

SILVA FENNICA

1983 Vol. 17 N:o 2

Sisällys
Contents

PERTTI HARSTELA & ANTTI MAUKONEN: Tavanomainen ja kuormainprosessori varttuneissa harvennusmetsissä. Simulaattorikoe <i>Summary: A conventional and grapple loader processor in second and third thinnings. A simulator experiment</i>	101 112
MIKKO RAATIKAINEN & TERTTU RAATIKAINEN: Mustikan sato, poiminta ja markkinointi Pihtiputaalla <i>Summary: The berry yield, picking and marketing of Vaccinium myrtillus in the commune of Pihtipudas, northern Central Finland</i>	113 123
MATTI KÄRKKÄINEN & OLLE DUMELL: Kuusipuun taivutuslujuuden riippuvuus tiheydestä ja vuosiluston leveydestä Etelä- ja Pohjois-Suomessa <i>Summary: Effect of basic density and growth ring width on the bending strength of spruce wood from South and North Finland</i>	125 134
MATTI KÄRKKÄINEN & HERMAN HAKALA: Kuusitukin koon vaikutus sivulautojen taivutus- ja puristuslujuuteen <i>Summary: Effect of log size on the bending and compression strength of side boards in spruce</i>	137 142
RISTO OJANSUU & HELENA HENTTONEN: Kuukauden keskilämpötilan, lämpösunnan ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen Ilmatieteen laitoksen mittaustiedoista <i>Summary: Estimation of the local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish Meteorological Office</i>	143 158
ANNIKKI KARJALAINEN, SINI KÄRKI-FOLKERSMA & LAURI HYVÄKKÄ: Metsätieteellisen kirjallisuuden haku atk-tiedoista <i>Summary: Experiences of some bibliographic databases in forestry</i>	161 174
SEPPO KELLOMÄKI: Männyn oksien murtolujuus <i>Summary: Strength of Scots pine branches</i>	175 182
SEPPO VÄYRYNEN & KAARLO RIEPPO: Kuormatraktoreiden huolto-ominaisuusvertailu haastatteleamalla <i>Summary: Interview study on the servicing properties of forest tractors</i>	183 188

Silva Fennica

A QUARTERLY JOURNAL FOR FOREST SCIENCE

PUBLISHER: THE SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

OFFICE: Unioninkatu 40 B, SF-00170 HELSINKI 17, Finland

EDITOR: SEPPO OJA

EDITORIAL BOARD:

OLAVI LUUKKANEN (Chairman), JOUKO HÄMÄLÄINEN, TAUNO KALLIO, EEVA KORPILAHTI, MATTI KÄRKKÄINEN, SIMO POSO and EINO MÄLKÖNEN (Secretary).

Silva Fennica is published quarterly. It is sequel to the Series, vols. 1 (1926) – 120 (1966). Its annual subscription price is 120 Finnish marks. The Society of Forestry in Finland also published *Acta Forestalia Fennica*. This series appears at irregular intervals since the year 1913 (vol. 1).

Orders for back issues of the Society, and exchange inquiries can be addressed to the office. The subscriptions should be addressed to: Academic Bookstore, P.O. Box 128, SF-00101 Helsinki 10, Finland.

Silva Fennica

NELJÄNNESVUOSITTAIN ILMESTYVÄ METSÄTIETEELLINEN AIKA-
KAUSKIRJA

JULKAISIJA: SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

TOIMISTO: Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

VASTAAVA TOIMITTAJA:

SEPPO OJA

TOIMITUSKUNTA:

OLAVI LUUKKANEN (Puheenjohtaja), JOUKO HÄMÄLÄINEN, TAUNO KALLIO, EEVA KORPILAHTI, MATTI KÄRKKÄINEN, SIMO POSO ja EINO MÄLKÖNEN (Sihteeri).

Silva Fennica, joka vuosina 1926–66 ilmestyi sarjajulkaisuna (niteet 1–120), on vuoden 1967 alusta lähtien neljännesvuosittain ilmestyvä aikakauskirja. Suomen Metsätieteellinen Seura julkaisee myös *Acta Forestalia Fennica*-sarjaa vuodesta 1913 (nide 1) lähtien.

Tilauksia ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan seuran toimistolle. *Silva Fennica*n tilaushinta on 80 mk kotimaassa, ulkomaille 120 mk.

SILVA FENNICA 1983, vol. 17 n:o 2: 101–112

TAVANOMAINEN JA KUORMAINPROSESSORI VARTTUNEISSA HARVENNUSMETSISSÄ Simulaattorikoe

PERTTI HARSTELA JA ANTTI MAUKONEN

Summary

*A CONVENTIONAL AND GRAPPLE LOADER PROCESSOR IN SECOND AND THIRD THINNINGS
A simulator experiment*

Saapunut toimittajalle 8. 3. 1983

Kirjallisuuden perusteella ja simulaattorikokeen avulla verrattiin kuorimainprosessoria ja tavanomaista prosessoria ensiharvennusta myöhempiä harvennushakkuita vastaavissa olosuhteissa. Myös erilaisia kuorimainprosessoria varten tehtyjä kaatotapoja verrattiin. Samoin tutkittiin prosessorien tilantarvetta ajouralla. Simulaattorikoe tuki kirjallisuuden perusteella saatua käsitystä, jonka mukaan kuorimainprosessorin työn tuottavuus on tavanomaista prosessoria parempi. Eräin edellytyksin myös jäljelle jäävän puuston vaurioituminen oli vähäisempää kuorimainprosessorilla työskenneltäessä.

1. JOHDANTO

Ajouralla toimivat prosessorit voidaan luokitella seuraavasti:

1. Tavanomainen prosessori, jossa karsinta-katkontaelin on traktorin rungolla
2. Kuorimainprosessori, jossa karsinta-katkontaelin on kuorimaimen kouran paikalla
3. Karsinta-katkontaelin on erillisen varren päässä
4. Karsinta-katkontaelin on yhdistetty syöttöelimenä toimivaan teleskooppiin

Suomessa kahta ensin mainittua prosessoria pidetään lupaavimpina ensiharvennusta myöhemmissä harvennushakkuissa käytettäväksi (esim. Salminen 1981). Ensimmäinen tutkimustehtävä on näiden kahden prosessorityypin työn tuottavuuden ja jäävälle puustolle aiheuttamien vaurioiden vertailu simulaattorin avulla. Kuorimainprosessorin työn tuottavuuden oletetaan olevan suuremman puun vähäisemmän liikuttelutarpeen sekä karsinnan ja puun siirron limittämismahdol-

lisuuden vuoksi. Näiden tekijöiden vaikutusta pyritään tutkimuksessa selvittämään.

Puiden ja kone-elinten siirtely sekä tehdyn puutavaran kasaus vaativat tilaa metsikössä. Kaatomenetelmän oletetaan vaikuttavan puiden liikuttelutarpeeseen ja siten työn tuottavuuteen ja jäävän puuston vaurioitumiseen. Ajouraleveys ja jäävän puuston tiheys taas vaikuttavat koneen käytettävissä olevaan tilaan. Näiden kolmen tekijän vaikutuksen selvittäminen on toinen tutkimustehtävä.

Koska kyseessä olevalla simulaattorilla saatujen tulosten sovellettavuudesta käytäntöön ei ole tutkimustietoa, suoritetaan rinnalla mahdollisimman paljon kirjallisuustarkastelua. Vertaamalla kirjallisuuteen oletetaan saatavan tietoa paitsi tutkittavista asioista myös simulaattorin käyttömahdollisuuksista tämän laatuissa tutkimuksissa.

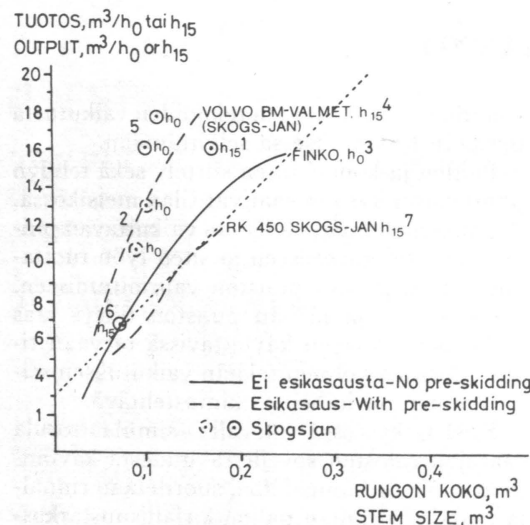
Tutkimus kuuluu NSR:n yhteispuhjoismaisen "Gall-ringsteknik"-projektin tutkimuksiin, joita suoritetaan

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimus-
oastolla ja Suonenjoen tutkimusasemalla. Tutkimusai-
neiston keruuseen osallistui tutk.teknikko Antero
Harstela sekä tutkimusapulaiset Kirsi Hytönen ja Ari
Torpström. Tekijöiden kesken työ jakaantui siten, että
Harstela johti tutkimuksen, laati suunnitelman yhdessä

Maukosen kanssa ja laati lopullisen käsikirjoituksen.
Maukonen osallistui aineiston keruuseen, käsitteli aineis-
ton ja laati alustavan käsikirjoituksen. Käännöksen eng-
lanniksi suoritti maist. Päivikki Ojansuu ja käsikirjoituk-
sen tarkastivat prof. Pentti Hakila, prof. Rihko Haarlaa
ja tutk.pääll. Aarne Elovainio.

2. VERTAILUA KIRJALLISUUDEN PERUSTEELLA

Maastossa suoritettujen aikaisempien tut-
kimusten mukaan kuormainprosessori on
osoittautunut pienten runkojen käsittelyssä
peruskoneeseen sijoitettua prosessoria tehokaammaksi.
Kulminaatiopisteenä voidaan pitää 0,25–0,30 m³
runkon kokoa, jonka yläpuolella tavanomaisten prosessorien suurempi
syöttövoima muuttaa tilanteen niille edullisemmaksi.
Peruskoneeseen sijoitetun prosessorin edut viittaavat siten melko järeään
puustoon, jossa jäljelle jäävän puuston tiheys
ei ole kovin suuri.

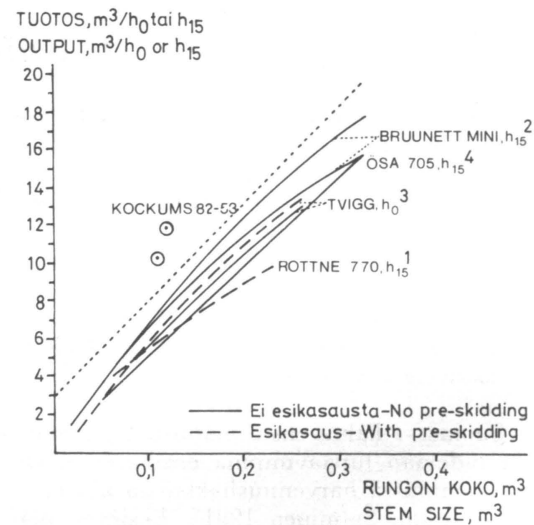


Kuva 1. Kuormainprosessorien tuntituotoksia har-
vennushakkuissa. (Lähteet: 1. Arvidson & Johansson
1979, 2. Arvidson ym. 1979, 3. Klemola & Kuitto
1980, 4. Kuitto & Salminen 1980, 5. Kvist 1980, 6.
Stenberg 1981, 7. Österlöf 1980).

Fig. 1. Productivity of grapple loader processors in thinnings
according to the literature.

Kuvissa 1, 2 ja 3 on esitetty aikaisempia
tutkimustuloksia prosessorien tuntituotoksista
sekä harvennus- että avohakkuussa. Eri
tutkimusten vertailua vaikeuttavat vaihtelut
työmenetelmissä, leimikkotekijöissä ja kuljet-
tajien koneenkäyttötaidoissa. Kvistin (1980)
suorittamassa Skogsjan-kuormainprosessorin
ja Kockum 82-55-prosessorin tuotosvertailussa,
oli kuormainprosessorin tehotuntituotos
35–40 % peruskoneeseen sijoitetun prosessorin
vastaavaa tuotosta suurempi.

Prosessoreiden tuotostmittausten yhteydes-

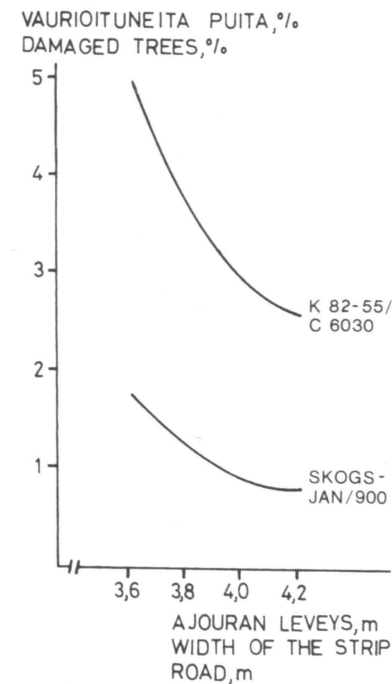


Kuva 2. Tavanomaisten prosessorien tuntituotoksia har-
vennushakkuussa (Lähteet: 1. Hallonberg & Mell-
ström 1978, 2. Högnäs 1981, 3. Kotanen 1976, 4.
Mikkonen 1978).

Fig. 2. Productivity of ordinary processors in thinnings according to
the literature.

sä on eräissä tutkimuksissa selvitetty myös
harvennuksessa jäljelle jäävälle puustolle ai-
heutettuja vaurioita. Tulokset on esitetty tau-
lukossa 1. Vaurioprocentissa on eri tutki-
musten kesken huomattavaa hajontaa (vaurio-
prosentilla tarkoitetaan vaurioituneiden
puiden osuutta jäävästä puustosta). Kuiten-
kin näyttäisi kuormainprosessori aiheuttavan
vähemmän korjuuvaurioita.

Kuormainprosessorilla työskenneltäessä
ammattitaidon merkitys on arvioitu vieläkin
suuremmaksi kuin tavanomaisella prosesso-
rilla (Arvidson ym. 1979). Molemmilla pros-
essorityypeillä eniten vaurioita on syntynyt
siirrettäessä puuta käsittelypaikalle (Boström
1977, Arvidson & Johansson 1979, Brunberg
1979). Österlöfin (1980) tutkimuksessa
Skogsjanilla korjattaessa peruskoneen pyörät
aiheuttivat 20 % vaurioista. Ösa 75-prosesso-
rilla oli juuristovaurioiden osuus 16 % (Mik-
konen 1978). Yleensä vauriot ovat olleet 0–4
m päässä ajouran reunasta (Stenberg 1981,
Högnäs 1981, Siren 1982).



Kuva 3. Ajouran leveyden vaikutus jäävän puuston vaurioitumiseen prosessorikorjuun yhteydessä (Kvist 1980).

Fig. 3. Damages on the remaining trees as a function of the strip
road width (Kvist 1980).

Taulukko 1. Tutkimustuloksia puuston vaurioitumisesta
harvennushakkuussa prosessorikorjuun yhteydessä
(Arvidsson & Johansson 1979, Brunberg 1979, Hög-
näs 1981, Kotanen 1976, Mikkonen 1978, Stenberg
1981, Österlöf 1980).

Table 1. Research results of the damages on the remaining trees.

Prosessori Processor	Vaurio- prosentti Damaged trees, %	Jäävä puusto, runkoa/ha Remaining trees/ha	Kaato- menetelmä Felling method
Skogsjan	8,0	800	III
	2,8	830	I
	2,3	1 000	II
	3,1	1 070	II
	5,6	1 070	III
	5,0	1 200	I
	10,0	1 220	III
Bruunett-Mini	6,0	672	
	23,0	1 024	
Ösa-705	16,6	320	III
Tvigge	9,7	527	I
	5,7	667	II
Kockums 82-54	7,7		I

Kvist (1980) selvitti tutkimuksessaan ajo-
uran leveyden vaikutusta jäävän puuston
vaurioitumiseen (kuva 3). Vaurioituminen li-
säntyi voimakkaasti, kun käytettiin alle nel-
jän metrin uraleveyksiä. Kuormainprosesso-
rilla vaurioitumisen kulminaatiopiste näytti
olevan vähän kapeamman ajouran kohdalla
kuin tavanomaisella prosessorilla ja kuor-
mainprosessori aiheutti selvästi vähemmän
vaurioita kuin Kockum K 82-55/C 6030-pro-
sessori. Myös Bruunett Mini 578-prosessoril-
la 3,0–3,5 m levyisellä ajouralla työn tuotta-
vus aleni ja vaurioituminen lisääntyi
4,0–4,5 m levyiseen ajouraan verrattuna
(Ahlgren ja Myhrman 1982).

Siren (1982) selvitti tutkimuksessaan puus-
ton vaurioitumista harvennuspuiden korjuussa
käytettäessä kuormainprosessorin ja metsät-
raktoriin perustuvaa korjuuketjua. Tämä tut-
kimus on tähänastisista laajin käsittäen kaik-
kiaan 15 kuormainprosessorilla hakattua har-
vennusleimikkoa yhteispinta-alaltaan 75, 45
ha. Keskimääräinen vaurioprocentti tutki-
muksessa oli 11,1 vaihtelun ollessa 5,5–21,9.

Tutkimusleimikot edustivat kahta kuor-
mainprosessorilla käytettävää kaatotapaa:
ns. ”latva-tyvi”-menetelmää ja Yhtyneet Pa-

peritehtaat Oy:n metsäosaston kehittämää menetelmää (kuva 5). Kaatotapojen välillä oli vain pieni ero vauriomäärissä: vaurioprocentit kyseisiä kaatomenetelmiä käytettäessä olivat 11,4 ja 10,6. Tutkimuksen mukaan suhteellinen vauriomäärä laski, kun jäävän puuston tiheys kasvoi. Vertailua vaikeuttaa kuljettajien ja olosuhteiden erilaisuus.

Sirenin & Imposen (1982) tuoreimmassa tutkimuksessa on selvitelty kaatotavan vaikutusta kuormainprossessorin tuotokseen ja jäävän puuston vaurioitumiseen. Tämä tutkimus tapahtui ns. vertailevan tutkimuksen periaatteella, jolloin sama kuljettaja työskenteli eri kaatotavoilla. Vähiten vaurioita aiheutui, kun käytettiin Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n kehittämää kaatomenetelmää. Vaurioprocentti oli tällöin 4,9. "Latva-tyvi"-menetelmän yhteydessä vastaava luku oli 8,6 %. Tutkimuksessa oli mukana myös kolmas kaatotapa. Siinä puut kaadettiin yhdensuuntaisesti. Kuitenkin ne puut, joihin kuormain ei olisi ulottunut, kadettiin päinvastaiseen suuntaan. Tällöin vaurioitui 5,4 % jäävistä puista. Edellä mainituissa vaurioprocenteissa

on mukana myös kuormatraktorin aiheuttamat vauriot.

Sirenin ja Imposen (1982) tutkimuksessa kaatomenetelmällä oli jonkin verran vaikutusta työn tuottavuuteen, kun käytettiin silmävaraista katkontaa. "Latva-tyvi"-menetelmällä runkokohtaiset ajat olivat pienimmät. Vielä selvempi ero "latva-tyvi"-menetelmän eduksi oli Harstelan ym. (1982) julkaisemattomassa tutkimuksessa. Silloin käytettiin määrämittoihin katkontaa, jolloin syöttörullat on aina "juoksutettava" tyvelle tartuntakohdasta riippumatta. Myös vaurioita syntyi tässä tutkimuksessa vähän vähemmän "latva-tyvi"-menetelmää käytettäessä.

Kirjallisuuden perusteella näyttää kuormainprossessorin tavanomaista edullisemmalta sekä työn tuottavuuden että puuston vaurioitumisen suhteen. Ajouran päälle tapahtuva kaato (menetelmä 2) näyttää vaurioiden suhteen olevan edullisin, kun käytetään silmävaraista katkontaa. Määrämittoihin katkottaessa näyttää taas "latva-tyvi"-menetelmä edullisemmalta sekä vaurioiden että työn tuottavuuden suhteen.

3. SIMULAATTORIKOKEEN JÄRJESTELY JA AINEISTO

Kokeissa käytettiin pienoismallisimulaattoria, jossa hallintalaitteet ovat normaalikoiset, mutta kone-elimet ja metsä pienennetty 1:8 (kuva 4). Simulaattori toimii pääasiallisesti hydraulisesti ja sen liikeajajat liikkeen ääriasennosta toiseen maksiminopeudella ovat samat kuin varsinaisilla metsäkoneilla. Simulaattori on kuvattu Harstelan ym. (1981) julkaisussa.

Simulaattorilla suoritettussa prosessorityöskentelyssä oli kuljettajina kaksi tutkimusaseman työntekijää. Työntekijällä 1 suoritettua koetta nimitetään kokeeksi 1 ja työntekijällä 2 suoritettua kokeeksi 2. Kokeet erosivat toisistaan siten, että ensimmäisessä puut vedettiin aina yli ajouran, mutta toisessa puut sai tehdä myös samalle puolelle ajouraa, jolta ne oli kaadettu. Kokeissa tutkittiin sekä tavanomaista että kuormainprossessoria. Jäävän puuston tiheyksinä käytettiin 700 kpl/ha ja 900 kpl/ha. Ajouraleveydet olivat 4,0, 4,8 ja 5,5 m. Tutkimuksessa oli kolme erilaista kaa-

totapaa (kuva 5).

Kaatomenetelmässä I (latva-tyvi-menetelmä) kaato tehdään siten, että puut joihin kone ulottuu ajoradalta, kaadetaan uralta pois päin. Kaatomenetelmässä II kaikki puut kaadetaan mahdollisimman paljon ajouran päälle. Kaatomenetelmässä III kaikki puut kaadetaan yhdensuuntaisesti siltä osin kuin prosessori ulottuu niihin ja muulta osin päinvastaiseen suuntaan.

Simulaattorityöskentelyssä poistettavat puut pölkytettiin kasoihin ajouran molemmin puolin. Käsiteltäviä puita vastaavien rimojen molempiin päihin kiinnitettiin painot, jotta niiden liikkeet saatiin luonnollisemmaksi. Ennen seuraavaa osakoetta laitettiin uudet puut merkityille paikoilleen. Kokeissa käytettiin silmävaraista katkontaa.

Jäävälle puustolle katsottiin aiheutuneen korjuuvaurioita, mikäli korjattava puu tai prosessorin jokin osa kosketti sitä. Kuitenkin, jos kosketus aiheutui puun latvaosan "pyyh-



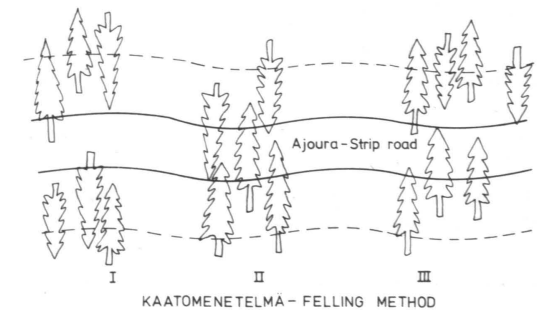
Kuva 4. Kokeissa käytetty simulaattori.
Fig. 4. The simulator used in experiments.



käisystä", ei siitä laskettu aiheutuvan vauriota. Vauriot luokiteltiin vaurion aiheuttajan mukaan. Lisäksi erotettiin "pinta- ja syvävauriot" kosketuksen voimakkuuden mukaan. Myös vaurioituneen puun sijainti selvitettiin.

Koehenkilöillä oli jonkin verran aikaisempaa kokemusta pienoismallisimulaattorin käytöstä kourakuormaukseen. Prosessoria ei kumpikaan kuljettajista ollut aikaisemmin käyttänyt. Ennen aineiston keruun aloittamista he harjoittelivat pienoismallisimulaattorilla prosessoritoimintoja kahden päivän ajan.

Aikatutkimus- ja vauriotiedot kerättiin kaikkiaan 90 osasuorituksesta, joista kunkin aikana käsiteltiin 26 puuta. Yhteensä prosessoitiin siten 2 340 puuta.



Kuva 5. Tutkimuksessa käytetyt kaatomenetelmät: I ns. "latva-tyvi"-menetelmä, II Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n käyttämä kaatotapa, III yhdensuuntaiskaato.
Fig. 5. Felling methods.

4. SIMULAATTORIKOKEEN TULOKSET

4.1. Tehotyöajan menekki ja siihen vaikuttavat tekijät

Puukohtaiset tehotyöajat on esitetty taulukossa 2. Ne tukevat käsitystä, että kuormainprossessorin tuottavuus on suurempi kuin tavanomaisen prosessorin.

Kokeessa 1 oli peruskoneeseen sijoitetun prosessorin ja kuormainprossessorin puukohtaisten käsittelyaikojen suhde 1:0,9. Kokeessa 2 vastaava suhde oli 1:0,7. Mastossa suoritettujen tuotostmittausten mukaan vastaava suhde on ollut noin 1:0,6 (ks. kuvat 1, 2).

Tuloksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että pienoismallisimulaattorissa oli syöttönopeus molemmilla prosessoriperiaatteilla sama. Käytössä olevien kuormainprossessorien syöttönopeus on kuitenkin tavanomaisten prosessorien syöttönopeutta suurempi. Tämän vuoksi laskettiin korjauskerroin ($k=1,1$), jolla tavanomaisen prosessorin puukohtainen käsittelyaika voidaan muuntaa todellisuutta vastaavaksi. Muuntamisen jälkeen käsittelyaikojen suhde kokeessa 1 on 1:0,8 ja kokeessa 2 1:0,6. Tuotossuhteet ovat siis pienoismallisimulaattorilla ja todellisilla monitoimikoneilla hyvin samankaltaisia.

Kokeessa 1 käytetty työmenetelmä hidasti nimenomaan kuormainprossessorilla työskente-

telyä. Puut vedettiin ajouran yli ja kasa tehtiin siten aina ajouran vastakkaiselle puolelle. Käytännössä kasa voidaan tehdä myös samalle puolelle uraa, missä puu sijaitsee. Kokeessa 2 työskentelyperiaatetta muutettiin joustavammaksi kasan paikan suhteen, jolloin työajan menekki väheni huomattavasti.

Kuormainprossessorilla puiden pienempi siirtelymatka selittää osittain tuottavuuseroa. Simulaattorikokeessa kuormaimen vientiajat puun luo ja tuonti käsittelypaikalle olivat:

Prossessori peruskoneessa, kaatomenetelmä 1	53 cmin/puu
Kuormainprossessori "	1 53 "
" "	2 28 "

Myös käytännön työmailla on mitattu kuormainprossessorille pienempiä puun siirtelyaikoja kuin tavanomaiselle. Esim. Klemola ja Kuitto (1980) saivat kuormainprossessorille 25–34 cmin/puu kuormaimen käsittelyaikoja, kun Högnäs (1981) sai tavanomaiselle prosessorille 48–50 cmin/puu vastaavia aikoja.

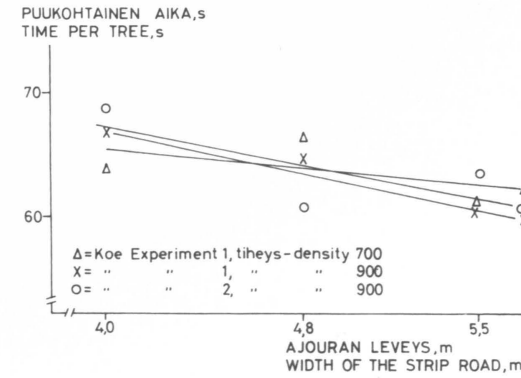
Molemmille prosessorityypeille laskettiin keskimääräiset puukohtaiset käsittelyajat eri jäävän puuston tiheyksillä ja ajouraleveyksillä. Kuormainprossessorin osalta laskettiin ajat erikseen käytetyille kaatomenetelmille. Tulokset on esitetty kuvissa 6, 7 ja 8. Kuvista näkyy, ettei selviä riippuvuuksia työajan ja puuston tiheyden/ajouraleveyden välillä ollut, vaan hajonta oli erittäin suurta. Sama

Taulukko 2. Prossessorien puukohtaiset ajanmenekit.
Table 2. Working times per tree.

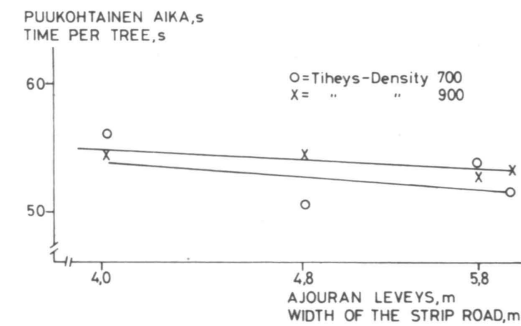
Prossessoriperiaate Processor principle	Puukohtaiset ajat, s - Working time per tree, s					
	Keskiarvo Mean		Pienin arvo Smallest value		Suurin arvo Greatest value	
	Koe 1 Exp.1	Koe 2 Exp.2	Koe 1 Exp.1	Koe 2 Exp.2	Koe 1 Exp.1	Koe 2 Exp.2
Peruskoneeseen sijoitettu prossessori Ordinary processor	63,7	64,3	52,6	57,8	97,3	75,0
Kuormain- prossessori Grapple loader processor	55,9	44,4	43,4	34,7	83,4	54,7

Taulukko 3. Kaatomenetelmän vaikutus kuormainprossessorin puukohtaiseen ajanmenekkiin.
Table 3. Influence of the felling method on the working time per tree.

	Käytetty kaatomenetelmä - Felling method		
	I	II	III
	Aika, s - Time, s		
Koe 1 Exp. 1	60,0	53,9	57,9
Koe 2 Exp. 2	47,1	41,0	44,7



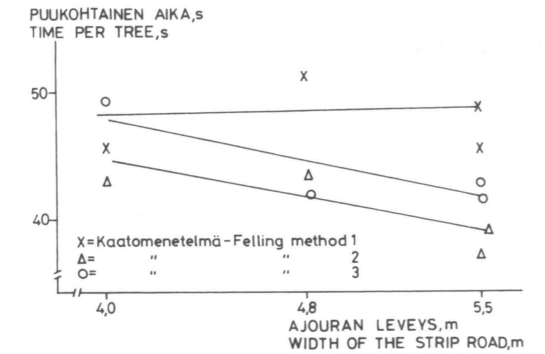
Kuva 6. Tavanomaisen prosessorin puukohtainen ajanmenekki ajouraleveyden funktiona.
Fig. 6. Working times per tree of the ordinary processor as a function of the strip road width.



Kuva 7. Kuormainprossessorin ajanmenekki ajouraleveyden funktiona kokeessa 1.
Fig. 7. Working times per tree of the grapple loader processor as a function of the strip road width in experiment 1.

näky myös alhaisista korrelaatiokertoimista. Sen sijaan kaatotapojen välillä on tasoerot havaittavissa.

Kuvien ja taulukon 3 perusteella näyttää yhtyneet Paperitehtaat Oy:n käyttämä kaatomenetelmä (kaatotapa II) kuormainprossessoria varten edullisimmalta. Yhdensuuntais-kaato (kaatotapa III) osoittautui hieman "latva-tyvi"-menetelmää (kaatotapa I) paremmaksi. Kvist (1980) on saanut tutkimuksessaan vastaavanlaisia tuloksia yhdensuuntais- ja "latva-tyvi"-menetelmien suhteen. Sen sijaan Sirenin ja Imosen (1982) tekemässä tutkimuksessa oli "latva-tyvi"-menetelmä joutuisin.



Kuva 8. Kuormainprossessorin ajanmenekki ajouraleveyden funktiona kokeessa 2.
Fig. 8. Working times per tree of the grapple loader processor as a function of the strip road width in experiment 2.

Käsiteltävät puut oli korvattu simulaattorikokeessa oksattomilla rimoilla. Siksi kaatotapaa II käytettäessä, jossa puut kaadetaan mahdollisimman paljon ajouran päälle, ura pysyy kuitenkin oksattomana, ja kuljettajan on helppo tarttua korjattavaan puuhun. Käytännön harvennushakkuutyömailla saattaa sen sijaan tietyissä oloissa (jos poistettavia runkoja on paljon ja ne ovat oksaisia) muodostua ajouralle vaikea murrokko. Tällöin puiden ottoon ja siirtelyyn voi kulua enemmän aikaa kaatotapaa II käytettäessä.

Jäävän puuston tiheydellä ja ajouraleveydellä ei näytä tämän aineiston vaihteluvälillä olevan selvää vaikutusta työajan menekkiin. Korrelaatiokertoimet näiden muuttujien ja työajanmenekin välillä olivat alle 0,1. Tosin kuvissa 6 ja 7 on työajan menekillä ajouran leveyden funktiona lievä laskeva trendi.

4.2. Jäävän puuston vaurioituminen ja siihen vaikuttavat tekijät

Eri menetelmissä vaurioituneiden puiden lukumäärät ja vaurioprocentit on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

Kaatomenetelmää II käytettäessä aiheutti kuormainprossessori vähemmän vaurioita kuin tavanomainen. Sen sijaan kaatomenetelmää I käytettäessä peruskoneeseen sijoitettu prosessori aiheutti kuormainprossessoria vähemmän korjuuvaurioita.

Taulukko 4. Jäävän puuston vaurioituminen kokeessa 1.
Table 4. Damages on the remaining trees in experiment 1.

Prosessori- periaate	Kaato- mene- telmä	Jäävä puusto r/ha	Ajouraleveys, m – Width of the strip road, m					
			4,0		4,8		5,5	
			Vaurioi- tuneita r/osa- suoritus	Vaurio %	Vaurioi- tuneita r/osa- suoritus	Vaurio %	Vaurioi- tuneita r/osa- suoritus	Vaurio %
Processor principle	Felling method	Remaining trees/ha	Damaged trees	Damage %	Damaged trees	Damage %	Damaged trees	Damage %
Tavanomainen prosessori	I	700	12,5	32,9	11,2	29,6	10,5	27,6
Ordinary processor	I	900	15,5	32,3	15,3	31,8	14,7	30,6
Kuormain- prosessori	I	700			11,6	30,5		
Grapple loader processor	I	900			16,7	34,7		
	II	700	9,0	23,7	7,8	20,4	7,2	19,0
	II	900	12,5	26,0	12,2	25,4	11,5	24,0
	III	700			11,8	30,9		
	III	900			12,5	26,0		

Taulukko 5. Jäävän puuston vaurioituminen kokeessa 2.
Table 5. Damages on the remaining trees in experiment 2.

Prosessori- periaate	Kaato- mene- telmä	Jäävä puusto r/ha	Ajouraleveys, m – Width of the strip road, m					
			4,0		4,8		5,5	
			Vaurioi- tuneita r/osa- suoritus	Vaurio %	Vaurioi- tuneita r/osa- suoritus	Vaurio %	Vaurioi- tuneita r/osa- suoritus	Vaurio %
Processor principle	Felling method	Remaining trees/ha	Damaged trees	Damage %	Damaged trees	Damage %	Damaged trees	Damage %
Tavanomainen prosessori	I	900	13,0	27,1	16,0	33,3	13,0	27,1
Ordinary processor								
Kuormain- prosessori	I	900	18,5	38,5	18,0	27,5	17,0	35,4
Grapple loader processor	II	900	13,5	28,1	8,5	17,7	11,0	22,9
	III	900	13,0	27,1	15,0	31,3	15,5	32,3

Sekä vaurioiden määrä että vaurioituneiden puiden suhteellinen osuus (=vaurioprosentti) jäävästä puustosta lisääntyivät jäävän puuston tiheyden kasvaessa. Kokeessa 1 vaurioprosentti kasvoi ajouran kavetessa. Ko-

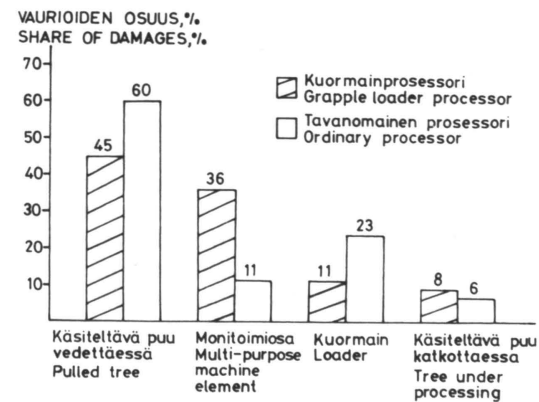
keessa 2 vastaavaa ilmiötä ei voida selvästi havaita. Siren (1982) totesi jäävän puuston suhteellisen vauriomäärän laskevan jäävän puuston tiheyden kasvaessa. Tältä osin pienoismallisimulaattoritulokset ovat päinvas-

taisia maastossa suoritettujen kuormainprosessoreja koskevien tutkimusten kanssa.

Pienoisimallisimulaattorilla todetut vauriomäärät ovat huomattavasti korkeampia kuin mitä aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu. On kuitenkin syytä korostaa, että tutkimuksessa vaurioiden katsottiin aiheutuneen käsiteltävän puun tai prosessorin osan koskettaessa jäävään puuhun. Todellisuudessa näistä kosketuksista suurin osa olisi sellaisia, joista ei aiheutuisi puuhun näkyvää vauriota. Sirenin (1982) mukaan kuormainprosessorin aiheuttamista vaurioista 69 % oli raapaisuja tai pintavaurioita, joten ilmeisesti sellaistenkin kosketusten osuus, joista ei jää jäljelle jääviin puihin merkkejä, on suuri.

On myös syytä korostaa, että simuloinnissa ei ole tarkoituksenaan saada samoja tuloksia kuin vastaavilla koneilla maasto-oloissa, vaan pyrkimyksenä on saada selville eri menetelmien väliset suhteet.

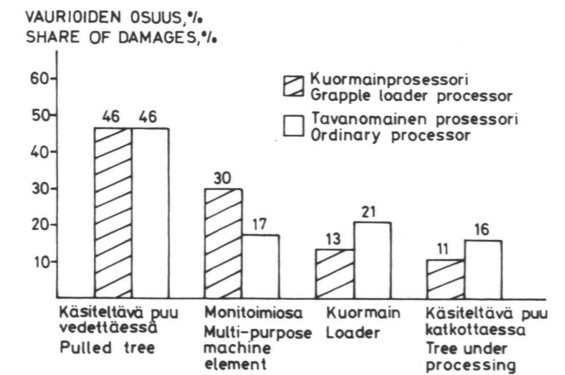
Varianssianalyysin mukaan kaatomenetelmän vaikutus vaurioiden määrään oli tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan puuston tiheyden ja ajouraleveyden vaikutukset eivät olleet merkitseviä. Tulokseen on voinut vaikuttaa vapausasteiden pieni määrä, koska havaintona käytettiin toistokohtaista keskiarvoa. Puuston tiheyden ja vauriomäärän väliset korrelaatiokertoimet kokeessa 1 ja 2 olivat 0,57 ja 0,66. Ajouraleveyden ja vauriomäärän väliset korrelaatiokertoimet olivat vastaavasti -0,13 ja -0,20. Tämän aineiston mukaan ajouraleveydellä oli loogisesti oikeansuuntainen, mutta hyvin heikko vaikutus puuston vaurioitumiseen.



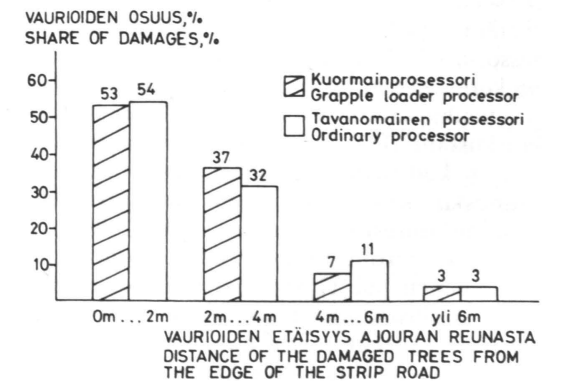
Kuva 9. Vaurion aiheuttajat. Koe 1.
Fig. 9. Factors which have caused damages. Exp. 1.

Kuvissa 9 ja 10 on esitetty vaurioiden jakaantumat aiheuttajan mukaan. Suurin osa vaurioista oli käsiteltävän puun aiheuttamia. Tältä osin tulokset ovat yhdenmukaisia aikaisempien selvitysten kanssa (Siren 1982). Tavanomaisella prosessorilla vaurioita syntyi kuormainprosessorin verrattuna suhteellisesti enemmän siirrettäessä puuta prosessorointikohtaan. Tämä johtuu luonnollisesti puiden erilaisesta siirtelytarpeesta.

Kuormainprosessorilla monitoimiosan aiheuttamat vauriot olivat suhteellisesti yleisempiä kuin tavanomaisella prosessorilla. Kuormaimen aiheuttamien vaurioiden suhteen tilanne oli päinvastainen. Kuormainprosessorin monitoimiosan kehittäminen vähemmän puustoa vaurioitavaksi lisäisi sen käytökelpoisuutta harvennuksissa.



Kuva 10. Vaurion aiheuttajat. Koe 2.
Fig. 10. Factors which have caused damages. Exp. 2.



Kuva 11. Vaurioiden sijainti ajouran reunasta mitattuna kokeessa 1.
Fig. 11. Distance of the damages from the edge of the strip road. Exp. 1.

Pintavaurioiden osuus oli ensimmäisessä kokeessa molemmilla prosessoryypeilla 20 % ja toisessa vastaavasti 48 %. Tulosten suuri ero johtunee luokituksen subjektiivisuudesta: kokeissa oli nimittäin ylösottajana eri henkilö.

Kuvassa 11 on esitetty vaurioiden sijainti ajouran reunasta mitattuna. Tässä suhteessa ei tutkittujen prosessoriperiaatteiden välillä ollut havaittavissa mainittavia eroja. Yli

puolet vaurioista sijaitsi alle kahden metrin etäisyydellä ajouran reunasta. Vastaavasti 86–91 % vaurioista oli neljää metriä lähempänä ajouraa. Kaukaisimmat vauriopaikat olivat lähes kymmenen metrin etäisyydellä. Vaurioituneet puut jakaantuivat hieman laajemmalle vyöhykkeelle ajouran molemmin puolin kuin Stenbergin (1981) ja Sirenin (1982) tutkimuksissa.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Kun pienoismallisimulaattorilla saatuja tutkimustuloksia verrattiin aikaisempiin maastossa suoritettuihin tutkimuksiin, todettiin niiden olevan pääpiirteissään samankaltaisia silloin kun verrattiin konetyyppejä. Tästä on pääteltävissä, että pienoismallisimulaattori vastaa toiminnoiltaan varsin hyvin sen rakentamisessa esikuvina käytettyjen metsäkoneita. Sen sijaan kaatomenetelmien vaikutus erosi jossain määrin maastotutkimuksista. Saattaa olla, että kyseisen ongelman tutkimiseen simulaattori on liiaksi yksinkertaistettu tutkimustilanne.

Simulaattoritulokset tukevat kirjallisuuden perusteella tehtyä johtopäätöstä, jonka mukaan harvennushakkuissa on kuormainprosessorilla työn tuottavuus suurempi kuin tavanomaisella prosessorilla. Hyvä työn tuottavuus ilmeisesti perustuu suurempaan syöttönopeuteen, pienempään puiden liikuttelutarpeeseen ja mahdollisuuteen limittää puun siirtämis- ja karsintavaihetta. Kuormainprosessorin edullisuutta tavanomaisiin verrattuna korostaa sen halvempi hankintahinta. Jos poisto-aika, -arvo, tekninen käyttöaste ja korjauskustannukset vastaavat esitettyjä oletuksia, on kuormainprosessorin käyttötuntikustannuskin selvästi tavanomaisten prosessorien kustannusta pienempi (Vasko 1981).

Kun käytettiin silmävaraista katkontaa, oli kaatomenetelmä II simulaattorikokeen mukaan edullisin sekä työn tuottavuuden että puuston vaurioitumisen suhteen. Sen sijaan käytännön tutkimuksissa kaatomenetelmä I on ollut työn tuottavuuden suhteen edullisin (Siren ja Imponen 1982). Eri oloissa voi eri kaatomenetelmä antaa parhaan työn tuottavuuden. Kaatomenetelmä II lienee sitä edul-

lisempi mitä harvempi ja vähäoksisempi puusto on. Koska puuston vaurioituminen on prosessoryössä suuri ongelma, on pienempi vaurioituminen jo riittävä syy suosia kaatomenetelmää II. Sen sijaan kun tehdään määrämittaista puutavaraa, joudutaan puut aina siirtämään prosessorissa siten, että mittaus voidaan aloittaa tyvestä. Tämä lisää puiden liikuttelutarvetta erityisesti kaatomenetelmässä II ja III. Käytännön tulokset viittaavatkin siihen, että tällöin kaatomenetelmä I on joka suhteessa edullisin (Harstela ym. 1982).

Inventointitutkimusten mukaan on jäävän puuston vaurioituminen prosessoryömaille huolestuttavan suurta (Siren 1982). Simulaattorikokeet tukevat käsitystä, että kuormainprosessori vaurioittaa puustoa tavanomaista prosessoria vähemmän vain siltä osin kuin tehdään silmävaraisesti katkottua puutavaraa kaatomenetelmällä II. Onkin todettava, että esim. Kvistin (1980) selvityksessä vertailtavana ollut tavanomainen prosessori pystyi ottamaan puut vain tyvi edellä, mikä on saattanut johtaa suurempaan vaurioitumiseen kuormainprosessoriin verrattuna. Huomattavan osan vaurioista aiheuttaa kuormainprosessorilla siirrettävä puu tai monitoimiosa, jota siirretään puiden välissä. Syöttönopeuden pienentäminen ja monitoimiosan muotoilu vähemmän puustoa vaurioitavaksi saattaisivat olla keinoja vähentää vaurioita. Simulaattorikokeessa ei voida tutkia juurivaurioita. Koska kuormainprosessorilla on helppo jättää oksat ajouralle juuriston suojaksi, on oletettavaa, että käytännössä kuormainprosessori aiheuttaa tavanomaista vähemmän juuristovaurioita.

Prossorien tilantarve ajouralla oletettiin

ennen tutkimusta verraten suureksi. Simulaattorikokeet tukevat kuitenkin Kvistin (1980) saamaa tulosta, jonka mukaan ajouraleveydellä on vain vähäinen vaikutus prosessorien työskentelyyn yli 4 m levyisillä ajourilla. Luonnollisesti vaikea maasto lisää ajouran leveystarvetta. Maaston vaikutus ei tule si-

mulaattorikokeessa esille. Puuston tiheydellä oli vain lievä vaikutus työn tuottavuuteen tai puuston vaurioitumiseen. On kuitenkin korostettava sitä, että simulaattorikokeessa jäljiteltiin myöhempiä harvennuksia, eikä aineistoon sisällynyt yli 900 runkoa/ha tiheyksiä.

KIRJALLISUUS

- AHLGREN, T. & MYHRMAN, D. 1982. Bruunett Mini 578 P kvistarekapare. Res. Forskn. Stift. Skogsarb. 21: 1–4.
- ARVIDSON, A. & JOHANSSON, J. 1979. RK 450 Skogsjan. En prestations- och metodstudie. Inst. Skogstekn. Skogshögsk. Stencil 77: 1–11.
- , JOHANSSON, J. & KNUTELL, H. 1979. RK 450 Skogsjan. En prestationsstudie. Inst. Skogstekn. Skogshögsk. Stencil 67: 1–9.
- BOSTRAND, L. 1978. Av maskinförarna upplevda besvär. Tidsskr. Sver. Skogsvfb. 1–2: 31–35.
- BOSTRÖM, C. 1977. Delmekaniserad gallring med kvistare-kapare. Redog. Forskn. Stift. Skogsarb. 1.
- BRUNBERG, T. 1979. Studier i gallring av Kockums kompaktprocessor 82–54 utrustad med lång kran respektive standardkran. Forskn. Stift. Skogsarb. Stencil. 1–23.
- HALLONBORG, & MELLSTRÖM, C. 1978. Rottne Kvistare-kapare i gallring och slutavverkning. Ekon. Forskn. Stift. Skogsarb. 7: 1–4.
- HARSTELA, P. 1978. Harvennusuun korjuumenetelmien kehittäminen. Metsä ja puu 8: 11–18.
- 1979. Puunkorjuun ergonomia. Suomenjoki. s. 106–111.
- 1981. Minkäläinen harvennusuunin tulisi olla? Metsä ja puu 4: 16–19.
- , RANTAMAULA, J. & HARSTELA, A. 1981. Pienoismallisimulaattori ja kuormauksen oppinen sillä. Metsäntutkimuslaitos, metsätekn. os., moniste 44 s.
- , KALAJA, H., NEVALAINEN, T. & TERVO, L. 1982. Ennakkotuloksia suomalaisiin monitoimikoneisiin ja neuvostoliittolaisiin peruskoneisiin perustuvista korjuuketjuista. Metsäntutkimuslaitos, metsätekn. os. Käsikirjoitus.
- Harvennusuun korjuun koneellistamistoimikunta, 1972. Harvennusuun korjuu. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahaston projekti. Helsinki.
- HÖGNÄS, T. 1981. Bruunett Mini 578 P-prosessori. Metsätehon kats. 17.
- KLEMOLA, P. & KUITTO, P. J. 1980. Finko 35-kuormainprosessori. Metsätehon kats. 22: 1–4.
- KOTANEN, V.-M. 1976. Tvigg-prossorin käytöstä harvennushakkuissa. Metsätehon kats. 17.
- KUITTO, P. J. & SALMINEN, J. 1980. Volvo BM-Valmet 450-kuormainprosessori. Metsätehon kats. 21: 1–4.
- KVIST, G. 1980. Svenska Cellulosa Aktiebolaget SCA Gallringsexursion Lyksele. Moniste.
- LEHTONEN, E. 1977. Inlämning av griplästning och förutsägande av förärens prestation. Driftstek. rapp. Norsk. Inst. Skogsf. 16: 303–310.
- MELKKO, M. 1977. TTS-prosessori. Metsätehon seloste 8.
- MIKKONEN, E. 1978. Ösa 705-prosessori väljennushakkuissa. Metsätehon seloste 2: 1–13.
- MÄKELÄ, M. 1980. Tuotosselvitys Marttiini-prossorista. Metsätehon kats. 2: 1–4.
- NEWNHAM, R. M. 1967. A progress report on the simulation model for pulpwood harvesting machines. Ottawa.
- SALMINEN, J. 1981. Kockums GP-prosessori. Metsätehon kats. 23: 1–5.
- & YLÄ-HEMMILÄ, V. 1981. Kockums 82–55-prosessori. Metsätehon kats. 18: 1–4.
- SIREN, M. 1982. Puuston vaurioituminen harvennusuun korjuussa kuormainprosessorilla. Metsäntutkimuslaitos, metsätekn. os. Käsikirjoitus.
- & IMPONEN, V. 1982. Kaatotavan vaikutus kuormainprosessorin tuotokseen. Metsäntutkimuslaitos, metsätekn. os. Käsikirjoitus.
- STENBERG, T. 1981. Delrapport projekt Skogsjan. Konekirjoite. Domanverket. Luleå region.
- TANEVA, N. 1972. Väsymys työssä. Teoksessa: Väsymys työssä. NES-konferenssi. Työterveyslaitos.
- VASKO, P. 1981. Konekustannuslaskenta. Moniste s. 1–34.
- YLÄ-HEMMILÄ, V. 1980. Rottne Blondin 750/Snoken 780-prosessori. Metsätehon kats. 9.
- ÖSTERLÖF, P. 1980. Skogsjan i gallring. Ekon. Forskn. Stift. Skogsarb. 8.

SUMMARY

A CONVENTIONAL AND GRAPPLE LOADER PROCESSOR IN SECOND AND THIRD THINNINGS A SIMULATOR EXPERIMENT

Using the literature and a simulator experiment, an ordinary processor and grapple loader processor were compared in conditions corresponding to thinnings later than the first commercial thinning. Visual bucking only was employed in the simulator experiment. The strip road spacing was 30 m and there was no preliminary skidding of the trees. The simulator experiment confirmed the view reached in the literature that the work productivity of the grapple loader processor is 20–40 % greater than that of an ordinary processor provided that the stem size is under 0,2–0,3 m³.

On the other hand, damage to the residual growing stock appears to be a relatively great problem with both processor types. According to the literature, the shares of damaged trees range from 2 to 23 %. The incidence of stem damage was smaller in the simulator experiment with the grapple loader processor than with an ordinary processor only when felling method II was used (Fig. 5). It is impossible to study root damage with a simulator, but root damage with a grapple loader processor is probably reduced by the fact that it is easy to place the branches and the crowns on the strip road. Most of the damage with a grapple loader processor is caused by the tree to be moved or the multipurpose part (delimiting-bucking element). Lowering the infeed speed of the tree and shaping of the multipurpose part to reduce the

damage to the growing stock less might cut down the incidence of damage.

Judging by the literature and the simulator experiments, felling method II seems to cause the least damage to the growing stock when visual bucking is employed. The simulator experiments differed from reports in the literature on work productivity: the latter attributes higher productivity to felling method I. Felling method II gave the best productivity of work according to the simulator experiment. Felling method I was best according to empirical studies in the preparation of cut-to-size timber as regards both damage and productivity.

The space requirement of the processor on the strip road was assumed to be relatively great before the study. The simulator experiments, however, support the result reported by Kvist (1982) according to which strip road spacing has little effect on the working of the processor if the strip road spacing is over 4 m (Fig. 3). Difficult terrain naturally increases the need of strip road width. The density of the growing stock was also found to have only a small effect on productivity and damage to the growing stock. However, it is well to stress the fact that the simulator experiment simulated later thinnings and that the material included no density of over 900 stems/hectare.