

FOLIA FORESTALIA 645

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

MATTI SIRÉN

PUUSTON VAURIOITUMINEN KARSIMATTOMIEN PUIDEN JA PUUNOSIEN KORJUUSSA

STAND DAMAGE IN LOGGING OF UNDELIMBED TREES AND TREE PARTS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

| | | |
|---|---|------------------------|
| Ylijohtaja: <i>Director:</i> | Professori <i>Professor</i> | Aarne Nyssönen |
| Yleisinformaatio: <i>General information:</i> | Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i> | Olli Kiiskinen |
| Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i> | Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i> | Liisa Ikävalko-Ahvonon |
| Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i> | Toimittaja <i>Editor</i> | Tommi Salonen |

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 kymmenellä 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 ten 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 645

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Matti Sirén

PUUSTON VAURIOITUMINEN KARSIMATTOMIEN PUIDEN JA PUUNOSIEN KORJUUSSA

Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts

Approved on 13.12.1985

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1. JOHDANTO | 3 |
| 2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ | 4 |
| 3. TUTKIMUSLEIMIKOIDEN RAKENNE JA KORJUUSSA KÄYTETTY KALUSTO | 4 |
| 4. PUUSTON VAURIOITUMINEN | 6 |
| 41. Vauriopuiden määrä | 6 |
| 42. Vaurioiden sijainti ja laatu | 6 |
| 421. Sijainnin ja laadun merkitys | 6 |
| 422. Vaurioiden laatu | 7 |
| 423. Vaurioiden koko | 8 |
| 424. Vaurioiden sijainti | 8 |
| 43. Vauriopuiden sijainti | 8 |
| 44. Vaurioitumisen syyt | 10 |
| 45. Vaurioitumisen aiheuttajat | 11 |
| 5. ERI TEKIJÖIDEN VAIKUTUS VAURIOITUMISEEN | 12 |
| 51. Puuston vaikutus vaurioitumiseen | 12 |
| 52. Korjuun ajankohdan vaikutus vaurioitumiseen | 12 |
| 53. Maaston vaikutus vaurioitumiseen | 13 |
| 6. KEINOJA VAURIOIDEN VÄHENTÄMISEKSI | 13 |
| 61. Korjuun suunnittelu | 13 |
| 62. Korjuuajan valinta | 13 |
| 63. Ammattitaidon merkitys | 13 |
| 7. TULOSTEN TARKASTELUA | 14 |
| 8. YHTEENVETO | 15 |
| KIRJALLISUUS — REFERENCES | 16 |
| SUMMARY | 17 |

SIREN, M. 1986. Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Summary: Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts. *Folia For.* 645: 1—17.

Tutkimuksessa selvitetään puuston vaurioitumista karsimattomien puiden tai puunosien korjuussa. Tutkimuksessa inventoitiin 24 leimikkoa, joista 19 oli hake-tettu välivarastolla ja 5 palstalla. Leimikoiden yhteis-pinta-ala oli 74,4 ha.

Vaurioituneita puita oli keskimäärin 37,6 puuta/ha. Keskimääräinen vaurioprocentti oli 2,5 vaihtelun ollessa 0,3 — 16,0. Välivarastolla haketuissa leimikoissa vaurioprocentti oli keskimäärin 2,6, palstahaketuissa leimikoissa keskimäärin 2,0.

Erityisesti kesäaikana korjatuissa kuusikoissa vaurioriski on suuri. Vaurioita voidaan vähentää huolellisella leimikon suunnittelulla, valitsemalla korjuuaika oikein ja käyttämällä korjuussa ammattitaitoista ja vaurioiden merkityksen tiedostavaa työvoimaa.

Damage caused to trees in logging of undelimited trees or tree parts was investigated. 24 stands were studied, 19 of which were chipped at landing and 5 on the strip road. The total area of the stands was 74.4 ha.

The number of damaged trees was on the average 37.6 trees/ha. The average damage percentage was 2.5 varying between 0.3—16.0. The average damage percentage with landing chipping was 2.6, and with terrain chipping 2.0.

The risk of damage is especially high when thinning spruce stands in summertime. Damage can be reduced by careful planning of logging, choosing the right harvesting season and using skilled labour in thinnings.

ODC 461 + 308
ISBN 951-40-0726-3
ISSN 0015-5543

Helsinki 1986. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Harvennushakkuut korkeine kustannuksineen ovat yksi metsätaloutemme suurista ongelmista. Tällä hetkellä suuri osa metsänhoidollisesti tarpeellisista harvennuksista jää tekemättä, ja tulevaisuudessa harvennustarve kasvaa entisestään. Ensiharvennuksiin ei toistaiseksi ole löytynyt sekä kustannuksiltaan että korjuujäljeltään tyydyttävää koneellistamisratkaisua. Eräs vaihtoehto harvennuspuun korjuuseen on puun talteenotto karsimattomana, jolloin metsurin työ rajoittuu kaatoon, kasaukseen ja katkontaan.

Menetelmistä on monenlaisia koneellistamisasteeltaan erilaisia vaihtoehtoja. Suomessa käytetyissä menetelmissä ei kaatoa ole koneellistettu, vaikkakin kokeita koneellisesta kaadosta on tehty. Useimmissa kokeissa koneellinen kaato on tehty Makeri kaato-kasaukoneella. Vaikka kokeissa on saavutettu hyviä tuloksia, ei kone ole saavuttanut jalsijaa Suomessa. Sen sijaan Keski-Euroopan edullisemmissä leimikko-oloissa Makeri on käytössä laajemmaltikin.

Menetelmästä, jossa puun koko kanto-leikkauskohdan yläpuolinen osa korjataan karsimattomana ja katkomattomana, käytetään nimitystä kokopuumenetelmä. Osapuumenetelmässä puu puolestaan korjataan karsimattomina puun osina, joista palstalla voidaan käyttötarpeen mukaan valmistaa muita puutavaralajeja (Eräiden metsäteknologisten. . .1984). Tässä tutkimuksessa käytetään termiä kokopuumenetelmä, vaikka osalla tutkimusleimikoista karsimattomat puut katkottiin osiin ennen metsäkuljetusta tai haketusta.

Suurin syy kokopuumenetelmiin siirtymiseen ovat pieniläpimittaisen puutavaran korkeat korjuukustannukset. Kokopuu- ja tavaralajimenetelmien välillä on tehty paljon erilaisia kustannusvertailuja. Kokopuukorjuussa hakkuu rajoittuu kaatoon, kasaukseen ja toisinaan katkontaan, jolloin hakkuu on huomattavasti halvempaa kuin perinteisessä tavaralajimenetelmässä. Kustannuksia eri menetelmien välillä tasoittavat metsä- ja kaukokuljetus, jotka kokopuukorjuussa ovat kalliimpia kuin tavaralajimenetelmässä.

Tavaralajimenetelmässä varsin suuri osa puun biomassasta jää pieniläpimittaisilla puilla hyödyntämättä. Jos korjataan kuitupuun 2-metrinenä käyttäen minimiläpimittana 6 cm:ä, saadaan kuitupuuna talteen 10 cm:n läpimittaisella männyllä 60 % ja 15 cm:n läpimittaisella männyllä 71 % biomassasta. Loppu jää hukkarunkopuuna ja oksina metsään (Hakkila ym. 1978).

Kokopuukorjuussa saadaan puuraaka-aine tavaralajimenetelmää tarkemmin talteen. Kahalan (1984) tutkimuksessa talteen saatu raaka-ainemäärä lisääntyi ensiharvennuksissa 40—55 %, ja myöhemmän harvennuksen kuusikoissa raaka-ainelisäys oli 35 %. Ajansäästö manuaalisessa kokopuukorjuussa oli 40—50 % ensiharvennuksissa, myöhemmän harvennuksen kuusikoissa hieman enemmän verrattuna manuaaliseen tavaralajihakkuuseen. Kokonaiskustannuksia kokopuu- ja tavaralajimenetelmän välillä tasoitti tutkimuksen mukaan metsäkuljetus, joka kokopuumenetelmässä oli tavaralajimenetelmää kalliimpaa. Metsäkuljetuksen kokonaisajannekkii ensiharvennuskäynnissä oli 50—75 % suurempi kuin ajettaessa 5 m kuitupuuta. Kokonaiskustannukset kuutiometriä kohti laskettuna olivat kokopuukorjuussa 17—51 % pienemmät kuin tavaralajikorjuussa leimikkotyypistä ja korjuumenetelmästä riippuen.

Kahalan (1982) tutkimuksessa, jossa pienet, alle 13 cm:n puut korjattiin kokopuuna, suurempien puiden tyvet rankoina ja latvaosa oksineen, talteen saatu raaka-ainemäärä lisääntyi 33 %. Koko tämä määrä ei kuitenkaan tullut tehtaalle, sillä haketuksen jälkeen käyttöpaikalla saadun lisäraaka-aineen määrä oli 25 %. Lisäraaka-aineen hävikki korjuun eri vaiheissa oli 24 %.

Puuraaka-aineen tarkempaan talteenottoon liittyy myös huonoja puolia. Metsästä kulkeutuu pois ravinteita, jotka tavaralajimenetelmässä jäävät metsämaan ravinnekiertoon. Tietyillä metsätyypeillä tällä saattaa olla vaikutuksensa metsikön ravinnetilanteeseen pitkällä aikavälillä.

Myös kokopuukorjuun aiheuttamista kor-

juuvaurioista on kannettu huolta, koska korjuuseen liittyy vaurioriskiä lisääviä tekijöitä. Pitkiä puita tai puunosa joudutaan siirtämään karsimattomina jäävän puuston keskelelle, ja vaurioriski lisääntyy puutavaran pituuden kasvaessa. Ajourilta puuttuu hakkuutähtöiden antama suoja. Juurivaurioriskiä ja raiteenmuodostusta lisäävä tekijä on hakkuutähtöiden puuttumisen lisäksi korjuun keskittymisen lumettomaan aikaan, koska talvella pienten puiden kaato on kallista ja puitten löytäminen lumesta hankalaa.

Vaikka vaurioitumista kokopuukorjuussa onkin menetelmäkokeissa tutkittu, katsottiin aiheelliseksi järjestää aineistoltaan laajempi vaurioinventointi. Tämä senkin vuoksi, että kokopuukorjuu on yleistymässä myös Suomessa. Ruotsissahan kokopuukorjuu on yleistynyt nopeasti. Brunbergin ja Alexandersso-

nin (1984) mukaan Ruotsissa korjattiin karsimattomana 5,2 % harvennuspuusta vuonna 1982. Vuonna 1985 arvioitu osuus harvennuspuun korjuusta on jo 15,4 % ja vuonna 1990 25,9 %.

Tutkimusaineisto kerättiin Imatran, Äänekosken ja Kemian ympäristöissä. Aineiston keruun suorittivat kirjoittaja ja metsänhoitaja Antti Maukonen. Apua leimikoiden paikallistamisessa ja taustatietojen antamisessa antoivat lukuisat Enso-Gutzeit Oy:n, Metsäliitto-Yhtymän ja Veitsiluoto Oy:n metsäammattimiehet. Erityisesti haluan kiittää metsäteknikko Jukka Huovista Enso-Gutzeit Oy:stä, kehittämisspäällikkö Kalevi Mikkosta Metsäliitto-Yhtymästä ja kehittämisspäällikkö Kauko Parviaista Veitsiluoto Oy:stä.

Englanninkielen tarkastuksesta huolehti rouva Elva Nurmi ja konekirjoituksesta rouva Aune Rytkönen. Käsikirjoituksen ovat lukeneet ja arvokkaita neuvoja antaneet prof. Pentti Hakkila ja tutkimusaseman johtaja, MMT Pertti Harstela. Kaikille edellä mainituille esitän lämpimät kiitokseni.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

Tutkimusaineisto kerättiin kesällä 1983. Tutkimuksessa inventoitiin 24 leimikkoa, joista 12 sijaitsi Osuuskunta Metsäliiton työmailla Äänekosken ympäristössä, 3 Veitsiluoto Oyn työmailla Kemian lähetyksillä ja 9 Enso-Gutzeit Oy:n työmailla Kaakkois-Suomessa.

Leimikoiden yhteispinta-ala oli 74,4 ha. Yleistiedot leimikoista saatiin leimikot korjanneelta yhtiöltä. Näitä tietoja olivat pinta-ala, puumäärä ennen korjuuta ja hakettu puumäärä. Jäljellä olevan puuston kuutiomäärä, koko ja runkoluku mitattiin relaskooppikoealoilta. Tässä yhteydessä selvitettiin myös puulajijakaumat sekä oksaisuutta koskevat tiedot. Maaston osalta arvioitiin ajon maastoluokka, maalaji, kivisyys, kaltevuus ja upottavuus korjuuajana. Myös metsä-

tyyppi määritettiin.

Tiedot hakkuutavasta, korjuukoneista, koneiden varusteista, kuljettajista sekä korjuuajasta ja -olosuhteista saatiin haastattelemalla korjuusta vastannutta henkilöä. Myös tiedot leimikon suunnittelijasta ja hänen kokemuksestaan saatiin korjuun vastuuhenkilöltä. Leimikon ajourien suunnittelun arvioi inventoija.

Vauriot inventoitiin liikkumalla leimikko läpi ajouria pitkin. Jokaisesta vauriosta kirjattiin vaurion laatu, koko ja sijainti. Vauriopuun sijainti mitattiin etäisyytenä ajouran keskipisteestä. Todennäköisin vaurion syy ja aiheuttaja määritettiin. Ajourista mitattiin leveys, uraväli, raiteiden syvyys ja raideleveys.

3. TUTKIMUSLEIMIKOIDEN RAKENNE JA KORJUUSSA KÄYTETTY KALUSTO

Tutkimusleimikoista 19 oli hakettu väli-varastolla ja 5 palstalla. Väli-varastolla hakettu leimikot jakautuivat kolmelle puunhankkijalle, ja eri alueiden leimikot erosivat melkoisesti toisistaan erityisesti puulajijakauman suhteen. Tutkimusleimikoiden keskimääräinen rakenne on esitelty taulukossa 1.

Väli-varastolla hakettuista leimikoista 84 % oli korjattu kesäaikana ja 16 % talvella. Talvileimikot olivat kaikki kuusikoita. Korjuukoneena oli 84 %:lla leimikoista keskikokoinen ja lopuilla suuri metsätraktori. Koneista 68 %:ssa oli pitkäulotteinen kuormain. Noin puolet leimikoista oli korjattu kourasa-

haa hyväksi käyttäen. Yleensä kasaustapa oli vyöhykekasaus. Esijuontokonetta oli käytetty 11 %:lla leimikoista. Metsuri oli useimmiten suorittanut poistettavien puiden valinnan. Yleisin mittausmenetelmä oli pystymitta. Välivarastohaketusleimikot keskittyivät helppoihin maastoihin. 58 % leimikoista kuului ensimmäiseen ja loput toiseen maastoluokkaan. Metsätyyppi oli 10 %:ssa leimikoista OMT, 37 %:ssa MT ja 53 %:ssa VT. Leimikot sijaitsivat yleensä hiekka- tai moreenimailla.

Palstahaketusleimikot oli kaikki korjattu kesäaikana. Korjuukoneena oli neljässä ta-

pauksessa suuri metsätraktori, jossa oli 7,5 m:n kuormain. Näillä neljällä leimikolla esijuonto tapahtui maataloustraktorilla. Yksi tutkimusleimikko oli korjattu keskikokoisella metsätraktorilla, jossa oli pitkäulotteinen kuormain. Palstahaketusleimikoilta poistettavien puiden valinnan suoritti metsuri. Mittausmenetelmänä kaikilla palstahaketusleimikoilla oli pystymitta. Kolme leimikkoa kuului ensimmäiseen maastoluokkaan, ja maastoluokkiin kaksi ja kolme kuului kumpaankin yksi leimikko. Neljä leimikkoa oli metsätyypiltään puolukkatyyppiä. Leimikot sijaitsivat hyvin kantavilla mailla.

Taulukko 1. Yleistietoja tutkimusleimikoista.
Table 1. General information about the studied stands.

| | Välivarastohaketus <i>Landing chipping</i> | Palstahaketus <i>Terrain chipping</i> | Kaikki <i>Total</i> |
|---|---|--|------------------------|
| Leimikoita <i>Number of stands</i> | 19 | 5 | 24 |
| Pinta-ala, ha keskimäärin <i>Average area of stands, ha</i> | 3,3 | 2,6 | 3,1 |
| Puuta ennen haketusta, m ³ /ha <i>Growing stock before cutting, m³/ha</i> | 156,3 | 146,2 | 154,5 |
| Hakattu, m ³ /ha (kokopuuta) <i>Removal (whole trees), m³/ha</i> | 52,5 | 42,4 | 50,8 |
| Puulajisuhteet, % <i>Proportion of tree species, %</i> | | | |
| mänty <i>pine</i> | 40,4 | 98,0 | 49,7 |
| kuusi <i>spruce</i> | 46,7 | 2,0 | 39,5 |
| koivu <i>birch</i> | 12,9 | — | 10,8 |
| Jäävä puusto, kpl/ha <i>Number of trees remaining/ha</i> | 1524 | 1306 | 1487 |
| Jäävien puiden keskikoko, dm ³ <i>Average size of remaining trees, dm³</i> | 85,4 | 85,0 | 85,3 |
| Ajouraleveys, m <i>Strip road width, m</i> | 3,69 | 3,72 | 3,70 |
| Ajouraväli, m <i>Strip road distance, m</i> | 27,4 | 28,0 | 27,5 |

4. PUUSTON VAURIOITUMINEN

41. Vaurioiden määrä

Vaurioiden määrä laskettiin vaurioituneiden puiden lukumääränä hehtaarilla ja niiden prosenttiosuutena jäävän puuston runkoluvusta. Leimikot luokiteltiin männiköiksi tai kuusikoiksi, jos pääpuulajin osuus oli yli 70 % kuutiomäärästä. Vaurioiden määrä on esitetty seuraavassa asetelmassa.

| Korjuumenetelmä | Keskiarvo | Vaihteluväli |
|--------------------|---------------------|--------------|
| | vauriopuita, kpl/ha | |
| Välivarastohaketus | 39,9 | 7,8—154,4 |
| Palstahaketus | 26,7 | 15,0— 50,0 |
| Kaikki | 37,6 | 7,8—154,4 |
| | vauriopuita, % | |
| Välivarastohaketus | 2,6 | 0,3— 16,0 |
| Palstahaketus | 2,0 | 0,9— 3,8 |
| Kaikki | 2,5 | 0,3— 16,0 |

Palstalla haketetut leimikot olivat kaikki männiköitä, kun taas välivarastolla haketuissa leimikoissa kuusen osuus kuutiomäärästä oli lähes puolet ja koivunkin osuus lähes 13 %.

Puulajin ja korjuuajan vaikutusta vaurioitumiseen kuvaa taulukko 2, jossa on esitetty vaurioprosentit puulajeittain eri vuodenaikoina. Huomiota kiinnittää kuusen vaurioherkkyys kesäaikaisessa korjuussa. Keskimääräinen vaurioprosentti oli talvella korjatuissa kuusikoissa 3,4, mutta kesällä korjatuissa 7,2. Kesäaikana kuusikko saattaa vau-

rioitua pahoin. Tätä osoittaa aineiston korkein vaurioprosentti, joka oli peräti 16,0. Kuusikoiden vaurioherkkyys kesäaikana joutuu osittain juuristoa suojaavan havutuksen puuttumisesta, mutta myös pitkän puutavaran siirtely aiheuttaa helposti vaurioita erityisesti nila-aikana.

42. Vaurioiden sijainti ja laatu

421. Sijainnin ja laadun merkitys

Vaurioituminen aiheuttaa monenlaisia seurausvaikutuksia, jotka riippuvat vaurion laadusta, sijainnista ja koosta. Seurausvaikutukset riippuvat enemmän vaurion syvyydestä kuin pinta-alasta (Nilsson ja Hyppel 1968). Jos haavauman pinta-ala on kuitenkin suuri, vie sen kylestyminen paljon aikaa.

Vauriot on tässä tutkimuksessa luokiteltu pinta-alan, syvyyden ja kohteen perusteella. Kohteensa puolesta erotetaan runko-, juureniska- ja juurivauriot.

Männyllä vaurio johtaa vain harvoin lahovikaan. Kuusella ja koivulla vauriot sen sijaan ovat erityisen vaarallisia. Esimerkiksi kirvesleimasta, joka vastaa pinta-alaltaan suhteellisen pientä syvävauriota, kuusi saa lahon miltei poikkeuksetta (Hakkila ja Laiho 1967). Erityisesti kesäaikana leimatut puut ovat herkkiä laholle. Runkovaurioissa tärkeä tekijä on vaurion syvyys. Kärkkäisen (1971)

Taulukko 2. Vaurioprosentit puulajeittain eri vuodenaikoina.
Table 2. Damage percentages by tree species in different seasons.

| Korjuu-aika Logging season | Vaurioprosentti Damage-% | | | Juurivaurioprosentti Root damage-% | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | Männikkö Pine stand | Kuusikko Spruce stand | Sekapuusto Mixed stand | Männikkö Pine stand | Kuusikko Spruce stand | Sekapuusto Mixed stand |
| Kesä Summer | 1,9 | 7,2 | 3,5 | 0,4 | 4,6 | 1,2 |
| Talvi Winter | — | 3,5 | — | — | 0,8 | — |

mukaan laho etenee syvästä vauriosta varsin nopeasti.

Myös juurivaurioiden on todettu aiheuttavan helposti lahoa. Vielä 150 cm:n etäisyydellä juurenniskasta ovat juurivauriot aiheuttavat yleensä nopeammin etenevän lahon kuin runkovauriot (Harvennukspuun . . . 1972). Laho voi kuudessa edetä jopa 80 cm vuodessa (Kallio 1978). Seurausvaikutukset riippuvat oleellisesti vaurioituneen juuren läpimitasta. Alle 2 cm:n läpimitaiset juuret aiheuttavat vaurioituessaan vain värivikaa (Nilsson ja Hyppel 1968, Isomäki 1972).

Juurivauriot aiheuttavat lahovikojen lisäksi kasvutappioita, jotka voivat olla varsin merkittäviä. Fries (1976) päätyi tutkimuksissaan 2,3 . . . 6,7 m³:n kasvutappioihin hehtaarilta korjuuta seuranneen viisivuotiskauden aikana, mutta tuloksia on kritisoitu (Kardell 1978, Kärkkäinen 1978). Juurivauriot voivat kuitenkin aiheuttaa sen, että ajouran aukaisusta johtuva reunavaikutus, joka nimenomaan kuusikossa ilmenee ajouran reunapuiden kohonneena kasvuna (Isomäki 1985), jää hyödyntämättä.

422. Vaurioiden laatu

Pintavaurioiksi luokiteltiin tutkimuksessa vauriot, joissa kuori on vahingoittunut mutta itse puuaines säilynyt vahingoittumattomana. Tyypillinen pintavaurio on esitetty kuvassa 1.

Syvävaurioissa myös itse puuaines on vahingoittunut. Syvävauriot ovat erittäin haitallisia puun kehitykselle. Esimerkki syvävauriosta on kuvassa 2.

Katkovaurioissa joko juuri tai runko on vaurioitumisen seurauksena katkennut.

Vaurioiden jakautuminen eri luokkiin on esitetty seuraavassa asetelmassa. Vertailun vuoksi asetelmassa on metsätraktorin aiheuttamien vaurioiden jakautuminen perinteisessä tavaralajimenetelmässä (Sirén 1981). Tavaralajimenetelmässä näyttää syvävaurioiden osuus olevan suhteellisesti suurempi.

| | Pinta- vaurio | Syvä- vaurio | Katko- vaurio Jakauma, % | Yhteensä |
|---------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|----------|
| Välivarastohaketus | 54,9 | 32,1 | 13,0 | 100,0 |
| Palstahaketus | 56,1 | 34,8 | 9,1 | 100,0 |
| Tavaralajimenetelmä | 37,8 | 51,8 | 10,4 | 100,0 |



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



Kuva 2. Tyypillinen syvävaurio. Myös puuainees vahingoittunut.
Fig. 2. Typical deep damage. Wood also damaged.

423. Vaurioiden koko

Runko- ja juurenniskavaurioiden koko mitattiin cm²:nä ja juurivaurioiden koko juuren läpimittana vauriokohdassa. Vaurioiden koko on esitetty runko- ja juurenniskavaurioiden osalta taulukossa 3 ja juurivaurioiden osalta taulukossa 4. Lähes 90 % vaurioista oli pinta-alaltaan alle 300 cm². Vastaava osuus oli tavaralajimenetelmässä 76,5 % vaurioista (Sirén 1981).

Juurivaurioita oli syntynyt runsaasti myös paksumpiin juuriin. Vauriokohdassa yli 7 cm:n juuri oli aineistossa 14,9 %, kun vastaava luku tavaralajimenetelmässä metsätraktorilla oli 6,9 % (Sirén 1981). Havutuksen puuttuminen näkyy siis myös juurivaurioiden koossa.

424. Vaurioiden sijainti

Korjuussa syntyneistä vaurioista kohdistui runkoon 57,5 %, juurenniskaan 2,0 % ja juuristoon 40,5 %. Välivarastolla haketuissa leimikoissa runkovaurioita oli 58,4 %, juurenniskavaurioita 2,1 % ja juurivaurioita

39,5 % vaurioista. Palstahaketuksessa runkovaurioiden osuus vaurioista oli 50,7 %, juurenniskavaurioiden 1,1 % ja juurivaurioiden 48,2 %. Luvut ovat varsin samansuuntaisia kuin Sirénin (1981) inventoinnissa metsätraktorilla korjatuissa tavaralajileimikoissa.

Vaurioiden etäisyys juurenniskasta on esitetty kuvassa 3. Runkovaurioista 72,2 % sijaitsi alle 2 metrin korkeudella juurenniskasta. Vaurioita oli syntynyt kuitenkin myös melko korkealle runkoon, sillä 1,2 % vaurioista oli yli 5 metrin korkeudella rungossa. Juurivauriot keskittyivät alle 1 metrin etäisyydelle juurenniskasta.

43. Vaurioiden sijainti

Vaurioiden sijainti mitattiin etäisyytenä ajouran keskipisteestä ja on esitetty kuvassa 4. Jos raiteet näkyivät, ajouran keskipisteestä pidettiin raiteiden puoliväliä.

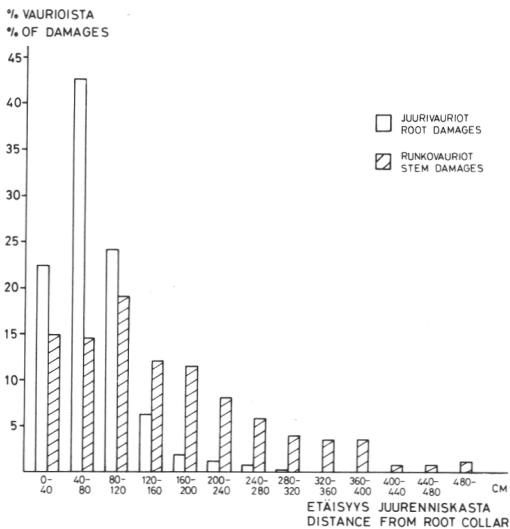
Juuristoon ja juurenniskaan vaurioituneet puut keskittyivät uran läheisyyteen, mutta runkovaurioita oli myös kauempana urasta.

Taulukko 3. Runko- ja juurenniskavaurioiden jakautuminen eri kokoluokkiin.
 Table 3. Distribution of stem and root collar damage in different size classes.

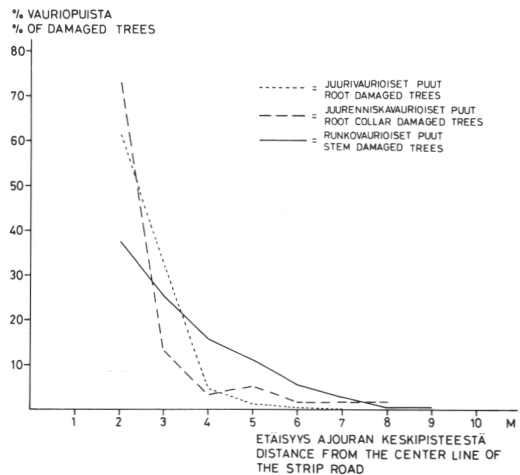
| Kokoluokka, cm ² Size class, cm ² | Pintavaurio Superficial damage | Syvävaurio Deep damage | Katkovaurio Breakage | Yhteensä All |
|--|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| Osuus, % — Proportion, % | | | | |
| 100 | 84,7 | 38,6 | 91,9 | 73,7 |
| 200 | 8,2 | 18,9 | 2,7 | 10,7 |
| 300 | 2,8 | 9,1 | 0,0 | 4,3 |
| 400 | 1,9 | 7,3 | 2,7 | 3,3 |
| 600 | 1,4 | 9,8 | 2,7 | 3,4 |
| 800 | 0,5 | 5,6 | 0,0 | 1,7 |
| 1000 | 0,3 | 3,7 | 0,0 | 1,1 |
| 1000+ | 0,2 | 7,0 | 0,0 | 1,8 |
| Yhteensä Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Taulukko 4. Juurivaurioiden jakautuminen eri kokoluokkiin.
 Table 4. Distribution of root damage in different size classes.

| Vaurioituneen juuren läpimitta, cm Diameter of damaged root, cm | Pintavaurio Superficial damage | Syvävaurio Deep damage | Katkovaurio Breakage | Yhteensä All |
|--|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| Osuus, % — Proportion, % | | | | |
| 1 | 2,1 | 0,4 | 3,9 | 1,8 |
| 3 | 53,0 | 25,9 | 50,7 | 40,3 |
| 5 | 28,7 | 28,8 | 29,8 | 29,1 |
| 7 | 7,5 | 20,8 | 9,3 | 13,9 |
| 9 | 4,8 | 8,8 | 2,7 | 6,0 |
| 9+ | 3,9 | 15,3 | 3,6 | 8,9 |
| Yhteensä Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |



Kuva 3. Runko- ja juurivaurioiden etäisyys juurenniskasta.
 Fig. 3. Distance of stem and root damage from root collar.



Kuva 4. Vauriopuiden etäisyys ajouran keskipisteestä.
 Fig. 4. Distance of damaged trees from the center line of the strip road.

Juurivaurioituneista puista 93,3 % sijaitsi alle 300 cm etäisyydellä uran keskipisteestä. Juurenniskaan vaurioituneilla puilla vastaava osuus oli 86,6. Yli 5 m:n etäisyydellä sijaitsi 21,5 % runkovaurioituneista puista. Vaurioituminen näinkin kaukana urasta selittyy paljolti pitkän puutavaran korjuulla ja pitkäulotteisten kuormainten käytöllä. Tavaralajimenetelmässä syntyneisiin vaurioihin verrattuna kokopuukorjuun aiheuttamat runkovauriot sijaitsivat huomattavan laajalla alueella. Ainoastaan 0,2 % tavaralajimenetelmässä runkovaurioituneista puista sijaitsi Sirénin (1981) inventoinnissa yli 5 m:n etäisyydellä uran keskipisteestä.

44. Vaurioitumisen syyt

Koska vauriot inventoitiin korjuun jälkeen, ei vaurioitumisen syytä pystytä täysin varmasti määrittämään. Kussakin tapaukses-

sa pyrittiin kuitenkin määrittämään todennäköisin syy. Useimmiten vaurio johtuu monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Esimerkki vaarallisesta yhdistelmästä on yhtäaikainen uran kapeus sekä kaltevuus tai kivi. Oletetut vaurioitumisen syyt jaettiin 11 luokkaan, joiden osuudet runko-, juurenniska- ja juurivaurioista on esitetty taulukossa 5.

Kesäkorjuussa juuristo on alttiina vaurioille, vaikka korjuu keskittyykin maapohjaltaan kantaviin leimikoihin. Muu syy on merkitty yleisimmäksi syyksi juuristovaurioihin. Useimmiten tässä tapauksessa on kyse voimakkaasti pinnanmyötäisestä juuristosta, jonka vaurioitumista on ollut vaikea välttää. Maaston huono kantavuus, kaltevuus ja ajouran kapeus ovat varsin usein synnä juurivaurioihin.

Juurenniskan vaurioihin ovat suurimpana synnä ajouran kapeus, mutkat, liittymät ja maaston huono kantavuus. Myös kasojen sijoittaminen liian lähelle kasvatettavia puita on aiheutanut juurenniskavaurioita.

Taulukko 5. Vaurioitumisen syy.
Table 5. Reason for damage.

| Vaurioitumisen syy Reason for damage | Juuri Root | Vaurion kohde — <i>Damage point</i> | | Kaikki All |
|---|---------------|---|---------------|---------------|
| | | Juurenniska Root collar Jakauma % — <i>Distribution %</i> | Runko Stem | |
| 1. Kivi <i>Stone</i> | 10,4 | 8,3 | 4,7 | 7,0 |
| 2. Kanto <i>Stump</i> | 1,5 | 5,0 | 0,7 | 1,1 |
| 3. Kaltevuus <i>Slope</i> | 9,8 | 8,3 | 15,3 | 12,9 |
| 4. Maaston huono kantavuus <i>Softish ground</i> | 13,4 | 0,0 | 0,6 | 5,8 |
| 5. Ajouran kapeus <i>Narrow strip road</i> | 6,9 | 26,7 | 6,3 | 7,0 |
| 6. Mutka <i>Curve</i> | 3,5 | 16,7 | 7,0 | 5,8 |
| 7. Liittymä <i>Intersection</i> | 5,5 | 10,0 | 7,0 | 6,4 |
| 8. Poikkeaminen uralta <i>Turning off strip road</i> | 1,6 | 5,0 | 1,6 | 1,7 |
| 9. Huolimattomuus <i>Carelessness</i> | 0,1 | 6,7 | 49,3 | 28,5 |
| 10. Väärä kasan sijainti <i>Wrong place for bundle</i> | 1,5 | 13,3 | 6,5 | 4,6 |
| 11. Muu syy <i>Other reason</i> | 45,8 | 0,0 | 1,0 | 19,2 |
| Yhteensä <i>All</i> | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Runkovaurioiden pääasialliseksi syyksi on merkitty huolimattomuus, mitä voidaan kuitenkin tulkita usealla tavalla. Yhtä hyvin syyksi voitaisiin esittää pitkän puutavaran käsittelyn vaikeus. Huolimattomuus on kuitenkin merkitty syyksi silloin, kun leimikkolosuhteet eivät selitä vaurioitumista. Kaltevuus ja ajouran kapeus ovat myös aiheuttaneet runsaasti runkovaurioita.

Aiempaan tavaralajimenetelmän vaurioinventointiin verrattuna (Sirén 1981) kokopuukorjuussa korostuu kaltevuuden vaikutus vaurioitumiseen. Kuormattaessa pitkää puutavaraa kaltevassa maastossa kuljettajan ammattitaito joutuu kovalle koetukselle. Kokemattomalla kuljettajalla vaurioriski on tällöin suuri.

45. Vaurioitumisen aiheuttajat

Inventoinnissa erotettiin 9 tekijää, joiden katsottiin olevan mahdollisia vaurion aiheut-

tajia. Vauriot keskittyivät muutaman tekijän osalle, kuten taulukosta 6 ilmenee.

Juuri- ja juurenniskavauriot ovat pääosin pyörän tai telan aiheuttamia. Myös kuormain oli vaurioittanut jonkin verran juurenniskoja kasojen väärän sijoittelun vuoksi. Runkovaurion aiheuttaja oli useimmiten kuormain tai kuormattava puu. Myös pyörä tai tela olivat usein aiheuttaneet runkovaurion. Välivarastolla ja palstalla hakettujen leimikoiden välillä ei ollut merkittäviä eroja vaurioita aiheuttaneissa tekijöissä.

Sirénin (1981) tavaralajimenetelmää koskeneeseen vaurioinventointiin verrattuna kokopuumenetelmässä korostuu kuormaimen ja kuormattavan puun vaikutus vaurion aiheuttajana. Tämä osoittaa pitkän puutavaran käsittelyn vaikeutta usein ahtaissa harvennusolosuhteissa.

Taulukko 6. Vaurioitumisen aiheuttaja.
Table 6. Cause of damage.

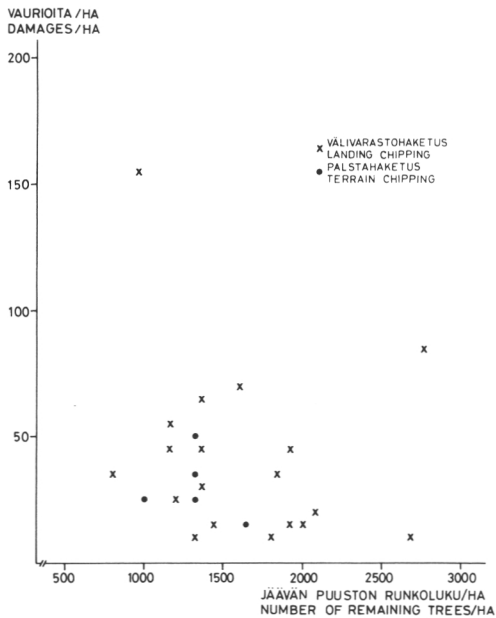
| Vaurioitumisen aiheuttaja Cause of damage | Juuri Root | Vaurion kohde — Damage point | | Kaikki All |
|---|---------------|--|---------------|---------------|
| | | Juurenniska Root collar Jakauma % — Distribution % | Runko Stem | |
| 1. Ei tiedossa <i>Unknown</i> | 0,1 | 0,0 | 1,0 | 0,6 |
| 2. Pyörä tai tela <i>Wheel or track</i> | 97,8 | 83,3 | 17,6 | 51,5 |
| 3. Runko <i>Frame</i> | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 3,5 |
| 4. Pankko <i>Bunk</i> | 0,0 | 0,0 | 11,3 | 6,5 |
| 5. Kuormain <i>Boom loader</i> | 2,0 | 16,7 | 37,6 | 22,8 |
| 6. Vinssi <i>Winch</i> | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 |
| 7. Kuormattava puu <i>Tree under loading</i> | 0,1 | 0,0 | 25,3 | 14,5 |
| 8. Hakkuutyö <i>Cutting</i> | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,5 |
| Yhteensä <i>All</i> | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

5. ERI TEKIJÖIDEN VAIKUTUS VAURIOITUMISEEN

51. Puuston vaikutus vaurioitumiseen

Puulajilla on varsin huomattava vaikutus vaurioitumiseen. Kuusikot vaurioituvat pinnanmyötäisen juuristonsa ja yleensä heikosti kantavan maaperänsä johdosta männiköitä herkemmin. Tämä näkyy erityisesti juurivaurioiden runsautena. Juurivaurioherkkyyttä lisää hakkuutähteiden suojaavan vaikutuksen puuttuminen. Männiköissä vauriomäärät ovat varsin kohtuullisia kesäaikaanakin. Tämä johtuu paremmasta kantavuudesta ja syvemmällä sijaitsevasta juuristosta.

Jäävän puuston määrällä ei todettu olevan selvää vaikutusta vaurioitumiseen. Vaurio-prosentti, joka on suhteellinen luku, pienenee jäävän puuston runkoluvun lisääntyessä (kuvat 5 ja 6).

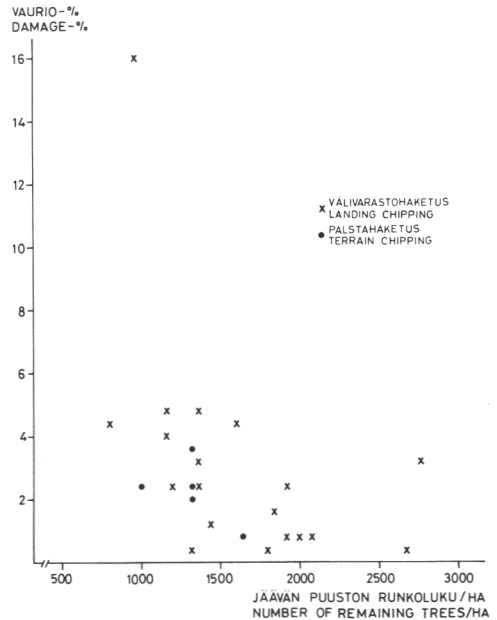


Kuva 5. Jäävän puuston runkoluvun vaikutus vaurioiden määrään.

Fig. 5. Effect of the number of trees remaining on the number of damaged trees.

52. Korjuun ajankohdan vaikutus vaurioitumiseen

Korjuun ajankohta vaikuttaa selvästi puuston vaurioherkkyyteen. Korjuuajan merkitys korostuu korjattaessa puut karsimattomina, kun hakkuutähteiden juuristolle antama suoja puuttuu. Kokopuukorjuuhan keskittyy pääosin kesäaikaan, koska talvella kaatotyö on kallista ja lumeen peittyvät puut jäävät koneenkuljettajalta huomaamatta. Kesäaikainen korjuu aiheuttaa vaurioriskejä lähinnä kuusikoissa runsaiden juurivaurioiden muodossa. Sen sijaan männiköissä kesäaikainen korjuu ei näytä aiheuttavan huolestuttavassa määrin vaurioita. Vastaavia tuloksia kesäaikaisen korjuun haitoista on saatu aiemmissakin vaurioselvityksissä (Hannelius ja Lillandt 1970, Sirén 1981, Sirén 1982, Lilleberg 1984).



Kuva 6. Jäävän puuston runkoluvun vaikutus vaurio-prosenttiin.

Fig. 6. Effect of the number of trees remaining on damage-%.

53. Maaston vaikutus vaurioitumiseen

Maasto vaikuttaa vaurioitumiseen usealla eri tavalla. Heikosti kantavalla maalla syntyy juurivaurioita varsin herkästi. Kaltevuus aiheuttaa erityisesti juurivaurioita, mutta myös runkovauriot lisääntyvät kaltevissa paikoissa. Maaston vaikutus korostuu erityisesti kuusikoissa, joissa juurivaurioriski on suuri.

Seuraava asetelma kuvaa maaston ja korjuuajankohdan vaikutusta välivarastohaketuksessa. Asetelmassa on esitetty vaurioprosentit männiköissä ja kuusikoissa maastoluokittain kesällä ja talvella. Vertailua vai-

keuttaa se, ettei tutkimusaineisto sisällä talvella korjattuja männiköitä. Luvut osoittavat kuitenkin vaurioriskin kasvavan maaston vaikeutuessa. Erityisen selvä vaikutus maastolla ja korjuuajalla on juuriston vaurioitumiseen kuusikoissa.

| Metsikkö | Korjuu-aika | Maastoluokka | | Maastoluokka | |
|--------------|-------------|-----------------|-----|-------------------|-----|
| | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | Juurivauriot, % | | Kaikki vauriot, % | |
| Kuusikko | Talvi | .. | 0,8 | .. | 3,5 |
| Kuusikko | Kesä | 1,1 | 6,4 | 4,8 | 8,4 |
| Männikkö | Kesä | 0,4 | 0,6 | 1,8 | 3,3 |
| Sekametsikkö | Kesä | 0,4 | 1,6 | 2,4 | 4,1 |

6. KEINOJA VAURIOIDEN VÄHENTÄMISEKSI

61. Korjuun suunnittelu

Työmaan suunnittelu on keskeisen tärkeä korjuuvaihe. Huonosti suunniteltua leimikkoa ei huolellisinkaan kuljettaja voi korjata vähäisin vaurioin. Kun korjuussa joudutaan käsittelemään pitkää puutavaraa, on ajouria suunniteltaessa ja puita kasattaessa huolehdittava, että puut ovat uralta kuormattavissa. Kaltevuus on varsin usein syynä sekä juuri- että runkovaurioihin. Pitkien puiden kuormaaminen kaltevassa maastossa aiheuttaa vaikeuksia kokeneellekin kuljettajalle. Kokopuumenetelmissä ajourilta puuttuu havutuksen antama suoja, ja huonosti kantavissa maastokohdissa havutuksen puuttuminen näkyy kasvavana vaurioriskinä. Ajouria suunniteltaessa on huonosti kantavat maastokohdat pyrittävä kiertämään.

Vaikka osapu- ja kokopuukorjuussa metsuri usein suorittaa poistettavien puiden valinnan, oli nyt kerätystä aineistosta leimikon suunnittelun tehnyt kaikissa tapauksissa työnjohtaja. Tutkituissa leimikoissa suunnittelu oli onnistunut hyvin. Keskimääräinen ajouraväli oli 27,5 m, joka on lähellä Keskusmetsälautakunta Tapion suositusta. Myös keskimääräinen ajouraleveys, 3,7 m, on varsin kohtuullinen.

62. Korjuuajan valinta

Tutkimustuloksissa näkyy selvästi korjuuajan huomattava vaikutus vaurioitumiseen.

Kuusikoita ei tule korjata sulan maan aikana, koska juurivaurioriski on tällöin erittäin suuri. Myös huonosti kantavat mäntyleimikot on syytä korjata talvella. Valtaosa männiköistä sijaitsee kuitenkin kantavuudeltaan hyvillä moreeni- ja hiekkamailla, joilla kesäaikainen korjuu on mahdollista.

63. Ammattitaidon merkitys

Pitkän karsimattoman puun korjuu asettaa vaatimuksia sekä metsureille että metsäkoneen kuljettajille. Metsurin täytyy huolehtia, etteivät kasat ole liian lähellä kasvatettavia puita. Metsurin on myös katsottava, että puut ovat kuormaimen ulottuvilla.

Kun pienpuuta korjattaessa metsuri usein valitsee poistettavat puut, vaatii tämä ammattitaitoa ja harkintaa. Puiden valinnan siirtäminen metsurille antaa vaihtelua ja uutta sisältöä muuten yksitoikkoiseen kaatotyöhön. Tutkituissa leimikoissa puiden valinta oli onnistunut hyvin.

Metsäkoneen kuljettajalta pitkien puiden ja puunosien korjuu vaatii paljon. Kuljettajat ovat kuitenkin varsin ammattitaitoisia. Tärkeintä onkin vaurioriskien tiedostaminen ja sen huomioonotto työskentelyssä. Kun kuljettaja on selvillä vaurioiden merkityksestä, hän myös tekee parhaansa välttääkseen niitä.

7. TULOSTEN TARKASTELUA

Tutkimuksessa mitattuja vauriomääriä voidaan pitää kohtuullisina. Keskimääräinen vaurioprocentti, 2,5, poikkeaa varsin vähän tavaralajimenetelmän vaurioprocentista, joka laajassa inventoinnissa oli keskimäärin 1,8 (Sirén 1981). Lillebergin (1984) tutkimuksessa, jossa inventoitiin ainoastaan runko- ja juurenniskavauriot, keskimääräinen vaurioprocentti oli huomattavan alhainen, ainoastaan 0,5 metsätraktorilla ja 0,6 maatalous-traktorilla.

Suomessa vauriomäärät ovat huomattavasti alhaisempaa tasoa kuin ruotsalaisissa tutkimuksissa todetut. Ruotsin metsälaki rajaa korkeimmaksi hyväksyttäväksi vaurioprocentiksi 5, mutta vaurioinventointien perusteella raja näyttää usein ylittyvän tavaralajimenetelmässäkin. Esimerkkeinä ruotsalaisten toteamista vauriomääristä ovat laajoihin aineistoihin perustuvat keskimääräiset vauriomäärät, 3,1 % (Eriksson 1981) ja 7,8 % (Fröding 1982).

Jos verrataan nyt kokopuumenetelmässä ja aiemmin tavaralajimenetelmässä mitattuja vauriomääriä koneellisen tavaralajihakkuun aiheuttamiin vauriomääriin, näyttää koneellisen hakkuun vauriotaso olevan huomattavasti korkeampi. Kuormainprossessorin vartuneissa harvennusleimikoissa aiheuttama vaurioprocentti oli Sirénin (1982) tutkimuksessa keskimäärin 11,1. Myös muualla on saatu vastaavia tuloksia monitoimikonekorjuussa.

Kokopuumenetelmien korjuuvaurioita ei aiemmin ole tutkittu laajemmalla inventoinnilla, mutta vaurioitumista on selvitetty kone- ja menetelmätutkimusten osana. Osassa tutkimuksista hakkuu on tapahtunut koneellisesti, osassa miestyönä. Thörlind (1983) tutki osapuukorjuuta eri olosuhteissa lähtöpuuston ollessa 1300—2900 runkoa/ha. Vaurioituminen vaihteli koepaikoittain ja kaatavoittain välillä 0—11,7 %. Keskimääräinen vaurioprocentti oli melkoisen korkea, 6,2. Olsson (1983) tutki osapuukorjuuta tiheässä männikössä, jossa lähtöpuusto oli 4930 runkoa/ha. Tutkittu kone oli varustettu koura-

sahalla. Keskimäärin 6,8 % jäävästä puustosta vaurioitui. Vauriot olivat kuitenkin pääosin pieniä, 74 % vaurioista alle 10 cm halkaisijaltaan.

Puuston vaurioitumista selviteltiin myös Suomen ja Neuvostoliiton tieteellis-teknisen yhteistyön puitteissa Latvian neuvostotasavallassa. Tällöin tutkittiin kahta kokopuukorjuuketjua. Ensimmäisessä korjuuketjussa varttuneessa männikössä kaato ja kasaus tehtiin Makeri-kaato-kasauskoneella ja kuljetus metsätraktorilla. Makeri vaurioitti 3,4 % ja kuormatraktori 1,0 % jäävästä puustosta. Toisessa korjuuketjussa 33-vuotiaassa tiheässä männikössä kaato ja kasaus tehtiin miestyönä, kasat vinssattiin uran varteen ja metsäkuljetus tapahtui kuormatraktorilla. Menetelmässä vaurioitui 2,6 % jäävästä puustosta (Rubki uhoda . . . 1984).

Kahala (1984) tutki eri asteista koneellistamista osapuumenetelmässä. Vaurioinventoinnissa otettiin huomioon ainoastaan runko- ja juurenniskavauriot. Ensiharvennusmännikössä vaurioprocentti oli manuaalisissa osapuumenetelmissä 0,7 ja kaadon ja kasauksen tapahtuessa pientraktoreilla 0,5 ja 1,2. Ensiharvennuskuusikossa manuaalisissa osapuumenetelmissä vaurioprocentti oli 4,6 ja kaadon ja kasauksen tapahtuessa pientraktorilla 3,6. Myöhemmän harvennuksen kuusikossa kokeiltiin ainoastaan manuaalista osapuumenetelmää, jolloin vaurioprocentti oli 2,7.

Kalajan (1978) tutkimuksissa kokeiltiin kolmea eri pienpuun korjuuketjua ensiharvennusmännikössä. Menetelmässä, jossa kaato tapahtui miestyönä 20 m:n uravälein, aiheutti palstahakkuri vaurioita 1,4 %:lle jäävästä puustosta. Kun uraväli oli 30 m ja käytettiin Normetin kasauslaitetta, vaurioitti palstahakkuri 1,4 %:a ja kasauslaite 4,7 %:a jäävästä puustosta. Kolmannessa menetelmässä kaato- ja kasaus tapahtuivat Makeri-kaato-kasauskoneella. Palstahakkuri vaurioitti 0,5 %:a ja pientraktori 2,6—6,7 %:a jäävästä puustosta. Selvityksessä inventoitiin ainoastaan runkovaurioita. Kalajan toisessa

(1984) tutkimuksessa palstahakkuri vaurioitti eri olosuhteissa 1,8—3,3 %:a jäävästä puustosta.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella kokopuukorjuussa, jossa kaato tehdään miestyönä, vaurioituminen on varsin siedettävällä tasolla. Välivarastohaketuksen ja palstahaketuksen välillä ei näytä olevan huomattavaa

eroa. Jos kuitenkin joudutaan toimimaan huonosti kantavilla mailla, erityisesti kuusikoissa kesäaikana, on juurivaurioriski suuri. Vaikeassa maastossa asettaa kokopuukorjuu kuljettajalle suuria vaatimuksia. Pitkän puutavaran kuormaaminen vaatii kuljettajalta taidon lisäksi vaurioriskin tiedostamista ja työskentelyä sen mukaan.

8. YHTEENVETO

Tutkimuksessa selvitettiin jäävän puuston vaurioitumista karsimattomien puiden tai puunosien korjuussa. Tutkimusaineisto käsitti 24 leimikkoa yhteispinta-alaltaan 74,4 ha. 19 leimikolla haketus oli tehty välivarastolla ja 5 leimikolla palstalla.

Vaurioituneita puita oli keskimäärin 37,6 puuta/ha vaihtelun ollessa 7,8—154,4 puuta/ha. Keskimääräinen vaurioprosentti tutkimusleimikolla oli 2,5 vaihtelun ollessa 0,3—16,0. Keskimääräinen vaurioprosentti välivarastolla haketetuissa leimikoissa oli 2,6 ja palstalla haketetuissa 2,0.

Välivarastolla haketetuissa leimikoissa 54,9 % vaurioista oli pintavaurioita, 32,1 % syvävaurioita ja 13,0 % katkovaurioita. Palstahaketuksen aiheuttamista vaurioista 56,1 % oli pintavaurioita, 34,8 % syvävaurioita ja 9,1 % katkovaurioita. Lähes 90 % runko- ja juurenniskavaurioista oli kooltaan alle 300 cm². Juurivaurioita oli sen sijaan syntynyt runsaammin myös paksumpiin juuriin, sillä 14,9 % vaurioituneista juurista oli vauriokohdassa yli 7 cm läpimitaltaan.

Vaurioista 57,5 % kohdistui runkoon, 2,0 % juurenniskaan ja 40,5 % juuristoon. Välivarasto- ja palstahaketetuissa leimikoissa ei ollut huomattavia eroja vauriokohteissa.

Juurivauriot keskittyivät puissa juurenniskan läheisyyteen. Runkovaurioita oli menetelmissä syntynyt myös melkoisen korkealle runkoon, sillä 1,2 % runkovaurioista sijaitsi yli 5 metrin korkeudella rungossa. Juuristoon ja juurenniskaan vaurioituneet puut keskittyivät uran läheisyyteen. 93,3 % juuristoon vaurioituneista puista oli alle 300 cm

etäisyydellä uran keskipisteessä. Runkovaurioituneita puita oli runsaasti myös kauempana urasta, sillä yli 20 % niistä oli yli 5 metrin etäisyydellä uran keskipisteestä.

Suurelle osalle juurivaurioista ei löydetty näkyvää syytä. Useimmiten tällöin on kyseessä voimakkaasti pinnanmyötäinen juuristo, jonka vaurioitumista on ollut vaikea välttää. Myös kaltevuus, huono kantavuus ja uran kapeus ovat usein syynä juurivaurioihin.

Yleisemmäksi runkovaurioiden syyksi on merkitty huolimattomuus, vaikka yhtä hyvin vaurion syyksi voitaisiin katsoa pitkän puutavaran käsittelyn vaikeus. Myös kaltevuus ja ajouran kapeus ovat olleet usein syynä runkovaurioihin.

Juuri- ja juurenniskavauriot ovat pääosin pyörän tai telan aiheuttamia. Yleisin runkovaurion aiheuttaja on kuormain, mutta varsin usein myös pyörä tai tela ja kuormattava puu aiheuttavat runkovaurioita.

Puulajilla, korjuuajalla ja maastolla on tutkimuksen mukaan huomattava vaikutus vaurioitumiseen. Kuusikot ovat varsin vaurioherkkiä erityisesti kesäaikana, varsinkin kun karsimatonta puuta korjattaessa ei urille synny havutusta. Maaston vaikeutumisen lisäksi vaurioriskiä huomattavasti.

Vaurioita voidaan vähentää huolellisella korjuun suunnittelulla, oikealla ajoittamisella ja käyttämällä ammattitaitoista työvoimaa. Kun kaikki korjuuseen osallistuvat tiedostavat vaurioriskin ja ovat selvillä vaurioitumisen vaikutuksista, vaurioiden määrä pystytään pitämään hyväksyttävissä rajoissa.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Brunberg, T. & Alexandersson, H. 1984. Drivningsarbetet 1982—1990. Skogsarbeten resultat nr. 8:1—4.
- Eriksson, L. 1981. Stickvägar och körskadorna i gallringsbestånd. Resultat från Riksskogstaxeringens inventering åren 1978—79. Summary: Strip roads and damages caused by machines when thinning stands. Results from the Swedish National Forest Survey for 1978 and 1979. Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Rapport nr. 137:1—44.
- Eräiden metsäteknologisten termien määritelmää, 1984. Suomen metsätieteellisen seuran metsäteknologinen termiryhmä. Moniste. 13 s.
- Fries, J. 1976. Körskadorna och produktionsförluster. Summary: Transport damage and yield losses. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögskolan 40:1—64.
- Fröding, A. 1982. Resultat från en inventering av 101 stycken stumpmässigt utvalda, praktiskt gallrade bestånd. Moniste. 10 s.
- 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.
- , Kalaja, H., Salakari, M. & Valonen, P. 1978. Whole-tree harvesting in the early thinning of pine. Seloste: Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuksessa. Folia For. 333:1—58.
- Hannelius, S. & Lilland, M. 1970. Puuston vaurioituminen harvennusleimikoiden koneellisessa korjuussa. Summary: Damaging of stand in mechanized thinning. Helsingin yliopisto, metsäteknologian lait. Tiedonantoja 4:11—32.
- Harvennuspuun korjuun koneellistamistoimikunta. 1972. Harvennuspuun korjuu. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahaston projekti. Helsinki.
- Isomäki, A. 1972. Puun korjuun aiheuttamat vauriot harvennussuhteissa. Työtehoseuran metsätiedotus 194:1—2.
- 1985. Edge effects of strip roads in coniferous stands. IUFRO international interdivisional conference on thinning. Moscow-Riga. 12 s.
- Kahala, M. 1982. Osapuumenetelmä miestyönä tehtävässä havupuuvaltaisen puuston korjuussa. Summary: The part-tree method in manual harvesting of softwood-dominated stock. Metsätehon tiedotus 374:1—12.
- 1984. Osapuukorjuu eteläsuomalaisissa harvennussuhteissa. Summary: Part-tree harvesting in thinnings in southern Finland. Metsätehon tiedotus 386:1—19.
- Kalaja, H. 1978. Pienpuun korjuu TT 1000 F-palstahakkurilla. Summary: Harvesting small sized trees with terrain chipper TT 1000 F. Folia For. 374:1—27.
- 1984. An example of terrain chipping system in first commercial thinning. Seloste: Esimerkki ensiharvennuspuun korjuusta palstahaketusten menetelmällä. Folia For. 584:1—18.
- Kallio, T. 1978. Rödutveckling efter skador i gran. Esitelmä 5 s.
- Kardell, L. 1978. Traktorskadorna och tillväxtförluster hos grananalys av ett 10-årigt försök. Summary: Increment losses of Norway spruce caused by tractor logging. Sveriges skogs Förbund. Tidskrift. Häfte 3:305—321.
- Kärkkäinen, M. 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.
- 1978. Puuston vaurioituminen harvennushakkuissa — uskomusten vyyhti. Metsäkoneurakoitsija 9:16—21.
- Lilleberg, R. 1984. Kasvatushakkuiden korjuujälki. Summary: The state of harvested thinning stands. Metsätehon tiedotus 388:1—16.
- Nilsson, P.O. & Hyppel, A. 1968. Studier över rötangrepp i särkskadorna hos gran. Sveriges Skogsv. Förb. Tidskr. 66:675—713.
- Olsson, P. 1983. Trädslssystem i gallringstudie på Stora Kopparberg-Bergvik. Skogsarbeten resultat nr. 3:1—4.
- Rubki uhoda. Rezul'taty finsko — sovetzkogo nauchnogo issledovanija. Seloste: Harvennuspuun korjuu. Tuloksia suomalais-neuvostoliittolaisesta yhteistutkimuksesta. Review: Thinning operations. Results from a Finnish-Soviet joint research study. Folia For. 600:1—36.
- Sirén, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuunkorjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. Folia For. 474:1—23.
- 1982. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa kuormainprosessorilla. Summary: Stand damage in thinning operation with a grapple loader processor. Folia For. 528:1—16.
- Thörlind, M.U. 1983. Trädslssystem i gallringstudie på Billerud-Uddeholm AB. Skogsarbeten resultat nr. 2:1—6.

Total of 26 references

SUMMARY

Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts

Damage to the remaining stand in logging of undelimited trees or tree parts was investigated. The material consisted of 24 stands with a total area of 74.4 ha. Landing chipping was used in 19 and terrain chipping in 5 stands.

The number of damaged trees was on the average 37.6 trees/ha. The average percentage of damaged trees was 2.5, varying between 0.3—16.0. The average damage percentage for the stands chipped at landing was 2.6 and for terrain chipped stands 2.0. With landing chipping 54.9 % of the damage was superficial, 32.1 % deep damage and 13.0 % breakage. With terrain chipping 56.1 % of the damage was superficial, 34.8 % deep damage and 9.1 % breakage. Most stem and root collar damage was small. Almost 90 % of damage was less than 300 cm² in size. About 15 % of damaged roots were over 7 cm in diameter.

57.5 % of damage was in stems, 2.0 % in root collars and 40.5 % in roots. There were no greater differences between landing chipping and terrain chipping.

Root damage was concentrated near the root collar. Stem damage occurred also quite high on the stems so that 1.2 % of the stem damage was situated more than 5 m from the root collar.

The distance of damaged trees from the center line of the strip road was measured. The majority of root and root collar damaged trees were near the strip road. 93.3 % of root damaged trees were within a distance of under 3 m from the center of the strip road. On the

other hand, over 20 % of the stem damaged trees were at a distance of over 5 m from the center of the strip road. In the case of root damage no visible cause could always be identified. Often it was obviously a question of a very superficial root system which made damage difficult to avoid. Slope, poorly bearing ground and too narrow a strip road were often causes for root damage.

The most common reason for stem damage was the driver's carelessness, although it could have been classified as difficulty in handling long timber as well. Slope and narrow strip roads were also often reasons for damage.

Root and root collar damage was mostly caused by wheels or tracks. The most common cause of stem damage was the grapple loader, but wheels or tracks or a tree being loaded also caused frequent stem damage.

Tree species, harvesting season and terrain had a great bearing on damage occurring. Spruce stands especially were vulnerable to damage in the summertime. Because there is no logging slash on the strip roads when trees are harvested with branches intact, the risk of root damage increases. Difficult terrain increases damage risk further.

The ways of reducing damage are careful planning of logging procedures, choosing the right harvesting season and use of skilled labour. When everyone involved in logging notices the risks and the consequences the amount of damage can be kept at an acceptable level.

ODC 461+308
ISBN 951-40-0726-3
ISSN 0015-5543

SIREN, M. 1986. Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Summary: Stand damage in logging of undelimbbed trees and tree parts. Folia For. 645:1—17.

Stand damage in logging of undelimbbed trees and tree parts was investigated in this study. 24 thinning stands with a total area of 74.4 ha were studied. Landing chipping was used on 19 stands, and terrain chipping on 5 stands. The average damage percentage in the study was 2.5 varying between 0.3—16.0. The average number of damaged trees was 37.6 trees/ha. There were no great differences between landing chipping and terrain chipping. The factors affecting the damage percentage were the structure of the stand and harvesting season. The best ways of reducing damage are careful planning of logging procedures, correct harvesting season and use of skilled labour.

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

ODC 461+308
ISBN 951-40-0726-3
ISSN 0015-5543

SIREN, M. 1986. Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Summary: Stand damage in logging of undelimbbed trees and tree parts. Folia For. 645:1—17.

Stand damage in logging of undelimbbed trees and tree parts was investigated in this study. 24 thinning stands with a total area of 74.4 ha were studied. Landing chipping was used on 19 stands, and terrain chipping on 5 stands. The average damage percentage in the study was 2.5 varying between 0.3—16.0. The average number of damaged trees was 37.6 trees/ha. There were no great differences between landing chipping and terrain chipping. The factors affecting the damage percentage were the structure of the stand and harvesting season. The best ways of reducing damage are careful planning of logging procedures, correct harvesting season and use of skilled labour.

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

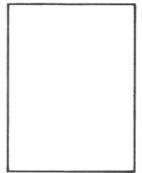
Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

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



Folia Forestalia _____

Communicaciones Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

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: Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — Phone: (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — Address: 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — Phone: (957) 314 241

Ojajoen koasema
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: (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — Address: Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — Phone: (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — Address: PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — Phone: (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — Address: PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — Phone: (968) 71 161

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

1985

- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaidella. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löyttyniemi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hirvivahinkoalttiuteen. The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella. Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö. Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeilla ojitetuilla rämeillä. Effect of thinning and fertilization on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.
- No 630 Aarnio, Jukka: Suometsiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus. The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner.
- No 631 Pohtila, Eljas & Valkonen, Sauli: Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland.
- No 632 Norokorpi, Yrjö & Kärkkäinen, Sirpa: Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa. The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland.
- No 633 Silfverberg, Klaus & Huikari, Olavi: Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemaidella. Wood-ash fertilization on drained peatlands.
- No 634 Yli-Kojola, Hannu: Metsän ikärakenteen kehitys. The development of age-class composition.
- No 635 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1984. Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1984.
- No 636 Vuokila, Yrjö: Puuston määrän vaikutus istutuskuusikon kehitykseen, kasvuun ja tuotokseen. The effect of growing stock level on the development, growth and yield of spruce plantations in Finland.
- No 637 Räsänen, Pentti K., Pohtila, Eljas, Laitinen, Esko, Peltonen, Antti & Rautiainen, Olavi: Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset. Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978—1979.
- No 638 Ihalainen, Ritva: Opintojen keskeyttäminen metsäalan ammatillisessa koulutuksessa. The abandonment of studies in vocational training in forestry.
- No 639 Uotila, Antti: Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpäalttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascochyta abietina* in southern and central Finland.
- No 640 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1983—1985. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1983—1985.
- No 641 Ferm, Ari: Jätevedellä kasteltujen lehtipuiden alkukehitys ja biomassatuotos kaatopaikalla. Early growth and biomass production of some hardwoods grown on sanitary landfill and irrigated with leachate waste-water.

1986

- No 642 Rikala, Risto & Petäistö, Raija-Liisa: Lannoituksen vaikutus koulittujen rauduskoivun taimien ravinnepitoisuuteen, kasvuun ja versolaikkaisuuteen. Effect of fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted birch transplants.
- No 643 Juntunen, Marja-Liisa: Metsäalan toimihenkilöiden ajankäyttö ja työtehtävät. NSR:n yhteispohjoismaisen projektin ”Metsätalouden työorganisaatio” osatutkimus. The time expenditure and work tasks of forest functionaries. A part study of joint Nordic NSR project ”The organization of work in forestry”.
- No 644 Saksa, Timo: Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in northern Karelia in Finland.
- No 645 Sirén, Matti: Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Stand damage in logging of undelimbbed trees and tree parts.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti 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.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0726-3
ISSN 0015-5543