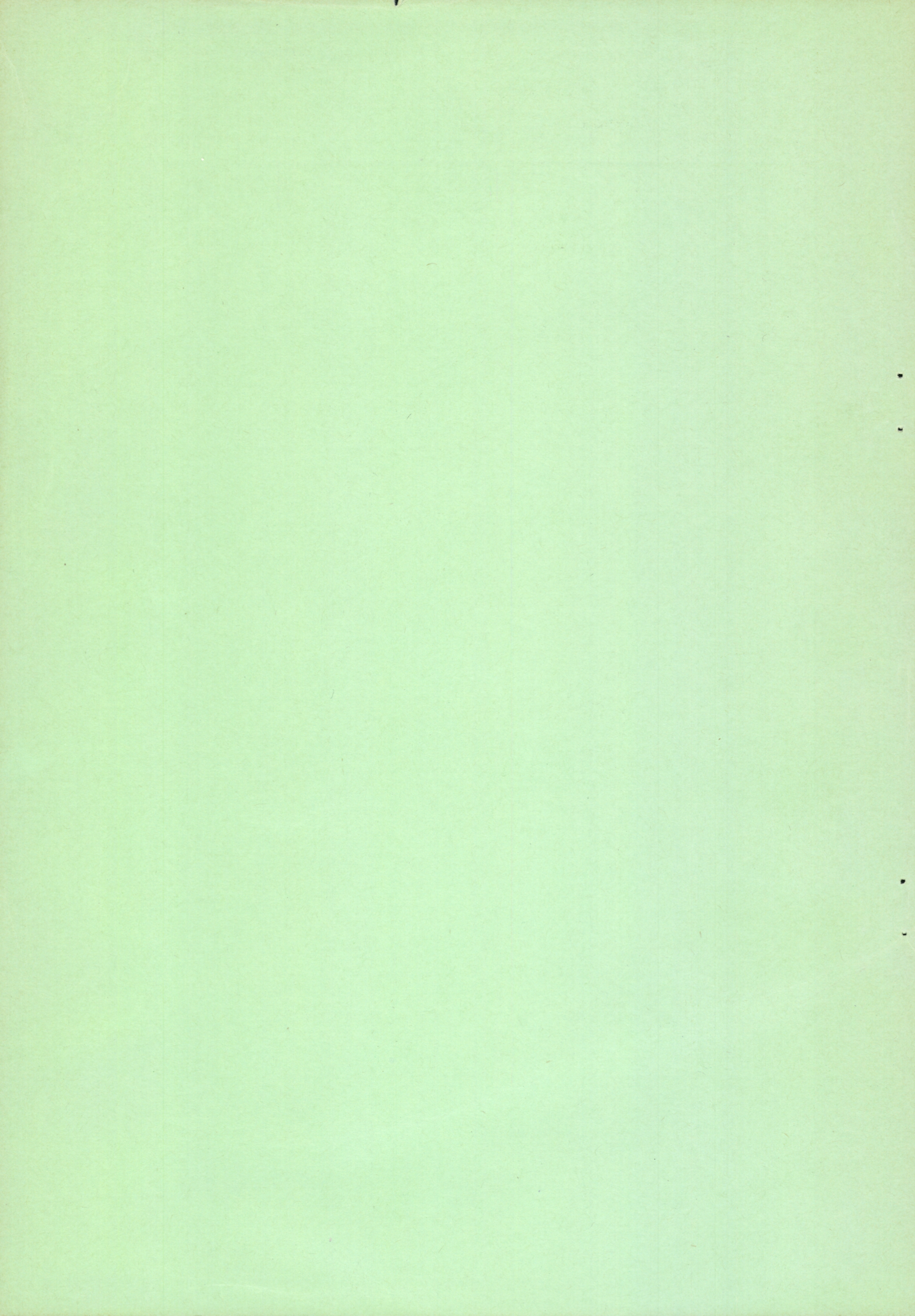
MÄNTYPIENKOKOPUUN LÄHIKULJETUS

MARTTI SALAKARI, PERTTI LAAKSO, ERKKI SALO

HELSINKI 24.11.1978

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Kirjasto Suomi



ALKUSANAT

Tutkimustyömaan suunnittelusta ja valvonnasta ovat vastanneet
mt. P. LAAKSO ja tj. E. SALO. Tutkimusapulaisina ovat toimineet
J. HAKKILA, H. MERISAARI ja J. OJALAHTI.

Puhtaaksikirjoituksesta on huolehtinut nti R. SIEKKINEN ja
piirroksista rva L. MURONRANTA.

Helsinki 20.8.1978

MARTTI SALAKARI

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA SUORITUS	4
2. METSÄTRAKTOREIDEN VARUSTUS	4
3. PUUSTO- JA LEIMIKKOTIEDOT	4
4. TUTKITUT KORJUUKETJUT	5
5. TULOKSET	6
51. Työvaiheet	6
52. Kuormien koko ja katkaisusahauksen tarve	11
53. Kuljetustuotos	13
54. Kuljettajien työajan jakauma	15
6. KUSTANNUKSET	17
7. TULOSTEN TARKASTELU	20
71. Tuotoserot	20
72. Eri työmenetelmien vaikutus metsätraktoreiden työskentelyyn	20
73. Vertailu katkotun ja karsitun puutavaran kuljetukseen	24
74. Kuorman tiivistämisen vaikutus kustannuksiin	25
8. KIRJALLISUUS	27

1. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA SUORITUS

Tutkimus kuuluu SITRAn Lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektin tutkimus- ja koetoimintaan. Projekti oli yhteistoimintaprojekti ja osasta rahoituksesta sekä tutkimusten suorittamisesta vastasi Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osasto. Projekti päättyi keväällä 1977 ja tämän tutkimuksen tuloksia on jo käytetty loppuraportissa PIENPUUSTON KASVATUS, TALTEENOTTO JA KÄYTTÖ (SITRA Sarja B 46).

Tutkimus suoritettiin normaalina aikatutkimuksena 28.4 - 27.6.1977 Oy Rosenlew Ab:n työmailla Luvialla ja Yyterissä. Yyterin työmaa oli Yyterin kartanon mailla ja siitä vastasi tilanhoitaja Olli Tuhkanen ja Oy Rosenlew Ab:n puolesta Kalervo Järvenpää. Luvian työmaata valvoi Kyösti Rauhala.

2. METSÄTRAKTOREIDEN VARUSTUS

VALMET 870 CN oli vuosimallia 1975 ja TELI-LOKKERI 1971. Molemmissa metsätraktoreissa oli lisävarusteena ÖSA 772 kourasaha. VALMET 870 CN:ssä oli myös liukupuomi.

Teli-Lokkerista käytetään tässä tutkimuksessa nimitystä "traktori A" ja Valmetista "traktori B".

3. PUUSTO- JA LEIMIKKOTIEDOT

Taulukko 1. Puustotiedot

Puustotiedot	Traktori A		Traktori B			Keskimäärin
	Palstat 1 ja 2	3	Palsta 4 5 6			
Rinnankorkeuslpm, cm	7,2	8,3	8,3	7,1	7,5	7,7
Pituus, m	8,4	7,4	6,5	6,9	8,5	7,4
Keskikoko runkopuuta, dm ³	20,17	24,13	21,93	16,98	22,01	20,85
Keskikoko kokopuuta, dm ³	26,23	35,60	34,69	24,87	38,57	33,05

Verrattaessa eri metsätraktoreilla ajettuja puita voidaan todeta traktori B:n (VALMET) käsitelleen keskimäärin lyhyempiä ja vahvempia puita kuin traktori A:n (TELI-LOKKERI). B:llä kuljetetut puut olivat myös huomattavasti oksaisempia.

Taulukko 2. Leimikkotiedot

Leimikkotiedot	Traktori A				Traktori B			
	Palsta 1	2	Yht./ keskim.	3	Palsta 4	5	6	Yht./ keskim.
Päivämäärä	28.4 - 27.5.1977							
Maastoluokka	I	I	I	I	I	I	I	I
Keskim. ajo- matka, m	560	490	530	650	450	650	500	550
Palstatieväli, m	30	30	30	32	31	31	30	31
Kok.poistuma, 2) i-m ³	233,6	146,4	380,0	93,1	82,4	147,0	150,6	473,1
1) Kok.poistuma, 2) m ³	100,4	62,9	163,4	40,0	35,4	63,2	64,8	203,4
Poistuma, m ³ /h	58,8	81,7	65,8	-	-	-	28,9	

1) muuntokerroin 0,43

2) kokopuun mukaan saatuja tilavuuksia

Tutkimustyömaat olivat, kuten taulukoista 1 ja 2 voi havaita, lähtökohdiltaan suhteellisen yhdenvertaisia. Ainoastaan palsta 5 poikkeaa muista, sen puusto oli selvästi pienikokoisinta.

4. TUTKITUT KORJUUKETJUT

Korjuutyömailla tutkittiin lähikuljetusta kolmen eri korjuuketjun osana. Ketjut olivat seuraavat:

1. Kaato-kasauskone (MAKERI-pientraktori) - liukupuomilla ja kourasahalla (ÖSA 772) varustettu VALMET 870 CN (traktori B)

2. Kaato moottorisahalla (siirtelykaato) - kasauskone (NORMET)
- liukupuomilla ja kourasahalla varustettu VALMET 870 CN
(traktori B)
3. Kaato moottorisahalla (siirtelykaato) - kasauskone (NORMET)
- kourasahalla (ÖSA 772) varustettu TELI-LOKKERI (traktori A)

Kasaus tehtiin kaikilla palstoilla tarkoitusta varten suunnitellulla koneella, joten VALMETin liukupuomin tarve oli vähäinen.

Puut olivat kaikilla palstoilla suhteellisen lyhyitä ja kuormauksen yhteydessä tehty katkaisusaha ei kaikkien kuormien kohdalla ollut tarpeen. Aineistoa käsiteltäessä on katkaisun vaatineet kuormat ja sitä ilman selvinneet pidetty katkaisukuormauksen vaikutuksen selvittämiseksi erillään.

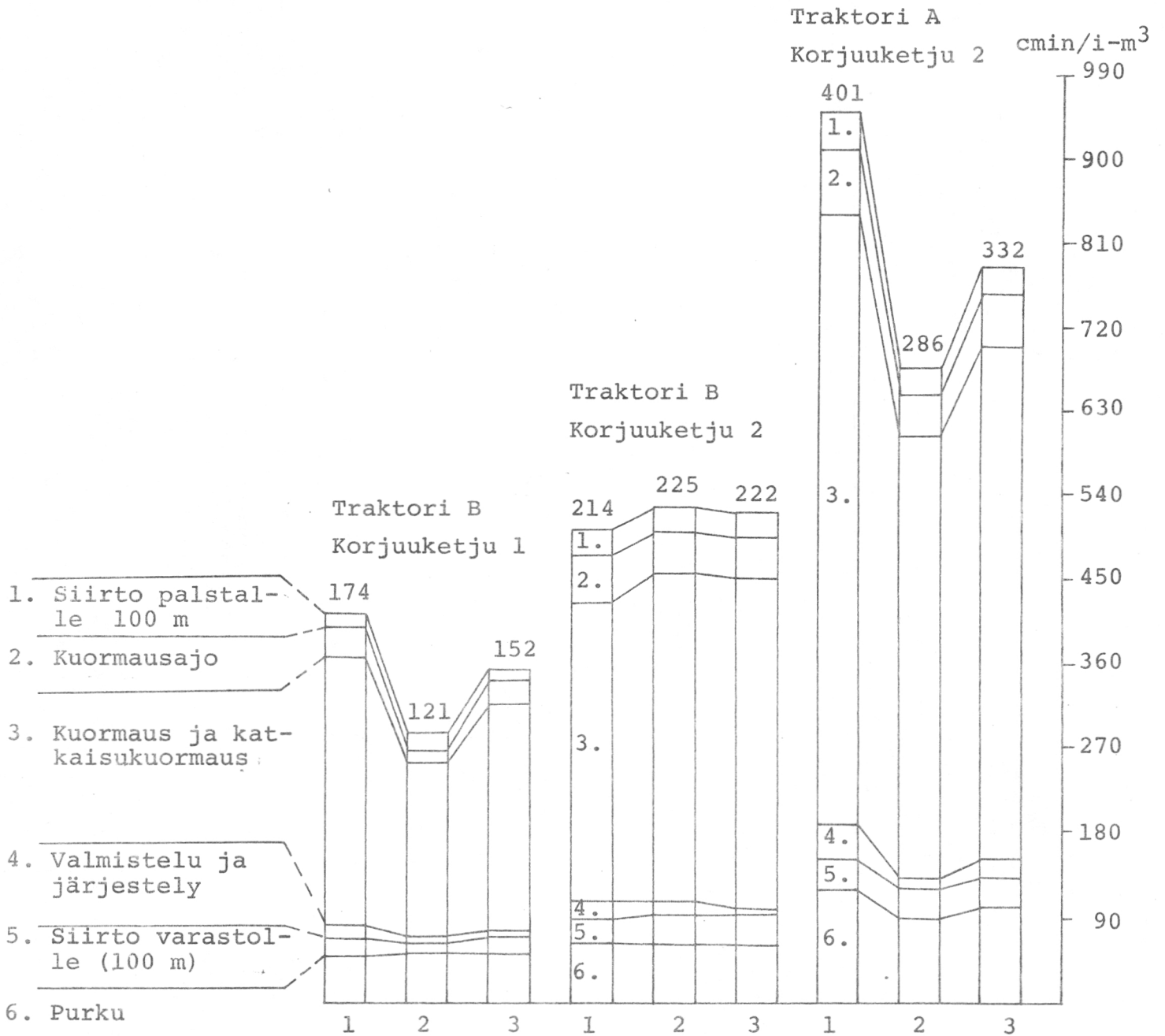
Korjuuketjuja käytettiin eri palstoilla seuraavasti:

- korjuuketju 1, palstat 3, 4 ja 5
- korjuuketju 2, palsta 6
- korjuuketju 3, palstat 1 ja 2

5. TULOKSET

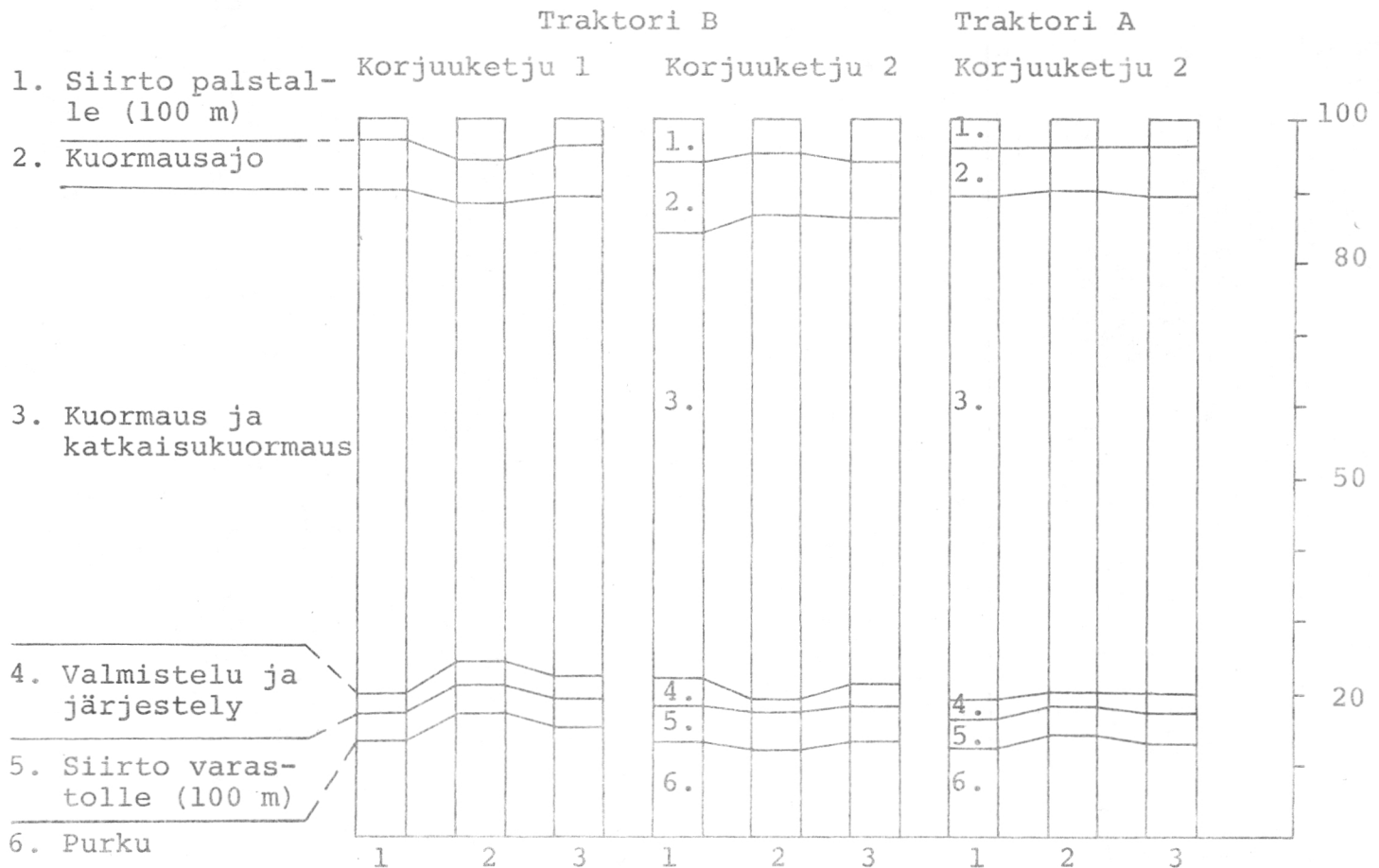
51. Työvaiheet

Piirroksiin 1 ja 2 on kuvattu pylväillä korjuuketjuttain tutkittujen metsätraktoreiden tehollinen työaika työvaiheittain ja sen jakaantuma. Ajat on laskettu 100 m:n metsäkuljetusmatkalle.



Kuva 1. VALMET 870 CN (traktori B) ja TELI-LOKKERI (traktori A) ajantarve työvaiheittain:

- 1 = kuormattaessa suoritettu katkaisu *Korjuuketju 2*
- 2 = kuormattaessa ei katkaisua (huom. *vain 1* katkaisukuorma)
- 3 = keskimäärin



Kuva 2. VALMET 870 CN ja TELI-LOKKERI, työajan suhteellinen jakautuma:

- 1 = kuormatessa suoritettu katkaisusahauksia
- 2 = kuormauksessa ei tehty katkaisusahauksia
- 3 = jakautuma keskimäärin

Osa kuvien 2 ja 3 työvaiheista vaatii tarkemman selvityksen:

- **K a t k a i s u k u o r m a u s** on työvaihe, jossa kokopuunippu tuodaan normaalisti koneen lähelle. Ennen kuorman siirtoa koura kuitenkin irrotetaan ja otetaan uusi otetusta katkaisukohdasta sekä sahataan nippu poikki kourasahalla. Puoliskot kuormataan joko erikseen tai toinen puolisko, josta kouralla on jo ote, nostetaan irtonaisen puoliskon päälle ja siirretään molemmat kuormaan yhtäaikaan.

- Valmisteluun ja järjestelyyn kuuluvat kuormausajon jälkeen tapahtuvat työvaiheet, joita ei voi katsoa kuormaukseen tai ajoon kuuluviksi (esim. kuormaimen väärän asennon korjaus, kuormauskohdan muutos, jne), kuorman korjaus, survominen tai muu vastaava toimenpide.
- Muut kuvien työvaiheet lienevät selviä ilman tarkennuksia.

Korjuuketjuittain ei sanottavia eroja ole jos tarkastellaan vain työajan suhteellista jakautumaa.

Korjuuketjussa 2 on metsätraktorilta kulunut kuormaukseen suhteellisesti vähiten. Korjuuketjussa 1 kaato ja kasaus oli tehty MAKERI-pientraktorilla. Muissa ketjuissa kasaus oli NORMETin Noutajan tekemä. Erot työajan suhteellisessa jakautumassa ovat käytännössä merkityksettömiä.

Verrattaessa kuutiometrin käsittelyyn ja kuljetukseen kuluneita aikoja ovat erot korjuuketjujen välillä huomattavat.

Ajankäyttö on 46 % suurempi korjuuketjussa 2 kuin ketjussa 1 ja korjuuketjussa 3 on aikaa kulunut 118 % enemmän kuin ketjussa 1.

Työvaiheesta on aikaa kulunut eniten kuormaukseen ja myös erot ovat siinä suurimmat. MAKERIn kasaamat kokopuut ovat olleet nopeimmat kuormata. Metsätraktoreista B on ollut selvästi nopeampi kuin A.

Kasauskoneen vaikutus kuormausnopeuteen johtuu pääasiassa kasan koosta. NORMETin tekemät kasat ovat jonkinverran pienempiä ja kasat voivat olla kasaustavasta johtuen myös sekaisempia.

Kuormattuna- ja tyhjänäajoon sekä kuormausajoon näyttää ketjuissa 2 ja 3 kuluneen aikaa enemmän kuin ketjussa 1. Suurten erojen osasy voi olla hiukan parempi maasto korjuuketju 1:n palstoilla. Eroon on voinut vaikuttaa myös MAKERIn tekemät

paremmat kasat, ehkä myös sillä aukaistun uran parempi ajettavuus. Metsätraktoreiden välinen ero aiheutuu osittain myös ikä-erosta (A:n käyttöönottovuosi oli 1971) ja kuljettajien temperamenttieroista.

Korjuuketjussa 2 on ollut vain yksi kuorma, johon nippuja on katkaistu ja vertailut niin ollen ovat heikolla pohjalla. Korjuuketjussa 1 kuormausnippujen katkaisu on lisännyt ajankäyttöä 44 %. Eniten työvaiheista on noussut kuormauksen ajantarve 179 cmin/m^3 :sta 281 cmin/m^3 :iin eli 57 %.

Verrattaessa eri korjuuketjuja keskenään on ketjun 2 tehoaika/ m^3 86 % suurempi kuin ketjussa 1. Kuormaukseen kulunut aika on vastaavasti 94 % suurempi. Ero johtuu kasauskoneesta, kuten aiemmin jo todettiin.

Traktori A:n ajantarpeessa katkaisusahausta vaatineiden ja ilman katkaisua selviytyneiden kuormien kesken erottuvat samat piirteet kuin B:tä koskevastakin. Muutama katkaisusahaus kuormaa kohden on nostanut tehoaikaa/ m^3 40 %:a ja kuormausaikaa 39 %:a.

Sen lisäksi, että katkaisusahaukset ovat nostaneet molemmilla metsätraktoreilla kuormaukseen kulunutta aikaa on myös kuormausajoon käytetty aika lisääntynyt. Tästä syystä on myös ajantarve katkaisukuormilla noussut enemmän kuin katkaisu on lisännyt kuormausajan tarvetta.

Katkaisukuormaus ilmeisesti muuttaa työskentelytapaa siten, että kuormausajon määrä kasvaa. Aineistosta ei syytä voitu varmistaa, mutta ainakaan kasausmenetelmä ei ole nousua aiheuttanut.

52. Kuormien koko ja katkaisusahauksen tarve

Korjuuketjuittain ajettiin kokopuuta seuraavasti (suluissa kuormat, joissa suoritettu katkaisusahaus).

	kuormat kpl	yhteensä m ³
- ketju 1	24 (14)	138,7 (80,1)
- ketju 2	14 (1)	64,8 (4,6)
- ketju 3	27 (12)	163,4 (63,8)

Taulukko 3. Kuormien koko korjuuketjuittain sekä metsätraktorien kuormien koko keskimäärin.

	Katkaisu	Ei katkaisua	Keskimäärin
Korjuuketju	m ³		
Korjuuketju 1	5,7	5,8	5,8
Korjuuketju 2	4,5	4,6	4,6
Korjuuketju 3	5,3	6,6	6,1
Traktori B keskimäärin	5,6	5,6	5,3
Traktori A keskimäärin	5,3	6,6	6,1
Molemmat koneet keskimäärin	5,5	5,8	5,6

Kuormien koko tutkimustyömaalla oli keskimäärin 5,6 m³ (13,1 i-m³). TELI-LOKKERIn kuormat olivat keskimäärin 0,7 m³ suuremmat kuin VALMETin.

Kaikkien kuormien keskikoko vaihteli VALMET 870 CN:llä välillä 3,7 m³ - 7,1 m³ ja TELI-LOKKERILLA välillä 3,9 m³ - 9,1 m³.

Kuormat, joissa selvittiin ilman katkaisusahausta, näyttävät olleen suurempia kuin katkaisusahauksen vaatineet. Varsinkin

traktori A:n kohdalla ero on selvä. Katkaisusahaus ilmeisesti pudottaa kuorman pituutta eikä sen korkeutta voida vastaavasti nostaa, jolloin kuorma pienenee. On myös mahdollista, että puut katkaistiin kuljetuksen kannalta turhan lyhyiksi.

Kasausmenetelmä on myös vaikuttanut kuorman kokoon. Ketjussa 2, jossa se tehtiin NORMETin kasauskoneella on traktori B:n kuorma ollut keskimäärin $1,2 \text{ m}^3$ pienempi kuin palstoilla, joilla kasaus oli tehty MAKERI-kaato-kasauskoneella.

Taulukossa 4 on katkaisusahauksen käyttöä kuvaavia lukuja.

Taulukko 4. Katkaisusahauksen käyttö.

Korjuu- ketju	Puusto, koko- puuta dm^3	Sahaukset katkaistua kuormaa kohden kpl	Sahaukset koko kertymää kohden kpl/m^3	Sahaukset katkaistua kuormaa kohden kpl/m^3
1	30,47	6,2	0,6	1,1
2	38,57	2,0	0,0	0,4
3	26,23	7,3	0,5	1,4

Kuormaa kohden traktori A:n kuljettaja (korjuuketju 3) on käyttänyt katkaisusahausta jonkin verran enemmän kuin toisen traktorin kuljettaja. Ero johtuu A:n suuremmasta kuormakoosta.

Koko kertymää kohden näyttävät molemmat kuljettajat käyttäneen sahaa lähes yhtä paljon. A:n ajamat puut olivat kuitenkin noin metrin pitempiä kuin B:n, joten sen suurempi lastinottokyky näyttää tasoittaneen pitemmän puuston aiheuttaman katkaisutarpeen kasvun.

Korjuuketjussa 2 on katkonnan tarve ollut vähäistä. Syykin on selvä. Vaikka puusto oli tällä palstalla keskikooltaan suurempaa kuin muilla, se oli tilavuudestaan huolimatta noin metrin lyhempää kuin toisilla B:n ajamilla palstoilla.

53. Kuljetustuotos

Taulukko 5. Kuljetustuotos korjuuketjuittain.

Korjuuketju	100	Ajomatka, m	
		300	500
		m ³ /h	
<u>Traktori B</u>			
Korjuuketju 1			
- tehotuntituotos	16,9	14,7	12,9
- käyttötuntituotos	15,4	13,3	11,7
(keskeytykset 10 %)			
Korjuuketju 2			
- tehotuntituotos	11,6	9,5	8,1
- käyttötuntituotos	10,6	11,3	7,4
(keskeytykset 10 %)			
<u>Traktori A</u>			
Korjuuketju 3			
- tehotuntituotos	7,7	6,7	5,9
- käyttötuntituotos	7,1	6,1	5,4
(keskeytykset 10 %)			

Korjuuketjussa 1 kuljetustuotos tehotunnissa vaihteli välillä 8,3 - 24,7 m³ (kuljetusmatka 100 m) ja korjuuketjussa 2 välillä 8,6 - 14,1 m³ (kuljetusmatka 100 m). Varsinkin korjuuketjussa 1 kuljetustuotosta voi pitää melkoisena.

Korjuuketjussa 3 tuotos vaihteli välillä 5,1 - 10,8 m³/tehollinen työtunti (kuljetusmatka 100 m).

Korjuuketjuissa 1 ja 2 puut oli kasattu sekä NORMET-noutajalla että MAKERI-kaato-kasauskoneella. 300 m:n metsäkuljetusmatkalla

oli tehotuntituotos ajettaessa NORMETilla kasattuja puita 65 % tuotoksesta, joka saatiin ajettaessa MAKERilla kasattuja puita.

Korjuuketjussa 3 puut oli myös kasattu NORMETilla. Kuljetustuotos 300 m:n matkalla oli huonompi kuin ketjun 2 tuotos. Tuloksia ei voi kuitenkaan verrata keskenään koska traktori A suoritti katkaisusahauksen lähes puolelle kuormistaan, kun taas B katkaisi NORMETilla kasatuista puista vain yhden kuorman, siitäkin ainoastaan kaksi kuormaustaakkaa.

Taulukko 6. Traktori B. Kuljetustuotos tehotyötunnissa kourasahaa käytettäessä ja ilman kourasahaa.

Korjuuketju	Kuormia	Ajomatka, m		
		100	300	500
			m ³ /h	
<u>Korjuuketju 1</u>				
- katkaisu	14	14,8	13,1	11,7
- ei katkaisua	10	21,2	17,7	15,1
<u>Korjuuketju 2</u>				
- ei katkaisua	13	11,5	9,4	8,0

Katkaisusahaus on laskenut selvästi traktori B:n tuotosta. Se jäi 300 m:n kuljetusmatkalla keskimäärin 74 %:iin katkaimattomien puiden kuljetustuotoksesta (korjuuketju 1).

Taulukko 7. Traktori A. Kuljetustuotos tehotyötunnissa kourasahaa käytettäessä ja ilman kourasahaa.

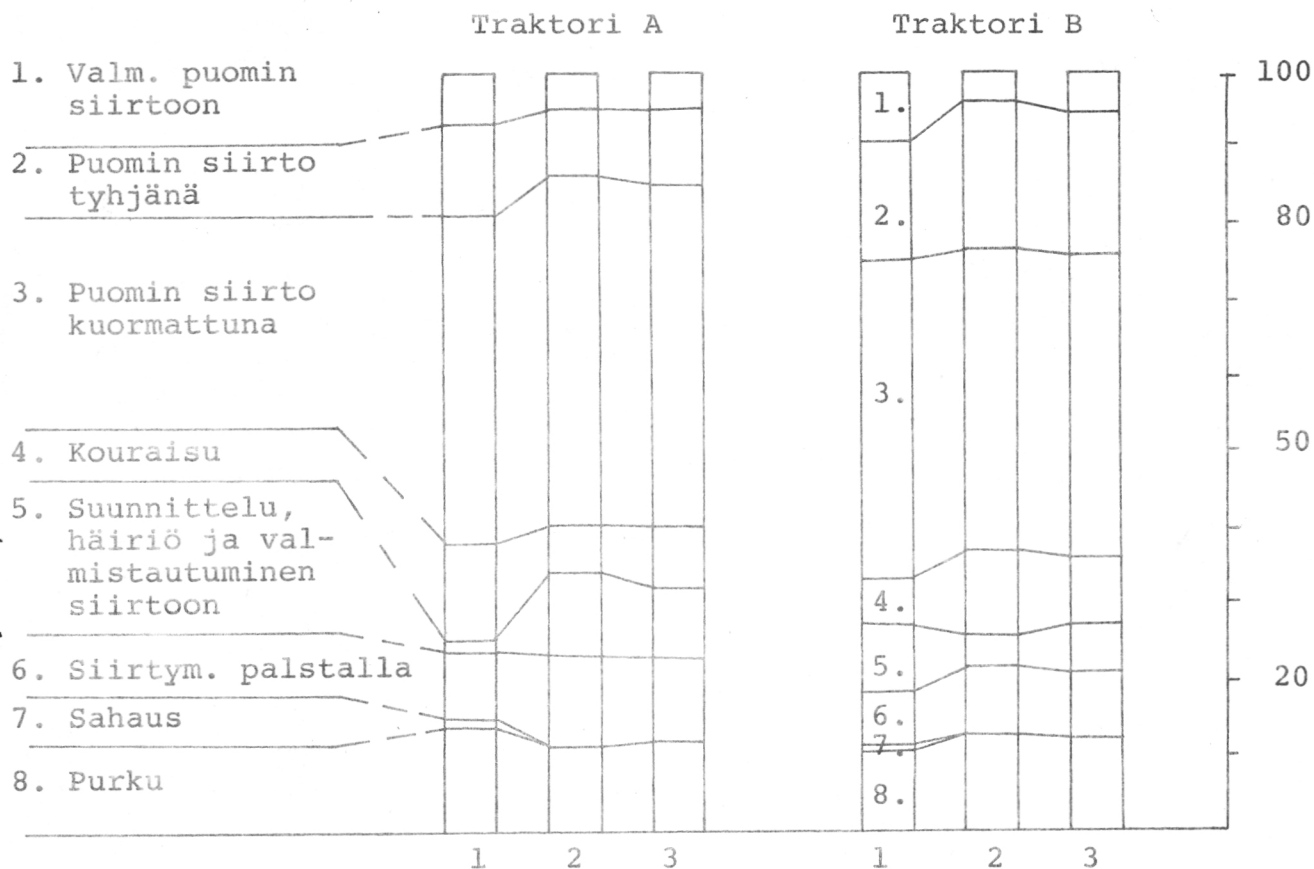
Korjuuketju	Kuormia	Ajomatka, m		
		100	300	500
			m ³ /h	
<u>Korjuuketju 3</u>				
- katkaisu	12	6,4	5,6	5,0
- ei katkaisua	15	19,0	7,8	6,8

Myös korjuuketjussa 3 on kuormaustaakkojen katkonta laskenut tehotuntituotosta (taulukko 7). Jos kourasahaa käytetään jatkuvasti on tulos 72 % ilman katkaisua suoritetun lähikuljetuksen tuotoksesta.

Kourasahan käyttö näyttää aiheuttavan lähes yhtä suuren tuotoksen laskun (prosentteissa) molemmille metsätraktoreille.

On mahdollista, että puuston keskikoon ollessa suurempi kuin tämän tutkimuksen koeleimikossa tuotos ei laske yhtä paljon. Toisaalta puuston ollessa kookkaampaa myös katkontatarve lisääntyy.

54. Kuljettajien työajan jakautuma



Kuva 3. Kuljettajien ajankäytön suhteellinen jakautuma

- 1 = suoritettu katkaisusahauksia
- 2 = katkaisusahauksia ei suoritettu
- 3 = ajankäytön jakautuma keskimäärin

Kuljettajien työajan keskimääräisessä suhteellisessa jakautumisessa olivat suurimmat erot työvaiheissa: puomin siirto tyhjänä, puomin siirto kuormattuna, häiriö, siirtyminen palstalla ja asettelu.

Traktorissa B oli liukupuomikuormain ja on mahdollista, että puomin siirto tyhjänä on sen vuoksi vienyt aikaa suhteellisesti enemmän kuin A:lta. Vastaavasti liukupuomin vuoksi kouran sai heti kuormausnipun katkaisukohtaan, jolloin kuormausaika väheni. Samoin liukupuomi on ilmeisesti laskenut kuormausajan osuutta (vähemmän siirtoja/kuorma).

"Puomin siirtoon kuormattuna" on A:n kuljettaja käyttänyt suuremman osuuden kuin B:n. Eroon on montakin mahdollista syytä, LOKKERIn kuljettaja on ollut kokemattomampi kokopuun kuljettajana, suuremman traktorin kuormaus ensiharvennusleimikossa on vaikeampaa, liukupuomi on nopeuttanut katkaisusahauksessa A:n kuormasta jne. Myös koneitten ikäero on saattanut vaikuttaa. Tähän viittaa myös häiriöiden suurempi osuus A:n kuljettajan ajankäytön jakautumassa.

Siirtymiseen palstalla on B:n kuljettaja käyttänyt vähemmän aikaa. Syykin on selvä, hän käytti yleensäkin suuria ajonopeuksia. Sen lisäksi, kuten edellä mainittiin, on myös liukupuomin käyttö voinut vähentää siirtojen määrää.

Kuormausaakkojen katkaisun vaikutus kuljettajien työajan jakautumaan näyttää olleen erilainen. Ainoastaan puomin siirtoon valmistautumiseen ja siirtymiseen palstalla on vaikutus ollut samansuuntainen. Molemmilla metsätraktoreilla on palstalla siirtymiseen kulunut aika jäänyt lyhyemmäksi jos on suoritettu katkaisusahauksia.

Valmistautuminen puomin siirtoon katkaisusahauksen yhteydessä on taas vienyt enemmän aikaa (suhteellisesti).

Siirtyminen palstalla (kuormausajo) on vienyt katkaistujen kuormien kohdalla enemmän aikaa/m³, mutta kuitenkin suhteellisesti

vähemmän kokonaisajasta (vrt. kuvat 1 ja 2). Tämän täytyy johtua täyspitkien puiden kuormauksen hankaluudesta, jonka vuoksi kuormauspaikka on valittava tarkemmin kuin jos taakat katkaistaan. Huonompi kuormauspaikka on myös voinut lisätä työvaiheeseen "valmistautuminen puomin siirtoon" käytetyn ajan osuutta. Muulla tavoin on viimeksi mainitun työvaiheen osuuden kasvua vaikea selittää.

Katkaisukuormauksen vaikutus eri kuljettajilla kuormauksen työvaiheissa näyttää olleen erilainen. Esim. A:lla kouraisuun kuluva aika on noussut katkaisukuormien yhteydessä, mutta B:llä laskenut. Syytä tähän on vaikea arvioida. Katkaisusahaus on molemmilla lisännyt kuormaukseen kulunutta aikaosuutta vaikka varsinaiseen sahaukseen käytetty aika jääkin pieneksi.

Katkaisusahaus on vähentänyt B:n kuorman purkuajan osuutta, A:lla on käynyt päinvastoin. Tämä voi johtua metsätraktoreiden tehoeroista. B:lle täyskourallinen katkaisuomattomia kokopuita voi olla liian raskas kun taas A:lla täyskoura katkaistuja kokopuita jää ehkä tehoon nähden liian pieneksi.

6. KUSTANNUKSET

Taulukoihin 7, 8 ja 9 on laskettu korjuuketjujen kustannukset. Laskentaperusteet ovat seuraavat:

Kaato: Siirtelykaadon kustannus on laskettu menetelmää varten laadittujen kokeilutaksojen mukaan (PIENILÄPIMITTAISTEN KOKOPUURUNKOJEN... 1978) keskimääräisenä kaikille korjuuketjuille, joissa kaato tehtiin moottorisahalla. Leimikosta poistettu runkoluku/ha oli 1 676 kpl ja läpimittaluokka 7 cm. Kaato-tuotoksena käytettiin 3,2 m³/h. Sosiaalikulustannusten osuus on 40 %.

Kaato ja kasaus: Korjuuketjussa 1 kaato ja kasaus tehtiin MAKERI-kaato-kasauskoneella. Muissa ketjuissa kaato tapahtui miestyönä ja kasaus NORMET-noutajalla. MAKERIn tuntikulustannuksena

on käytetty 90,00 mk/h ja ostohintana 170 000 mk. Vastaavasti NORMETin ostohinnaksi on oletettu 270 000 mk, jolloin sen tuntikustannus on 138 00 mk/h laskettuna ostohintojen ja toisen koneen tuntikustannuksen avulla. Kuljettajan palkkana sosiaali-kustannuksineen on käytetty 25 mk/h.

Laskentatapa ei anna moitteetonta tulosta, mutta perustietojen ja käyttökokemusten puuttuessa eivät monimutkaisemmat menetelmät liene käytettyä parempia.

MAKERin tuotoksena on käytetty 4,3 m³/h (kokopuuta) ja NORMETin 16,3 m³/h (kokopuuta). Molemmat tuotokset perustuvat koetyö-maalta saatuun aineistoon.

Lähikuljetus: Metsätraktoreiden tuntikustannuksena on käytetty voimassa olevaa metsätraktoreiden aikatyöohjemaksua, joka traktorilla A (TELI-LOKKERI) on 90 mk/h ja traktorilla B (VALMET 870, CN) 79 mk/h. (PUUTAVARAN METSÄTRAKTORIKULJETUKSEN...) Tuotoksena on käytetty tämän tutkimuksen tuloksia.

Kustannuksiin on lisätty myös kourasahan kustannus 5,8 mk/h (KAHALA, TAIPALE 1978). Taulukoissa 8 ja 9 se on kuitenkin laskettu vain sahauskuormille.

Taulukko 7. Kustannukset korjuuketjuittain. Kuljetusmatka 300 m.

Työvaihe	Traktori B		Traktori A
	Korjuuketju		
	1	2	3
	mk/m ³		
Kaato	} 20,9	12,2	12,2
Kasaus		8,5	8,5
Lähikuljetus ja katkaisu	6,4	7,5	15,7
Yhteensä	27,3	28,2	36,4

Taulukko 8. Traktori B. Katkaisusahauksen vaikutus korjuuketjujen kustannuksiin. Kuljetusmatka 300 m.

Työvaihe	Korjuuketju		
		1	2
	Katkaisu	Ei katkaisua mk/m ³	Ei katkaisua
Kaato	} 20,9	20,9	12,2
Kasaus			8,5
Lähikuljetus	7,1	4,9	7,0
Yhteensä	28,0	25,8	27,7

Taulukko 9. Traktori A. Katkaisusahauksen vaikutus korjuuketjun kustannuksiin. Kuljetusmatka 500 m.

Työvaihe	Korjuuketju 3	
	Katkaisu	Ei katkaisua mk/m ³
Kaato	12,2	12,2
Kasaus	8,5	8,5
Lähikuljetus	18,8	12,7
Yhteensä	39,5	33,4

Keskimäärin näyttää LOKKERIn korjuuketju tulleen kalleimmaksi. Korjuuketju 1 on ollut edullisin.

Metsätraktoreiden kuutiometrikustannus taulukoissa perustuu kuljetustuotokseen ja koska B:n tuotostasoa on pidettävä poikkeuksellisen korkeana ne eivät tee oikeutta A:lle.

Kuormaustaakkojen katkaisu, jos sitä tehdään joka kuormalle, on lisännyt korjuuketjun kustannusta:

- korjuuketju 1 2,2 mk/m³
- korjuuketju 2 0,5 " (vain yksi katkaisukuorma)
- korjuuketju 3 6,1 "

Mainittakoon, että miestyönä tapahtuva silmävarainen katkonta 5,6 + m:n mittaiseksi, maksaa työvaihetaksan mukaan pituudesta riippuen 1,31 - 1,77 mk/m³ (rungon koko 13 - 37 dm³).

7. TULOSTEN TARKASTELU

71. Tuotoserot

VALMET 870 CN:n (traktori B) ja TELI- LOKKERIn (traktori A) tuotosero oli tutkimustyömailla melkoinen ja heikentää tulosten vertailtavuutta. Erot johtuvat kuljettajista ja osittain myös koneitten iästä. VALMETin kuljettaja oli koneen kannalta ehkä liiankin tehokas.

Kun kuljetustuotoksia vertaa aiempiin kokemuksiin kokopuun tai muun puun metsäkuljetuksesta voi todeta, että LOKKERIn tulokset ovat todennäköisesti lähempänä käytännön tuloksia kuin VALMETin.

72. Eri työmenetelmien vaikutus metsätraktoreitten työskentelyyn

Taulukoihin 10 a ja 10 b on koottu korjuuketjuittain metsätraktoreiden työtä kuvaavia lukuja. Korjuuketjussa 2 katkaisusahausta suoritettiin vain yhdelle kuormalle ja siten sen vertailuarvo on heikko.

Taulukko 10 a. Eri työmenetelmien vaikutus metsätraktoreitten työhön.

Yk-sikkö	Traktori B						Traktori A		
	Korjuuketju								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kuormakoko m ³	Kat-kaisu 5,7	Ei kaisu 5,8	Keski-määrin 5,8	Kat-kaisu (4,5)	Ei kaisu 4,6	Keski-määrin 4,6	Kat-kaisu 5,3	Ei kaisu 6,6	Keski-määrin 6,1
Lastaustaakat m ³	0,26	0,32	0,29	(0,17)	0,17	0,17	0,14	0,18	0,16
Lastaustaakat kpl/kuorma	21,6	18,1	20,2	(27,0)	27,0	27,0	37,5	37,3	37,4
Siirrot m ³ /siirto	0,68	0,89	0,75	(0,41)	0,55	0,55	0,39	0,53	0,46
Siirrot kpl/kuorma	8,4	6,6	7,7	(11,0)	8,2	8,4	13,5	12,5	13,0
Purkutaakat m ³	0,70	0,79	0,74	(0,64)	0,64	0,64	0,61	0,77	0,67
Purkutaakat kpl/kuorma	8,1	7,4	7,8	(7,0)	7,2	7,1	8,7	8,7	8,7

Taulukko 10 b. Eri työmenetelmien vaikutus metsätraktoreitten työneuteen.

	Traktori B						Traktori A					
	Korjuuketju											
	1		2		3		1		2		3	
Yksikkö	Kat-kaisu	Ei kat-kaisu	Keski-määrin	Kat-kaisu	Ei kat-kaisu	Keski-määrin	Kat-kaisu	Ei kat-kaisu	Keski-määrin	Kat-kaisu	Ei kat-kaisu	Keski-määrin
Ajonopeus tyhjänä	m/s	2,7	1,8	2,3	(1,3)	1,3	0,9	1,0	1,3	0,9	1,0	1,0
Ajonopeus kuormattuna	m/s	1,7	2,2	1,9	(1,6)	1,3	0,9	0,9	1,3	0,9	0,9	0,9
Kuormausajo	m/s	1,0	1,6	1,2	(0,7)	1,0	0,4	0,6	0,9	0,4	0,6	0,5
Lastaus	min/kuorma	13	10	12	(13)	16	29	31	16	29	31	30
Purku	min/kuorma	3	3	3	(3)	3	6	6	3	6	6	6

Kuten taulukosta 10 a havaitaan on katkaisusahauksen ja kasausten menetelmän vaikutus ollut suhteellisen selvä.

Kasauksen suoritus NORMET-noutajalla vaikutti B:n toimintaan seuraavasti:

- kuorman koko laski
- lastaus- sekä purkutaakkojen koko laski
- siirtoa kohden kuormattu määrä laski
- siirtokerrat kuormaa kohden nousivat

Katkaisusahauksen vaikutus on myös selvä. Molempiin metsätraktoreihin se on vaikuttanut seuraavasti:

- kuorman koko laski (selvemmin A:lla)
- lastaus- ja purkutaakkojen koko laski
- siirtojen määrä kuormattua yksikköä kohden laski (katkaisutaakkojen kuutiomäärä keskimäärin suurempi)
- siirtojen määrä kuormaa kohden nousi
- lastaus- ja purkutaakkojen määrä kuormaa kohden nousi

A suoritti kuljetusta ainoastaan NORMETin jälkeen. Verrattaessa vastaaviin B:n tuloksiin ovat sen kuormat olleet selvästi suurempia. Taulukosta löytyy myös pari syytä A:n B:tä heikompaan tuotokseen. Yhtä kuormaa kohden on se siirtynyt selvästi enemmän kuin B, myös kuormaustakaan keskikoko näyttää jääneen lievästi pienemmäksi. Ero aiheutuu ilmeisesti B:n liukupuomista.

Siirtelykaato ja NORMET-noutajan suorittama kasausta on laskenut VALMETin ajonopeuksia (taulukko 10 b). Koska myös ajonopeus tyhjänä on laskenut on mahdollista, että siirtelykaato-palstojen maasto on ollut huonompaa tai palstojen ajettavuus MAKERin jälkeen on parempi. Kuormien teko näyttää olleen MAKERin jälkeen nopeampaa, mutta purkuun ei kasausta ole vaikuttanut.

Lastaustaakkojen katkaisuun ovat metsätraktorit suhtautuneet hieman erilailla.

Katkaisusahaus on nostanut B:n tyhjänäajonopeutta, mutta isompaan traktoriin vaikutus on ollut päinvastainen. Sahausten ei luulisi vaikuttavan tyhjänä ajoon, mutta kaikilla palstoilla kerättiin sekä katkaisukuormia että katkaisemattomia, joten huonontuneita ajo-olosuhteitakaan ei voi syyttää.

Kuormaus-ajoon on vaikutus ollut selvä, molemmilla traktoreilla kaikissa korjuuketjuissa on kuormausajonopeus laskenut katkaisusahauskuormien kohdalla.

Katkaisu näyttää hidastaneen B:n, mutta nopeuttaneen A:n kuormausta. Kuormien purkunopeuteen ei katkaisusahaus ole vaikuttanut.

Verrattaessa eri traktoreita on A ollut selvästi hitaampi.

73. Vertailu katkotun ja karsitun puutavaran kuljetukseen

Taulukko 11. Pienkokopuun kuljetuksen työvaiheet ja muuttujat verrattuna katkotun ja karsitun puutavaran lähikuljetukseen.

Työvaihe tai tuotokseen vaikuttava muuttuja	Yk-sikkö	Korjuuketju			*Pino-tavara
		1	2	3	
Kuormaustaakat	m ³	0,29	0,17	0,15	0,37
Kuormausaika	min/m ³	2,6	4,4	6,1	1,4
Kuormausajo	m/s	1,2	0,9	0,5	0,4
Purkutaakat	m ³	0,74	0,64	0,67	0,49
Purkamisaika	min/m ³	1,9	1,6	1,0	1,2
Tyhjänä ajo	m/s	2,3	1,3	1,0	0,8
Kuormattuna ajo	m/s	1,9	1,3	0,9	0,7
Kuorman koko	m ³	5,8	4,6	6,1	6,8

*3 m havukuitupuuta

Taulukkoon 11 on kerätty tässä tutkimuksessa pienikokoisen mäntykokopuun ja muissa tutkimuksissa 3 m pinotavaran ajosta saatuja tunnuslukuja (KAHALA 1972).

Pinotavaran ajosta saadut luvut ovat useamman työmaan ja metsätraktorin keskiarvoja, kokopuun ajoa kuvaavat luvut ovat vain tältä tutkimustyömaalta.

Sekä kuormaustaakat että kuorman koko näyttävät jäävän pienemmiksi kokopuun kuin 3-metrisen pinotavaran kuljetuksessa. Purkutaakat sen sijaan ovat suurempia vaikka purkuun kuluu kokopuulla enemmän aikaa (traktori B).

Pienkokopuun kuormaus on ollut selvästi hitaampaa kuin 3-metrisen havukuitupuun. Sen sijaan molempien tutkittujen metsätraktoreiden ajonopeudet olivat suuremmat kuin 3-metrisen kuitupuun ajossa. Todennäköisin syy on tutkimustyömaan keskimääräistä parempi maasto.

74. Kuorman tiivistämisen vaikutus kustannuksiin

Pienkokopuun metsäkuljetus kärsii kuormien pienestä kuutiolisällöstä, myös ajanmenekki on joissain työvaiheissa selvästi suurempi kuin esim. 3-metrisen pinotavaran kuljetuksessa.

Jos halutaan esimerkin omaisesti laskea minkälaisia säästöjä kokopuun kuljetuksessa on kuormien tiivistämisellä saavutettavissa, voitaneen lähtökohdaksi olettaa, että kuljetetusta kokopuukuormasta on maksettava vähintään sama kuin pinotavara-kuormasta.

Tutkimustyömaan olosuhteissa olisi 3-metrisen ja sitä pitemmän havukuitupuun kuljetus (kuljetusmatka yli 300 m, kasaus suoritettu) maksanut $8,43 \text{ mk/m}^3$, eli kuorman kustannus olisi 51,42 mk. Tässä tutkimuksessa traktori B:n kokopuukuorma oli keskimäärin $5,3 \text{ m}^3$ eli kustannus olisi vastaavasti $9,70 \text{ mk/m}^3$ ja jos kourasaha lasketaan mukaan $11,80 \text{ mk/m}^3$.

Jos kokopuukuormaa tässä tapauksessa tiivistetään n. 20 % on kuorman koko sama kuin pinotavaralla ja saavutetaan kokopuun ajossa 1,27 mk/m³ säästö, ellei kourasahaa lasketa mukaan.

Jos kuormaa tiivistetään 30 %, mikä ainakin kuorma-autoilla on osoittautunut mahdolliseksi, nousee kuorman sisältö 6,9 m³:iin ja sen kuljetus tulee 1,0 mk/m³ halvemmaksi kuin pinotavaran. Jos kuitenkin kourasahan kustannus lasketaan mukaan on kokopuun kuljetus vielä 1,13 mk/m³ kalliimpaa kuin 3-metrisen kuitupuun.

Kaiken kaikkiaan saisi siis kuormaa kantavaan metsätraktoriin rakennettavan tiivistyslaitteiston kustannus olla korkeintaan 2,3 mk/m³.

Laskelmassa ei ole huomioitu siirtokustannuksia, mutta ne ovat leimikosta saatavaa kuutiometriä kohden pienemmät, koska kertymä/ha on suurempi kokopuuna kuin pinotavarana, jos nämä kaksi menetelmää pannaan samassa leimikossa rinnakkain.

Tiivistyslaitteistolla saavutettu säästö kuutiota kohden vaikuttaa pieneltä koska jo kourasahan kustannus on suurinpiirtein sama. Mikäli kuitenkin metsätraktoria käytetään pelkästään kokopuun ajossa voi tiivistyslaitteiston asennus olla perusteltua, jos sen rakentaminen on mahdollista.

8. KIRJALLISUUS

Kahala, M. 1972. Puutavaran metsäkuljetus kuormatraktorilla.
Metsätehon Tiedotus 310.

Kahala, M., Taipale, J. 1978. Pitkän puutavaran korjuu kasvatusmetsistä. Metsätehon katsaus 4/1978.

Puutavaran metsätraktorikuljetuksen ohjemaksut Etelä-Suomessa
1.2.1978 - 31.8.1978. Helsinki 1978.

Puutavaran metsätraktorikuljetuksen ohjemaksut Etelä-Suomessa
1.9.1978 - 31.1.1979. Helsinki 1978.

Pieniläpimittaisten kokopuurunkojen mittaus ja hakkuupalkat,
voimassa kokeilukäyttöä varten 31.12.1978 saakka.
Moniste/Metsä- ja uittoalan TES neuvottelukunnat
1978.

