

# FOLIA FORESTALIA 131

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1971

---

---

PERTTI HARSTELA

METSÄTYÖMENETELMIEN ERGONOMINEN  
KEHITYS JA ERÄÄT TYÖNTEKIJÄÄN  
KOHDISTUVAT FYYSISET VAIKUTUKSET

THE ERGONOMIC DEVELOPMENT OF THE  
FOREST WORK METHODS AND SOME  
PHYSIC EFFECTS ON WORKERS

---

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.  
 Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- No:ot 19—55 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.  
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.  
 The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.  
 Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu.
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3 Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot.
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahti ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.  
 Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators.
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan mestävarat vuonna 1968.  
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.  
 Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65.
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteeseen esiintymisestä Lapissa.  
 Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.  
 Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.  
 Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.  
 A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätalastollinen vuosikirja 1968.  
 Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot.
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.  
 Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.  
 On the extraction of stumps and roots. 1,50
- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.  
 Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.  
 Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa.  
 On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä.  
 Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä.  
 On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksessa.  
 On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimonyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla.  
 Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69.  
 Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,—
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kytökorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutkimuksia taimityppiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet  
 Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50

FOLIA FORESTALIA 131

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1971

Pertti Harstela

PUUNKORJUUMENETELMIEN ERGONOMINEN KEHITYS JA ERÄÄT TYÖN-  
TEKIJÄÄN KOHDISTUVAT FYYSISET VAIKUTUKSET

The ergonomic development of the timber harvesting work methods  
and some physic effects on workers

Summary

ALKUSANAT

Oheinen kirjallisuustarkastelu on tehty metsäteknologian osastossa suoritetun tutkimus-  
sarjan liittämiseksi laajempaan kokonaisuuteen  
sekä sarjaan kuuluneiden tutkimusten tulosten  
arvioimiseksi jälkeen päin ilmestyneiden toisten  
tutkimusten valossa. Tarkoituksena on edelleen  
ollut hahmoitella kokonaiskuva metsätyöme-  
netelmien viime aikaisesta ergonomisesta ke-

hityksestä valikoivana kirjallisuustarkasteluna.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet metsäteknolo-  
gian osaston päällikkö, professori VEIJO HEIS-  
KANEN, professori KALLE PUTKISTO ja met-  
sänhoitaja KLAUS RANTAPUU. Heille kai-  
kille parhaimmat kiitokset.

Helsingissä marraskuussa 1971

Pertti Harstela

## SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
ALKUSANAT .....	1
SUMMARY IN ENGLISH .....	3
1. JOHDANTO .....	4
11. Yleistä .....	4
12. Työn tarkoitus .....	4
13. Työntekijään kohdistuvat vaikutukset työtapahtuman osana .....	5
2. METSÄTYÖMENETELMIEN YLEINEN ERGONOMINEN KEHITYS .....	6
21. Puutavaran teko ihmistyövaltaisain menetelmin .....	6
22. Puutavaran teko konetyövaltaisain menetelmin .....	8
23. Puutavaran metsäkuljetus .....	9
3. MOOTTORISAHAN KÄYTTÖÖN PERUSTUVIEN TYÖMENETELMIEN FYSIOLOGIS- TEN VAIKUTUSTEN KEHITYS JA MENETELMIEN ERGONOMINEN KEHITTÄMINEN	11
31. Yleistä .....	11
32. Tavaralaji- ja runkomenetelmät .....	11
321. Energian kulutuksen aiheuttama fysiologinen kuormitus .....	11
322. Tärinän aiheuttamat fysiologiset vaikutukset .....	13
33. Pelkkään kaatoon perustuvat menetelmät .....	15
331. Energian kulutuksen aiheuttama fysiologinen kuormitus .....	15
332. Tärinän aiheuttama fysiologinen kuormitus .....	16
34. Päätelmiä .....	17
4. TIIVISTELMÄ .....	18
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	19

## SUMMARY

The review of the literature traces ergonomic development in Finland at the end of the 1960s and the beginning of the 1970s. It examines especially the development of work methods for the power saw from the point of view of physiologic stress and the time the worker is exposed to vibration. Means were sought to develop the work methods so that their untoward effects on the worker were reduced.

Forest work methods have been developed both by simplifying labour-intensive methods and by increasing mechanisation. Mechanisation is transferring ergonomic problems from the consequences of the use of muscular energy to the effects caused by the use of nervous energy and psychic stress and the effects caused by the machines such as vibration, swaying and noise and the working conditions of the machine operator.

Labour-intensive methods have been simplified by e.g. increasing the length of timber, which has increased the stress of bunching, and by simplifying bucking and limbing, which

increases the time of exposure to vibration since it necessitates limbing by power saw. Furthermore, the omission of measuring in the light phase of work has increased the intensity of the work.

Felling alone for processors has been found to be lighter in muscular energy expenditure than the traditional methods of work, but the labour output is a little smaller than in felling in connection with other work. Working in deep snow is an exception where felling alone is heavy work as it requires a good deal of movement.

Methods can be developed that are ergonomically better, among other things by leaving bunching work to machines and by phasing the bunching into small lots. However, reducing the bunching work will add to the disadvantages of power sawing. Reducing the vibration of the power saw, adequate breaks, shortening the daily sawing time and using a correct sawing technique seem to be the only methods today for reducing the risk of vibration damage.

## 1. JOHDANTO

### 11. Yleistä

Metsätyöntutkimuksessa pääpaino on perinteellisesti ollut työn tuottavuuden kohottamisessa, koneellistamisessa ja siten korjuukustannusten vähentämisessä tai palkkaperusteiden määrittämisessä. Myös palkkaperustetutkimukset ovat perustuneet aikatutkimuksiin ja siten päätelmät työn tuotosta kuvaavaan aikaindikaattoriin.

Viimeisen vuosikymmenen aikana on myös ns. ergonominen tutkimus huomattavasti lisääntynyt (vrt. GLØMME ym. 1970). Suuri osa siitä on ollut yleistä metsäergonomista tutkimusta siinä mielessä, ettei se ole kohdistunut tiettyihin työmenetelmiin ja ennen kaikkea työmenetelmien kehittämiseen, vaan esimerkiksi tekemies-populaation tärinäsauteen (TVD) tai tärinäsauteen yleisiin syntyedellytyksiin (GROUNDS 1964, KAMINSKY 1964, TREIBERG ym. 1964, MIURA ym. 1966, BJERKER ym. 1970, HELLSTRØN og VIK 1970), metsätyömiesten terveydentilaan (Metsätyöm... 1971, KOIVISTO 1970a), päivittäiseen energian kulutukseen, ravintoon ja vaatekukseen (TIGERSTEDT 1900, ANDERSEN 1932, KARVONEN 1954, KAMINSKY 1966, KOIVISTO 1970b), työkalujen ja kuljetusvälineiden ergonomisiin ominaisuuksiin (vrt. KAMINSKY 1966, TURTIAINEN 1969, TELJSTEDT 1970, AHO 1969, 1970, KÄTTÖ 1971) tai työtahtin vaikutukseen ja oikeaan taukojen sijoitteluun (LEVANTO 1970).

Myös menetelmäkohtaisia tutkimuksia on useita. Puutavaran teosta niitä ovat suorittaneet mm. RÖNNHOLM ym. 1963, AGER 1964, HANSSON 1965, JOHANSSON ym. 1968, 1969, SAMSET ym. 1969, VIK ym. 1969, HARSTELA 1970a ja LEVANTO 1970, lähikuljetuksesta HANSSON ym. 1967, SAMSET ym. 1969, VIK ym. 1969 sekä monitoimikoneen kuljettajasta MEŽALS 1971, mutta useimmissa tapauksissa ei ole selvästi osoitettu näiden tutkimusten osuutta työmenetelmien kehittämisessä.

Ei liene myöskään kokonais selvitystä työmenetelmien yleisestä ergonomisesta kehityk-

sestä viimeisten vuosien ajalta. Lisäksi puuttuvat – ennen kirjoittajan jäljempänä mainittavaa tutkimussarjaa – ergonomiset tutkimukset, tiettyistä ns. kehittyneistä ihmistyövaltaisista menetelmistä sekä monitoimikoneketjuun kuuluvasta moottorisahakaadosta. Metsätyön psykologian tutkiminen, joka liittyy itse työhön, mutta myös työntekijöiden sosiaalisiin oloihin ja taustaan, on ollut vähäistä (vrt. GLØMME ym. 1969). Tämän suuntainen selvitys autokuljetuksesta on hiljattain tehty Norjassa (FØLSTAD 1969).

### 12. Työn tarkoitus

Tämän työn tarkoitus on hahmotella metsätyömenetelmien viime aikaisen lähinnä 60-luvun loppupuolella ja 70-luvun alussa Suomessa tapahtuneen kehityksen pohjalta yhtä ergonomista osa-aluetta, työntekijään kohdistuvia fyysisiä vaikutuksia moottorisahan käyttöön perustuvissa työmenetelmissä. Tarkasteltavana on 60–70-luvun vaihe siitä syystä, että metsätyömenetelmät ovat tällöin olleet voimakkaan kehityksen alaisena ja metsäergonominen tutkimus on vasta tällöin päässyt kunnolla vauhtiin. Fyysisten vaikutusten tarkastelu rajataan kahteen metsätyöntutkimuksessa yleisimmin käytettyyn indikaattoriin, nimittäin energian kulutukseen (hapan kulutus ja syke) sekä TVD tautia aiheuttavaan tärinään, joka tosin on moottorisahan käyttöajan kautta yhteydessä kuulosairauksiin (Metsä... 1971),<sup>1)</sup>

Lisäksi tehtävänä on selvittää keinoja edellä rajattujen fyysisten vaikutusten vähentämiseen näissä työmenetelmissä. Tarkastelu suoritetaan yleisen ergonomian, aikaisempien tutkimusten ja kirjoittajan suorittaman tutkimussarjan (HARSTELA 1971 a, b, c, HARSTELA

1) Tarkastelu rajoittuu siis pääasiassa työn fysiologiasa työenergialla tarkoitettun lihasenergian kulutuksen aiheuttamaan kuormitukseen sekä tärinäaltistuksen aiheuttaman yhden patologisen ilmiön syntymisriskiin. Näin ollen esimerkiksi hermoenergian kulutus ei tule huomioon otetuksi muuta kuin taustainformaationa (vrt. OKSALA 1963, HASAN 1970).

ym. 1971) perusteella, joka näin liitetään yleisempään kokonaisuuteen.

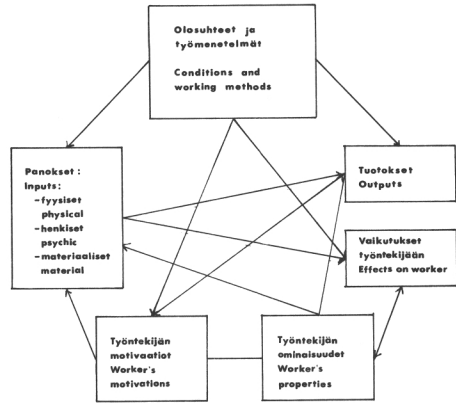
Edellä mainitun tutkimustehtävän yhteydessä laaditaan yleinen kehys metsätyömenetelmien ergonomisesta kehityksestä, koska tässä rajattujen työmenetelmien kehittyminen olennaisesti kytkeytyy kokonaisten korjuuketjujen kehittämiseen. Tekomenetelmissä on osatöitä, jotka vaikuttavat toisiinsa, ja puutavaran teossa otetaan kuljetus huomioon ja päinvastoin kuljetuksessa puutavaran teko.

### 13. Työntekijään kohdistuvat vaikutukset työtapahtuman osana

Aikatutkimuksilla operoiva työntutkimus tarkastelee yksinomaan tuotoksia määräolosuhteissa ottaen samalla mahdollisesti huomioon työntekijöiden ominaisuuksista johtuvat erot työajan menekissä (vrt. MAKKONEN 1950). Teollisuuden työntutkimuksissa alkuaan työn fysiologian perusteella tapahtuva rationalisointi oli tärkeässä asemassa (vrt. SÄLLFORS 1945), mutta työntutkimuksen arkikäytännössä työajan mittaaminen lienee hallitsevassa asemassa (vrt. NISKANEN 1969).

Taylorin alkuunpanema työntutkimuksen teoria, joka tarkasteli ihmistä ”fysiologisena koneena”, vaikutti myös organisaatioteoriaan ja hänen kehittämänsä ”tieteellinen liikkeenjohto” on myöhemmin kokenut kritiikkiä useiden koulukuntien mm ”ihmissuhteiden koulukunnan” taholta. Uusin organisaatioteoria kritikoit entisiä koulukuntia niiden kaikkien edustaman yksipuolisuuden vuoksi ja etsii ratkaisua organisaation ongelmiin mm. systeemiteorian pohjalta (WIIO 1970).

Myös työntutkimuksissa sekä pelkin aikatutkimuksin että fysiologisin tarkasteluin toimiva tutkimus voitaneen käsittää laajemman systeemin osa-alueita selvittäväksi analysoinniksi. Taylorin periaatteet fysiologisesti oikeiden työtapojen löytämiseksi eivät sinänsä ole systeemijattelun mukaan ”väärää” tai ”vanhankaisiä”, vaan työtapahtumaan voidaan katsoa kuuluvan myös muita tekijöitä kuten motivaatiot, jotka ovat yhteydessä mm. ihmissuhteisiin. Eräänlaiseen panos-tuotos ajatteluun perustuvan työtapahtumaa kuvaavan systeemin mallin on kirjoittaja esittänyt jo aikaisemmin (HARSTELA 1971c) ja täydennettynä vaikutuskomponentilla sitä käytetään tässä apuna



Kuva 1. Työtapahtumaa kuvaava systeemi-kaavio.

Fig. 1. The system-scheme of work.

selvitettäessä työntekijään kohdistuvia vaikutuksia työtapahtuman osana. Kun systeemi ymmärretään laajasti joukoksi aineellista ja aineettomia olioita, joilla on riippuvuussuhteita (vrt. NIITAMO 1968), voidaan työtapahtumaa kuvata oheisella kaaviolla.

Mallin mukaan tuotos muodostuu materiaallisten, psyykkisten ja fyysisten<sup>1)</sup> panosten sekä työntekijän ominaisuuksien, ulkoisten olosuhteiden ja työmenetelmän funktiona. Panokset ovat osittain vuorovaikutuksessa keskenään ja muodostuvat työntekijän motivaatioiden ja ominaisuuksien sekä olosuhteiden ja työmenetelmän funktiona. Toisin sanoen tuotokset sinänsä eivät kuvaa uhrattujen panosten määrää.

Tästä esimerkkinä voidaan mainita puiden kasaus eri pituisina pölkkyinä. Raskaan pölkyn nostamisessa kuormittuu työntekijä aina enemmän kuin kevyen, vaikka puiden kasaus pitempinä pölkkyinä on nopeampaa kuin lyhyinä. Kantaminen sisältää niin paljon staattista työtä, että kuormittumista voinee vain osittain pienentää työtahtia hidastamalla (HARSTELA 1970a, 1971c). Edelleen jaksoittamalla työtä erilailla on mahdollista säädellä kuormittumista määrätöissä työn tuotoksen oleellisesti muuttumatta (HARSTELA 1971a).

1) Fyysiset panokset käsittävät työn fysiologiassa yleisesti työenergialla tarkoitettua lihasenergiaa ja työn psykologiassa työenergialla tarkoitettua hermoenergiaa, jotka molemmat liittyvät ihmisen elimistön fysiologisiin prosesseihin. (OKSALA 1961).

Malli on sopusoinnussa yleisen työtieteen ja työn psykologian teorioiden kanssa. On muun muassa todettu työn tuotoksen olevan työntekijöiden motivaatioiden funktio (vrt. GORPE 1969) ja luonnollisesti vaikutuksen täytyy siirtyä panosten kautta tuotokseen. Edelleen on selvästi todettu, että saman tuotoksen aikaansaaminen erilaisissa olosuhteissa kuormittaa työntekijää erilailla ja työntekijän ominaisuudet vaikuttavat sekä hänen kuormittumiseensa että työn tuotokseen (HANSSON 1965, BURGER 1969).

Käytännöllisistä syistä työntutkimuksia joudutaan suorittamaan vain systeemin joihin osaa tarkastellen, koska erikoisesti työntekijän motivaatioiden ja ominaisuuksien sekä psyykkisten ja osittain fyysisten panosten mittaaminen tuottaa usein vaikeuksia ja systeemikonaisuuden tutkiminen johtaisi ylivoimaisen laajoihin tutkimustehtäviin. Systeemiajattelu voitaneen kuitenkin ulottaa tulosten tulkintaan ja työn tutkimuksen teorian muodostukseen.

Tässä työssä tarkastellaan eräiden työmenetelmien, tuotosten ja määrättyjen fyysisten panosten suhdetta työntekijään kohdistuviin vaikutuksiin sekä eräitä näihin vaikuttavia olosuhte- eli työvaikeustekijöitä. Tarkasteltavien fyysisten panosten suhdetta muihin esim. hermoenergian kulutukseen ja psyykkisiin panoksiin ei voida osoittaa. Käytetyt mittarit eivät

helposti reagoi viimeksimainittujen panosten muutoksiin sillä kuormittavuustasolla jota puutavaran teko edustaa (BURGER 1969).

Työntekijän kuormittuminen on seurausta hänen uhraamistaan panoksista. Havaittaessa fysiologisia vaikutuksia työntekijässä, ovat niitä aiheuttamassa työntekijän motivaatiot ja ominaisuudet sekä olosuhteet ja työmenetelmät. Verrattaessa näitä vaikutuksia eri työmenetelmissä erot voivat johtua paitsi työmenetelmistä, myöskin työntekijästä, erilaisista olosuhteista tai uhratuista panoksista. Olosuhteita voidaan melko paljon kontrolloida. Työntekijä voi olla eri työmenetelmissä sama, jolloin rakenteelliset ominaisuudet eivät vaikuta niin paljon lopputulokseen kuin eri henkilöitä käytettäessä. Harjaantamalla työntekijä eri menetelmiin voitaneen motivaatioiden ja henkisten panosten vaikutusta eroihin vähentää, kun vertailtavana ovat menetelmät, joiden vaatima hermostollinen ponnistus – harkinta, valppaus jne. – sekä ns. ”stressitekijät” – kiire, vastuu jne. eivät olennaisesti poikkea toisistaan. Huomattava epävarmuus tuloksiin kuitenkin aina jää mm. metsällisten olosuhteiden vaihtelurikkaiden ja inhimillisten tekijöiden komplisoidun luonteen vuoksi. Tämän vuoksi hypoteesien laadinnassa ja tulosten tarkastelussa yleisten ergonomisten teorioiden mukaisen viitekehyksen asema korostuu.

## 2. METSÄTYÖMENETELMIEN YLEINEN ERGONOMINEN KEHITYS

### 21. Puutavaran teko ihmistyövaltaisain menetelmin

Puutavaran teko on kuitupuun osalta kokenut seuraavia muutoksia. Hajamuodostelmiin teoista on paljon siirrytty tekoon palstatienvarteen ja samalla ristikoinnista kourakasoihin. Työvaiheista on kuorinta siirtynyt erilliseksi konetyöksi joko tehtaalle tai välivarastolle. Viimeisin kehitys, johon tämä tarkastelu pääasiassa rajoittuu, on ollut siirtymistä pitemmän tavaran tekoon (3, 4 ja 3 . . . 6 m), silmävaraiseen katkontaan sekä tynkäkarsintaan (vrt. MAKONEN 1950, KAHALA 1966, SAVOLAINEN 1967, 1970).

Vuonna 1951 laaditun ennusteen mukaan edellä mainitut muutokset, ennen kaikkea kuorinnan koneellistuminen yhdessä traktorikuljetuksen yleistymisen kanssa olisivat vähentäneet metsätyövoiman tarvetta vuoteen 1972 mennessä n. 25 milj. miestyöpäivään vuodessa eli 20 % vuoden 1957 tilanteeseen verrattuna (PUTKISTO 1959a). Todellisuudessa työvoiman tarvetta supistava kehitys on ollut nopeampaa lisääntyneestä hakuuäärästä huolimatta (SIMONEN 1971).

Sahapuun valmistuksessa on teko rekeen auttaen väistynyt tukkien hajalleen teon tieltä hevospeljetuksen vähentymisen myötä. Lisäksi tavaralajimenetelmän rinnalle on kehittynyt



runkomenetelmä, jossa osa teosta siirtyy väli-varastolle. Myös sahapuun teossa on alettu käyttää silmävaraista apteerausta sekä tynkä- ja puolikarsintaa. Kaikessa puutavaran teossa on ollut hallitsevaa siirtyminen myös karsinnassa moottorisahan käyttöön (vrt. MAKKONEN 1950, KAHALA 1969, AHONEN 1970, SAVO-LAINEN 1970). Eräitä tilastotietoja puutavaran tekomenetelmien kehittymisestä on esitetty liitteessä 1 (s. 00).

Yhteisenä piirteenä puutavaran teon kehitykselle on ollut työvaiheiden vähentäminen sekä yksinkertaistaminen. Pisimmälle kehitetyt menetelmät (vajaakarsinta ja silmävarainen katkenta) edellyttävät moottorisahan käyttöä myös karsinnassa, koska muuten ei saavuteta menetelmissä oleellista säästöä muihin työmenetelmiin verrattuna. Usein teko liittyy osana ohjelmoituun korjuuketjuun, jossa lähikuljetus on koneellistettu. Kehityksen liikkeelle panevana voimana on kaiketi ollut pyrkimys kustannusten ja ihmistyöpanoksen vähentämiseen, koska tutkimuksissa ei yleensä ole pyritty osoittamaan kehityksellä saavutettavia ergonomisia etuja, ja kuten jäljempänä todetaan, viime aikaista kehitystä voi pitää monessa suhteessa ergonomisesti epäedullisena.

Aikaisemmin esitetyn systeemimallin mukaan ergonomia jaetaan tässä seuraaviin ryhmiin siten, että kukin ryhmä vastaa systeemin alkiota tai osa-alkiota (vrt. OKSALA 1963, LUTHMAN ym. 1969):

1. Työn psykologia ja hermoenergian käyttö
2. Työolosuhteet
3. Ihmisen työkoneisto
  31. Mekaaninen rasitus
  32. Fysiologiset seuraamukset

Jaottelu ei kata koko ergonomian aluetta,<sup>1)</sup> vaan esim. informaatiojärjestelmä: työtapaturmat ja työntekijän sosiaaliset olot on yksinkertaisuuden vuoksi suurelta osin jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle. Lisäksi ihmisen työ-koneiston osalta rajoitetaan näihin kahteen metsätyön kannalta oleelliseen kysymykseen.

1) Ergonomia on määritelty mm. seuraavasti: "Ergonomia on soveltava tutkimusalue, jolla ihmiseen kohdistuva biologinen asiantuntemus – lähinnä fysiologisia lääketieteellinen ja psykologinen – yhdessä teknologian kanssa muo-  
vaa ihmisen teknisiä työmenetelmiä, työvälineistöä sekä työ- ja elinympäristöä hänen elimistönsä ja käyttäytymisensä ominaislakien mukaisesti." (OKSALA 1970)

Puutavaran tekoa tarkasteltaessa ensimmäisen ryhmän puitteissa huomio kiinnittyy siihen, että se on muuttunut monotoonisemmaksi ja saanut pakkojohtoisuuden leimaa. Määräytylle ihmisryhmälle tällainen työ oikein järjestettynä on psyykkisesti kevyempää kuin enemmän harkintaa vaativa, mutta luonteeltaan monipuolisille, luoville henkilöille pakkojohtoinen työ ei sovi (vrt. SÄLLFORS 1954, OKSALA 1963). Varsinaisen työprosessin yksinkertaistamisen ja pakkojohtoisuuden lisääntymisen vastapainona on työvoiman vakinaistamisen myötä usein siirretty työntekijöille aikaisemmin työnjohdolle kuuluneita tehtäviä kuten leimaus ja palstateiden suunnittelu, ja koneiden käyttö lähikuljetuksessa on lisännyt hyvän hakkuujärjestyksen tarvetta (vrt. ARNKIL 1970, KAHALA ym. 1970). Nämä seikat lisäävät tekomi-  
työn monipuolisuutta sekä vaativat ilmeisesti tekomieltä harkintaa.

Työolosuhteet eivät sinänsä ole muuttuneet työmenetelmien kehittämisen seurauksena työvälineitä lukuunottamatta. Uudet tekomenetelmät edellyttävät käytännössä moottorisahan käyttöä kaadon ja katkonnan lisäksi myös karsinnassa. Näin ollen tekemies on alttiina sahan aiheuttamalle tärinälle, melulle ja pako-  
kaasuille 70. . .100 % tehotyöajasta työmenetelmästä riippuen (vrt. KAHALA 1969, AHONEN 1970, HARSTELA 1970 b, 1971 a, c, HARSTELA ym. 1971).

Työn mekaanisella rasituksella tarkoitetaan tässä sellaista fyysistä vaikutusta työntekijän kehoon, jonka ei voi suoranaisesti katsoa vaikuttavan ihmisen fysiologisiin prosesseihin, mutta joka voi aiheuttaa patologisia muutoksia ihmisessä. Näin ollen luustoon ja niveliin kohdistuva rasitus kuuluu tähän ryhmään. Metsätyöntekijöillä yleisesti tavataan paljon selkä- ja liikuntaelinten sairauksia. Vuoden 1969 metsätyömiesten terveys- ja elintasotutkimuksen selostuksessa tosin todetaan, ettei voitu todeta kaikille raskaan työn tekijöille ominaisten selkäkipu-  
tuntumusten olevan erityisesti metsätyömiehille ominaisia tai selkäkipujen olevan riippuvuussuhteessa moottorisahan käyttöön (Metsä. . .1971). Kuitenkaan se, että mainittuja kipuja esiintyy myös muissa ammattiryhmissä, ei liene syy hylätä olettamusta ammatin osuudesta kipujen syntyyn. Raskaiden kappaleiden nostaminen ja epämukava työasento sekä staattinen lihasjännitys saattavat olla yksi syy särky-  
sairauksiin. Siirtyminen tukkien rekeen auttami-

sesta levälleen tekoon, on vähentänyt raskaimman puutavaran siirtelyä. Myös ristikoinnin poisjänti kuitupuun teossa on vähentänyt pölkkyjen nostelua, mutta toisaalta ollaan siirtymässä pitempiin, 3-, 4- ja 6-metristen pölkkyjen palstatiin vartein tekoon. Kun siirrettävistä pölkkyistä suuri osa saattaa 3-metrisenäkin – huolimatta uusissa taksoissa säädetyistä suurimman siirrettävän pölkyn latvaläpimitarajoituksesta (Työvaiheittaiset... 1971) – painaa yli 80 kg (vrt. HAAJA 1970), on mm. selän vioittumisen vaara suuri etenkin väärää nostotekniikkaa käytettäessä. Esim. ASSMUSSEN ym. (1965) pitävät nostettavan kappaleen maksimipainona keskitason miehelle lastaustyössä 60 kiloa. Työasennon osalta työskentely huonolla runkojuontoväliavarastolla saattaa olla varsin vaikeaa. Tekomies joutuu usein vääntämään tyveyksiä tai pinotavarapölkkyjä tukkikasan seasta eroon. Lisäksi latvapaperipuun kasusmatka saattaa muodostua pitkäksi. Ahtaalla varastolla tekemies joutuu saamaan pahoista paikoista usein jäisien runkojen päällä, jolloin staattinen työ on huomattavaa ja myös tapaturmavaara lienee ilmeinen.

Fysiologiset seuraamukset ovat metsätyössä sekä energian kulutuksen että tärinän ja melun vaikutuksesta muihin ammatteihin verrattuna suuret (KARVONEN 1963, KAMINSKY 1966, LUTHMANN 1969, HASAN 1970). Tähän tämän selvityksen pääaiheeseen palataan tarkemmin seuraavassa pääluvussa.

## 22. Puutavaran teko konetyövaltaisella menetelmällä

Konetyövaltaisella tekomenetelmällä tarkoitetaan tässä työmenetelmää, jossa kaksi tai useampi tekoon kuuluvista työvaiheista suoritetaan monitoimikoneilla. Näiden koneiden käyttöön otto muuttaa varsin paljon metsätyön ergonomista luonnetta. Suuri osa tai teko kokonaan siirtyy koneen ja sen käyttäjän suoritettavaksi ja ihmistyö muistuttaa enemmän traktorin kuljettajan kuin hakkuumiehen työtä. Koneiden kallis hinta edellyttää paitsi korjuuketjun saumatonta työskentelyä, myös ympäristöstä usein kaksi- tai kolmivuorotyötä (vrt. PÖLKKI ym. 1970). Ensimmäiset Suomessa käytetyt monitoimikoneet edellyttävät erillistä joko toisen koneen tai moottorisahamiehen suorittamaa kaatoa. Näin ollen ns. konetyö-

valtaiseenkin menetelmään saattaa liittyä moottorisahalla suoritettavaa tekoa. Monitoimikoneiden tällä hetkellä tekemä puumäärä on vähäinen, mutta sen odotetaan lisääntyvän voimakkaasti 1970-luvun aikana (SAVOLAINEN 1970, JÄMSEN 1970).

Monitoimikoneen käyttäjän työssä tarvitaan harkintaa ja koneen käsittelytaitoa, jopa näppäryyttä, koska koneen hallintalaitteet voivat käsittää useita kytkimiä, vipuja ja nappuloita sekä käyttölaitteita. Lisäksi koneen toiminta muodostuu useista erilaisista verraten nopeista liikkeistä, jolloin päätösten tulee tapahtua nopeasti. Esim. Djatel-1 monitoimikoneen työvaiheita on kaadossa kuusi ja keskimäärin liikkeiden kestoajat ovat olleet 4...12 sekuntia (MEŽALS 1971). Hermoenergian kulutus voi-nee siis nousta suureksi. Liikesarjat toistuvat kuitenkin samantyyppisinä ja koneen käyttö voi-nee muodostua rutiininomaiseksi, mutta tutkimustuloksia tästä asiasta ei liene. Koska työ liittyy korjuuketjuun ja ihmisen toiminta koneen toimintoihin, on työssä sekä pakkojohtoisuuden että pakkotahtisuuden leima. Työntekijällä on kuitenkin mahdollisuus työn rytmittämiseen omien taipumustensa mukaisesti, koska työ ei välittömästi liity muiden henkilöiden työhön. Näin ollen sopiville henkilöille on mahdollista järjestää tässä suhteessa verraten miellyttävä työympäristö, jos korjuuketjun tahti ei muodostu ”stressitekijäksi” (vrt. OKSALA 1963).

Stressitekijöinä korostuvat pitkälle koneellistetussa korjuuketjussa koneiden rikkoutumisesta johtuva harmi, joka epäedullisissa ilmasto-olosuhteissa heikoin välinein suoritetuissa korjausyrityksissä korostuu, sekä aikatauluun sidonnaisuus. Koneisiin on sijoitettu varsin huomattavia pääomia ja koneiden tehokkaan käytön edellytyksenä on korjuun ohjelmointi (PÖLKKI ym. 1970, ARNKIL 1970).

Monitoimikoneelle suoritettava moottorisahakaato on puutavaran teossa pitemmälle yksinkertaistettu työmenetelmä. Pakkojohtoisuus työssä on etenkin talviolosuhteissa suuri, koska kaadon edistyminen on aikataulultaan sidottu monitoimikoneen työskentelyyn. Jos olosuhteiden vaikutusta tuotokseen ei riittävästi huomioida, voi kaatomiehen urakka ja ”stressi” muodostua suureksi, koska kalliin koneen seisahtumista yleensä pyritään välttämään. Kesäolosuhteissa voidaan yleensä pitää riittävä määrä puita valmiiksi kaadettuna, jolloin työntekijä voi säilyttää oman tahtinsa. Toisaalta koneen

rikkoutuminen voi aiheuttaa kaatomiehelle ansionmenetyksen.

Koneen käyttäjän työolosuhteet muistutavat paljon traktorin kuljettajan työolosuhteita. Koneiden ohjaamon ja hallintalaitteiden ominaisuuksia on verraten laajasti käsitelty kirjallisuudessa (vrt. AHO ym. 1971). Muun muassa hallintalaitteiden ergonomiasta on suoritettu runsaasti tutkimuksia (vrt. LUTHMANN ym. 1969) ja useat ohjaamon ergonomiset ominaisuudet on verraten hyvin mitattavissa (vrt. AHO ym. 1971). Sen sijaan koneen työskentelyn vaikutus kuljettajaan esim. heilunnan osalta kaippaa tutkimista. Yleisenä toteamuksena voitaneen sanoa monitoimikoneen kuljettajan työolojen olevan suurelta osin insinööritaidollisen ongelman. Moottorisahakaatoa suorittavan tekemiehen työolot ovat verrattavissa muuhun moottorisahalla suoritettavaan tekoon. Moottorisahan käsittelyä on tällöin lähes koko tehollinen työaika (HARSTELA ym. 1971).

Monitoimikoneen kuljettajaan kohdistuva mekaaninen rasitus on lähinnä istumatyön ja mahdollisesti koneen heilumisen – asiaa ei ole tutkittu – aiheuttamaa. Istuminen sinänsä saattaa heikon selän omaavalle henkilölle aiheuttaa vaivoja, jota koneen heiluminen korostaa.

Pelkässä moottorisahakaadossa mekaanista rasitusta voivat aiheuttaa epä mukava työasento, siitä ja sahan käsittelystä johtuva staattinen työ sekä suunnattuun kaatoon liittyvä puiden ”vänkääminen” haluttuun suuntaan. Oikea työtekniikka lienee tärkeä vaurioiden estämisessä. Moottorisahan paino kaatoasennossa voi aiheuttaa noin 10. .15 kp vedon selän lihaksiin, mikä ei vielä keskittason miehelle aiheuta välitöntä vaurioitumisriskiä (ASMUSSEN ym. 1965). Sen sijaan ”vänkäyksessä” voimantarve voinee kohota olosuhteista riippuen suureksikin.

Lihaseenergian kulutuksen aiheuttama fysiologinen kuormittuminen lienee monitoimikoneen kuljettajalla keskinkertaista työtä vastaava. Tosin tutkimustulokset rajoittuvat venäläisen Djatel-monitoimikoneen kuljettajaan, jolla sykearvot olivat 100 alapuolella (MEŽALS 1971). Sen sijaan koneen heiluntaa ja tärinää ei liene tutkittu, ja sen tähden ei voida sanoa millainen on näistä tekijöistä aiheutuva fysiologisten seuraamusten riski. Koneen siirtyminen palstalla lienee verrattavissa metsätraktoriin, johon palataan seuraavassa luvussa. Oletettavasti koneiden rakenteella ja toimintaperiaatteella on ratkaiseva vaikutus koneen heiluntaan ja tärinään. Hei-

lunta ja tärinä voivat lisäksi aiheuttaa psyykkisiä häiriöitä.

Moottorisahakaadon aiheuttamiin fysiologisiin seuraamuksiin palataan seuraavassa luvussa. Muuhun metsätööhön verrattuna suuri tärinälle alttiinaoloaika on luonteenomaista kaadolle (HARSTELA ym. 1971).

### 23. Puutavaran metsäkuljetus

Siirtyminen metsäkuljetuksessa ensin maatalous- ja sitten metsätraktoreiden käyttöön on muuttanut työn ergonomista luonnetta varsin paljon. Käsien suoritettava puutavaran kuormaus ja purkaminen ovat kuormajuonnossa jäämässä vähiin ja tilalle ovat tulleet ensin mekaaniset ja sittemmin hydrauliset nosturit. Ennen kaikkea kuormaa kantavat kourakuormaimella varustetut kuormatraktorit ovat viimeisten vuosien aikana selvimmin lisänneet suhteellista osuutta kuljetuskalustossa. Myös yksinkertaisin varustein varustetut maataloustraktorit ovat lisääntyneet, mutta runkojuontotraktoreiden juontaman puumäärän osuus on vakiintunut alle 10 % (liite 1), (vrt. PUTKISTO 1956, SAVOLAINEN 1967, 1970).

Lähikuljetuksen liittyessä koneellistamisen edistyessä yhä kiinteämmin muuhun korjuuketjuun on työ saanut pakkajohtoisuuden leimaa. Työn sopivaan rytmittämiseen on kuitenkin kuljettajalla ehkä vielä paremmat mahdollisuudet kuin monitoimikoneen käyttäjällä, ellei korjuuketjun yleinen tahti ole liian nopeaa (vrt. OKSALA 1963). Psykkinen rasitus, joka ilmenee ns. ”stressinä” voinee varsinkin urakoitsijalla kohota varsin suureksi vastoinkäymisten sattuessa, koska nykyaikaisissa koneissa on verraten suuri pääoma sijoitettuna ja metsäkäytössä koneet ovat erittäin alttiita särkyemisille. Metsäkuljetuksessa samoin kuin monitoimikoneyöskentelyssä on ongelmana myös jatkuva yksinäisyys ja siitä johtuva turvattomuuden tunne onnettomuustapauksia ajatellen. Tämä voidaan osittain eliminoida yhteysradioitse ja sävelradiolla.

Ajo samoin kuin purkaminen edellyttää valppautta ja harkintaa, ja sen tähden hermoenergian kulutus saattaa olla huomattava (AHO ym. 1971). Myös heilunnan ja tärinän seurauksena voi esiintyä psyykkisiä häiriöitä, jotka ilmenevät mm. huomiokyvyn heikkenemisenä (vrt. HASAN 1970, AHO ym. 1971).

Metsätraktorin kuljettajan työskentelyolosuhteet ovat saaneet laajaa huomiota osakseen kirjallisuudessa. Näkyvyys, hallintalaitteiden sijoitus, äänieristys, ilmanvaihto, siirtyminen koneeseen, kuljettajan tilantarve, tärinä, jne. ovat ergonomisia kysymyksiä, joiden ratkaiseminen on insinööritaidollinen ongelma. Ehkä suurimmat vaikeudet ovat koneen heilunnan eliminoinnissa. Heilunnan määrään vaikuttavat ajonopeuden ja maaston lisäksi traktorin rakenne ja istuin. Tavanomaisilla istuimilla on vain rajoitetut mahdollisuudet vähentää heiluntaa. Vasta ohjaamon eristäminen rungosta jousien varaan tai aktiivinen, elektronisesti ohjattu istuinjousjärjestelmä voivat tehokkaasti estää heilunnan (AHO 1969, KÄTTÖ 1971, AHO ym. 1971).

Myös mekaaninen rasitus traktorin kuljettamisessa liittyy pääasiassa traktorin heiluntaan ja tärinään, jotka voivat aiheuttaa selkä- ja vatsasairauksia, psyykkisluonteisten toimintahäiriöiden lisäksi. Metsätraktoreilla suoritetuissa kokeissa heilunnan ja ajonopeuden sekä toisaalta pintamaaston välillä oli voimakas korrelaatio. Maastosta riippuen traktorin nopeudella 0,8 . . 1,5 m/sek. ylittettiin VDI-normi suurimmasta ihmiselle sallittavasta pystyheilunnasta. (KÄTTÖ 1971) Varsin yleisesti ”normaali savottavauhti” on em. nopeuksia suurempi (vrt. HAARLAA 1971). Sivuheilunta saattaa olla vielä pystyheiluntaa vaarallisempi. HAARLAA:n saama tulos, jonka mukaan pintamaasto on selittänyt huonosti ajonopeutta, ei ole edellä esitettyjen heiluntatulosten mukainen. Selitys lienee koejärjestelyn ja äärimaastojen puuttumisen lisäksi siinä, ettei lyhytaikaisessa ajosuorituksessa heilunnan vaikutus tunnu niin voimakkaana, että se vaikuttaisi ajajan ajonopeuspäätökseen selvästi. Monet heilunnan hättävaiikutuksista ilmenevät pitkän ajan kulltua selkä- ja sisäelinsairauksina (BENNET ym. 1963, HASAN 1970).

Lihasenergian kulutuksesta johtuva fysiologinen kuormittuminen traktorikuljetuksessa on tutkimusten mukaan kevyttä tai keskinkertaisen raskasta työtä vastaavaa, sykearvojen ollessa yleensä 80 . . 110 välillä (SAMSET ym. 1969, VIK ym. 1969). Kuormauksessa ja purkamisessa nivelpuominosturilla sykkeen on todettu vain hieman nousevan ajoon verrattuna. Sen sijaan laahujuontotraktorilla vajerin vedossa on todettu 130 . . 150 sykettä. Myös keinovalaistuksen heikkeneminen pimeässä työskennellessä

on lisännyt hieman sykettä, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (TELJSTEDT 1970).

Työenergian kulutuksesta vain osa on lihasenergiaa, loppuosan ollessa hermoenergiaa, jonka kulutuksen näkyminen sykkeessä on epävarmaa (BURGER 1969). AHON ym. (1971) mukaan työenergian kulutukseen vaikuttavat huomattavasti ajonopeus, ajoradan laatu, työasento sekä vertailevien traktorimerkkien väliset eroavuudet. Yksistään ohjaustehostimien käytön on etukuormauksessa todettu vähentävän energian kulutusta 20 %.

Traktorin tärinä ja heilunta voivat aiheuttaa fysiologisia vaikutuksia kuljettajaan. MAGIDIN ja COERMANIN mukaan taajuusalueella 1 . . 10 Hz ilmenee pystyheilunnan vaikutuksesta mm. sykkeen muutoksia, lihasjännitystä, ulostamista ja virtsaamistarvetta sekä erilaisia kipuja ja toimintahäiriöitä (vrt. BENNET ym. 1963). Tärinän fysiologiset vaikutukset liittyvät energian kulutukseen, hengitykseen, verenkiertoon, hermostoon sekä sisäeritteisiin (HASAN 1970).

Puutavarain metsäkuljetukseen liittyy usein erityisesti kasvatusmetsissä esijuonto tavallisesti maataloustraktorisovitteisella vintturilla. Esijuontoa suoritetaan etupäässä tukeille ja taksan mukaan ylijäreille paperipuulle, joiden siirtäminen palstatiin varteen ihmisvoimin on katsottu liian raskaaksi työksi. Sitä voidaan käyttää myös kokonaisille rungoille, jolloin katkenta tapahtuu palstatiella tai välivarastolla. Esijuonto on pääasiassa tilapäis- tai kausiurakointia, joten sekä traktorikalustolle että työntekijöille sillä on sivutyön asema, ja tätä tarkoitusta varten hankittu kalusto edellyttää verraten pientä investointia. Samantyyppistä halpaa kalustoa käytetään myös varsinaiseen lähikuljetukseen usein pankko-vintturiyhdistelmänä.

Esijuonnossa raskain työvaihe on vajerin vetäminen puiden luo, joka myös päivän mitaan edellyttää runsasta kävelyä. Tämä saattaa etenkin lumessa muodostua rasittavaksi työksi (vrt. HARSTELA ym. 1970). Rasitusta köydenvedossa voi vähentää koneellisella rummun pyörityksellä sekä löysäämällä rummun jarrua vedon ajaksi. Kahden miehen työryhmässä voi myös vintturin hoitaja auttaa köyden purkautumista kelalta. Tietyissä työmenetelmissä, joita meillä ei liene merkittävästi käytetty, kaksirumpuvintturin toinen kela voi toimia palautusrumpuna.

### 3. MOOTTORISAHAN KÄYTTÖÖN PERUSTUVIEN TYÖMENETELMIEN FYSIOLOGISTEN VAIKUTUSTEN KEHITYS JA MENETELMIEN ERGONOMINEN KEHITTÄMINEN

#### 31. Yleistä

Moottorisahalla suoritettava puutavaran valmistus on vielä selvästi yleisin tekotapa ja sen ennustetaan myös säilyvän lähimmät 10 vuotta valta-asemassa (JÄMSEN 1970, SAVOLAINEN 1970). Lisäksi ainakin moottorisahakaato liittyy eräisiin monitoimikoneketjuihin. Puutavaran teon on eri tutkimuksissa todettu vastaavan keskiraskasta, raskasta tai erittäin raskasta työtä (AGER 1964, HANSSON 1965, HARSTELA 1970 a, JOHANSSON ym. 1969, KARVONEN 1970, LEVANTO 1970, RÖNNHOLM ym. 1963, SAMSET ym. 1970 ja VIK ym. 1969). Lihasenergian runsaan käytön synä ovat runsaasti liikuntaa ja kaikkien suurimpien lihasten käyttöä vaativa työ sekä moottorisahan kantattelusta ja pölkkyjen kantamisesta johtuva staattinen työ. Kuten aikaisemmin on todettu voi nykyisten moottorisahojen paino kumarassa asennossa aiheuttaa noin 10...15 kp vedon pelkästään selkälihakissa. Lisäksi kaadossa 'vänkäys' ja karsinnassa puiden kääntäminen sekä siirtyminen vaikeassa maastossa tai lumessa saattavat muodostua raskaiksi työvaiheiksi.

Tärisävät kädessä pidettävät työkalut aiheuttavat verenkiertohäiriöitä, luuston muutoksia, hermostollisia vaurioita, muita pehmeiden kudosten vaurioita ja epänormaalisuutta sisäeritteissä (vrt. HASAN 1970). Moottorisahan käytöllä tunnetuin ja eniten tutkittu seurasilmio on TVD-tauti eli "valkosormisuus" (vrt. KAMINSKY 1966, AXELSSON 1967). Moottorisahojen tekninen kehitys on ilmeisesti vähentänyt värinävaikutusta, mutta värinäätöntä sahaa ei kuitenkaan ole pystytty tekemään (AHO 1970). Värinävaimentimet saattavat AHON (1971) mukaan nimenomaan joutokäynnin aikana synnyttää voimakkaan värinän. Parhailta sahoilla hän arvelee kuitenkin voitavan sahata verraten turvallisesti, jos riittävien taukojen pitämisestä huolehditaan.

Moottorisahan melu aiheuttaa värinän ohella ammattitajeja metsätyömiehiin (Metsä... 1971). Meluarvot ovat käytännön metsätyössä varsin huomattavia (AHO ym. 1970), ja meluallistus on suorassa riippuvuussuhteessa jäljempänä analysoitaviin tehokäyntiaikoihin. Melu-

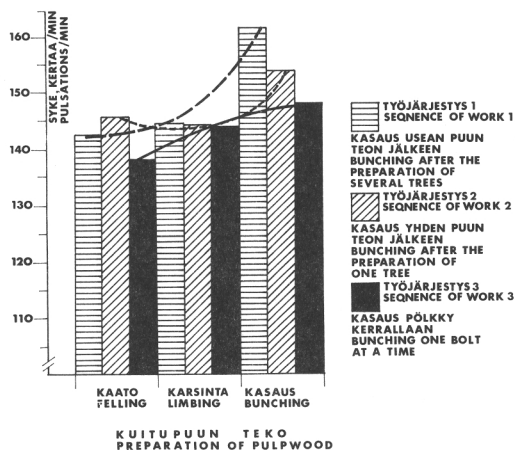
vaurioiden estämiseksi on kuulosuojainten käyttö tarpeellista.

#### 32. Tavaralaji- ja runkomenetelmät

##### 321. Energian kulutuksen aiheuttama kuormittuminen

Kasaus on useiden tutkimusten mukaan raskain työvaihe puutavaran teossa (KYLIN ym. 1968, SAMSET ym. 1969, LEVANTO 1970, HARSTELA 1971 a). Tosin norjalaiset Samset ym. asettavat karsinnan kasauksen rinnalle rasittavuudessa.

Aivan pienissä runkosuuruusluokissa ei rasitus kasauksessa LEVANNON ja MÄLKIÄN (1971) mukaan kuitenkaan nouse muita työvaiheita suuremmaksi. Energian tarve suurenee kasattavien pölkkyjen koon kasvaessa (HARSTELA 1970 a). Tämän käsityksen tukena on aikaisemmin esitetyt pölkkyjen suuret painot ja kantamistyön staattinen luonne. Kuitupuun teossa on siirrytty aikaisempaa pitempien pölk-



Kuva 2. Työntekijän sykkeen keskiarvot kuitupuun teossa eri työjärjestyksiä käytettäessä (HARSTELA 1971a).

Fig. 2. Mean pulse rates of a worker for different work sequences on making of cordwood (HARSTELA 1971a).

kyjen tekoon ja kasaukseen palstatien varteen. Tältä osin kehitys on ollut työntekijän kuormittumista lisäävää. Tosin viime aikoina on pyritty palstatievälin pienentämiseen ja täten kasausmatkan lyhentämiseen.

Työtahtia muuttamalla voi LEVANNON (1970) mukaan vaikuttaa sekä kasauksen että kuitupuun teon kuormittavuuteen yleensä. Tällöin työn tuotoksen aleneminen oli suhteessa vähäisempää kuin kuormittumisen pienentyminen. Kasauksen osittain staattinen luonne ja se, että uuden pölkyn noutamiseen kuluu vain vähän aikaa, aiheuttanevat sen että kasaus – varsinkin suurien puiden ja pitkien pölkkyjen teossa – säilyy kuitenkin raskaana työnä.

Lähtökohtana oletamus, että kasaus on raskain työvaihe kuitupuun teossa ja työ on niin kuormittavaa, että ns. happivelkaa syntyy, voidaan ergonomiassa yleisesti tunnetun lainalaisuuden mukaan päätellä, että jaksottamalla raskas työvaihe pieniin osiin, joiden välillä tehdään kevyempää työtä, on mahdollista vähentää kuormittumista (LUTHMAN ym. 1969). Tämän on HARSTELA (1971 a) todennut osoittaessaan, että työjärjestys, jossa kasataan yksi pölkky kerrallaan on vähiten kuormittava, ja kuormittuminen on sitä suurempaa mitä useampia pölkkyjä kerrallaan kasataan. Työn tuotos pysyi kaikkia työjärjestyksiä käytettäessä suunnilleen samana, kun tehtiin n. 3-metristä tynkäkarsittua tavaraa. Koehenkilön joutuisuudella työ oli kuitenkin kaikkia työjärjestyksiä käytettäessä erittäin raskasta. LEVANNON ja MÄLKIÄN (1971) saama päinvastainen tulos selittyy sillä, että 2-metriseksi tehtyjen puiden keskikoko oli erittäin pieni ( $d_{1,3}$  10 cm) ja tällöin ei kasauksessa synny muihin työvaiheisiin verrattuna räsitusluippua, joka pienenisi kasausta jaksottamalla. Lisäksi työn tuotokset näyttivät olevan suurempia tehtäessä yksi puu kuin 10 puuta kerrallaan, joten kuormittumiseron voi selittää erilaisen työtahdin aiheuttamaksi.

Vaikka puutavaran pituutta ei lisättäisikään, tynkäkarsinta ja silmävarainen katkonta nopeuttaessaan karsintaa ja katkontaa aiheuttavat sen, että kasaustyön suhteellinen osuus kasvaa. Kaikkein suurimpien pölkkyjen siirtelystä on työvaihetaksojen mukaan luovuttu, mutta edelleen huomattava osa kasattavista pölkkyistä voi painaa yli 80 kg, kuten aikaisemmin on todettu. Kasausta on mahdollista helpottaa käyttämällä tiheää palstatieverkkoa. Etenkin avohakkuissa

palstatieväli voi olla niin pieni, että pölkkyjen kantaminen jää vähäiseksi. Myöskään ei ole voitu tutkimuksin osoittaa, että varsinaisissa harvennushakkuissakaan n. 20 m palstatieväli aiheuttaisi huomattavia kasvutappioita, jos puustopääoma pysyy muuten samana eikä puustoa vaurioiteta (vrt. VUOKILA 1969, MIELIKÄINEN 1971).

PUTKISTON (1959 b) tutkimuksen mukaan kasausmatkaa voi huomattavasti lyhentää työn hyvällä suunnittelulla ja käyttämällä tehokkaasti hyväksi suunnatun kaadon matkaa lyhentävää vaikutusta. Tämän todettiin samalla nostavan työn tuotosta.

Viime vuosina on paljon tutkittu työmenetelmiä, joissa voitaisiin luopua ihmisvoimin suoritettavasta puiden siirrosta. Harvennuspuiden siirto vintturilla palstatielle on eri tutkimusten mukaan verraten kallis, koska näin korjuuketjuun muodostuu yksi koneellinen työvaihe lisää, jossa puuta joudutaan käsittelemään yksitellen. Sen sijaan esim. väljennysmetsissä, joissa puun koko on verraten suuri, voi yksin puin suoritettava puiden vintturisiirto olla määräolosuhteissa tarkoituksen mukaista (OLLIKAINEN 1970, HARSTELA 1971 d). Toisena ratkaisuna on tutkittu entistä ulottuvampien kuormainten käyttöä metsätraktoreissa. Tällöin puutavara voitaisiin kasata palstalle (HARSTELA 1970 c, KOSKINEN 1970). Väljennyshakkuissa on myös tutkittu kasattujen rankojen laahusuontoa maataloustraktorilla suoraan palstalta maaston ollessa helppoa (HAAPAMÄKI – HAATAJA 1969, HARSTELA 1971 d).

Tynkäkarsinta edellyttää moottorisahan käyttöä. AGERIN (1964) ja JOHANSSONIN (1969) tutkimusten mukaan moottorisaha- ja kirveskarsinnan välillä ei ole rasittavuudessa suurta eroa, ja kirveskarsinta olisi hiukan raskaampaa kuin moottorisahakarsinta. Sen sijaan LEVANTO ja MÄLKIÄ (1971) päätyivät viiden tekemiehen työtä tutkittuaan siihen, että moottorisahakarsinta olisi aikayksikköä kohti kuormittavampaa kuin kirveskarsinta, kun työskenneltiin maksiminopeudella. Niiden kuormittavuuteen on oletettavasti tekemiehen työtekniikalla selvä vaikutus, koska staattisen työn osuutta moottorisahakarsinnassa voi vähentää tukemalla sahan runkoon ja kirveskarsinnassa edullisen työtuloksen saavuttamiseksi täytyy osata arvioida lyönnin voimantarve ja oikea osumakohta. Mittauksen poisjääminen silmävaraisen katkonnan yhteydessä lienee lisännyt

työn kuormittavuutta, koska mittakepin käyttö on arvioitava kevyeksi työvaiheeksi.

Ehkä kaikkein raskain metsätyön muoto tukkien teko rekeen auttaen on jäämässä historiaan mm. hevoskuljetuksen vähentyessä. Lisäksi tukkien teossa on tapahtunut apterauksen siirtoa jakomieheltä tekomiehen suoritettavaksi. Koska apteraus lienee kevyt työvaihe on tämä kehitys katsottava työn fyysistä kuormittavuutta vähentäväksi ja vaihtelevuutta lisääväksi. Tynkäkarsinta ja silmävarainen katkonta pienentävät näiden työvaiheiden suhteellista osuutta, jolloin kaadon ja siirtymisen suhteellinen osuus kasvaa. Tämä vaikutus kuormittavuuteen riippuu olosuhteista ja lienee kesäolosuhteissa edullista ja syvässä lumessa epäedullista.

Norjalaisten tutkimusten mukaan (SAMSET ym. 1969, VIK ym. 1969) runkomenetelmissä kuormittuminen on suunnilleen samaa luokkaa kuin menetelmissä, joihin liittyy puutavaran kasausta. Vertailun heikkoutena on se, ettei voida osoittaa olosuhteiden, joissa tutkimukset on tehty, keskinäistä vertailukelpoisuutta eikä tekomiesten työtekniikan vaikutusta tuloksiin. Runkojen varastokäsittelyn kuormittavuutta ei tiettävästi ole tutkittu. Sen olettaisi olevan – varsinkin huonoilla varastoilla – verraten kuormittavaa. Varastotyöhön liittyy latvakuitupuun kasaus ja esim. puolikarsinnan jälkeen väli-varastokarsinta. Katkonta joudutaan usein suorittamaan runkokasan päällä huonosta asen-

nosta, jolloin sahan tukeminen runkoihin on vaikeaa ja tyveyksiä ja latvakuitupuuta joudutaan kasauksen lisäksi vääntämään osittain kasan alta.

### 322. Tärinän aiheuttamat fysiologiset vaikutukset

Moottorisahan käyttö kaadon ja katkannon lisäksi karsinnassa on viime vuosina voimakkaasti lisääntynyt (SAVOLAINEN 1970). Uusien vajaakarsintaan perustuvien työmenetelmien voidaan katsoa edellyttävän moottorisahakarsintaa. Tämä kehitys on huomattavasti lisännyt työntekijöiden tärinälle alttiinaoloaikaa. Karsinta-ajan tiedetään olevan perinteellisessä kuorimattoman kuitupuun teossa noin puolet runkokohtaisesta tehotyöajasta ja tukkien teossa vielä enemmän (vrt. esim. KAHALA 1969).

Oheiseen taulukkoon on otettu HARSTELAN (1971 a) tutkimuksesta runkokohtaisen tehotyöajan jakaantumukset aikoihin, jolloin saha käy kädessä teho- ja joutokäyntiä sekä on poissa kädestä. Tutkimukset eivät ole täysin vertailukelpoisia ja jakaantumiin vaikuttavat tekomiehen ominaisuudet ja olosuhteet. Tulokset osoittanevat kuitenkin tärinäaikojen suuruusluokan eri työmenetelmissä.

Voidaan todeta etenkin tehokäyntiä olevan verraten runsaasti kaikissa työmenetelmissä.

Taulukko 1. Runkokohtaisen työajan jakaantuminen moottorisahan teho- ja joutokäyntiin sekä sahan maassa oloaikaan eri työmenetelmissä (HARSTELA 1971 a).

Table 1. Distribution of per-stem working time between effective and idle running in the hand and idle running on the ground (HARSTELA 1971 a).

Työmenetelmä Work method	Tehokäyntiä Effective running %	Joutokäyntiä Idle running %	Saha maassa Saw on the ground %
Noin 3-metrisen, tynkäkarsitun kuusikuitupuun teko palstatien varteen kasoihin <i>Cutting of about 3-m, rough-limbed spruce pulpwood</i>	60...68	14...18	18...22
Kuusitukkien ja latvakuitupuun teko <i>Cutting of logs and top-pulpwood</i>	63	21	16
Puolikarsittujen kuusirunkojen teko <i>Cutting of semi-limbed spruce stems</i>	88	12	—

Taulukko 2. Runkokohtaisten teho- ja joutokäyntijaksojen sekä maassa tapahtuneen käynnin kesto (HARSTELA 1971 a, ym. 1971).

Table 2. Pes-stem times of continuous exposure to vibration and times, when saw was on the ground (HARSTELA 1971 a, etc. 1971).

Työmenetelmä Work method	Tehokäynti cmin Effective running		Joutokäynti cmin Idle running		Saha maassa cmin Saw on the ground	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Tynkäkarsitun n. 3-metrinen kuitupuun teko palstatien varteen Cutting of about 3-m, rough-limbed pulpwood	53. . .877 <sup>1)</sup>				18. . .234	
Pelkkä kaato – Whole-tree-cutting	15.8	5.4	11.7	7.6	8.1	3.3

$\bar{x}$  = keskiarvo, mean

s = keskihajonta, standard deviation

1) teho- ja joutokäynti yhdessä, effective and idle running

Eniten sahan käsittelyä sisältyy runkojen tekoon, josta puuttuu kokonaan tärinän suhteen elpymisajaksi katsottava kasaus. Yleensä sahoissa tehokäyntitärinä on ollut vaarallisinta, mutta uusissa tärinävaimennetuissa sahoissa voi nimenomaan tyhjäkäyntitärinä muodostua vaarallimmaksi (AHO 1971). Kun joutokäyntiä on verraten vähän kokonaistyöajasta, ratkaisee tärinävaikutuksen syntymisen teho- ja joutokäynnin sekä elpymisajan keskinäinen jaksottuminen sekä niiden yhtäjaksoiset kestot. Oheisessa taulukossa onkin esitetty edellä mainitussa tutkimuksessa havaitut yhtäjaksoiset tärinä- ja elpymisajat runkokohtaisen tehotyön aikana. Tiedot on saatu vain kuusikuitupuun teosta ja pelkästä kaadosta, joka on otettu mukaan, koska vain siinä on eroteltu teho- ja joutokäynti toisistaan.

On siis ilmeistä, että teho- ja joutokäyntijaksot ovat verraten lyhyitä, pääasiassa alle minuutin pituisia. Elpymiseksi katsottava kasausaika on riippuvainen siitä, kuinka monta pölkkyä kerrallaan kasataan. Edellä mainitussa tutkimuksessa pienin yhtäjaksoisen kasaustyön keskiarvo (18 cmin) saatiin yksi pölkky kerrallaan ja suurin (234 cmin) viiden puun pölkky kerrallaan kasauksesta.

TVD-taudin synnyn mekanismia ei tarkasti tunneta (HASAN 1970) ja sen vuoksi ei voida osoittaa lyhyen aikaa kestäneen tärinän jälkeen

kädessä havaittujen vaikutusten yhteyttä esim. TVD-taudin syntyyn. Kuitenkin käden ihon lämpötilan, tuntoaistimuksen eli ns. tuntokynnyksen ja manipulaatiokyvyn perusteella on päätelty tärinävaikutuksen syntyvän varsin voimakkaana jo joidenkin kymmenien sekuntien aikana ja saavuttavan vakiotilan varsin pian. Sen sijaan toipuminen on indikaattorista riippuen kestänyt 2. . .15 minuuttia (KAMINSKY 1964, MIURA ym. 1966, BJERKER ym. 1970, HARSTELA 1971 b). Tarkasteltavissa työmenetelmissä on edellä esitetyn perusteella selvä riski saada tärinävaikutuksia käsiinsä sekä teho- ja pelkästään joutokäyntitärinästä.

AHO (1971) mainitsee, että varsinaisessa karsinnassa moottorisahan käynti ei yleensä laske joutokäynniksi. Karsintaan kuitenkin liittyy aputyövaiheita, kuten puutavaran kääntämistä alapuolen karsimista varten ja siirtymistä puulta puulle, jolloin saha saavuttaa joutokäyntikierrokset. Sen seikan selvittäminen, kuinka suurta tärinävaurioriskiä siirtyminen kirveskarsinnasta moottorisahakarsintaan merkitsee, edellyttäisi tarkempaa ja monipuolisempaa karsintatyövaiheen tärinäaikojen analyysiä sekä perusteellisempia lääketieteellisiä tietoja tärinävaurioiden syntymekanismista ja erilaisen tärinän vaikutuksista syntymekanismiin. Lienee kuitenkin selvää, että nykyisten parhaiden tärinävaimennettujen sahojen käyttö on vaaratto-



mampaa kuin vaimentamattomien, koska aivan ilmeisesti altistusajan suurempi osa erikoisesti karsinnassa on tehokäyntiä (vrt. AHO 1971).

Työjärjestyksellä eli työn erilaisella jaksotamisella ei tämän hetkisten tietojen perusteella voida oleellisesti vaikuttaa tärinävaikutusten syntyyn, jos samalla halutaan rasisuipun estämiseksi kasata korkeintaan muutamia puita kerrallaan. Tämä johtuu edellä mainitusta tärinävaikutuksen synty- ja elpymistavasta (HARSTELA 1971 b). Toisaalta ei moottorisahakarsintaan perustuvien työmenetelmien kehittämiseen tärinävaikutusten suhteen edullisemmiksi näytä olevan mahdollisuuksia, koska kaikkiin muihin työvaiheisiin paitsi kasaukseen sisältyy ilmeisesti tärinävaikutuksen syntyyn riittävä tärinäaika. Kasauksen suhteellisen osuuden lisääminen ei ole työvaiheen raskauden vuoksi mielekäästä. Näin ollen tärinävaurioiden synnyn estämiseksi moottorisahojen tärinän vaimentaminen teknisin keinoin ja työntekijöiden päivittäisen sahausajan rajoittaminen sekä riittävien taukojen pitäminen näyttävät tällä hetkellä tehokkaimilta keinoilta pienentää tärinävaurioita ihmistyövaltaisia menetelmiä käytettäessä. Lisäksi oikea sahaustapa ja lämpimät käsi- neet pienentävät tärinävaikutusta etenkin tärinävaimennettuja sahoja käytettäessä (vrt. lukua 332).

### 33. Pelkkään kaatoon perustuvat menetelmät

#### 331. Energian kulutuksen aiheuttama kuormittuminen

Tässä pääluvussa käsitellään vain moottorisahakaatoa, vaikka monitoimikoneketjuun voi liittyä muitakin moottorisahalla suoritettavia työvaiheita esim. katkonta. Kaatoon rajoitutaan sen vuoksi, ettei ole saatavilla tutkimuksia muista erillisistä työvaiheista.

Muiden työvaiheiden yhteydessä tapahtuva kaato on eri tutkimusten mukaan kevyempää kuin esim. kasaus (SAMSET ym. 1969, LEVANTO 1970, HARSTELA ym. 1971) ja SAMSETIN ym. mukaan kevyempää kuin karsinta. Pelkässä kaadossa työn vaihtelevuus vähenee ja siirtymisen sekä tyven raivauksen suhteellinen osuus työajasta lisääntyy, minkä luvussa voi olettaa kuormittavuutta lisääväksi.

Näiden seikkojen merkityksen selvittämiseksi tutkittiin kolmea tekomiestä yhtä syvässä han-

gessa (yli 50 cm), yhtä vähän lumen aikaan (alle 40 cm) ja yhtä kesäaikaan (HARSTELA ym. 1971). Kesällä ja vähän lumen aikaan kaato osoittautui tutkituille työmiehille vähemmän kuormittavaksi kuin vertailumenetelmänä olleet kuitupuun teko palstatiin varteen ja puolikarsitujen runkojen teko. Sen sijaan syvän lumen aikaan oli työntekijän syke kaadossa suurempi kuin vertailumenetelmänä olleessa tukkien ja latvakuitupuun teossa. Kaatotyöhön liittyy siirtyminen, tyvien puhdistus, kaatosahaus ja väntäminen, joten työssä kuitenkin on vaihtelevuutta niin paljon, etteivät staattiset työnosat muodostu hallitseviksi, ja kuormittavuus nouse vertailumenetelmien tasolle. Poikkeuksena näyttäisi olevan syvässä hangessa suoritettu työ, joka aiheuttaa suuren kulkuvaikeuden ja lisää raskaan lumen luonnin osuutta työajasta.

Työajan menekki pelkässä kaadossa on ruotsalaisten työaikayhtälöiden mukaan suurien puiden kaadossa suurempi kuin kaato muun työn yhteydessä (AGER 1970). Pienillä runkosuuruuksilla heidän käyttämänsä ”suuntauskerroin”, joka on vakio, aiheuttaa sen, että kuitupuukokoisilla rungoilla työaikojen ero muuttuu päinvastaiseksi. KAHALAN (1970) tutkimuksessa pelkkä kaato oli hitaampaa kaikissa runkosuuruusluokissa. Norjalaiset ovat lisäksi saaneet keskeytysprosentin huomattavasti suuremmaksi pelkässä kaadossa kuin kaadossa muun työn yhteydessä (SAMSET ym. 1969).

Edellä mainittu HARSTELAN ja VALOSEN kaatotutkimus tukee kahden työntekijän osalta olettamusta, että työajan menekki on pelkässä kaadossa suurempi. Kolmannen miehen päinvastainen tulos selittyy sillä, että vertailumenetelmien teossa puuston tiheys ja olosuhteet poikkesivat ”pelkän kaadon palstasta” hyvin huomattavasti. Sen sijaan tutkimus ei tue talviolosuhteita lukuunottamatta olettamusta, että pelkkä kaato olisi lihasenergian kulutuksen suhteen kuormittavampaa kuin kaato muun työn yhteydessä. Syytä suurempaan työajan menekkiin lieneekin etsittävä monitoimikoneen edellyttämästä tarkasta suuntauksesta, työn monotoonisesta luonteesta tai epämiellyttävän työasennon aiheuttamista muista haitoista.

Kaatotyön kuormittavuustason selvittäminen yleisesti edellyttäisi laajaa näytettä hakkuumiespopulaatiosta. Joitakin viitteitä antanevat edellä mainittujen kolmen työntekijän sykearvot. Kuormittavuustason seurausta on ns. happivelan syntyminen, joka on avainasemassa arvioitaessa

esim. työvaiheiden erilaisen jaksottamisen vaikutusta.

Työntekijöiltä edellytettiin normaalia työtahtia, mitä ei kuitenkaan voitu kontrolloida. Yleisesti on esitetty että maitohappoa syntyy vereen ja ylikuormittamisen mahdollisuus on olemassa, jos hapen kulutus on yli 50 % maksimaalisesta hapenottokyvystä eikä riittävästä tauoista huolehdita (LUTHMAN ym. 1969). Koko päivän jatkuvaan työhön sovellettuna ohjelmun on arveltu olevan liian korkean (LUTHMAN ym. 1969), ja tuoreet norjalaiset metsätyömiehillä suoritetut kokeet osoittivat, että happivelkaa alkoi jo syntyä hapen kulutuksen noustua 40 % maksimista (ANDERSEN ym. 1969). Edellä selostetussa kaatotutkimuksessa kahdella työntekijällä hapen kulutuksen keskijakoa oli karkeasti rajoissa 40. . .50 % maksimista. He työskentelivät hyvissä olosuhteissa ja olivat nuoria, erittäin hyväkuntoisia miehiä. Sen sijaan lumiolosuhteissa työskennelleellä lähes 50-vuotiaalla miehellä hapen kulutus oli selvästi yli 60 % maksimaalisesta hapenottokyvystä.

Aikaisemmin mainitun happivelkateorian mukaan työn kuormittavuutta saattaa alentaa kaadon jaksottaminen siten, että raskaimpia työvaiheita, joita oletettavasti ovat kulkeminen upottavassa hangessa ja lumen luonti, ei tehdä pitkään yhtäjaksoisesti, vaan puun kaato suoritetaan heti lumen luonnin jälkeen. Näin siirtymismatkatkin lyhenee, koska muuten joudutaan siirtymään edestakaisin puulta puulle ensin lumen luonnin ja sitten kaadon yhteydessä. LEVANNON (1970) tutkimuksen mukaan myös työtahdin hidastaminen vähentää kuormittamista ainakin silloin kun kaato on muiden työvaiheiden yhteydessä.

Siirtymisvaiheen helpottamiseksi syvässä hangessa tutkittiin HARSTELAN ym. (1971) tutkimuksessa lumikenkien käyttöä. Koehenkilön

syke oli lumikenkiä käytettäessä pienempi kuin ilman lumikenkiä työskenneltäessä. Toisaalta työn tuotoskin oli pienempi, joskaan ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Koska puiden suuntauksen vuoksi kaadon ”vankäysvaiheessa” tarvitaan määräolosuhteissa suuria voimia, on epäilemättä käytettävillä apuvälineillä samoin kuin nostotekniikallakin huomattava merkitys työn kuormittavuuden pienentäjänä.

### 332. Tärinän aiheuttamat fysiologiset vaikutukset

Pelkässä kaadossa runkokohtainen tehotyö-aika muodostuu pääasiassa sahan käsittelystä. Saha lasketaan maahan vain milloin puun suuntaus vaatii voimakasta ”vankäystä” ja talvella lumen luonnin ajaksi. Myös johtokäynnin osuus muodostuu suureksi etenkin harvoissa leimikoissa, koska siirryttäessä puulta puulle ja puun kaatuessa sahan annetaan usein käydä joutokäyntiä. Esimerkkinä on HARSTELAN ym. (1971) tutkimuksessa verraten tiheässä leimikossa saama tärinä- ja elpymisaikojen jakautuma.

Aikaisempi selvitys (HARSTELA 1970) osoitti pelkässä kaadossa huomattavasti suurempaa joutokäynnin osuutta. Tällöin kuitenkin frekvenssijanottomenetelmästä johtuen on myös alle 5 cmin jaksot eroteltu, mitkä esimerkkitutkimuksessa jäivät erottelematta.

Aikaisemmin taulukossa 2 jo esitettiin tehoja tyhjäkäyntijaksojen yhtäjaksoiset pituudet. Samoin perustein kuin luvussa 322 on todettava, että tämän hetkisten tietojen perusteella on pelkässä kaadossa suuri mahdollisuus saada tärinävaikutuksia käsiin sekä teho- että joutokäynnistä. Joutokäynnin osuus muodostuu helposti suuremmaksi kuin moottorisahakarsintaan

Taulukko 3. Runkokohtaisen työajan jakaantuminen moottorisahan teho- ja joutokäyntiin sekä sahan maassaoloaikaan pelkässä kaadossa (HARSTELA ym. 1971).

Table 3. Distribution of per-stem working time between effective and idle running in the hand and idle running on the ground (HARSTELA etc. 1971).

Työmenetelmä <i>Work method</i>	Tehokäyntiä % <i>Effective running</i>	Joutokäyntiä % <i>Idle running</i>	Saha maassa % <i>Saw on the ground</i>
Suunnattu kaato – <i>Felling</i>	63	35	2

perustuvissa työmenetelmissä, joten tärinävaimentimien teho on heikompi pelkässä kaadossa.

Tärinävaurioriski vähentyy, jos saha sammutetaan aina kun on odotettavissa pitkäkö joutokäyntijakso ja lasketaan maahan aina tilaisuuden tullen esim. vankäyksen ajaksi. Lisäksi voitane tärinävaikutusta pienentää muun muassa tukemalla sahaa niin paljon kuin mahdollista puuhun sahauksen aikana ja pitämällä sahaa kevyesti käsissä, käyttämällä tärinävaimennettua sahaa koko ajan ”täysillä kierroksilla” ja käyttämällä tärinää vaimentavia käsi- (vrt. Abstracted...1971). Tämä ei kuitenkaan yksin estä tärinävaikutusten syntymistä, vaan kuten aikaisemmin on todettu sahojen tärinän pienentäminen, päivittäisen sahausajan rajoittaminen ja riittävät elpymistauot näyttävät tehokkaimmilta keinoilta vähentää vaurioitumisriskiä.

### 34. Päätelmiä

Moottorisahan käyttöön perustuvien puutavarantekomenetelmien viimeisin kehitys on johtanut kuitupuun teossa puutavaran piteneeseen, mikä on lisännyt lihasenergian tarvetta ja työntekijän kuormittumista. Liki pituinen katkonta on tehnyt tarpeettomaksi oletettavasti kevyimmän työvaiheen pölkyn pituuden mittauksen. Moottorisahan lisääntynyt käyttö karsinassa – osittain vajaakarsinnan vaikutuksesta – ja siirtyminen moottorisahakaatoa edellyttäviin monitoimikonekorjuuketjuihin ovat lisänneet tärinän altistusaikaa. Toisaalta pelkkä kaato kesäaikaan näyttää suoritettujen tutkimusten mukaan olevan lihasenergian kulutuksen suhteen vähemmän kuormittavaa kuin muut etenkin puutavaran kasausta edellyttävät työmenetelmät. Jos ns. happivelan syntymiskuormituksenä pidetään 40 % hapen kulutusta maksimihapenottokyvystä, osoittavat kaikki tähän asti suoritettut tutkimukset, että ylikuormittamisen vaara on olemassa kaikissa tekomenetelmissä.

Tavaralajimenetelmissä kuitupuun teon kuormittavuutta voi pienentää pienempiä runkosuuruusluokkia lukuunottamatta välttämällä

usean puun kasausta kerrallaan. Kasaumatkan lyhentää tiheä ajouraverkko ja hyvä työn suunnittelu ja järjestely. Puiden siirtäminen ajouralle voidaan myös järjestää lähikuljetukseen kuuluvaksi konetyövaiheeksi, joko vintturien tai kehitteillä olevien entistä ulottuvampien kuormainten avulla. Helpossa maastossa ja avo- tai väljennyshakkuussa on mahdollista laahusjuonossa hakea rangat palstalta kasoista.

Kasaustyövaiheen siirtäminen koneen suoritettavaksi on osaltaan lisäämässä työntekijään kohdistuvaa melu- ja tärinävaikutusta. Työmenetelmiä kehitettäessä ei ole toistaiseksi pystytty osoittamaan mitään keinoja tärinäaikaisten vähentämiseksi. Näin ollen sahojen tärinän pienentäminen, päivittäisen sahausajan rajoittaminen, riittävien taukojen pitäminen ja oikeiden sahaustapojen kehittäminen (vrt. luku 332) näyttävät ainoilta keinoilta pienentää vaurioitumisriskiä.

Tämän selvityksen perusteella tarvittaisiin tutkimuksia moottorisahan käytön ja käyttöön perustuvien työmenetelmien osalta mm. seuraavista aiheista: Tärinävaurioiden syntymekanismien selvittäminen sekä erilaisten tärinäaltistusten vaikutusten selvittäminen syntymekanismiin. Moottorisahojen kehittäminen tärinä- ja meluominaisuuksiltaan turvallisemmiksi. Taukojen tarpeen ja edullisen taukojen sijoittelun määrittäminen eri työmenetelmissä ja olosuhteissa sekä fysiologisen kuormittumisen (lihas- ja hermoenergian kulutus), psyykkisen rasituksen että tärinävaikutusten suhteen.

Aiheen perusteellinen selvittäminen edellyttäisi laajojen näytteiden tutkimista tekemiestipopulaatiosta mm. kuormittumistasojen määrittämiseksi. Suuntaa-antavia säännönmukaisuuksia voitaneen kuitenkin selvittää yleisten ergonomisten ja työtieteellisten lainalaisuuksien ja verraten suppeiden kontrolloivien kokeiden perusteella.

Metsäergonomisten ongelmien suhteen yleensä kiinnittyy huomio psykologisten ja hermoenergian kulutusta mittaavien tutkimusten puutumiseen. Tämän tutkimusalueen merkitys lisääntynee koneellistamisen ja työssä viihtymisongelmien myötä.

#### 4. TIIVISTELMÄ

Oheisessa kirjallisuustarkastelussa on pyritty hahmottelemaan kokonaiskuvaa metsätyömenetelmien ergonomisesta kehityksestä Suomessa 1960-luvun loppupuolella ja 1970-luvun alussa, sekä tarkastelemaan erityisesti moottorisahan käyttöön perustuvien työmenetelmien kehittymistä työn fysiologisen kuormittavuuden ja tärinäaltistuksen kannalta. Samalla on pyritty etsimään keinoja työmenetelmien kehittämiseksi näiden työntekijään kohdistuvien vaikutusten vähentämiseksi.

Metsätyömenetelmiä on kehitetty sekä ihmistyövaltaisia menetelmiä yksinkertaistamalla että koneellistamisastetta kohottamalla. Koneellistaminen on siirtämässä ergonomisia ongelmia lihasenergian käytön seurauksista hermoenergian käytön ja psyykkisen rasituksen aiheuttamiin vaikutuksiin sekä koneiden aiheuttamiin vaikutuksiin kuten tärinään, heiluntaan ja meluun sekä koneen käyttäjän työskentelyolosuhteisiin.

Ihmistyövaltaisten menetelmien yksinkertaistaminen on tapahtunut mm. puutavaran pituutta lisäämällä, mikä on lisännyt kasauksen kuor-

mittavuutta sekä katkottaa ja karsintaa yksinkertaistamalla, mikä moottorisahakarsintaa edellyttävänä lisää tärinälle alttiinaoloaikaa. Edelleen kevyen työvaiheen mittauksen poisjäänti on lisännyt työn intensiteettiä.

Pelkkä kaato monitoimikoneita varten on lihasenergian kulutuksen suhteen todettu kevyemmäksi kuin perinteelliset työmenetelmät, mutta työn tuotos on hieman pienempi kuin kaadossa muun työn yhteydessä. Poikkeuksena on työskentely syvässä lumessa, jolloin pelkkä kaato runsaasti liikuntaa vaativana on osoittautunut raskaaksi.

Menetelmiä voidaan kehittää ergonomisesti edullisemmaksi muun muassa siirtämällä kasaustyötä koneiden suoritettavaksi ja jaksottamalla kasaustyö pieniin eriin. Kasaustyön vähentäminen kuitenkin lisää entisestään moottorisahauksesta aiheutuvia haittoja. Moottorisahan tärinän pienentäminen, riittävät tauot ja päivittäisen sahausajan pienentäminen sekä oikea sahaustekniikka näyttävät tällä hetkellä ainoilta keinoilta vähentää tärinävaurioriskiä.

## KIRJALLISUUTTA

- Abstracted from Commonwealth Forestry Review, March 1971, p. 6–7.
- AGER, B.H. 1964. Huggning av stammar. Fältstudie 1964. Skogsarbeten, redogörelse nr. 3. Stockholm.
- AGER, B.H. 1970. Tidsformler för huggning. Underlag för metodvalskalkyler mm. Skogsarbeten, ekonomi nr. 1. Stockholm.
- AHO, K. 1970 a. Från värdering av skakning på skogstraktoren. Summary: About judging of jolting of terrain tractors. Det Norske Skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport nr. 9. Vollebekk.
- AHO, K. 1970 b. Vibration Measurements of Chain Saws. Work – Environment – Health. Vol. 7. No. 1. Institute of Occupational Health. Helsinki.
- AHO, K. 1971. Menetelmä moottorisahan tärinän mittaamiseksi ja tulosten arvostelemiseksi. Method of measuring the vibration of chain saws and evaluating the results. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. Tutkimusselostus 8. Helsinki.
- AHO, K., HARSTELA, P. 1970. Moottorisahan melu ja tärinä. Metsä ja Puu 8.
- AHO, K., KÄTTÖ, J. 1971. Traktori työ ja työterveys. Vakolan tiedote 17. Helsinki.
- AHONEN, M. 1970. Tutkimus tynkäkarsinnan ja silmävaraisen apteerauksen vaikutuksesta mäntysahapuiden tekoon. Metsäteknologian laudaturtyö maatalous- ja metsätieteen kandidaatin tutkintoa varten. Konekirjoite.
- ANDERSEN, S. 1932. Undersøkelse av skogshytter og skogsarbeidernes levevilkår. Den Norske Lagsforening. Oslo.
- ANDERSEN, K.L., MYHRE, K., VIK, T. 1970. Likevekten i det indre kroppsmiljø ved langvarig muskelarbeid. Summary: Homeostasis (Internal Environment) during Prolonged Work. Det Norske Skogforsøksvesen, Driftsteknisk rapport nr. 7. Vollebekk.
- ARNKIL, J.E. 1970. Työmaiden suunnittelu ja työn kulun johtaminen. Metsänkättyöoppi 2. Helsinki.
- ASMUSSEN, E., POULSEN, E., RASMUSSEN, B. 1965. Quantitative Evaluation of the Activity of the Back Muscles in Lifting. Communications from The Danish National Association for Infantile Paralysis, No. 21. Hellerup.
- AXELSSON, S.-A. 1967. Analysis av motorsågars vibrationer. Summary: Analysis of Vibrations of Power Saws. Skogshögskolan Institutionen for skogsteknik. Rapport och Uppsatser 31. Stockholm.
- BENNET, E., DEGAN, J., SPIEGEL, J. 1963. Human Factors in Technology. New York – San Francisco – Toronto.
- BJERKER, N., KYLIN, B., LIDSTRÖM, I.-M. 1970. Changes in the Vibratory Sensation Threshold after Exposure to Powerful Vibration. A Preliminary Report. Work Environment- Health, Vol. 7. No. 1. Institute of Occupational Health. Helsinki.
- BÜRGER, G.C.E. 1969. Heart Rate and the Concept of Circulatory Load. Ergonomics, vol. 12, No. 6. Birmingham.
- FØLSTAD, Ø. 1969. En undersøkelse av menneskelige og tekniske faktorerers innvirkning på tømmertransport med bil. Summary: A Study of the Influence of Human and Technical Factors on Today's Truck Transportation of Timber. Det Norske Skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport nr. 7. Vollebekk.
- GLOMME, J., ANDERSEN, K.L. 1969. Behovet for arbeidsmedisinske og biologiske undersøkelser av skogsarbeidere. Summary: Health and Biology of Woods Workers. Det norske skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport, nr. 7. Oslo.
- GORPE, P. 1969. Tämän päivän liikkeenjohtoa. Helsinki.
- GROUNDS, M. 1964. Raynand's Phenomen in Uses of Chainsaws. The Medical J. of Australia 1.270.
- HAAJA, R. 1970. Tutkimus hakkuumiehen suorittamasta kuitupuun kasauksesta. Summary: Study of manual pulpwood bunching. Metsätehon tiedotus 299. Helsinki.
- HAAPAMÄKI, A., HAATAJA, P. 1969. Tutkimus eräistä maataloustraktorin käyttöön perustuvista puunkorjuumenetelmistä väljennyshakkuussa. Summary: A Study of some

- logging methods based on the use of a farm tractor in intermediate cutting. Työteho-seuran julkaisuja 137. Helsinki.
- HAAARLAA, R. 1971. Maaston ja kuorman vaikutus metsätraktorin ajonopeuteen. Summary: Effect of terrain and load on the driving speed of logging tractors. Helsingin Yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja n:o 9. Helsinki.
- HANSSON, J.-E. 1969. Samband mellan personvariabler och prestation vid huggningsarbete. Summary: The relationship between individual characteristics of the worker and output of work in logging operations. Studia forestalia Suecica No. 29. Stockholm.
- HARSTELA, P. 1970 a. Kasausajan ja valtimonlyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulsitutkimuksen sekä frekvenssianalyysin avulla. Summary: Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests, pulse study and frequency analysis. Folia Forestalia 80. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1970 b. The effect of winter conditions on the preparation of rough-limbed spruce pulpwood of approximate length. Tiivistelmä: Talviolosuhteiden vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun tekoon. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 69.2. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1970 c. HAKO-toimikunnan tuleva ohjelma. Metsä ja Puu 9.
- HARSTELA, P. 1971 a. Työjärjestyksen vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun teossa. The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, rough-limbed spruce pulpwood. Folia Forestalia 105. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1971 b. Moottorisahan värinän vaikutuksesta työntekijän käsiin. Summary: On the effect of motor saw vibration on the hands of forest worker. Folia Forestalia 118. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1971 c. Työsuorituksen mittaaminen metsätyöntutkimuksissa. Esitelmä Suomen Metsätieteellisen Seuran kokouksessa 18. 11. 1970. Metsä ja Puu 1. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1971 d. Puun korjuun ja tuotannon koordinoinnin työhypoteesit. HAKO-toimikunta. Konekirjoite.
- HARSTELA, P., RUOSTE, T. 1970. Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittäjä sekä tuotokokeita. Summary: Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning. Folia Forestalia 91. Helsinki.
- HARSTELA, P., VALONEN, P. 1971. Työn tuotos, työntekijän kuormittuminen ja värinäaltistus pelkässä kaadossa. Summary: The expenditure of working time, the stress of the worker and the stimulation of vibration during felling. (Käsikirjoitus. Julkaistaan sarjassa Folia Forestalia).
- HASAN, J. 1970. Biomedical Aspects of Low-Frequency Vibration, A Selective Review. Work-Environment-Health. Vol. 6. No. 1. Institut of Occupational Health. Helsinki.
- HELLSTRØN, B. og VIK, T. 1970. "Hvite fingre" hos norske skogsarbeidere. Kliniske og eksperimentelle undersøkelser. Foreløpig arbeidsrapport. Summary: "White fingers" in Norwegian forest workers. A clinical and experimental study. Preliminary report. Det Norske skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport nr. 9. Oslo.
- JOHANSSON, G. 1969. Kvistningsnoggrannhetens inverkan på tidsåtgången vid huggning av sortiment med motorsåg. Jämförande fältstudie 1968. Summary: The influence of delimiting accuracy on time consumption. Comparative field studies 1968. Skogsarbeten, redogörelse nr 4. Stockholm.
- JOHANSSON, G., PETTERSSON, B. 1969. Basträmetoden. Metodstudie 1967. Summary: The base-tree method. Method study 1967. Skogsarbeten, redogörelse nr. 5. Stockholm.
- JÄMSEN, T. 1970. Monitoimikonekorjuuketjujen tarve. Metsätehon alustus- ja keskustelutilaisuus 2. 12.
- KAHALA, M. 1966. Selvitys erilaisten hakkuumenetelmien käytöstä kuusipaperipuun hankinnassa. Summary: Report on the use of different methods for logging spruce pulpwood. Metsätehon tiedotus 255. Helsinki.
- KAHALA, M. 1969. Tutkimus puutavaran valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Palkka-perustetutkimus. Summary: A study of the factors influencing the cutting of timber. Wage Base Study. Metsätehon julkaisu n:o 44. Helsinki.
- KAHALA, M., RANTAPUU, K. 1970. Tutkimus puutavaran valmistustavan ja leimikkotekijöiden vaikutuksesta hakkuuseen ja metsäkuljetukseen kuormaa kantavalla metsätraktorilla. Summary: Study of the Effect

- of the Method of Timber Preparation and Marked-Stand Factors on Cutting and Forwarding with a Forwarder. Metsätehon tiedotus 292. Helsinki.
- KAMINSKY, G. 1964. Motorsägearbeit und Handgeschicklichkeit. Forstarchiv 12. Hannover – Waldhausen.
- KAMINSKY, G. 1966. Arbeitsphysiologische Untersuchungen in der Forstwirtschaft. Die ergonomische Betrachtung der Forstarbeit. Sammelreferat 1960–1965. Forstarchiv 3. Hannover – Waldhausen.
- KARVONEN, M.J. 1954. Physiological research in lunberjack's working competitions. Comptes rendus Ilieme Congres, Rome 1953. IUFRO.
- KARVONEN, M.J. 1963. Raskas ruumiillinen työ. Bioteknologia. Helsinki.
- KOIVISTO, V. 1970 a. Metsätyöntekijän terveydellisiä ongelmia. Työntekijän sairauksista. Työtehoseuran metsätiedotus 163. Helsinki.
- KOIVISTO, V. 1970 b. Metsätyöntekijän lämpötalous ja asusteet. Työtehoseuran metsätiedotus 165. Helsinki.
- KOSKINEN, A. 1970. Wärtsilä-teleskooppiuomikuormaimen kokeilu kesällä 1970. Metsätehon kokeiluselostus. (Moniste).
- KYLIN, B., GERHARDSSON, G., HANSSON, J.-E., LINDSTRÖM, J.-M., LILJENBERG, B., SWENSSON, A., ÅSTRAND, J. 1968. Hälso- och miljöundersökning bland skogsarbetare. Arbetsmedicienska institutet, Rapport nr 5. Stockholm.
- KÄTTÖ, J. 1971. Metsätraktorin rakenteen vaikutus ajajan ja kuorman heilumiseen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Helsinki.
- LEVANTO, S. 1970. Työtahdin vaikutus metsätyöntekijän kuormittumiseen. Summary: The effect of work pace on logger stress. Työtehoseuran julkaisuja n:o 148.
- LEVANTO, S., MÄLKIÄ, E. 1971. Työn vaihtelun vaikutus metsätyöntekijän kuormittumiseen. Summary: The influence of work variation on physiological strain in loggers. Työtehoseuran julkaisuja n:o 152. Helsinki.
- LEVANTO, S., MÄLKIÄ, E. 1971. Moottorisaha- ja kirveskarsinnan fyysinen kuormittavuus maksimityönopeutta käytettäessä. Summary: The physical straining of limbing by power saw and axe when maximal working pace is used. Työtehoseuran julkaisu n:o 156, Helsinki.
- LUTHMAN, G., ÅBERG, U., LUNDGREN, N. 1969. Handbok i ergonomi. Uppsala.
- MAKKONEN, O. 1950. Hakkuutöiden aika-tutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. Summary: Practical Application of the Results of Time Studies in Logging. Metsätehon julkaisu n:o 25. Helsinki.
- Metsätyömiesten terveystutkimus. Metsä ja Puu n:o 5. 1971. Helsinki.
- Metsätyömiesten terveys. 1971. (Metsätyömiesten terveys- ja elintasotutkimuksen tuloksia ylilääkäri M. Lehtisen selostuksen mukaan). Teollisuuden metsäviesti 6.
- MEŽALS, J. 1971. Tutkimus työskentelyolosuhteista metsätaloudessa. (Issleclovanie uslovij truda v lesnom hozjaistve). Latvian metsäntutkimuslaitoksen tiedottaja. Riga. (Käännös).
- MIELIKÄINEN, M. 1971. Ajourien leveyden ja välimatkan vaikutus puun tuottoon. Metsä ja Puu 8–9.
- MIURA, T., KUMURA, K., TOIMINAGA, Y., KIMOTSUBI, K.J. 1966. On the Reynand's Phenomenon of Occupational Origin due to Vibrating Tools. Journal of science of Labour 42.
- NIITAMO, O. 1968. Systemeijattelun eräitä pääpiirteitä. Tilastollinen päätoimisto. Monistettuja tutkimuksia n:o 6. Helsinki.
- NISKANEN, V. 1969. Teollisuuden työntutkimukset. (Moniste).
- OXSALA, O. 1970. Ergonomian alue ja ergonominen työ Ergonomia. Porvoo – Helsinki.
- OLLIKAINEN, E. 1970. Työpanoslaskelmia. HAKO-toimikunta. Konekirjoite.
- PUTKISTO, K. 1956. Tutkimuksia pyörätraktoreiden käytöstä puutavaran metsäkuljetuksessa. Summary: Investigations of the use of wheel tractors for the forest transport of timber. Metsätehon julkaisu n:o 36. Helsinki.
- PUTKISTO, K. 1959 a. Puutavaran valmistus- ja metsäkuljetustöiden koneellistamisen vaikutus metsätalouden työvoiman tarpeeseen. Ennuste vuoteen 1972. Summary: Effect of the machanization of timber preparation and forest transport on the need of labour force in forestry. Prognosis up to 1972. Silva Fennica 101, Helsinki.
- PUTKISTO, K. 1959 b. Pinotavaran tekijän työskentelyjärjestelmän analysointia. Summary: Analysis of the Working Method of Cordwood Loggers. Metsätehon tiedotuksia 162. Helsinki.

- PÖLKKI, V., VÄISÄNEN, V. 1970. Monitoimikoneiden potentiaalinen taloudellisuus. Summary: The potential economicalness of processors. Metsätehon tiedotus 301. Helsinki.
- RÖNNHOLM, N., HEINONEN, A.O., KARVONEN, M.J. 1963. Tutkimus hakkuumiehen kalorikulutuksesta ja sydämen toiminnasta koivupaperipuun siirrossa sekä sydämen toiminnasta koivupaperipuun hakkuun eri työvaiheissa. Pienpuualan toimikunnan tiedotus n:o 88. Helsinki.
- SAMSET, I., STRØMNES, R., VIK, T. 1969. Hogstundersøkelser i norsk gran- og furuskog. Summary: Cutting studies in Norwegian spruce and pine forests. Meddelelser fra Det norske skogforsøksvesen nr 95. Vollebekk.
- SAVOLAINEN, R. 1967. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1966/67. Summary: Methods and technical conditions of harvesting in the logging year 1966/67. Metsätehon tiedotus. Helsinki.
- SAVOLAINEN, R. 1970. Puunkorjuumenetelmät ja korjuutekniset olosuhteet hankintavuonna 1969/70. Summary: Methods and technical conditions of harvesting in the logging year 1969/70. Metsätehon katsaus 18. Helsinki.
- SIMONEN, T. 1971. Metsätyövoiman määrän ja rakenteen muutoksista. Teollisuuden metsäviesti 6.
- SÄLLFORS, T. 1945. Teollisuuden työntutkimukset. Helsinki.
- TELJSTEDT, H. 1970. Arbetsplatsbelysning vid lastningarbete med hydraulisk griplastare. Summary: Artificial lighting of loadwork with hydraulic grapple loader. Det Norske Skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport nr 9. Vollebekk.
- TIGERSTEDT, R. 1900. Skogarbetarnes föda i nordvästra delen af Ängermanland. Hugria, Band LXII.
- TREIBERG, B., UTBULT, B., PLEVIN, E. 1964. Om verkningar av motorsågsvibrationer i skogsarbete. Institutionen för skogsteknik. Skogshögskolan, rapporten och uppsatser nr 22. Stockholm.
- TURTIAINEN, K. 1969. Metsätraktorin ohjaamo. Työteho-seuran metsätiedotus 149. Helsinki.
- Työvaiheittaiset hakkuupalkat. 1. 1. 1971–31. 3. 1972. Helsinki.
- VIK, T., AALVIK, M. 1969. Arbettyngden vid hogst og stammelunning. Summary: Work load during cutting and treelength skidding. Det norske skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport nr. 7. Oslo.
- VUOKILA, Y. 1969. Harvennussats ja -menetelmät etenkin koneellisen puun korjuun kannalta. Harvennusspuun korjuun koneellistamistoimikunta. Moniste.
- WIIIO, O.A. 1969. Yritysdemokratia ja muuttuva organisaatio. Helsinki.







- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuiden fenotyypisessä valinnassa sovellettuja valinnan asteita. Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees. 1,50
- No 84 Kari Keipi ja Otto Kekkonen: Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. 2,—
- No 85 S.—E. Appelroth — Pertti Harstela: Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka, kenttäläpö, taimivakka, taimilaukku sekä istutus koneet Heger ja LMD-1 istutettaessa kuusta peltoon. Studies on afforestation work I. The use of semi-circular hoe, the field spade, plant basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. 3,—
- No 86 Pertti Veckman: Metsäalan toimihenkilöiden koulutustarve 1970-luvulla. Educational requirements of professional forestry staff in the 1970s. 4,—
- No 87 Michael Jones and David Cope: Economics Research in the Finnish Forest Research Institute, 1969—1974. 4,—
- No 88 Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Kullervo Kuusela ja Veikko O. Mäkinen: Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. 6,—
- No 89 Risto Sarvas: Establishment and registration of seed orchards. 2,—
- No 90 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968—70. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1968—70. 5,—
- No 91 Pertti Harstela ja Teemu Ruoste: Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittäjä sekä tuotokokeita. Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning. 2,50
- No 92 Pentti Hakkila ja Pentti Rikkonen: Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Spruce saw logs as raw material of pulp. 1,50
- No 93 Kari Löyttyniemi: Havupunkin ja kuusen neulaspunkin torjunta. Control of mites *Oligonychus ununguis* and *Nalepella haarlovi* var. *piceae-abietis*. 2,50
- No 94 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 5. Koivun uudet paperipuutaulukot. Sortimentafeln 5. Neue Papierholztafeln für Birke. 2,50
- No 95 Jorma Rajala: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen eteläpuoliskossa vuosina 1964—68. 2,50
- No 96 Metsätalastollinen vuosikirja 1969. Yearbook of forest statistics 1969. 8,—
- No 97 Juhani Numminen: Short-term forecasting of the total drain from Finland's forests. Suomen metsien kokonaispoistuman lyhytjaksoinen ennustaminen. 1,50
- No 98 Juhani Nousiainen, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Mänty- ja kuusitukkipuiden kuutiomismenetelmä. Eine Methode zur Massenermittlung von Kiefern- und Fichtenblochholz. 4,—
- 1971 No 99 Yrjö Vuokila: Harvennusmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Green density sampling in pulpwood scaling. 2,—
- No 101 IUFRO, Section 31, Working Group 4: Forecasting in forestry and timber economy. 5,—
- No 102 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1969/70. Stumpage prices in private forests during cutting season 1969/70. 1,—
- No 103 Matti Ahonen: Tutkimuksia kanto- ja juuripuun korjuusta I. Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen. Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I. Experiment with the felling of trees with their rootstock. 2,—
- No 104 Ole Oskarsson: Plusmetsiköiden valintaero ja jalostusvoiton ennuste. Selection differential and the estimation of genetic gain in plus stands. 1,50
- No 105 Pertti Harstela: Työjärjestyksen vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun teossa. The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, rough-limbed spruce pulpwood. 2,50
- No 106 Hannu Vehviläinen: Metsätyömiesten moottorisahakustannukset 1969—1970. Power-saw costs of forest workers in 1969—1970. 3,—
- No 107 Olli Uusvaara: Vaneritehtaan jätepuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista. On the properties of chips prepared from plywood plant waste. 2,50
- No 108 Pentti Hakkila: Puutavaran vaurioitumisesta leikkuuterää korjuutyössä käytettäessä. On the wood damage caused by shear blade in logging work. 2,—
- No 109 Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö. Report of the committee on the costs of forest planting and seeding. 9,—
- No 110 Kullervo Kuusela — Alli Salovaara: Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsävarat vuosina 1969—70. Forest resources in the Forestry Board Districts of Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Koillis-Suomi and Lappi in 1969—70. 5,50

- No 111 Kauko Aho ja Klaus Rantapuu: Metsätraktorien veto- ja nousukyvyistä rinteessä.  
On slope-elevation performance for forest tractors. 2,—
- No 112 Erkki Ahti: Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä.  
Use of tensiometer in measuring soil water tension. 1,—
- No 113 Olavi Huikari — Eero Paavilainen: Metsänparannustyöt ja luonnon moninaiskäyttö.  
Forest improvement works and multiple use of nature. 2,—
- No 114 Jouko Virta: Yksityismetsänomistajien puunmyyntialttius Länsi-Suomessa vuonna 1970.  
Timbers-sales propensity of private forest owners in western Finland in 1970. 6,—
- No 115 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Tukkien todellisen kiintomitan mittaamisessa käytettävät muunto- ja kuutioimisluvut. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimukseen 1970 perustuvat taulukot. 1,—
- No 116 Veijo Heiskanen: Tyvitukkien ja muiden tukkien koesahauksia Pohjois-Suomessa.  
Test sawings of butt logs and top logs in Northern Finland. 2,50
- No 117 Paavo Tiihonen: Suomen pohjoispuoliskon mäntytukkipuusto v. 1969—70.  
Das Kiefernstarkholz der nördlichen Landeshälfte Finnlands i.J. 1969—70. 2,—
- No 118 Pertti Harstela: Moottorisahan tärinän vaikutuksesta työntekijän käsiin.  
On the effect of motor saw vibration on the hands of forest worker. 1,50
- No 119 Lorenzo Runeberg: Plastics as a raw-material base for the paper industry in Finland.  
Muovit paperiteollisuuden raaka-aineena Suomessa. 2,50
- No 120 Esko Salo — Risto Seppälä: Kiinteistöjen polttoraakapuun käytön väli-inventointi vuosina 1969/70.  
Fuelwood consumption on farms and in buildings, intermediate inventory, 1969/70. 3,—
- No 121 Heikki J. Kunnas: Forestry in national accounts.  
Metsätalouden kansantulo-osuuden laskenta. 2,—
- No 122 Pentti Kuokkanen: Metsänviljelytaimien kasvatuskustannukset vuosina 1969 ja 1972.  
Costs of growing forest-tree seedlings in nurseries in 1969 and 1972. 2,50
- No 123 Juhani Numminen: Puulevyjen käyttö Uudenmaan talousalueella v. 1967 valmistuneissa rakennuksissa.  
The use of wood-based panels in buildings completed in 1967 in the Uusimaa Economic Region. 2,50
- No 124 Markku Simula: An econometric model of the sales of printing and writing paper. 3,—
- No 125 Risto Seppälä: Simulation of timber-harvesting systems.  
Puun korjuuketjujen simulointi. 4,—
- No 126 Matti Palo: Valtion metsäteollisuus- ja metsätalousyritysten koordinointi.  
Coordination of State-owned forestry and forest-industry firms in Finland. 4,—
- No 127 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1969—71.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1969—71. 5,—
- No 128 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien todellisen kiintomitan määrittäminen latvaläpimitan perusteella.  
Determination of the true volume of coniferous saw logs on the basis of top diameter. 5,—
- No 129 Bo Långström: Insektisidien käyttö havupuiden taimien suojaukseen tukkimiehentäin (Hylobius abietis L.) tuhoilta.  
The use of insecticides for protection of coniferous planting stock against the large pine weevil (Hylobius abietis L.) 1,—
- No 130 Metsätalastollinen vuosikirja 1970.  
Yearbook of forest statistics 1970. 10,—
- No 131 Pertti Harstela: Metsätyömenetelmien ergonominen kehitys ja eräät työntekijään kohdistuvat fyysiset vaikutukset.  
The ergonomic development of the forest work methods and some physic effects on workers. 2,50
- No 132 Simo Poso ja Matti Kujala: Ryhmitetty ilmakuva- ja maasto-otanta Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsien inventoinnissa.  
Croupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. 4,—