

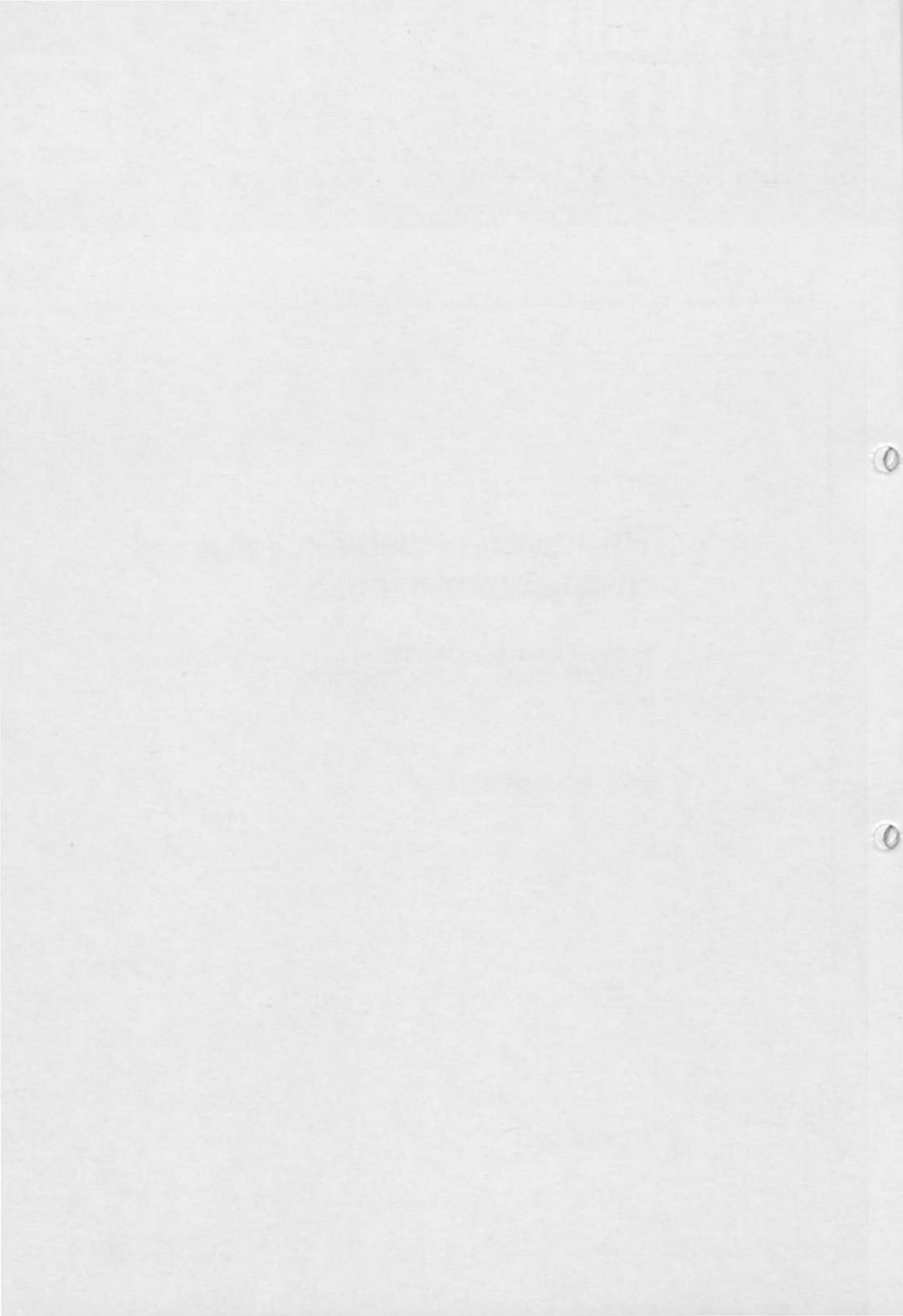


Puutavaran metsäkuljetus maataloustraktorilla

FOREST HAULAGE OF TIMBER
WITH AN AGRICULTURAL TRACTOR

ESKO MIKKONEN

HELSINKI 1984



M E T S Ä T E H O

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n metsätyöntutkimusosasto
*Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish
Forest Industries*

PUUTAVARAN METSÄKULJETUS

MAATALOUSTRAKTORILLA

*Forest Haulage of Timber
with an Agricultural Tractor*

Esko Mikkonen

SISÄLLYS
Contents

	Sivu Page
TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO	5
2.1 Tutkimuskohteiden valinta	5
2.2 Aineisto, sen keruu ja tutkimusmenetelmät	7
3 TUTKIMUSTULOKSET	7
3.1 Olosuhteiden vaikutukset	7
3.1.1 Kuorman koko	7
3.1.2 Ajanmenekit	8
3.1.2.1 Maastossa-ajo	8
3.1.2.2 Kuormaus	10
3.1.2.3 Purkaminen	10
3.1.2.4 Kuormaimen käsittely	11
3.1.2.5 Maaston vaikutus ajanmenekkiin	11
3.1.3 Lumen vaikutus työskentelyyn	11
3.1.3.1 Kuormaus, purkaminen ja kuorman koko	11
3.1.3.2 Ajon ajanmuutokset	11
3.1.4 Kokonaisajanmenekki	12
3.1.5 Harvennushakkuiden vaikutus	12
3.2 Käyttöasteen seuranta	13
3.2.1 Yleistä	13
3.2.2 Ajankäytön jakaumat ja käyttöasteet	13
3.2.3 Keskeytysten syyt	13
3.2.4 Luotettavuus	14
3.3 Tuottavuus	14
3.3.1 Olosuhteiden vaikutukset tuotoksiin	14
3.3.2 Seurannan käyttötuntituotokset	15
3.4 Kustannuslaskelmat	15
3.4.1 Tuntikustannukset	15
3.4.2 Yksikkökustannukset	16
4 PÄATELMAT JA SUOSITUKSET	16
KIRJALLISUUTTA - R e f e r e n c e s	17
S u m m a r y	18
LIITTEET	19

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa, joka tehtiin metsäkuljetusmaksujen sopijapuolten pyynnöstä, selvitettiin toisaalta aikatutkimuksella urakoitsijalinjan maataloustraktoriin perustuvan yhdistelmän ajanmenekkiä metsäkuljetuksessa ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä toisaalta seurantatutkimuksella yhdistelmien ajankäytön rakennetta, käyttöasteita ja tuottavuutta.

Urakoitsijalinjan maataloustraktoriyhdistelmän ajanmenekkiin vaikuttavat samat tekijät kuin metsätraktorin ajanmenekkiin: metsäkuljetusmatka ja maasto, puutavaralaji ja leimikon tiheys, hakkuutapa jne. Keskimääräisellä ajomatkalla yhdistelmä on metsäkuljetuksessa yhtä nopea kuin metsätraktori, mutta lyhyellä matkalla hitaampi ja pitkällä vastaavasti nopeampi. Maaston huononeminen lisää metsäkuljetuksen ajanmenekkiä erityisesti maastoluokassa 3. 30 - 40 cm:n lumi vaikuttaa jo ajanmenekkiin ja yli 50 cm:n lumi hidastaa metsäkuljetusta erittäin tuntuvasti ja pienentää hyötykuorman puoleen.

Kuormaimen käsittelyn työvaiheiden ajanmenekki on keskikokoisen metsätraktorin vastaavaan ajanmenekkiin verrattuna keski-

määrin lähes kaksinkertainen. Se johtuu ennen muuta kuormainten alhaisesta tehosta ja usein kuljettajan epämukavasta työskentelyasennosta kuormattaessa. Juuri kuormaimen käsittelyn hitaus selittää maataloustraktoriyhdistelmän suuren kokonaisajanmenekin ja alhaisen tuottavuuden.

Maataloustraktoriyhdistelmien tekninen luotettavuus on tutkimuksen perusteella varsin hyvä, sillä tekninen käyttöaste on ollut 90.6 %. Yhdistelmien käytön suunnittelu sen sijaan on ollut selvästi puutteellista ja se on laskenut toiminnallisen käyttöasteen keskimäärin 83.7 %:iin. Siirtojen osuus on 4.3 %, mikä on pienempi kuin metsätraktoreiden siirtojen osuus.

Seurantajaksolla kalusto oli työssä vain 62.2 % kokonaisajasta. Seurantajakson keskimääräinen tuottavuus ilman siirtoja oli kokonaisaikaa kohti 4.8 m³/h.

Urakoitsijalinjan maataloustraktoriyhdistelmän todennäköiset metsäkuljetuskustannukset ovat vuoden 1984 kustannusten mukaan 21 - 26 mk/m³ yhdistelmän hinnan ja työllistämistuntimäärän, puutavaralajin sekä työskentelyajankohdan mukaan.

1 JOHDANTO

Teollisuuden hankkiman puutavaran metsäkuljetus on viime vuosina yhä enenevässä määrin hoidettu varsinaisilla metsätraktoreilla, kun taas metsänomistajien omatoimisesti metsästään hakkaaman puutavaran metsäkuljetus tapahtuu yleensä maataloustraktoreilla. Hankintahakkuiden kustannusten korvaamiseksi metsän myyjät ja ostajat ovat sopineet hankintalisistä, joilla korvataan omatoimisen hakkuun ja metsäkuljetuksen työ- ja konekustannukset.

Maataloustraktoreille ei viime vuosina ole ollut erillisestä metsäkuljetuksesta maksusopimusta, vaan niille on käytetty metsätraktoreiden maksuja. Sen vuoksi metsäkuljetusmaksujen sopijapuolet pyysivät Metsätehoa tutkimaan maataloustraktorin ajanmenekkiä puutavaran metsäkuljetuksessa maksuperusteiden tarkistamista ja päivittämistä varten. Pyynnöstä ne nimesivät tukiryhmän, johon kuuluivat urakoitsijat Juha Hyvärinen ja Touko Niemenoja ja aluepäällikkö Matti Olkkonen Koneurakoitsijain liitto r.y:stä sekä metsänhoitajat Kalevi Mikkonen Osuuskunta Metsäliitosta ja Harri Rumpunen Metsäalan Kuljetuksenantajista.

Tutkimus päätettiin jakaa kahteen osaan: toisessa selvitettiin olosuhteiden vaikutusta metsäkuljetuksen ajanmenekkiin ja toisessa maataloustraktoriperustaisen kaluston kestävyyttä ja toimintavarmuutta metsäkuljetuksessa.

Tutkimusaineisto olosuhteiden vaikutuksesta kerättiin vuoden 1983 aikana ja koneiden käyttöastetta seurattiin 15.9.1983 - 17.4.1984.

Tutkimuskoneet työskentelivät seuraavien yritysten työmailla: Enso-Gutzeit Oy, Osuuskunta Metsäliitto, Myllykoski Oy, Rauma-Repola Oy, Oy Wilh. Schauman Ab ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy.

Tutkimuksen kuluessa Metsäteho sai apua Koneurakoitsijain liitolta ja niiltä jäsenyrityksiltään, joiden työmailla tutkimuk-

set tehtiin. Apua saatiin myös Mäntsälän metsänhoitoyhdistykseltä, jonka työmailla yksi tutkimuskoneista työskenteli.

2 TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

2.1 Tutkimuskohteiden valinta

Tutkimusta suunniteltaessa päädyttiin siihen, että kaikkein pienimmät maataloustraktorit ja niihin kiinnitettävät laitteet jätettäisiin tutkimuksen ulkopuolelle. Niinpä esimerkiksi "isännänlinjan" yksiköitä - rekiä, lovipankkoja tms. - ja niiden käyttämiä menetelmiä ei tutkimukseen sisällytetty. Tutkimuskohteena olevan kaluston tuli olla sellaista, että sillä periaatteessa kyettäisiin ympäri-vuotiseen työskentelyyn tyypillisissä metsäkuljetusolosuhteissa.

Tutkimuskoneiden valitsemista varten saatiin Koneurakoitsijain liitolta lista maataloustraktorilla metsäkuljetusta suorittavista urakoitsijoista. Tältä listalta arvottiin satunnaislukujen avulla 11 konetta siten, että ne edustivat eri kokoluokkia ja työskentelivät Etelä-Suomessa. Jos kyseisellä koneella ei silloin ollut eikä sille lähitulevaisuudessaakaan näyttänyt järjestyvän työtä, arvottiin uusi kone. Tutkimuksessa mukana olleet kone-yhdistelmät näkyvät liitteestä 1 (s. 20).

Tutkimusaineistolle asetettiin vaatimus, että sen tulisi pääasiassa sisältää tukkeja ja noin 3 m kuitupuuta ja ajoa sekä harvennus- että avohakkuuolosuhteissa.

Työmaita ei valittu arpomalla, vaan tutkimuskohteeksi otettiin ajallisesti työntekijän ohjelmaan sopiva työmaa, joka täytti mainitut vaatimukset. Tutkimuksen aineistonkeruuaikaa jatkettiin niin, että aineistoa saatiin myös lumiolosuhteista. Kuusi olosuhteiden tutkimuksessa mukana ollutta konetta otettiin käyttöasteseurantaan. Se käynnistyi heti syksyllä 1983, kun koneet alkoivat työt kesäkauden jälkeen.



Kuva 1. Vetämättömällä perävaunulla varustettu MF 590 luokiteltiin pieneksi yhdistelmäksi. Kaikki valok. Metsäteho



Kuva 2. Valmet 802 edusti tutkimuksessa keskikokoista yhdistelmää



Kuva 3. Tutkimuksen suurin yhdistelmä oli Valmet 1203 ja metsätraktorin takarungosta tehty perävaunu

2.2 Aineisto, sen keruu ja tutkimusmenetelmät

Tutkimusaineiston olosuhteiden vaikutuksista keräsi kaikista koneista sama työn-tutkija tavanomaista aikatutkimustekniikkaa käyttäen. Käyttöasteen seurantaan var-ten koneisiin asennettiin tärinäkellot, jotka rekisteröivät koneen käyntiajan ja työn keskeytysajat. Kulloisenkin keskey-tyksen syyn kuljettajat ilmoittivat lomak-keella. Leimikko- ja puumäärätiedot ke-rättiin paikalliselta työnjohdolta.

Olosuhteiden tutkimuksen kuormittainen ai-neisto (taulukko 1) mitattiin käyttäen Metsätehon metsätraktoriaineistojen mit-tausmenetelmää. Käyttöasteenseurannan puu-määrät puutavaralajeittain (taulukko 2) saatiin joko jälki- tai pystymittauslis-toilta. Molempien aineistojen jakautuminen eri hakkuutapoihin ja maastoluokkiin näkyy liitteestä 2 (s. 20).

Olosuhteiden vaikutukset laskettiin ai-neistosta metsätraktoreiden ajanmenekkien laskentaohjelmiston avulla. Käyttöastei-den ja toimintavarmuuden analysointiin laadittiin erilliset tietokoneohjelmistot.

TAULUKKO 1 Tutkimusaineisto olosuhteiden vaikutuksista

Puutavaralaji	Kuormia, kpl	Yhteensä, m ³
Havutukit	76	511.5
Vaneritukit	1	2.6
Pylväät	4	12.5
n. 3 m kuitupuu	65	269.5
n. 2 m kuitupuu	4	22.2
Yhteensä	150	818.3

TAULUKKO 2 Käyttöasteenseurannan aikana kuljetettu puutavara

Kone n:o	Leimi-koita, kpl	Havu-tukit	Vaneri-tukit	Kuitu-puu	Yhteensä
m ³					
1	12	1 269.9	642.6	2 263.6	4 176.1
2	15	2 660.6	352.1	1 448.6	4 461.3
3	13	1 422.2	884.5	2 205.3	4 512.0
4	19	1 323.0	46.9	1 263.3	2 633.2
5	16	2 418.2	1.9	1 007.8	3 427.9
6	12	957.0	31.0	1 810.0	2 798.0
Yh-teensä	87	10 050.9	1 959.0	9 998.6	22 008.5

3 TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Olosuhteiden vaikutukset

3.1.1 Kuorman koko

Aineistosta kävi selkeästi ilmi, että tut-kimuskoneet voitiin jakaa kolmeen kokoluok-kaan (liite 1, s. 20).

Pienet yhdistelmät: Yhdistelmän vetotrak-tori ei yleensä ole nelivetoinen. Perä-vaunu on tavallisesti yksiakselinen, eikä siinä ole vetoa. Kuormain on hydraulinen ja asennettu tavallisesti joko traktorin katolle tai kolmipistenostolaitteeseen. Peruskone on varsin helposti otettavissa muuhun käyttöön, esimerkiksi maatalouteen. Metsävarusteiden ansiosta yhdistelmä on metsäkelpoisempi kuin tavallinen maatalous-traktori.

Keskikokoiset yhdistelmät: Vetotraktori on tavallisesti nelivetoinen ja moottori voi olla ahtimellinen. Tehoa moottorissa on usein yli 60 kW:n. Perävaunussa on vetoakseli ja se on tavallisesti teliraken-teinen, kantavuudeltaan 6 - 8 t. Kuormain on hydraulinen ja asennettu joko perävau-nun aisalle tai traktorin ohjaamon katolle. Kuormaimen ulottuvuus on 4.0 - 5.5 m.

Suuret yhdistelmät: Yhdistelmän vetotrak-tori on järeimpiä maatalouskäyttöön sovel-tuvista traktoreista. Perävaunu on suun-niteltu varsinaisesti vain metsässä käy-tettäväksi ja siinä on mekaaninen tai hydraulinen veto ja telirakenne. Kuormain on hydraulinen, samanlainen kuin pienissä tai keskikokoisissa metsätraktoreissa. Se on asennettu joko ohjaamon katolle tai perävaunun aisalle.

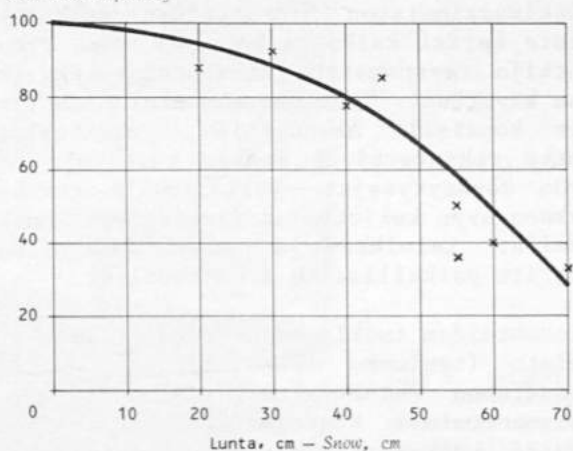
Maataloustraktoreiden keskimääräinen kuor-mankoko jää noin 70 %:iin keskikokoisen metsätraktorin (Kahala 1979) vastaavasta kuormankoosta (taulukko 3). Kuorman koko vaihtelee suuresti, koska yhdistelmän koko vaihtelee. Edelleen 2 m ja 3 m kuitupuu näyttää olevan hankalinta kuljettaa, sillä nippuja mahtuu kuormaan vain yksi ja kuor-man koko jää sen vuoksi pieneksi.

Lumen syvyyden ja kuorman koon välinen riippuvuus (kuva 4) ei välttämättä kerro sitä, etteikö maataloustraktoreilla kyet-täisi kuljettamaan täyden kuormia myös vaikeissa lumioloissa, sillä tutkimuksen kuljettajat näyttävät toimineen "varman päälle", jotta kuormat saataisiin perille ilman kiinni juuttumista tutkimuksen kes-täessä. Käytön kannalta ratkaiseva lumen syvyys näyttää olevan noin 40 cm. Sitä syvemmissä lumessa kuorman on oltava kool-taan olennaisesti pienempi.

TAULUKKO 3 Lumen syvyyden vaikutus maataloustraktoreiden kuormankokoon

Yhdistelmän koko	Havutukit			3 m kuitupuu			2 m kuitu- puu
	Kuorman koko, m ³						lunta, cm
	lunta, cm		keski- määrin	lunta, cm		keski- määrin	
0	50	0		50			
Pieni	5.5	-	5.5	4.8	-	4.8	5.5
Keskikokoinen	9.0	6.0	6.7	4.6	2.5	3.4	-
Suuri	11.9	5.5	9.5	5.4	2.5	5.9	-
Keskimäärin	7.2	5.9	6.7	5.0	2.5	4.2	5.5
=====							
Keskikokoinen metsätraktori	10.2	-	-	7.4	-	-	8.0
Suhdeluku, %	70	-	-	68	-	-	69

Kuorman koon ja kuormauskapasiteetin suhde
The relationship between load size and load capacity



Kuva 4. Maataloustraktorin kuormankoon pieneneminen lumiolosuhteiden huonotessa
Fig. 4. Reduction of load size for an agricultural tractor under worsening snow conditions

3.1.2 Ajanmenekit

3.1.2.1 Maastossa-ajo

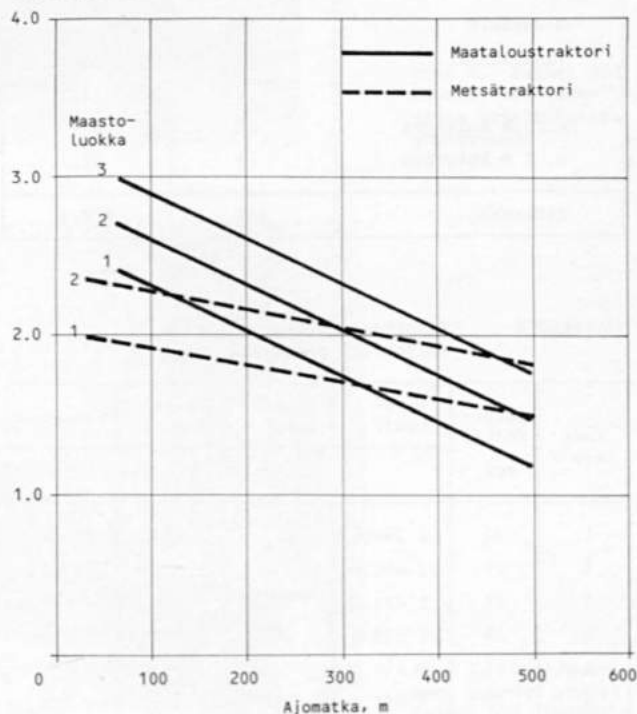
Tyhjänäajo

Ajanmenekkien perusteella laskettuna keskimääräinen tyhjänäajonopeus on ollut maastoluokassa 1 44.8 m/min ja maastoluokassa 2 38.4 m/min. Koko aineiston maastoluokittain painotettu keskinopeus on 41.9 m/min. (Taulukko 4)

TAULUKKO 4 Tyhjänäajon keskimääräiset ajomatkat ja ajanmenekit
Table Average haulage distances and time, unloaded

Yhdistelmän koko Combination size	Havaintoja Number of observations	Ajomatka, m Haulage distance, m	Ajoaika, min/ 100 m ajouraa Haulage time, min / 100 m of strip road
Maastoluokka 1 - Terrain class 1			
Pieni - Small	35	242	2.12
Keskikokoinen Medium-sized	41	199	2.19
Suuri - Large	23	430	2.46
Yhteensä ja keskimäärin Total and average	99	267	2.23
Maastoluokka 2 - Terrain class 2			
Pieni - Small	34	101	3.05
Keskikokoinen Medium-sized	22	303	2.05
Suuri - Large	16	315	2.41
Yhteensä ja keskimäärin Total and average	72	210	2.60

min/
100 m ajouraa



Kuva 5. Ajomatkan vaikutus keskikokoisten traktoreiden tyhjänäajoaikaan

Kun ajomatkan ja maaston keskimääräistä vaikutusta keskikokoisten yhdistelmien tyhjänäajoaikaan (kuva 5) verrataan keskikokoisen metsätraktorin (Kahala 1979) vastaaviin lukuihin, havaitaan, että lyhyillä matkoilla maataloustraktori on selvästi hitaampi, mutta pitkällä nopeampi. Noin 300 m:n matkalla molemmat koneet ovat keskimäärin yhtä nopeita.

Tämän aineiston perusteella maaston huononeminen vaikuttaa maataloustraktoreiden tyhjänäajoaikaan suhteellisesti lähes samoin kuin metsätraktoreiden.

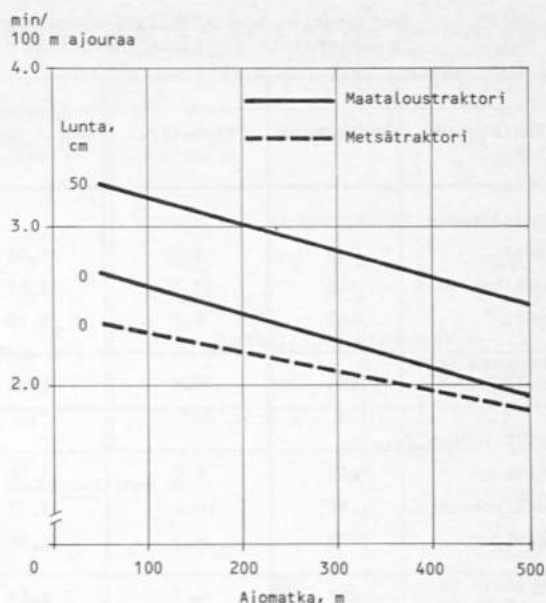
Kuormattuna-ajo

Taulukon 5 luvuista laskettu kuormattuna-ajon keskinopeus on maastoluokassa 1 ollut keskimäärin 38.0 m/min ja maastoluokassa 2 39.2 m/min. Koko aineistossa se on keskimäärin 38.5 m/min. Kuormattuna ajettaessa maasto näyttää siten vaikuttavan ajoaikaan suhteellisesti vähemmän kuin tyhjänä ajettaessa. Koska luvut perustuvat erilaisiin keskimääräisiin ajomatkoihin, ne eivät suoraan vertaillaessa täysin luotettavasti kuvaa esimerkiksi maaston vaikutusta.

TAULUKKO 5 Kuormattuna-ajon keskimääräiset ajomatkat ja ajanmenekit
Table Average haulage distances and time, loaded

Yhdistelmän koko Combination size	Havaintoja Number of observations	Ajomatka, m Haulage distance, m	Ajoaika, min/ 100 m ajouraa Haulage time, min / 100 m of strip road
Maastoluokka 1 - Terrain class 1			
Pieni - Small	36	237	2.80
Keskikokoinen Medium-sized	55	157	2.56
Suuri - Large	35	426	2.57
Yhteensä ja keskimäärin Total and average	126	255	2.63
Maastoluokka 2 - Terrain class 2			
Pieni - Small	30	103	2.71
Keskikokoinen Medium-sized	35	197	2.20
Suuri - Large	19	337	2.96
Yhteensä ja keskimäärin Total and average	84	195	2.55

Ajomatka vaikuttaa kuormattuna-ajoaikaan (kuva 6) lievemmin kuin tyhjänäajoaikaan.



Kuva 6. Ajomatkan vaikutus keskikokoisten traktoreiden kuormattuna-ajoaikaan. Maastoluokka 1

TAULUKKO 6 Keskikokoisen maataloustraktorin tyhjänä- ja kuormattuna-ajon suhteellinen ajanmenekki. Maastoluokka 1, lunta 0 cm (Keskikokoinen metsätraktori = 100)
Table Relative time of haulage with a medium-sized agricultural tractor, unloaded and loaded. Terrain class 1, snow 0 cm (Medium-sized forwarder = 100)

Ajomatka, m Haulage distance, m	Tyhjänä Unloaded	Kuormattuna Loaded
	Suhteellinen ajanmenekki Relative time expenditure	
100	120	113
300	103	110
500	81	105

Kuormattuna ajettaessa maataloustraktoriin perustuva yhdistelmä on kaikilla ajomatoilla hitaampi kuin keskikokoinen metsätraktori.

Kuormausajo

Kuormausajossa pienet maataloustraktori-yhdistelmät ovat selvästi hitaampia kuin keskikokoiset ja suuret yhdistelmät. Kuormausajomatassa sen sijaan ei ole merkittävää eroa. Koko aineiston keskimääräinen kuormausajonopeus on taulukon 7 perusteella 18.7 m/min.

TAULUKKO 7 Kuormausajon keskimääräiset ajomatkat ja ajanmenekit maataloustraktorilla

Yhdistelmän koko	Havaintoja	Ajomatka, m/kerta	Ajoaika, min / 100 m ajouraa
Maastoluokka 1			
Pieni	212	9.6	6.34
Keskikokoinen	376	10.3	4.67
Suuri	467	9.5	5.19
Yhteensä ja keskimäärin	1 055	9.8	5.24
Maastoluokka 2			
Pieni	219	9.0	6.50
Keskikokoinen	191	10.4	4.47
Suuri	32	9.7	5.94
Yhteensä ja keskimäärin	442	9.7	5.58

TAULUKKO 8 Maataloustraktorilla kuormauksen ajanmenekki järjestelyineen
Table Time expenditure on loading an agricultural tractor, including arrangements

Yhdistelmän koko Combination size	Havutukit Softwood sawlogs	3 m kuitupuu 3-m coniferous pulpwood	2 m kuitupuu 2-m coniferous pulpwood
min/m ³ - min/solid m ³			
Pieni - Small	3.22	3.23	3.52
Keskikokoinen Medium-sized	2.86	2.72	-
Suuri - Large	2.66	2.19	-
Keskimäärin Average	2.93	2.67	3.52
Suhteellinen ajanmenekki - Relative time expenditure (Keskikokoinen metsätraktori = 100) (Medium-sized forwarder = 100)			
Pieni - Small	196	188	164
Keskikokoinen Medium-sized	168	151	-
Suuri - Large	165	130	-
Keskimäärin Average	176	153	164

Muut ajon ajanmenekit

Ajoon kuuluu useita ajomatkan pituudesta tai ajoajasta riippumattomia työvaiheita: tyhjänaajon valmistelu ja päättäminen, kuormausajon valmistelu, kuormattuna-ajon valmistelu ja päättäminen sekä purkamisen valmistelu. Niiden yhteenlaskettu aika yhdistelmän koon mukaan kuormaa kohti on ollut seuraava.

Yhdistelmän koko	Valmisteluaika, ³ min/kerta min/m	
Pieni	2.62	0.49
Keskikokoinen	1.65	0.37
Suuri	2.20	0.35
Keskimäärin	2.13	0.39

Pienten yhdistelmien valmisteluun kuutiometriä kohti on mennyt merkittävästi enemmän aikaa kuin muiden yhdistelmien valmisteluun.

Ajonaikaisia keskeytyksiä ei ole tässä eritelty, vaan ne esitetään muiden keskeytysten yhteydessä.

3.1.2.2 Kuormaus

Pienten yhdistelmien kuormausnopeudessa tukkeja ja noin 3 m kuitupuuta kuormattaessa ei ole suuria eroja (taulukko 8).

Kun yhdistelmän koko suurenee, ero kuitupuun hyväksi lisääntyy. Se johtuu siitä, että suurten yhdistelmien kuormaimet ovat tehokkaampia kuin pienten, ja siten kuitupuun kuormaus tehostuu kouran suurenemisen myötä. Tukkien kuormaukseen se ei vaikuta niin selvästi, sillä ne kuormataan yleensä kahden kolmen tukin taakkoina kuormaimen kouran koosta riippumatta. Myös kuljettajan työskentelyasento kuormattaessa on suurissa koneissa ergonomisesti parempi, ja myös se vaikuttaa kuormausnopeuteen.

Kuormausnopeuden vertaaminen keskikokoisten metsätraktoreiden kuormausnopeuteen osoittaa, että pienten yhdistelmien kuormauksen ajanmenekki on lähes kaksinkertainen ja keskikokoistenkin yli 1.5-kertainen. Lähimmäksi keskikokoisen metsätraktorin kuormausnopeutta pääsevät suuret maataloustraktoriyhdistelmät noin 3 m kuitupuuta kuormattaessa.

3.1.2.3 Purkaminen

Tukkien purkaminen suurilla yhdistelmillä on ollut kaikkein nopeinta (taulukko 9). Päinvastoin kuin kuormauksessa tukkien purkaminen on ollut nopeampaa kuin kuitupuun purkaminen. Myös purkamisessa suuret yhdistelmät ovat selvästi nopeampia kuin pienet. Vertailu keskikokoiseen metsätraktoriin osoittaa, että maataloustraktoriyhdistelmien tukkien purkamisaika on keskimäärin kaksinkertainen ja noin 3 m kuitupuun purkamisaika 1.7-kertainen.

TAULUKKO 9 Maataloustraktorilla purkamisen ajanmenekki
Table Time expenditure on unloading a agricultural tractor

Yhdistelmän koko Combination size	Havutukit Softwood sawlogs	3 m kuitupuu 3-m coniferous pulpwood
	$\text{min/m}^3 - \text{min/solid m}^3$	
Pieni - Small	2.17	2.27
Keskikokoinen Medium-sized	1.64	1.56
Suuri - Large	1.14	1.55
Keskimäärin Average	1.68	1.71
Suhteellinen ajanmenekki - Relative time expenditure (Keskikokoinen metsätraktori = 100) (Medium-sized forwarder = 100)		
Pieni - Small	268	227
Keskikokoinen Medium-sized	202	156
Suuri - Large	141	155
Keskimäärin Average	207	171

3.1.2.4 Kuormaimen käsittely

Taulukkojen 8 ja 9 perusteella voidaan yleisemmin päätellä, että maataloustraktoriin asennetun kuormaimen työskentelyn ajanmenekki on selvästi suurempi kuin keskikokoisen metsätraktorin kuormaimen. Se johtuu siitä, että maataloustraktoreissa kuljettajalla on ergonomisesti huono aseento. Maataloustraktoreissa kuljettajan istuin ei useinkaan käänny, joten kuljettajan on käytettävä kuormainta istuimella polvillaan seisten. Näkyvyys taaksepäin traktoreiden ohjaamoista on huono, sillä kolmipistenostolaitteeseen asennettu kuormain rajoittaa näkyvyyttä perävaunuun. Näin ollen maataloustraktorin metsäkuljetuksen ajanmenekkiin vaikuttaa ratkaisevasti kuormaimen käsittelyn hitaus eikä suinkaan koneiden ajonopeus tai huonompi maastokelpoisuus hyvissä maastoissa.

3.1.2.5 Maaston vaikutus ajanmenekkiin

Maasto vaikuttaa (taulukko 10) maataloustraktoreiden ajoaikaan suhteellisesti lähes samoin kuin keskikokoisten metsätraktoreiden ajoaikaan helpoissa maastoissa. Maastoluokan 3 osalta aineisto ei ollut niin kattava, että eroista voitaisiin varmasti puhua. Maasto hidastaa ajonopeutta maastoluokassa 3 todennäköisesti enemmän kuin tässä tutkimuksessa havaittiin.

TAULUKKO 10 Maaston ja lumen syvyyden yhteisvaikutus ajonopeuteen ja suhteelliseen keskimääräiseen ajoaikaan. Koko aineisto

Lunta, cm	Maastoluokka		
	1	2	3
	Nopeus, m/min		
0	48.5	39.1	35.6
50	29.6	23.8	21.1 ^{*)}
	Suhteellinen ajanmenekki		
0	100	124	140
50	164	203	230 ^{*)}

^{*)} Laskennallinen arvo

3.1.3 Lumen vaikutus työskentelyyn

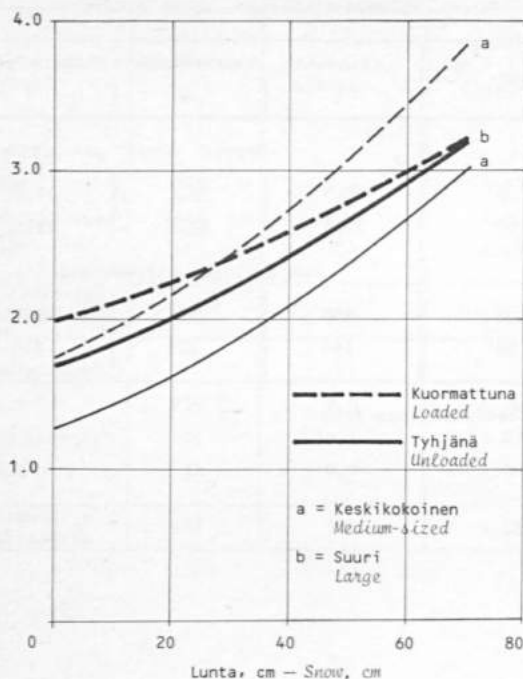
3.1.3.1 Kuormaus, purkaminen ja kuorman koko

Lumen ei huomattu vaikuttavan merkittävästi varsinaisiin kuormaus- ja purkamisaikoihin. Syynä lienee se, että lähes kaikilta työmailta puutavara kuljetettiin heti hakkuun jälkeen, eikä se niin ollen ollut lumen peitossa. Vain yhdellä työmaalla puutavaraa oli etsittävä lumen alta. Siellä kuormausajat olivatkin selvästi suuremmat kuin muilla työmailla. Yhden työmaan aineiston perusteella ei lumen syvyyden vaikutusta kuormausaikaan kuitenkaan pystytty luotettavasti määrittämään. Lumen vaikutus kuorman kokoon näkyy kuvasta 4 ja taulukosta 3 (s. 8).

3.1.3.2 Ajon ajanmuutokset

Lumi hidastaa selvästi maataloustraktoriin perustuvan yhdistelmän etenemistä (kuva 7 ja taulukko 11). Mitä paksumpi lumikerros on, sitä jyrkemmin ajonopeus hidastuu - keskikokoisten yhdistelmien ajonopeus jyrkemmin kuin suurten. Vähälumisessa maastossa keskikokoiset yhdistelmät ovat jonkin verran nopeampia kuin suuret yhdistelmät sekä tyhjänä että kuormattuna ajettaessa. Paksussa lumessa suurten yhdistelmien sekä tyhjänä - että kuormattuna - ajonopeus on lähes sama. Niiden ajonopeuteen lumen syvyys vaikuttaa kaikkein vähiten. Siihen lienee syynä näiden yhdistelmien suuri paino ja muita suurempi moottoriteho sekä niissä yleinen nelivetoisuus.

min / 100 m ajouraa
min / 100 m of strip road



Kuva 7. Lumen syvyyden vaikutus maataloustraktorin tyhjänä- ja kuormattuna-ajokaan.
Fig. 7. The effect of the snow depth on proceeding time for an agricultural tractor, unloaded and loaded

TAULUKKO 11 Lumen syvyyden suhteellinen vaikutus keskimääräiseen ajoaikaan

Lunta, cm	Yhdistelmän koko		Keskimäärin
	Keskikokoinen	Suuri	
0	92	112	100
10	103	120	110
30	124	131	134
50	166	165	165
70	208	194	202

3.1.4 Kokonaisajanmenekki

Taulukossa 12 tutkimustulosten mukainen keskikokoisen yhdistelmän ajanmenekki on laskennallinen. Se ei sisällä keskeytyksiä. 3 m kuitupuun kuormien tukkikuormia selvästi pienempi kokonaisajanmenekki johtuu pienestä kuormankooosta ja suuremmasta kuormausnopeudesta. Kun kuljetusmatka pitenee, suhteellinen ajanmenekkiero pienenee.

TAULUKKO 12 Keskikokoisen maataloustraktorin tehoajanmenekki. Maastoluokka 1
Table Effective time expenditure of a medium-sized agricultural tractor. Terrain class 1

Ajomatka, m Haulage distance, m	Havutukit Softwood sawlogs		3 m kuitupuu 3-m coniferous pulpwood	
	Tiheys - Density			
	Hyvä Good *)	Huono Poor *)	Hyvä Good *)	Huono Poor *)
	min/kuorma - min/load			
50	36.5	43.6	21.4	28.4
150	40.2	47.2	25.1	32.1
250	43.9	51.0	28.8	35.8
350	47.6	54.7	32.5	39.5
450	51.3	58.4	36.2	43.2
	min/m ³ - min/solid m ³			
50	4.10	4.85	4.65	6.15
150	4.45	5.25	5.45	7.00
250	4.90	5.65	6.25	7.80
350	5.30	6.10	7.05	8.60
450	5.70	6.50	7.85	9.40

*) Hyvä tiheys tarkoittaa keskimäärin metsätraktorin maksun mukaisia tiheysluokkia 0 ja 1 ja huono sitä alhaisempia tiheyksiä.
Good density, on average, is density classes 0 and 1 according to the forwarder payment tables, and poor refers to densities lower than that.

3.1.5 Harvennushakkuiden vaikutus

Aineistosta laskettiin myös hakkuutavan vaikutus kokonaisajanmenekkiin. Sekä harvennus- että avohakkuussa varsinainen kuormaus oli yhtä nopeaa. Kuormauksen valmisteluihin - taakan keräilyyn ja siihen tarttumiseen - kului harvennushakkuissa runsaammin aikaa. Tukkien kuormaus oli keskimäärin 17 % ja kuitupuun 7 % hitaampaa kuin avohakkuussa.

Harvennushakkuu vaikutti ajanmenekkiin seuraavasti (maastoluokka 1, tiheysluokka 1):

Ajo- matka, m	Havu- tukit	Noin 3 m kuitupuu
	Suht. ajanmenekki (Avohakkuu = 100)	
50	108.6	103.4
150	107.7	102.8
250	107.0	102.5
350	106.4	102.2
450	105.9	102.0

Alhaisissa tiheyksissä harvennushakkuu vaikuttaa ajanmenekkiin enemmän kuin yllä, sillä kuormauksen ja kuormausajon suhteellinen osuus on harvennushakkuussa suurempi.

3.2 Käyttöasteen seuranta

3.2.1 Yleistä

Käyttöasteen seuranta voidaan jakaa kolmeen kauteen:

Kausi	Aika	Leimi- koita, kpl	Työ- päiviä, kpl
Lumeton (1)	15.9. - 30.11.	25	139
Vähä- luminen (2)	1.12. - 15.1.	29	160
Luminen (3)	16.1. - 17.4.	33	262
Yhteensä		87	561

Leimikon keskikoko oli 252 m³. Koneiden seuranta-ajan kalenteripäivien määrä - sunnuntait pois lukien - oli 902. Koneiden työajaksi (= kapasiteetin käyttöasteeksi) tuli näin ollen 62.2 % käytettävissä olleista kalenteripäivistä. Liitteestä 3 (s. 21) näkyvät työpäivän pituudet koneittain ja kausittain. Ne eivät sisällä kulkemisaikoja työmaalle tai sieltä pois, mutta sisältävät työmaiden väliset siirrot. Keskimääräinen työpäivän pituus on ollut 8 tuntia 30 minuuttia.

Seuranta käsitti kaikkiaan 4 777 tunnin ajanjakson. Päiviittäin kuljetettiin puuta kausittain 39.6 m³, 40.7 m³ ja 38.1 m³, keskimäärin 39.2 m³. Tässä vaiheessa koneita ei analysoitu kokoluokittain, vaan tulokset on esitetty yhteisinä kaikille koneille.

3.2.2 Ajankäytön jakaumat ja käyttöasteet

Tärinäkellon kiekoilta voidaan periaatteessa lukea 2 min:n ja sitä pitemmät keskeytykset. Yleensä käytetään, kuten tässäkin tutkimuksessa, tulkintarajana 15 min:a. Vertailun vuoksi kiekot tulkittiin myös 2 minuutin tarkkuudella.

Yli 15 min:n keskeytyksiä aineistossa oli yhteensä 1 133. Niistä oli erittelemättömiä tai raportoimattomia 46. Vastaavat luvut 2 min:n tarkkuudella olivat 2 256 ja 387. Keskeytysten määrä alenee siis puoleen, jos mittaustarkkuus on 15 min. Se vaikuttaa keskeytysten kokonaisaikaan vain vähän, sillä käyttöajasta alle 15 min:n keskeytysten osuus on vain 4.3 %.

Koneiden käyttöajoista johdettiin käyttöasteet:

$$\text{Tekninen käyttöaste} = \frac{\text{Käyttöaika}}{\text{Käyttö- + Kone-aika keskeytykset}} \times 100 = \text{MA}$$

$$\text{Toiminnallinen käyttöaste} = \frac{\text{Käyttöaste}}{\text{Käyttö- + Kaikki aika keskeytykset}} \times 100 = \text{MU}$$

$$\text{Organisaation aiheuttama keskeytys} = \text{MA} - \text{MU}$$

Koneiden käyttöaste on varsin hyvä. Korjuu-, työnjohto- ja suunnitteluorganisaation aiheuttamat keskeytykset vaihtelevat varsin suuresti. Yhdistelmien käyttöasteet ovat saman suuruiset kuin nykyisissä metsätraktoreiden maksusopimuksissa. Siirtojen osuus on jonkin verran pienempi kuin metsätraktoreiden vastaava osuus. Se johtuu maataloustraktoriyhdistelmien pienemmästä suhteellisesta tuottavuudesta. Sen vuoksi ne viipyvät samankokoisella työmaalla kauemmin kuin metsätraktorit ja siirtymisen osuus jää pienemmäksi.

TAULUKKO 13 Käyttöasteet ilman siirtoja

Kone n:o	Toiminnallinen käyttöaste	Tekninen käyttöaste	Siirtojen osuus	Organisaation osuus
	%			
1	84.9	92.4	3.6	7.5
2	83.6	90.5	3.2	6.9
3	81.6	89.7	3.9	8.1
4	80.0	90.0	5.3	10.0
5	91.9	92.7	4.5	0.9
6	81.9	88.5	5.0	6.6
Keskimäärin	83.7	90.6	4.1	6.9

3.2.3 Keskeytysten syyt

Keskeytysten syyt näkyvät yksityiskohtaisesti liitteestä 4 (s. 21).

Keskimääräinen huoltoaika huoltokertaa kohti oli 33.4 minuuttia. Huolto oli useimmiten tankkausta ja rasvausta. Korjausaika korjauskertaa kohti oli keskimäärin 1 tunti 37 minuuttia. Kuormaimen, perävaunun ja traktorin korjauksiin on vastaavasti kulunut 67, 105 ja 107 minuuttia. Yleisimmät korjauskohteet ovat olleet hydraulikka ja renkaat. Niitä on ollut 27 % ja 25 % kor-

TAULUKKO 14 Yli 15 min:n keskeytysten jakautuminen pääryhmiin

Pääryhmä	Suhteellinen osuus, %	
	Ajasta	Määrästä
Siirrot ja valmistelut	24.1	19.7
Ruokailut	23.0	36.2
Henkilökoht. keskeyt.	4.1	3.6
Suunnittelu	10.9	12.4
Kiinni juuttuminen	1.2	0.6
Huolto	12.2	15.0
Korjaus	21.8	8.4
Erittelemätön	2.7	4.1
Yhteensä	100.0	100.0

TAULUKKO 15 Teknisten keskeytysten rakenne

Syy	Suhteellinen osuus, %	
	Ajasta	Määrästä
Huolto	35.9	62.0
Korjaus,	64.1	38.0
- traktori	10.1	8.7
- perävaunu	23.7	13.0
- kuormain	30.3	16.3
Yhteensä	100.0	100.0

jauksista. Seuraavina ovat voimansiirtolaitteet ja mekaaniset osat, 15 %. Muiden yksittäiset osuudet ovat selvästi pienemmät.

Kuljettajilta raportoimatta jääneiden erittelemättömien keskeytysten osuudet ovat olleet varsin alhaiset, 4.1 % tapauksista ja vain 2.7 % keskeytysajasta.

3.2.4 Luotettavuus

Kuten taulukoista ja liitteistä havaitaan, urakoitsijalinjan maataloustraktoriin perustuva puunkorjuukalusto ei tämän tutkimuksen mukaan näytä teknisesti poikkeavan paljon metsätraktoreista. Tutkimuksen kalusto on maataloustraktoreiden järeimpiä ja vastaa suurimmillaan sekä kantavuudeltaan että kooltaan keskikokoista metsätraktoria. Yksiköihin on tehty useita muutoksia nimenomaan niiden metsässä käyttöä varten. Näin ollen "isännänlinjan" maataloustraktorikaluston luotettavuutta ja kestävyyttä metsäkuljetuksessa ei tämän tutkimuksen perusteella voida päätellä. Tämä tutkimus osoittaa vain sen, että nykyaikaiset maatalous- ja metsätraktorit ovat teknisesti samanveroisia.

3.3 Tuottavuus

3.3.1 Olosuhteiden vaikutukset tuotoksiin

Taulukon 16 suhteelliset tehotuntituotokset on laskettu olosuhteiden vaikutuksia selvittävän tutkimuksen aikatutkimustuloksista Metsätehon metsätraktoreiden tuototlaskentajärjestelmää käyttäen.

TAULUKKO 16 Ajomatkan ja leimikon tiheyden vaikutus keskikokoisen yhdistelmän suhteelliseen tehotuntituotokseen. Maastoluokka I. Lunta 0 cm (100 = 350 m:n ajomatka tiheistä leimikoista)

Ajomatka, m	Havutukit		n. 3 m kuitupuu	
	Leimikko			
	tiheä	harva	tiheä	harva
	Suhteellinen tehotuntituotos			
50	131	110	152	114
150	119	101	129	101
250	110	94	113	91
350	100	88	100	82
450	93	82	89	75

Ajomatkan lyheneminen kohottaa kuitupuun tuotosta nopeammin kuin tukkien tuotosta. Se johtuu kuormauksen ajanmenekkiolosuhteiden vaikutuksesta kuitupuun käsittelyssä. Leimikon tiheyden aleneminen vaikuttaa sekä tukkien että kuitupuun tuotokseen tavannomaisilla metsäkuljetusmatkoilla suunnilleen yhtä paljon.

Erikokoisten yhdistelmien yksityiskohtaiset olosuhteittaiset tehotuntituotokset näkyvät liitteistä 5 ja 6 (s. 22 ja 23).

Taulukossa 17 vertaillaan tehotuntituotoksia Kahalan (1979) esittämiin keskiko-

TAULUKKO 17 Keskikokoisen maataloustraktorin suhteellinen tehotuntituotos (Keskikokoinen metsätraktori = 100) Relative effective-hour output of a medium-sized agricultural tractor (Medium-sized forwarder = 100)

Ajomatka, m Haulage distance, m	Havutukit Softwood sawlogs					3 m kuitupuu 3-m coniferous pulpwood				
	Tiheysluokka - Density class									
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	Suhteellinen tehotuntituotos Relative effective-hour output									
150	53	55	56	58	60	63	64	65	66	69
250	54	56	57	59	61	63	64	65	66	68
350	55	56	57	59	61	63	64	64	65	68
450	55	55	56	58	61	62	63	64	65	67

koisen metsätraktorin tehotuntituotoksiin. Tukkien kuljetuksessa tuotos on vain runsas puolet ja kuitupuun kuljetuksessa hieman yli 60 % metsätraktorin vastaavasta tuotoksesta.

3.3.2 Seurannan käyttötuntituotokset

Käyttöaikaa laskettaessa on seurannan työmaittaisesta kokonaisajasta vähennetty siirtojen osuus. Käyttöaikaan sisältyvät 15 min:n ja sitä lyhyemmät keskeytykset.

TAULUKKO 18 Seurannan teho- ja käyttötuntituotokset
Table Effective- and gross-effective-hour output of the follow-up study

Yhdistelmän koko Combination size	Kausi - Period		
	Lumeton No snow	Vähäluminen Little snow	Luminen Snowy
Tehotuntituotokset keskimäärin, m ³ Effective-hour output, solid m ³			
Pieni - Small	4.7	4.7	4.7
Keskikokoinen Medium-sized	7.3	7.0	6.3
Suuri - Large	6.4	6.0	6.4
Keskimäärin Average	6.1	5.8	5.6
Käyttötuntituotokset keskimäärin, m ³ Gross-effective-hour output, solid m ³			
Pieni - Small	4.4	4.4	4.4
Keskikokoinen Medium-sized	6.8	6.6	5.9
Suuri - Large	6.0	5.8	6.3
Keskimäärin Average	5.8	5.6	5.4

*) Laskettu seurannassa raportoidun käyttöajan ja sen aikana kuljetetun puumäärän mukaan
Calculated from gross effective time and the amount of timber hauled during that time, reported during the follow-up

Koska ajankäyttöä ei voitu eritellä erikseen tukeille ja kuitupuulle, koskevat tulokset koko aineistoa keskimäärin. Suurten ja keskikokoisten yhdistelmien tuotostasossa ei ole tilastollisesti merkittävää eroa. Sen sijaan pienin kokoluokka on tuotokseltaan selvästi muita alhaisempi. Suurten yhdistelmien jossain määrin epäjohtonmukainen tulos johtunee aineiston erilaisesta puutavaralajijakaumasta. Vain keskikokoisten koneiden aineistosta on selvästi havaittavissa tarkastelukauden (lumen ja pakkasen) tuotostasoa alentava vaikutus.

Käyttöasteiden kausittainen vaihtelu aiheuttaa tuotoslukujen suhteellisen muuttumi-

TAULUKKO 19 Seurantajakson tuottavuus koko raportoitua aikaa kohti, ilman siirtoaikoja
Table Productivity of the follow-up study for the entire reported time excluding moving times

Yhdistelmän koko Combination size	Kausi - Period			Keski- määrin Average
	Lumeton No snow	Vähä- luminen Little snow	Luminen Snowy	
	Keskim. kokonaistuottavuus *) Average total productivity m ³ /tunti - solid m ³ / h			
Pieni - Small	3.9	3.8	3.7	3.8
Keskikokoinen Medium-sized	5.9	5.7	5.1	5.5
Suuri - Large	5.5	5.2	5.8	5.5
Keskimäärin Average	5.0	4.9	4.7	4.8

*) Laskettu koko käytettyä aikaa kohti, ottaen siten huomioon myös koneiden käyttöasteen vaikutuksen
Calculated for the entire time utilized, including the effect of the total utilization of the machines

sen. Myöskään niissä ei ollut merkittäviä eroja suurten ja keskikokoisten koneiden välillä:

Kausi	Suhteellinen kokonaistuottavuus
Lumeton	100
Vähäluminen	96
Luminen	92
Yhdistelmän koko	
Suuri	100
Keskikokoinen	100
Pieni	69

Pienten yhdistelmien tuottavuus on yli 30 % muita pienempi.

3.4 Kustannuslaskelmat

3.4.1 Tuntikustannukset

Seuraavissa kustannuslaskelmissa on nou-datettu maksujen sopijapuolten käyttämää tuntikustannusten laskentamenettelyä. Sitä ei kuitenkaan esitetä yhtä yksityiskohtaisesti. Kustannukset on laskettu vuoden 1984 alun kustannusten mukaan.

TAULUKKO 20 Tuntikustannuslaskelman perusteita

Yhdistelmän osa	Hinta-luokka	Hinta, mk	Pitoaika, vuotta	Jäännösarvo, %
Traktori	halpa	120 000	5	32.7
	kallis	180 000	5	32.7
Perävaunu	halpa	70 000	7	20.9
	kallis	100 000	7	20.9
Kuormain	halpa	35 000	5	32.7
	kallis	65 000	5	32.7

Arvon aleneminen, joka yhdessä pitoajan kanssa määrää jäännösarvon, on 20 % vuodessa. Kuormainta ja perävaunua rasittavat vain pääoma-, huolto- ja korjauskustannukset. Muiden kustannusten katsotaan kohdistuvan vetotraktoriin. Yhdistelmän on laskettu työskentelevän yhdessä vuorossa 1 890 työtuntia vuodessa. Laskentakorkokanta on 11.75 %.

Hallintokustannuksia, kulkemiskorvauksia ja majoitusta ei ole sisällytetty kustannuksiin, vain pelkät palkka- ja sosiaali-kustannukset.

TAULUKKO 21 Yhdistelmän tuntikustannukset

Yhdistelmän osa	Hintaluokka	
	Halpa	Kallis
	mk/käyttötunti	
Traktori	101	112
Perävaunu	12	17
Kuormain	7	12
Yhteensä	120	141

Jos yhdistelmän vuosittaiset käyttötuntimäärät pienenevät yksivuorotyön kokonaistuntimäärästä, halvemman yhdistelmän tuntikustannukset muuttuvat taulukon 22 mukaisiksi.

Yhdistelmän suurimmaksi tekniseksi käyttöiäksi on oletettu 10 vuotta ja kokonaiskäyttötunneiksi 7 000. Muiden seikkojen oletetaan pysyvän muuttumattomina.

Kun taulukkojen 21 ja 22 lukuja verrataan toisiinsa, havaitaan, että yhdistelmän alityöllisyys kohottaa nopeasti kustannuksia. Vuosituntien väheneminen esim. kolmanneksella kohottaa kustannuksia 58 - 143 mk käyttötunnissa ja vastaavasti 116 - 143 mk, jos konetta pystytään työllistämään vain kolmannes vuodesta.

TAULUKKO 22 Tuntikustannusten muuttuminen

Yhdis- telmän osa	Työaika vuodessa, tuntia			
	700		1 300	
	Laskennallinen pitoaika, vuotta			
	5	10	5	10
mk/käyttötunti				
Traktori	150	133	114	105
Perävaunu	63 ^{*)}	58	43 ^{*)}	40
Kuormain	50	45	35	33
Yhteensä	263	236	192	178

*) Perävaunun pitoaika 7 v

3.4.2 Yksikkökustannukset

Taulukon 21 tuntikustannuksia ja seurannan käyttötuntituotoksia käyttäen on laskettu arvio maataloustraktoriyhdistelmän metsäkuljetuksen yksikkökustannuksista. Taulukon 23 luvut ovat aiemmin mainittujen seikkojen vuoksi todennäköisten kustannusten halvemmasta päästä ja ne koskevat seurannan keskimääräisiä kuljetusmatkoja.

TAULUKKO 23 Maataloustraktoriyhdistelmän metsäkuljetuksen todennäköiset yksikkökustannukset täysimääräisessä yksivuorotyössä

Yhdistelmän hintaluokka	Kausi			Keskimäärin
	Lumeton	Vähäluminen	Luminen	
	mk/m ³			
Halpa	20,70	21,40	22,20	20,90
Kallis	24,30	25,20	26,10	24,60

Kuljetusmatkan vaikutukset tuotoksiin ja siten yksikkökustannuksiin näkyvät mm. taulukosta 16 (s. 14) ja liitteistä 5 ja 6 (s. 22 ja 23).

4 PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET

Tässä tutkimuksessa mukana ollut puun metsäkuljetuskalusto oli urakoitsijalinjan maataloustraktoreita. Sen vuoksi tutkimustuloksia ei sellaisinaan voi soveltaa pienten, vain maatalouteen suunniteltujen traktoreiden metsässäkäytön mahdollisuuksia punnittaessa ja niiden tuottavuutta ja kustannuksia arvioitaessa. Menetelmät poikkevat jonkin verran perinteisistä "isännänlinjan" menetelmistä.

Tutkimus osoittaa kuitenkin, miten eri olosuhteet vaikuttavat suurten maataloustraktoreiden metsäkuljetustuotokseen ja mitkä ovat työskentelyn työtekniset pullonkaulat.

Käyttöasteen seuranta osoittaa, että maataloustraktorit ovat teknisesti metsätraktoreiden veroisia, mutta niiden työllistämiseen ja työn organisointiin ei yleensä ole kiinnitetty yhtä paljon huomiota. Ne ovat olleet siinä mielessä "kakkoskoneita", että niitä on voitu seisottaa huippukausien ulkopuolella ja ottaa tarvittaessa käyttöön. Jos koneille ei ole ollut osoitettua muuta työtä - esim. jatketuissa lähikuljetuksissa, turpeentuotannossa tai maataloudessa - niiden vuotuiset kokonaistun-

timäärät ovat jääneet selvästi tavallisen yksivuorotyön tuntimääriä vähäisemmiksi. Se rasittaa erityisesti koneisiin sitoutuneita pääomakustannuksia, mikä puolestaan tekee yhdistelmien käytön nopeasti kannattamattomaksi kilpaileviin metsäkoneisiin verrattuna.

Ergonomialtaan metsässä käytettävät maataloustraktoriyhdistelmät eivät ole metsätraktoreiden veroisia; niillä työskentely on selvästi epämukavampaa ja niiden tuotokset ovat siten pienempiä.

Ne olosuhteet, joissa maataloustraktoriin perustuva yhdistelmä on taloudellisesti mahdollinen vaihtoehto, ovat seuraavat.

- Yhdistelmiä olisi pystyttävä työllistämään ainakin yksivuorotyön edellyttämä tuntimäärä vuodessa.
- Yhdistelmien metsätraktoreita alhaisempi hankintahinta ja siten pienempi alku-

investointi mahdollistaa metsäkuljetuksen aloittamisen ja suorittamisen pienemmällä pääomalla kuin metsätraktoreita käytettäessä. Jos pääomaa on niukasti, työt voidaan käynnistää maataloustraktoriyhdistelmillä.

- Yhdistelmiä tulisi käyttää pääasiassa lumettoman tai vähälumisen maan olosuhteissa.
- Suhteellisesti edullisimmillaan yhdistelmät ovat kuitupuun kuljetuksessa.
- Erityisesti kuitupuun kuljetus harvennushakkuussa poikkeaa vain vähän sen kuljetuksesta avohakkuussa. Yhdistelmän käyttö olisi siis tuotoksen kannalta suositeltavampaa harvennushakkuissa kuin avohakkuissa.
- Yhdistelmiä käytettäessä tulisi työmaan suunnitteluun ja koneiden käytön organisointiin kiinnittää erityistä huomiota.

KIRJALLISUUTTA References

- KAHALA, M. 1979. Puutavaran kuormatraktori- ja siirtoajoneuvojen vaikutukset tekijät. Summary: Forwarder Transport of Timber and Factors Influencing It. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 355. Helsinki
- 1983. 3 m kuitupuun metsäkuljetus. Summary: Forest Haulage of 3 m Pulpwood. Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 21/1983. Helsinki

FOREST HAULAGE OF TIMBER WITH AN AGRICULTURAL TRACTOR

By Esko Mikkonen

S u m m a r y

The time expenditure of a contractor-operated agricultural tractor combination is affected by the same factors as the forwarder: forest haulage distance and terrain, timber assortment and density of the stand, cutting method, etc. Over an average forest haulage distance the combination is as fast as a forwarder, but slower for short and faster for long distances. Worsening of the terrain increases the time used, particularly in terrain class 3. A snow depth of 30 to 40 cm affects the haulage time, and a snow cover of over 50 cm considerably slows haulage and reduces the payload by one half of the normal. (Figs. 4 and 7, p. 8 and 12 and Tables 4 - 6, p. 8 and 9).

The time of handling a loader is nearly double on average that of a medium-sized forwarder. This is due primarily to the low production of the loader, and often to the driver's uncomfortable working position when loading. The high total time expenditure and low productivity of an agricultural tractor combination are largely explained by the slowness of loader handling. (Tables 8 and 9, p. 10 and 11)

The calculated output per effective hour according to the time study is presented in Table 17 (p. 14).

The average productivity of the follow-up study without moves was 4.8 solid m³/h. The productivity level of the follow-up is presented in Tables 18 and 19 (p. 15).

The technical reliability of an agricultural tractor combination is quite good; the mechanical availability has been 90.6 %. The use of the combination, on the other hand, has clearly been inadequately planned, resulting in a machine utilization of 83.7 % on average. The share of moves, 4.3 %, is less than that for forwarder.

During the follow-up period — excluding the spring and summer seasons — the equipment was utilized only 62.2 % of the total time.

LIITTEET

Kokonaan				Kokonaan			
Yhteensä	1990	1991	1992	Yhteensä	1990	1991	1992
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100	100	100

Yhdistelmän koko	Peruskone	Kuormain	Perävaunu
Pieni	MF 165	FMV	kevyt vaunu
	MF 590 ^{**)}	FMV 2000	telivaunu
	Fiat 780 DT, 4-vetoinen ^{*)}	FMV 2000	telivaunu
Keski-kokoinen	Valmet 802 T, 4-vetoinen ^{*)}	Cranab 3010	RKP 7000
	Ursus 385 T, 4-vetoinen	Cranab 4010	PATU 8000
	Fiat 980 DT, 4-vetoinen	Cranab 2510	RKP 5000
	Valmet 1102	Joutsa 40	Rysky
	Valmet 702 T, 4-vetoinen	Joutsa 40	oma telivaunu
Suuri	Valmet 1203 T, 4-vetoinen ^{*)}	Cranab 4010	Kockums
	Valmet 802 T, 4-vetoinen ^{*)}	Joutsa 40	Weckman
	Valmet 802 T, 4-vetoinen ^{*)}	Joutsa 30	Weckman

^{*)} Käyttöasteseurannassa
^{**)} Tämä yhdistelmä vain olosuhdetutkimuksessa. Käyttöasteseurannassa oli uusi peruskone, nelivetoinen MF 690

Aineisto hakkuutavoittain

Hakkuutapa	Tukit/ pylväät		Kuitupuu	
	kpl	Kuormia, m ³	kpl	m ³
Avohakkuu	56	353.0	25	130.9
Suojuspuu-/ylispuu-hakkuu	7	54.5	1	4.3
Harvennushakkuu	18	119.0	43	156.6
Yhteensä	81	526.5	69	291.8

Aineisto maastoluokittain

Maasto-luokka	Tukit/ pylväät		Kuitupuu		Yhteensä ja keskimäärin	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
1	49	60	41	58	90	60
2	32	40	26	39	58	39
3	-	-	2	3	2	1
Yh-teensä	81	100	69	100	150	100

Työpäivän pituudet koneittain ja kausittain (siirtoineen)

Kausi	Kone n:o					
	1	2	3	4	5	6
	Päivän pituus					
Lumeton (1)	7 h 24 min	9 h 31 min	8 h 24 min	7 h 38 min	7 h 33 min	8 h 18 min
Vähäluminen (2)	5 h 54 min	8 h 54 min	8 h 29 min	6 h 45 min	10 h 9 min	9 h 1 min
Luminen (3)	7 h 37 min	9 h 16 min	8 h 29 min	8 h 37 min	8 h 25 min	8 h 54 min
Keskimäärin	7 h 12 min	9 h 12 min	8 h 28 min	8 h 16 min	9 h 2 min	8 h 50 min
Kaikki koneet keskimäärin		8 h 30 min				

Kaikkien koneiden yli 15 min:n keskeytykset yhteensä

Pääryhmä		Keskeytyksen		Keskey- tyksiä, kpl	Suhteellinen osuus, %	
		Syy	Keskiarvo, min		Ajasta	Määrästä
Henkilökohtaiset keskeytykset		Ruokailu	26.3	410	23.0	36.2
		Henkilökoht.	35.2	33	2.5	2.9
		Muu	91.1	8	1.6	0.7
Siirrot		Valmistelu	40.2	50	4.3	4.4
		Siirto	55.5	122	14.5	10.7
		Päättäminen	48.6	51	5.3	4.5
Kiinni juuttuminen		Kiinni juuttuminen	82.3	7	1.2	0.6
Suunnittelu		Tj-neuvottelu	39.3	80	6.7	7.1
		Oma suunnittelu	30.4	49	3.2	4.3
		Muu	43.0	11	1.0	1.0
Huolto		Tankkaus	31.1	83	5.5	7.3
		Öljyn vaihto	86.1	7	1.3	0.6
		Voitelu	30.8	67	4.4	5.9
		Muu	32.7	14	1.0	1.2
Korjaus	Kuormain	Sylinterit	66.0	1	0.1	0.1
		Letkut	36.9	17	1.3	1.5
		Mekaaniset osat	176.4	5	1.9	0.4
		Muut	26.0	1	0.1	0.1
	Perävaunu	Runko	153.0	1	0.3	0.1
		Akselistot	113.0	8	1.9	0.7
		Renkaat	154.6	14	4.6	1.2
		Muut	182.3	3	1.2	0.3
	Veto- traktori	Moottori	115.0	2	0.5	0.2
		Hydrauliikka	218.5	10	4.7	0.9
		Sähkölaitteet	25.3	3	0.2	0.3
		Voimansiirto	260.0	2	1.1	0.2
		Renkaat ja ohjaus	76.5	12	2.0	1.1
		Ohjaamo	35.0	2	0.1	0.2
		Muut	51.4	13	1.4	1.1
	Työn laatu		Hitsaus	168.0	1	0.4
Erittelemätön		Erittelemätön	27.9	46	2.7	4.1
KAIKKI KESKEYTYKSET YHTEENSÄ		46 813.0		1 133	100.0	100.0

LIITE 5

Havutukkien ajo, avohakkuu. Maastoluokka 1, lunta 0 cm

Ajomatka, m	Tiheys, m ³ / 100 m ajouraa				
	16.00	10.60	7.00	4.50	2.20
	Tehotuntituotos, m ³ *)				
Suuri maataloustraktori					
50	13.62	12.96	12.15	11.02	8.64
150	12.74	12.16	11.44	10.44	8.27
250	11.96	11.45	10.80	9.91	7.93
350	11.27	10.81	10.24	9.43	7.63
450	10.65	10.25	9.73	9.00	7.34
550	10.10	9.74	9.27	8.60	7.07
650	9.61	9.28	8.85	8.24	6.83
750	9.16	8.86	8.47	7.90	6.60
Keskikokoinen maataloustraktori					
50	12.20	11.66	10.97	10.01	7.93
150	11.21	10.75	10.16	9.33	7.50
250	10.37	9.98	9.47	8.74	7.12
350	9.65	9.31	8.86	8.22	6.77
450	9.02	8.72	8.33	7.76	6.45
550	8.47	8.20	7.86	7.35	6.17
650	7.98	7.74	7.43	6.98	5.90
750	7.55	7.33	7.05	6.65	5.66
Pieni maataloustraktori					
50	9.98	9.45	8.80	7.92	6.08
150	8.75	8.34	7.83	7.12	5.60
250	7.79	7.46	7.05	6.47	5.19
350	7.02	6.75	6.42	5.93	4.84
450	6.39	6.17	5.88	5.47	4.53
550	5.86	5.67	5.43	5.08	4.26
650	5.41	5.25	5.05	4.74	4.01
750	5.03	4.89	4.71	4.45	3.80

*) Laskettu aikatutkimustulosten perusteella
Metsätehon tuotoslaskentaohjelman avulla

3 m havukuitupuun ajo, avohakkuu. Maastoluokka 1, lunta 0 cm

Ajomatka, m	Tiheys, m ³ / 100 m ajouraa				
	16.00	10.60	7.00	4.50	2.20
	Tehotuntituotos, m ³ *)				
Suuri maataloustraktori					
50	13.84	12.97	11.75	10.52	8.69
150	11.97	11.32	10.37	9.41	7.92
250	10.55	10.04	9.29	8.51	7.27
350	9.43	9.02	8.41	7.76	6.72
450	8.52	8.19	7.68	7.14	6.25
550	7.78	7.50	7.07	6.61	5.84
650	7.15	6.91	6.55	6.15	5.48
750	6.62	6.41	6.10	5.75	5.16
Keskikokoinen maataloustraktori					
50	13.26	12.32	11.02	9.77	7.98
150	11.17	10.49	9.54	8.58	7.17
250	9.64	9.14	8.40	7.65	6.51
350	8.49	8.09	7.51	6.91	5.96
450	7.58	7.26	6.79	6.29	5.50
550	6.85	6.59	6.20	5.78	5.10
650	6.24	6.03	5.70	5.34	4.76
750	5.74	5.55	5.27	4.97	4.46
Pieni maataloustraktori					
50	9.76	9.18	8.37	7.51	6.14
150	8.43	8.00	7.38	6.70	5.58
250	7.42	7.08	6.59	6.05	5.12
350	6.63	6.36	5.96	5.51	4.73
450	5.99	5.76	5.43	5.06	4.40
550	5.46	5.27	5.00	4.68	4.10
650	5.02	4.86	4.62	4.35	3.85
750	4.64	4.51	4.30	4.06	3.62

*) Laskettu aikatutkimustulosten perusteella
Metsätehon tuotoslaskentaohjelman avulla

Keskikokoinen maataloustraktori, havutukkien ajo,
avohakkuu. Maastoluokka 1

Ajomatka, m	Tiheys, m ³ / 100 m ajouraa				
	16.00	10.60	7.00	4.50	2.20
	Tehotuntituotos, m ³ *)				
Lunta, 0 cm					
50	12.20	11.66	10.97	10.01	7.93
150	11.21	10.75	10.16	9.33	7.50
250	10.37	9.98	9.47	8.74	7.12
350	9.65	9.31	8.86	8.22	6.77
450	9.02	8.72	8.33	7.76	6.45
550	8.47	8.20	7.86	7.35	6.17
650	7.98	7.74	7.43	6.78	5.90
750	7.55	7.33	7.05	6.65	5.66
Lunta, 20 cm					
50	11.81	11.21	10.46	9.43	7.28
150	10.58	10.10	9.48	8.63	6.79
250	9.59	9.19	8.68	7.95	6.37
350	8.76	8.43	7.99	7.38	5.99
450	8.07	7.78	7.41	6.88	5.66
550	7.47	7.23	6.91	6.44	5.36
650	6.96	6.75	6.47	6.06	5.09
750	6.52	6.33	6.08	5.72	4.85
Lunta, 40 cm					
50	11.35	10.73	9.95	8.90	6.75
150	9.82	9.35	8.75	7.93	6.18
250	8.65	8.28	7.81	7.15	5.69
350	7.73	7.44	7.05	6.51	5.28
450	6.98	6.74	6.43	5.97	4.92
550	6.37	6.17	5.91	5.52	4.61
650	5.86	5.69	5.46	5.13	4.33
750	5.42	5.27	5.08	4.79	4.09
Lunta, 60 cm					
50	10.50	9.91	9.16	8.14	6.11
150	8.38	8.00	7.50	6.81	5.33
250	6.97	6.71	6.35	5.85	4.72
350	5.97	5.77	5.51	5.13	4.24
450	5.22	5.07	4.86	4.56	3.85
550	4.64	4.52	4.35	4.11	3.52
650	4.17	4.07	3.94	3.74	3.25
750	3.79	3.71	3.60	3.43	3.01

Keskikokoinen maataloustraktori, 3 m havukuitupuun ajo,
avohakkuu. Maastoluokka 1

Ajomatka, m	Tiheys, m ³ / 100 m ajouraa				
	16.00	10.60	7.00	4.50	2.20
	Tehotuntituotos, m ³ *)				
Lunta, 0 cm					
50	13.26	12.32	11.02	9.77	7.98
150	11.17	10.49	9.54	8.58	7.17
250	9.64	9.14	8.40	7.65	6.51
350	8.49	8.09	7.51	6.91	5.96
450	7.58	7.26	6.79	6.29	5.50
550	6.85	6.59	6.20	5.78	5.10
650	6.24	6.03	5.70	5.34	4.76
750	5.74	5.55	5.27	4.97	4.46
Lunta, 20 cm					
50	12.72	11.76	10.46	9.17	7.29
150	10.32	9.68	8.77	7.85	6.43
250	8.68	8.22	7.56	6.86	5.75
350	7.48	7.14	6.64	6.09	5.20
450	6.58	6.32	5.92	5.48	4.75
550	5.87	5.66	5.34	4.98	4.37
650	5.30	5.13	4.86	4.56	4.05
750	4.83	4.69	4.46	4.21	3.77
Lunta, 40 cm					
50	11.90	10.99	9.76	8.52	6.68
150	9.08	8.54	7.78	6.97	5.69
250	7.34	6.98	6.46	5.90	4.95
350	6.16	5.91	5.53	5.11	4.38
450	5.31	5.12	4.83	4.51	3.93
550	4.66	4.52	4.29	4.03	3.57
650	4.16	4.04	3.86	3.65	3.26
750	3.75	3.65	3.51	3.33	3.01
Lunta, 60 cm					
50	10.31	9.57	8.54	7.48	5.85
150	6.93	6.59	6.08	5.52	4.58
250	5.22	5.02	4.72	4.38	3.76
350	4.18	4.06	3.86	3.63	3.20
450	3.49	3.40	3.26	3.10	2.78
550	3.00	2.93	2.83	2.70	2.45
650	2.63	2.57	2.49	2.39	2.20
750	2.34	2.29	2.23	2.15	1.99

*) Laskettu aikatutkimustulosten perusteella
Metsätehon tuotoslaskentaohjelman avulla

*) Laskettu aikatutkimustulosten perusteella
Metsätehon tuotoslaskentaohjelman avulla