

# FOLIA FORESTALIA 474

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1981

---

---

MATTI SIREN

PUUSTON VAURIOITUMINEN  
HARVENNUSPUUN KORJUUSSA

STAND DAMAGE IN THINNING OPERATIONS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
*Address:* SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
*Phone:*

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

FOLIA FORESTALIA 474

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1981

Matti Siren

PUUSTON VAURIOITUMINEN HARVENNUSPUUN  
KORJUUSSA

Stand damage in thinning operations

ODC 462:333  
ISBN 951-40-0522-8  
ISSN 0015-5543

SIREN, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. *Folia For.* 474:1—23.

Tutkimuksessa on verrattu puuston vaurioitumista ensiharvennuksissa maataloustraktorilla ja metsätraktorilla. Keskimääräinen vaurioprosentti kaikki menetelmät huomioon ottaen oli 1,8. Maataloustraktorilla vaurioprosentti oli 2,2 vaihdellen 0,1—8,5 %. Metsätraktorilla vaurioprosentti oli 1,5 vaihdellen 0,0—8,7 %. Ajouran leveys oli vastaavasti maataloustraktorilla 2,95 m ja metsätraktorilla 3,80 m.

Vaurioprosenttiin vaikuttavia tekijöitä olivat leimikon koko, ajouraleveys, hakattu puumäärä, jääneen puuston runkoluku/ha, maaperä, korjaajan ja suunnittelijan kokemus, liittymien laatu, korjuuaika ja käytetty korjuukone.

Keinoina vaurioiden vähentämiseksi tutkimuksessa nähtiin parempi korjuun suunnittelu, hakkuun asianmukainen suoritus ja oikein valittu korjuuaika.

---

Damage caused to trees during first thinnings by tractors and forwarders was compared in this study. The average damage % with all methods was 1,8. The average damage % when farm tractors were used was 2,2 varying between 0,1—8,5. The average damage % in stands thinned using forwarders was 1,5 varying between 0,0—8,7 %. Strip road width was 2,95 m with farm tractor and 3,80 m with forwarder.

The factors found to have an effect of damage % were size of cutting area, strip road width, number of trees cut, number of trees remaining, soiltype, expence of logger and planner, quality of intersections, logging time and type of logging machine.

The best ways of reducing damage would be better planning of logging, more skillful felling and correct logging time.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
2. TUTKIMUSAINEISTO .....	4
3. ENSIHARVENNUSLEIMIKOIDEN RAKENTEESTA JA KORJUUSTA SUOMESSA .....	5
4. PUUSTON VAURIOITUMINEN .....	6
41. Vaurioiden määrä .....	6
42. Vaurioiden sijainnin ja koon merkitys .....	7
421. Vaurioiden laatu .....	8
422. Vaurioiden koko .....	9
423. Vaurioiden sijainti .....	10
43. Vaurioituneiden puiden sijainti .....	11
44. Vaurioitumisen syyt .....	12
45. Vaurioitumisen aiheuttaneet kone-elimet .....	13
5. ERI TEKIJÖIDEN VAIKUTUS VAURIOITUMISEEN .....	14
51. Leimikon rakenteen vaikutus vaurioitumiseen .....	15
52. Korjuuajan vaikutus vaurioitumiseen .....	15
53. Korjuumenetelmän ja leimikon suunnittelun vaikutus .....	16
6. KEINOJA VAURIOIDEN VÄHENTÄMISEKSI .....	18
61. Korjuun suunnittelu .....	18
62. Hakkuun suoritus .....	18
63. Korjuuajankohdan merkitys .....	18
64. Muita seikkoja .....	19
7. METSÄNOMISTAJIEN MIELIPITEITÄ HARVENNUKSEN TOTEUTTAMISESTA .....	19
8. TULOSTEN TARKASTELUA .....	20
9. SELOSTE .....	21
KIRJALLISUUS .....	22
SUMMARY .....	22

## 1. JOHDANTO

Metsiemme ikärakenteesta johtuen harvennushakkuiden määrä on 1980- ja 1990-luvuilla minimissään. Sen jälkeen on 2000-luvun alussa odotettavissa mittava harvennusurakka, josta selviytyminen edellyttää nykyisten harvennusmenetelmien kehittämistä ja tehostamista (Harvennuspuun... 1972).

Harvennusten koneellistaminen on vaikea taloudellinen ja tekninen ongelma. Erityisen hankalaa on koneellistaminen ensiharvennuksissa, joissa kustannukset ovat kertymään verrattuna suuret. Harvennus on kuitenkin välttämätön toimenpide metsän tulevaa kehitystä ajatellen. Harvennuksellahan on suuri vaikutus paitsi puuston kasvuun myös sen rakenteeseen ja laatuun.

Laatu- ja kasvukysymyksiin liittyvät olennaisesti korjuussa syntyvät vauriot, jotka saattavat aiheuttaa tuntuja menetyksiä kasvun heikentymisen ja puuaineen arvon alenemisen seurauksena. Korjuuvaurioista kannetaan huolta erityisesti kuusikoissa, koska kuusi pinnanmyötäisen juuristonsa ja lahonarkuutensa vuoksi on alttiimpi vaurioille kuin mänty.

Käsillä olevassa tutkimuksessa pyritään kartoittamaan puuston vaurioitumista ensi-

harvennuksissa nykyisin vallitsevia koneita ja korjuumenetelmiä käytettäessä. Koska koneet ovat vain osa vaurioitumiseen johtavassa ketjussa, pyritään myös erilaisten maasto-olojen, puuston, korjuuajankohdan, sääolojen, korjuun suunnittelun ja korjaajan kokemuksen vaikutuksia saamaan esiin.

Koska Suomessa monitoimikoneet eivät ole saavuttaneet jalansijaa ensiharvennuksessa, tutkimus keskittyy vertailemaan lähinnä maataloustraktoripohjaista, isännänlinjan korjuuta sekä toisaalta yhtiöiden suorittamaa metsätraktoripohjaista korjuuta, jossa puutavara tehdään moottorisahalla.

Tutkimusaineisto kerättiin Kouvolan, Hämeenlinnan ja Suonenjoen ympäristöstä. Aineiston keruuseen osallistuivat metsätöyryjohtajat Jussi Korhonen ja Tapio Nevalainen. Apua leimikoiden paikallistamisessa antoivat lukuisat metsänhoitoyhdistysten, piirimetsälautakuntien ja teollisuuden metsäammattimiehet. Englanninkielen tarkistuksesta huolehti John Derome, konekirjoituksesta Aune Rytönen ja Raija Siekkinen. Kuvat piirsi Leena Muronranta.

Käsitteilytöiden ovat lukeneet ja neuvoja antaneet prof. Pentti Hakki ja MMT Pertti Harstela. Kaikille edellämainituille haluan esittää lämpimät kiitokseni.

## 2. TUTKIMUSAINESTO

Tutkimusaineisto kerättiin kesän ja syksyn 1980 aikana. Kolmelta alueelta, jotka sijaitsivat Kouvolan, Hämeenlinnan ja Suonenjoen ympäristössä, pyrittiin inventoimaan kaikki hakkuukautena 1979–1980 korjatut ensiharvennusleimikot. Leimikoita inventoitiin 88 kpl pinta-alan ollessa 425 ha. Alueellisesti leimikot jakautuivat siten, että Kouvolan ympäristöstä inventoitiin 41 leimikkoa, Hämeenlinnan ympäristöstä 27 ja Suonenjoelta 20 leimikkoa.

Inventoimalla kaikki leimikot tietyiltä alueilta pyrittiin saamaan todellinen kuva eri menetelmien yleisyydestä. Rajoittamalla mukaan otettujen leimikoiden korjuuaika viimeiseksi vuodeksi pyrittiin varmistamaan vaurioiden löytymisen, sillä varsinkin pieniä vaurioita on jonkin ajan kuluttua korjuusta vaikea havaita.

Leimikot paikallistettiin metsänhoitoyhdistyksiltä ja piirimetsälautakuntien neuvoilta saatujen leimausselosteiden avulla. Yhtiöiden omilla mailla olevat leimikot löydettiin yhtiöiden myötävaikutuksella. Leimausselosteista saatiin selville leimikon pinta-ala, puumäärä ennen korjuuta ja hakattu puumäärä. Kun näin tiedettiin jäävän puuston kuutiomäärä, päästiin jäävän puuston runkolukuun/ha mittaamalla leimikon puiden keskipituus ja keskiläpimitta.

Inventoija kirjasi leimikosta puuston puulajijakautumaa ja oksaisuutta kuvaavia tietoja. Maaston osalta arvioitiin ajon maastoluokka, maalaji, kivisyys, kaltevuus ja upottavuus korjuuajana. Myös metsätyyppi määritettiin.

Tiedot korjuumenetelmästä, korjuukoneesta ja sen varusteista, korjaajasta, kuljettajan kokemuksesta,

korjuuajasta ja säästä selvitetiin korjaajaa haastatella. Tiedot leimikon suunnittelijasta ja hänen kokemuksestaan saatiin metsänhoitoyhdistyksiltä tai yhtiöiltä. Ajourien suunnittelun arvosteli inventoija leimikolla.

Vauriot inventoitiin kulkemalla leimikko läpi ajouria pitkin. Ennen vaurioiden inventointia muodostettiin yleiskuva leimikosta kulkemalla rauhallisesti leimikko läpi. Jokaisesta löydetystä vauriosta kirjattiin vaurion laatua, kokoa, sijaintia sekä vauriopuun sijaintia ajouran keskipisteen suhteen selvittäviä tietoja. Lisäksi arvioitiin vaurion aiheuttanut elin ja vaurion syy.

Eriytyen tarkasti tutkittiin ajourien varressa kasojen

sijoituspaikat, joitten tuntumassa vaurioita usein on kauempanakin urasta. Leimikoissa, joissa oli käytetty esijuontoa, liikuttiin koko leimikon leveydellä myös urien välillä olevien vaurioiden löytämiseksi.

Runkovauriot näyttivät löytyvän kyseisellä menetelmällä varsin tarkasti. Vaurioiden löytymistä kartoitettiin inventoimalla muutama leimikko kahteen kertaan eri henkilöiden toimesta. Tällöin ensimmäinen inventoija oli löytänyt vaurioista 95 %, 97 % ja 100 %.

Juurivaurioiden löytäminen sen sijaan on ongelmallisempaa, sillä hakkuutähteet ja maa peittävät usein vaurioituneet juuret. Eriytyisen vaikeaa on pienten juurten vaurioitumisen seuranta.

### 3. ENSIHARVENNUSLEIMIKOIDEN RAKENTEESTA JA KORJUUSTA SUOMESSA

Paikallisuudestaan huolimatta tutkimusaineistosta voidaan saada suuntaa-antava kuva ensiharvennusleimikoiden rakenteesta ja eri korjuumenetelmien yleisyydestä. Tässä yhteydessä on muistettava, että inventoidut alueet sijaitsevat maan eteläpuoliskossa Suomenjoen ollessa pohjoisin alue. Toisaalta ensiharvennukset eivät ole metsien ikäluokkarakenteesta johtuen pohjoisessa yhtä yleisiä kuin etelässä.

Leimikoiden keskikoko oli 4,8 ha. Yhtiöiden metsätraktorilla korjaamat leimikot olivat keskikooltaan 5,5 ha. Maataloustraktorilla korjattujen leimikoiden pinta-ala oli vastaavasti 3,9 ha.

Keskimääräinen rungon koko ensiharvennusleimikoissa oli 0,167 m<sup>3</sup>. Jäävän puuston runkoluku oli 929 kpl/ha. Leimikoiden puumäärä nähdään seuraavasta asetelmasta.

Metsätyyppi	Ennen hakkuuta	Puusto, m <sup>3</sup> /ha Hakkuussa poistettu	Hakkuun jälkeen
OMT	173	40	133
MT	165	39	126
VT	138	38	100
Keskimäärin	157	39	118

Puulajisuhteiltaan leimikot jakautuivat siten, että kuusivaltaisia leimikoita oli 47,7 %, mäntyvaltaisia 37,5 %. Sekaleimikoita, joissa toisen puulajin osuus oli yli 30 %, oli 14,8 %.

Leimikot jaettiin korjuuajankohdan mukaan kolmeen ryhmään; talvi-, kesä- ja syysleimikoihin. Talvileimikoihin on luettu tam-

mi—huhtikuussa, kesäleimikoihin touko—elokuussa ja syysleimikoihin syys—joulu—kuussa korjatut leimikot. Korjuuajankohtana pidettiin ajon ajankohtaa, sillä vauriohan syntyvät pääosin metsäkuljetuksen yhteydessä. Leimikot jakautuivat seuraavasti.

	Männiköt	Kuusikot %	Sekaleimikot
Talvikorjuu	44,8	54,8	69,6
Syyskorjuu	24,1	22,6	13,0
Kesäkorjuu	31,1	22,6	17,4
	100,0	100,0	100,0

Yhtiöt korjasivat 39 % ja isännät itse 61 % leimikoista. Leimikoista korjattiin hevosella 5,9 %, vintturilla varustetulla maataloustraktorilla 5,9 %, kuormaimella varustetulla maataloustraktorilla 4,5 % ja perävaunulla tai reellä varustetulla maataloustraktorilla 28,4 %. Kevyellä metsätraktorilla, joksi luokiteltiin mm. paljon käytetty Lokomo 919-kuormatraktori, korjattiin 23,9 % leimikoista. Keskiraskaalla metsätraktorilla, joksi luokiteltiin esimerkiksi Valmet 870, korjattiin 27,3 % ja raskaalla metsätraktorilla 4,5 % leimikoista. Traktorit jakautuivat varusteiltaan siten, että pyöräkoneita ilman ketjuja oli 30,1 %, kitkaketjuilla varustettuja pyöräkoneita 55,4 %, telakoneita 9,6 % ja puoliteloilta varustettuja koneita 4,8 %.

Leimauksen oli tehnyt metsäteknikko tai työnjohtaja 93,2 %:ssa leimikoista. Metsuri oli leimannut 4,5 % ja isäntä itse 2,3 % leimikoista. Leimaajista arvosteltiin koke-



Taulukko 2. Vauriopuiden määrä hehtaaria kohti männiköissä, kuusikoissa ja sekapuustoissa.  
 Table 2. Number of damaged trees/ha in pine, spruce and mixed stands.

	Runkovaurioita <i>Stem damage</i>		Juurenniskavaurioita <i>Root collar damage</i>		Juurivaurioita <i>Root damage</i>		Yhteensä <i>Total</i>	
	Maatalous- traktori <i>Farm tractor</i>	Metsä- traktori <i>Forwarder</i>	Maatalous- traktori <i>Farm tractor</i>	Metsä- traktori <i>Forwarder</i>	Maatalous- traktori <i>Farm tractor</i>	Metsä- traktori <i>Forwarder</i>	Maatalous- traktori <i>Farm tractor</i>	Metsä- traktori <i>Forwarder</i>
Männiköt <i>Pine stands</i>	11,4	8,4	0,7	0,6	3,3	2,8	15,3	11,8
Kuusikot <i>Spruce stands</i>	5,0	7,2	1,9	1,2	10,7	5,3	17,5	13,7
Sekapuustot <i>Mixed stands</i>	13,3	8,2	0,7	1,6	3,6	4,2	17,6	14,0

Taulukko 3. Juurivaurioprocentit männiköissä, kuusikoissa ja sekapuustoissa eri vuodenaikoina. Suluissa leimikoiden määrä.

Table 3. Percentage of root-damaged trees in pine, spruce and mixed stands in different seasons. Number of cutting areas given in brackets.

Korjuu-aika <i>Logging time</i>	Juurivaurioprocentti — <i>Root damage %</i>					
	Männiköt <i>Pine stands</i>		Kuusikot <i>Spruce stands</i>		Sekapuustot <i>Mixed stands</i>	
	Maatalous- traktori <i>Farm tractor</i>	Metsä- traktori <i>Forwarder</i>	Maatalous- traktori <i>Farm tractor</i>	Metsä- traktori <i>Forwarder</i>	Maatalous- traktori <i>Farm tractor</i>	Metsä- traktori <i>Forwarder</i>
Tammi — huhtikuu <i>January — April</i>	0,3 (8)	0,0 (5)	0,2 (5)	1,0 (12)	0,7 (10)	0,3 (16)
Touko — elokuu <i>May — August</i>	0,9 (2)	0,7 (5)	2,6 (2)	1,5 (5)	—	1,4 (3)
Syys — joulukuu <i>September — December</i>	0,8 (2)	0,4 (7)	4,1 (3)	0,2 (4)	0,0 (2)	0,6 (2)
Keskimäärin <i>Average</i>	0,5	0,4	1,9	1,0	0,6	0,5

juu on aiheuttanut runsaasti juurivaurioita.

Tutkimusaineistossa oli mukana myös 5 hevosella korjattua leimikkoa. Keskimääräinen vaurioprocentti hevosella korjatuissa leimikoissa oli 0,8 vaihtelun ollessa 0,0—1,8. Hevoskorjuun aiheuttamat vauriot olivat pääosin kuitenkin lieviä kolhaisuja, joten hevoskorjuu puolustaa paikkaansa puustoystävällisenä korjuumenetelmänä. Luonnollisesti on otettava huomioon myös erot ajourien leveydessä.

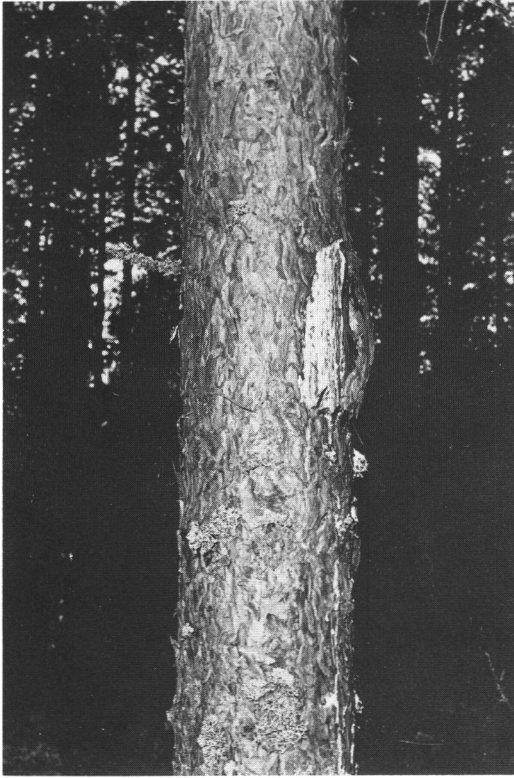
#### 42. Vaurioiden sijainnin ja koon merkitys

Vaurion laadulla, sijainnilla ja koolla on suuri merkitys vaurion seurauksiksi puustolle. On selvää, että suuren haavan kylestyminen on hitaampaa kuin pienen. Nilssonin ja Hyyppelin (1968) mukaan vaurion syvyys on merkittävämpi tekijä kuin vaurion pinta-ala.

Tärkeä tekijä vaurion vaikutuksen kannalta on sijainti puussa. Tutkimuksessa

vauriot on jaettu runko-, juurenniska- ja juurivaurioihin. Juurivauriot saattavat aiheuttaa menetyksiä kasvutappioiden, mutta ne aiheuttavat lisäksi lahoa. Lahon etene- misen on tutkimuksissa todettu olevan sitä nopeampaa, mitä lähempänä juurenniskaa vaurio on. Vielä 150 cm:n etäisyydellä juurenniskasta olevat juurivauriot aiheuttavat yleensä nopeammin etenevän lahon kuin runkovauriot (Harvennuspuun... 1972). Kalliön (1978) mukaan laho voi edetä kuudessa jopa 80 cm vuodessa. Juurivaurioiden vaarallisuus riippuu olennaisesti myös vaurioituneiden juurten paksuudesta. Alle 2 cm:n juurten on todettu vaurioitues- saan aiheuttavan vain väriä (Nilsson & Hyyppel 1968, Isomäki 1972).

Kuusen ja koivun runkovauriot ovat varsin herkkiä laholle. Hakki ja Laho (1967) tutkivat kirvesleimojen lahoa aiheuttavaa vaikutusta, ja tällöin todettiin kuusen saavan lahon kirvesleimasta miltei poikkeuksetta. Erityisesti kesäaikana leima-



Kuva 1. Tyypillinen pintavaurio. Kuori irronnut, mutta puuaines säilynyt vahingoittumattomana.  
*Fig. 1. Typical superficial damage. Bark detached, but wood undamaged.*



Kuva 2. Tyypillinen syvä vaurio. Myös puuaines vahingoittunut.  
*Fig. 2. Typical deep damage. Wood also damaged.*

tut kuuset olivat alttiita laholle. Runkovauriossa erittäin merkittävä tekijä on vaurion syvyys, sillä syvästä vauriosta laho etenee varsin nopeasti (K ä r k k ä i n e n 1971). Pään vastoin kuin kuusessa ja koivussa, vaurio ei johda männnyssä lahovikaan.

#### 421. Vaurioiden laatu

Tutkimuksessa vauriot on jaettu laatunsa puolesta seuraaviin luokkiin.

*Raapaisuksi* on luokiteltu puun pinnassa olevat naarmut ja lievät kolhaisut, joissa puun kuori ei kuitenkaan

ole irronnut. Raapaisuilla tuskin on vaikutusta puun kasvuun tai puuaineen laatuun, mutta niiden voidaan olettaa kuvaavan vaurioherkkyyttä eri menetelmissä.

*Pintavaurioiksi* on luokiteltu vauriot, joissa puun kuori on irronnut, mutta itse puuaines on säilynyt vahingoittumattomana. Esimerkki pintavauriosta on kuvassa 1.

*Syvävaurioissa* itse puuainekin on kolhaisun seurauksena vahingoittunut. Syviä vaurioita voidaan pitää hyvin haitallisina puun kehitykselle. Tyypillinen syvävaurio nähdään kuvassa 2.

Juurivaurioissa on edellisten vaurioryhmien lisäksi myös luokka *katkojuuri*, jolloin juuri on katkennut.

Vaurioiden jakautuminen eri laatuluokkiin on esitetty oheisessa asetelmassa.

	Raapaisu Scratch	Pintavaurio Superficial damage	Syvä vaurio Deep damage	Katkojuuri Broken root	Yhteensä Total
	Jakauma %, Distribution, %				
Maataloustraktori <i>Farm Traktor</i>	6,9	39,3	48,2	5,6	100,0
Metsätraktori <i>Forwarder</i>	3,2	34,6	51,8	10,4	100,0

Metsätraktorin aiheuttamat vauriot ovat jonkin verran syvempiä kuin maataloustraktorin aiheuttamat. Myös katkojuuria esiintyy suhteellisesti enemmän metsätraktorilla. Metsätraktorin järeys lienee osasy syyiin vaurioihin.

#### 422. Vaurioiden koko

Vaurioiden jakautuminen eri kokoluokkiin on esitetty taulukossa 4. Sekä maatalous- että metsätraktoreilla pääosa vaurioista on pinta-alaltaan alle 300 cm<sup>2</sup>. Kokoluokan 100 cm<sup>2</sup> osuus oli maataloustraktorilla 63,5 % ja metsätraktorilla 54,8 % vaurioista. Maataloustraktorin aiheuttamista vaurioista oli 2,7 % pinta-alaltaan yli 1000 cm<sup>2</sup>. Metsätraktorilla vastaava luku oli 4,9 %.

Juurivaurioiden koko mitattiin juuren läpimittana vauriokohdassa. Kokojakaumat

on esitetty taulukossa 5. Sekä maatalous- että metsätraktoreilla eniten vaurioita oli kokoluokissa 3—5 cm. On otettava huomioon, ettei käytetyllä tutkimusmenetelmällä ollut mahdollista tutkia pienten, alle 1/2 cm läpimittaisten juurten vaurioitumista. Näiden pienten juurten vaurioitumisilla saattaa kuitenkin olla huomattava vaikutus puuston kasvuun.

Tutkimuksessa selvitettiin myös korjuujan vaikutusta vaurioiden kokoon. Puun ollessa sula kuori irtoaa helpommin ja vauriot olivat suurempia kuin talvella puun ollessa jäässä. Touko—elokuussa korjatuissa leimikoissa vaurioitten koko vaihteli muita enemmän, ja touko—elokuussa myös suuria vaurioita esiintyi runsaammin. Talvella ja syksyllä vauriot keskittyivät pieniin kokoluokkiin. Sama suuntaus oli havaittavissa sekä maatalous- että metsätraktoreilla.

Taulukko 4. Runko- ja juurenniskavaurioiden jakautuminen eri kokoluokkiin maataloustraktorilla ja metsätraktorilla.

Table 4. Distribution of stem and root collar damages in different size classes with farm tractor and forwarder.

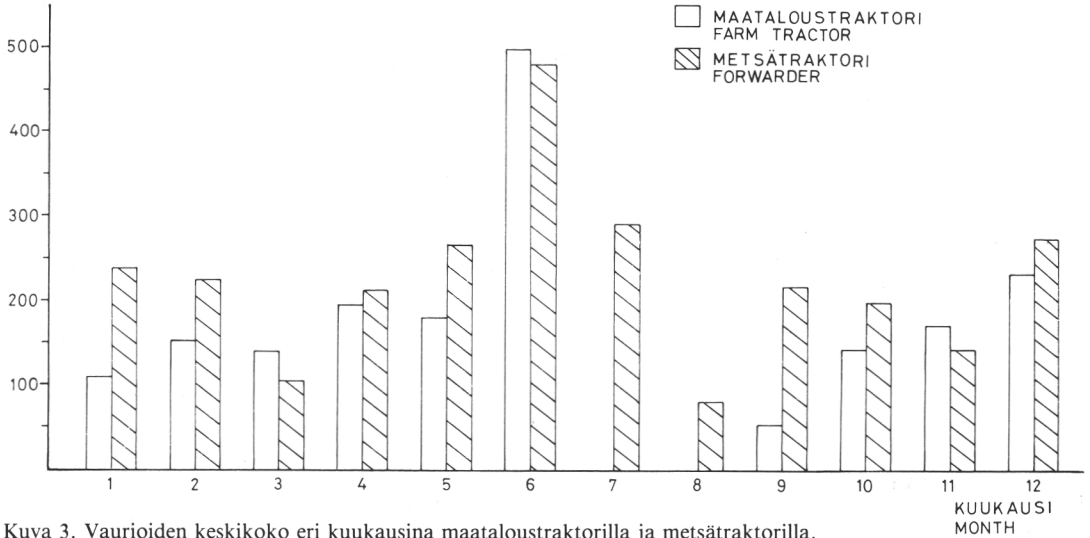
Kokoluokka, cm <sup>2</sup> Size class, cm <sup>2</sup>	Maataloustraktori — Farm tractor				Metsätraktori — Forwarder			
	Raapaisu Scratch	Pintavaurio Superficial damage	Syvävaurio Deep damage	Yhteensä All	Raapaisu Scratch	Pintavaurio Superficial damage	Syvävaurio Deep damage	Yhteensä All
	% vaurioista — % of damages							
100	6,7	30,4	26,4	63,5	2,9	24,9	27,0	54,8
200	2,0	3,2	7,6	12,8	0,8	4,2	8,9	13,9
300	1,4	2,5	4,2	8,1	0,4	1,7	5,7	7,8
400	0,1	1,2	2,3	3,6	0,4	1,7	3,6	5,7
600	0,6	1,8	3,1	5,5	0,3	1,0	6,1	7,4
800	0,2	0,9	1,5	2,6	0,0	0,9	2,1	3,0
1000	0,0	0,8	0,5	1,3	0,2	0,6	1,6	2,4
1200	0,0	0,6	0,1	0,7	0,0	0,2	1,3	1,1
1400	0,0	0,6	0,1	0,7	0,0	0,2	0,9	1,1
1600	0,1	0,5	0,2	0,8	0,0	0,1	0,6	0,7
yli 1600 over	0,2	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	1,5	1,7
Yhteensä All	11,4	42,2	46,4	100,0	5,1	35,6	59,3	100,0

Taulukko 5. Juurivaurioiden jakautuminen eri kokoluokkiin maataloustraktorilla ja metsätraktorilla.

Table 5. Distribution of root damages in different size classes with farm tractor and forwarder.

Vaurioituneen juuren läpimitta, cm Diameter of damaged root, cm	Maataloustraktori — Farm tractor				Metsätraktori — Forwarder					
	Raapaisu Scratch	Pinta- vaurio Superficial damage	Syvä- vaurio Deep damage	Katko- juuri Broken root	Yhteensä All	Raapaisu Scratch	Pinta- vaurio Superficial damage	Syvä- vaurio Deep damage	Katko- juuri Broken root	Yhteensä All
	% vaurioista — % of damages									
1	0,0	2,3	2,6	4,2	9,1	0,1	2,4	2,2	8,6	13,3
3	0,1	17,1	9,6	5,1	31,9	0,1	14,5	13,9	14,6	43,1
5	0,2	10,4	17,3	2,8	30,7	0,1	9,9	13,0	3,9	27,0
7	0,2	3,3	9,1	0,3	12,9	0,0	2,9	6,1	0,7	9,7
9	0,0	1,0	8,2	0,3	9,4	0,0	1,2	1,3	0,4	2,9
11	0,0	0,6	2,3	0,6	3,5	0,1	0,4	0,6	0,0	1,1
13	0,0	0,1	0,8	0,2	1,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2
13 +	0,0	0,5	0,6	0,2	1,3	0,0	1,0	1,7	0,0	2,7
Kaikki — All	0,5	35,3	50,5	13,7	100,0	0,4	32,4	38,9	28,3	100,0

VAURION ALA  
AREA OF DAMAGE  
cm<sup>2</sup>



Kuva 3. Vaurioiden keskikoko eri kuukausina maataloustraktorilla ja metsätraktorilla.  
Fig. 3. Mean size of damage occurring in different months with farm tractor and forwarder.

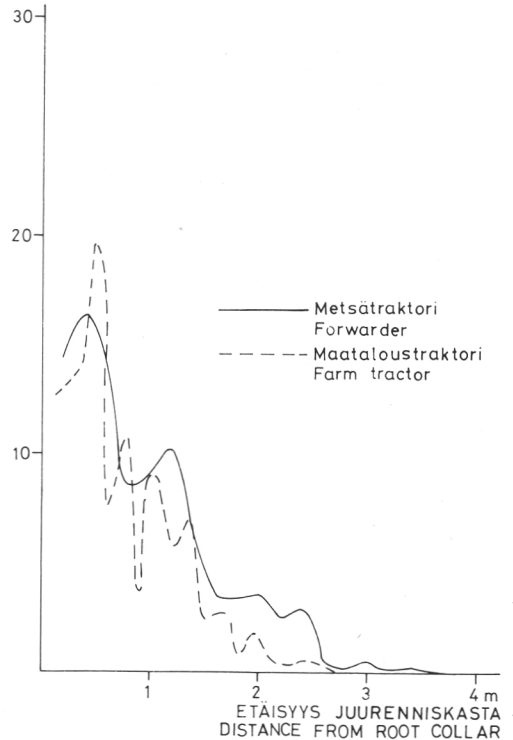
Kuvassa 3 on esitetty eri kuukausina syntyneiden vaurioiden keskikoko. Kuvan selittävyttä heikentää, että maataloustraktorilla ei ole korjattu yhtään leimikkoa heinä—elokuussa. Vaurioiden koko on kuitenkin ollut suurimmillaan kesäkuussa, jonka ero muihin kuukausiin on varsin huomattava. Nila-aikana puu näyttää siis haavoittuvan herkästi. Samanlaisen tuloksen on tutkimuksissaan saanut myös Meng (1978). Keskimääräistä suurempia vaurioita olivat sekä maatalous- että metsätraktoreilla aiheuttaneet traktorin runko, pankot sekä pyörät.

#### 423. Vaurioiden sijainti

Maataloustraktorilla korjatuissa leimikoissa vaurioista kohdistui runkoon 52,5 %, juurenniskaan 6,5 % ja juuriin 41,0 %. Metsätraktorilla korjatuissa leimikoissa vaurioista rungossa oli 55,0 %, juurenniskassa 8,2 % ja juurissa 36,8 %. Hevosleimikoissa runkovaurioita oli 93,5 %, juurenniskavaurioita 1,2 % ja juurivaurioita 5,3 %.

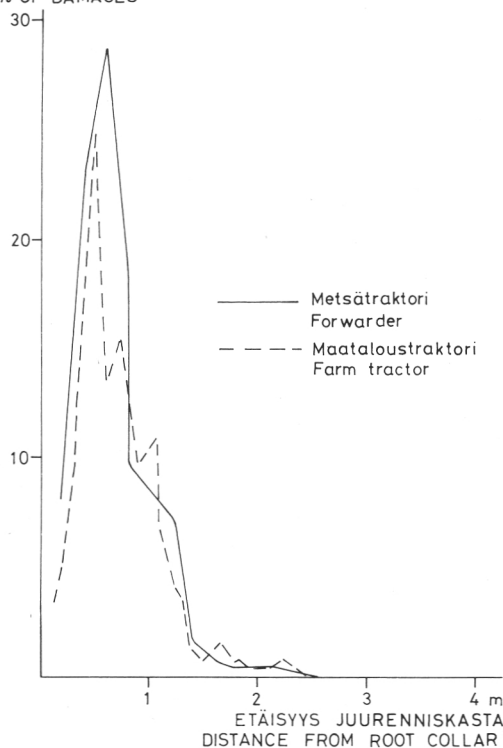
Runkovaurioiden keskimääräinen etäisyys juurenniskasta oli metsätraktorilla 97 cm, maataloustraktorilla 75 cm ja hevosella 40 cm. Juurivaurioiden keskimääräinen etäisyys juurenniskasta oli 73 cm metsätraktorilla, 73 cm maataloustraktorilla ja 51 cm hevosella. Runko- ja juurivaurioiden etäisyys juurenniskasta on esitetty kuvissa 4 ja 5.

% VAURIOISTA  
% OF DAMAGES



Kuva 4. Runkovaurioiden etäisyys juurenniskasta maataloustraktorilla ja metsätraktorilla.  
Fig. 4. Distance between stem damage and root collar with farm tractor and forwarder.

% VAURIOISTA  
% OF DAMAGES



Kuva 5. Juurivaurioiden etäisyys juurenniskasta maataloustraktorilla ja metsätraktorilla.

Fig. 5. Distance between root damage and root collar with farm tractor and forwarder.

Runkovaurioiden sijainti keskimäärin korkeammalla rungossa metsätraktorilla kuin maataloustraktorilla johtunee metsätraktorin suuremmasta koosta. Metsätraktorin runko ja pankot saattavat kolhia puuta hyvinkin korkealta, samoin kuormain saattaa heiluessaan aiheuttaa vaurioita korkealekin runkoon. Metsätraktorilla korjatuissa leimikoissa vaurioita oli aina 5 metrin korkeudelle asti, kun taas maataloustraktorin aiheuttamat vauriot olivat korkeintaan 4 metrin korkeudella.

Juurenniskaan kohdistui lähes yhtä suuri osuus vaurioista sekä maatalous- että metsätraktorilla. Sen sijaan juurivaurioita oli maataloustraktorilla metsätraktoria enemmän. Tämä saattaa johtua maataloustraktorin huonommasta maastokelpoisuudesta. Kiinnijuuttumiset näet aiheuttavat maanpinnan rikkoutumista ja samalla syntyy herkästi juurivaurioita.

### 43. Vaurioituneiden puiden sijainti

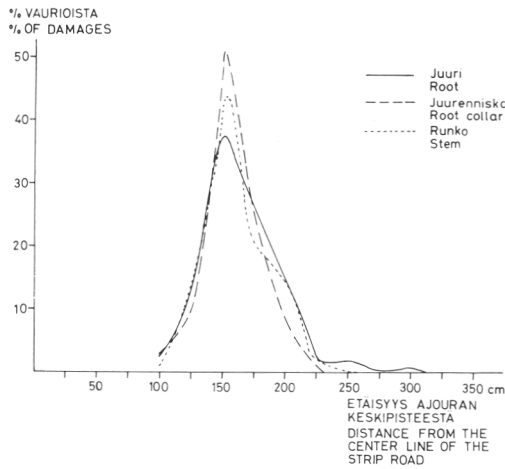
Vaurioituneiden puiden sijainti mitattiin vauriopuun etäisyytenä ajouran oletetusta keskipisteestä. Jos raiteet olivat nähtävissä, ajouran keskipisteenä pidettiin raiteiden keskipistettä. Metsätraktorin vaurioittamat puut sijaitsivat jonkin verran kauempana ajouran keskipisteestä kuin maataloustraktorin vaurioittamat puut.

Maataloustraktorilla sijaitsi 42 % vaurioituneista puista 150 cm:n etäisyydellä ajouran keskipisteestä. 92 % vaurioituneista puista sijaitsi 100—200 cm:n etäisyydellä keskipisteestä. Runko-, juurenniska- ja juurivaurioituneet puut erosivat sijainniltaan siten, että runkovaurioituneita puita sijaitsi myös kauempana ajourasta. Yli 4 metrin etäisyydellä uran keskipisteestä oli 2 % runkovaurioituneista puista, kun taas juurenniskaan tai juuristoon vaurioituneita puita ei yli 4 metrin etäisyydellä uran keskipisteestä ollut.

Metsätraktorin kolhimista puista sijaitsi 87 % 125—225 cm:n etäisyydellä keskipisteestä. Runkovaurioituneet puut jakautuivat myös metsätraktorilla juurenniska- ja juurivaurioituneita puita laajemmalle alueelle. Yli 4 metrin etäisyydellä uran keskipisteestä sijaitsi 2 % runkovaurioituneista puista.

Kuvissa 6 ja 7 on esitetty vaurioituneiden puiden sijainti etäisyytenä ajouran keskipisteestä. Vauriopuiden sijainti lähellä uraa johtuu siitä, että inventoiduissa leimikoissa oli vinssausta ja muita esijuontomenetelmiä käytetty varsin vähän.

Tutkimuksessa selvitettiin myös eri koneelinten kolhimien puiden ja eri syistä vaurioituneiden puiden sijaintia ajouran keskipisteen suhteen. Maataloustraktorilla kuormaimen kolhimista puista sijaitsi 8 % yli 2,5 metrin etäisyydellä ja vinssin kolhimista puista 85 % yli 3,5 metrin etäisyydellä uran keskipisteestä. Metsätraktorilla tilanne oli samansuuntainen, sillä kuormaimen kolhimista puista 58 % ja kaikki vinssin kolhimat puut sijaitsivat yli 2,5 metrin etäisyydellä uran keskipisteestä. Nähtävästi metsätraktorin suuremmasta koosta johtuen myös 14 % kuorman ja 6 % pankon kolhimista puista sijaitsi yli 2,5 metrin etäisyydellä uran keskipisteestä. Sekä maatalous- että metsätraktorilla vauriot, joiden aiheuttajaa ei kyetty



Kuva 6. Vauriopuiden etäisyys ajouran keskipisteestä maataloustraktorilla.

Fig. 6. Distance between damaged trees and the center line of the strip road with farm tractor.

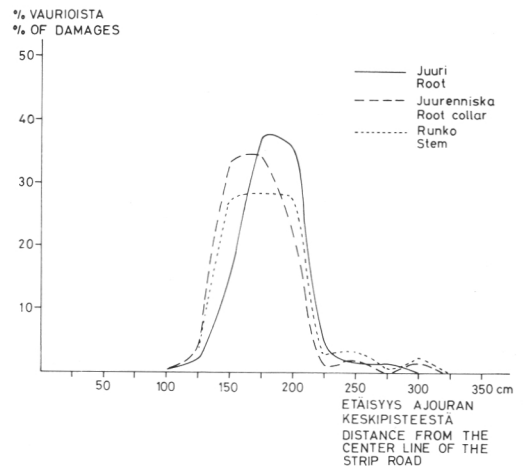
määrittämään, sijaitsivat normaalia kauempana urasta.

Normaalia kauempana ajourasta sijaitseviin vaurioihin olivat syynä kasan väärä sijoitus ja koneen poikkeaminen uralta. Maataloustraktorilla puista, joiden vaurioitumiseen oli syynä kasan väärä sijoitus, 8 % sijaitsi yli 2,5 metrin etäisyydellä ural keskipisteestä. Vaurioista, joiden syynä oli poikkeaminen uralta, 47 % sijaitsi yli 2,5 metrin etäisyydellä ural keskipisteestä.

Metsätraktorilla tilanne oli samansuuntainen. Kasan väärästä sijoituksesta johtuen vaurioituneista puista 39 % ja uralta poikkeamisesta vaurioituneista puista 33 % sijaitsi yli 2,5 metrin etäisyydellä ural keskipisteestä. Metsätraktorilla myös muut syyt, kuten kuoppa, aiheuttivat vaurioita normaalia kauempana urasta.

#### 44. Vaurioitumisen syyt

Oletetut vaurioitumisen syyt jaettiin 13 luokkaan, joiden osuudet runko-, juurenniska- ja juurivaurioista on esitetty taulukossa 6. Vaurioitumisen syytä ei tosin täysin varmasti pystytäkään jälkikäteen selvittämään, mutta kussakin tapauksessa on todennäköisin syy otettu huomioon. Useimmitenhan vaurio on useamman seikan yhteisvaikutuksen tulos, esimerkiksi ajourien kapeus ja samanaikainen kaltevuus muodostavat vaarallisen yhdistelmän.



Kuva 7. Vauriopuiden etäisyys ajouran keskipisteestä metsätraktorilla.

Fig. 7. Distance between damaged trees and the center line of the strip road with forwarder.

Juurivaurioiden syyt jakautuivat hyvin samansuuntaisesti sekä maatalous- että metsätraktorilla. Molemmilla on pehmeikkö syynä yli 70 %:iin vaurioista. Muita juurivaurioiden syitä olivat ajouran kapeus, mutka, liittymä sekä metsätraktoreilla kasan väärä sijoitus. Jos kasa sijoitetaan liian lähelle kasvatettavia puista ilman aluspuita, kuormain kolhii helposti jäävien puiden juuristoa.

Juurenniskaan kohdistuneissa vaurioissa näkyvät erot maatalous- ja metsätraktorin välillä selvemmin kuin juurivaurioissa. Maataloustraktorilla yli 62 % vaurioista johtui ajouran liiallisesta kapeudesta. Muita huomattavia vaurion syitä olivat urien mutkaisuus ja liian ahtaat liittymät. Metsätraktorilla ajouran kapeus oli myös yleisin juurenniskavaurion syy kattaen 35 % vaurioista, mutta huomattava oli myös liittymien lähes 20 %:n osuus vaurioista. Muita huomattavia vaurion syitä metsätraktorilla olivat urien mutkaisuus, kuljettajan huolimattomuus sekä ajouralla ollut kivi tai kanto.

Runkovaurioiden syyt jakautuivat sekä maatalous- että metsätraktoreilla juurenniska- ja juurivaurioiden syitä tasaisemmin. Maataloustraktorilla hallitseva syy runkovaurioihin oli ural kapeus kattaen 41 % vaurioista. Myös urien mutkaisuus, ahtaat liittymät ja kivi tai kallio olivat huomattavia vaurioitumisen syitä. Metsätraktoreilla kiinnittävät huomiota kasan väärästä sijoituksesta johtuvat vauriot, joiden osuus oli

Taulukko 6. Vaurioiden syy maataloustraktorilla ja metsätraktorilla.  
Table 6. Cause of damage with farm tractor and forwarder.

Vaurion syy Reason for damage	Juuri Root		Vaurion kohde — Damage point Juurenniska Root collar		Runko Stem		Kaikki All	
	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder
	Jakauma % — Distribution %							
1. Ei tiedossa Unknown	0,5	0,1	2,1	0,4	1,4	1,5	1,1	0,9
2. Kivi tai kallio Stone or rock	1,2	3,8	5,2	9,9	7,3	9,5	4,6	7,4
3. Kanto Stump	1,6	1,2	0,0	4,1	3,8	4,1	2,7	3,0
4. Kuoppa Hole	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,6	0,3	0,4
5. Kaltevuus Slope	0,8	0,4	0,0	1,7	2,6	3,3	1,7	2,1
6. Pehmeikkö, soistuma tai ajosta syntynyt raide Softish, spongy or track	70,7	70,3	3,1	5,8	4,5	3,3	31,5	28,2
7. Ajouran kapeus Narrow strip road	18,3	14,9	62,9	36,0	41,2	34,3	33,2	27,2
8. Mutka Curve	3,4	1,9	12,4	12,4	17,0	12,0	11,1	8,3
9. Liittymä Intersection	2,1	4,2	10,3	19,0	10,7	13,5	7,2	10,5
10. Kasan väärä sijoitus Wrong place for bundle	0,0	1,1	0,0	1,7	1,7	8,2	0,9	5,0
11. Kuljettajan huolimattomuus Driver's careless	0,5	1,0	2,1	6,6	3,4	5,3	2,1	3,8
12. Poikkeaminen uralta Turning off strip road	0,2	0,8	1,0	2,5	4,1	3,7	2,3	2,6
13. Muu Other	0,7	0,2	1,0	0,0	1,9	0,8	1,3	0,5
Yhteensä All	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

yli 8 %. Myös kivi tai kallio, jonka osuus oli miltei 10 % vaurioista, on metsätraktorilla maataloustraktoria suurempi vaurion syy. Tämä johtune metsätraktoreiden suuresta koosta ja kyvystä ylittää korkeampia esteitä, koska suuri kone heilahdellessaan esteiden kohdalla aiheuttaa helposti vaurioita.

Jos kaikkia vaurioryhmiä tarkastellaan yhdessä, olivat ajouran kapeus ja maaston pehmeys tärkeimmät syyt vaurioitumiseen. Paljon vaurioita on johtunut myös ajourien mutkaisuudesta ja huonosti suunnitelluista, ahtaista liittymistä. Maaston pehmeuden merkitys keskittyy lähinnä juurivaurioihin sillä pehmeikön aiheuttamista vaurioista yli 91 % oli juurivaurioita.

Vaurion synn vaikutusta vaurioiden laatuun selvitettiin myös. Tällöin ei eri syyistä johtuneiden vaurioiden laadussa ollut merkitseviä eroja.

#### 45. Vaurioitumisen aiheuttaneet kone-elimet

Tutkimuksessa eriteltiin 10 koneenelintä, joiden katsottiin olevan mahdollisia vaurion aiheuttajia. Taulukosta 7 ilmenee, että vauriot ovat keskittyneet muutaman elimen osalle.

Juurivauriot olivat sekä maatalous- että metsätraktorilla lähes kokonaan pyörän tai telan aiheuttamia. Metsätraktoreilla oli myös kuormain aiheuttanut jonkin verran

Taulukko 7. Eri kone-elinten osuus vaurioista maataloustraktorilla ja metsätraktorilla.  
 Table 7. Proportion of damage caused by different machine parts with farm tractor and forwarder.

Vaurion aiheuttanut elin Machine part which has caused damage	Juuri Root		Vaurion kohde — Damage point Juurenniska Root collar				Kaikki All	
	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder	Maatalous- traktori Farm tractor	Metsä- traktori Forwarder
			Jakauma % — Distribution %					
1. Ei tiedossa Unknown	0,0	0,0	1,0	0,4	2,0	0,8	1,1	0,5
2. Pyörä Wheel	99,5	91,4	96,9	94,2	72,1	55,2	85,0	71,7
3. Tela Track	0,0	8,0	0,0	1,7	0,0	0,5	0,0	3,4
4. Runko Frame	0,0	0,0	1,0	0,4	9,1	5,3	4,8	2,9
5. Pankko Bunk	0,0	0,0	0,0	1,2	12,4	27,0	6,5	15,0
6. Kuorma Last	0,5	0,0	0,0	0,4	0,9	0,8	0,7	0,5
7. Kuormain Loading device	0,0	0,6	0,0	1,7	1,5	9,7	0,8	5,7
8. Vinssi Winch	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,4	0,9	0,2
9. Hakkuu Felling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
10. Muu Other	0,0	0,0	1,1	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1
Yhteensä All	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

juurivaurioita. Myös juurenniskan vauriot olivat keskittyneet pyörien ja telan osalle.

Runkovauriot sen sijaan jakautuivat useamman eri elimen osalle. Suurin vaurion aiheuttaja oli pyörä, mutta myös pankkojen, traktorin rungon ja metsätraktorilla kuor-

maimen prosenttiosuudet vaurioista olivat huomattavia.

Traktorin rungon, pyörän, pankkojen ja kuormaimen, siis yleensä raskaiden koneen-elinten, todettiin aiheuttaneen muita elimiä enemmän syviä vaurioita.

## 5. ERI TEKIJÖIDEN VAIKUTUS VAURIOITUMISEEN

Eri tekijöiden vaikutusta vaurioitumiseen tutkittiin seuraavassa esitetyillä valikoivilla regressioanalyysillä. Merkitseviä tekijöitä olivat leimikon koko, ajouran leveys, hakattu puumäärä, jääneen puuston runkoluku/ha, maaperä, korjaajan ja suunnittelijan kokemus, liittymien laatu, korjuuajankohta ja käytetty korjuukone.

### Maataloustraktorit

$$y_1 = 0,07480 x_1^{**} - 0,00751 x_2^* - 7,05787 \log(x_3)^{***} + 21,19396 \quad 100R^2 = 56,14$$

$$y_2 = 0,07304 x_1^{***} - 1,97302 x_2^{***} - 4,65991 \log(x_3)^{***} + 16,59911 \quad 100R^2 = 63,92$$

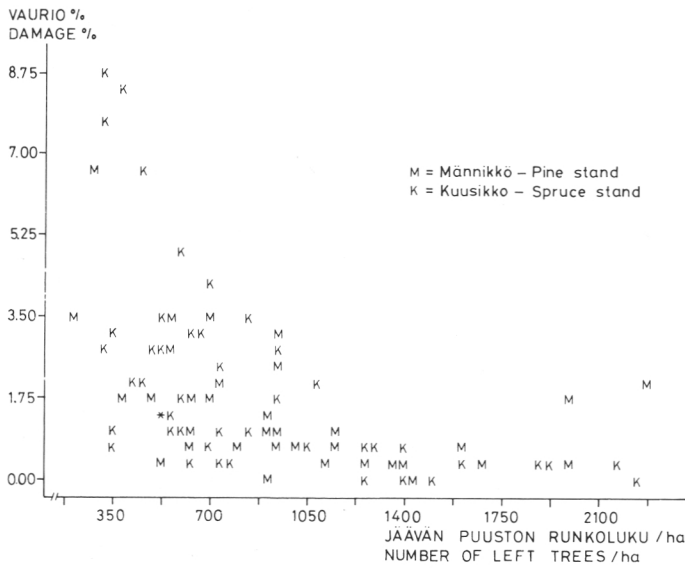
### Metsätraktorit

$$y_1 = 0,09145 x_4^{**} + 0,00921 x_2^{***} + 0,25723 x_5^* + 1,38368 x_6^{***} - 1,38696 x_7^{***} + 0,93610 \quad 100R^2 = 74,88$$

$$y_2 = 0,01148 x_2^{***} - 0,00001 x_8^* + 1,31997 \quad 100R^2 = 49,26$$

$x_1$  = hakattu puumäärä, m<sup>3</sup>/ha  
 $x_2$  = puiden koko, dm<sup>3</sup>  
 $x_3$  = jääneen puuston runkoluku/ha  
 $x_4$  = leimikon pinta-ala, ha  
 $x_5$  = maalaji  
 $x_6$  = suunnittelijan kokemus  
 $x_7$  = liittymien laatu  
 $x_8$  = ajouran leveys, m





Kuva 9. Jäävän puuston runkoluvun vaikutus vaurioprocenttiin.  
 Fig. 9. Effect of the number of trees remaining on damage-%.

### 53. Korjuumenetelmän ja leimikon suunnittelun vaikutus

Tutkimuksessa on vertailtu lähinnä maataloustraktoripohjaista ja metsätraktoripohjaista korjuuta. Kuten aiemmassa on tullut esille, vaurioprocentit maataloustraktorilla ovat olleet jonkin verran korkeampia kuin metsätraktorilla. Tähän voidaan löytää useitakin syitä. Ammatikseen puita ajavien parempi ammattitaito harvoin hankintaa tekeviin isäntiin verrattuna vaikuttaa varmasti korjuun lopputulokseen. Eräs vaurioprocenttiin vaikuttava seikka on yhtiöiden leimikoiden suurempi pinta-ala verrattuna isäntien korjaamiin leimikoihin, sillä leimikon koon kasvaessa vaurioprocentit laskivat.

Tutkimuksessa mukana olevat leimikot edustavat miltei yksinomaan tavaralajimenetelmää. Mukana oli kuitenkin myös muutama kokopuuna tai pylväänä korjattu leimikko. Kokopuuna haketusta varten korjatuissa leimikoissa vaurioprocentit olivat varsin alhaisia, keskimäärin hieman yli prosenttia, mutta otos oli varsin pieni ja leimikot korjuuoloiltaan hyvin edullisia nuoria harvoja männiköitä.

Sen sijaan pylväänä korjuu vinsaamalla ja laahustaakkana juontamalla oli aiheuttanut poikkeuksellisen korkeita vaurioprocentteja. Pylväänä korjattaessa pitkät rangat kolhivat uran reunapuita helposti, ja vinsaus aiheuttaa vaurioita laajalle alueelle

urien välillä.

Ajourien riittävä leveys, oikein suunnitellut liittymät, turhien mutkien ja vaikeiden maastokohtien välttäminen sekä kiertolenkien käyttö vähentävät vaurioita. Jos leimikko on huonosti suunniteltu, ei taitavakaan kuljettaja pysty estämään vaurioiden syntymistä. Suunnittelijan kokemus osoittautui tutkimuksessa merkittäväksi vaurioprocentin selittäjäksi.

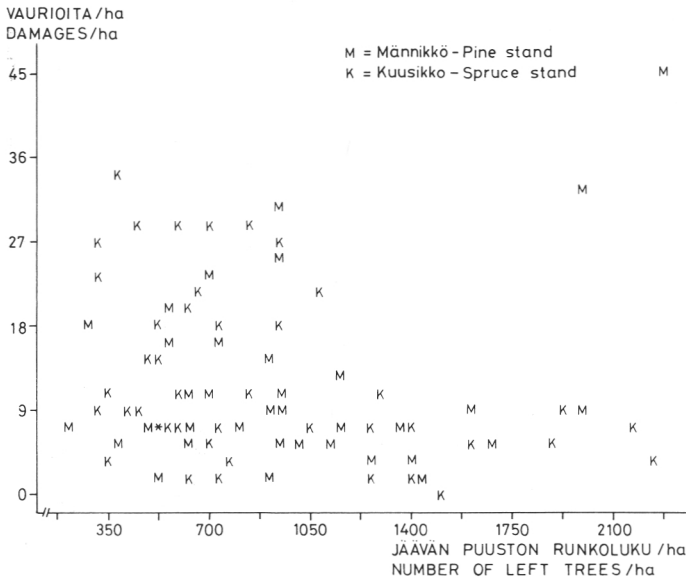
Riittävän leveät ajourat ovat tärkeitä vaurioiden välttämisen kannalta. Taulukossa 8 on esitetty vaurioprocentit eri ajouraleveyksillä maatalous- ja metsätraktoreilla.

Lukujen perusteella ei voida kovin selvästi osoittaa vaurioprocentin riippuvuutta uran leveydestä. Syynä voidaan pitää sitä, että vaurioprocenttiin vaikuttaa samanaikaisesti useita tekijöitä. Suurimmat vaurioprocentit ovat kuitenkin verraten kapeilla ajourilla.

Taulukko 8. Vaurioprocentit eri ajouraleveyksillä. Suluissa leimikoiden määrä.

Table 8. Damage-% with different strip road widths. Number of cutting areas given in brackets.

Ajouran leveys, cm Strip road width, cm	Korjuukone — Logging machine	
	Maatalous- traktori Tractor	Metsä- traktori Forwarder
250	2,8 (14)	0,8 (2)
300	1,8 (10)	2,7 (6)
350	1,9 (9)	1,4 (16)
400	1,9 (1)	1,4 (19)
450	—	1,6 (5)
500	—	0,8 (1)



Kuva 10. Jäävän puuston runkoluvun vaikutus vaurioiden määrään.  
Fig. 10. Effect of the number of trees remaining on the number of damaged points.

Lähtökohdan ajouraleveyden vaikutuksen tarkastelulle antaa vaurioituneiden puiden sijainti, joka on aiemmin esitetty kuvissa 6 ja 7 (sivu 12). Kuvista nähdään, mille alueelle vauriot ovat keskittyneet, ja miten leveän uran tulisi olla, jotta vaurioilta vältyttäisiin. Maataloustraktorilla suurin vaurioluokka oli 150 cm uran keskipisteestä. Vaurioituneet puut olivat siis 3 metriä leveän uran reunapuita. Vielä 200 cm:n etäisyydellä uran keskipisteestä sijaitsi 14 % vaurioiden kokonaismäärästä. Metsätraktorilla puolestaan eniten vaurioita oli 175 cm etäisyydellä uran keskipisteestä, mutta vielä 200 cm:n etäisyydellä oli yli 30 % vaurioista. Täten 4 metriä leveän uran reunapuut ovat vielä varsin alttiita vaurioille.

Kun keskimääräinen uran leveys maataloustraktorilla korjatuissa leimikoissa oli 3,0 m ja metsätraktorilla korjatuissa 3,8 m, vaurioiden syntymistä on näillä uraleveyksillä lähes mahdotonta välttää. Vaikka maataloustraktori kokonsa puolesta on jää-

välle puustolle ystävällisempi kuin metsätraktori, on kapeita uria käyttämällä maataloustraktorilla aiheutettu paljon vaurioita. Lisäksi maataloustraktorin huonompi maastokelpoisuus ja ohjattavuus vaikuttavat vaurioita lisäävästi.

Ajourien etäisyyden sen sijaan ei voida katsoa aiheuttaneen eroja eri korjuukoneiden vauriomäärissä, sillä sekä maataloustraktorilla että metsätraktorilla korjatuissa leimikoissa ajourien keskimääräinen etäisyys oli 29,5 m.

Liittymien rakenne oli tutkimuksessa myös tärkeä vaurioitumiseen vaikuttava tekijä. Liittymissä sijaitsi maataloustraktorilla korjatuissa leimikoissa 7,2 % kaikista vaurioista ja yli 10 % runko- ja juurenniskavaurioista. Metsätraktorileimikoissa 10,5 % kaikista, 13,5 % runkovaurioista ja peräti 19,0 % juurenniskavaurioista sijaitsi liittymissä. Suunnittelemalla liittymät oikein voidaan vaurioita tuntuvasti vähentää.

## 6. KEINOJA VAURIOIDEN VÄHENTÄMISEKSI

### 61. Korjuun suunnittelu

Vaurioiden määrää voidaan tuntuvasti pienentää parantamalla puunkorjuun suunnittelua. Koneellistamisen edetessä työmaan suunnittelijat eivät aina ole pysyneet kehityksen tahdissa, vaan edelleenkin tunnutaan suunniteltavan uria hevosille. Kuitenkin metsätraktori jo kokonsa puolesta vaatii vähintään 3,5—4,0 m leveän uran hyvissäkin olosuhteissa ja yleensä tarvitaan 4,0—4,5 m:n ajouria. Maataloustraktorilla tunnutaan vaikeasti käytettävän liian kapeita ajouria. Vaikeissa olosuhteissa näyttää vielä 3,5 m leveällä ajouralla syntyvän huomattavasti vaurioita.

Teoreettisesti on laskettu, että pieni kuormatraktori tarvitsee 0,5 m korkean esteen ylitykseen n. 3,5 m leveän ajouran (H ä k a n s s o n 1977). Tämän vuoksi ajourien sijoittelussa maastoon olisi noudatettava entistä suurempaa harkintaa. Sivukaltevuuksia, kiviä, kuoppia ja heikosti kantavia maastokohtia olisi vältettävä. Hakattaessa puuta ajouralta puut pitäisi kaataa mahdollisimman lyhyeen kantoon, sillä kannot saavat aikaan helposti vaurioita aiheuttavaa heilahtelua.

Huomattava osa vaurioista sijaitsee liittymissä. Tutkituissa leimikoissa liittymät oli lähes aina tehty liian jyrkiksi ja ahtaiksi. Liittymissä syntyy lähes poikkeuksetta syviä vaurioita, joten liittymien suunnitteluun tulisi kiinnittää huomiota nykyistä enemmän.

Kiertolenkkien käyttöä korjuussa tulisi lisätä. Varsin usein ura loppuu kesken. Kun koneen on pakko poiketa uralta, vaurioriski on suuri.

Myös ajourien mutkaisuuteen tulisi kiinnittää huomiota. Ajourat tulisi suunnitella mahdollisimman suoriksi, mutta samalla pitäisi vaikeita maastokohtia välttää. Teoreettisesti laskien jyrkkä mutka vaatii n. 0,8—1,2 m lisää ajouran leveyttä (H ä k a n s s o n 1977).

Korjuun suunnittelun yhteydessä on muis-

tettava, että vaurioituminen harvoin johtuu yhdestä ainoasta seikasta, vaan vaurioituminen on useimmiten monen seikan yhteisvaikutusta. Tämä tekee korjuun suunnittelusta vaativan tehtävän, joka vaatii vankkaa näkemystä. Koneenkuljettajat luultavasti tietävät parhaiten, miten korjuu olisi toteutettava. Suunnittelutyössä ja suunnittelijoiden koulutuksessa tulisikin konemiesten asiantuntemusta käyttää hyväksi, sillä konemiehet ovat tutkimuksessa ilmaisseet halukkuutensa osallistua suunnittelutyöhön (K y t t ä l ä 1978).

### 62. Hakkuun suoritus

Hakkuun suoritus vaikuttaa olennaisesti harvennuksen onnistumiseen. Erityisen tärkeää on kasojen oikea sijoitus. Kasoja ei koskaan saisi asettaa kasvatettavia puita vasten tai juuriston päälle ilman hyviä aluspuita. Kasojen oikea sijoitus vaikuttaa paitsi vaurioita vähentävästi myös kuljetuksen tuotosta lisäävästi. Jos kasat sijoitetaan ajouralle tai liian lähelle sitä, koneen toiminta vaikeutuu. Jos taas kasat ovat palstalla kuormaimen tavoittamattomissa tai pahojen maastoesteiden takana, koneen on poikettava uralta, ja tällöin tuotos pienenee ja vaurioriski kasvaa.

Kasojen oikea sijoitus ja selkeä merkitseminen estää myös hakatun puutavaran jäämisen metsään. Puuta tuntuu inventoinnin perusteella jäävän metsään melko yleisesti, ja tämä aiheuttaa epäluottamusta metsänomistajien keskuudessa.

### 63. Korjuuajankohdan merkitys

Ajankohta on yksi tärkeimmistä korjuun onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä. Vielä nytkin korjataan puuta myös kuusikoissa ja heikosti kantavilla mailla kesäaikana. Suomaiden sekä heikosti kantavien hiesuja savimaiden harvennuspuun korjuu tulisi

ehdottomasti suorittaa talviaikana roudan ollessa maassa. Kesäaikainen puunkorjuu tulisi keskittää avohakkuihin ja harvennusten osalta kuiville mäntymaille. Mäntyvaltaistenkaan harvennusleimikoiden korjuu ei ole suotavaa nila-aikana, koska tällöin puu vaurioituu helposti.

Erityisen haitallista kesäaikainen korjuu on ikääntyneissä kuusikoissa, joiden juureniskat ovat laajat ja juuristo pinnanmyötäinen. Varttuneissa puissa myös vaurion aiheuttama arvon aleneminen on suuri, koska suuri osa rungosta on sahapuuta. Varttuneiden kuusikoiden harvennuksia tulee harakita sangen tarkasti ja kiinnittää erityistä huomiota korjuun suunnitteluun.

Keinona kesäaikaisen korjuun vaurioiden vähentämiseksi on pidetty havutusta, mutta nykyiset koneet ovat niin raskaita, että havu-

tuksen merkitys vaurioiden vähentäjänä on pieni (K ä r k k ä i n e n 1970). Kevyillä koneilla runsaasta havutuksesta on enemmän hyötyä.

#### 64. Muita seikkoja

Harvennuspuun korjuussa, jossa joudutaan kuljettamaan konetta ahtailla urilla ja kuormaamaan puuta jäävän puuston keskeltä, kuljettajan ammattitaito joutuu kovalle koetukselle. Erityisesti maaston vaikeutuessa kokenut kuljettaja pystyy hallitsemaan koneen paremmin maasto-olosuhteiden mukaan kuin kokematon kuljettaja (V a l o n e n 1979, B o s t r ö m 1978). Tämän vuoksi tulee harvennuspuun korjuussa käyttää vain kokenutta suunnittelu- ja korjuuväkeä, jotta tulos olisi paras mahdollinen.

### 7. METSÄNOMISTAJIEN MIELIPITEITÄ HARVENNUKSEN TOTEUTTAMISESTA

Samalla kun tutkimuksessa otettiin yhteyttä metsänomistajiin, tutkimusta täydennettiin selvittämällä kyselyn avulla metsänomistajien mielipiteitä suoritetusta puunkorjuusta. Kysymyksillä pyrittiin saamaan kuva kyseisen hakkuun onnistumisesta ja samalla kartoittamaan metsänomistajien suhtautumista harvennushakkuiden kehittämiseen. Seuraavassa katsauksessa esitetään metsänomistajien mielipiteitä eräistä harvennuksiin liittyvistä kysymyksistä.

Korjuujälkeä piti itse harvennuksen suorittaneista metsänomistajista noin puolet hyvänä ja puolet tyydyttävänä. Sen sijaan teollisuuden korjaamien leimikoiden omistajista 30 % näki korjuujäljen hyvänä, 60 % tyydyttävänä ja 10 % piti korjuujälkeä huonona.

Pyydettyäessä vertaamaan tämänkertaista jälkeä aiemmin suoritettuihin hakkuihin puolet korjuun itse suorittaneista omistajista piti tulosta aiempaa parempana ja puolet normaalina. Teollisuuden suorittaman korjuun näki 11 % omistajista aiempaa parempana, 56 % normaalina ja kolmannes aiempaa huonompana.

Itse leimikon korjanneista 60 % aikoi suorittaa korjuun vatedeskin itse, 25 % aikoi antaa korjuun teollisuuden hoitoon ja 15 % halusi metsänhoitoyhdistyksen hoita-

van korjuun. Vastaaajista, joiden leimikon teollisuus oli korjannut, 30 % aikoi seuraavalla kerralla korjata leimikkonsa itse, 60 % luotti edelleen teollisuuden korjuuseen ja 10 % halusi metsänhoitoyhdistyksen huolehtivan korjuusta.

Korjuun epäkohdista itse leimikkonsa korjanneet metsänomistajat pitivät pahimpana jäävän puuston vaurioitumista. Muina huolenaiheina olivat raiteiden muodostuminen ja liian leveät ja tiheässä olevat ajourat. Myös hakattujen puiden jääminen metsään huolestutti isäntiä. Teollisuuden korjaamista leimikoista mielipiteet olivat samansuuntaisia, mutta hakattujen puiden jääminen metsään koettiin vaikeampana ongelmana kuin metsänomistajien itse korjaamisessa leimikoissa. Onkin ymmärrettävää, että metsänomistajat ovat huolestuneita metsiin jäävistä kourakasoista, sillä pinomitalla tienvarressa mitattaessa kaikki metsään jäävä on isännän pussista pois. Ongelma on varsin ilmeinen, sillä inventoinnin yhteydessä havaittiin metsiin jääneen runsaasti valmiiksi hakattua puuta.

Kysyttäessä mielipiteitä korjuukaluston kehittämisestä metsänomistajat olivat varsin yksimielisiä. Monitoimikoneita ja nykyisen kaltaisia raskaita kuormatraktoreita ei haluta harvennusmetsiin. Sen sijaan maatalous-

traktorit ja mahdolliset uudet, nykyistä keveämmät koneratkaisut saivat metsänomistajien tuen taakseen.

Sopivaa ajouraleveyttä kysyttäessä olivat itse leimikkonsa korjanneet kapeampien urien kannalla kuin teollisuuden korjaamien leimikoiden omistajat. Ajouraleveydet 2,0—3,0 m ja 3,0—4,0 m saivat likipitään saman verran kannatusta. Teollisuudelle korjuun uskoneet hyväksyivät jonkin verran myös 4,0—5,0 m leveitä uria. Kuusikoissa haluttiin käyttää leveämpiä uria kuin männiköissä.

Suurin syy siihen, että osa metsänomistajista ei suorittanut korjuuta itse, oli työvoiman puute. Muita syitä olivat ajan puute, koneiden puute ja työstä saatavan hankintalisän pienuus.

Kysyttäessä suhtautumista kuusikoissa ja

heikosti kantavilla mailla suoritettaviin harvennuksiin, metsänomistajat olivat yksimielisesti roudan ja lumen aikana suoritettavan korjuun kannalla.

Eri vauriotyypeistä pidettiin juurivaurioita runkovaurioita pahempina. Vaurioiden syntyyn vaikuttavina tekijöinä pidettiin yleisimmin liian raskaita ja leveitä koneita. Myös väärää korjuuaikaa, liian kapeita ja mutkaisia uria, ahtaita liittymiä, väärin sijoitettuja kasoja ja kuljettajan huolimattomuutta isännät pitivät syynä vaurioihin.

Esitettäessä vaihtoehtoisena ratkaisuna leveät ajourat, jolloin vauriot vähenevät, tai kapeammat urat, jolloin tuottavaa pintalaa säästetään vaurioiden kustannuksella, sai leveiden urien vaihtoehto hieman enemmän kannatusta.

## 8. TULOSTEN TARKASTELUA

Tutkimuksessa todettu puuston vaurioituminen oli vähäisempää kuin on yleinen käsitys. *H a r s t e l a n* (1978) mukaan vaurioprosentti on harvennuksissa ollut 0,5—9,8 kasattaessa käsin. *H a n n e l i u k s e n* ja *L i l l a n d t i n* (1970) inventointitutkimuksessa oli talvityömaiden vaurioprosentin keskiarvo 1,5 eli samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa. Sen sijaan kesätyömailla vaurioprosentit olivat korkeat 7,0—7,8. *B o s t r ö m* (1978) on tutkimuksessaan saanut keskimääräiseksi vaurioprosentiksi harvennuspuun korjuussa 3,8. Käytettäessä liukupuomia ovat vaurioprosentit olleet korkeampia. Ruotsin valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä saatiin keskimääräiseksi vaurioprosentiksi 3,1 (*E r i k s s o n* 1981). *T a i p a l e e n* ja *T h e s s l u n d i n* (1979) tutkimuksessa vaurioprosentti oli 4,7—8,9 liukupuomia käytettäessä. Pientraktorilla käytettäessä vaurioprosentit ovat harvennuksessa olleet alhaisia. *T h e s s l u n d* (1978) sai Makeri-pientraktorille vaurioprosentiksi 0,4—1,0. *H a k k i l a* ja *W o j c i k* (1980) tutkivat Makeria Puolan tiheissä kasvatusmänni-

köissä, jolloin keskimääräinen vaurioprosentti oli 2,9.

Vaikka vaurioituminen tutkimuksen mukaan oli siedettävällä tasolla, voidaan vaurioitumista huomattavastikin vähentää luvussa 6 mainittuja toimenpiteitä tehostamalla.

Tutkimuksen mukaan maataloustraktori aiheutti keskimäärin enemmän vaurioita kuin metsätraktori. Tämä johtunee suurimmalta osin kapeista ajourista maataloustraktoripohjaisessa korjuussa. Mutta myös muut tekijät, leimikoiden huonompi suunnittelu ja korjaajien vähäinen kokemus maataloustraktoripohjaisessa korjuussa vaikuttavat vaurioprosenttia kohottavasti. Myös maataloustraktorin metsätraktoria huonompi maastokelpoisuus saattaa vaikuttaa vaurioita lisäävästi.

Vaikka tutkimuksen aineisto olikin verraten laaja, se ei kuitenkaan tuonut esiin kaikkia vaurioitumiseen vaikuttavia tekijöitä. Erityisesti maaston vaikutusta ei saatu riittävästi selvitettyä, koska aineiston leimikot keskittyivät hyviin maastoluokkiin.

## 9. SELOSTE

Tutkimuksessa verrattiin jäävän puuston vaurioitumista maataloustraktorilla ja metsätraktorilla suoritettussa harvennuspuun korjuussa. Aineisto käsitti yhteensä 88 ensiharvennusleimikkoa kolmelta eri alueelta Suomessa. Leimikoiden yhteispinta-ala oli 425 ha. Keskimääräinen vaurioprosentti kaikki leimikot mukaanlukien oli 1,8. Maataloustraktoreilla korjatuissa leimikoissa keskimääräinen vaurioprosentti oli 2,2 vaihtelun ollessa 0,1—8,5. Metsätraktoreilla korjatuissa leimikoissa keskimääräinen vaurioprosentti oli 1,5 vaihtelun ollessa 0,0—8,7. Vaurioiden määrä maataloustraktoreilla oli keskimäärin 14 puuta/ha ja metsätraktoreilla 10 puuta/ha.

Laadultaan vauriot jakautuivat maataloustraktoreilla ja metsätraktoreilla siten, että raapaisuja oli maataloustraktorin vaurioista 6,9 % ja metsätraktorin vaurioista 3,2 %. Pintavaurioita, joissa kuori on irronnut, mutta itse puuaines säilynyt vahingoittumattomana, maataloustraktorin vaurioista oli 39,3 % ja metsätraktorin vaurioista 34,6 %. Syviä vaurioita, joissa puuaines on vahingoittunut, oli maataloustraktoreilla 48,2 % ja metsätraktoreilla 51,8 % vaurioista. Katkojuurten osuus maataloustraktorilla oli 5,6 % ja metsätraktorilla 10,4 %.

Kokonsa puolesta vauriot keskittyivät pieniin 100—300 cm<sup>2</sup> kokoluokkiin. Suuria vaurioita oli metsätraktorilla maataloustraktoria enemmän. Kesäaikana syntyi keskimäärin suurempia vaurioita kuin muina vuodenaikoina.

Vauriot sijaitsivat puissa siten, että maataloustraktorin vaurioista kohdistui runkoon 52,5 %, juurenniskaan 6,5 % ja juuriin 41,0 %. Metsätraktoreilla runkovaurioita oli 55,0 % vaurioista, juurenniskan vaurioita 8,2 % ja juurivaurioita 36,8 %. Runkovaurioiden keskimääräinen etäisyys juurenniskasta oli maataloustraktoreilla 74,5 cm ja metsätraktoreilla 97,3 cm. Juurivaurioiden etäisyys juurenniskasta oli puolestaan maataloustraktorilla keskimäärin 73,2

cm ja metsätraktorilla 72,7 cm.

Maataloustraktoripohjaisessa korjuussa vauriopuut sijaitsivat lähempänä ajouran keskipistettä kuin metsätraktoripohjaisessa korjuussa. Suurin osa vauriopuista sijaitsi etäisyysluokissa 150 cm, 175 cm ja 200 cm ajouran keskipisteestä.

Vaurioitumisen syyt jaettiin 13 luokkaan. Juurivaurioiden ylivoimaisesti yleisin syy oli pehmeikkö, joka sekä maatalous- että metsätraktorilla kattoi yli 70 % juurivaurioista. Juurenniska- ja runkovaurioissa yleisin syy vaurioon oli ajouran kapeus. Myös urien mutkaisuus, ahtaat liittymät ja metsätraktoreilla kasojen väärä sijoitus aiheuttivat runsaasti vaurioita.

Vauriot keskittyivät muutamien kone-elimien osalle. Juurivauriot olivat lähes kokonaan pyörän tai telan aiheuttamia. Metsätraktoreilla myös kuormain aiheutti jonkin verran juurivaurioita. Runko- ja juurenniskavaurioiden suurin aiheuttaja oli pyörä, mutta myös pankko, traktorin runko ja kuormain aiheuttivat runsaasti vaurioita.

Leimikon koon kasvaessa vaurioprosentit pienenevät. Ajourien leveyden kasvu vaikutti myös vaurioprosenttia pienentävästi. Hehtaaria kohti hakatun puumäärän kasvaessa vaurioprosentti kasvoi. Jäävän puuston runkoluvun lisääntyessä vaurioprosentit pienenevät. Maaperän kantavuuden ollessa hyvä vaurioprosentit olivat pienempiä kuin heikosti kantavilla mailla. Korjaajan ja suunnittelijan kokemuksen lisääntyessä vaurioituminen väheni. Käyttämällä leveämpiä ja loivempia liittymiä vaurioprosentti pysyi alhaisempana. Kesäaikaisissa puunkorjuissa syntyi enemmän vaurioita kuin muina vuodenaikoina. Erytisen selvästi korjuuaika vaikutti juurivaurioiden syntymiseen.

Keinoina vaurioiden vähentämiseksi nähtiin tutkimuksessa parempi korjuun suunnittelu, hakkuun asianmukainen suoritus ja oikein valittu korjuuaika.

## KIRJALLISUUS

- BOSTRÖM, C. 1978. Skador i praktiskt utförde gallringar. Skogsarbeten. Preliminär sammanställning. s. 1—8.
- ERIKSSON, L. 1981. Stickvägarna i gallring bättre än sitt rykte? Skogen (4):44—45.
- HAKKILA, P. & LAIHO, O. 1967. Kuusen lahoaminen kirvesleimasta. Summary: On the decay caused by axe marks in Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 64(3):1—34.
- & WOJCIK, T. 1980. Thinning young pine stands with the Makeri tractor in Poland. Seloste: Makeri pientraktori nuoren männikön harvennuksessa Puolassa. Folia For. 433:1—29.
- HANNELIUS, S. & LILLANDT, M. 1970. Puuston vaurioituminen harvennusleimikoiden koneellisessa korjuussa. Summary: Damaging of stand in mechanized thinning. Helsingin yliopiston metsätieteologian laitos, tiedonantoja 4:1—32.
- HARSTELA, P. 1978. Harvennuspuun korjuumenetelmien kehittäminen. Metsä ja Puu (8):11—18.
- Harvennuspuun korjuun koneellistamistoimikunta. 1972. Harvennuspuun korjuu. Suomen itsenäisyyden juhlavuoden 1967 rahaston projekti. Helsinki.
- HÄKANSSON, S-G. 1977. Utrymmesbehov för skotare i gallring. Summary: Space requirements for forwarders in thinning. Rapp. Uppsats. Instn. Skogstek. Skogshögsk. 114:1—39.
- ISOMÄKI, A. 1972. Puun korjuun aiheuttamat vauriot harvennusmetsissä. Työtehoseuran metsätiedotus 194:1—2.
- KALLIO, T. 1978. Rötutveckling efter skador i gran. Esitelmä s. 1—5.
- KYTTÄLÄ, T. 1978. Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa. Summary: Aspects of work organizing in logging. Folia For. 361:1—37.
- KÄRKKÄINEN, M. 1970. Hakuutähteiden merkityksestä puuston vaurioitumisen ja raiteen muodostuksen kannalta harvennusmetsissä. Summary: On the significance of waste in thinnings as to scars and tracks. Silva Fenn. 4(2):155—171.
- 1971. Lahon leviäminen puunkorjuun aiheuttamista kuusen runko- ja juurivaurioista. Summary: Decay following logging injury in stems and roots of Norway spruce. Silva Fenn. 5(3):226—233.
- MENG, W. 1978. Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte. Ausmass und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 53:1—159.
- NILSSON, P.O. & HYPPEL, A. 1968. Studier över rötangrepp i särskador hos gran. Sveriges Skogsvförb. Tidskr. 8:675—713.
- TAIPALE, I. & THESSLUND, O. 1979. Liukupuomikuormaimen vaikutus metsäkuljetustuotokseen harvennusmetsäolosuhteissa. Summary: The effect of the slideboom loader on the forest haulage output in thinnings conditions. Metsätiet. 353:1—19.
- THESSLUND, O. 1978. Jäävän puuston vaurioituminen Makeri-pientraktoreille suoritetussa harvennuspuun lähikuljetuksessa. Metsähallitus, kehittämisjaosto Koesel. 125:1—6.
- VALONEN, P. 1979. Makeri pientraktori — tutkimustuloksia. Julkaisematon käsikirjoitus, Metsätutkimuslaitos.

## SUMMARY

Damage caused to trees during thinnings by farm tractors and forwarders was compared in this study. The material included 88 first-thinning stands in three different areas in Finland. The total area of the thinning stands was 425 ha.

The mean damage percentage for all the stands was 1.8. The average damage-% in stands thinned using farm tractors was 2,2, varying between 0,1 and 8,5. The average damage-% when forwarders were used was 1,5, varying between 0,0 and 8,7. The number of damaged trees was on the average 14 trees/ha for farm tractors and 10 trees/ha for forwarders.

As regards the severity of the damage, 6,9 % of the damage caused by farm tractors were scratches and 3,2 % by forwarders. 39,3 % of the damage caused by farm tractors was superficial damage in which the bark loosened but the underlying wood not damaged, the corresponding figure for forwarders being 34,6 %. 48,2 % of the damage caused by farm tractors was

more severe, involving damage to the underlying wood. The corresponding figure for forwarders was 51,8 %. The proportion of broken roots caused by farm tractors was 5,6 % and for forwarders 10,4 %.

Damage to trees in the 100—300 cm<sup>2</sup> size classes was the most extensive. Forwarders caused more extensive damage than tractors. Damage caused during summertime was more extensive than damage caused at other times of the year.

Damage to different parts of the trees was distributed as follows: farm tractors — stem damage 52,5 %, root-collar damage 6,5 % and root damage 41,0 %, forwarders — stem damage 55,0 %, root-collar damage 8,2 % and root damage 36,8 %. The average distance from the site of stem damage to the root-collar was 74,5 cm with farm tractors and 97,3 cm with forwarders. The corresponding distance in the case of root damage was 73,2 cm for farm tractors and 72,7 cm for forwarders.

The distance between each damaged tree and the middle point of the nearest strip road was measured. Trees damaged by farm tractors were nearer the strip roads than those damaged by forwarders. Most of the damaged trees were in the classes representing distances of 150, 175 and 200 cm from the middle point of the strip road.

The reason for the damage was divided into 13 classes. The most common reason for root damage was softish patches of ground, which accounted for over 70 % of the root damage caused by farm tractors and forwarders. The most common reason for stem and root-collar damage was manoeuvring on strip roads. Crookedness of the strip roads, narrow intersections and, in the case of forwarders, incorrect siting of bundles were also frequent reasons for damage.

Root damage was almost exclusively caused by wheels or tracks, and in the case of forwarders, also the loading device. The most common cause of stem

and root-collar damage was wheels, although trunk, tractor frame and loading device also caused a lot of damage.

It was found that the damage-% was smaller, the larger the size of the cutting area — the wider the strip road, the smaller the damage-% — the greater the number of trees cut, the greater the damage-% — the greater the number of trees left standing, the smaller the damage-% — the better the loadbearing capacity of the soil, the smaller the damage-% — the greater the experience of the logger and planner, the smaller the damage-% — the broader and less-sloping the intersections, the smaller the damage-%. More damage was also found to occur during the summer-time than at any other time of the year. The effect of logging time was particularly evident in the case of root damage.

The best ways of reducing damage would be better planning of logging, more skillfull bunching and correct logging time.



ODC 462:333  
ISBN 951-40-0522-8  
ISSN 0015-5543

SIREN, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. Folia For. 474:1—23.

Damage caused to trees during first thinnings by tractors and forwarders was compared in this study. The average damage % with all methods was 1,8. The factors found to have an effect to damage % were size of cutting area, strip road width, number of trees cut, number of trees remaining, soil type, expence of logger and planner, quality of intersections, logging time and type of logging machine. The best ways of reducing damage would be better planning of logging, more skillful felling and correct logging time.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 462:333  
ISBN 951-40-0522-8  
ISSN 0015-5543

SIREN, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. Folia For. 474:1—23.

Damage caused to trees during first thinnings by tractors and forwarders was compared in this study. The average damage % with all methods was 1,8. The factors found to have an effect to damage % were size of cutting area, strip road width, number of trees cut, number of trees remaining, soil type, expence of logger and planner, quality of intersections, logging time and type of logging machine. The best ways of reducing damage would be better planning of logging, more skillful felling and correct logging time.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

*Please, send me following publications (add numbers of the publications on the backside of the card).*

Nimi  
Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Osoite  
Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Metsäntutkimuslaitos  
Kirjasto/Library  
Unioninkatu 40 A  
SF-00170 Helsinki 17  
FINLAND





# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoelasema  
*Punkaharju Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koelasema  
*Ojajoki Experimental Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi 30, Finland  
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* c/o Joensuun korkeakoulu  
c/o Joensuu University  
PL 111  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoelasema  
*Ruotsinkylä Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 455 Salminen, Marja-Liisa: Kuormatraktorin kuljettajan kuormittumisen arviointi psykofysiologisilla menetelmillä.  
Evaluation of the strain on the forwarder driver with the help of some psychophysiological methods.
- No 456 Raitio, Hannu: Pääravinne-annoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla.  
Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog.
- No 457 Huttunen, Terho: Suomen piensahat 1980.  
Small sawmills in Finland, 1980.
- No 458 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Länsi-Uudenmaan rannikon mäntytukkien ominaisuudet eräällä sahalaistoksella.  
Properties of pine logs in a coastal sawmill in southern Finland.
- No 459 Kärkkäinen, Matti: Polttopuun rasiinkaadon ja muiden kuivausmenetelmien perusteet.  
Foundations of leaf-seasoning and other drying methods of fuelwood.
- No 460 Metsätalastollinen vuosikirja 1980.  
Yearbook of Forest Statistics, 1980.
- No 461 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun kylvökokeita Lapissa.  
Sowing experiments with *Betula pendula* in Finnish Lapland.
- No 462 Raulo, Jyrki & Rikala, Risto: Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla.  
Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site prepared in different ways.
- No 463 Hyppönen, Mikko: Eräiden metsikönkasvatusvaihtoehtojen edullisuus metsähallituksen Pohjois-Suomen metsissä.  
Profitability of some stand growing alternatives in the State forests of northern Finland.
- No 464 Harstela, Pertti & Piirainen, Kimmo: Esitutkimus PIKA 75 harvesterin automaatioasteen vaikutuksista tuotokseen, mittaustarkkuuteen ja kuljettajan kuormittumiseen.  
Output, accuracy of measuring and strain of the driver at three automation levels of PIKA 75 harvester. A pilot study.
- No 465 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1978—80.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1978—80.
- No 466 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Pitkän puutavaran esijuonto vinttureilla ja hevosella.  
Bunching of timber by winches and horse.
- No 467 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: KOPO palahakejärjestelmä.  
KOPO block chip system.
- No 468 Vuokila, Yrjö: Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen.  
The growth reaction of young pine stands to the first commercial thinning.
- No 469 Rummukainen, Ukko & Voipio, Pekka: Ahavan tuhot kuusentaimissa Suomenjoen taimitarhalla keväällä 1978.  
Winter wind damage on Norway spruce seedlings at Suomenjoki seedling nursery in spring 1978.
- No 470 Hallaksela, Anna-Maija & Nevalainen, Seppo: Juurikäävän torjunta urealla kuusenkannoissa.  
Control of root rot fungus (*Heterobasidion annosum*) by treating Norway spruce stumps with urea.
- No 471 Eeronheimo, Olli: Metsähakkeen hankinta ja käyttö metsäteollisuudessa. Tilanne keväällä 1980.  
Delivery and use of forest chips in forest industry. Situation in spring 1980.
- No 472 Nisula, Pentti: Herbisidilaitteilla varustettu raivaussaha voimajohtojen johtoaukeiden raivauksessa.  
Use of a clearing saw equipped with a herbicide device in the clearing of power grid lines.
- No 473 Saastamoinen, Olli & Sievänen, Tuija: Keravan ja Rovaniemen lähimetsien ulkoilukäytön ajallinen vaihtelu.  
Time patterns of recreation in urban forests in two Finnish towns.
- No 474 Sirén, Matti: Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa.  
Stand damage in thinning operations.
- No 475 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1980.  
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1980.
- No 476 Jalkanen, Risto: Harmaakariste männyllä. Kirjallisuuskatsaus.  
Lophodermella sulcigena on pines. A literature review.
- No 477 Veijalainen, Heikki: Hivenannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemaalla.  
Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil.
- No 478 Kellomäki, Seppo & Tuimala, Aili: Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä.  
Effect of stand density on branchiness of young Scots pines.
- No 479 Saramäki, Jussi & Valtanen, Eila: Toistuvan typpilannoituksen vaikutus nuoren metsikön rakenteeseen ja kehitykseen.  
The effect of repeated nitrogen fertilization on the structure and development of the young pine and spruce stands.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.  
*Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.*