METSÄTEHON TIEDOTUS
METSÄTEHO REPORT

METSÄTEHO 379

Monitoimikoneiden käyttömahdollisuudet hankittaessa havupuuvaltaista kokopuuta tavaralajikorjuun yhteydessä

THE POSSIBILITIES OF USING MULTIPURPOSE LOGGING MACHINES FOR WHOLE-TREE HARVESTING IN CONNECTION WITH SHORTWOOD

RAINER HÄGGBLOM

HELSINKI 1983

Metsätehon tiedotus — *Metsäteho Report* 379

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

MONITOIMIKONEIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET HANKITTAESSA HAVUPUUVALTAISTA KOKOPUUTA TAVARALAJIKORJUUN YHTEYDESSÄ

The Possibilities of Using Multipurpose Logging Machines for Whole-Tree Harvesting in Connection with Shortwood

Rainer Häggblom

METSÄTEHO, Fabianinkatu 9 B, 00130 HELSINKI 13

ISBN 951-673-086-8
ISSN 0356-7257

Kauppakirjapaino Oy, Helsinki

SISÄLLYS
Contents

	Sivu *Page*
TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 MENETELMÄT JA AINEISTO	5
2.1 Aineiston keruu	5
2.2 Korjuuketjut ja työmenetelmät	5
2.3 Tutkimustyömaiden olosuhteet	7
2.4 Aineiston määrä ja laatu	7
3 TUTKIMUSTULOKSET	8
3.1 Raaka-ainemäärät	8
3.2 Koneellinen kaato	9
3.3 Karsinta ja katkonta miestyönä	10
3.4 Hakkuu prosessorilla	10
3.5 Metsäkuljetus	12
3.6 Korjuukustannukset	15
4 TULOSTEN TARKASTELUA	16
Summary	17
LIITE	19

TIIVISTELMÄ

Tutkimus selvittää monitoimikoneiden käyttömahdollisuuksia erilaisissa osapuu- ja vajaakarsintamenetelmissä. Pääosa korjuuketjuista perustui koneelliseen kaatoon, jonka jälkeen puut käsiteltiin prosessorilla tai miestyönä tai kourasahalla metsäkuljetuksen yhteydessä. Kokeilut tehtiin kuitupuuvaltaisissa avohakkuissa, mutta miestyönä kaatoon ja kourasahaan perustuvia menetelmiä voidaan kehittää myös harvennuksiin sopiviksi.

Kaato-kasauskoneeseen ja prosessoriin perustuvissa vajaakarsintamenetelmissä pyrittiin hyödyntämään kaato-kasauskoneen mahdollistamaa joukkokäsittelyä. Karsinnan laadulle ei asetettu rajoituksia. Näin saatiin prosessorin tuottavuutta kohotettua 17 - 45 % tavaralajien valmistukseen verrattuna. Kun lisäksi kaato-kasauskoneella lajiteltiin rinnankorkeusläpimitaltaan > 13 cm:n puut omiin prosessorilla käsiteltäviin kasoihinsa, saatiin prosessorin ajanmenekki leimikossa pienenemään 50 - 70 %:iin tavaralajimenetelmään verrattuna. Vajaasti karsittujen noin 5 m:n pituisten pölkkyjen metsäkuljetuksen ajanmenekki oli 8 - 13 % suurempi kuutioyksikköä kohti kuin tavaralajien, ajomatkan ollessa 350 m. Vajaasti karsituista pölkyistä ja katkomattomista pieniläpimittaisista ($d_{1,3} \leq 13$ cm) puista tehtyjen sekakuormien metsäkuljetuksen ajanmenekki oli kuutioyksikköä kohti 20 - 40 % suurempi kuin tavaralajikuormien. Vajaasti karsituissa rungoissa lisäraaka-ainetta oli noin 5 %. Lisäksi toisessa korjuumenetelmässä kertymää lisäsi kokopuina korjatut pieniläpimittaiset rungot.

Koneellisen kaadon ja kasauksen sekä miestyönä suoritettavan karsinnan ja katkonnan yhdistäminen samaan korjuuketjuun ei onnistunut tyydyttävästi. Kasoissa olleita järeitä runkoja ei saatu riittävän hyvin katkottua tai karsittua.

Kaato-kasauskoneeseen ja kourasahaan perustuvalla osapuukorjuuketjulla saatiin talteen raaka-ainetta 30 % enemmän kuin tavaralajeina korjattavissa oleva määrä. Osapuiden katkonnan ja metsäkuljetuksen ajanmenekki oli kuutioyksikköä kohti noin 1.8-kertainen verrattuna tavaralajien metsäkuljetukseen kaato-kasauskoneen ja prosessorin jälkeen.

Sovellettaessa miestyönä kaatoa osapuiden katkonnan ja kuljetuksen ajanmenekki oli kourasahalla varustetulla metsätraktorilla kuutioyksikköä kohti noin 1.5-kertainen verrattuna palstalle hakatun rangan metsäkuljetukseen. Talteen saadun raaka-aineen määrä oli tässä osapuumenetelmässä 20 % suurempi kuin tavaralajeina korjattavissa oleva määrä.

Koneellisille korjuuketjuille vajaakarsinta- ja osapuumenetelmät sopivat teknisesti hyvin. Menetelmien kustannuskilpailukyky on korjuussa hyvä. Talteen saatua kuutioyksikköä kohti korjuukustannukset olivat koneelliseen kaatoon perustuvissa menetelmissä 9 - 32 % alhaisemmat kuin tavaralajimenetelmässä. Ajanmenekin perusteella leimikon korjuukustannukset olivat 89 - 97 % tavaralajimenetelmien kustannuksista. Miestyönä kaatoon ja kourasahalla varustettuun metsätraktoriin perustuvassa osapuumenetelmässä korjuukustannukset olivat ajanmenekin perusteella 72 % tavaralajimenetelmän kustannuksista.

Osapuu- ja vajaakarsintamenetelmien soveltuvuutta ja taloudellisuutta tulisi kuitenkin tarkastella koko puunhankinta- ja jalostusketjun kannalta, josta korjuu on vain yksi osa.

1 JOHDANTO

Tutkimuksessa selvitetään monitoimikoneiden käyttömahdollisuuksia erilaisissa osapuu- ja vajaakarsintamenetelmissä. Tutkimuksen kohteena olivat erityisesti isoon kaato-kasauskoneeseen perustuvat korjuuketjut.

Tavoitteena oli selvittää erilaisten korjuuketjuvaihtoehtojen ajanmenekki ja talteen saatavien raaka-ainelajien määrät eri menetelmissä.

Tutkimus on suoritettu yhdessä Veitsiluoto Oy:n kanssa. Erityisesti tutkimuksen onnistumiseen vaikuttivat metsänhoitajat K. Parviainen ja J. Vartiainen sekä metsäteknikot S. Heikkilä ja S. Korteniemi.

Tutkimus on osa laajempaa kauppa- ja teollisuusministeriön osarahoituksella suoritettavaa projektia "Energiapuun korjuu teollisuuspuun korjuun yhteydessä".

2 MENETELMÄT JA AINEISTO

2.1 Aineiston keruu

Tutkimuksen kenttätyöt suoritettiin maaliskuussa 1982 Kemijärvellä ja lokakuussa 1982 Posiolla. Raaka-ainemäärien mittaukset jatkuivat maaliskuulle 1983.

Kevättalvella aineistoa kerättiin kaato-kasauskoneesta ja sen jälkeisestä prosessorilla tai miestyönä suoritetusta karsinnasta ja katkonnasta. Metsäkuljetus tehtiin tavallisella kuormatraktorilla. Syksyllä kerättiin aineistoa kaato-kasauskoneesta, prosessorista, tavallisesta kuormatraktorista ja kourasahalla varustetusta kuormatraktorista. Koko aineisto on kerätty avohakkuuolosuhteista tavanomaista kelloaikatutkimusta noudattaen. Raaka-ainemäärät on määritetty metsässä tehtyjen pölkyittäisten mittausten, välivarastolla haketettu puumäärä hakkeen irtokuutiometrimittauksen ja tehtaalle osapuuna toimitettu puumäärä upotusmittauksen perusteella.

2.2 Korjuuketjut ja työmenetelmät

Tavaralajimenetelmät

11
Kaato-kasauskone eteni kaataen puita koneen kummaltakin puolelta ja kasaten ne puulajit erilleen vain toiselle puolelle lähes kohtisuoraan ajouran suuntaan nähden. Koska kone pystyy hallittuun kaatoon aina 7 m:n ottoetäisyydeltä asti, voitiin käyttää noin 15 m:n ajouraväliä. Kaato-kasauskoneen jälkeen prosessori valmisti rungot yksin puin hyvään karsintajälkeen pyrkien noin 5 m:n pituisiksi pölkyiksi. Järeistä mäntyrungoista valmistettiin tukkeja. Puutavaralajit pidettiin erillään. Koska kaato-kasauskoneen ajouraväli oli noin 15 metriä, pisimpien puiden latvat ulottuivat edellisille ajourille. Se ei kuitenkaan haitannut olennaisesti prosessorin työskentelyä, koska pyrittiin sellaiseen työmenetelmään, jossa prosessori työskenteli kaadetulla palstan osalla kaatokoneen etenemissuunnan vastaisesti.

Metsäkuljetus tehtiin kuormatraktorilla. Puutavaralajit ajettiin erillään.

12
Rungot valmistettiin miestyönä tavaralajeiksi (rankana kasoihin palstalle) ja kuljetettiin metsätraktorilla välivarastolle.

Osapuu- ja vajaakarsintamenetelmät

21
Kaato-kasauskone ja prosessori työskentelivät kuten menetelmässä 11. Prosessorilla pyrittiin rungot käsittelemään joukoittain mäntytukkirunkoja lukuun ottamatta. Joukoittain käsiteltyihin pölkkyihin sai jäädä oksia. Ainespuun latvaläpimittaa (5 cm) ei noudatettu kuin joukkokäsittelytaakan pisimmän puun osalta. Muihin taakan runkoihin sai jäädä latvarunkopuuta. Muilta osin toimittiin samoin kuin menetelmässä 11.

22
Kaato-kasauskone lajitteli puut puulajin mukaan ja lisäksi puun koon mukaan eri kasoihin. Rinnankorkeusläpimitaltaan $\leqslant$ 13 cm:n puut kasattiin omiin kasoihinsa ja yli 13 cm:n puut omiinsa prosessorin suorittamaa joukkokäsittelyä varten. Suuret puut tehtiin kuten menetelmässä 21. Pieniä puita prosessori ei käsitellyt. Kaikki puutavara kuljetettiin kuormatraktorilla. Puutavaralajeja kuljetettiin myös sekakuormina. Käsittelemättömät kokopuut haketettiin välivarastolla.

31
Kaato-kasauskone työskenteli kuten menetelmässä 22. Suurista puista ($d_{1,3}$ > 13 cm) karsittiin ja katkottiin miestyönä noin 5 metrin pituinen tyvipölkky. Karsinnan

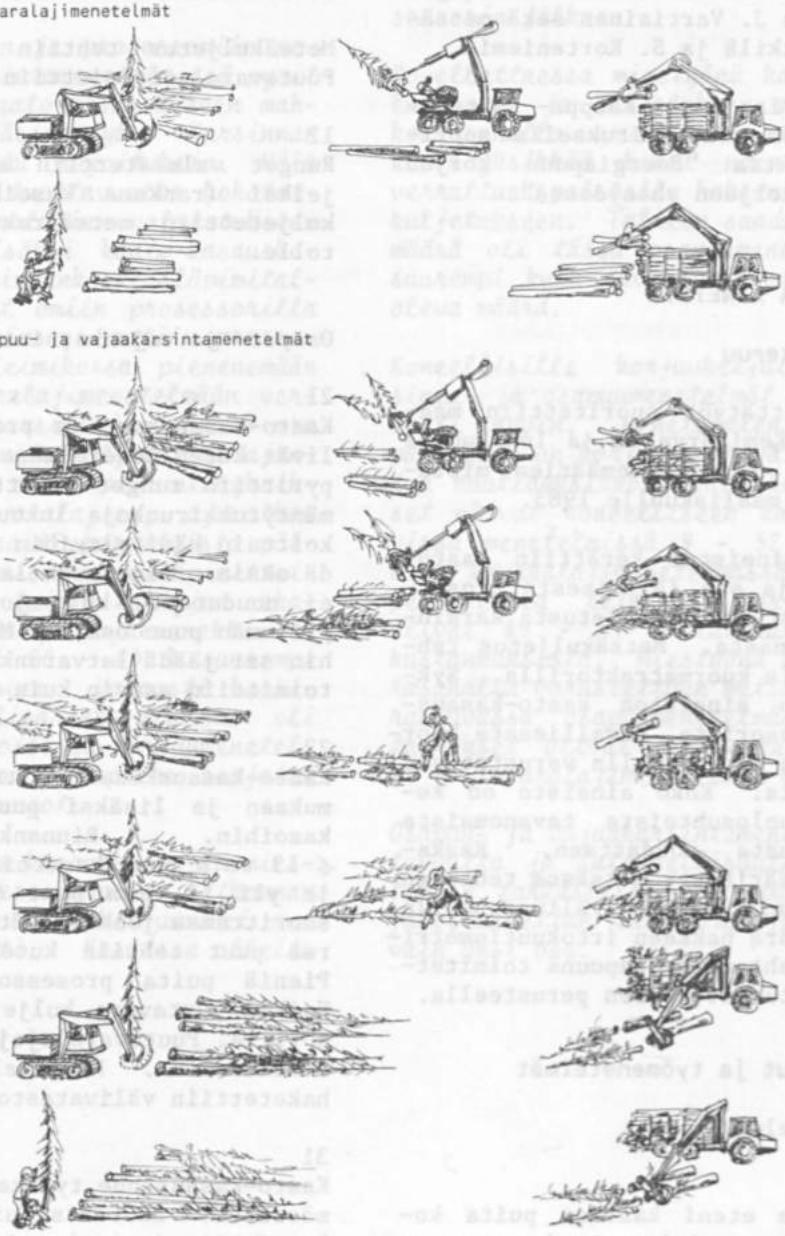
laatutavoitteena oli ns. puolikarsinta, jolloin pölkyn alapuoliseen osaan voi jäädä kokonaisia oksiakin. Runkojen latvaosat ja pienet puut ($d_{1.3} \leqslant 13$ cm) katkottiin noin 5 metrin pituisiksi pölkyiksi. Järeistä mäntyrungoista valmistettiin tukkeja. Kaikki puutavara kuljetettiin kuormatraktorilla, myös sekakuormia käytettiin.

32
Kuten menetelmä 31, mutta pienet puut jätettiin katkomatta ja haketettiin välivarastolla.

41
Kaato-kasauskone työskenteli kuten menetelmässä 11. Puut katkottiin kourasahalla noin 5 metrin pituisiksi osapuupölkyiksi. Mäntytukit valmistettiin miestyönä. Metsäkuljetuksessa pidettiin puutavaralajit erillään. Tyvet ja latvat kuljetettiin sekakuormina.

42
Puut kaadettiin miestyönä ja mäntytukit karsittiin ja katkottiin. Kuitupuurungot, kuusitukkirungot ja mäntytukkirunkojen latvat katkottiin kourasahalla noin 5 metrin pituisiksi pölkyiksi.

Ensin katkottiin ja kasattiin runkojen vähäoksainen tai oksaton tyviosa. Tämän jälkeen katkottiin latvaosa, joka samalla kuormattiin. Tyvet kuormattiin ja ajettiin erikseen osapuulatvojen ajon jälkeen. (Kuva 1 ja liite, s. 19)



Kuva 1. Korjuumenetelmät

2.3 Tutkimustyömaiden olosuhteet

Puustotiedot (taulukko 1) vastaavat työmaittain tutkimuspalstojen keskimääräisolosuhteita. Taulukon kuutiomäärät tarkoittavat runkojen ainespuusisältöä (runkopuu 6 cm minimilatvaläpimitaltaan).

Tutkimustyömaat edustavat alueen tyypillistä kuusivaltaista avohakkuuleimikkoa. Maastoluokka oli 1. Lunta kevättalven kokeen aikana oli noin 80 cm. Syksyn tutkimukset tehtiin lumettomana aikana.

TAULUKKO 1 Tutkimustyömaiden puustotiedot

Työmaa	Rungon keskikoko, dm^3			Osuus kuutiomäärästä, %			Tiheys, m^3/ha	Tiheys, runkoa/ha
	mänty	kuusi	koivu	mänty	kuusi	koivu		
Kemijärvi	285	198	89	30	51	19	106	620
		172						
Posio	339	125	159	35	52	13	123	738
		165						
Ylitornio	181	113	73	29	40	31	164	1 532
		107						

2.4 Aineiston määrä ja laatu

Asetelmassa 1 on esitetty menetelmittäin kerätyn aineiston määrä. Kaato-kasauskoneena oli tela-alustainen Åkerman H7B, jonka puomiin oli asennettu Lokomo 450 -kaatolaite (kuva 2). Puut valmistettiin Marttiini-prosessorilla, joka oli asennettu Aktiv Skotten 758 -peruskoneeseen. Metsäkuljetus tehtiin menetelmissä 11 - 32 Aktiv Skotten 758 -kuormatraktorilla, jossa oli vakiokuormain. Menetelmissä 41 ja 42 metsäkuljetuskoneena oli Lokomo 919 -kuormatraktori varustettuna Ösa 773 -kourasahalla. Menetelmissä 31 ja 32 puut katkoi ja karsi ammattitaitoinen Veitsiluoto Oy:n palveluksessa oleva vakinainen metsuri.

Asetelma 1 Aineisto

Kaato-kasauskone:			
- menetelmät 11, 21, 41	1 925	runkoa	Kemijärvi, Posio
- " 22, 31, 32	1 154	"	" "
Prosessori:			
- menetelmä 11	900	runkoa	Kemijärvi, Posio
- " 21	1 173	"	" "
- " 22	1 052	"	" "
Katkonta/karsinta miestyönä:			
- menetelmä 31	547	runkoa	Kemijärvi
- " 32	342	"	"
Metsäkuljetus:			
- menetelmä 11	18	kuormaa	Kemijärvi, Posio
- " 12	7	"	Ylitornio
- " 21	29	"	Kemijärvi, Posio
- " 22	28	"	" "
- " 31	15	"	"
- " 32	15	"	"
- " 41	22	"	Posio
- " 42	11	"	Ylitornio

Kuva 2. Kaato-kasauskone, tela-alustainen Åkerman H7B, varustettuna Lokomo 450 -kartiokaatolaitteella. Valok. Metsäteho

3 TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Raaka-ainemäärät

Taulukossa 2 esitetyt suhteelliset raaka-ainemäärät ovat eri korjuumenetelmissä talteen saatuja määriä välivarastolla. Potentiaalisia raaka-ainemääriä ei pyritty selvittämään.

Ainespuuksi on laskettu kuorellinen runkopuu 6 cm:n latvaläpimittaan asti. Kokeilumenetelmissä 21 - 42 talteen saatu lisäraaka-ainemäärä muodostuu ainespuun mitat täyttäviin runkoihin jääneistä oksista ja latvarunkopuusta. Alamittaisia, rinnankorkeusläpimitaltaan alle 7 cm:n puita ei missään menetelmässä korjattu.

Kourasahamenetelmässä 41 karsittiin vain mäntytukit ja sen vuoksi talteen saatu määrä on suurin. Tässäkin menetelmässä puut karsiutuvat osittain kuitenkin kaadon, metsäkuljetuksen ja autokuljetuksen yhteydessä.

Miestyömenetelmissä 31 ja 32 karsittiin rinnankorkeusläpimitaltaan yli 13 cm:n puista yksi tyvipölkky. Järeistä mäntytukkirungoista tehtiin kuitenkin kaksi tai jopa kolme karsittua tukkia. Tyvipölkkyjen osuus kaikista karsituista kappaleista oli 89 %. Karsitun rungonosan latvaläpimitta oli keskimäärin 16.2 cm. Kummassakin miestyömenetelmässä joudutaan oksia lisäksi katkomaan hakkuumiehen kulkureitin raivaamiseksi. Menetelmässä 31 oksia joudutaan katkomaan enemmän, koska kaikki rungot katkotaan.

Prosessorimenetelmissä 21 ja 22 joukoittain käsiteltyihin runkoihin jää jonkin verran oksia. Oksien määrä riippuu muun muassa joukkokäsittelytaakan rakenteesta,

TAULUKKO 2 Suhteelliset raaka-ainemäärät

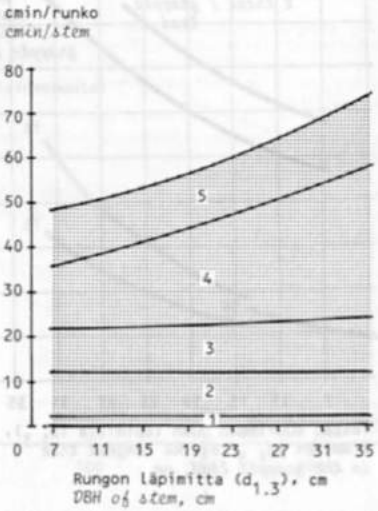
Menetelmä		Talteen saatu raaka-ainemäärä		Talteen saatu ainespuumäärä
Kemijärvi, Posio				
11	$d_{1.3}$ > 13 cm $d_{1.3}$ ≤ 13 cm	tavaralajeina:	100	100
21	$d_{1.3}$ > 13 cm $d_{1.3}$ ≤ 13 cm	vajaasti karsittuna:	105	100
22	$d_{1.3}$ > 13 cm $d_{1.3}$ ≤ 13 cm	1 = vajaasti karsittuna: 2 = kokopuuhakkeena: Yhteensä	92 22 114	88 12 100
31	$d_{1.3}$ > 13 cm $d_{1.3}$ ≤ 13 cm	1 = vajaasti karsittuna: 2 = osapuuna: Yhteensä	55 68 123	56 44 100
32	$d_{1.3}$ > 13 cm $d_{1.3}$ ≤ 13 cm	1 = vajaasti karsittuna: 2 = osapuuna: 3 = kokopuuhakkeena: Yhteensä	55 47 22 124	56 32 12 100
41	$d_{1.3}$ > 13 cm $d_{1.3}$ ≤ 13 cm	osapuuna:	130	100
Ylitornio				
12		tavaralajeina:	100	100
42		osapuuna:	120	100

puulajista, lämpötilasta sekä karsintaterien asennosta (auki/kiinni). Lisäksi joukoittain käsiteltyihin runkoihin jää latvarunkopuuta, koska vain taakan pisimmän puun kohdalla voidaan noudattaa 6 cm:n latvaläpimittaa. Prosessorilla käsiteltyjen runkojen latvapölkyn päättymisläpimitta oli keskimäärin 4.9 cm.

Prosessorimenetelmässä 22 sekä miestyömenetelmässä 32 katkomattomat ja karsimattomat pienet rungot korjattiin kokopuuna ja haketettiin välivarastolla. Haketettavan puun määrä leimikossa jäi alle 20 % talteen saadusta määrästä. Kummassakin menetelmässä saadaan haketettavasta puusta tarkasti talteen myös latvat. Sen sijaan osapuumenetelmissä 31, 41 ja 42, joissa osapuu katkotaan n. 5 m:n pölkyiksi, pieniä latvakappaleita jää kuormausvaiheessa palstalle, koska ne sekoittuvat muihin hakkuutähteisiin.

Kemijärven ja Posion tutkimustyömaiden raaka-ainemäärät eivät olennaisesti poikenneet toisistaan. Se johtuu siitä, että leimikoiden välillä puulajisuhteissa, runkolukusarjassa ja runkojen oksaisuudessa oli vain vähän eroja. Kuusien oksaisuusluokka oli 4, mäntyjen 2 - 3 ja lehtipuun 2.

Sen sijaan Ylitornion tutkimustyömaan puusto oli vähäoksaisempaa, joten lisäraaka-ainemäärä jäi kourasahamenetelmässä 42 selvästi pienemmäksi kuin Posiolla. Kourasahamenetelmässä 42 ainesrunkopuu jakautui karsittuun tai karsiutuneeseen tyviosaan ja karsimattomaan latvaosaan suhteessa 54 : 46.



1 = Häiriöt ja järjestelyt
Interruptions and arrangements

2 = Siirtyminen, tiheys 750 runkoa/ha, maastoluokka 1
Moving, stand density 750 stems/ha, terrain class 1

3 = Kaatopään vienti puulle
Moving the felling tip to the tree

4 = Tarttuminen ja kaato
Gripping and felling-sawing

5 = Kasaus, ei lajittelua rungon koon mukaan
Bunching, no sorting by stem size

Kuva 3. Kaato-kasauskoneen tehoajanmenekin riippuvuus rungon rinnankorkeusläpimitasta
Fig. 3. Relationship between the effective time expenditure of the feller-buncher and the breast height diameter of the stem

3.2 Koneellinen kaato

Kaato-kasauskoneen eri työnvaiheiden ajanmenekistä vain kaadon ajanmenekki kasvaa selvästi rungon läpimitan kasvaessa (kuva 3). Jos kaato-työnvaiheeseen kuulunut terän palautus voitaisiin lomittaa täydellisesti seuraavan työnvaiheen eli kasauksen aikana tapahtuvaksi, olisi tehoajanmenekki pienentynyt 6 - 10 %. Kasausvaiheen ajanmenekki kasvoi rungon koon mukaan 13 - 20 %, jos lajiteltiin myös puun koon mukaan. Lajitteluohjeen noudattaminen onnistui hyvin kuljettajan totuttua työmenetelmään. Rinnankorkeusläpimitaltaan ⩽ 13 cm:n puista 26 % oli suurien puiden kasoissa ja 15 cm:n puista 28 % pienien puiden kasoissa.

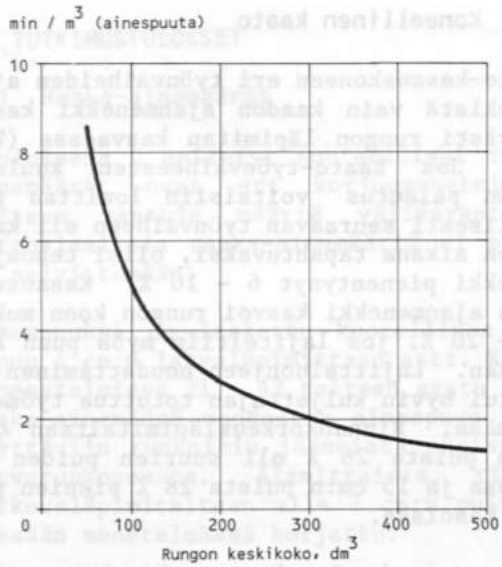
Lumi, jota kevättalven tutkimuksen aikana oli noin 80 cm, ei hidastanut kaatokoneen työskentelyä lumettoman ajan työskentelyyn verrattuna, koska kaatolaite on helppo painaa lumen läpi aivan puun tyvelle. Tiheyden vaikutus kaato-kasauskoneen tehoajanmenekkiin on esitetty asetelmassa 2.

Asetelma 2 Leimikon tiheyden vaikutus kaato-kasauskoneen tehoajanmenekkiin

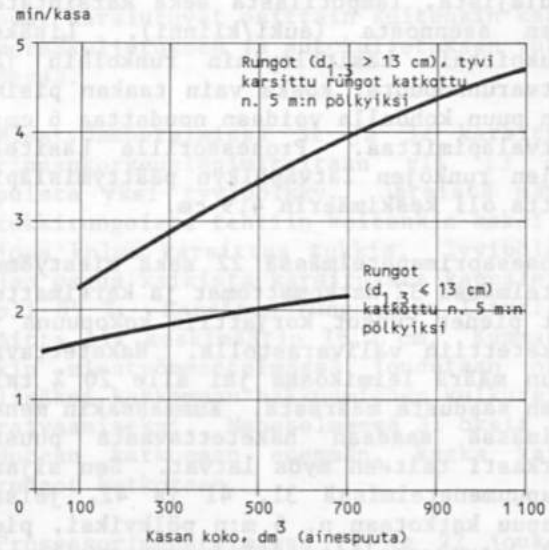
Tiheys, runkoa/ha	Suhteellinen tehoajanmenekki
550	102
750	100
950	98

Ajanmenekin riippuvuus leimikon rungon keskikoosta on esitetty kuvassa 4.

Ajanmenekin riippuvuus leimikon rungon keskikoosta on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Kaato-kasauskoneen tehoajanmenekin riippuvuus leimikon rungon keskikoosta. Leimikon tiheys 750 runkoa/ha, maastoluokka 1



Kuva 5. Miestyönä katkonnan ja karsinnan tehoajanmenekki. Kuusi, oksaisuusluokka 3

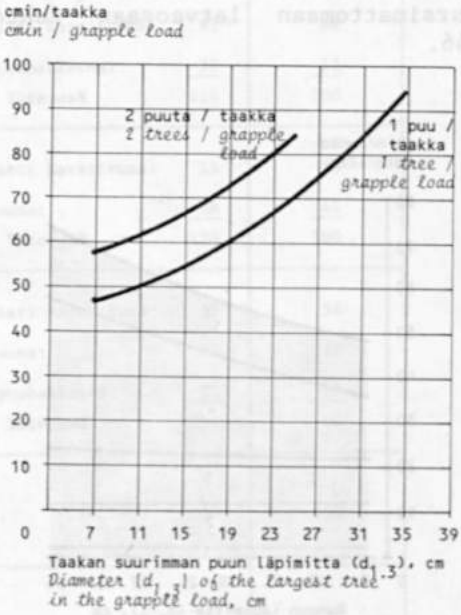
3.3 Karsinta ja katkonta miestyönä

Kaato-kasauskoneen tekemien kasojen katkonta ja karsinta miestyönä oli epäonnistunut menetelmä. Kasat olivat liian suuria ja kasan pohjalle jäi usein katkomattomia runkoja. Lisäksi tyvien karsinnassa oli mahdotonta päästä edes puolikarsintaan silloin, kun kasassa oli useita järeitä runkoja. Myös paksu lumikerros vaikeutti alimmaisten runkojen käsittelyä. Tarkasteltaessa kasan koosta riippuvaa miestyön ajanmenekkiä (kuva 5) onkin otettava huomioon, että kasan koon suuretessa työn laatu huononee. Menetelmässä 31, jossa kaikki puut katkottiin noin 5 m:n pituisiksi pölkyiksi, kasoissa oli keskimäärin 2.7 runkoa ja kasan koko oli 0.48 m^3 (ainespuuta). Menetelmässä 32, jossa käsiteltiin vain suuria puita, kasojen kokoa pienennettiin 0.35 m^3:iin (ainespuuta) ja siten työn laatua saatiin hieman parannettua. Ylipitkiä (> 6 m) pölkkyjä jäi tosin vieläkin noin 7 % pölkkyjen kokonaismäärästä.

Tulosten perusteella laskettiin ajanmenekki simuloidulle menetelmälle, jossa vain pienet rungot ($d_{1,3} \leqslant 13$ cm) on kasattu ja suuret rungot on asetettu erilleen. Tällä tavoin voidaan miestyönäkatkonnan tuottavuutta nostaa, koska useita pieniä runkoja voidaan katkaista yhtäaikaisesti. Toisaalta järeiden runkojen karsinnassa vältytään niiltä vaikeuksilta, jotka aiheutuvat suuresta kasankoosta. Siten tukkien sekä tyvien karsinnassa päästäneen tavoiteltuun puolikarsintaan ja metsäkuljetusta haittaavia katkomattomia runkoja ei esiintyne. Tällä menetelmällä ajanmenekki olisi ollut tutkimusolosuhteissa 10 min/m^3 (kokopuuta).

3.4 Hakkuu prosessorilla

Joukoittain käsiteltyjen puiden prosessorilla valmistuksen taakkakohtainen ajanmenekki oli 18 - 21 % suurempi kuin yksin puin käsiteltyjen (kuva 6). Ajanmenekki



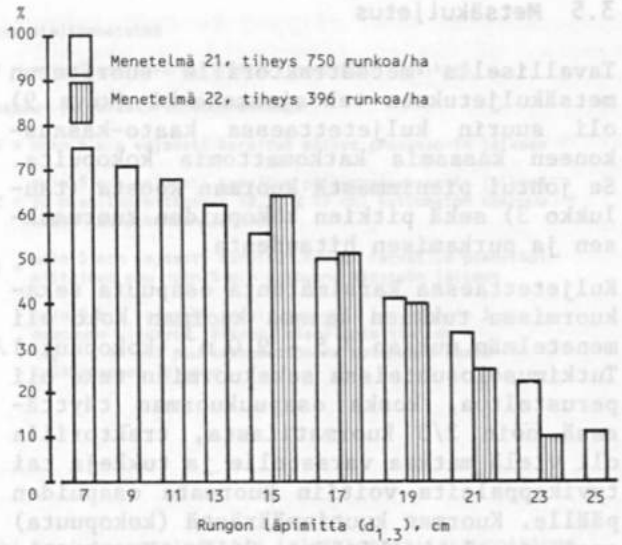
Kuva 6. Prosessorillahakkuun taakkakohtainen tehoajanmenekki. Leimikon tiheys 750 runkoa/ha, maastoluokka 1
Fig. 6. The effective time expenditure per grapple load in processor cutting. Stand density 750 stems/ha, terrain class 1

lisääntyi puiden otto -työnvaiheessa ja karsinnassa. Menetelmässä 22, jossa prosessori käsitteli vain suuret puut, joukkokäsittelytaakkojen otto -työnvaiheen ajanmenekki oli 5 - 6 % pienempi kuin menetelmässä 21, jossa käsiteltiin kaikki puut. Toisaalta käsiteltäessä kaikki puut siirtymisen taakkakohtainen ajanmenekki on pienempi kuin käsiteltäessä vain suuret puut. Se johtuu tiheyden paranemisesta. Siirtymisen ja ottoajan erojen vuoksi sen menetelmän (22) taakkakohtainen tehoajanmenekki, jossa vain suuret puut käsiteltiin, oli 3 - 7 % suurempi kuin sen menetelmän (21), jossa käsiteltiin kaikki puut.

Kaato-kasauskoneen jälkeen työskennellessään prosessori pystyi melko suureen joukkokäsittelyasteeseen, koska karsinnan laadulle ei asetettu rajoituksia (kuva 7). Käsiteltäessä kaikki puut joukoittain käsiteltyjen runkojen osuus oli Kemijärven aineistossa 46 % ja Posion aineistossa 50 % runkoluvusta. Vain suuria puita käsiteltäessä joukkokäsittelyyn saatiin keskimäärin 27 % näiden puiden runkoluvusta.

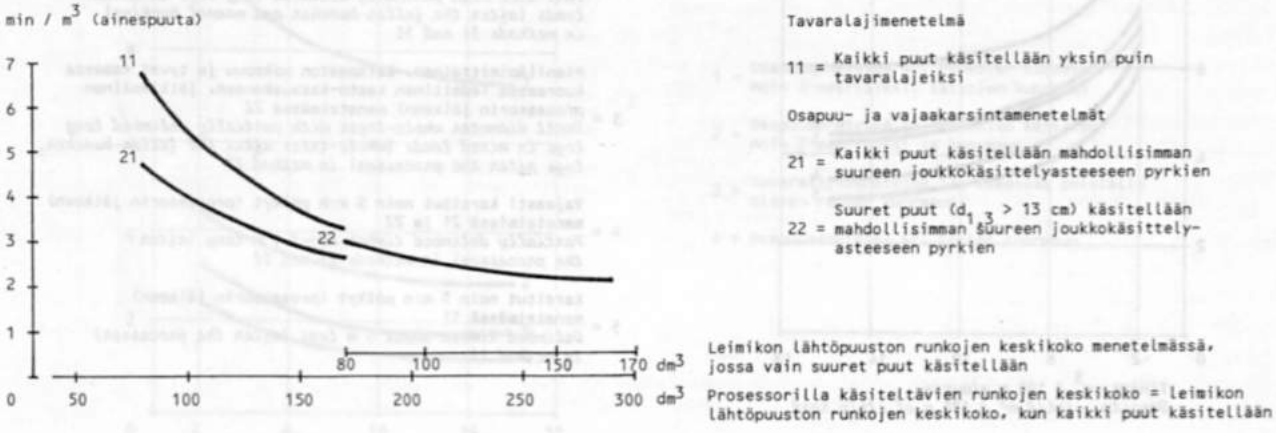
Kun puita ei lajitella koon mukaan, ei kaikkia pieniä runkoja voi käsitellä joukoittain, koska ne eivät sovi suurien runkojen kanssa samaan joukkokäsittelytaakkaan. Paras joukkokäsittelyaste saataisiin aikaan, jos pienet rungot kasattaisiin kahdesta kaatosektorista yhteen kasaan ja suuret puut kummaltakin sektorilta omiin kasoihinsa. Prosessori pystyisi silloin pieniä runkoja käsitellessään lähes aina muodostamaan joukkokäsittelytaakan.

Prosessorin tehoajanmenekit (kuva 8) laskettiin Pohjois-Suomen olosuhteissa tyypillisten leimikkojen runkolukusarjojen avulla. Kun kaikki puut käsiteltiin yksin



Kuva 7. Joukoittain käsiteltyjen runkojen osuus runkoluvusta

puin, ajanmenekki oli 1.3 - 1.4-kertainen verrattuna joukkokäsittelymenetelmään 21. Kun leimikon runkolukusarjasta jätetään käsittelemättä rinnankorkeusläpimitaltaan alle 15 cm:n rungot (menetelmä 22), prosessorin tuottavuus nousee, koska koneella käsiteltävien runkojen keskikoko kasvaa. Esimerkkileimikossa, jossa lähtöpuuston runkojen keskikoko on 79 dm^3, käsiteltävien runkojen keskikoko on 172 dm^3. Samalla kuitenkin tiheys pienenee. Kokonaisvaikutus on se, että käsiteltäessä vain suuret puut tehoajanmenekki on leimikon mukaan 17 - 38 % pienempi kuin käsiteltäessä kaikki puut (menetelmä 21).



Kuva 8. Prosessorin tehoajanmenekki eri menetelmissä. Leimikon lähtöpuuston tiheys 750 runkoa/ha; leimikon käsiteltävien runkojen tiheys 260 - 396 runkoa/ha, kun vain suuret puut käsitellään; maastoluokka 1

3.5 Metsäkuljetus

Tavallisella metsätraktorilla suoritetun metsäkuljetuksen tehoajanmenekki (kuva 9) oli suurin kuljetettaessa kaato-kasauskoneen kasaamia katkomattomia kokopuita. Se johtui pienimmästä kuorman koosta (taulukko 3) sekä pitkien kokopuiden kuormauksen ja purkamisen hitaudesta.

Kuljetettaessa karsimatonta osapuuta sekakuormissa tukkien kanssa kuorman koko oli menetelmän mukaan 7.5 - 9.0 m^3 (kokopuuta). Tutkimusolosuhteissa sekakuormien teko oli perusteltua, koska osapuukuorman täyttäessä noin 2/3 kuormatilasta, traktorilla oli vielä matkaa varastolle ja tukkeja tai tyvikappaleita voitiin kuormata osapuiden päälle. Kuorman kuutiomäärästä (kokopuuta) osapuuta oli keskimäärin 36 %. Kun karsimaton pieniläpimittainen puu kuljetettiin pitkänä, sen vastaava osuus oli 46 %.

Vajaastikarsittujen puiden metsäkuljetuksen ajanmenekki kuutioyksikköä kohti oli hitaamman kuormauksen ja pienemmän kuormankoon vuoksi 8 - 13 % suurempi kuin tavaralajien metsäkuljetuksen.

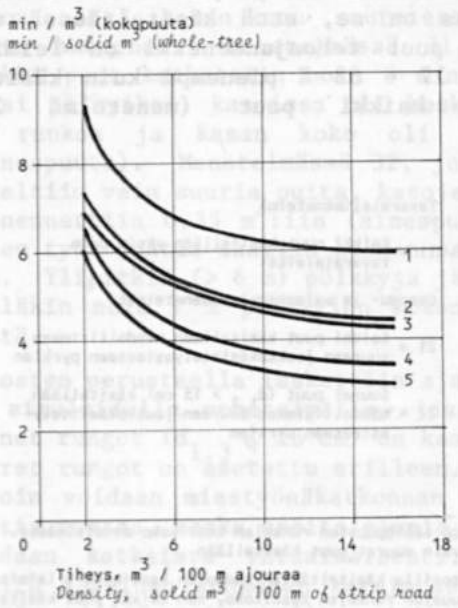
Tavaralajien metsäkuljetuksen ero osapuiden tai vajaastikarsittujen puiden metsäkuljetukseen kasvaa, kun ajomatka pitenee, koska kuormankoko on tavaralajimenetelmään verrattuna pienempi. Ajanmenekkiero on myös suurempi kuin kuvassa 9 on esitetty, jos ajanmenekki lasketaan kuljetettua ainespuu-m^3:ä kohti.

TAULUKKO 3 Kuorman koko eri menetelmissä, tavallinen metsätraktori

Erittely	Menetelmä	Kuorman koko, m^3 (kokopuuta)
Tukki, ranka n. 5 m	11	11.62
Tukki, vajaasti karsittu ranka n. 5 m	21	10.21
Tukki, vajaasti karsitut tyvet n. 5 m	22	10.81
Pieniläpimittainen kokopuu, 3 - 10 m, tukilla/tyvillä tiivistettynä	22	8.96
Pieniläpimittainen kokopuu, 3 - 10 m	22	5.99
Osapuu n. 5 m, tukilla tiivistettynä	31 & 32	7.55

Metsäkuljetuksen ajanmenekkisuhteita menetelmittäin tarkasteltaessa on otettava huomioon, että osapuumenetelmissä ajotiheys on suurempi. Se johtuu siitä, että osapuut ajettiin sekakuormissa. Lisäksi pinta-alayksiköltä kuormattava määrä on oksien ja latvarunkopuun vuoksi suurempi kuin tavaralajimenetelmissä.

Metsäkuljetuksen suhteelliset ajanmenekit korjuumenetelmittäin Posion ja Kemijärven tutkimusleimikoiden keskimääräisolosuhteilla punnittuina on esitetty kuvassa 10.



1 = Pelkkä pieniläpimittainen, katkomaton kokopuu (kaato-kasauskoneen jälkeen) menetelmässä 22
Only small diameter whole-trees (after the feller-buncher) in method 22

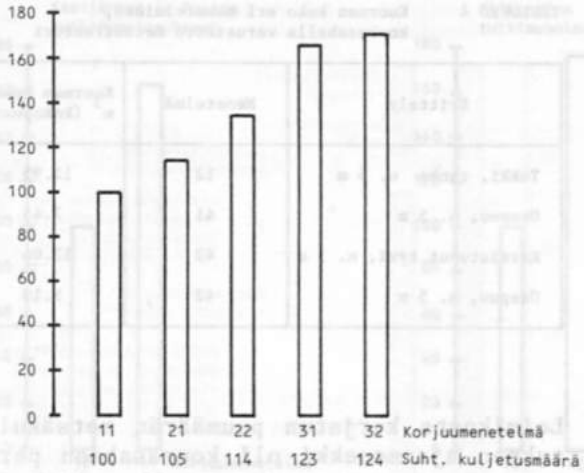
2 = Osapuu ja tyvet samassa kuormassa (kaato-kasauskoneen ja miestyönä katkonnan jälkeen) menetelmissä 31 ja 32
Part-tree with partially delimbed long logs in mixed loads (after the feller-buncher and manual bucking) in methods 31 and 32

3 = Pieniläpimittainen, katkomaton kokopuu ja tyvet samassa kuormassa (edellinen kaato-kasauskoneen, jälkimmäinen prosessorin jälkeen) menetelmässä 22
Small diameter whole-trees with partially delimbed long logs in mixed loads (whole-trees after the feller-buncher, logs after the processor) in method 22

4 = Vajaasti karsitut noin 5 m:n pölkyt (prosessorin jälkeen) menetelmissä 21 ja 22
Partially delimbed timber about 5 m long (after the processor) in methods 21 and 22

5 = Karsitut noin 5 m:n pölkyt (prosessorin jälkeen) menetelmässä 11
Delimbed timber about 5 m long (after the processor) in method 11

Kuva 9. Metsäkuljetuksen tehoajanmenekki, tavallinen metsätraktori. Ajomatka 350 m, maastoluokka 1
Fig. 9. Expenditure of effective time on forest haulage, a conventional forwarder. Hauling distance 350 m, terrain class 1



Tavaralajimenetelmä

11 = noin 5 m:n tavaralajipölkyt prosessorin jälkeen

Osapuu- ja vajaakarsintamenetelmät

21 = noin 5 m:n vajaasti karsitut pölkyt prosessorin jälkeen

22 = noin 5 m:n vajaasti karsitut pölkyt prosessorin jälkeen ja pieniläpimittainen ($d_{1,3}$ < 13 cm) katkomaton kokopuu kaato-kasauskoneen jälkeen

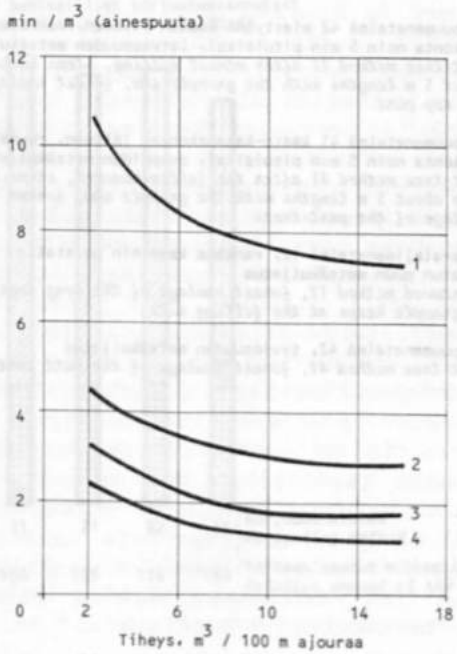
31 = noin 5 m:n vajaasti karsitut tyvet, latvat ja pieniläpimittainen puu noin 5 m:n osapuuna miestyön jälkeen

32 = noin 5 m:n vajaasti karsitut tyvet, latvat noin 5 m:n osapuuna miestyön jälkeen, pieniläpimittainen ($d_{1,3}$ < 13 cm) puu katkomattomana kokopuuna kaato-kasauskoneen jälkeen

Kuva 10. Metsäkuljetuksen suhteellinen tehoajanmenekki korjuumenetelmittäin leimikkotasolla punnittuna Kemijärven ja Posion tutkimusleimikoiden ajetuilla puutavaralajimäärillä, tavallinen metsätraktori. Ajomatka 350 m, maastoluokka 1

Leimikkotasolla ajanmenekki oli prosessoriin perustuvissa vajaakarsintamenetelmissä 14 - 34 % suurempi kuin tavaralajimenetelmässä. Sen sijaan miestyöhön perustuvissa menetelmissä ajanmenekki oli yli 60 % suurempi kuin vertailumenetelmässä alhaisemman tuottavuuden ja suuremman kertymän vuoksi.

Kourasahalla varustetun metsätraktorin kuormausaika oli suurin kuormattaessa miestyönä kaatoon perustuvan osapuumenetelmän 42 karsiutumatonta latvaosuutta (kuva 11). Tämän osuuden kuormaukseen kuului kuitenkin myös karsiutuneiden tyvien katkonta ja kasaus. Tyviä katkottiin keskimäärin 1 kpl/runko. Nopeinta oli kuormata saman osapuumenetelmän tyvipölkkyjä, koska ne olivat valmiiksi katkottuja ja kasattuja. Osapuiden purkaminen oli kuutioyksikköä kohti hitaampaa kuin tavaralajien purkaminen.



1 = Osapuumenetelmä 42, runkojen katkaisu noin 5-metrisiksi, latvojen kuormaus

2 = Osapuumenetelmä 41, runkojen katkaisu noin 5-metrisiksi ja kuormaus

3 = Tavaralajimenetelmä 12, kasoissa palstalla olevan rangan kuormaus

4 = Osapuumenetelmä 42, tyvien kuormaus

Kuva 11. Kuormausaika, kourasahalla varustettu metsätraktori

Osapuukuorman koko riippuu kuorman rakenteesta, pölkkyjen järeydestä ja oksamääristä (taulukko 4). Kun osapuut kuljetettiin niiden järeydestä riippumatta yhdessä, saavutettiin 7.45 m^3:n (kokopuuta) kuormankoko. Pelkkää pieniläpimittaista osapuuta (karsiutunut tai lähes karsiutunut tyvipölkky erotettu) kuljetettaessa jäi kuorman koko 5.19 m^3:iin (kokopuuta).

Osapuun latvaosuuden metsäkuljetuksen ajanmenekki miestyönä suoritetun kaadon jälkeen menetelmässä 42 oli 2.1 - 2.5-kertainen rangan metsäkuljetukseen verrattuna. Tässä osapuumenetelmässä tyvipölkkyjen metsäkuljetus oli kuitenkin hieman nopeampaa kuin rangan metsäkuljetus. Osapuiden metsäkuljetuksen ajanmenekki kaatokoneen jälkeen oli noin 1.5-kertainen verrattuna tavaralajien kuljetuksen ajanmenekkiin hakkuumiehen jälkeen. (Kuva 12)

Pelkkien pieniläpimittaisten puiden katkonnan ja kaato-kasauskoneen jälkeisen metsäkuljetuksen ajanmenekki oli 1.2 - 1.4-kertainen verrattuna kourasahaan perustuvaan osapuumenetelmään 41.

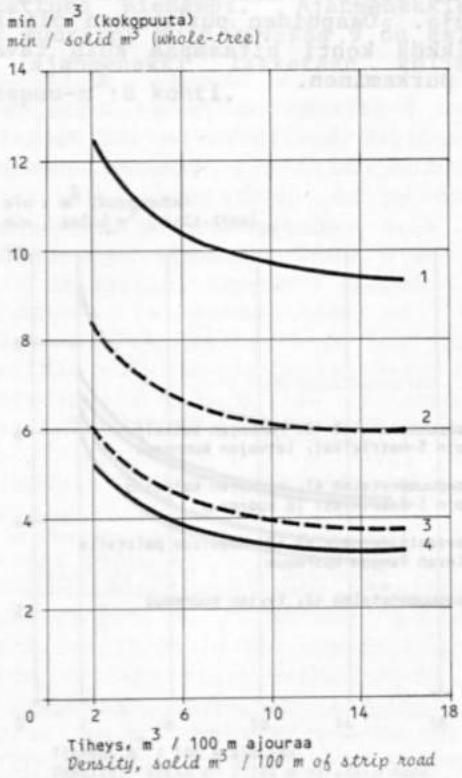
Osapuiden metsäkuljetuksen ero tavaralajimenetelmään kasvaa, kun ajomatka pitenee, koska kuormankoko on pienempi ja kuormattuna-ajo hitaampaa osapuita kuljetettaessa.

TAULUKKO 4 Kuorman koko eri menetelmissä, kourasahalla varustettu metsätraktori

Erittely	Menetelmä	Kuorman koko, m^3 (kokopuuta)
Tukki, ranka n. 5 m	12	11.95
Osapuu, n. 5 m	41	7.45
Karsiutunut tyvi, n. 5 m	42	12.06
Osapuu, n. 5 m	42	5.19

Leimikosta korjatun puumäärän metsäkuljetuksen ajanmenekki oli kourasahaan perustuvissa osapuumenetelmissä 63 - 77 % suurempi kuin vertailumenetelmässä (kuva 13). Se johtui luonnollisesti osapuumenetelmien alhaisemmasta tuottavuudesta ja suuremmasta kertymästä tavaralajimenetelmään verrattuna.

Kourasahamenetelmissä metsäkuljetuksen ajanmenekki lisääntyy, kun lisäraaka-aineosuus kasvaa. Esimerkiksi Kemijärven ja Posion työmailla leimikon metsäkuljetuksen ajanmenekki olisi ollut noin 15 % suurempi kuin Ylitornion työmaalla, koska suhteellisesti pienempi osa kuormista olisi ollut karsiutuneita tyviä.



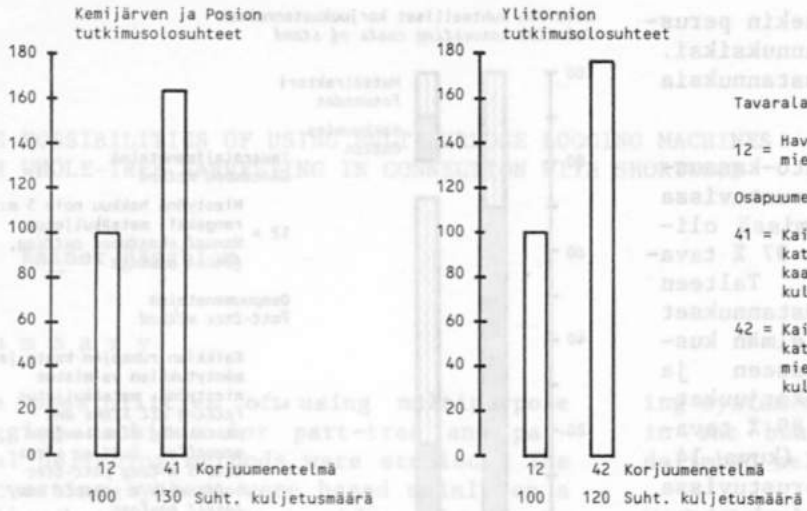
1 = Osapuumenetelmä 42 miestyönä kaadon jälkeen, runkojen katkonta noin 5 m:n pituisiksi, latvaosuuden metsäkuljetus
Part-tree method 42 after manual felling, stems bucked into about 5 m lengths with the grapple saw, forest haulage of the top part

2 = Osapuumenetelmä 41 kaato-kasauskoneen jälkeen, runkojen katkonta noin 5 m:n pituisiksi, osapuiden metsäkuljetus
Part-tree method 41 after the feller-buncher, stems bucked into about 5 m lengths with the grapple saw, forest haulage of the part-trees

3 = Tavaralajimenetelmä 12, rankana kasoihin palstalle hakatun puun metsäkuljetus
Shortwood method 12, forest haulage of the long logs in grapple heaps at the felling site

4 = Osapuumenetelmä 42, tyviosuuden metsäkuljetus
Part-tree method 42, forest haulage of the butt part

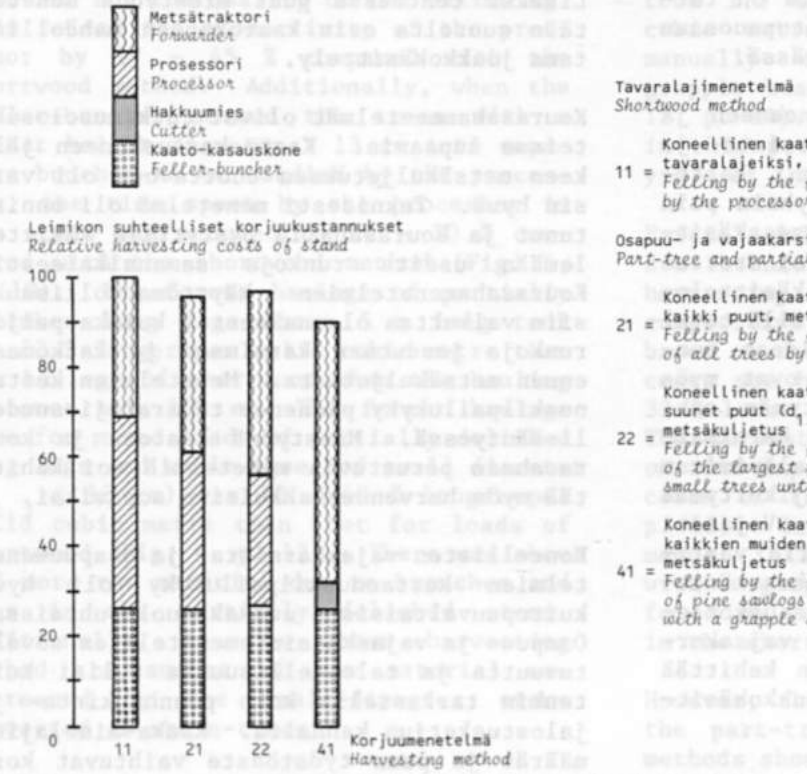
Kuva 12. Metsäkuljetuksen tehoajanmenekki, kourasahalla varustettu metsätraktori. Ajomatka 350 m, maastoluokka 1
Fig. 12. Expenditure of effective time on forest haulage, a forwarder equipped with a grapple saw. Hauling distance 350 m, terrain class 1



Kuva 13. Metsäkuljetuksen suhteellinen tehoajanmenekki korjuumenetelmittäin leimikkotasolla punnittuna tutkimusleimikoiden ajetuilla puutavaramäärillä, kourasahalla varustettu metsätraktori. Ajomatka 350 m, maastoluokka 1

3.6 Korjuukustannukset

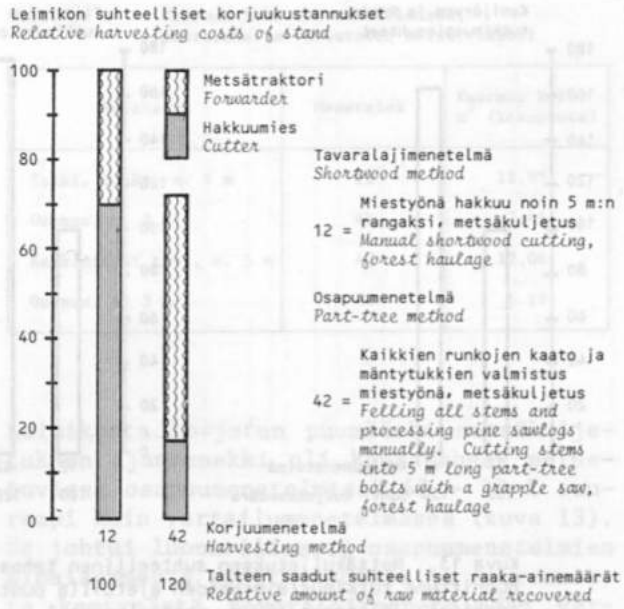
Korjuukustannukset vastaavat Pohjois-Suomen syksyn 1982 palkkoja ja maksuja. Kustannusarvioiden perusteella kourasahalla varustetun metsätraktorin käyttötuntikustannukset on saatu 3 % suuremmiksi kuin tavallisen keskikokoisen kuormatraktorin. Suunnittelu-, mittaus-, työnjohto- ja siirtokustannuksia ei ole laskelmissa mukana.



Kuva 14. Leimikon korjuukustannukset, kaato-kasauskoneeseen perustuvat korjuuketjut. Kemijärven ja Posion tutkimustyömaiden olosuhteet
Fig. 14. The harvesting costs of a stand, harvesting systems based on the feller-buncher. Conditions of the Kemijärvi and Posio research work sites

Kustannukset on laskettu ajanmenekin perusteella koko leimikon korjuukustannuksiksi. Tavaralajimenetelmien korjuukustannuksia on merkitty luvulla 100.

Leimikon korjuukustannukset kaato-kasauskoneeseen ja prosessoriin perustuvissa vajaakarsinta- ja osapuumenetelmissä olivat ajanmenekin perusteella 96 - 97 % tavaralajimenetelmän kustannuksista. Talteen saatua kuutioyksikköä kohti kustannukset olivat 85 - 91 % tavaralajimenetelmän kustannuksista. Kaato-kasauskoneeseen ja kourasahaan perustuvassa osapuukorjuuketjussa korjuukustannukset olivat 89 % tavaralajimenetelmän kustannuksista (kuva 14, s. 15). Miestyönä kaatoon perustuvissa ketjuissa osapuumenetelmässä korjuukustannukset olivat 72 % tavaralajikorjuun kustannuksista ja talteen saatu raaka-ainemäärä 20 % suurempi (kuva 15).



Kuva 15. Leimikon korjuukustannukset, miestyönä kaatoon perustuvat korjuuketjut. Ylitornion tutkimustyömaan olosuhteet
Fig. 15. The harvesting costs of a stand, harvesting systems based on manual felling. Conditions of the Ylitornio research work site

4 TULOSTEN TARKASTELUA

Tutkimustulokset koskevat vain Pohjois-Suomessa suoritettuja kuitupuuvaltaisia avohakkuita. Tällaisille alueille tutkitut menetelmät sopivat hyvin, koska osapuu- ja vajaakarsintamenetelmillä on tarkoituksenmukaista vähentää kuitupuuosaan kohdistuvia käsittelytoimia metsässä.

Korjuuteknisesti kaato-kasauskoneeseen ja prosessoriin perustuvat vajaakarsinta- ja osapuukorjuuketjut ovat toimivia. Kaato-kasauskoneella voidaan erottaa yksin puin käsiteltävät tukkipuurungot ja massakäsittelyyn sopivat rungot erilleen tai erottaa prosessorilla käsiteltävät ja käsittelemättä jäävät rungot erilleen. Tällä tavalla prosessorin tuottavuutta voidaan huomattavasti nostaa. Menetelmät ovat myös joustavia raaka-ainelajien kertymän suhteen. Joukkokäsittelyasteen ja karsimattomien/karsittujen runkojen rajaläpimitan muutoksilla voidaan raaka-ainelajikertymää siirtää tavoiteltuun suuntaan. Vajaasti karsittu puu ei aseta niin suuria vaatimuksia kaukokuljetukselle ja tehdaskäsittelylle kuin osapuu. Kaato-kasauskoneeseen ja prosessoriin perustuvia vajaakarsintamenetelmiä voidaan edelleen kehittää työmenetelmiä parantamalla ja joukkokäsittelyastetta nostamalla.

Koneellisen kaadon ja kasauksen sekä miestyönä suoritettavan karsinnan ja katkonnan yhdistäminen samaan korjuuketjuun ei onnistunut teknisesti tyydyttävällä tavalla. Lisäksi tehtäessä puut miestyönä menetetään suurelta osin kaatokoneen mahdollistama joukkokäsittely.

Kourasahamenetelmät olivat tutkimusolosuhteissa lupaavia. Kaato-kasauskoneen jälkeen metsäkuljetuksen tuottavuus oli varsin hyvä. Teknisesti menetelmä oli onnistunut ja kourasahalla pystyttiin käsittelemään useita runkoja samanaikaisesti. Kourasahamenetelmien käyttömahdollisuuksiin vaikuttaa olennaisesti, kuinka paljon runkoja joudutaan karsimaan ja katkomaan ennen metsäkuljetusta. Menetelmien kustannuskilpailukyky pienenee tavaralajiosuuden lisääntyessä. Miestyönä kaatoon ja kourasahaan perustuvia menetelmiä voi kehittää myös harvennushakkuisiin sopiviksi.

Koneellisten vajaakarsinta- ja osapuumenetelmien kustannuskilpailukyky oli hyvä kuitupuuvaltaisissa avohakkuuolosuhteissa. Osapuu- ja vajaakarsintamenetelmien soveltuvuutta ja taloudellisuutta tulisi kuitenkin tarkastella koko puunhankinta- ja jalostusketjun kannalta. Raaka-ainelajien määrät ja puun työstöaste vaihtuvat korjuumenetelmittäin, mikä vaikuttaa hankinnan ja jalostuksen muiden osavaiheiden kustannuksiin ja tuottoihin.

THE POSSIBILITIES OF USING MULTIPURPOSE LOGGING MACHINES FOR WHOLE-TREE HARVESTING IN CONNECTION WITH SHORTWOOD

By Rainer Häggblom

S u m m a r y

The possibilities of using multipurpose logging machines for part-tree and partial delimbing methods were studied. The harvesting systems were based mainly on a feller-buncher. After this, the trees were handled by a processor, manually or by a grapple saw in the forest haulage phase. Tests were performed in pulpwood-dominated clear cuttings, but work methods based on manual felling and the grapple saw can also be developed to suit thinnings.

In the partial delimbing methods based on the feller-buncher and the processor, the aim was to exploit the multistem handling properties of the processor. No limits were set for the quality of the delimbing. This raised the productivity of the processor by 17 - 45 % compared with the shortwood method. Additionally, when the feller-buncher sorted the trees with a breast height diameter > 13 cm into separate bunches to be handled by the processor, the time spent by the processor in the stand was reduced to 50 - 70 % compared with the shortwood method (Fig. 6, p. 10). The forest haulage of partially delimbed long logs about 5 m long took 8 - 13 % longer per solid cubic metre than the haulage of shortwood when the hauling distance was 350 m. The forest haulage time for mixed loads of partially delimbed long logs and whole-trees of small diameter ($d_{1.3} \leqslant 13$ cm) was 20 - 40 % longer per solid cubic metre than that for loads of shortwood (Fig. 9, p. 12). There was about 5 % more raw material due to branches and tops in the partially delimbed stems. Additionally, in the other harvesting method the amount of raw material was increased by the small-diameter stems harvested as whole-trees.

The attempt to combine mechanical felling-bunching with manually performed partial delimbing and bucking in the same harvesting system was a failure. The thick stems in the bunches could not be bucked or delimbed well enough.

With the system based on the feller-buncher and the grapple saw the amount of raw material obtained from the forest was increased by 30 % due to branches and tops. The time required per solid cubic metre for bucking part-trees and forest haulage was about 1.8-fold the time required for forest haulage of shortwood after the feller-buncher and the processor.

With the system based on manual felling the bucking and haulage of part-trees by a forwarder equipped with a grapple saw took 1.5 times as long time per solid cubic metre as the forest haulage of manually cut shortwood (pulpwood in grapple heaps at the felling site) (Fig. 12, p. 14). The increase of raw material in this part-tree method was 20 % of the yield of industrial roundwood.

Partial delimbing and part-tree methods are technically well suited to mechanical harvesting systems. The methods are cost competitive in harvesting. For methods based on the feller-buncher the harvesting costs per harvested cubic metre were 9 - 32 % lower than for the shortwood method. The harvesting costs for a stand, based on time expenditure, were 89 - 97 % of the costs of the shortwood method (Fig. 14, p. 15). In the part-tree method based on manual felling and a forwarder equipped with a grapple saw the harvesting costs for time expenditure were 72 % of those in the shortwood method (Fig. 15, p. 16).

However, the applicability and economy of the part-tree and the partial delimbing methods should be examined from the aspect of the entire timber procurement and processing system, of which harvesting is only a part.

L I I T E

LIITE

K O R J U U K E T J U T

Tavaralajimenetelmät

11 Kaato-kasauskone ⟶ prosessori, valmistus tavaralajeiksi ⟶ metsätraktori

12 Hakkuumies, valmistus tavaralajeiksi ⟶ metsätraktori

Osapuu- ja vajaakarsintamenetelmät

21 Kaato-kasauskone ⟶ prosessori, valmistus vajaastikarsituiksi pölkyiksi ⟶ metsätraktori

22 Kaato-kasauskone, lajittelu puun koon mukaan ⟶ prosessori, suurien puiden valmistus vajaastikarsituiksi pölkyiksi ⟶ metsätraktori, vajaastikarsittujen pölkkyjen ja pieniläpimittaisten kokopuiden metsäkuljetus sekakuormissa

31 Kaato-kasauskone, kuten menetelmässä 22 ⟶ hakkuumies, suurten puiden tyvien karsinta ja katkonta sekä kaikkien runkojen katkonta noin 5 m:n pituisiksi ⟶ metsätraktori, tyvien ja osapuiden metsäkuljetus sekakuormissa

32 Kaato-kasauskone, kuten menetelmässä 22 ⟶ hakkuumies, suurten puiden tyvien karsinta sekä ko. runkojen katkonta noin 5 m:n pituisiksi ⟶ metsätraktori, tyvien, osapuiden sekä pieniläpimittaisten kokopuiden metsäkuljetus sekakuormissa

41 Kaato-kasauskone ⟶ kourasahalla varustettu metsätraktori, runkojen katkonta noin 5 m:n pituisiksi ja metsäkuljetus (mäntytukit valmistettiin miestyönä)

42 Hakkuumies, runkojen kaato ja mäntytukkien valmistus ⟶ kourasahalla varustettu metsätraktori, runkojen katkonta noin 5 m:n pituisiksi ja metsäkuljetus

ISBN 951-673-086-8
ISSN 0356-7257