

# HAKKUUTÄHTEIDEN MERKITYKSESTÄ PUUSTON VAURIOITUMISEN JA RAITEENMUODOSTUKSEN KANNALTA HARVENNUMETSISSÄ

MATTI KÄRKKÄINEN

## SUMMARY:

ON THE SIGNIFICANCE OF WASTE IN THINNINGS AS TO SCARS AND TRACKS

Saapunut toimitukselle 24. 3. 1970

Tutkimus kuuluu osana Harvennuspuun korjuun koneellistamistoimikunnan selvityksiin. Tutkimuksessa on selvitetty hakkuutähteiden vaikutusta maastokuljetuksessa muodostuvan raiteen syvyyteen ja puuston vaurioitumiseen. Aineistona on käytetty kahta käytännön työmaata, joista toinen sijaitsi Teiskossa ja toinen Kiteellä. Niillä järjestettiin rivikokeena palstatielle havutettuja ja havuttamattomia 10—20 m pituisia koealoja, joita kuormitettiin käytännön olosuhteita vastaavalla tavalla kuormaa kantavilla metsätraktoreilla.

Osoittautui, että runsaan, käytännön työmaita ajatellen epärealistisen paksun hakkuutähdekerroksen vaikutus raiteen syvyyteen ja puuston vaurioitumiseen oli vähäinen. Voitiin olettaa, että raiteen syvyyden erot johtuivat pääasiallisesti vain humuksen erilaisesta kulumisesta havutetuilla ja havuttamattomilla koealoilla, ei niinkään hakkuutähteiden maan kantavuutta lisäävästä vaikutuksesta.

## 1. JOHDANTO

Aikaisemmin ilmestyneessä HAKO-toimikunnan tutkimuksessa (KÄRKKÄINEN 1969) tarkasteltiin niitä tekijöitä, joiden avulla voitiin selittää kasvavan metsän puunkorjuusta aiheutuvaa työmaittaista vaurioitumisfrekvenssiä. Tutkimustulosten mukaan on syytä olettaa, että eräät puuston ja kasvupaikan ominaisuudet vaikuttavat ratkaisevasti puun korjuussa syntyvien vaurioiden työmaittaiseen vaihteluun. Koska näiden ominaisuuksien muunteluun on nyky-metsissä varsin vähän mahdollisuuksia, lienee syytä olettaa, ettei vaurioitumisen oleelliseen vähentämiseen ole mahdollisuuksia ilman erityistoimenpiteitä. Tähän viittaa tutkimuksen mukaan erityisesti se, että pelkillä metsällisillä parametreillä pystyttiin selittämään valtaosa työmaittaisesta varianssista käytettäessä puunkorjuumenetelmänä puutavaran tekoa palstatien varteen. Esimerkiksi käytetyn kaluston, puutavaralajien pituuden, työmaiden suunnittelun ja val-

vonnan vaikutus peittyi lähes kokonaan puustosta ja kasvupaikasta aiheutuvan vaihtelun alle.

Eräs mahdollisuus vaikuttaa puuston ja maaston vaurioitumiseen vaikuttaviin ominaisuuksiin on käyttää puunkorjuussa syntyviä hakkuutähteitä maan kantavuuden parantamiseen ja puiden juurien suojaamiseen mekaanisilta vaurioilta. Suojaamiskeinon pätevyyteen näytetään uskovan varsin yleisesti (Ks. esim. NILSSON ja HYPPEL 1968, SILVENNOINEN 1969), joskaan julkisuudessa ei liene esitetty arvioita vaurioiden vähenemisen määrästä eri olosuhteissa.

Tässä tutkimuksessa esitetään havaintoja hakkuutähteiden vaikutuksesta kasvavan puuston vaurioitumiseen ja raiteen muodostukseen kahdelta työmaalta kerätyn aineiston perusteella. Joskin hakkuutähteiden määrää ja niiden sijaintia on tietoisesti varioitu ja pyritty mittaamiseen, tutkimusta on lähinnä pidettävä kontrolloimattomana kokeena (Vrt. AHMAVAARA 1969, s. 281—294). Tuloksiin on syytä suhtautua vastaavalla varovaisuudella.

Tämä tutkimus kuuluu toisena osana HAKO-toimikunnan kasvavan puuston vaurioitumista koskeviin selvityksiin, joista ensimmäinen on ilmestynyt niteessä AFF 100. Tutkimus on suoritettu Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksella. Kiitän TEHDASPUU Oy:ä ja Oy W. ROSENLEW Ab:a arvokkaasta avusta aineiston hankinnassa. Parhain kiitokseni myös esimiehelleni, prof. Kalle Putkistolle, ja prof. Veijo Heiskaselle, jotka ovat lukeneet käsikirjoituksen.

## 2. TEISKON TYÖMAA

### 21. KOEJÄRJESTELY JA MITTAUKSET

Oy W. ROSENLEW Ab:n työmaa sijaitsi Teiskon pitäjässä Iso-Koveron tilalla. Elo—syyskuussa 1969 hakatuista palstateista valittiin eräs keskileveydeltään 4.1 m ollut muulta liikenteeltä suljettu maaperältään mahdollisimman homogeeninen palstatie, jolle sijoitettiin rivikokeena 10 koealaa, kukin pituudeltaan 20 m. Näistä joka toinen havutettiin n. 10—15 cm paksulla tuoreella havukerroksella, joka vastaa suunnilleen kaadetusta metsätyöpalkkataulukon kolmannen oksaisuusluokan (läpimitta 30 cm) kuusesta saatavaa havumäärää, kun karsitut oksat jätetään paikoilleen. Havumäärä on realistinen siinä mielessä, että eräitä havutuskoealojen kohtia voitiin jättää koskemattomiksi riittävän hakkuutähdemäärän vuoksi.

Havut saatiin pääasiallisesti muutamaa päivää aikaisemmin hakatuista tukkipuukokoisista kuusista, männyistä ja koivuista. Tuoreen hakkuutähteen alla oli jonkin verran kuivaa materiaalia, joka oli peräisin edellisenä keväänä hakatusta pinotavarasta.

Havuttamattomilta koealoilta poistettiin kaikki hakkuutähteet, myös aikaisemmista hakkuista jäljelle jäänyt aines. Sen sijaan ei koskettu kummallakaan koealatyyppillä siellä täällä kasvavaan arvottomaan, pieneen roskapuustoon.

Harvennushakkuusta jäljelle jäänyt puusto oli koepalsttien varressa iältään 65-vuotiasta sekametsää, jonka runkoluku oli 400 kpl/ha. Jäljelle jätetyn puuston kuutiomäärästä oli kuusta 73 k-m<sup>3</sup>/ha ja mäntyä 12 k-m<sup>3</sup>/ha. Kannot olivat pääasiassa koivua, koska poistetusta puumäärästä koivua oli 25 k-m<sup>3</sup>/ha, kuusta 12 k-m<sup>3</sup>/ha ja mäntyä 11 k-m<sup>3</sup>/ha. Hakkuutähte oli pääasiassa havuista palstatielle kerättyä.

Maaperä oli lähes kivetöntä, hiesu- ja saviaineksen sekaista hietamoreenia. Liettyttömän maan kosteutta ei mitattu. Maasto oli tasaista koko koepalsttien matkan siten, ettei myöskään selviä muualta valuvan veden alueita voitu havaita.

Käytetty kuormaa kantava traktori oli KL —836 B (Teli-Brunett), joka ajoi kaikkiaan 12 kertaa koepalsttien läpi kuormattuna. Maahan kohdistuva kokonaisrasitus oli näin ollen n. 210 Mp.<sup>1)</sup>

Noin vuorokauden kuluttua ajon loppumisesta inventointiin koealat sen jälkeen kun havutuskoealoilta oli poistettu hakkuutähteet. Kaikki syntyneet vauriot mitattiin, samoin joukko vauriopuiden tunnuksia, joiden voitiin olettaa korreloivan vaurioiden kanssa. Kummankin raiteen syvyys mitattiin metrin välein käyttämällä apuna 75 cm pitkää tankoa, joka asetettiin kohtisuoraan raidetta vastaan. Näin meneteltäessä saatuihin syvyyslukemiin vaikutti sekä raiteen reunoilla kohonnut maa että maan painuminen. Menettely katsottiin parhaaksi siksi, että vaurioitumisen ja metsän tuotoskyvyn kannalta lienee oleellisempaa suhteellinen muodonmuutos kuin absoluuttinen maan painuminen, jonka voisi mitata esim. vaaituskoneella jonkin kiintopisteen suhteen.

Kaikki 400 mittaushavaintoa voitaneen katsoa syvyyslukemien tulkinnasta riippumatta keskenään vertailukelpoisiksi, koska mittaustekniikka oli samanlainen.

### 22. TUTKIMUSTULOKSET

#### 221. Havutuksen vaikutus raiteen syvyyteen

Taulukossa 1 on esitetty koealoittain mitatut ja lasketut kummankin raiteen keskisyvyydet ja keskihajonnat. Kunkin koealan keskimääräisiä lukuja on käytetty myöskin tilastollisen analyysin havaintoarvoina, sillä peräkkäiset syvyyden mittaukset riippuvat toisistaan varsin selvästi. Tätä osoittaa mm. oheinen jaotelmä, johon on laskettu peräkkäisten syvyyksien tulomomenttikorrelaatio-kerroin koealoittain vasemman ja oikean raiteen osalta.

<sup>1)</sup> Yleensä kokonaisrasitukset eivät ole toisiinsa verrattavia maan rakenteen muuttamista ajatellen, jos yksikkökuormitukset ovat erilaiset. Yksikkökuormituksen lisääminen vaikuttaa suhteellisesti enemmän maan muodonmuutokseen kuin ajokertamäärään kasvaminen (Esim. BALDUZZI 1961, s. 14, MCFARLANE ym. 1968, s. 33—34).

| Koeala | Korrelaatiokerroin |             |
|--------|--------------------|-------------|
|        | Vasen raide        | Oikea raide |
| 1      | .545               | .427        |
| 2      | .464               | .164        |
| 3      | .586               | .469        |
| 4      | .822               | .403        |
| 5      | .707               | .465        |
| 6      | .550               | .215        |
| 7      | -.072              | -.035       |
| 8      | .686               | .540        |
| 9      | .270               | .401        |
| 10     | .501               | .819        |

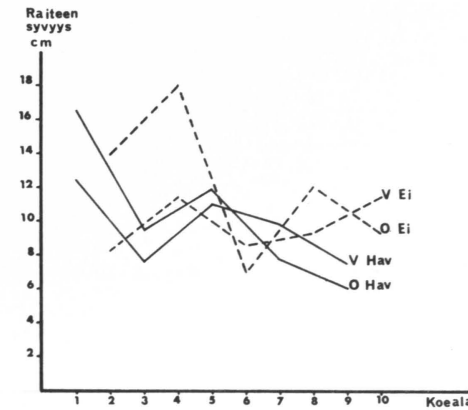
Koska mm. varianssianalyysin käyttö edellyttää havaintojen riippumattomuutta (Ks. von WRIGHT 1959, s. 15—16), katsottiin parhaaksi pitää havaintoina keskiarvoja.

Kuten taulusta 1 ja kuvasta 1 (s. 119) voidaan havaita, pienenee koealojen raiteiden keskisyvyys lievästi koealanumeron kasvaessa. Seuraavassa esitettävään ei-parametraaliseen päättelyyn ilmiöllä ei ole kuitenkaan haitallista vaikutusta, jos voidaan olettaa syvyshavaintojen olevan toisistaan riippumattomia. Approksimaationa se lienee hyväksyttävä olettamus, etenkin kun muiden palstojen (kuvat 2—4) perusteella ei löydy syytä epäillä ilmiön pysyvyyttä.

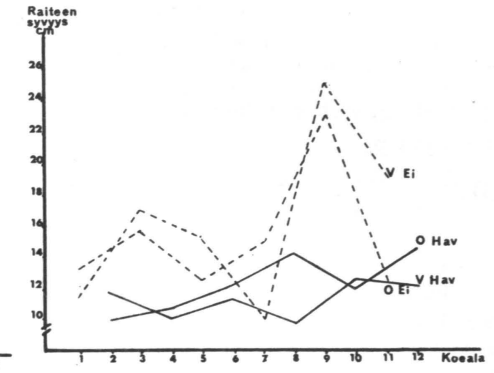
Taulukko 1. Teiskon työmaalta mitatut raiteiden keskisyvyydet ja keskihajonnat. Kullakin koealalta raiteittain 20 syvyysmittausta metrin välein.

Table 1. The average depths and standard deviations of tracks measured at the Teisko logging site. 20 depth measurements of each investigation area at a distance of 1 meter.

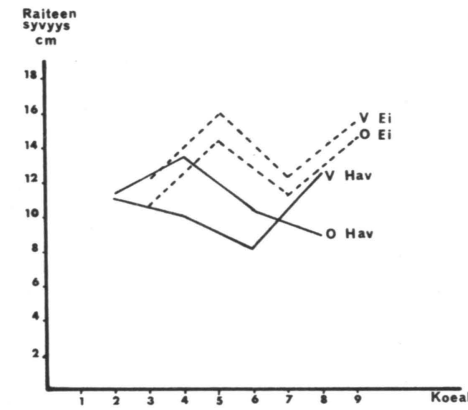
| Koeala — Investigation area |                              | Vasen raide<br>Left track   |   | Oikea raide<br>Right track  |   |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
| No.                         | Havutus — Waste              | Keski-<br>syvyys<br>Average | Keski-<br>haj.<br>Standard<br>deviation | Keski-<br>syvyys<br>Average | Keski-<br>haj.<br>Standard<br>deviation |
|                             |                              | cm                          |   |                             |   |
| 1                           | Havutettu — with waste       | 12.50                       | 5.33                                    | 16.60                       | 4.12                                    |
| 2                           | Havuttamaton — without waste | 8.30                        | 3.26                                    | 14.00                       | 4.96                                    |
| 3                           | Havutettu — with waste       | 7.70                        | 3.49                                    | 9.55                        | 2.44                                    |
| 4                           | Havuttamaton — without waste | 11.50                       | 3.88                                    | 18.05                       | 3.96                                    |
| 5                           | Havutettu — with waste       | 11.05                       | 4.30                                    | 11.95                       | 4.62                                    |
| 6                           | Havuttamaton — without waste | 8.65                        | 2.61                                    | 7.00                        | 2.92                                    |
| 7                           | Havutettu — with waste       | 9.90                        | 3.43                                    | 7.85                        | 2.50                                    |
| 8                           | Havuttamaton — without waste | 9.35                        | 3.72                                    | 12.05                       | 5.44                                    |
| 9                           | Havutettu — with waste       | 7.60                        | 1.91                                    | 6.25                        | 2.06                                    |
| 10                          | Havuttamaton — without waste | 11.45                       | 6.96                                    | 9.30                        | 4.55                                    |



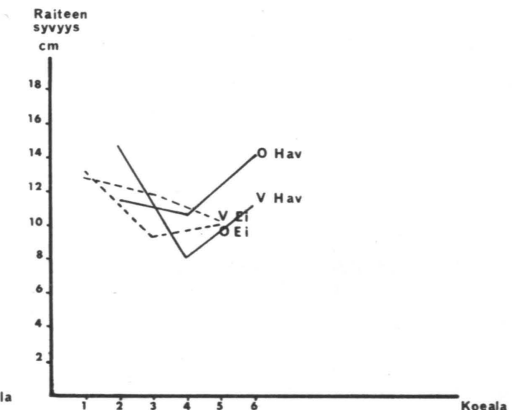
Kuva 1. — Picture 1.



Kuva 2. — Picture 2.



Kuva 3. — Picture 3.



Kuva 4. — Picture 4.

Kuva 1. Raiteen syvyyden vaihtelu koealoittain Teiskon työmaalla. V = Vasen raide, O = Oikea raide, EI = havuttamaton, HAV = havutettu.

Picture 1. The variation of the depth of the track per investigation areas at the Teisko logging site. V = left track, O = right track, EI = without waste, HAV = with waste.

Kuva 2. Raiteen syvyyden vaihtelu koealoittain palstalla 1. Kiteen työmaa. V = vasen raide, O = oikea raide, EI = havuttamaton, HAV = havutettu.

Picture 2. The variation of the depth of the track per investigation areas on the strip No 1 at Kitee logging site. V = left track, O = right track, EI = without waste, HAV = with waste.

Kuva 3. Raiteen syvyyden vaihtelu koealoittain palstalla 2. Kiteen työmaa. V = Vasen raide, O = oikea raide, EI = havuttamaton, HAV = havutettu.

Picture 3. The variation of the depth of the track per investigation areas on the strip No 2 at the Kitee logging site. V = left track, O = right track, EI = without waste, HAV = with waste.

Kuva 4. Raiteen syvyyden vaihtelu koealoittain palstalla 3. Kiteen työmaa. V = vasen raide, O = oikea raide, EI = havuttamaton, HAV = havutettu.

Picture 4. The variation of the depth of the track per investigation areas on the strip No 3 at the Kitee logging site. V = left track, O = right track, EI = without waste, HAV = with waste.

Oletetaan, että populaation alkiot jakautuvat kahteen ryhmään A ja B jonkin ominaisuuden perusteella. Oletetaan, että toisen ominaisuuden Q saamat arvot alkioissa mitataan vähintään intervalliasteikolla, ja tällöin ominaisuuden Q keskiarvot ovat yhtä suuret ryhmässä A ja B. Kun N alkion satunnaisnäytteessä on n alkioita ryhmästä A ja N-n alkioita ryhmästä B, on tietyn kombinaation  $q_1^A, q_2^A, \dots, q_n^A, q_{n+1}^B, q_{n+2}^B, \dots, q_N^B$  sattumistodennäköisyys  $p_0$

$$(1) \quad p_0 = \frac{(N-n)! n!}{N!}$$

(Vrt. MORONEY 1960, s. 16)

Jos esimerkiksi Q on raiteen syvyys cm, A on havutetut koealat ja B on havuttamattomat koealat, ja havaitaan, että kaikki havutetut koealat ovat raidesyvyydeltään pienempiä kuin havuttamattomat, on tällaisen tuloksen sattumistodennäköisyys kaavaan (1) mukaan Teiskon työmaalla 1/252 olettaen, ettei havutus vaikuta populaatiossa keskiyvyyteen. Mikäli todennäköisyyttä pidetään riittävän pienenä, voidaan mahdollisesti päätyä nollahypoteesin hylkämiseen, ts. hylätään olettamus, ettei havutus vaikuta muodostuvan raiteen syvyyteen.

Edellä olevan äärimmäistapauksen todennäköisyyden laskemisessa olisi riittänyt myös järjestysasteikon käyttäminen ominaisuuden Q mittaamisessa. Mikäli havaittu kombinaatio ei ole ekstreemien, tulee intervalliasteikolle kuitenkin käyttöä. Tällöin lasketaan niiden kombinaatioiden lukumäärä NC, joissa ryhmien A ja B ominaisuuden Q arvojen erotus on pienempi tai yhtä suuri kuin empiirisesti havaittu. Koska mahdollisten kombinaatioiden lukumäärä C on

$$(2) \quad C = \frac{N!}{(N-n)! n!}$$

saadaan todennäköisyydeksi  $p_1$ , että sattumalta saataisiin yhtä eroava tai ekstreemimpi tulos ryhmien A ja B välille nollahypoteesin ( $H_0$ : A ja B eivät eroa ominaisuuden Q suhteen toisistaan) ollessa voimassa, kaavan (3) esittämä.

$$(3) \quad p_1 = \frac{NC(N-n)! n!}{N!}$$

Näin laskettu todennäköisyys on eksakti eikä riipu esim. ominaisuuden Q jakautuman muodosta (Ks. SIEGEL 1956). Se on eräs suoritettujen kontrolloimattoman koejärjestelyn tunnusluku, eikä sitä voi yleistää todennäköisyysarvona tutkittavaan ilmiöön, tässä tapauksessa hakkuutähteiden mahdolliseen vaikutukseen. Parempien kombinaatioiden todennäköisyyttä käytetään tutkimuksessa tunnuslukuna ennen kaikkea siksi, että se tiivistää pienestä havaintojoukosta saatavan informaation paremmin kuin mikään parametraalinen menetelmä, esim. t-testi.<sup>1)</sup>

Koska päättelyn tehokkuus riippuu paitsi havaintojen lukumäärästä N myös siitä, miten ne jakautuvat eri ryhmiin, jäljempänä on esitetty tunnuslukuna myös mahdollisten kombinaatioiden määrä kaavan (2) mukaan laskettuna. — Tehokkainta vertailu on silloin, kun mahdollisten kombinaatioiden lukumäärä saa maksimiarvonsa. Tällöin n ja N-n ovat yhtä suuret.

Taulukossa 2 on esitetty tiivistetysti Teiskon työmaan raiteen syvyydestä tehdyt mittaukset ja niistä kaavoilla (2) ja (3) lasketut tunnusluvut. Voidaan

<sup>1)</sup> Menetelmän ainoa huono puoli on laskujen suuritoisuus etenkin havaintojen lukumäärän kasvaessa (Esim. N on yli 10). Tämän tutkimuksen eksaktit tekstit veivät IBM-1620 tietokoneelta aikaa n. 2 tuntia. — Tällöin varsinaista ratkaisumenetelmää ei kehitetty.

todeta, että hakkuutähteiden vaikutus on ollut käytännöllisesti katsoen olematon ja olemassaololtaan epävarma.

Taulukko 2. Hakkuutähteiden vaikutus raiteen syvyyteen Teiskon työmaalla.  $H_0$ : Hakkuutähteillä ei ole vaikutusta.  $P_1$ : Todennäköisyys, että sattumalta saataisiin yhtä suuri tai suurempi ero kuin havaittu  $H_0$  ollessa voimassa.

Table 2. The effect of logging waste on the depth of tracks at the Teisko logging site.  $H_0$ : Logging waste has no effect.  $P_1$ : Probability that the same or a greater difference would be achieved at random than that observed under  $H_0$ .

| Raide — Track                       | Keskiyvyys — Average depth    |                      | Todennäköisyys $P_1$ % Probability | Mahdollisten kombinaatioiden lukum. C<br>Number of possible combinations |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------------------|--|
|                                     | Havuttamattomat Without waste | Havutetut With waste |                                    |  |
|                                     | cm                            |                      |                                    |  |
| Vasen raide — Left track . . . . .  | 9.85                          | 9.75                 | 47.6                               | 252  |
| Oikea raide — Right track . . . . . | 12.08                         | 10.42                | 27.0                               | 252  |
| Raiteiden keskiarvo — Average . .   | 10.97                         | 10.09                | 30.6                               | 252  |

Raiteiden visuaalinen tarkastelu toi esiin joitakin mielenkiintoisia lisäpiirteitä. Havuttamattomissa kohdissa maan humuskerros oli kulunut huomattavasti enemmän kuin havutetuissa. Useista kohdin se oli jauhautunut kokonaan pois. Subjektiiivisesti arvioitiin, että raiteiden syvyyden ero havutetuilla ja havuttamattomilla alueilla saattoi kokonaan johtua erilaisesta kulumisesta. Samoin havuttamattomien raiteiden seinämät olivat jonkin verran jyrkemmät kuin siellä, missä ei ollut hakkuutähteitä. Ilmiö johtui mahdollisesti siitä, että hakkuutähteiden taipuessa kuormituksen alla kuljetusvälineen paino vaikutti myöskin sivusuuntaan aiheuttaen sen, että raiteet tulivat silmävaraisesti arvioiden loivemmiksi kuin ilman hakkuutähteitä.

## 222. Havutuksen vaikutus puuston vaurioitumiseen

Teiskon työmaalla ei voitu tehdä mitään johtopäätöksiä hakkuutähteiden merkityksestä puuston vaurioitumisfrekvenssiin. Tämä johtui siitä, että vaurioituneiden puiden määrä koealoittain riippui lähinnä siitä, kuinka monta puuta sattui olemaan palstatien välittömässä läheisyydessä. Subjektiiivisesti arvioiden koealasta riippumatta kaikki sellaiset puut vaurioituivat, joilla oli läheisyytensä vuoksi siihen mahdollisuus.

Sen sijaan on mahdollista tehdä joitakin johtopäätöksiä hakkuutähteiden merkityksestä eräiden vaurioparametrien kannalta, joista tärkein lienee seurausvaikutuksia ajatellen vaurion pinta-ala. Suhteellisen leveistä palstateista johtuen suurin osa vaurioista oli juuriin ja puun tyveen tulleita pyörän aiheuttamia kolhaisuja.



Seuraavassa jaotelmassa on esitetty kuusen juuriin ja tyveen tulleiden vaurioiden pinta-alojen keskiarvot katkenneita juuria lukuunottamatta.

|   | Havutetut | Havuttamattomat |
|---|-----------|-----------------|
| Havaittuja vaurioita .....              | 17        | 21              |
| Keskim. pinta-ala cm <sup>2</sup> ..... | 165.9     | 93.1            |
| Todennäköisyys p <sub>1</sub> (%) ..... | 99.53     |                 |
| Ho: Havutuksella ei ole vaikutusta      |           |                 |

Kuten jaotelmasta voidaan todeta, havutettujen alueiden vauriot ovat pinta-aloiltaan merkittävästi suurempia kuin havuttamattomien alueiden. Syynä ennako-odotusten vastaiseen tulokseen lienee pääasiallisesti se, ettei havutetuilla koealoilla ole syntynyt aivan pieniä vaurioita hakkuutähteiden suojaavasta vaikutuksesta johtuen. Mahdollisesti verraten ohut havutuskerros on luiston lisääntymisestä johtuen vaikuttanut myös siihen, että pyörä juureniskan päälle kiivetessään on tehnyt pinta-alaltaan suuremman vaurion kuin mitä se olisi tehnyt ilman hakkuutähteitä. Seuraava taulukko viittaa kummankin mahdollisuuden olemassaoloon, joskin frekvenssilukuihin on syytä suhtautua varauksellisesti puuston tiheyden yms. kontrolloimattoman vaihtelun vuoksi.

Taulukko 3. Kuusen juuriin ja tyveen syntyneiden vaurioiden jakaantuminen pinta-ala-  
luokkiin Kiteen työmaan havutetuilla ja havuttamattomilla koealoilla.

Table 3. The distribution of injuries on the roots and at the lower part of the trunk to area classes at the Kitee working site on investigation areas with logging waste and without logging waste.

| Muuttuja — Variable   | Vaurioiden pinta-ala cm <sup>2</sup> — Area class of injuries |       |        |         |         | Yht.  |
|---|---|-------|--------|---------|---------|-------|
|   | 1—20  | 21—50 | 51—100 | 101—200 | yli 200 |       |
| Vaurioita havutetuilla koealoilla, kpl<br>— Number of injuries on the investigation areas with waste .....      | 1   | 2     | 6      | 4       | 4       | 17    |
| % .....   | 5.9   | 11.8  | 35.3   | 23.5    | 23.5    | 100.0 |
| Vaurioita havuttamattomilla koealoilla, kpl — Number of injuries on the investigation areas without waste ..... | 7   | 7     | 3      | 1       | 3       | 21    |
| % .....   | 33.3  | 33.3  | 14.3   | 4.8     | 14.3    | 100.0 |

## KITEEN TYÖMAA

### 31. KOEJÄRJESTELY JA MITTAUKSET

TEHDASPUU Oy:n työmaa sijaitsi Kiteen pitäjässä Oy KAUKAS Ab:n tilalla. Lokakuussa 1969 hakattiin n. 85 v. ikäiseen varsinaisen korven (VK)

<sup>1)</sup> Mann-Whitneyn U-testi (Ks. SIEGEL 1956), jota voidaan pitää kaavan (3) sovellutuksena ordinaaliasteikkoon.

kuusikkoon 500 m palstatietä sekä harvennettiin metsikköä niin, että poistettiin kuusta 22 ja koivua 8 k-m<sup>3</sup>/ha. Maalaji oli melko maaton turvetta, paksuudeltaan yli puoli metriä. Maasto oli tasaista ja kivetöntä. Seisovan veden alueita ei ollut harvan ojituksen ansiosta ajoaikana, mutta maaperän kosteuden vuoksi syntyneisiin raiteisiin keräytyi vettä. — Muut työmaatunnukset on esitetty palstoittain taulukossa 4.

Taulukko 4. Kiteen työmaan tunnuksien palstoittain.  
Table 4. The characteristics of the Kitee logging site per strips.

| Palsta Strip | Palstatien — Strip road |                                      |  | Hakkuun jälkeinen — After logging        |                                | Ajokertoja — Number of drives |                      |                      |
|--------------|-------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
|              | Pituus m Length         | Keski-leveys dm Width on the average | Leveyden std. poikkeama dm Standard deviation of the width | Runko-luku kpl/ha Number of stems per ha | Kuutiomäärä — Volume           |                               | Kuormatuna With load | Tyhjänä Without load |
|              |                         |                                      |  |  | Kuusi Spruce                   | Koivu Birch                   |                      |                      |
|              |                         |                                      |  |  | k-m <sup>3</sup> /ha cu.m. /ha |                               |                      |                      |
| 1            | 120                     | 32.6                                 | 1.8  | 1232                                     | 113                            | 14                            | 7                    | 0                    |
| 2            | 80                      | 36.6                                 | 3.8  | 834                                      | 105                            | 10                            | 5                    | 0                    |
| 3            | 60                      | 33.5                                 | 1.9  | 1038                                     | 100                            | 35                            | 2                    | 1                    |

Kullakin palstalla järjestettiin 10 m pituisia havutettuja ja havuttamattomia koealoja rivikokeena samalla tavoin kuin Teiskon työmaalla. Hakkuutähdemäärä oli kuitenkin huomattavasti suurempi havutetuilla koealoilla. Keskimääräinen hakkuutähdekerros oli ennen ajoa 50—100 cm, joka vastasi suunnilleen 3—5 kertaista havumäärää Teiskon työmaahan verrattuna. Tällainen hakkuutähdemäärä palstatiellä on täysin epärealistinen käytännön puunkorjuussa.

Puiden kuljetus ja ennen kaikkea koealojen kuormitus suoritettiin kuormaa kantavalla metsätraktorilla Volvo Nalle SM 460. Hakkuutähteet painuivat tällöin havutuskoealoilla n. 20 cm paksuksi tiiviiksi kerrokseksi raiteiden kohdalla riippumatta ajokertojen määrästä.

Ajon jälkeen hakkuutähteet poistettiin, vauriot inventoitiin ja mitattiin muodostuneiden raiteiden syvyys metrin välein käyttäen samaa menetelmää kuin Teiskon työmaalla. Kultakin syvyysmittauspaikalta mitattiin myös etäisyydet kahteen lähimpään puuhun ja kahteen lähimpään kantoon, sekä merkittiin muistiin niiden puolajat ja läpimitat.

### 32. TUTKIMUSTULOKSET

#### 321. Havutuksen vaikutus raiteen syvyyteen

Teiskon työmaalla tehtyjen silmävaraisten havaintojen perusteella suoritettiin Kiteen työmaan aineistosta aluksi mitattujen variaabeleiden korrelaatio-

analyysi. Tällöin voitiin todeta, että raiteen syvyys korreloitui varsin epämääräisesti puustotunnusten kanssa. Yhteisvaihtelua oli eräissä aineiston osissa kyllä havaittavissa, mutta korrelaation tunnusluvut olivat suurimmillaankin varsin merkityksettömiä. Näin ollen päädyttiin samaan menettelyyn kuin mitä Teiskon työmaan osalta oli käytetty muiden mahdollisuuksien puuttuessa, toisin sanoen raidesyvyyden ja puuston vaurioitumisen erillistarkasteluun huolimatta puuston ja raidesyvyyden keskinäisistä riippuvuuksista.

Samoin voitiin todeta, kuten Teiskon työmaallakin, että peräkkäiset syvyysmittaukset korreloituivat varsin selvästi keskenään. Näin ollen päädyttiin siihen, että analysoitavina havaintolukuina käytettiin koelaitteita laskettuja eri raiteiden keskiarvoja.

Kuvissa 2—4 (s. 119) on esitetty raiteen syvyyden koelaitteita vaihtelu eri palstoilla. Mitään selvää trendiä ei syvyyden keskiarvoissa voida havaita. — Tiivistetysti raiteiden syvyydestä saadut tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Hakkuutähteiden vaikutus raiteen syvyyteen Kiteen työmaalla.  $H_0$ : Hakkuutähteillä ei ole vaikutusta.  $P_1$ : Todennäköisyys, että sattumalta saataisiin yhtä suuri tai suurempi ero kuin havaittu  $H_0$ :n ollessa voimassa.

Table 5. The effect of logging waste on the depth of tracks at the Kitee logging site.  $H_0$ : Logging waste has no effect.  $P_1$ : Probability that the same or a greater difference would be achieved at random than that observed under  $H_0$ .

| Muuttuja — Variable  | Palsta 1 — Strip 1         |                       | Palsta 2 — Strip 2         |                       | Palsta 3 — Strip 3         |                       |
|--|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
|  | Havuttamaton Without waste | Havuttettu With waste | Havuttamaton Without waste | Havuttettu With waste | Havuttamaton Without waste | Havuttettu With waste |
| Koalojen lukumäärä — Number of investigation areas .....                         | 6                          | 6                     | 4                          | 4                     | 3                          | 3                     |
| Keskisyvyys cm — Average depth   |                            |                       |                            |                       |                            |                       |
| Vasen raide — Left track .....   | 16.43                      | 11.13                 | 14.02                      | 10.55                 | 11.63                      | 11.40                 |
| Oikea raide — Right track .....  | 15.37                      | 12.38                 | 12.75                      | 11.02                 | 10.93                      | 12.07                 |
| Raiteiden keskiarv. — Average ...  | 15.90                      | 11.76                 | 13.38                      | 10.78                 | 11.28                      | 11.74                 |
| Todennäköisyys $p_1$ , % — Probability   |                            |                       |                            |                       |                            |                       |
| Vasen raide — Left track .....   | 2.16                       |                       | 4.29                       |                       | 45.00                      |                       |
| Oikea raide — Right track .....  | 5.30                       |                       | 11.43                      |                       | 80.00                      |                       |
| Raiteiden keskiarv. — Average ...  | 0.87                       |                       | 4.29                       |                       | 60.00                      |                       |
| Mahdollisten kombinaatioiden lukumäärä C — Number of possible combinations ..... | 924                        |                       | 70                         |                       | 20                         |                       |

Palstoilla 1 ja 2, joilla ajettiin 7 ja 5 kertaa kuormattuna, voidaan havaita varsin selvästi havutuksen vaikutus raiteen syvyyden alentajana. Sen sijaan palstalla 3 eroa ei ole havaittavissa odotettuun suuntaan lainkaan. Osaksi epävarman tuloksen syynä on koalojen pieni lukumäärä, josta aiheutuu, että suurin mahdollinen todennäköisyys  $p_1$  on kaavan (1) mukaan vain 5 %. Tärkeämpänä

syynä on kuitenkin ilmeisesti ajokertojen määrä, joka oli vain kaksi kertaa kuormattuna ja kerran tyhjänä.

Silmävarainen tarkastelu antoi saman tuloksen kuin Teiskon työmaalla. Raiteet olivat jonkin verran loivemmat ja humuksen kulumisen vähäisempää havutetuilla kuin havuttamattomilla koaloilla. Koska maalaji oli huomattavan paksultai turvetta, kulumista ei rajoittanut Kiteen työmaalla vielä turpeen alla olevan kivennäismaan paljastuminen. Pois kuluneen osan tarkkaan mittaamiseen ei löytynyt mahdollisuuksia, koska se oli kulkeutunut pois pyörien mukana. Silmävaraisesti arvioiden voi kuitenkin todeta, että kulumisen vaikutus lienee ollut samaa suuruusluokkaa kuin havutettujen ja havuttamattomien koalojen syvyyksien ero, joka oli palstoilla 1 ja 2 keskimäärin 2.5—5 cm suuruinen. Mutta, kuten aikaisemmin todettiin, objektiivisin mittauksin huomiota ei voitu vahvistaa, joten siihen voi suhtautua varauksellisesti.

### 322. Havutuksen vaikutus puuston vaurioitumiseen

Toisin kuin Teiskon työmaalla, kaikki subjektiivisesti vaurioitumiselle alttiiksi arvioidut puut eivät vaurioituneet mahdollisesti ajajan huolellisuudesta ja vähäisemmästä ajokertamäärästä johtuen. Näin ollen konstruoihin variaabeli, joka kuvaa vaurioiden osuutta odotetusta vauriopuumäärästä. Subjektiivisessa vaurioitumistodennäköisyyden arvostelussa otettiin huomioon ainoastaan puun etäisyys palstatiestä, ei esim. mahdollista hakkuutähteiden suojaavaa vaikutusta. Koska arvioijalla ei ollut tietoa havutettujen ja havuttamattomien koalojen sijainnista, tarkoitus lienee saavutettukin.

Taulukossa 6 on esitetty vaurioiden määrää ja kuuseen syntyneiden juurivaurioiden pinta-aloja koskevia tietoja. Palstalla 3 olleiden vaurioiden pintaalojen analyysiä ei kuitenkaan suoritettu aineiston pienuuden vuoksi.

Tulosten mukaan näyttää ilmeiseltä, että runsaalla hakkuutähteiden palstatielle kasaamisella on voitu Kiteen työmaalla vähentää vaurioituneiden puiden määrää toisin kuin Teiskossa. Vaikutus ei ole kuitenkaan kovin merkittävä suuruusluokaltaan, jonka vuoksi havainnoista tehtävät johtopäätökset ovat paikallisen epävarmoja.

Kiteen työmaalla runsas hakkuutähteiden määrä ajouralla on vaikuttanut myös juurivaurioiden pinta-aloja pienentävästi. Toisin kuin Teiskon työmaalla, mahdollisesti runsas hakkuutähdemäärä Kiteellä vaikutti siihen, että harvat syntyvät vauriot olivat kooltaan keskikokoisia. Sekä pienet että suuret vauriot puuttuivat havutetuilta koaloilta. — Ilmeisesti hakkuutähdemäärä on ollut niin suuri, ettei havutus ole vaikuttanut luiston lisääntymisen kautta vaurioiden kokoon, vaan puiden juurenniskojen päällä on pysynyt ajon aikana suojaamiseen tarvittava havukerros ainoastaan telaripojen tunkeutuessa paikka paikoin havujen läpi. Johtopäätökset ovat kuitenkin alustavia, koska kontrolloimattomia muuttuvia tekijöitä oli runsaasti.

Taulukko 6. Hakkuutähteiden vaikutus puuston vaurioitumisfrekvenssiin ja juurivaurioiden pinta-aloihin Kiteen työmaalla. Ho: Hakkuutähteillä ei ole vaikutusta.  $P_1$ : Todennäköisyys, että sattumalta saataisiin yhtä suuri tai suurempi ero kuin havaittu Ho:n ollessa voimassa. Table 6. The effect of logging waste on the frequency of injuries in the trees and on the areas of injuries on roots at the Kitee logging site.  $H_0$ : Logging waste has no effect.  $P_1$ : Probability that the same or a greater difference would be achieved at random than that observed under  $H_0$ .

| Muuttuja — Variable  | Palsta 1 — Strip 1         |                      | Palsta 2 — Strip 2         |                      | Palsta 3 — Strip 3         |                      |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
|  | Havuttamaton Without waste | Havutettu With waste | Havuttamaton Without waste | Havutettu With waste | Havuttamaton Without waste | Havutettu With waste |
| Koealojen lukumäärä — Number of investigation areas .....                          | 6                          | 6                    | 4                          | 4                    | 3                          | 3                    |
| Havaittu vauriopuumäärä — Number of injured trees .....                            | 16                         | 12                   | 8                          | 5                    | 5                          | 5                    |
| Havaittu vauriopuumäärä % ennustetusta — Injured trees per cent of predicted ..... | 72.7                       | 57.1                 | 88.89                      | 35.71                | 55.6                       | 55.6                 |
| Todennäköisyys $p_1$ , % — Probability   | 32.68                      |                      | 1.43                       |                      | 50.00                      |                      |
| Mahdollisten kombinaatioiden lukumäärä C — Number of possible combinations .....   | 924                        |                      | 70                         |                      | 20                         |                      |
| Juurivaurioiden määrä — Number of root injuries .....                              | 17                         | 4                    | 14                         | 7                    | 4                          | 2                    |
| Juurivaurioiden keskikoko $cm^2$ — Average of the root injuries .....              | 134.1                      | 30.0                 | 129.1                      | 104.3                | ..                         | ..                   |
| Todennäköisyys $p_1$ , % — Probability   | 14.55                      |                      | 28.18                      |                      | ..                         |                      |
| Mahdollisten kombinaatioiden lukumäärä C — Number of possible combinations .....   | 5985                       |                      | 116280                     |                      | ..                         |                      |

Merkintä .. tarkoittaa laskematonta tunnusta  
.. not computed

Taulukon 6 mukaan vaikuttaa ilmeiseltä, että hakkuutähteet ovat vaikuttaneet myös juurivaurioiden määrään. Koska vaurioitumiselle alttiiden juurien määrää ei pystytty ennen ajon aloittamista kontrolloimaan, ja koska vaurioiden määrään vaikuttaa mm. se, ajetaanko täysin samoja jälkiä eri ajokerroilla, vaurioiden suhteellisen vähenemisen suuruudesta ei liene syytä esittää edellä olevan perusteella arviota.

#### 4. TULOSTEN POHDINTAA

Teiskon työmaalla havaittu, käytännön puunkorjuuolosuhteita ajatellen runsaan havutuksen vaikutus maastokuljetuksessa muodostuvan raiteen syvyyteen oli vähäinen. Raiteen ulkonäön perusteella voitiin olettaa, että ero selittyi täysin humuksen erilaisesta kulumisesta havutetuilla ja havuttamatto-

milla koealoilla. Kiteen työmaalla hakkuutähteiden vaikutus oli selvemmin havaittavissa mahdollisesti suuremmasta hakkuutähteiden määrästä johtuen. Mikäli ajokertamäärä oli vähäinen, havutettujen ja havuttamattomien kohtien ero oli pieni. Myös Kiteen työmaan osalta arvioitiin, että syvyyserot saattoivat selittyä ainakin pääasiallisesti humuksen erilaisesta kulumisesta johtuviksi. Toisin sanoen, tulosten perusteella näyttää mahdolliselta, ettei hakkuutähteillä ole käytännön olosuhteissa juuri ollenkaan vaikutusta siihen raiteenmuodostukseen, joka aiheutuu maan tiivistymisestä ja leikkauslujuuden ylittämisestä johtuvasta muodonmuutoksesta. Koska tämä on merkitykseltään huomattavasti tärkeämpää kuin muutaman senttimetrin erot humuksen kulumisessa, voitaneen todeta, ettei käytännön puunkorjuutyömailla hakkuutähteillä ole juuri merkitystä raiteenmuodostuksesta aiheutuvaan metsän vaurioitumiseen.

Jotta tulos olisi ymmärrettävissä, lienee syytä selvittää raiteen muodostumisen yleistä teoriaa. (Ks. esim. TAYLOR 1948, HOUGH 1957). — Koska raiteiden syvyyden mittaaminen tapahtui aikaisintaan vuorokauden kuluttua ajon loppumisesta, tarkastelun kohteena oli maan tiivistymistä ja leikkauslujuuden ylittämistä johtuva palautumaton muodonmuutos.

Kun traktorin pyörän alla olevaan maahan kohdistuu kuormitus, maa pyrkii, staattisesti ajatellen, puristumaan pystysuorassa suunnassa ja laajenemaan vaakasuorassa suunnassa. Käytännössä dynaaminen prosessi on kuitenkin monimutkaisempi. — Koska maa ympäröi kuormituksen kohteena olevaa aluetta joka suunnalta, muutoksia ei pääse syntymään aiheuttamatta muutoksia ympärillä olevassa maassa.

Kun pystysuoraan vaikuttava kuormitus kohdistuu johonkin maapartikkeleihin, aiheuttaa sen ja ympäröivien partikkeleiden kitka kuormituksen jakaantumisen suuremmalle alalle alaspäin mentäessä. Näin ollen maan puristumisesta aiheutuva muodonmuutos ei ole yleensä aivan jyrkkäreunainen.

Kun kuormitus ylittää leikkauslujuuden, maan rakenne murtuu ja se kohoaa kuormituksen reunoilla ylöspäin partikkeleiden liukuessa toistensa ohi. Liukupintojen suunnat määräytyvät maalajien ominaisuuksista, mutta yleensä maan kohoaminen ylöspäin tapahtuu huomattavasti suuremmalla alueella kuin kuormitettu ala on.

Hakkuutähteiden merkitystä maan kantavuuden lisääntymisessä voidaan tarkastella seuraavasti. — Hakkuutähdet ovat pääasiallisesti havuja, jotka lepäävät jossakin määrin elastisen maa-alustan päällä. Joskin maan kimmomoduli muuttuu rasituksen aikana (HELENELUND 1967, s. 92), approksimatiivisesti voidaan olettaa, että hakkuutähteiden alla vallitseva paine on suhteessa havujen painumaan ko. kohdalla (Ks. MIKKOLA ja YLINEN 1964, s. 7). Em. WINKLERTyyppisen alustan painuminen riippuu sekä havujen että alustan ominaisuuksista, lähinnä havujen pituudesta, poikkileikkausmuodosta ja -pinta-alasta, kimmo- ja leikkausmodulista sekä alustan elastisuudesta (MIKKOLA ja YLINEN 1964, MIKKOLA 1967).

Koska havut pääsevät liikkumaan toistensa suhteen, niitä voidaan tarkas-



tella erillisinä sauvoina, joille kuormitus jakaantuu. Mikäli havut olisivat esim. sitomalla yhdistetyt, tilanne muodostuisi oleellisesti toisenlaiseksi (Vrt. REUTER 1931, s. 102).

Jotta hakkuutähteiden vaikutus paineen jakautumiseen maassa voitaisiin laskea, arvioidaan seuraavat yksittäisen havun ja maan ominaisuudet.

|  |   |
|--|---|
| Havun pituus l   | 200 cm  |
| » läpimitta d  | 3 cm  |
| » poikkileikkaus pyöreä, siitä                               |   |
| » jatkavuusmomentti $I = \frac{d^2}{64} = 3.98 \text{ cm}^4$ | (Ks. Insinöörin käsikirja I 1953, s. 360)                   |
| » poikkileikkauspinta-ala $A = 7.07 \text{ cm}^2$            |   |
| » kimmomoduli E  | $8 \times 10^4 \text{ kp/cm}^2$ (Ks. KOLLMANN 1951)         |
| » leikkausmoduli G   | $6 \times 10^3 \text{ kp/cm}^2$ (Ks. KOLLMANN 1951)         |
| Maasta riippuva vakio sauvan leveyden ollessa 3 cm           |   |
|  | $k = 5 \text{ kp/cm}^2$ (Ks. MIKKOLA ja YLINEN 1964, s. 56) |

Jos oletetaan, että traktorin pyörän välittämä kuormitus jakaantuu siten, että 50 % painosta kohdistuu sauvan keskipisteeseen ja 25 % keskipisteen kummallekin puolelle 10 cm päähän siitä, saadaan painumasta seuraava jaotelma. — Laskelmassa on käytetty MIKKOLAN (1967) julkaisemia taipumafunktion taulukkoja.

| Sauvan piste päätapistestä | Sauvan taipuma | Ulkoinen kuormitus |
|----------------------------|----------------|--------------------|
| 0 cm                       | — 6            | 0                  |
| » 10                       | — 5            | 0                  |
| » 20                       | — 5            | 0                  |
| » 30                       | — 3            | 0                  |
| » 40                       | 1              | 0                  |
| » 50                       | 9              | 0                  |
| » 60                       | 23             | 0                  |
| » 70                       | 43             | 0                  |
| » 80                       | 68             | 0                  |
| » 90                       | 90             | 25                 |
| » 100 cm (keskipiste)      | 100            | 50                 |
| » 110                      | 90             | 25                 |

Kun kuormitus oletettiin symmetriseksi keskipisteen suhteen, myös sauvan toisen puolen taipuminen on edellä olevan jaotelman mukainen.

Koska alusta oletettiin WINKLER-tyyppiseksi, ts. havujen alla vallitsevan paineen oletetaan olevan suorassa suhteessa painumaan, edellä olevat taipuman suhdeluvut antavat kuvan myös kuormituksen jakaantumisesta. Voidaan todeta, että mainituin edellytyksin sauvan taipuminen ja kuormituspinnan laajentuminen alentaa maahan kohdistuvan maksimipaineen noin puoleen siitä, mitä se olisi ilman sauva, mutta muuten samoin elastisin edellytyksin kuormaa kantavan pinta-alan ollessa  $3 \times 20 \text{ cm}^2$ .

Traktorin pyörän maata vasten oleva kantava pinta voidaan kuvata ellipsin muotoisena alana (BEKKER 1956, s. 128). Jos se ajatellaan jaetuksi em. sauvoilla pienemmän akselin suuntaisiin lohkoihin, vastaa keskimäinen lohko edellä kuvattua tapausta. Muut lohkot vaikuttavat enemmän kantavan pinnan lisääntymiseen pistemäisemmän kuormituksen vuoksi. Muiden sauvojen vaikutusta taas pienentää niiden keskinäiset riippuvuudet, joten karkeana likiarvona voidaan olettaa, että aikaisemmin mainittujen olettamusten vallitessa maksimipaine pienenee noin puolen siitä, mikä vallitsisi ilman hakkuutähteitä.

Käytännössä hakkuutähteiden vaikutus on ilmeisesti varsin pieni, koska pyörän alla ei yleensä ole kovin monta läpimitaltaan 3 cm olevaa sauva koh-tisuoraan kulkusuuntaa vasten. Näin ollen vain osa pyörän kuormituksesta jakaantuu laajemmalle alalle. Havujen vaikutus pienenee voimakkaasti läpimitan pienessä (Ks. MIKKOLA 1967), joten paksunkin, mutta pienistä havuista koostuvan kerroksen vaikutus on pieni. Edelleen maa ei yleensä noudata WINKLERIN olettamusta, vaan siinä tapahtuu, kuten aikaisemmin on todettu, tiivistymistä ja plastisia muodonmuutoksia, jotka huomattavasti vähentävät hakkuutähteiden vaikutusta. Käytännössä on nimittäin havaittu, että ohuet hakkuutähteet säilyvät ehjinä ajon aikana, mutta paksut murtuvat liiallisen taipumisen vuoksi, joka aiheutuu maan pysyvästä muodonmuutoksesta. Osittain syynä on ilmeisesti myös se, että hakkuutähteet ovat puiden ja kantojen juurien vuoksi pikemminkin tukipisteiden varassa kuin WINKLER-tyyppisellä alustalla.

Edellä olevan perusteella lienee ymmärrettävissä Teiskossa ja Kiteellä saadut tulokset, joiden mukaan hakkuutähteiden vaikutus raiteen syvyyteen oli vähäinen, mahdollisesti vain humuksen kulumisesta johtuva.

Hakkuutähteiden vaikutus puiden vaurioitumisfrekvenssiin oli olematon Teiskossa, mutta jollakin lailla havaittavissa Kiteellä. Ero johtui ilmeisesti jälkimmäisen suuremmasta hakkuutähdemäärästä. Kun Teiskossa käytetty hakkuutähdemäärä oli sellainen, ettei ilmeisesti käytännön harvennuhakkuutyömailla enempää havuja kerry mihinkään kohti ilman erityistä hakkuutähteiden keräämistä ajouralle, hakkuutähteiden tosiasiallinen vaikutus puuston vaurioitumisen estämisessä lienee pieni.

Tulosten perusteella näyttää edelleen siltä, että havutuksella voidaan mahdollisesti käytännön olosuhteissa vähentää aivan pienten vaurioiden syntymistä. Vasta erityisen runsaalla hakkuutähteiden keräämisellä voitiin kokeilussa pienentää myös vaurioiden keskikokoa. Ilmeisesti runsaalla havumäärällä voidaan vaikuttaa siihen, etteivät juuret niin usein kuin ilman hakkuutähteitä joudu kosketuksiin kuljetusvälineen pyörien kanssa, joskaan sitä ei käytännössä voi kokonaan estää.



## KIRJALLISUUTTA

- AHMAVAARA, YRJÖ 1969. Yhteiskuntatieteen kyberneettinen metodologia. Helsinki.
- BALDUZZI, F. 1961. Bodenmechanik für den Strassenbau. Maanrakennustekniikkaa tienrakentamista varten. II Nordiska konferensen om cementbundna material och betongbeläggningar. TVH. Moniste.
- BEKKER, M. G. 1956. Theory of land locomotion. Ann Arbor.
- HELENELUND, K. V. 1967. Pohjarakennus ja maarakennusmekaniikka I. Geotekniikka. Teknillisen Korkeakoulun Ylioppilaskunta. Helsinki.
- HOUGH, B. K. 1957. Basic soil engineering. New York.
- Insinöörin käsikirja I. Yleinen osa. 1953. toim. C. A. Strömberg. Porvoo—Helsinki.
- KÄRKKÄINEN, MATTI 1969. Metsän vaurioituminen kesäaikaisessa puunkorjuussa. Summary. The amount of injuries caused by timber transportation in the summer. Acta Forestalia Fennica 100.
- KOLLMANN, FRANZ 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. I Band. Berlin—Göttingen—Heidelberg—München.
- MCFARLANE, H. W., PATERSON, W. G. ja DOHANEY, W. J. 1968. The selection and use of forest road building materials. Pulp and Paper Research Institute of Canada. Woodlands Papers No. 1.
- MIKKOLA, MARTTI 1967. Influence lines for beams on a WINKLER-type elastic foundation, with the effect on the shear deformation of the beam taken into account. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Julk. 121.
- MIKKOLA, MARTTI ja YLINEN, ARVO 1964. Effect of shearing force on the deflection of a beam of finite length on an elastic foundation. Acta Polytechnica Scandinavica, Civil Engineering and Construction Series No 23. Helsinki.
- MORONEY, M. J. 1960. Facts from figures. London—Beccles.
- NILSSON, PER OLAV ja HYPPEL, ARNE 1968. Studier över rötangerupp i sårskador hos gran. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift. H. 8, s. 675—713.
- REUTER, JONATAN 1931. Lujuusopin alkeet. Porvoo.
- SIEGEL, SIDNEY 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Tokyo.
- SILVENNOINEN, UNTO 1969. Eräitä työn yksinkertaistamiseen perustuvia uusia puunkorjuumenetelmiä. Työtehoseuran metsätiedotus 152.
- TAYLOR, DONALD W. 1948. Fundamentals of soil mechanics. New York — London.
- VON WRIGHT, J. M. 1959. Varianssianalyysin laskemis- ja soveltamisohjeita. Turku.

### SUMMARY:

#### ON THE SIGNIFICANCE OF WASTE IN THINNINGS AS TO SCARS AND TRACKS

*The purpose of this study was to explain whether it is possible to affect, in practical working site conditions, by means of logging waste on the strip road, the depth of the track which is formed in terrain transportation and the injuries of the growing stand. As a row experiment five 20 meters long investigation areas with logging waste and five similar areas without logging waste were arranged on one strip road at the Teisko logging site. The logging waste layer was fresh, mainly of spruce and about 10—15 cm thick. As test equipment a KL—836 B forwarder was used, which drove 12 times across the strip road, the total loading weight being*

*about 210 Mp. The type of soil was silty loam. In this connection it was observed that the logging waste affected the depth of the track only by decreasing the wear of the humus layer. Even the decreasing effect of logging waste on the injuries in the growing stand was minor.*

*At the Kitee working site there were three strip roads in the study. The information of these, with the number of drives, is given in the table No 4 (p. 163). The type of soil was thick, rather mouldered peat. The quantity of fresh logging waste was 3—4 times greater than that in Teisko, mainly of spruce. As test equipment a Volvo Nalle SM 460 forwarder was used. — In this connection one could observe that the effect of the logging waste on the depth of the tracks was clearly to be noticed. On basis of the appearance of the tracks one could assume that the difference was due to different wear of the humus, and not so much due to the quantity of logging waste that improves the carrying capacity of terrain.*

*In some extent logging waste was also found to affect the amount and quality of tree injuries. In practical working conditions, the importance might be small, since in the experiments an unrealistically great amount of logging waste was used.*

*In the statistical analysis of the observations the exact Randomization Test was used for the part of both the logging sites.*