

# FOLIA FORESTALIA 151

METSÄNTUTKIMUSLAITOS • INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE • HELSINKI 1972

---

---

PERTTI HARSTELA JA PAAVO VALONEN

TYÖN TUOTOS, TYÖNTEKIJÄN FYYNINEN  
KUORMITTUMINEN JA TÄRINÄALTISTUS  
PELKÄSSÄ KAADOSSA

WORK OUTPUT, PHYSICAL LOAD OF THE  
WORKER AND EXPOSURE TO VIBRATION  
IN FELLING

---

- 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.
- N: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.
- N:ot 56—98 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 56—133.  
 Nos. 56—98 are listed in publications 56—133 of the Folia Forestalia series.
- 1971 No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen — 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 lumbed 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 ja 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 Rikkonen: Tukkien todellisen kiintomitan mittaamisessa käytettävät muunto- ja kuutiomisluvut. 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 värinän 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 ja 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,—

Harstela Pertti ja Valonen Paavo

TYÖN TUOTOS, TYÖNTEKIJÄN FYYSINEN KUORMITTUMINEN  
JA TÄRINÄALTISTUS PELKÄSSÄ KAADOSSA

Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in felling.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus liittyy Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osaston puutavaran teon ergonomiaa käsittelevään tutkimussarjaan.

Osa aineistosta kerättiin Enso-Gutzeit Osa-keyhtiön Lakomäen ja Osuuskunta Metsäliiton Somerniemen työmailla. Mainittujen yhtiöiden kenttähenkilökunnan myötämielinen suhtautuminen auttoi suuresti työn onnistumista. Maastotöihin osallistui yo. HANNU LILJEROOS ja yo. ANTTI RINTALA. Työntekijöiden sykearvot mitattiin Työterveyslaitoksen välineillä.

Kirjoittajien kesken työ jakautui siten, että MMK HARSTELA suunnitteli ja johti tutki-

muksen sekä kirjoitti luvut 11., 12., 13., 22. ja 34. Yo. VALONEN suoritti Harstelan johdolla ja valvonnassa aineiston käsittelyn sekä laati muun osan käsikirjoitusluonnoksesta.

Käsikirjoituksen lukivat vt. professori PENTTI HAKKILA ja mh. KLAUS RANTAPUU esittäen varteenotettuja korjausehdotuksia. Laskentatöissä avustivat yo. SINIKKA AIROLA ja yo. EVA LÖFSTRÖM. Kuvat piirsi neiti LEENA PAUMOLA ja konekirjoituksen suorittivat rouva AUNE RYTKÖNEN ja neiti RAIJA SIEKKINEN.

Kaikille parhaat kiitokseni.

Helsinki 13. 6. 1972

Veijo Heiskanen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT .....	1
SUMMARY .....	3
1. Johdanto .....	5
11. Moottorisahakaato korjuuketjun osana .....	5
12. Metsätyön ja pelkän kaadon ergonomiasta .....	5
13. Tutkimustehtävä .....	6
2. Tutkimusmenetelmä ja aineisto .....	6
21. Tutkimusmenetelmä .....	6
22. Näytteen valinta ja aineiston käsittely .....	7
23. Tutkimusaineisto .....	7
3. Tutkimustulokset .....	11
31. Työtä kuvaavien mallien konstruointi .....	11
32. Työn tuotos pelkässä kaatotyössä ja kaadossa tavaralajimenetelmän yhteydessä .....	11
321. Työaikoja kuvaavat regressioyhtälöt .....	11
3211. Siirtyminen .....	11
3212. Lumen luonti .....	13
3213. Kaato .....	14
322. Työaikojen erot .....	15
3221. Yleistä .....	15
3222. Tekomies 1 .....	15
3223. Tekomies 2 .....	16
3224. Tekomies 3 .....	18
323. Yhteenvedo työn tuotosta koskevista tuloksista ja vertailu aikaisempiin tutkimuksiin .....	19
33. Tutkimuksessa koehenkilöinä olleiden tekomiesten fyysinen kuormitus pelkässä kaatotyössä ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä .....	20
331. Sykettä kuvaavat regressiomallit työvaiheittain .....	20
3311. Yleistä .....	20
3312. Siirtyminen .....	21
3313. Lumen luonti .....	23
3314. Kaato .....	24
332. Sykkeen erot tekomiestä työmenetelmien välillä .....	26
3321. Yleistä .....	26
3322. Tekomies 1 .....	26
3323. Tekomies 2 .....	27
3324. Tekomies 3 .....	29
333. Tekomiesten kuormittumisaste pelkässä kaadossa ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä .....	30
334. Yhteenvedo työntekijöiden fyysisestä kuormituksesta koskevista tuloksista .....	32
34. Tärinälle alttiinaoloajat kaatotyössä .....	35
4. Tulosten luotettavuudesta .....	36
5. Tulosten soveltamisesta käytäntöön .....	37
6. Tiivistelmä .....	37
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	39
LIITETAULUKOT .....	42

## SUMMARY

This study is associated with the research series on the ergonomics of timber harvesting conducted at the Department of Forest Technology, Finnish Forest Research Institute.

The purpose of the study was to

1) compare the worker's physical load caused by the consumption of muscular energy in felling for a processor and in preparation of timber using the sortiment method

2) support the loadability comparison by examining the work output in felling for a processor and in preparation of timber by the sortiment method

3) study the worker's length of exposure to motor-saw vibration in felling for a processor.

The material was collected from three work sites at each of which the test subject was one logger. The depth of snow in the stand of logger 1 was less than 30 cm, in that of logger 2 55 cm, while logger 3 worked in summer conditions (Table 5, p. 10). The work method were as follows (Table 1, p. 8).

### *Logger 1.*

- felling for a processor
- sortiment method: preparation of approx. 3-m pulpwood into grapple bunches alongside the strip road

### *Logger 2.*

- felling for a PIKA-50 processor
- felling for a PIKA-50 processor, using snow shoes
- sortiment method: the sawlog part of the stem into 5-m logs scattered in the compartment, 2-m pulpwood from tops into grapple bunches in the compartment

### *Logger 3.*

- felling for a PIKA-50 processor
- cutting of semi-limbed pine stems
- sortiment method: the sawlog part of the stem into 5-m logs, 2-m pulpwood from tops into grapple bunches alongside the strip road.

The scope of the material appears from Tables 2 (p. 9), 3 and 4 (p. 9).

The pulse rate measured at intervals of 1

minute during work was employed as the indicator of the physical load caused by the energy consumption due to the work.

The stop-watch method was used in the time study.

Models illustrating the working times per work phase by method of work were formulated from the material for all the test subjects using regression analysis (Figs. 1, p. 12; 2, p. 13; 3, p. 14). The times of the methods were compared by covariance analysis. The per-stem working time (= moving, possible snow clearing, cutting) for two of the test subjects was greater in felling for a processor than the time spent on the corresponding work phases in the sortiment method; this was attributed to more careful directing of felling. The result for the third person was the contrary, but the reason was the different densities of the growing stocks in the compartments worked by felling for a processor and the sortiment method.

The course of the statistico-mathematical treatment of the pulse rate observations was similar in principle to that in the time studies. The load of the worker in the different working methods was compared by means of the mean pulse rate value per work phase weighted by the relative shares of part-times. In the calculation of the mean pulse rate, use was made of working times and pulse rate values per work phase adjusted for the relevant regression variables and obtained by covariance analysis (Table 7, p. 31). Physical load of two of the loggers was smaller in felling than in the preparation of timber by the sortiment method. The physical load of one logger was equally great in felling and in the sortiment method. This was attributable to deep snow during the moving and snow-shovelling phases.

The bicycle ergometer test was used to examine the level of work in relation to the maximum aerobic power of the test subjects (% of max.  $O_2$ -uptake). The level of work on each test subject during all work phases was over 40 per cent, on the oldest (46 year) subject even over 60 per cent (table 7, p. 31).

The results for the worker's exposure to vibration are based on a material collected from a single logger during a one working day. The effective work time was divided between effective and idle running and the time the saw was on the ground (Table 9, p. 35). Both the times of exposure to vibration and the possible recovery times were found to be relatively short in felling (Table 10, p. 36, pauses proper were not taken into consideration). The worker's exposure to vibration was found to be quite considerable during the snowless period when wind etc. conditions were satisfactory.

Cumulation of vibration effect was obvious because of inadequate recovery. There are consequently great possibilities in felling for the emergence of vibration effect on the worker from both effective and idle running. The conclusion is based on the changes in the skin temperature of the hands, sensation threshold and manipulation capacity. It must be remembered, however, that the relationship between the above indicators and the origin of e.g., TVD-disease is not known as its mechanism of production is still partially unclarified.

## 1. JOHDANTO

### 11. Moottorisahakaato korjuuketjun osana

Tekomenetelmiä metsätyössä on viime aikoina kehitetty ihmistyövaltaisia menetelmiä yksinkertaistamalla sekä lisäämällä koneellistamisastetta. Menetelmien yksinkertaistaminen on aiheuttanut ergonomisia ongelmia mm. sahan tärinän ja työn kuormittavuuden osalta. Sen sijaan kaato on säilynyt luonteeltaan entisellään melko vaihtelevan työmenetelmän yhtenä osana. (HARSTELA 1970a, 1971a).

Koneellistamisasteen kohottaminen tekovaiheessa on pääasiassa tapahtunut monitoimikoneiden avulla. Useiden monitoimikoneiden käyttöön perustuvien korjuuketjujen erillisenä osana on moottorisahakaato. Tällöin kaato muista työvaiheista irrotettuna saattaa muuttua ergonomiselta luonteeltaan erilaiseksi kuin muiden työvaiheiden osana suoritettuna. Pelkkää kaatoa esiintyy myös vanerikoivujen rasiinkaadossa.

### 12. Metsätyömenetelmien ja pelkän kaadon ergonomiasta

Metsätyön ergonomiaa on tutkittu koneiden rakenteen sekä työntekijän fysiologian, lähinnä lihasenergian kulutuksen ja elimistön vaurioitumisen kannalta. Sen sijaan työn psykologian ja hermoenergian kulutuksen tutkiminen on vasta alussa. Heilumisen ja tärinän vaikutusta kehoon ja käsiin on yleisesti tutkittu useissa maissa. Yhteenvedon kirjallisuudesta on tehnyt mm. HASAN (1970). Heilunnan luonnetta metsätraktorikuljetuksessa ovat tutkineet AHO (1971) ja KÄTTÖ (1970), tärinän luonnetta moottorisahalla työskenneltäessä on selvittänyt AHO (1971) ja tärinäaltistusta kehittyneissä ihmistyövaltaisissa tekomenetelmissä HARSTELA (1970a, 1971a). Pelkässä kaadossa tärinälle alttiina olo ilmeisesti on varsin suuri, joskaan sen luonnetta ei ole aikaisemmin tarkemmin analysoitu.

Metsätyöntekijän fysiologista kuormittumista, jota on mitattu pääasiassa lihasenergian

kulutusta kuvaavin mittarein, on selvitetty varsin laajasti. Tekoa moottorisahalla tavaralajimenetelmiä käytettäessä ovat tutkineet mm. RÖNNHOLM ym. (1963), HANSSON (1965), JOHANSSON ym. (1963), SAMSET ym. (1969), VIK ym. (1969), JOHANSSON (1969), LEVANTO (1970) ja HARSTELA (1970, 1971a). Ihmistyövaltaisten menetelmien yksinkertaistaminen on lisännyt kuormittavuutta siksi, että moottorisahausajan lisääntyminen on suurentanut staattisen työn osuutta, ja mitauksen poisjäänti on lisännyt raskaampien työvaiheiden suhteellista osuutta. Samoin siirtyminen pidemmän kuitupuun kasaukseen on aiheuttanut käsiteltävien kappaleiden painon lisääntymisen. Vastapainona on esiintynyt pyrkimys kasusmatkan lyhentämiseen ja hevoskuljetuksen vähentyessä on siirrytty raskaasta sahapuun teosta rekeen auttaen levälleen tekoon.

Runkojen tekoa ovat tutkineet AGER (1964) ja JOHANSSON (1968). Tavaralajimenetelmissä, joihin liittyy kasaus, sykearvot ovat yleensä 110...175 välillä ja se on luokiteltava keskinertaiseksi, raskaaksi tai erittäin raskaaksi työksi. Jos työhön ei liity kasausta, kuten runkomenetelmässä, sykearvot ovat 100...150 välillä ja työ on katsottava keskinertaiseksi tai raskaaksi työksi. Lukuunottamatta norjalaisten (SAMSET ym. 1969) tutkimusta kaato ja siirtyminen muun työn yhteydessä eivät ole kuormittavuudeltaan selvästi eronneet karsinnasta. Pelkän kaadon voi olettaa olevan kuormittavampaa kuin kaadon muun työn yhteydessä, koska työ on yksitoikkoisempaa ja työasento kaadossa epämukava. Tämän lisäksi siirtyminen lumessa moottorisahan kanssa voi olla sangen raskasta.

Puutavaran tekoa suorittavien metsätyöntekijöiden yleisimpiä sairauksia ovat selkä- ja liikuntaelinten särkyä aiheuttavat vioittumat (Metsätyömiesten terveystutkimus, 1971). Selkäsairautta ilmeisesti aiheuttaa raskaiden pölkkyjen kasaus ja tukkien kääntäminen. Lisäksi saattaa sahan kannattelusta ja epämukavasta työasen-

nosta (esim. kaadossa) sekä kaatovätkäyksestä aiheutua räsistusta niveliin ja kehon tukielimiin.

Työpsykologisesti pelkkä kaato eronnee muista tekomenetelmistä siten, että työn vaihtelevuus on pienempi ja sidonnaisuus muuhun korjuuketjuun, lähinnä monitoimikoneen työskentelyrytmiin on suurempi.

### 13. Tutkimustehtävä

Työntekijän fysiologista, lihasenergian kulukselta johtuvaa kuormittumista pelkässä kaadossa ei aikaisemmin ole tutkittu. Kuten edellisessä luvussa todettiin on kaatotyössä perinteelliseen metsätyöhön verrattuna erityispiirteitä ja lumen vaikutus siirtymisessä, jota kaatotyössä on paljon, on suuri. Tämän vuoksi ensimmäisenä tutkimustehtävänä on fyysisen kuormittumisen määrittäminen pelkässä kaadossa tavaralajimenetelmiin verrattuna erilaisissa olosuhteissa. Samalla selvitetään myös lumi-

kenkien käyttöä kuormittumisen ja työn tuotoksen kannalta.

Siirryttäessä puulta toiselle ei sahaa yleensä sammuteta koska siirtymismatkat ovat verraten lyhyitä. Tämän vuoksi tärinäaltistus voi muodostua suureksi. Toisena tutkimustehtävänä onkin selvittää tärinäaltistusta kaadossa.

Epämukava työasento kaatosahauksessa aiheuttaa staattista työtä, jonka pitäisi näkyä sykkeessä. Mutta staattisen työn lihasten hapen saantia vaikeuttava luonne voi aiheuttaa mm. lihassärkyjä. Puun vätkäminen suunnatussa kaadossa saattaa – varsinkin väärin suoritettuna – aiheuttaa selläin luustovaurioita. Liittyminen ”kuumaan” koneketjuun ja työn vaihtelevuuden väheneminen voivat synnyttää työpsykologisia ongelmia. Näiden kysymysten selvittely edellyttäisi kuitenkin metodologialtaan edellä esitettyjen ongelmien selvittelystä poikkeavan tutkimuksen, joten nämä kysymykset tuodaan esille vain taustatietoutena.

## 2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

### 21. Tutkimusmenetelmä

Tutkimus on jatkoa aikaisemmalle työlle (HARSTELA 1971), jossa selviteltiin pääasiassa kuitupuun tekoon liittyviä kysymyksiä, ja on metodologialtaan samantyyppinen.

Tutkimusaineisto kerättiin kevättalvella ja alkukesästä 1971 kolmelta eri työmaalta, jotka sijaitsivat Tuusulassa Ruotsinkylän kokeilualueessa, Saarijärvellä ja Somerniemellä. Ruotsinkylän kokeilualueessa olleen leimikon hakkausti metsäntutkimuslaitos, Saarijärvellä olleen leimikon Enso-Gutzeit Osakeyhtiö ja Somerniemien leimikon Osuuskunta Metsäliitto. Kulakin työmaalla oli koehenkilönä yksi tekemies.

Mittausryhmän muodostivat aikatutkija, mittamies ja kolmas henkilö, joka suoritti sydämen sykintätaajuuden mittauksen. Tosin Saarijärvellä ja osittain myös Somerniemellä aikatutkija suoritti samalla sykkeen mittauksen.

Aikatutkimuksessa käytettiin ns. 0-asentomenetelmää. Ruotsinkylässä ja Saarijärvellä ajanotto tapahtui tavallisella aikatutkimuskel-

lolla. Somerniemellä käytettiin kolmen yhteenkytketyn aikatutkimuskellon muodostamaa HEUER-ajanottolaitetta. Tämän laitteen käyttö mahdollistaa lyhyiden työvaiheiden tarkemman rekisteröinnin kuin mitä yhtä kelloa käyttäen on mahdollista. Työpäivän alkamis- ja loppumisajankohdat merkitsi aikatutkija myös muistiin.

Aikatutkimuksessa otettiin ajat seuraaville työvaiheille ja keskeytyksille:

siirtyminen	} vertailuaineistossa
lumen luonti	
tyven raivaus	
kaatosahaus (kaatokolon teko + varsinainen kaatosahaus)	
muu kaato (puun vääntöön kaatovätkärillä kulunut aika, lipan sahaus)	
karsinta + katkonta	
kasaus	
lepotauot	
huolto ja välineiden kunnostus	

Tärinäaltistuksen osalta pyrittiin moottorisahan melua nauhurilta analysoimalla erotta-

maan teho- ja tyhjäkäyntiajat, jotka ergonomisesti eroavat toisistaan (AHO 1971), sekä selvittämään näiden altistus- ja elpymisaikojen jaksottuminen.

Aikatutkija suoritti siirtymismatkan sekä vertailuaineistossa kasaumatkan arvioinnin ja merkitsi ne muistiin metrin tarkkuudella.

Mittamies mittasi kaadetuista rungoista kanto- ja rinnankorkeusläpimitat yhden cm:n tasavaa luokitusta sekä pituuden yhden m:n tasavaa luokitusta käyttäen. Hän merkitsi mittalomakkeelle myös puulajin ja vertailuaineistossa kustakin rungosta tehtyjen pölkkyjen lukumäärän. Lumen syvyys ja hakkuumiehen jalan painuma lumessa mitattiin senttimetrin tarkkuudella.

Syke mitattiin minuutin välein Työterveyslaitoksen telemetrisillä mittausvälineillä, ja lukema merkittiin sen työvaiheen kohdalle, joka juuri oli menossa. Sydämen toiminta synnyttää sähköisiä jännitteitä, joiden muutokset voidaan sopia laitteita apuna käyttäen rekisteröidä iholta esimerkiksi rintakehästä ja saada näin selville lyöntinopeus.

## 22. Näytteen valinta ja aineiston käsittely

Näytteen valinnan ja aineiston käsittelyn perusteet eivät poikkea tutkimussarjan ensimmäisessä osassa esitetystä (HARSTELA 1971a). Mittausten kalleuden sekä resurssien rajallisuuden vuoksi rajoituttiin hypoteesien johtamiseen aineistosta, joka ei ole edustava näyte mistään tunnetusta populaatiosta. Kausaalisen selityksen mahdollisuuksia tarkastellaan oheisena laaditun viitekehysten puitteissa.

Työn tuotokseen ja työntekijän kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä on kartoitettu jo tutkimuksen ensimmäisessä osassa. Yleisen työntutkimuksen teorian mukaan voidaan todeta sekä työn tuotoksen että työntekijän kuormittumisen muodostuvan mm. työntekijän uhraamien fyysisten ja henkisten panosten, työn laadun ja olosuhteiden funktiona. Työntekijän uhraamiin panoksiin taas vaikuttavat paitsi työn laatu ja olosuhteet myös työntekijän ominaisuudet ja asenteet.

Kun tutkitaan työn tuotosta ja kuormittumista voidaan siis todeta määrähenkilöillä olosuhteiden ja työmenetelmän vaikutus työn tuotokseen ja työntekijän uhraamiin panoksiin siltä osin kuin käytetyt mittarit sen sallivat. Yleistys-

tä tässä tapauksessa vaiheuttaa tekomiesten vähäinen lukumäärä. Panosten ja niihin vaikuttavien tekijöiden tarkka empiirinen analyysi ei ole mahdollinen tässä käytetyn tutkimusmenetelmän puitteissa.

Aineiston tilastomatemattinen käsittely suoritettiin Valtion tietokonekeskuksessa (VTKK). Käytetyt ohjelmat olivat VTKK:n kirjasto-ohjelmia. Tutkimustuloksia käsittelevässä luvussa 3 on esitetty lähemmin myös aineiston käsittelyn kulku.

## 23. Tutkimusaineisto

Kaikilla kolmella työmaalla kerättiin tutkimusaineisto pelkkää kaatoa varten avohakkuusta. Vertailuaineisto kerättiin hakkuusta tavaralajimenetelmällä. Kaikissa tapauksissa oli kyseessä maastoluokka I. Taulukossa 1 esitetään tutkitut työmenetelmät. Tekomies 1 oli koehenkilönä Ruotsinkylässä, 2 Saarijärvellä ja 3 Somerniemellä.

Pelkkä kaatotyo ja vertailumenetelmänä ollut puutavaran teko tavaralajimenetelmällä pyrittiin sijoittamaan maasto- ja leimikkotunnuksiltaan vertailukelpoisille palstoille. Aineiston koko ja maasto- ja leimikkotunnukset sekä aineiston jakautuminen eri tekomiesten ja työmaiden kesken on esitetty taulukoissa 2, 3 ja 4.

Tekomiehille annettiin ohjeeksi työskennellä normaalisti käyttämällään työtahdilla. Myös tauot he saivat pitää normaalisti oman harkintansa mukaan. Tekomies 3 työskenteli välittömästi PIKA -50-monitoimikoneen edellä kaataen runkoja "varastoon" korkeintaan 1-2 tunnin tarpeen. Näinollen koneen työnopeus määräsi myös tekomiehen työtahdin, ja subjektiivisesti arvioiden hänen taukonsa muodostuivat normaalia pidemmiksi.

Tekomiehet saivat itse määrätä työpäivänsä pituuden, ja se vaihteli kuudesta kymmeneen tuntiin. Tutkimusaineistoon pyrittiin saamaan täysiä työpäiviä, mutta käytännöllisistä syistä, mm. sykemittauslaitteiden häiriöiden vuoksi, tämä ei ollut aina mahdollista. Näin ollen tutkimusaineistossa työpäivän pituus vaihteli neljästä kahdeksaan tuntiin. Pyrittiin myös siihen, että koehenkilöt olisivat työskennelleet samana päivänä vain yhdellä työmenetelmällä. Saarijärvellä jouduttiin kuitenkin jakamaan yksi työpäivä siten, että tekomies kaatoi osan päivästä ilman lumikenkiä ja osan käyttäen lumikenkiä. Myös

Taulukko 1. Tutkitut työmenetelmät tekomiehittäin.  
 Table 1. Methods of work studied, by loggers.

Työmenetelmä Method of work	Tekomies 1 Logger 1	Tekomies 2 Logger 2	Tekomies 3 Logger 3
	Työmenetelmien kuvaus – Description of methods of work		
Pelkkä kaato Felling for a processor	– puiden kaato (kuvitellulle) monitoimikoneelle – felling of trees for (an imaginary) processor	– puiden kaato PIKA -50 monitoimikoneelle – felling of trees for a PIKA -50 processor	– puiden kaato PIKA -50 monitoimikoneelle – felling of trees for a PIKA -50 processor
Tavaralajimenetelmä Sortiment method – hakkuutapa – cutting method – valmistettu puutavara  – timber cut	– harvennushakkuu – thinning – n. 3-m kuitupuu kourakasoihin ajouran varteen  – about 3-m pulpwood into grapple-bunches alongside strip road	– avohakkuu – clear cutting – runkojen tukki-osat 5-metrisiksi levälleen palstalle, latvakuitupuu 2-metrisiksi, kourakasoihin palstalle – sawlog parts of stems as 5-m units scattered in the stump-area, tops as 2-m pulpwood into grapple-bunches in the stump-area – pintamyötäinen – close-limbing – 20 m	– harvennushakkuu – thinning – pinotavararungot ja latvukset 2-m kuitupuuksi kourakasoihin ajouran varteen, tukit 5-metrisiksi levälleen palstalle  – pulpwood stems and tops as 2-m pulpwood into grapple-bunches alongside the strip road, sawlog stems as 5-m units scattered in the stump-area – pintamyötäinen – close-limbing – 15 m
– karsinta – limbing – ajouraväli – strip-road spacing	– pintamyötäinen – close-limbing – 20 m	– pintamyötäinen – close-limbing – 20 m	– pintamyötäinen – close-limbing – 15 m
Runkomenetelmä Cutting of tree-lengths	–	–	– puolikarsittujen mä-runkojen teko – cutting of semi-limbed pine-stems

Taulukko 2. Leimikoiden puustotietoja tekomiehittäin ja työmenetelmittäin.  
 Table 2. Growing-stock information on stands, by loggers and methods of work.

Työmenetelmä – Method of work	Tekomies – Logger			
	1	2	3	Yht. Total
<i>Pelkkä kaato – Felling for a processor</i>				
runkoja, kpl – stems, units	111	88	616	815
runkoja, kpl/ha – stems, units/hectare	1183	285	1053	
$k\text{-m}^3$ – solid cu.m.	10	42	95	147
$k\text{-m}^3$ /runko – solid cu.m./stem	0.09	0.48	0.15	
$k\text{-m}^3$ /ha – solid cu.m./hectare	106	137	158	
poistuma, $k\text{-m}^3$ /ha – drain, solid cu.m./hectare	106	137	162	
<i>Pelkkä kaato – Felling for a processor (lumikengillä) – (with snowshoes)</i>				
runkoja, kpl – stems, units	–	86	–	86
runkoja, kpl/ha – stems, units/hectare	–	285	–	
$k\text{-m}^3$ – solid cu.m.	–	41	–	41
$k\text{-m}^3$ /runko – solid cu.m./stem	–	0.48	–	
$k\text{-m}^3$ /ha – solid cu.m./hectare	–	137	–	
poistuma, $k\text{-m}^3$ /ha – drain, solid cu.m./hectare	–	137	–	
<i>Puolikarsittujen mä-runkojen teko – Cutting of semi-limbed pine stems</i>				
runkoja, kpl – stems, units	–	–	32	32
runkoja, kpl/ha – stems, units/hectare	–	–	45	
$k\text{-m}^3$ – solid cu.m.	–	–	18	18
$k\text{-m}^3$ /runko – solid cu.m./stem	–	–	0.56	
$k\text{-m}^3$ /ha – solid cu.m./hectare	–	–	25	
poistuma, $k\text{-m}^3$ /ha – drain, solid cu.m./hectare	–	–	25	
<i>Tavaralajimenetelmä – Sortiment method</i>				
runkoja, kpl – stems, units	44	21	28	93
runkoja, kpl/ha – stems, units/hectare	1183	285	1169	
$k\text{-m}^3$ – solid cu.m.	4	10	4	18
$k\text{-m}^3$ /runko – solid cu.m./stem	0.09	0.48	0.16	
$k\text{-m}^3$ /ha – solid cu.m./hectare	106	137	187	
poistuma, $k\text{-m}^3$ /ha – drain, solid cu.m./hectare	45	137	40	

Taulukko 3. Tekomiesten työpäivien jakautuminen pelkän kaadon ja vertailumenetelmien kesken.  
 Table 3. Distribution of the loggers' working days between felling for a processor and the control methods.

Työmenetelmä – Method of work	Tekomies – Logger		
	1	2	3
<i>Pelkkä kaato – Felling for a processor</i>	1	1 1/2	3
<i>Pelkkä kaato (lumikengillä) – Felling for a processor (with snowshoes)</i>	–	1 1/2	–
<i>Puolikarsittujen mä-runkojen teko – Cutting of semi-limbed pine stems</i>	–	–	1/2
<i>Tavaralajimenetelmä – Sortiment method</i>	1	1	1/2

Taulukko 4. Puulajisuhteet, % kuutiomäärästä, tekomiehittäin ja työmenetelmittäin.  
 Table 4. Composition of tree species, % of volume, by loggers and methods of work.

Työmenetelmä – Method of work	Tekomies – Logger								
	1			2			3		
	mä pine	ku spruce	lp leaf-trees	mä pine	ku spruce	lp leaf-trees	mä pine	ku spruce	lp leaf-trees
Pelkkä kaato – <i>Felling a processor</i>	3	91	6	–	100	–	23	75	2
Pelkkä kaato (lumikengillä) – <i>Felling for a processor (with snowshoes)</i>				–	100	–			
Puolikarsittujen mä-runkojen teko – <i>Cutting of semi-limbed pine stems</i>							100	–	–
Tavaralajimenetelmä – <i>Sortiment method</i>	–	68	32	–	100	–	35	60	5

Somerniemellä jaettiin yksi työpäivä puolikarsittujen runkojen teon ja tavaralajimenetelmän kesken.

Leimikossa 2 (Saarijärvellä) kokeiltiin runsaan lumen vuoksi lumikenkiä pelkän kaadon yhteydessä. Lumikenkien kehys oli valmistettu 2 cm:n läpimittaisesta lasikuituputkesta. Kehyksen pituus oli 48 cm ja suurin leveys 29 cm. Siihen oli kiinnitetty pitkittäin neljä sekä poikittain viisi 2 cm:n levyistä hihnaa. Jalka sidottiin niihin soljella varustetulla kiinnityshihnalla.

Tekomiehet suorittivat kaatokolon teon ja kaatosahauksen moottorisahalla. Puun vääntöön kaatosahauksen jälkeen he käyttivät kaato-

vänkäriä. Saarijärvellä (tekomies 2) käytettiin lumen poistoon tyveltä lumilapiota, Ruotsinkylässä lunta oli niin vähän, että sen poistamisen saattoi tehdä potkimalla. Somerniemen leimikko hakattiin sulan maan aikana. Kaikki tekomiehet olivat kokeneita, vakituisesti metsätöitä tekeviä miehiä.

Leimikot hakattiin seuraavina aikoina: Ruotsinkylä 16–17.3., Saarijärvi 30.3.–2.4. ja Somerniemi 7.6.–11.6.1971. Lämpötila oli tutkimuksen aikana Ruotsinkylässä  $-2^{\circ}\text{C}$ ..  $-5^{\circ}\text{C}$ , Saarijärvellä  $-1^{\circ}\text{C}$ ..  $-5^{\circ}\text{C}$  ja Somerniemellä  $+10^{\circ}\text{C}$ ..  $+15^{\circ}\text{C}$ . Lumen syvyydet työmaittain ja palstoittain on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Keskimääräinen lumen syvyys ja jalan upotus lumessa.  
 Table 5. Average depth of snow and average impression of the foot in the snow.

Tekomies Logger	Työmenetelmä Method of work						
	Pelkkä kaato <i>Felling for a processor</i>		Pelkkä kaato (lumikengillä) <i>Felling for a processor (with snow shoes)</i>		Tavaralajimenetelmä <i>Sortiment method</i>		
	Lumen syv. Snow depth, cm	Upotus Impression of the foot, cm	Lumen syv. Snow depth, cm	Upotus Impression of the foot, cm	Lumen syv. Snow depth, cm	Upotus Impression of the foot, cm	
1	$\bar{x}$	29.4	24.1	–	–	30.8	21.5
	s	3.0	3.3			2.3	2.5
2	$\bar{x}$	46.6	32.1	52.5	18.3	40.7	23.2
	s	6.6	9.4	19.1	10.2	5.5	6.4

### 3. TUTKIMUSTULOKSET

#### 31. Työtä kuvaavien mallien konstruointi

Tutkimuksessa selitetään työajan menekkiä, työntekijän sydämen sykettä fyysisen kuormittumisen mittarina ja tärinän altistusajoja. Selitettävien muuttujien riippuvuutta selittävistä muuttujista tutkittiin valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa käyttäen. Analyysin kulku on esitetty mm. HARSTELAN (1970a) aikaisemmassa tutkimuksessa ja mallia sovellettiin siten, että riippuvuuksien lineaarisuuden palauttamiseksi kokeiltiin loogisia transformaatioita aikaisempien tutkimusten ja graafisten tarkastelujen perusteella. Muuttujien valintaa valikoivassa regressioanalyysissä haittaa muuttujien interkorrelaatiot, jolloin jonkin muuttujan informaatio saattaa jäädä vaille huomiota, koska se on jäänyt mallista korreloitumisen vuoksi. Sen vuoksi tarkasteltiin, minkä verran malliin mukaan tulleet muuttujat selittivät mallista pois jääneiden muuttujien vaihtelua.

Pelkän kaadon ja vertailumenetelmien välisten erojen analysointi suoritettiin kovarianssianalyysin avulla. Ohjelma on Valtion tietokonekeskuksen kirjasto-ohjelma ja sen perustana oleva malli on esitetty tutkimuksen aikaisemmassa osassa (HARSTELA 1971a). Kovarianssianalyysin käyttöä puoltaa muun muassa muuttujien osittainen tasoitus. Regressiomuuttujat kovarianssianalyysiin valittiin valikoivan regressioanalyysin perusteella.

#### 32. Työn tuotos pelkässä kaatotyössä ja kaadossa tavaralajimenetelmän yhteydessä

##### 321. Työaikoja kuvaavat regressioyhtälöt

Työn tuotoksen vertailemiseksi pelkässä kaadossa ja vertailumenetelmissä laadittiin ensiksi runkokohtaista työaikaa kuvaavat mallit eri työvaiheille valikoivan regressioanalyysin avulla. Seuraavat työvaiheet erotettiin:

- siirtyminen puulta toiselle
- lumen luonti
- kaato

Kaatoon laskettiin mukaan kaatosuunnan määrittäminen, tyven raivaus, kaatokolon teko, varsinainen kaatosahaus, puun työntäminen tai vipuaminen kaatovänkärillä ja lipan sahaus. Välineiden keruu ennen siirtymistä laskettiin mukaan siirtymisaikaan.

Tulokset saadut, runkokohtaisia työaikoja kuvaavat regressioyhtälöt esitetään seuraavassa työvaiheittain ja tekomiehittain. Regressiokerroimien merkitsevyys on esitetty tähdillä (\*\*\*) riski 0.1 %, \*\*, riski 1 %, \*, riski 5 %). R tarkoittaa mallin yhteiskorrelaatiokerrointa,  $100 \cdot R^2$  on mallin antama selitysaste prosenteissa.

##### 3211. Siirtyminen

#### Tekomies 1

##### Logger 1

Pelkkä kaato  $y = 4.46 + 2.49 x_5^{***}$   $100 \cdot R^2 = 44.2 \%$

*Felling for a processor*

Tavaralajimenetelmä  $y = 7.25 + 2.60 x_5^{***}$   $100 \cdot R^2 = 60.1 \%$

*Sortiment method*

#### Tekomies 2

##### Logger 2

Pelkkä kaato  $y = 2.64 + 2.38 x_5^{**} + 0.006x_2^2^*$   $100 \cdot R^2 = 34.0 \%$

*Felling for a processor*

Pelkkä kaato (lumikengillä)  $Y = 1.72 + 3.42 x_5^{***} + 0.22x_2^*$   $100 \cdot R^2 = 73.1 \%$

*Felling for a processor (with snowshoes)*

Tavaralajimenetelmä  $y = 10.39 + 2.13 x_5^{**}$   $100 \cdot R^2 = 56.8 \%$

*Sortiment method*

Tekomies 3

Logger 3

Pelkkä kaato

$$y = 2.79 + 1.59 x_5^{***} + 0.044 x_5^{2**}$$

$$100 \cdot R^2 = 64.4 \%$$

Felling for a processor

Puolikarsittujen mä-runkojen teko

$$y = 9.79 + 1.68 x_5^{**} - 0.002 x_5^2$$

$$100 \cdot R^2 = 72.5 \%$$

Cutting of semi-limbed pine stems

Tavaralajimenetelmä

$$y = 3.16 + 1.86 x_5 + 0.083 x_5^2$$

$$100 \cdot R^2 = 81.2 \%$$

Sortiment method

$y$  = siirtymisaika, cmin/runko – moving time, cmin/stem

$x_2$  = lumen syvyys, cm – snow depth, cm

$x_5$  = siirtymismatka, m – distance between trees, m

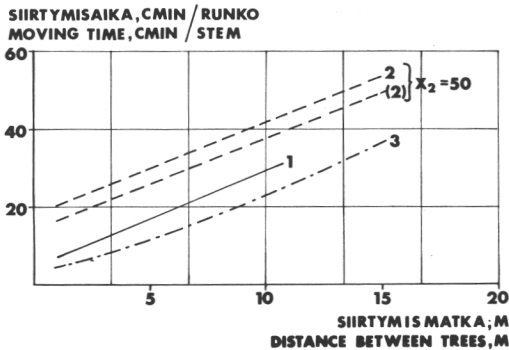
Siirtymisaikojen riippuvuudet siirtymismatkasta ja lumen syvyydestä on esitetty graafisesti kuvassa 1. Tekomiehellä 1 tuli ainoaksi selittäväksi muuttujaksi lumen syvyyden vähäisestä vaihtelusta johtuen siirtymismatka.

Miehellä 3 oli siirtymisajan riippuvuus mat-

kasta toista astetta. Puolikarsittujen runkojen teossa oli siirtymisajalle saadun mallin siirtymismatkan neliötä kuvaavan muuttujan kerroin negatiivinen. Tämä johtui siitä, että myös siirtymisnopeus oli kasvanut matkan kasvaessa.

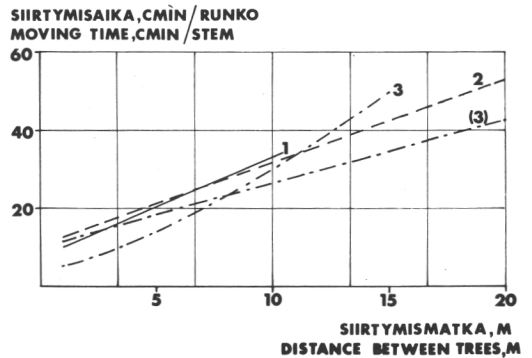
**PELKKÄ KAATO  
FELLING FOR A PROCESSOR**

**(2) TEKOMIES 2, KÄYTTÄEN LUMIKENKIÄ  
LOGGER 2, FELLING USING SNOWSHOES**



**VERTAILUMENETELMÄ  
CONTROL METHODS**

**1,2,3 TAVARALAJIMENETELMÄ  
SORTIMENT METHODS  
(3) PUOLIKARSITTUJEN RUNKOJEN TEKO  
CUTTING OF THREE-LENGTHS**



Kuva 1. Runkokohtaiset siirtymisaajat tekomiehittäin ja työmenetelmittäin.  
Fig. 1. Per-stem moving times, by loggers and methods of work.

3212. Lumen luonti

Tekomies 1

Logger 1

Tavaralajimenetelmä  
Sortiment method

$$y = 0.44x_2$$

$$100 \cdot R^2 = 5.3 \%$$

Tekomies 2

Logger 2

Pelkkä kaato  
Felling for a processor

$$y = 26.45 + 0.78x_2$$

$$100 \cdot R^2 = 1.3 \%$$

Pelkkä kaato (lumikengillä)  
Felling for a processor (with snow-shoes)

$$y = 26.96 + 1.01x_2^{***}$$

$$100 \cdot R^2 = 28.3 \%$$

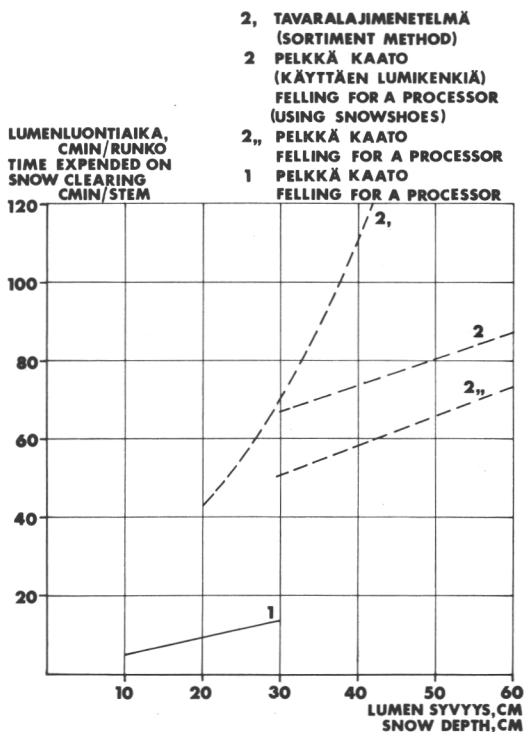
Tavaralajimenetelmä  
Sortiment method

$$y = 20.18 + 0.058x_2^{2*}$$

$$100 \cdot R^2 = 39.3 \%$$

y = lumenluontiaika, cmin/runko – snow-clearing time, cmin/stem

x<sub>2</sub> = lumen syvyys, cm – snow depth, cm



Tekomiehellä 1 pelkässä kaadossa ja tavaralajimenetelmässä sekä miehellä 2 pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä eivät lumenluontiajan ja lumen syvyyden väliset korrelaatiokertoimet olleet 5 %:n riskillä tilastollisesti merkitseviä. Tekomiehelle 1 pelkässä kaadossa ei saatu lumenluontiaikaa kuvaavaa mallia, koska lumen syvyyden ja lumenluontiajan välinen korrelaatiokerroin oli 0. Lunta miehen 1 leimikolla oli niin vähän, että sen saattoi tarvittaessa poistaa puun tyveltä potkimalla, lapiota ei siis tarvinnut käyttää. Korrelaation puuttuminen lienee seurausta lumen vähäisestä määrästä ja vaihtelusta.

Lumenluontiaikoja kuvaavien mallien selityksasteet jäivät erittäin alhaisiksi. Ainakin osittaisena syynä tähän on lumen syvyyden vähäinen vaihtelu. Lumen laatu ei juuri vaihdellut tutkimuksen aikana, joten se ei aiheuttanut hajontaa työaikoihin. Poistettavan lumen määrään ja sen kautta lumenluontiaikaan vaikuttaa lumen syvyyden lisäksi sen alueen suuruus, jolta lumi poistetaan. Tähän puolestaan vaikuttavat maastosta johtuvat satunnaiset tekijät, joita tämän työn yhteydessä ei kontrolloitu.

Kuva 2. Runkokohtaiset lumenluontiaijat tekomiehillä 1 ja 2 työmenetelmittain.

Fig. 2. Per-stem snow-clearing time, by loggers 1 and 2 and methods of work.

Tekomies 1

Logger 1

Pelkkä kaato

$$y = 23.07 + 6.57x_4$$

$$100 \cdot R^2 = 46.4 \%$$

*Felling for a processor*

Tavaralajimenetelmä

$$y = 3.29x_4$$

$$100 \cdot R^2 = 17.1 \%$$

*Sortiment method*

Tekomies 2

Logger 2

Pelkkä kaato

$$y = 153.32 - 6.71x_4 + 0.202x_4^2$$

$$100 \cdot R^2 = 11.2 \%$$

*Felling for a processor*

Pelkkä kaato (lumikengillä)

$$y = 71.47 + 7.46x_4^{***}$$

$$100 \cdot R^2 = 69.6 \%$$

*Felling for a processor (with snowshoes)*

Tavaralajimenetelmä

$$y = 0.86 + 0.157x_4^{2***}$$

$$100 \cdot R^2 = 59.9 \%$$

*Sortiment method*

Teokmies 3

Logger 3

Pelkkä kaato

$$y = 9.70 + 0.64x_4 + 0.041x_4^2$$

$$100 \cdot R^2 = 32.9 \%$$

*Felling for a processor*

Puolikarsittujen mä-runkojen teko

$$y = 223.82 - 16.18x_4 + 0.363x_4^2$$

$$100 \cdot R^2 = 45.4 \%$$

*Cutting of semi-limbed pine stems*

Tavaralajimenetelmä

$$y = 37.55 + 6.41x_4^* - 0.102x_4^2$$

$$100 \cdot R^2 = 66.3 \%$$

*Sortiment method*

$y$  = kaatoaika, cmin/runko – *felling time, cmin/stem*

$x_4$  = rinnankorkeusläpimitta, cm – *breast height diameter, cm*

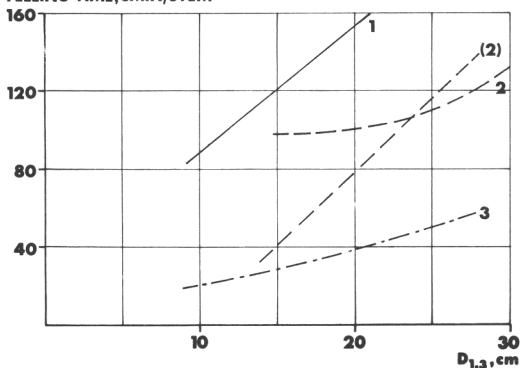
**PELKKÄ KAAATO  
FELLING FOR A PROCESSOR**

**(2) TEKOMIES 2, KÄYTTÄEN LUMIKENKIÄ  
LOGGER 2, FELLING USING SNOWSHOES**

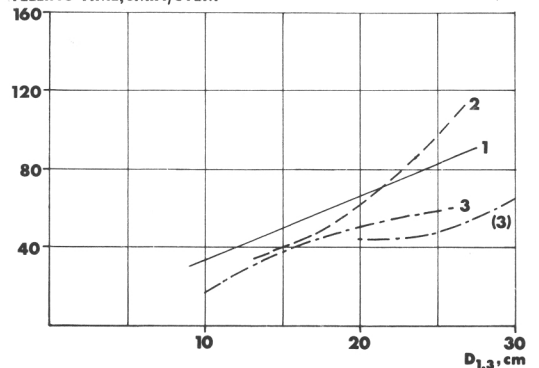
**VERTAILUMENETELMÄT  
CONTROL METHODS**

**1,2,3 TAVARALAJIMENETELMÄ  
SORTIMENT METHOD  
(3) PUOLIKARSITTUJEN RUNKOJEN TEKO  
CUTTING OF THREE-LENGTHS**

**KAATOAIKA, CMIN/RUNKO  
FELLING TIME, CMIN/STEM**



**KAATOAIKA, CMIN/RUNKO  
FELLING TIME, CMIN/STEM**



Kuva 3. Runkokohtaiset kaatoajat tekomiehittäin ja työmenetelmittäin.  
Fig. 3. Per-stem felling times, by loggers and methods of work.

Kaatoaikoja pyrittiin selittämään rinnankorkeusläpimitan avulla. Vhtälöt on esitetty graafisesti kuvassa 3. Kuten luvussa 321 (s. 11) on mainittu, laskettiin kaatoaikaan kuuluviksi tyven raivaus, kaatokolon teko, kaatosahaus ja muu kaato ( $=$  puun työntö + lipan sahaus). Näistä ajoista koostuvan kaatoajan hajontaa ei voida selittää pelkästään rungon koon vaihtelun avulla, koska kaatoaikaan vaikuttavat erilaiset satunnaiset tekijät, kuten tuulen suunta ja puun kallistuma.

Mallien selitysasteet jäivät kaikissa tapauksissa alle 70.0 %:n. Alhaiset selitysasteet johtunevat siitä, etteivät tyven raivauksen ja muun kaadon ajat kovinkaan selvästi korreloineet rinnankorkeusläpimitan kanssa.

Tekomiehellä 3 on tavaralajimenetelmän kohdalla kaatoaika kuvaavassa mallissa rinnankorkeusläpimitan neliön kerroin negatiivinen. Tämän mukaan siis kaatoajan kasvu olisi hidastunut rinnankorkeusläpimitan suuretessa. Syynä oli se, että työvaiheen muu kaato ajan kasvu pieneni rinnankorkeusläpimitan suuretessa. Tässä tapauksessa leimikko oli niin tiheä, että puiden oksat olivat lomittain toistensa välissä. Rinnankorkeusläpimitaltaan pienet puut eivät sen vuoksi kaatosahauksen jälkeen kaatuneet helposti, vaan tekemies joutui vääntämään niitä vankärillä enemmän kuin rinnankorkeusläpimitaltaan suurempia puita.

Työvaiheittaisia työaikoja kuvaavien mallien selitysaste on tässä tutkimuksessa yleensä jäänyt verraten alhaiseksi. HARSTELA (1970b) on todennut, että runkokohtaisia työaikoja kuvaavat mallit antavat yleensä suuremman selitysasteen kuin työvaiheittaisia aikoja kuvaavat.

## 322. Työaikojen erot

### 3221. Yleistä

Työaikojen eroja pelkän kaadon ja tavaralajimenetelmän yhteydessä tapahtuvan kaadon välillä pyrittiin selvittämään kovarianssianalyysin avulla. Jokaiselle tekomiehelle suoritettiin analyysi työvaiheittain. Selitettävänä muuttujina analyyseissä olivat erikseen kunkin työvaiheen ajat. Regressiomuuttujina olivat ko. työaika kuvaavaan regressiomalliin mukaan tulleet selittävät muuttujat, ja luokkamuuttujana oli työmenetelmä. Tulokseksi kovarianssianalyysistä saatiin kunkin työvaiheen kohdalla malli, jolla

voitiin laskea regressiomuuttujien suhteen tasoitettu työajan runkokohtainen keskiarvo työmenetelmittäin. Ohjelma tulosti lisäksi F-arvot regressiomuuttujille ja luokkamuuttujalle. Luokkamuuttujan F-arvon perusteella voitiin katsoa, oliko työmenetelmien välillä odotettavissa merkitseviä eroja.

Joissakin tapauksissa sattuu, että esim. kolmea työmenetelmää verrattaessa kovarianssianalyysillä saadaan luokkamuuttujalle F-arvo, joka ei ole tilastollisesti merkitsevä. Tästä huolimatta voi joskus osa luokkien parittaisista erotuksista olla merkitseviä testattaessa niitä TUKEY'n testillä. Näin saattaa käydä, jos luokkamuuttujan F-arvo on hyvin lähellä ko. merkitsevyysrajaa. Kovarianssianalyysissä tapahtuva luokkien keskiarvojen tasoitus regressiomuuttujien suhteen "liioittelee" joissakin tapauksissa luokkien erotusta, mutta ei vaikuta luokkamuuttujien regressiokertoimien variansseihin.

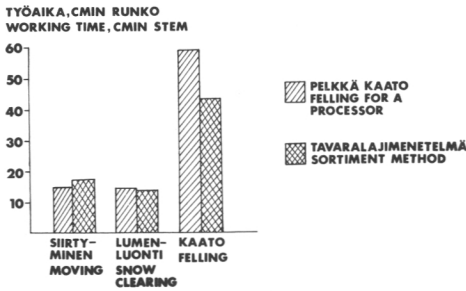
Varianssianalyysissä edellytetään verrattavien populaatioiden varianssien yhtäsuuruutta (MATTILA 1969). Työvaiheittaisten työaikojen varianssien testaus suoritettiin tekomiehen 1 kohdalla F-testillä, koska vertailtavia työmenetelmiä oli vain kaksi, tekomiehille 2 ja 3 testaus suoritettiin BARLETT'n homogeenisuustestillä (MÄKINEN 1968), koska työmenetelmiä oli kolme. Jos varianssien ero havaittiin 5 % riskillä tilastollisesti merkitseväksi, käytettiin aikatutkimustulosten muuntamiseen logaritmitransformaatiota (SNEDECOR and COCHRAN 1967). Käytännössä muuntaminen tapahtui siten, että ko. työvaiheen työajan sijasta kovarianssianalyysissä käytettiin selitettävänä muuttujana työajan logaritmia. Tulokseksi saatiin työajan regressiomuuttujien suhteen tasoitettujen keskiarvojen logaritmit työmenetelmittäin. Kun näistä otettiin antilogaritmit, saatiin ao. regressiomuuttujien suhteen samalle tasolle lasketut työaikojen geometriset keskiarvot. Jos verrattavia työmenetelmiä oli kolme (tekomiehillä 2 ja 3), verrattiin selitettävien muuttujien logaritmien keskiarvoja parittain TUKEY'n testillä. Jos logaritmien keskiarvojen ero saatiin merkitseväksi, niin siitä seurasi, että myös ao. geometristen keskiarvojen ero oli merkitsevä (SNEDECOR and COCHRAN 1967).

### 3222. Tekomies 1

Kuvassa 4 on esitetty tekomiehelle 1 saadut, regressiomuuttujien suhteen tasoitettut keskimääräiset työajat.

Työvaiheittaisista ajoista yhteenlasketut runkokohtaiset työajat olivat 88.6 cmin pelkässä kaadossa ja 75.1 cmin puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä (siirtyminen, lumen luonti, kaato).

Siirtymisajasta suoritettun kovarianssianalyysin tulokseksi saatiin seuraava malli:



Kuva 4. Tekomies 1. Regressiomuuttujien suhteen tasoitetut keskimääräiset runkokohtaiset työajat pelkässä kaadossa ja puutavaran teossa tavaralajimenetelmällä (tehoaika ilman apuajkoja).

Fig. 4. Logger 1. Average per stem working times, adjusted in relation to the regression variables in felling for a processor and in sortiment method (effective working time without by-times).

$$y = -8.89 + 2.60x_5^{***} + 0.48x_2 - 1.26x_{L1} + 1.26x_{L2}$$

jossa

$y$  = siirtymisaika, cmin/runko  
moving time, cmin/stem

$x_2$  = lumen syvyys, cm – snow depth, cm

$x_5$  = siirtymismatka, m – distance between trees, m

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = tavaralajimenetelmä  
sortiment method

Työmenetelmien välinen ero siirtymisajassa ei ollut tilastollisesti merkitsevä 5 %:n riskitasolla. ( $F = 1.735$ ,  $v_1 = 1$ ,  $v_2 = 88$ )

Siirtymisaika saadaan edellä esitetystä mallista siten, että sijoitetaan siihen regressiomuuttujien keskiarvot ja otetaan mukaan vakiona sitä työmenetelmää kuvaavan luokkamuuttujan parametri, jonka siirtymisaika halutaan laskea.

Seuraavana lumenluontiajalle kovarianssianalyysin tulosten perusteella laadittu malli:

$$y = 15.20 + 0.04x_2 + 0.46x_{L1} - 0.46x_{L2}$$

jossa

$y$  = lumenluontiaika, cmin/runko  
time expended on snow-clearing, cmin/stem

$x_2$  = lumen syvyys, cm – snow depth, cm

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = tavaralajimenetelmä  
sortiment method

Lumenluontiaikojen erotus ei ollut 5 %:n riskillä tilastollisesti merkitsevä ( $F = 0.227$ ,  $v_1 = 1$ ,  $v_2 = 88$ ).

F-testillä todettiin, että kaatoaikojen varianssit erosivat 5 % riskillä tilastollisesti merkitsevästi työmenetelmien välillä. Sen vuoksi käytettiin logaritimuunnosta ja saatiin kovarianssianalyysin avulla seuraava malli:

$$\log y = 1.063 + 0.457 \cdot 10^{-1} \cdot x_4^{***} + 0.643 \cdot 10^{-1} x_{L1} - 0.643 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L2}$$

jossa

$y$  = kaatoaika, cmin/runko  
felling time, cmin/stem

$x_4$  = rinnankorkeusläpimitta, cm  
breast height diameter, cm

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

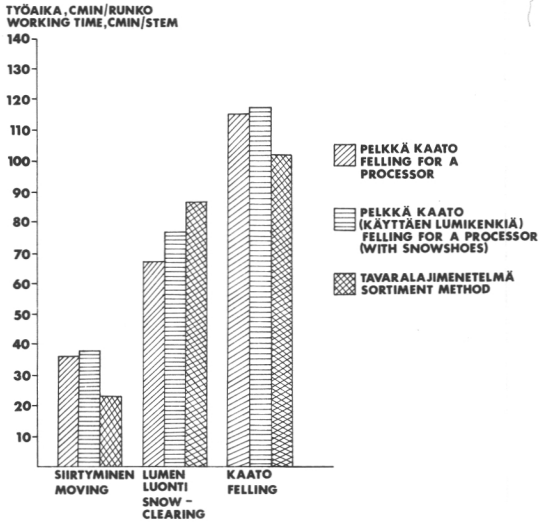
$x_{L2}$  = tavaralajimenetelmä  
sortiment method

Kaatoaikojen erotus työmenetelmien välillä osoittautui 0.1 %:n riskillä merkitseväksi ( $F = 14,999$ ,  $v_1 = 1$ ,  $v_2 = 126$ ). Tekomiehellä 1 olivat kaikkien todelliseen kaatoaikaan laskettujen osatyövaiheiden (tyven raivaus, kaatosahaus, muu kaato) ajat suurempia pelkässä kaadossa kuin vertailumenetelmässä.

### 3223. Tekomies 2

Tekomiehen 2 keskimääräiset työvaiheittaiset työajat on esitetty kuvassa 5.

Runkokohtaiset työajat olivat 218.0 cmin pelkässä kaadossa ja 230.2 cmin pelkässä kaadossa lumikengillä. Tavaralajimenetelmässä oli vastaavien työvaiheiden keskimääräinen runkokohtainen aika 210.5 cmin.



Kuva 5. Tekomies 2. Regressiomuuttujien suhteen tasoitettujen keskimääräisten runkokohtaisten työajat pelkässä kaadossa ja puutavaran teossa tavaralajimenetelmällä (tehoaika ilman apuaikoja).

Fig. 5. Logger 2. Average per stem working times, adjusted in relation to the regression variables, in felling for a processor and in sortiment method (effective working time without by-times).

Kovarianssianalyysin avulla saatiin seuraava siirtymisaikojen eroja kuvaava malli:

$$y = 4.21 + 2.83x_5 + 0.31x_2 + 3.97x_{L1} + 5.26x_{L2} - 9.22x_{L3}$$

jossa

$y$  = siirtymisaika, cmin/runko  
moving time, cmin/stem

$x_2$  = lumen syvyys, cm  
snow depth, cm

$x_5$  = siirtymismatka, m  
distance between trees, m

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = pelkkä kaato (lumikengillä)  
felling for a processor (with snowshoes)

$x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
sortiment method

Luokkamuuttujan F-arvo oli 5 %:n riskillä tilastollisesti merkitsevä ( $F = 4.356$ ,  $V_1 = 2$ ,  $v_2 = 153$ ). Keskiarvojen vertailussa Tukey'n testillä saatiin kaikki parittaiset erotukset merkitseviksi.

Testisuurena käytetty w, johon menetelmien parittaisia erotuksia verrattiin, saatiin kaavasta

$$w = q \cdot s_e \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

jossa

$q$  = kerroin, jonka arvo riippuu vapausasteista ja luokkien lukumäärästä

$s_e$  = luokkien varianssien vapausasteilla painotettu keskiarvo

$n_i$  = havaintojen määrä luokassa i

$n_j$  = havaintojen määrä luokassa j (MATTLA 1969)

Lumenluontiaikojen erojen määrittämiseksi saatiin malli:

$$y = 25.81 + 1.03x_2 - 9.60x_{L1} - 0.20x_{L2} + 9.80x_{L3}$$

jossa

$y$  = lumenluontiaika, cmin/runko  
time expended on snow-clearing, cmin/stem

$x_2$  = lumen syvyys, cm  
snow-depth, cm

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = pelkkä kaato lumikengillä  
felling for a processor, with snowshoes

$x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
sortiment method

Luokkamuuttujan F-arvo 2.506 ei vapausasteilla  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 153$  ollut 5 % riskillä merkitsevä. Tukey'n testillä saatiin merkitsevät erot molempien kaatomenetelmien ja tavaralajimenetelmän välille.

Tekomiehellä 2 osoittautuivat kaatoaikojen varianssit Barlett'in homogeenisuustestissä 5 % riskillä merkitsevästi erisuuriksi eri työmenetelmissä. Aikatutkimustulosten muuntamiseen käytettiin siksi logaritimuunnosta, ja kovarianssianalyysillä saatiin seuraava malli:

$$\log y = 1.465 + 0.251 \cdot 10^{-1} \cdot x_4 - 0.121 \cdot 10^{-3} \cdot x_4^2 + 0.163 \cdot 10^{-1} x_{L1} + 0.223 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L2} - 0.387 \cdot 10^{-1} x_{L3}$$

jossa

$y$  = kaatoaika, cmin/runko  
felling time, cmin/stem

$x_4$  = rinnankorkeusläpimitta, cm  
breast-height diameter, cm

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = pelkkä kaato (lumikengillä)  
felling for a processor (with snowshoes)

$x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
sortiment method

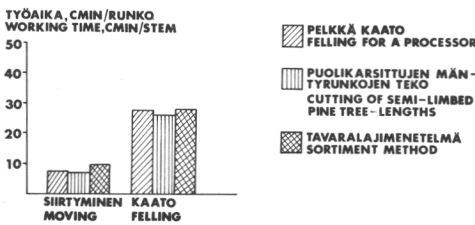
Luokkamuuttujan F-arvo 1.119 ei ole 5 % riskillä tilastollisesti merkitsevä ( $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 156$ ). Tukey'n testillä saatiin kuitenkin molempien kaatomenetelmien ja tavaralajimenetelmän välille merkitsevä erot.

### 3224. Tekomies 3

Kuvassa 6 on esitetty tekomiehen 3 keskimääräiset, regressiomuuttujien suhteen tasoitetut työajat.

Runkokohtaiset työajat olivat 35.0 cmin pelkässä kaadossa, 25.5 puolikarsittujen runkojen teossa ja 28.1 puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä.

Tekomiehellä 3 erosivat sekä siirtymis- että kaatoajan varianssit huomattavasti eri työmen-



Kuva 6. Tekomies 3. Regressiomuuttujien suhteen tasoitetut keskimääräiset runkokohtaiset työajat pelkässä kaadossa ja puutavaran teossa tavaralajimenetelmällä (tehoaika ilman apuaikoja).

Fig. 6. Logger 3. Average per-stem working times, adjusted in relation to the regression variables, in felling for a processor and in sortiment method (effective working time without by-times).

telmissä, joten aikatutkimustulokset muunnettiin logaritmitransformaatiolla. Siirtymisaika selittävänä muuttujana saatiin kovarianssia-lyysillä seuraava malli:

$$\log y = 1.534 + 0.114x_5^{***} - 0.198 \cdot 10^{-2}x_5 - 0.471 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L1} - 0.728 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L2} + 0.775 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L3}$$

jossa

$y$  = siirtymisaika, cmin/runko  
moving time, cmin/stem

$x_5$  = siirtymismatka, m  
distance between trees, m

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = puolikarsittujen märunkojen teko  
cutting of semi-limbed pine stems

$x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
sortiment method

F-arvo luokkamuuttujille oli 2.434. Vapausasteille  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 677$  se ei ole 5 % riskillä tilastollisesti merkitsevä. Keskiarvojen logaritmien parittainen vertailu Tukey'n testillä antoi tulokseksi merkitsevät erot pelkän kaadon ja tavaralajimenetelmän sekä puolikarsittujen runkojen teon ja tavaralajimenetelmän välille.

Kaatoaikojen erot määritettiin seuraavan mallin avulla:

$$\log(10^{-2} \cdot y) = -1.287 + 0.464 \cdot 10^{-3}x_4^{***} - 0.332 \cdot 10^{-3}x_4^2 + 0.717 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L1} - 0.249 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L2} - 0.176 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L3}$$

jossa

$y$  = kaatoaika cmin/runko  
felling time, cmin/stem

$x_4$  = rinnankorkeusläpimitta, cm  
breast-height diameter, cm

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = puolikarsittujen märunkojen teko  
cutting of semi-limbed pine stems

$x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
sortiment method

Luokkamuuttujan F-arvo 0.364 ( $v_1 = 2, v_2 = 676$ ) ei ole tilastollisesti merkitsevä 5 % riskillä.

Myöskään Tukey'n testissä ei mikään keskiarvojen logaritmien parittaisista erotuksista osoittautunut 5 % riskillä tilastollisesti merkitseväksi.

### 323. Yhteenveto työn tuotosta koskevista tuloksista ja vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Tekomiehillä 1 ja 2 oli runkokohtainen kokonaistyöaika (siirtyminen + lumen luonti + kaato) suurempi pelkässä kaatotyössä kuin vastaavien työvaiheiden aika vertailumenetelmissä. Tekomiehellä 2 oli runkokohtainen työaika suurin pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä. Muista koehenkilöistä poiketen oli miehellä 3 runkokohtainen työaika suurempi puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä kuin pelkässä kaadossa. Tämä johtui siitä, että leimikon tiheys vaikeutti poistettavien puiden kaatoa tavaralajimenetelmässä, koska kysymyksessä oli harvennushakkuu. Pienin runkokohtainen työaika oli puolikarsittujen mäntyrunkojen teossa (leimikon tältä kohden kuusirungot oli kaadettu aikaisemmin, ja jäljellä oli yksittäisiä mäntyrunkoja, jotka hakkuumies kaatoi ja karsi).

KAHALA (1970) on havainnut pelkän kaatotyön hitaammaksi kuin vastaavat työvaiheet tavanomaisen puutavaran valmistuksen yhteydessä. Myös AGERIN (1970) työaikayhtälöiden mukaan runkokohtainen työaika on suurempi pelkässä kaadossa.

Tekomiehillä 1 ja 3 oli siirtymisnopeus pelkän kaadon yhteydessä suurempi kuin puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä. Mutta kummallakaan ero ei ollut 5 % riskillä tilastollisesti merkitsevä. Miehellä 3 oli siirtymisnopeus suurin puolikarsittujen runkojen teossa, ero sekä pelkkään kaatotyöhön että tavaralajimenetelmään verrattuna oli 5 % riskillä merkitsevä. Tekomiehellä 2 oli siirtymisnopeus suurin tavaralajimenetelmässä, seuraavaksi pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä ja pienin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä. Kaikki erot olivat 5 % riskillä merkitseviä. Tuloksia arvosteltaessa on vielä muistettava, että lumikenkien käyttö oli koehenkilölle outoa.

KAHALAN (1970) tutkimuksessa siirtymisnopeus oli ollut yhtä suuri molemmissa työ-

menetelmissä. AGERIN (1970) yhtälöiden mukaan siirtyminen pelkän kaadon yhteydessä on 20 % nopeampaa kuin hakkuussa tavaralajimenetelmällä. SAMSET'in, STRÖMNES'in, ja VIK'in (1969) mukaan siirtymisaika on sama molemmissa menetelmissä.

Tekomiehen 1 palstalla lunta oli niin vähän, että sen saattoi poistaa puun tyveltä polkemalla. Tähän käytetyssä ajassa ei ollut pelkän kaadon ja tavaralajimenetelmän välillä 5 % riskillä tilastollisesti merkitsevää eroa. Miehen 2 kohdalla oli lumenluontiaika pienin pelkässä kaadossa ja suurin tavaralajimenetelmässä. Tukey'n testissä saatiin merkitsevät erot (5 % riski) kaikkien kolmen työmenetelmän välille.

Kaatoaika, joka siis sisältää tyven raivauksen, kaatokolon teon, kaatosahauksen ja muun kaadon, oli miehillä 1 ja 2 suurempi pelkän kaadon yhteydessä kuin vertailumenetelmissä. Tosin ero ei miehellä 1 ollut 5 % riskillä tilastollisesti merkitsevä. Tekomiehellä 3 oli kaatoaika suurempi puutavaran teossa tavaralajimenetelmällä, ja ero osoittautui Tukey'n testissä merkitseväksi. Ero lienee kuitenkin johtunut siitä, että vertialuaineisto kerättiin tiheässä larvennusemetsässä, kun taas pelkkä kaato suoritettiin avohakkuuna. Pienin kaatoaika tämän tekomiehen kohdalla oli puolikarsittujen runkojen teossa.

Kaatoaikojen jakautuminen tyven raivauksen, kaatosahauksen ja muun kaadon kesken on esitetty taulukossa 6.

Tekomiehillä 1 ja 2 olivat kaikkien kaatoaikaan laskettujen osatyövaiheiden ajat suurempia pelkässä kaadossa kuin puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä. Rungon rinnankorkeusläpimitan keskiarvot eivät kummallakaan miehellä eronneet 5 % riskillä tilastollisesti merkitsevästi eri työmenetelmien välillä. Tämän perusteella katsottiin, että kaatoajan osatyöaikoja voitiin verrata sellaisenaan miehen 1 kohdalla t-testillä, ja miehen 2 kohdalla Tukey'n testillä. Tyven raivauksen ja kaatosahauksen ajat eivät kummallakaan hakkuumiehellä eronneet merkitsevästi työmenetelmien välillä. Tekomiehellä 1 ei myöskään osatyövaiheen muu kaato aikojen välille saatu merkitsevää eroa. Sen sijaan miehellä 2 oli tavaralajimenetelmässä ko. aika 5 % riskillä merkitsevästi pienempi kuin molemmissa pelkän kaadon menetelmissä. Eron päätettiin johtuvan kaadon tarkemmasta suuntausvaatimuksesta kaadettaessa puita monitoimikoneelle.

Taulukko 6. Tyven raivauksen, kaatosahauksen ja muun kaadon osuudet kaatoajoista.  
 Table 6. Shares of the clearing of the butt, felling-sawing and other felling (= pushing the tree) in the felling time.

Työvaihe Phase of work	Tekomies – Logger							
	1		2			3		
	A	B	A	C	B	A	D	B
	Ajanmenekki, cmin/runko – Time consumption, cmin/stem							
tyven raivaus clearing of the butt	23.9	17.1	4.4	3.5	1.9	2.1	6.0	2.0
kaatosahaus felling-sawing	33.0	27.8	101.3	94.6	90.1	22.8	43.7	22.9
muu kaato other felling	15.2	11.1	24.0	26.4	17.9	7.9	12.8	17.9
yht. cmin/runko total, cmin/stem	72.1	56.0	129.8	123.5	109.9	32.8	62.5	42.8
d <sub>1,3</sub> , cm	15.4	14.3	26.2	26.1	26.1	19.2	28.4	19.9
d <sub>k</sub> , cm	19.9	17.6	32.6	32.5	32.5	26.6	37.2	26.9

A = pelkkä kaato – felling for a processor

B = tavaralajimenetelmä – sortiment method

C = pelkkä kaato lumikengillä – felling for a processor, with snowshoes

D = puolikarsittujen mä-runkojen teko – cutting of semi-limbed pine stems

Tekomiehellä 3 ei kaadon osatyövaiheita katsottu voitavan verrata sellaisenaan kaikkien kolmen työmenetelmän välillä, koska puolikarsittujen mäntyrunkojen teossa rinnankorkeusläpimitta oli merkittävästi suurempi kuin muissa menetelmissä. Pelkän kaadon ja tavaralajimenetelmän välillä ei runkojen koossa ollut merkittävää eroa. Testattaessa aikoja t-testillä saatiin menetelmien välille ainoa merkittävä ero osatyövaiheen muu kaato kohdalla, ero oli päinvastainen kuin miehellä 2. Tämä ero johtui palstojen erilaisesta tiheydestä, kuten edellä on jo mainittu. Tehdessään puutavaraa tavaralajimenetelmällä joutui tekemies 3 suuntaamaan kaadon erittäin tarkasti ”konkeloiden” välttämiseksi, ja tällöin hän joutui käyttämään kaatovätkäriä enemmän kuin pelkässä kaadossa.

KAHALAN (1970) saamat tulokset tulevat kaatoajan osalta tekemiesille 1 ja 2 saatuja tuloksia. Alle 0.200 k-m<sup>3</sup> rungoilla on kaatovaihe KAHALAN (1970) mukaan ollut hitaampi pelkän kaatotyön yhteydessä kuin valmistettaessa puutavaraa tavaralajimenetelmällä.

Rungon koon kasvaessa erotus oli pienentynyt ja oli tukkipuun kokoisilla rungoilla ollut merkityksetön. AGERIN (1970) työaikayhtälöiden mukaan kaatoaika on yhtä suuri kummassakin menetelmässä, jos kaadon suuntausvaatimus on sama. Mutta pelkässä kaatotyössä edellytetään yleensä tarkempaa kaatosuuntaa kuin valmistettaessa puutavaraa tavanomaisilla menetelmillä, ja tällöin kaatoaika on AGERIN (1970) mukaan suurempi.

33. Tutkimuksessa koehenkilöinä olleiden tekomiesten fyysinen kuormitus kaatotyössä ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä

331. Sykettä kuvaavat regressiomallit työvaiheittain

3311. Yleistä

Aineistosta laadittiin aluksi valikoivaa reg-

ressioanalyysiä käyttäen sykintätaajuutta eri työvaiheiden aikana kuvaavat mallit. Syke mitattiin minuutin väliajoin ja merkittiin muistiin meneillään olleen työvaiheen kohdalle (siirtyminen, mahd. lumen luonti, kaato ja vertailuaineiston karsinta, katkonta ja kasaus).

Sydämen sykintätaajuus ei muutu aivan välittömästi suoritettavan lihastyön kuormituksen mukaan. Aika, joka kuluu ennen kuin syke saa-

vuttaa työn energiankulutuksen määräämän tason, riippuu mm. kuormituksen suuruudesta (CARLSTEN ja GRIMBY 1966). Siten tässä tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä ei sykkeen perusteella voida määrittää lyhyitä työvaiheille pelkästään ko. työvaiheen aiheuttamaa fyysistä kuormitusta, vaan syke ilmaisee kokonaiskuormituksen, johon vaikuttavat myös edeltäneet työvaiheet.

### 3312. Siirtyminen

#### Tekomies 1

##### Logger 1

Pelkkä kaato

*Felling for a processor*

$$y = -154.51 + 20.06x_2^{***} - 4.80x_5^{***} - 0.87x_6^{**} - 0.346x_2^{2***} + 0.203x_5^{2***} \quad \cdot R^2 = 48.1\%$$

#### Tekomies 2

##### Logger 2

Pelkkä kaato

*Felling for a processor*

$$y = 122.36 + 0.32x_2^{***} + 0.022x_5^{2***} \quad 100 \cdot R^2 = 25.8\%$$

Pelkkä kaato (lumikengillä)

*Felling for a processor (with snowshoes)*

$$y = 127.08 + 0.12x_2^{***} + 0.70x_5^{***} \quad 100 \cdot R^2 = 57.8\%$$

Tavaralajimenetelmä

*Sortiment method*

$$y = 147.78 - 0.15x_2 + 0.13x_5 \quad 100 \cdot R^2 = 12.1\%$$

#### Tekomies 3

##### Logger 3

Pelkkä kaato

*Felling for a processor*

$$y = 119.97 - 0.56x_5^{**} - 4.08x_6^{**} - 0.025x_6^{2***} \quad 100 \cdot R^2 = 4.0\%$$

Puolikarsittujen mä-runkojen teko

*Cutting of semi-limbed pine stems*

$$y = 103.92 + 1.31x_5^{**} - 0.025x_5^{2**} \quad 100 \cdot R^2 = 21.7\%$$

$y$  = koehenkilön sydämen syke siirtymisvaiheen aikana, sykettä/min – *heart rate of the logger during moving-phase, beats/min*

$x_2$  = lumen syvyys, cm – *snow depth, cm*

$x_5$  = siirtymismatka, m – *distance between trees, m*

$x_6$  = siirtymisaika/matka, cmin/m – *moving time/distance between trees, cmin/m*

Sykintätaajuutta siirtymisvaiheessa kuvaavien regressiomallien graafiset kuvaajat on esitetty kuvassa 7. Tekomiesten 1 ja 3 kohdalla ei valikoivaa regressioanalyysiä suoritettu tavaralajimenetelmälle, koska havaintoja, joissa selitettävä muuttuja oli mukana, oli liian vähän.

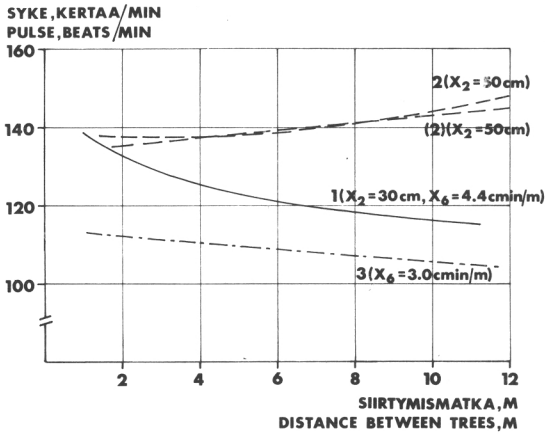
Keskimääräinen siirtymisaika oli tekomiellä 1 pelkässä kaadossa 13.2 cmin, vastaava keskimääräinen siirtymismatka oli 3.5 m. Esitettyä regressiomallia tarkasteltaessa on pidet-

tävä mielessä, että siirtymisvaiheen aikainen sykintätaajuus riippuu suuresti määrin edellisen työvaiheen sykintätaajuudesta, koska siirtymismatka on lyhyt.

Siirtymisvaiheen aikaisen sykkeen ja lumen syvyyden neliön välinen korrelaatio oli negatiivinen. Riippuvuus on tällainen vain niillä lumensyvyysarvoilla, jotka esiintyvät tässä aineistossa. Mallin mukaan syke siis pieneni lumen syvyyden kasvaessa. Selitys tähän saattaisi olla

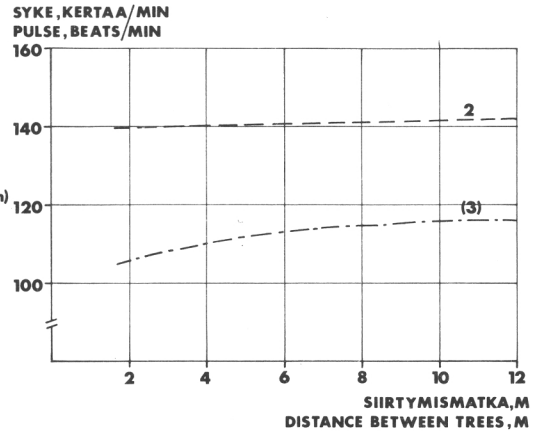
**PELKKÄ KAATO  
FELLING FOR A PROCESSOR**

**(2) TEKOMIES 2, KÄYTTÄEN LUMIKENKIÄ  
LOGGER 2, FELLING USING SNOWSHOES**



**VERTAILUMENETELMÄT  
CONTROL METHOD**

**2 TAVARALAJIMENETELMÄ  
SORTIMENT METHOD  
(3) PUOLIKARSITTUJEN RUNKOJEN TEKO  
CUTTING OF THREE-LENGTHS**



Kuva 7. Syke siirtymisvaiheessa tekomiehittäin ja työmenetelmittain.  
Fig. 7. Pulse rate during the moving phase, by loggers and methods of work.

se, että siirtymisaika, cmin/m, olisi kasvanut lumen lisääntyessä ja silloin siirtymisnopeus olisi pienentynyt. Sykkeen ja lumen syvyyden välinen riippuvuuden tarkastelun tekee epävarmaksi lumen syvyyden pieni vaihtelu.

Tekomiehellä 2 olivat keskimääräiset siirtymisajat ja matkat 31.2 cmin ja 6.0 m pelkässä kaadossa, 37.8 cmin ja 15.8 m valmistettaessa puutavaraa tavaralajimenetelmällä. Siirtymisaika cmin/m oli suuri runsaan lumen vuoksi. Pidemmästä siirtymisajasta johtuen kuvaavat esitetyt regressiomallit paremmin pelkän siirtymisen aiheuttamaa fyysistä kuormitusta kuin hakkuumiehelle 1 saatu malli. Mallien mukaan pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä siirtymismatkan vaikutus sykkeeseen on voimakkaampi kuin muissa menetelmissä. Siirtymistä edeltävä työvaihe oli pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä kaato (129.8 cmin), pelkässä kaadossa lumikengillä myös kaato (123.5 cmin), tavaralajimenetelmässä kasaus (47.9 cmin) ja karsinta (692 cmin). Nämä työvaiheet olivat niin pitkiä, että on oletettavissa sykkeen asettuneen melko hyvin työn aiheuttaman kuormituksen määrittämälle tasolle. Regressiomallien mukaan on työntekijän fyysinen kuormitus siirtymisessä kaikissa työmenetelmissä ollut suurempi kuin

edellisessä työvaiheessa, koska mallien mukaan syke kohoaa siirtymismatkan kasvaessa. Verrattaessa sykekeskiarvoja työmenetelmien sisällä parittain Tukey'n testillä saatiin pelkässä kaadossa 5 % riskillä merkitsevä ero lumenluonnin ja kaadon välille. Pelkässä kaadossa tulivat kaikkien työvaiheiden sykekeskiarvojen erot merkitseviksi, ja tavaralajimenetelmässä olivat kaikki muut, paitsi siirtymisen ja kaadon välinen ero, merkitseviä.

Tekomiehelle 2 tavaralajimenetelmässä saadun, sykettä siirtymisvaiheessa kuvaavan mallin mukaan syke pieneni lumen syvyyden lisääntyessä. Tämä olisi loogista, jos siirtymisnopeus pieneni lumen lisääntyessä. Mallin antama selitysaste jäi verraten alhaiseksi (12.1 %), joten käytettyjen selittävien muuttujien (siirtymismatka ja lumen syvyys) vaihtelun avulla ei pystytty tässä tapauksessa selittämään hakkuumiehen sydämen sykkeen vaihtelua siirtymisvaiheen aikana. Hyvin todennäköistä on, että sykkeen vaihtelu karsinnan, katkonnan ja kasauksen aikana on aiheuttanut vaihtelua myös siirtymisvaiheen aikaiseen sykkeeseen. HARS-TELA (1969) on todennut lumen tiheyden vaikuttavan siirtymisaikaan. Tätä kautta vaikuttanee se myös sykkeeseen. Tässä tapauk-

sessä lumen laatua kuvaava muuttuja tuskin olisi parantanut mallin selitysasetta, koska lumen ominaisuudet eivät tutkimuksen aikana juuri vaihdelleet.

Tekomiehellä 3 jäivät sykettä siirtymisvaiheessa kuvaavien mallien selitysasheet verraten alhaisiksi (kaikki alle 25.0 %). Tämä johtuu suuresta määrin lyhyistä siirtymismatkoista ja -ajoista (3.7 m ja 9.6 cmin pelkässä kaadossa, 16.2 m ja 36.2 cmin puolikarsittujen runkojen teossa, 7.4 m ja 23.9 cmin puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä). Siirtymisvaiheen aikaisen sykkeen vaihtelu on kaadossa ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä paljolta aiheutunut edellisen työvaiheen energiankulutuksen vaihteluista.

Pelkässä kaadossa tulivat malliin mukaan selittäviksi muuttujiksi siirtymisaika matkaa

kohden laskettuna, (cmin/m) ja siirtymismatka. Nämä muuttujat selittivät vain 4 % sykkeen kokonaisvaihtelusta.

Sykettä siirtymisvaiheen aikana puolikarsittujen runkojen teossa kuvaavassa mallissa on selittävänä muuttujana siirtymismatka. Mallin mukaan syke kasvaa matkan kasvaessa, mutta matkan kasvaessa tasaisesti sykkeen kasvu hidastuu. Tällöin syke ilmeisesti lähestyy siirtymisen aiheuttaman kuormituksen määrittämää tasoa.

Siirtymisvaiheen aikainen syke tekomiehellä 3 ei pelkässä kaadossa eronnut kaatovaiheen sykkeestä (t-testi) 5 % riskillä merkittävästi. Puolikarsittujen runkojen teossa ei syke siirtymisessä eronnut muiden työvaiheiden sykkeestä merkittävästi. Puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä ei myöskään saatu siirtymisen ja muiden työvaiheiden välille merkittäviä eroja.

### 3313. Lumen luonti

#### Tekomies 1

##### Logger 1

Pelkkä kaato

$$y = -120.14 + 14.33x_2^{***} - 0.217x_2^{2***}$$

$$100 \cdot R^2 = 43.2 \%$$

*Felling for a processor*

#### Tekomies 2

##### Logger 2

Pelkkä kaato

$$y = 131.41 + 0.23x_2$$

$$100 \cdot R^2 = 0.9 \%$$

*Felling for a processor*

Pelkkä kaato (lumikengillä)

$$y = 139.99 - 0.22x_2 + 0.002x_2^2$$

$$100 \cdot R^2 = 9.1 \%$$

*Felling for a processor (with snowshoes)*

Tavaralajimenetelmä

$$y = 142.10 - 0.003x_2^2$$

$$100 \cdot R^2 = 3.8 \%$$

*Sortiment method*

$y$  = koehenkilön sydämen syke lumen luonnin aikana, sykettä/min  
*heart rate of the logger during snow-clearing, beats/min*

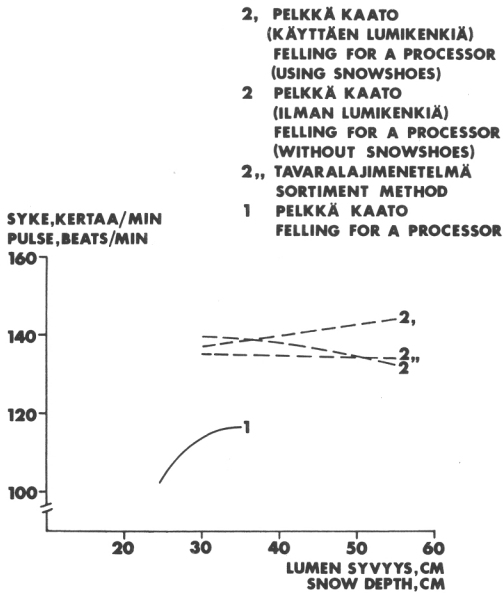
$x_2$  = lumen syvyys, cm – *snow depth, cm*

Sykettä lumenluontivaiheen aikana pyrittiin selittämään lumen syvyyden avulla. Selitysasheet jäivät hyvin pieniksi kuten lumenluontiaikojakin selitettäessä. Tekomiehellä 1 ei valikoivaa regressioanalyysiä suoritettu tavaralajimenetelmälle, koska havaintoja, joissa selitettävä muuttuja oli mukana, oli vain 4 kappaletta.

Tekomiehen 1 palstalla lunta oli niin vähän, että sen saattoi tarvittaessa poistaa puun tyveltä potkimalla. Tähän kului pelkässä kaadossa aikaa

keskimäärin 14.5 cmin/runko ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä 13.6 cmin/runko. Näin lyhyen työvaiheen aikana mitatun sykkeen hajonta on suureksi osaksi peräisin edellisen tai edellisten työvaiheiden energiankulutuksen vaihteluista.

Tekomiehellä 2 olivat lumenluontiajat (lumen luonti tapahtui lapiolla) 64.3 cmin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä, 79.7 cmin pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä ja 77.6 cmin



puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä. Regressioanalyysillä saatujen mallien selityksasteet jäivät erittäin alhaisiksi. Lumen syvyyden vaihtelun avulla ei siis saatu selitetyksi lumenluontivaiheen aikaista sykettä. Yhtenä syynä tähän on luultavasti edellisen työvaiheen vaikutus. Toisena syynä on lumen syvyyden vähäinen vaihtelu. Lumenluontiaikaan, ja sen kautta sykkeeseen, vaikuttaa myös sen pinta-alan suuruus, jolta lumi poistetaan.

Kuva 8. Syke lumenluontivaiheessa tekomiehillä 1 ja 2 työmenetelmittäin.  
Fig. 8. Pulse rate of loggers 1 and 2 during the snow clearing phase, by methods of work.

### 3314. Kaato

#### Tekomies 1

##### Logger 1

Pelkkä kaato

*Felling for a processor*

$$y = 141.62 - 1.21x_1^{xxx} + 0.40 \cdot 10^{-3} \cdot x_1^3 - 0.20 \cdot 10^{-5} \cdot x_1^4 - 0.67x_6^{xxx} \quad 100 \cdot R^2 = 73.8 \%$$

Tavaralajimenetelmä

*Sortiment method*

$$y = 121.59 + 1.08x_1 - 0.20 \cdot 10^{-2}x_1^3 + 0.30 \cdot 10^{-4}x_1^4 - 0.11x_2 \quad 100 \cdot R^2 = 38.8 \%$$

#### Tekomies 2

##### Logger 2

Pelkkä kaato

*Felling for a processor*

$$y = 147.18 - 1.59x_1^{xxx} + 0.034x_1^2 - 0.20 \cdot 10^{-5} \cdot x_1^4 + 0.90 \cdot 10^{-4}x_3^3 \quad 100 \cdot R^2 = 69.4 \%$$

Pelkkä kaato (lumikengillä)  
*Felling for a processor (with snowshoes)*

$$y = 133.43 - 0.21x_1^{xxx} + 0.10 \cdot 10^{-5}x_1^4 \quad 100 \cdot R^2 = 37.5 \%$$

Tavaralajimenetelmä

*Sortiment method*

$$y = 117.78 + 3.72x_1 - 0.269x_1^2 + 0.20 \cdot 10^{-3}x_1^4 + 0.26x_5 \quad 100 \cdot R^2 = 54.3 \%$$

#### Tekomies 3

##### Logger 3

Pelkkä kaato

*Felling for a processor*

$$y = 108.27 + 0.05x_1^{xx} - 1.28 \cdot x_6 - 0.10 \cdot 10^{-3}x_5^3 \quad 100 \cdot R^2 = 5.3 \%$$

Puolikarsittujen mä-runkojen teko  
Cutting of semi-limbed pine stems

$$y = 138.77 - 12.98x_1^* + 1.423x_1^{2**} - 0.057x_1^3 + 0.80 \cdot 10^{-3}x_1^4 - 0.20 \cdot 10^{-5}x_5^3$$

$100 \cdot R^2 = 60.7 \%$

Tavaralajimenetelmä  
Sortiment method

$$y = 119.26 - 0.20 \cdot 10^{-5}x_1^4**$$

$100 \cdot R^2 = 49.3 \%$

$y$  = koehenkilön sydämen syke kaadossa, sykettä/min  
heart rate of the logger during the felling-phase, beats/min

$x_1$  = puun järjestysnumero – ordinal number of the tree

$x_2$  = lumen syvyys, cm – snow depth, cm

$x_3$  = jalan painuma lumeen, cm – impression of the foot in the snow, cm

$x_5$  = siirtymismatka, m – distance between trees, m

$x_6$  = siirtymisaika/matka, cmin/m – moving time/distance between trees, cmin/m

Kaatoon liittyvien osatyövaiheiden (tyven raivaus, kaatokolon teko, kaatosahaus, puun työntö nurin, lipan sahaus) työajat olivat niin lyhyitä, että katsottiin parhaaksi pyrkiä selvittämään energiankulutusta kaatovaiheessa kokonaisuutena. Tekomiehellä 3 muodostuivat myös koko kaatovaiheen työajat melko lyhyiksi pelkässä kaadossa ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä (taulukko 6 s. 20).

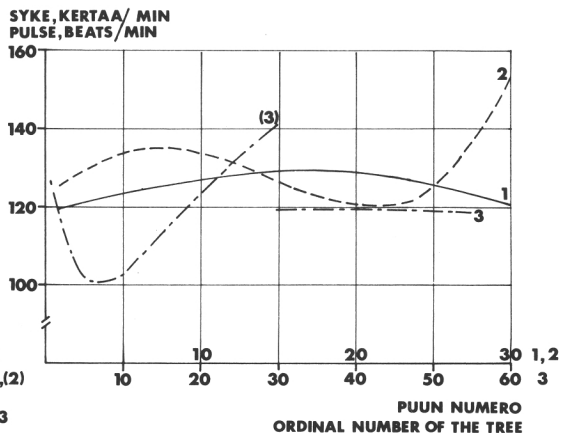
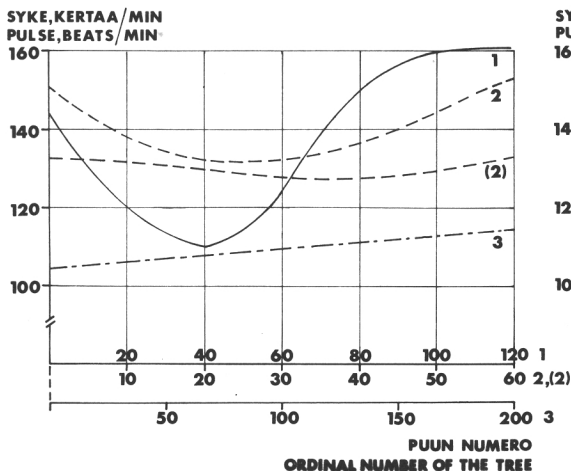
Tekomiehen sydämen sykintätaajuutta kaatovaiheen aikana kuvaavissa malleissa on kaikissa tapauksissa yhtenä selittävänä muuttujana puun järjestysnumero. Puun järjestysnumerolla pyrittiin kuvaamaan ajankohtaa työpäivänä. Metriä kohden lasketun (cmin/m) siirtymisaajan, jalan upotuksen lumessa tai siirtymismatkan tuleminen malliin on merkinä edeltäneen tai edeltäneiden työvaiheiden vaikutuksesta kaato-

**PELKKÄ KAATO  
FELLING FOR A PROCESSOR**

(2) TEKOMIES 2, KÄYTTÄEN LUMIKENKIÄ  
LOGGER 2, FELLING USING SNOWSHOES

**VERTAILUMENETELMÄT  
CONTROL METHODS**

1,2,3 TAVARALAJIMENETELMÄ  
SORTIMENT METHOD  
(3) PUOLIKARSITTUJEN RUNKOJEN TEKO  
CUTTING OF THREE-LENGTHS



Kuva 9. Syke kaatovaiheessa tekomiehitin ja työmenetelmitin.  
Fig. 9. Pulse rate during the felling phase, by loggers and methods of work.

vaiheen aikaiseen sykkeeseen. Kantoläpimittä ei yhdessäkään tapauksessa tullut sykettä kuvaavaan malliin mukaan. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että kaatosahaus moottorisahalla tapahtui niin nopeasti, ettei syke sinä aikana ehtinyt asettua ao. työvaiheen energiankulutusta vastaavalle tasolle.

Raskaan lihastyön päivittäisten työtehokäyrien muoto on todettu kokonaan riippuvaksi työpäivään sisällytettyjen taukojen pituudesta ja sijoituksista. Sama pätee myös työn aiheuttamaa energiankulutusta kuvaaviin käyriin. LEHMAN (OKSALA 1961) on esittänyt ns. normaalin päivän tehokäyrän kevyessä toistotyössä. Tämä käyrä on neljästä astetta, ja sillä on kaksi maksimia, toinen aamu- ja toinen iltapäivällä. Aamu- ja iltapäivärupeaman alusta tuotos kohoaa maksimiinsa ja laskee sen jälkeen rupeaman loppua kohden. Käyrän muodon selitetään johtuvan hermoston energiatuotannon rytmillisestä vaihtelusta. Tämä ns. normaalikäyrä on suuren aineiston keskiarvo ja tehokäyrän muodossa esiintyy paljon yksilöllisiä eroja. Kuitenkin pitäisi myös raskaassa lihastyössä pyrkiä määrittämään taukojen pituudet ja ajankohdat siten, että myös tässä työssä muodostuisi edellä kuvatun kaltainen normaalikäyrä. Jos myös raskaassa lihastyössä onnistutaan seuraamaan normaalikäyrää, merkitsee se, että lihaspennistys on sopusoinnussa keskushermoston rytmillisen energiatuotannon kanssa (OKSALA 1961).

Tässä tutkimuksessa koehenkilöinä olleilla tekomiehillä ei sykettä kaatovaiheessa kuvaava funktio ollut yhdessäkään tapauksessa täysin edellä esitetyn normaalikäyrän muotoinen. Ero voi siis johtua joko siitä, että koehenkilöiden optimaalinen tehokäyrä poikkeaa ns. normaalikäyrästä, tai mikä on todennäköisempää, työtä ei oltu rytmitetty ja tauotettu optimaalisesti.

332. Sykkeen erot tekomiehittäin työmenetelmien välillä

3321. Yleistä

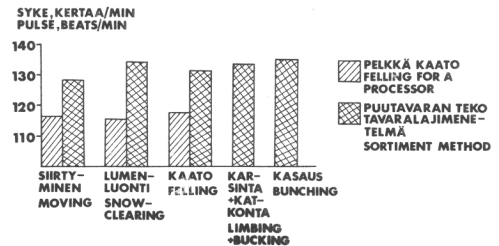
Sykkeen eroja pelkän kaadon ja vertailumenetelmien välillä pyrittiin selvittämään kovarianssianalyysillä laadittujen mallien avulla. Aineiston tilastomatemaattinen käsittely tapahtui periaatteessa samoin kuin työaikojenkin kohdalla. Selitettävänä muuttujina olivat sykintätaajuudet kunkin työvaiheen aikana ja

regressiomuuttujina regressioanalyysissä sykintätaajuuksia kuvaaviin malleihin mukaan tulleet selittävät muuttujat. Tekomiehen 1 kohdalla ei kovarianssianalyysistä siirtymis- ja lumenluontivaiheen aikaisista sykintätaajuuksista suoritettu aineiston pienuuden vuoksi. Siksi vertailussa käytettiin työn aikana havaittujen sykintätaajuuksien todellista keskiarvoa.

3322. Tekomies 1

Lumen syvyys, maaston laatu ja siirtymismatka eivät sanottavasti vaihdelleet pelkän kaadon ja vertailuaineistona olleen tavaralajimenetelmän välillä. Tämän vuoksi voitiin työmenetelmien tekomiehelle aiheuttamaa fysiologista kuormitusta verrata työvaiheittain keskimääräisten sykkeiden avulla (liitetaulukko 4).

Keskimääräinen sykintätaajuus (suluissa keskihajonta) oli siirtymisvaiheen aikana pelkässä kaadossa 116.3 (10.6) sykettä/min ja vertailuaineistossa 129.1 (7.2) sykettä/min. Siirtymisajasta suoritettu kovarianssianalyysi osoitti keskimääräisen, regressiomuuttujien suhteen tasoitettuna siirtymisajan olleen suuremman vertailuaineistossa. Siirtymisnopeus oli siis pelkän kaadon yhteydessä suurempi. Edellä sanotun perusteella näyttää siltä, että syke siirtymisessä oli vertailuaineistossa suurempi, koska edellisen työvaiheen (karsinta + katkenta) korkea syke ( $\bar{x} = 135.4$ ,  $s = 6.2$ ) ei vielä siirtymisvaiheen aikana ollut palautunut siirtymisen aiheuttaman energiankulutuksen määrittämälle tasolle (keskimääräinen siirtymisaika oli 14.1 cmin). CARLSTEN ja GRIMBY (1966) toteavat kuor-



Kuva 10. Tekomies 1. Keskimääräiset sydämen sykintätaajuudet työvaiheittain ja menetelmittäin.

Fig. 10. Logger 1. Average pulse rates by phase and methods of work.

mitusta vastaavan syketason saavuttamiseen kuluvan aikaan muutamasta kymmenestä sekunnista useaan minuuttiin mm. kuormituksen suuruudesta riippuen.

Lumenluontivaiheen keskimääräinen sykintätaajuus oli pelkässä kaadossa 115.4 (9.2) ja vertailuaineistossa 134.0. Vertailuaineistossa havaintoja oli tosin vain yksi kappale, ja todellinen arvo saattaisi olla hieman alhaisempi.

Tekomiehellä 1 erosivat kaatovaiheen aikaisen sykintätaajuuksien varianssit toisistaan eri työmenetelmien välillä 5 % riskillä tilastollisesti merkittävästi. Tämän vuoksi jouduttiin käyttämään logaritmitransformaatiota. Kovarianssianalyysillä saatiin seuraava malli:

$$\log y = 2.167 - 0.331 \cdot 10^{-3} \cdot x_1^{xxx} + 0.101 \cdot 10^{-5} \cdot x_1^{3xxx} - 0.692 \cdot 10^{-8} \cdot x_1^{4xxx} - 0.340 \cdot 10^{-2} \cdot x_6^{xxx} - 0.304 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L1} + 0.304 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L2}$$

jossa

y = syke kaadossa, sykettä/min  
heart rate of the logger during the felling phase, beats/min

x<sub>1</sub> = puun numero  
ordinal number of the tree

x<sub>6</sub> = siirtymisaika/siirtymismatka, cmin/m  
moving time/distance between trees, cmin/m

x<sub>Ln</sub> = luokkamuuttuja – class variable

x<sub>L1</sub> = pelkkä kaato  
felling for a processor

x<sub>L2</sub> = tavaralajimenetelmä  
sortiment method

Puutavaran teossa tavaralajimenetelmällä oli syke kaatovaiheessa 0.1 %:n riskillä suurempi kuin pelkän kaatotyön yhteydessä (F = 93.662, v<sub>1</sub> = 1, v<sub>2</sub> = 87).

Syke ei pelkässä kaatotyössä eronnut 5 % riskillä eri työvaiheiden välillä (Tukey'n testi). Tavaralajimenetelmässä oli merkittävä ero kasa- ja siirtymisvaiheiden välillä.

Lyhyiden työvaiheitaisten työaikojen vuoksi tekomiellä 1 pelkässä kaadossa ei syke sanottavasti vaihdellut yksittäisten työvaiheiden mukaan, vaan asettui tasolle, jonka kaikkien työvaiheiden energiankulutukset yhteydessä määräsivät. Tähän tasoon vaikuttivat lisäksi ajankohta työpäivänä ja siirtymismatka. Myös vertailuaineistossa sykkeen vaihtelu työvaiheiden mukaan oli melko vähäistä. Työaika ja

työntekijän fyysinen kuormitus olivat suurimmat kasauksessa ja kaadossa. Siirtymisen ja lumen polkemisen aikana syke ei ehtinyt asettua näiden työvaiheiden energiankulutusta vastaavalle tasolle.

### 3323. Tekomies 2

Kuvassa 11 on esitetty keskimääräiset, a.o. regressiomuuttujien suhteen tasoitetut sykintätaajuudet tekomiellä 2.

Siirtymisvaiheen aikaisen sykkeen varianssit erosivat B-testissä toisistaan työmenetelmien välillä 5 % riskillä merkittävästi, ja siksi aikatutkimustulokset muunnettiin logaritmitransformaatiolla. Kovarianssianalyysillä saatu malli oli seuraava:

$$\log y = 2.106 + 0.463 \cdot 10^{-3} \cdot x_2^{xxx} + 0.166 \cdot 10^{-2} x_5 + 0.574 \cdot 10^{-5} \cdot x_5^2 + 0.840 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L1} - 0.617 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L2} - 0.223 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L3}$$

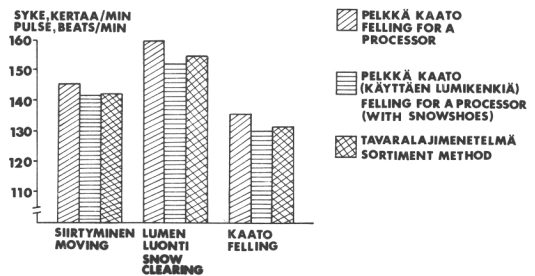
jossa

y = syke siirtymisessä, sykettä/min  
heart rate of the logger during moving phase, beats/m'n

x<sub>2</sub> = lumen syvyys, cm  
snow depth, cm

x<sub>5</sub> = siirtymismatka, m  
distance between trees, m

x<sub>Ln</sub> = luokkamuuttuja – class variable



Kuva 11. Tekomies 2. Regressiomuuttujien suhteen tasoitetut sydämen sykintätaajuudet työvaiheittain ja työmenetelmittäin.

Fig. 11. Logger 2. Pulse rates adjusted in relation to the regression variables, by phases and methods of work.

- $x_{L1}$  = pelkkä kaato  
*felling for a processor*
- $x_{L2}$  = pelkkä kaato lumikengillä  
*felling for a processor, with snowshoes*
- $x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
*sortiment method*

Luokkamuuttujan F-arvo 4.306 oli 5 % riskillä merkitsevä vapausasteilla  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 61$ . Tukey'n testissä osoittautui pelkän kaadon (lumikengillä) ja tavaralajimenetelmän välinen ero merkitseväksi.

Työntekijän sydämen sykkeeseen tavaralajimenetelmässä siirtymisvaiheen aikana vaikuttaa tässäkin tapauksessa edeltäneiden karsinta-, katkenta- ja kasausvaiheiden korkea syke. Lisäksi siirtymisnopeus on ollut suurin tavaralajimenetelmässä. Pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä oli syke pienin, mutta siirtymisnopeus oli kuitenkin suurempi kuin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä.

Laadittaessa kovarianssianalyysiä käyttäen mallia, josta voitiin laskea keskimääräinen sydämen sykintätaajuus tekemiehelle 2 eri työmenetelmissä lumenluontivaiheen aikana, jouduttiin mittaustulokset muuntamaan logaritmi-transformaatiolla. Tulokseksi saatiin malli:

$$\log y = 2.151 - 0.537 \cdot 10^{-3} \cdot x_2 + 0.645 \cdot 10^{-5} \cdot x_2^3 + 0.178 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L1} - 0.125 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L2} - 0.533 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L3}$$

jossa

$y$  = syke lumen luonnissa, sykettä/min  
*heart rate of the logger during snow-clearing phase, beats/min*

$x_2$  = lumen syvyys, cm  
*snow depth, cm*

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
*felling for a processor*

$x_{L2}$  = pelkkä kaato lumikengillä  
*felling for a processor, with snowshoes*

$x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
*sortiment method*

Vapausasteilla  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 123$  luokkamuuttujan F-arvo 24.104 oli tilastollisesti merkitsevä 0.1 % riskillä. Myös Tukey'n testin mukaan

olivat kaikkien menetelmien väliset parittaiset erot merkitseviä.

Regressioanalyysistä saaduista malleista voitiin nähdä, ettei lumen syvyys yksin selittänyt kovin paljon lumenluontiajan ja tekemiehen sydämen sykkeen vaihtelua lumenluonnissa. Näin ollen kovarianssianalyyssissä työmenetelmien välille saadut erot lumenluontiajassa ja sen kautta erot sykkeessä lumenluontivaiheen aikana johtuivat ainakin osittain tässä kontrollimattomista tekijöistä.

Lumenluontiajoista suoritettuna kovarianssianalyysin tulokset tukevat lumenluontivaiheen aikaisesta sykkeestä suoritettuna kovarianssianalyysin tulosta sikäli, että pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä, jossa syke oli korkein, oli keskimääräinen lumenluontiaika pienin. Tämän perusteella olisi työtahti ollut kovempi kuin muissa työmenetelmissä. Syke oli seuraavaksi korkein vertailuaineistossa, mutta siinä työaika oli suurin. Selitys tähän taattaisi olla se, että tekemiehen fyysinen kuormitus tavaralajimenetelmän karsinta-, kasaus- ja siirtymisvaiheessa oli niin suuri, että lumenluontivaiheessa tuli tarve hidastaa työtahtia. Mutta silti edellisten työvaiheiden aiheuttama suuri kuormitus näkyi vielä sykkeessä lumenluontivaiheessa.

Tekemiehen 2 sydämen sykkeen erot kaato-vaiheessa:

$$y = 140.23 - 0.86x_1^{***} + 0.17 \cdot 10^{-1} \cdot x_1^{2***} - 0.10 \cdot 10^{-5} \cdot x_1^4 - 0.83 \cdot 10^{-1} \cdot x_5 - 0.60 \cdot 10^{-5} \cdot x_3^3 + 3.58x_{L1} - 2.18x_{L2} - 1.40x_{L3}$$

jossa

$y$  = syke kaatovaiheessa, sykettä/min  
*heart rate of the logger during the felling phase, beats/min*

$x_1$  = puun järjestysnumero  
*ordinal number of the tree*

$x_3$  = upotus lumessa, cm  
*impression of the foot in the snow, cm*

$x_5$  = siirtymismatka, m  
*distance between trees, m*

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja – class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
*felling for a processor*

$x_{L2}$  = pelkkä kaato lumikengillä  
*felling for a processor, with snowshoes*

$x_{L3}$  = tavaralajimenetelmä  
*sortiment method*

Luokkamuuttujan F-arvon ( $F = 14.869$ ,  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 153$ ) perusteella voitiin odottaa keskiarvojen välillä olevan 0.1 %:n riskillä merkitseviä eroja. Tukey'n testissä osoittautuivat kaikki parittaiset erot vähintään 5 %:n riskillä merkitseviksi. Syke oli siis suurin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä, sitten tavaralajimenetelmässä ja pienin pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä. Kaatoaika oli suurin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä, sitten pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä ja pienin tavaralajimenetelmässä. Erot kaatoajassa johtuivat pääosin (luku 323, s. 00) siitä, että pelkässä kaadossa kaatosahaukseen ja varsinkin muuhun kaatoon oli käytetty enemmän aikaa kuin vertailuaineistossa. Suurempi syke kaatovaiheessa pelkän kaadon yhteydessä johtunee siitä, että puita on jouduttu enemmän vipuamaan kaatovätkärillä tarkemman suuntausvaatimuksen takia ja pelkkä kaato sisältää suhteessa vertailumenetelmään enemmän siirtymistä syvässä lumessa sekä lumen luontia, jotka raskain työvaiheina voivat näkyä vielä kaatosykkeessä. Tähän viittaa se seikka, että osatyövaiheen muu kaato työaika oli molemmissa pelkän kaadon menetelmissä suurempi kuin tavaralajimenetelmässä.

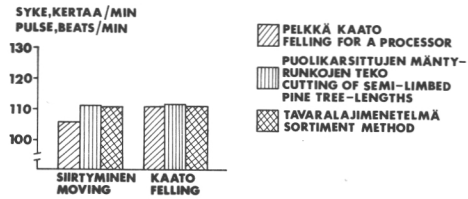
Verrattaessa eri työvaiheiden aikaisia keskimääräisiä sykearvoja työmenetelmien (Tukey'n testi) sisällä saatiin tekemiehelle 2 pelkässä kaadossa 5 % riskillä merkitsevä ero lumen luonnin ja kaadon välille. Pelkässä kaadossa lumikengillä erosivat kaikkien työvaiheiden sykearvot 5 % riskillä toisistaan merkitsevästi. Vertailuaineistossa ero oli merkitsevä kaikkien muiden työvaiheiden paitsi siirtymisen ja kaadon välillä.

### 3324. Tekomies 3

Kuvassa 12 on esitetty ao. regressiomuuttujien suhteen tasoitetut, keskimääräiset sykearvot työvaiheittain ja -menetelmittain.

Ennen kovarianssianalyysin suorittamista muunnettiin siirtymisvaiheen aikana mitatut sykearvot logaritmitransformaatiolla. Tulokset saatiin malli:

$$\log y = 2.091 - 0.448 \cdot 10^{-3} \cdot x_5 - 0.191 \cdot 10^{-1} x_6 + 0.222 \cdot 10^{-2} \cdot x_6^2 - 0.141 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L1} + 0.823 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L2} + 0.588 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L3}$$



Kuva 12. Tekomies 3. Regressiomuuttujien suhteen tasoitetut sydämen sykintätaajuudet työvaiheittain ja -menetelmittain.

Fig. 12. Logger 3. Pulse rates adjusted in relation to the regression variables, by phases and methods of work.

jossa

$y$  = syke siirtymisessä, sykettä/min  
heart rate of the logger during the moving phase, beats/min

$x_5$  = siirtymismatka, m  
distance between trees, m

$x_6$  = siirtymisaika/matka, cmin/m  
moving time/distance between trees, cmin/m

$x_{Ln}$  = luokkamuuttuja - class variable

$x_{L1}$  = pelkkä kaato  
felling for a processor

$x_{L2}$  = puolikarsittujen mäntyrunkojen teko  
cutting of semi limbed pine-stems

$x_{L3}$  = puutavaran valmistus tavaralajimenetelmällä  
sortiment method

Luokkamuuttujan F-arvo 2.053 ei ole 5 % riskillä merkitsevä vapausasteilla  $v_1 = 2$ ,  $v_2 = 133$ . Verrattaessa keskiarvojen logaritmien parittaisia erotuksia Tukey'n testillä saatiin pelkän kaadon menetelmien ero merkitseväksi.

Siirtymisajasta suoritettujen kovarianssianalyysin mukaan siirtymismatkan suhteen samalle tasolle laskettu siirtymisaika oli pienin puolikarsittujen runkojen teossa, toiseksi pienin pelkässä kaadossa ja suurin tavaralajimenetelmässä. Pelkän kaadon ja tavaralajimenetelmän ero ei ollut 5 % riskillä merkitsevä.

Siirtymisvaiheen aikaiseen sykkeeseen vaikuttavat edellisen työvaiheen (karsinta) syke, joka oli keskimäärin 122 sykettä/min, ja muihin työmenetelmiin verrattuna suurempi siirtymisnopeus. Edellisen työvaiheen vaikutus näkyy siirtymisvaiheen sykkeen graafisessa kuvaajassa, jossa matkaa kuvaavan muuttujan toisen asteen termin kerroin on negatiivinen. Myös tavaralaji-

menetelmässä siirtymisvaiheen aikaiseen sykkeeseen vaikuttaa edellisen työvaiheen, tässä tapauksessa kasauksen, korkeampi syke (121 sykettä/min).

Tekomiehen 3 sydämen sykintätaajuuden erot kaatovaiheessa:

$$\log y = 2.010 + 0.124 \cdot 10^{-2} \cdot x_1^{**} - 0.129 \cdot 10^{-2} \cdot x_1^{2*} + 0.410 \cdot 10^{-7} \cdot x_1^{3**} - 0.924 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L1} + 0.157 \cdot 10^{-1} \cdot x_{L2} - 0.646 \cdot 10^{-2} \cdot x_{L3}$$

jossa

y = syke kaatovaiheessa, sykettä/min  
*heart rate of the logger during the felling phase, beats/min*

x<sub>1</sub> = puun järjestysnumero  
*ordinal number of the tree*

x<sub>L<sub>n</sub></sub> = luokkamuuttuja – class variable

x<sub>L1</sub> = pelkkä kaato  
*felling for a processor*

x<sub>L2</sub> = puolikarsittujen mä-runkojen tuko  
*cutting of semi-limbed pine stems*

x<sub>L3</sub> = tavaralajimenetelmä  
*sortiment method*

Luokkamuuttujan F-arvo (F = 1.733, v<sub>1</sub> = 2, v<sub>2</sub> = 336) ei ollut 5 %:n riskillä tilastollisesti merkitsevä. Tukey'n testi antoi kuitenkin merkitsevät erot molempien pelkän kaadon menetelmien sekä pelkän kaadon (lumikengillä) ja tavaralajitelmän välille.

Rinnankorkeuslähpimitan suhteen samalle tasolle lasketut kaatoajat eivät tekomiehellä 3 eronneet 5 % riskillä merkitsevästi työmenetelmien välillä (luku 322, s. 18). Todellinen kaatosahauksen kuluneen ajan keskiarvo oli miltei kaksinkertainen suuremman runkokoon vaikutuksesta puolikarsittujen runkojen teossa muihin työmenetelmiin verrattuna (vrt. taulukko 6, s. 20). Puiden suurempi koko on todennäköisesti aiheuttanut sen, että puolikarsittujen runkojen teossa on tekemies joutunut käyttämään puiden vääntöön kaatovätkärillä suurempia voimia kuin muissa menetelmissä. Lisäksi siirtymisvaiheen sykkeen (115.1) vaikutus tuntuu vielä kaatovaiheessa. Puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä vaikuttaa sykkeeseen kaatovaiheessa vielä kasausvaiheen aikainen kuormitus.

333. Tekomiesten kuormittumisaste pelkässä kaadossa ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä

Eräitä tunnuksia tutkimuksessa koehenkilöinä olleista tekomiehistä ja ergometristien tulokset on esitetty taulukossa 7 (s. 31). Ergometristissä eri kuormituksilla mitattuja syke- ja hapenkulutusarvoja käyttäen selvitettiin graafisesti kunkin koehenkilön sydämen sykkeen riippuvuus hapenkulutuksesta. Näiden kuvaajien avulla muunnettiin työssä havaitut sykearvot vastaaviksi hapenkulutuksiksi, l/min. Vertaamalla näin saatuja hapenkulutusarvoja tekomiehen maksimaaliseen hapenottokykyyn, voitiin saada selville työn energiankulutuksen prosenttiosuus ko. henkilön suurimmasta mahdollisesta suorituskyvystä. Taulukossa 7 (s. 31) on esitetty tekomiehillä työssä mitattujen sykintätaajuuksien keskiarvot (± hajonta) sekä niitä vastaavat hapenkulutusarvot.

Suurin hapenottokyky l/min oli tekomiehellä 3. Mutta suurin hapenottokyky henkilön painoon verrattuna (ml/kg/min) oli tekomiehellä 1. Vanhin koehenkilöistä oli tekemies 2, joten on luonnollista että hänen hapenottokykynsä oli kaikkein alhaisin.

ÅSTRANDIN (1960) mukaan jatkuvaa lihas-työtä, jonka aiheuttamaa energian kulutusta vastaava hapenkulutus on 50 % työskentelevän henkilön hapenottokyvystä, voidaan noin tunnin ajan tehdä siten, että vereen ei muodostu maitohappoa, ja että hapenkulutus, syke sekä keuhkojen kaasunvaihto pysyvät vakioina. Mutta jatkettaessa tällaista työtä esim. koko työpäivän ajan, havaitaan koehenkilöissä ylikuormittumisen merkkejä. Niitä ovat kohoava syke ja hapenkulutus, sekä maitohapon muodostus. LUNDGREN (1969) sekä LANGE-ANDERSEN, MYHRE ja VIK (1969) katsovat kokeidensa perusteella, että energiankulutus jatkuvassa lihastyössä saisi olla korkeintaan niin suuri, että se vastaa 40 % työntekijän hapenottokyvystä. Lisäksi edellytetään, että työ on dynaamista, se suoritetaan huoneenlämmössä käyttäen suuria lihasryhmiä ja että työntekijä on kevyesti vaatetettu.

Taulukossa 7 (s. 31) esitetyt työvaiheittaiset kuormitusasteet perustuvat siis työssä havaituista sykkeistä laskettuihin keskiarvoihin. Yksittäisille työvaiheille saadut kuormitusasteet taulukossa 7 eivät ole seurauksena pelkästään ao. työvaiheeseen kuuluvan työn suorittamisen aiheuttamasta energiankulutuksesta, vaan mukana

Taulukko 7. Eräitä tietoja tekomiehistä, ergometritestien tulokset ja eri työvaiheiden aikana havaittu kuormitus maksimaaliseen hapenottokykyyn verrattuna.

Table 7. Some data on the loggers, results of the ergometer tests, and the physical load observed during different phases of work compared with maximal oxygen uptake.

Tiedot tekomiehistä Data on the loggers	Tekomies – Logger					
	1		2		3	
Ikä, v – Age, years	30		46		22	
Yleinen terveydentila General health	Hyvä – Good		Hyvä – Good		Hyvä – Good	
Paino, kg – Weight, kg	60		60		80	
Kuormitus kgm/min Loading kgm/min	Hapen kulutus, Oxygen consumption, l/min	Syke Pulse	Hapen kulutus, Oxygen consumption, l/min	Syke Pulse	Hapen kulutus, Oxygen consumption, l/min	Syke Pulse
600	1.55	120	1.98	145	1.75	112
900	2.20	148	2.40	163	2.28	125
1200	2.65	180	2.59	175	22.96	152
Max.	3.28	202	2.58	175	4.13	200
Hapenottokyky Max. oxygen uptake ml/kg/min	52.0		43.0		51.5	
Työssä havaitut sykearvot ( $\pm$ hajonta) ja niitä vastaava energiankulutus, % maksimaalisesta hapenottokyvystä Heart rate values ( $\pm$ deviation) observed at work and the oxygen consumption corresponding to these, % of max. oxygen uptake	Siirtyminen (pelkkä kaatotyö) – Moving (felling for a processor)					
	116.3 $\pm$ 10.6 52.7 $\pm$ 4.6 %		136 $\pm$ 6.1 75.2 $\pm$ 5.9 %		110.9 $\pm$ 4.8 % 45.6 $\pm$ 2.9 %	
	Siirtyminen (tavaralajimenetelmä) – Moving (sortiment method)					
	129.1 $\pm$ 7.2 52.7 $\pm$ 4.6 %		143.7 $\pm$ 2.4 75.2 $\pm$ 2.3 %		114.7 $\pm$ 8.9 % 48.3 $\pm$ 5.3 %	
	Lumen luonti (pelkkä kaatotyö) – Snow-clearing (felling for a processor)					
	115.4 $\pm$ 9.2 43.9 $\pm$ 6.4 %		142.1 $\pm$ 8.8 73.6 $\pm$ 8.6 %		–	
	Lumen luonti (tavaralajimenetelmä) – Snow-clearing (sortiment method)					
	134.0 $\pm$ 7.6 56.1 $\pm$ 5.2 %		136.8 $\pm$ 6.0 69.0 $\pm$ 5.4 %		–	
	Kaato (pelkkä kaatotyö) – Felling (felling for a processor)					
	117.0 $\pm$ 10.0 45.4 $\pm$ 6.4 %		136.5 $\pm$ 8.1 68.6 $\pm$ 8.1 %		109.1 $\pm$ 15.5 % 44.6 $\pm$ 10.3 %	
	Kaato (tavaralajimenetelmä) – Felling (sortiment method)					
	132.2 $\pm$ 5.3 55.2 $\pm$ 3.3 %		129.9 $\pm$ 4.7 62.1 $\pm$ 4.6 %		109.3 $\pm$ 9.9 44.8 $\pm$ 6.1 %	
	Karsinta+ katkonta (tavaralajimenetelmä) – Limbing+ bucking (sortiment method)					
	132.6 $\pm$ 4.6 66.1 $\pm$ 3.1 %		143.4 $\pm$ 4.0 74.4 $\pm$ 3.9 %		118.3 $\pm$ 7.0 51.5 $\pm$ 4.4 %	
	Kasaus (tavaralajimenetelmä) – Bunching (sortiment method)					
	155.4 $\pm$ 6.1 59.8 $\pm$ 7.3 %		142.0 (vain 1 havainto) 73.6 %		121.0 $\pm$ 7.4 50.5 $\pm$ 4.9 %	

on aina edellisen työvaiheen vaikutus. Edellisen työvaiheen vaikutus on sitä pitempi, mitä kauemmin jälkimmäinen työvaihe on kestänyt.

Tekomiehellä 1 on kuormitusaste siirtymisvaiheessa pelkässä kaatotyössä ollut 44.5 % maksimisuorituskyvyn ilmaisemasta hapenotto-kyvystä. Puutavaran teossa tavaralajimenetelmällä vastaava arvo oli 52.7 % edellisen työvaiheen vaikutuksesta johtuen. Lumen polkemisvaiheessa kuormitusasteet olivat 43.9 % ja 56.1 %, tämän työvaiheen kohdalla edellisten työvaiheiden vaikutus oli huomattavan suuri. Kaatovaiheessa vastaavat luvut olivat 45.4 % ja 55.2 %.

Tekomiehen 2 suorituskyky oli hapenotto-kyvystä päätellen huomattavasti alhaisempi kuin kahdella muulla koehenkilöllä. Tämä johtui hänen melko korkeasta iästään muihin koehenkilöihin verrattuna. Siirtymisvaiheessa pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä oli kuormitusaste 70.5 %, ja tavaralajimenetelmässä edellisen työvaiheen vaikutuksesta sekä suuremmasta siirtymisnopeudesta ja pidemmästä matkasta johtuen 75.2 %. Lumen luonnissa kuormitusasteet

olivat 73.6 % ja 69.0 % sekä kaatovaiheessa 68.6 % ja 62.1 %. Taulukkoon ei ole laskettu kuormitusasteita pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä, mutta ne jäivät kaikkien työvaiheiden kohdalla alhaisemmiksi kuin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä.

Tekomiehellä 3 oli kuormitusaste siirtymisvaiheessa 45.6 % pelkässä kaadossa ja 48.3 % tavaralajimenetelmässä. Kaatovaiheen kuormitusasteet olivat 44.6 % ja 44.8 %. Puolikarsitujen runkojen teossa oli kuormitusaste molempien työvaiheiden kohdalla suurempi kuin pelkässä kaadossa ja puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä.

### 334. Yhteenveto työntekijöiden fyysistä kuormitusta koskevista tuloksista

Tekomiesten kuormituksen vertaamiseksi eri työmenetelmien välillä laskettiin ensin keskimääräiset, runkokohtaiset tehotyöajat. Ne saatiin keskimääräisten, regressiomuuttujien suhteen

Taulukko 8. Regressiomuuttujien suhteen tasoitettujen runkokohtaiset, työvaiheittaiset työajat sekä työvaiheittaiset, keskimääräiset sykearvot työmenetelmittäin ja tekomiehittain.

Table 8. Average working times per stems and working phase, adjusted in relation to the regression variables, and average pulse rate values per working phase, by methods of work and loggers.

#### a) Tekomies 1 Logger 1

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work					
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	Työaika – Working time		Syke – Pulse	Työaika – Working time		Syke – Pulse
	cmin	%	sykettä/min beats/min	cmin	%	sykettä/ min beats/min
siirtyminen <i>moving</i>	14.8	16.7	116.3	17.4	3.7	129.1
lumen luonti – <i>snow clearing</i>	14.5	16.4	115.4	13.6	2.8	134.0
kaato – <i>felling</i>	59.3	66.9	118.0	44.2	9.3	131.9
karsinta+ katkonta <i>limbing+ bucking</i>	–	–	–	272.0	57.4	133.6
kasaus – <i>bunching</i>	–	–	–	127.0	26.8	135.4
yhteensä – <i>total</i>	88.6	100.0		474.2	100.0	
sykekeskiarvo <i>mean heart rate</i>			117.4			133.8

b) Tekomies 2  
Logger 2

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work								
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Pelkkä kaato (lumikengillä) Felling for a processor (with snow shoes)			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	Työaika Working time		Syke Pulse	Työaika Working time		Syke Pulse	Työaika Working time		Syke Pulse
	cmin	%	syket- tä/min beats/ min	cmin	%	syket- tä/min beats/ min	cmin	%	syket- tä/min beats/ min
siirtyminen moving	36.0	16.5	143.6	37.3	16.2	139.0	22.9	2.5	140.2
lumen luonti snow-clearing	66.6	30.5	144.2	76.0	33.0	134.3	86.0	9.0	136.8
kaato – felling	115.4	53.0	135.7	117.0	50.8	130.0	101.6	10.7	130.8
karsinta+ katkonta limbing+ bucking	–	–	–	–	–	–	692.0	72.8	142.0
kasaus – bunching	–	–	–	–	–	–	47.9	5.0	142.0
yhteensä – total	216.0	100.0		230.3	100.0		950.4	100.0	
sykekeskiarvo mean hart rate			139.6			132.8			140.3

c) Tekomies 3  
Logger 3

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work								
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Puolikarsittujen mä-runkojen teko Cutting of semi-limbed pine stems			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	Työaika Working time		Syke Pulse	Työaika Working time		Syke Pulse	Työaika Working time		Syke Pulse
	cmin	%	syket- tä/min beats/ min	cmin	%	syket- tä/min beats/ min	cmin	%	syket- tä/min beats/ min
siirtyminen moving	7.6	21.6	109.5	6.5	3.3	114.8	9.1	2.9	114.5
kaato – felling	27.4	78.4	110.8	25.5	13.1	111.4	28.1	8.9	110.9
karsinta+ katkonta limbing+ bucking	–	–	–	162.9	83.6	122.0	211.9	66.7	118.3
kasaus – bunching	–	–	–	–	–	–	68.0	21.5	121.0
yhteensä – total	35.0	100.0		194.9	100.0		316.2	100.0	
sykekeskiarvo mean hart rate			110.5			120.4			118.1

tasoitettujen työvaiheittaisten työaikojen summana. Seuraavaksi laskettiin työvaiheiden suhteelliset osuudet runkokohtaisista tehotyöajoista. Tekomiehittäin ja työmenetelmittäin laskettiin työvaiheittaista, regressiomuuttujien suhteen tasoitettua sykekeskiarvoista työvaiheiden aikojen prosenttisia osuuksia painolukuina käyttäen menetelmäkohtainen sykekeskiarvo. Kasaus- ja karsintavaiheiden ajat laskettiin sellaisinaan mukaan runkokohtaisiin työaikoihin.

Tekomiehellä 1 erosivat saadut sykekeskiarvot selvästi pelkän kaatotyön ja tavaralajimenetelmän välillä. Fyysinen kuormitus oli tämän mukaan suurempi valmistettaessa puutavaraa tavaralajimenetelmällä.

Tekomiehellä 2 oli pelkän kaadon (ilman lumikenkiä) ja tavaralajimenetelmän sykekeskiarvojen ero vain 1.7 sykettä/min. Ero oli niin pieni, että voitaneen katsoa kuormituksen oleen saman suuruinen molemmissa menetelmissä. Sen sijaan pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä oli kuormitus alhaisempi kuin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä ja tavaralajimenetelmässä.

Tekomiehellä 3 oli suurin sykekeskiarvo puolikarsittujen runkojen teossa. Puutavaran valmistuksessa tavaralajimenetelmällä oli syke 2.3 sykettä/min alhaisempi. Pelkän kaatotyön ja em. menetelmien välillä ero oli varsin selvä.

Tekomiehellä 2 pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä oli syke korkeampi lumenluontivaiheessa kuin kaatovaiheessa (ero ei tilastollisesti merkitsevä). Syke ei siirtymisvaiheessa ole ehtinyt asettua siirtymisessä suoritettun työn aiheuttaman energiankulutuksen määräämälle tasolle. Näin siirtymisessä syntynyttä happivelkaa on "maksettu takaisin" lumenluontivaiheen aikana.

Pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä on siirtymisvaiheen sykehavaintojen todellinen, tasoittamaton keskiarvo miltei sama kuin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä. Tämän ovat aiheuttaneet suurempi lumen syvyys palstalla, jossa tekemies käytti lumikenkiä ja suurempi siirtymisnopeus lumikenkiä käytettäessä. Regressiomuuttujien suhteen tasoitettu siirtymisvaiheen sykekeskiarvo oli suurempi pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Se, että regressiomuuttujien suhteen tasoitettu lumenluontivaiheen sykekeskiarvo oli pienempi pelkässä kaadossa lumikenkiä käytettäessä kuin ilman lumikenkiä, johtuu siitä, että työtahti on ollut verkkaisempi.

Tämä ilmenee lumen syvyyden suhteen tasoitettua lumenluontiajoista.

Tavaralajimenetelmässä siirtymisvaiheen korkea syke aiheutui muihin menetelmiin verrattuna suuremmasta siirtymisnopeudesta ja pidemmästä siirtymismatkasta sekä siitä, että edeltäneiden työvaiheiden aiheuttama (karsinta + katkenta ja kasaus) kuormitus oli suurempi kuin pelkän kaadon menetelmissä. Siirtymismatkan ja lumen syvyyden suhteen tasoitettu siirtymisvaiheen sykekeskiarvo oli tavaralajimenetelmässä pienempi kuin pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Lumen syvyyden suhteen tasoitettu lumenluontiaika oli tavaralajimenetelmässä huomattavasti pienempi kuin pelkän kaadon menetelmässä. Tämän perusteella työtahti lumenluontivaiheessa olisi ollut verkkaisempi tavaralajimenetelmässä.

Keskimääräinen jalan upotus lumessa oli pelkässä kaadossa (ilman lumikenkiä) tekomiehellä 1 24.1 cm ja tekomiehellä 2 32.1 cm. Erotus on siis vain n. 8 cm, mutta lumen vaikutuksessa miesten fyysiseen kuormittumiseen oli erittäin selvä ero. Tämän saattavat aiheuttaa huomattava ero miesten suorituskyvyssä sekä erot olosuhteissa, kuten esimerkiksi lumen laadussa. Eräs tähän vaikuttava seikka saattaisi olla se, että tekomiehellä 1 olisivat jalkojen liikkeet siirtymisvaiheessa olleet ainakin osaksi ns. ballistisia liikkeitä, kun taas miehellä 2 ne ovat oletettavasti olleet ns. kiinteitä liikkeitä. Ballistiset eli heitto-liikkeet erotetaan ko. jäsenen ohjenta- ja koukistajalihasten toiminnan mukaan. Kiinteissä liikkeissä vaikuttavat samanaikaisesti molemmat lihakset, toinen vetää voimakkaammin ja toinen on valmiina pysäyttämään liikkeen tarvittaessa. Ballistisissa liikkeissä toinen lihaksista tempaisee antaen jäsenelle tietynvoimaisen liikkeen, joka lakkaa itsestään. Supistavan lihaksen voima vaikuttaa vain alussa ja jäsen jatkaa liikettä lihakset veltoina. Ballistiset liikkeet ovat energiankulutuksen kannalta taloudellisempia kuin kiinteät liikkeet (OKSALA 1970). HEINONEN et al. (1959) esittävät kaksi erilaista yhtälöä kuvaamaan lumessa kävelevän henkilön energiankulutusta jalan upotuksen funktiona. Toinen yhtälöistä kuvaa energiankulutusta, kun upotus on alle 20 cm, ja toinen, kun upotus on yli 20 cm. Energiankulutuksen kasvu suurenee yhtälöiden mukaan huomattavasti, kun upotus ylittää 20 cm. Tämän selitetään johtuvan siitä, että tällöin

lumessa kävelevän henkilön jalkojen liikkeet muuttuvat ballistisista kiinteiksi.

#### 34. Tärinälle alttiinaoloajat kaatotyössä

Pelkässä kaadossa työ on yksinkertaistunut tavaralaji- ja runkomenetelmiin verrattuna ja tehotyöaikaan ei sisälly työvaiheita, joissa sahaa ei pidetä kädessä. Poikkeuksena kuitenkin ovat sellaiset lumiolosuhteet, joissa lumen luonnin ajaksi saha lasketaan maahan sekä tuuli ym. olosuhteet, joissa saha lasketaan maahan vänkäyksen ajaksi. Kun työhön kuuluu vain vähän tai ei ollenkaan työvaiheita, jolloin saha ei ole kädessä, muodostuu tärinäaltistus suureksi. Tärinäväimentamattomissa sahoissa tekokäyntitärinä on ilmeisesti työntekijälle vaarallisinta. Sen sijaan parhaissa tärinäväimennetuissa sahoissa tekokäyntitärinä saattaa olla verraten siedettävää, mutta joutokäyntitärinä voi muodostua hyvinkin haitalliseksi (AHO 1971). Tämän vuoksi kerättiin yhden päivän aikana aineisto Somerniemeltä pelkästä kaadosta kesäolosuhteissa, jolloin tehotyöaika jaettiin teho- ja joutokäyntiin sekä aikaan, jolloin saha ei ollut miehen kädessä. Tulokset on esitetty oheisessa taulukossa. Tällöin 5 cmin suuremmat ajat on huomioitu.

Taulukkoon on vertailun vuoksi otettu vastaava analyysi kuitupuun teosta ja puolikarsittujen runkojen teosta, vaikka nämä eivät olekaan vertailukelpoisissa oloissa kerätyt. Tulokista on todettavissa, että joutokäyntiä on ollut

noin yksi kolmasosa eli verraten paljon. Joutokäynnin osuus ilmeisesti on selvässä riippuvuussuhteessa leimikon tiheyteen, koska suuri osa tyhjäkäyntiajasta on siirtymistä puulta puulle. Leimikko Somerniemellä oli verraten tiheää, joten tyhjäkäynnin osuus voi toisissa olosuhteissa olla suurempi. Esimerkiksi aikaisemmin suoritettu selvitys kaadosta kuitupuun teon yhteydessä osoittaa suurempaa joutokäyntiä kuin tehokäyntiaikaa, jos siirtyminen puulta puulle oletetaan joutokäyntiajaksi (HARSTELA 1970a). Jonkin verran tuloksiin on saattanut vaikuttaa käytetty frekvenssiaikatutkimustekniikka.

Saha oli poissa kädestä vain 2 % tehotyöajasta. Tuulen suunta oli edullinen, eikä muuta kaadon suuntausta haittaavia esteitä ollut, joten puiden vänkäys haluttuun suuntaan jäi vähäiseksi. Talvella ja muuten epäedullisissa olosuhteissa saha voi olla maassa huomattavasti enemmän.

Muiden tutkimusten mukaan sahatukkien teossa siirtymisaika (joutokäyntiä) voi olla pienissä runkosuuruusluokissa lähes yhtä suuri kuin kaatoaika (teho- ja joutokäyntiä). Suurissa runkosuuruusluokissa siirtymisaika on ollut 25...35 % kaatoajasta (AGER 1967, KAHALA 1969, SAMSET ym. 1969). Nämä luvut yhdessä HARSTELAN (1970a) selvityksen kanssa viittaavat siihen, että joutokäynnin osuus voi olla suurempi kuin tässä saatu tulos osoittaa. Vastaavasti lumen raivausaika, jolloin saha ei ole kädessä, voi olla syvässä lumessa suurempi kuin varsinainen kaatoaika (HARSTELA 1970b).

Taulukko 9. Tehotyöajan jakaantuminen teho- ja joutokäyntiin sekä aikaan, jolloin saha oli maassa. Table 9. Distribution of effective per-stem working time between effective and idle running in the hand and idle running on the ground.

Työmenetelmä Method of work	Tehokäyntiä Effective running %	Joutokäyntiä Idle running %	Saha maassa, Saw on the ground, %
Kaato Felling for a processor	63	35	2
Kuusikuitupuun teko <sup>1)</sup> Cutting of spruce pulpwood	60...68	14...18	18...22
Puolikarsittujen kuusirunkojen teko <sup>1)</sup> – Cutting of semi-limbed spruce stems	88	12	–

<sup>1)</sup> HARSTELAN (1971a) mukaan.

Taulukko 10. Teho- ja joutokäyntijaksojen sekä maassa tapahtuneen käynnin kestot.  
 Table 10. Per-stem times of continuous exposure to vibration and times, when saw was on the ground.

Tutkimusmenetelmä Method of work	Tehokäynti Effective running cmin		Joutokäynti Idle running cmin		Saha maassa Saw on the ground, cmin	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Kaato – Felling for a processor	15.8	5.4	11.7	7.6	8.6	3.3
Kuusikuitujen teko <sup>1)</sup> Cutting of spruce pulpwood	53. . .877				12. . .234	

1) HARSTELAN (1970b) mukaan.

Tärinän vaikutus käsiin on riippuvainen altistus- ja elpymisaikojen yhtäjaksoisesta pituudesta (MIURA ym. 1966, BJERKER ym. 1970, HARSTELA 1971b). Tämän vuoksi analysoitiin myös teho- ja joutokäynnin sekä maassa tapahtuneen käynnin yhtäjaksoisia kestoja.

Vertailun vuoksi on taulukkoon otettu kuusikuitupuussa saatu teho- ja tyhjäkäynnin yhtäjaksoinen kesto ja kasausajan kesto aikaisemman tutkimuksen mukaan (HARSTELA 1971a). On todettava sekä tärinää synnyttävien työjaksoiden että mahdollisten elpymisaikojen – tällöin varsinaiset tauot jäävät tarkastelun ulkopuolelle – olevan verrattain lyhyitä.

Eräiden selvitysten mukaan tärinävaikutus käsiin syntyy jo muutaman kymmenen sekun-

nin kuluessa ja saavuttaa verraten pian vakio-tilan. Sen sijaan toipumisajat vaihtelevat indikaattorista riippuen 2. . .15 minuuttiin (MIURA ym. 1966, BJERKER ym. 1970, HARSTELA 1971b). Kun tärinän kumuloituminen vaillinaisen toipumisen seurauksena on lisäksi ilmeinen (vrt. HARSTELA 1971b), on pelkässä kaadossa suuret mahdollisuudet tärinävaikutuksen syntymiseen sekä teho- että joutokäynnin vaikutuksesta. On kuitenkin huomattava, että edellä esitetty päättely perustuu käden ihon lämpötilan, tuntokynnyksen ja manipulaatiokyvyn muutoksiin, eikä näiden suhdetta esim. TVD-taudin syntyyn tunneta, koska taudin syntymekanismi on selvittämättä (vrt. HASAN 1970).

#### 4. TULOSTEN LUOTETTAVUUDESTA

Aineiston laajuus ja laatu on esitetty luvussa 23 (s. 7). Aineisto ei ole edustava näyte mistään tunnetusta populaatiosta, eikä sen voida katsoa edustavan muuta kuin itseään. Ilman sanottavampia virheitä voitaneen tällaista aineistoa käyttää, vain syysuhteiden selvittämiseen (vrt. KÄRKKÄINEN 1969). Lähinnä epävarmuutta päätelmiin aiheuttaa tekomiesten määrän pienuus.

Regressioanalyseissä käytettyjen selittävien muuttujien riippuvuutta toisistaan selvitettiin korrelaatiomatriisien avulla. Joissakin malleissa on mukana voimakkaasti keskenään korreloivia muuttujia (saman muuttujan eri potensseja). Tällöin on pyritty välttämään yksittäisten kor-

relaatiokertoimien tulkitsemista.

Käytetylle sykemittauslaitteistolle on ominaista osoittimen ”heilunta”, joka aiheuttaa lukemiin n.  $\pm 2.5$  sykettä/min virheen. Vastakaissuuntaisen virheiden voitaneen olettaa kumonneen toisensa. Sykemittauslaitteiston antama lukema on 3–4 sekunnin ajalta laskettu liukuva keskiarvo, mutta tällä seikalla ei juuri ole merkitystä työn kuormittavuustasoa määrittäessä tässä tutkimuksessa käytetyllä tarkkuudella, koska syke ei näin nopeasti seuraa kuormitustason vaihteluita. Saadut sykearvot kuvaavat työntekijän fyysistä kuormittuneisuutta mittaushetkellä riippumatta siitä, mitkä työvaiheet siihen vaikuttavat.

## 5. TULOSTEN SOVELTAMISESTA KÄYTÄNTÖÖN

Työntekijän fysiologiseen kuormittumiseen metsätyössä vaikuttavat hyvin monet tekijät. Toiset riippuvat työntekijästä itsestään (mm. fyysinen kunto ja työtekniikka), toiset maastosta, hakattavan leimikon puustosta, vuodenaikasta ja säästä. Näinollen ei tätä työtä varten käytettävissä olleen aineiston perusteella ole ryhdytty estimoimaan työn fysiologista kuormittuvuutta kuvaavia ominaisarvoja, vaan on tyydytty käsittelemään tuloksia suunta-antavasti. Tarpeellista olisi suuremman ja edustavamman aineiston sekä yleisen ja metsäergonomisen tiedon pohjalta tutkia työn aiheuttamaa psyykkistä ja fyysistä kuormitusta ja lepotaukojen tarvetta pelkässä kaadossa työmenetelmien kehittelyä ja palkkaperusteita varten.

Tämän tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa on pidettävä mielessä, että tutkimusaiheeksi oli rajattu sykemittausten avulla suoritettu työntekijän energiankulutuksen vertailu pelkän kaatotyon ja tavaralajimenetelmän välillä. Tarkastelun ulkopuolelle jäi mm. hakkuumiehen selkään kohdistuvan rasituksen vertailu tekomenetelmien välillä sekä työn vaihtelun vaikutuksen tutkiminen työntekijän psyykkisiin reaktioihin.

Kahdella tutkituista tekomiehistä osoittau-

tui energiankulutus pelkässä kaadossa pienemmäksi kuin hakkuussa tavaralajimenetelmällä. Näistä toisen leimikko hakattiin suhteellisen vähän lumen (< 30 cm) ja toisen sulan maan aikana. Näinollen mahdollinen suurempi lepotaukojen määrä pelkässä kaadossa sulan maan aikana (AGER 1970, KAHALA 1970) ei johtuisi energiankulutuksen erilaisuudesta, vaan muista tekijöistä, joita ei voida tutkia koehenkilön sydämen sykkeen perusteella. Näitä ovat työn vaihtelun väheneminen perinteiseen hakkuutyöhön verrattuna sekä selän kannalta epäedullinen työasento kaatovaiheessa.

Kolmannella tutkitulla tekomiehellä oli energiankulutus pelkässä kaadossa samaa luokkaa kuin hakkuussa tavaralajimenetelmällä. Tämä johtui siitä, että runsaan lumen (n. 50 cm) aikana siirtyminen osoittautui raskaimmaksi työvaiheeksi. Myös lumen luontivaiheen syke oli korkea, mutta ei pystytty varmasti osoittamaan, missä suhteessa siihen vaikuttivat edellisen työvaiheen (siirtymisen) ja lumen luonnin aiheuttama energiankulutus. Hakkuumies voinee pienentää fyysistä kuormitusta pelkässä kaadossa runsaan lumen aikana käyttämällä sopivia lumikenkiä.

## 6. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli

1) selvittää työntekijän fyysistä, lihasenergian kulutuksesta aiheutuvaa kuormittumista pelkässä kaatotyössä verrattuna puutavaran tekoon tavaralajimenetelmällä

2) selvittää työntekijän ääriälytystusaikoja pelkässä kaatotyössä.

Aineisto kerättiin kolmelta eri työmaalta, joilla jokaisella oli koehenkilönä yksi tekemies. Aineiston laatua ja laajuutta on käsitelty luvussa 23 (s. 7). Tutkitut tekemieset olivat metsätoihin tottuneita, iät olivat 22, 30 ja 46 v. Tiedot koehenkilöistä on esitetty taulukossa 7 (s. 31). Tutkitut työmenetelmät olivat seuraavat (taulukko 1, s. 8).

Tekemies 1.

- pelkkä kaato (kuvitellulle) monitoimikoneelle
- n. 3-m kuitupuun valmistus tavaralajimenetelmällä kourakasoihin palstalien varten

Tekemies 2.

- pelkkä kaato monitoimikoneelle (PIKA 50)
- pelkkä kaato, käyttäen lumikenkiä
- tavaralajimenetelmä: rungon tukkiosa 5-m tukeiksi levälleen palstalle, latvakuitupuu (2-m) kourakasoihin palstalle

Tekemies 3.

- pelkkä kaato monitoimikoneelle (PIKA 50)
- puolikarsittujen mä-runkojen teko
- tavaralajimenetelmä: rungon tukkiosa 5-m tukeiksi, latvakuitupuu (2-m) kourakasoihin palstalien varten.

Maastossa mitattiin tuotoksen selvittämiseksi tarpeelliset puustotunnukset sekä arvioitiin maasto- ja oksaisuusluokka sekä siirtymismatkat puulta toiselle. Koehenkilön sydämen sykkeen mittausta suoritettiin työn aikana minuutin väliajoin. Mittaukseen käytettiin Työterveyslaitoksen telemetrisiä mittauslaitteita.

Aineistosta laadittiin aluksi valikoivalla reg-

ressioanalyysillä tietokonetta apuna käyttäen työvaiheittaisia työaikoja kuvaavat mallit työmenetelmittain ja tekomiehittäin. Työaikojen vertailu työmenetelmien välillä suoritettiin kovarianssianalyysiiä käyttäen (luku 322, s. 15).

Koehenkilöille laadittiin myös sydämen sykintätaajuutta kuvaavat regressiomallit työvaiheittain. Sykintätaajuuksien vertailuun työvaiheittain työmenetelmien välillä käytettiin kovarianssianalyysiiä.

Työterveyslaitoksen urheilupoliklinikalla suoritettiin tekomiehille ergometritesti. Siinä määritettiin sydämen syke ja hapenkulutus 600 kgm/min, 900 kgm/min ja 1200 kgm/min kuormituksilla sekä maksimaalinen hapenotto-kyky ja syke. Tulosten perusteella piirrettiin sykkeen ja hapenkulutuksen riippuvuutta osoittava suora kullekin koehenkilölle. Työssä havaitut sykearvot voitiin näin muuntaa hapenkulutuservoiksi. Niitä verrattiin maksimaaliseen hapenotto-kykyyn, jolloin saatiin selville koehenkilön kuormitusaste työvaiheittain (luku 33, s. 30).

Miehen 1 leimikko hakattiin suhteellisen vähän lumen aikana (< 30 cm), miehen 2 runsaan lumen aikana (n. 50 cm) ja tekomiehen 3 kesäolosuhteissa.

Tekomiehillä 1 ja 2 osoittautui runkokohtainen työaika (= siirtyminen, mahdollinen lumen luonti, kaato) suuremmaksi pelkässä kaatotyössä kuin vastaavissa työvaiheissa vertailuaineistossa. Miehellä 2 oli runkokohtainen työaika suurin pelkässä kaadossa käytettäessä lumikenkiä. Tekomiehellä 3 oli tulos runkokohtaisen työajan kohdalla päinvastainen. Hänellä pienin runkokohtainen työaika oli pelkässä kaadossa, sitten puolikarsittujen runkojen teossa ja suurin tavaralajimenetelmässä. Tämä johtui osittain siitä, että palstalla, jolta vertailuaineisto kerättiin, oli puusto tiheämpää kuin mitä pelkän kaadon palstalla ja kysymyksessä oli harvennushakkuu (luku 32, s. 19).

Työn aiheuttamasta energiankulutuksesta johtuva fyysinen kuormitus, jota siis tutkittiin sykkeen avulla, osoittautui tekomiehillä 1 ja 3 pelkässä kaadossa pienemmäksi kuin tavaralajimenetelmässä. Miehellä 3 oli energian kulutus suurin puolikarsittujen runkojen teossa. Muista koehenkilöistä poiketen todettiin tekomiehellä 2 pelkässä kaatotyössä yhtä suuri kuormitus kuin vertailuaineistossa. Energian kulutus oli pienin pelkässä kaadossa käytettäessä lumi-

kenkiä. Suuri fyysinen kuormitus pelkässä kaadossa (ilman lumikenkiä) johtuu siitä, että siirtymisen ja lumen luonnin (joissa energian kulutus oli suuri runsaan lumen vuoksi) osuus oli suurempi kuin puutavaran teossa tavaralajimenetelmällä. Kun lumen vaikutusta vähennettiin siten, että tekemies käytti pelkässä kaadossa lumikenkiä, oli energian kulutus pienempi kuin vertailuaineistona olleessa tavaralajimenetelmässä (luku 33, s.34).

Tekomiehellä 1 todettiin kuormitusasteen olleen kaikissa työvaiheissa pelkässä kaadossa yli 40 % ja vertailuaineistossa yli 50 % maksimaalisesta hapenotto-kyvystä. Vanhimalla koehenkilöistä, miehellä 2, oli kuormitusaste pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä kaikissa työvaiheissa yli 65 % ja vertailuaineistossa yli 60 % hapenotto-kyvystä. Tällä leimikolla lisäsi myös runsas lumi energian kulutusta. Tekomiehellä 3 oli pelkän kaadon ja vertailuaineiston kaikissa työvaiheissa kuormitusaste yli 40 % hapenotto-kyvystä (taulukko 7, s. 31). Työvaiheittaisia kuormitusasteita ja sykettä kuvaavia malleja tarkasteltaessa on tärkeätä muistaa, että syke ei muutu välittömästi työn aiheuttaman energian kulutuksen muuttuessa. Tästä johtuen lyhyiden työvaiheiden aikana syke ei kuvaa ao. työvaiheen energian kultuusta, vaan aina on mukana edellisen työvaiheen vaikutus.

Lumettomana aikana ja sopivien tuuli- ym. olosuhteiden vallitessa todettiin työntekijän ääriäälitistuksen muodostuvan varsin suureksi. Ääriäälitistusta koskevat tulokset perustuvat yhdeltä tekomieheltä yhden työpäivän aikana kerättyyn aineistoon. Tehotyöaika jaettiin teho- ja joutokäyntiin sekä aikaan, jolloin saha ei ollut työntekijän kädessä (taulukko 9, s. 35). Sekä ääriäälitistussjaksojen että mahdollisten elpymisaikojen todettiin olevan pelkässä kaadossa verraten lyhyitä (taulukko 10, s. 36), varsinaiset tauot jätettiin tämän tarkastuksen ulkopuolelle). Ääriäälitistuksen kumuloituminen on ilmeistä vaillinaisen toipumisen vuoksi. Siksi pelkässä kaatotyössä on suuret mahdollisuudet ääriäälitistusten syntymiseen työntekijälle sekä teho- että joutokäynnin vaikutuksesta. Päätely perustuu käsien ihon lämpötilan, tuntokynnyksen ja manipulaatiokyvyn muutoksiin. On kuitenkin huomattava, että käytettyjen indikaattoreiden suhdetta esim. TVD-taudin syntyy ei tunneta, koska taudin syntymekanismi on osittain selvittämättä (luku 34, s. 35).

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- AGER, B.H. 1964. Huggning av stammar. Fältstudie 1964. Skogsarbeten, redogörelse nr 3. Stockholm.
- AGER, B.H. 1967. Tidsformler för huggning baserade på fältstudier 1959–67. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr 12. Stockholm.
- AGER, B.H. 1970. Tidformler för huggning. Underlag för metodsvalskalkyler mm. Skogsarbeten. Ekonomi nr 1. Stockholm.
- 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., KÄTTÖ, J. 1971. Traktorityö ja työterveys. Vakolan tiedote 17.
- BJERKER, N., KYLIN, B., LINDSTRÖM, 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.
- BURGER, G.C.E. 1969. Heart rate and the Concept of Circulatory Load. Ergonomics, 1969, vol 2, 12, No 6.
- CARLSTEN, A., GRIMBY, G. 1966. The circulatory response to muscular exercise in man. Charles E. Thomas. Springfield.
- CHRISTENSEN, E.H. 1953. Fysiologiske synpunkter på arbetskrav och arbetsplacering. Nordisk Medisin, 50.
- ERNSTING, J. 1960. Respiratory Effects of Whole-Body Vibration. I.A.M. Report from the Royal Air Force, No 179. Farnborough, England. Institute of Aviation Medicine.
- HANSSON, J.E. 1965. 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.
- HANSSON, J.E., KYLIN, B. 1967. Skogs-traktorn som arbetsplats. Skogshögskolan. Institutionen för skogsteknik. Rapporter och uppsatser. Nr 32.
- HARSTELA, P. 1969. Metsätöiden aikatutkimuksia täydentäviä huomioita. Yritystalous 12.
- HARSTELA, P. 1970a. Kasausajan ja valtimon-lyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja 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. 1970b. The effect of winter conditions on the preparation of rough-limbed spruce pulpwood of approximate length. Tiivistelmä: Talviolosuhteiden vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusipuun tekoon. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 71.4. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1971a. 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. 1971b. Moottorisahan tärinän vaikutuksesta työntekijän käsiin. On the effect of motor saw vibration on the hands of forest worker. Folia Forestalia 118.
- HASAN, J. 1970. Biomedical Aspects of Low-Frequency Vibration. A Selective Review. Work Environment-Health. Vol. 7, No 1. Institute of Occupational Health. Helsinki.
- HASSELQVIST, O., SÖDERSTRÖM, P., WIKLUND, A. 1965. MTM-perusliikkeet. Helsinki.
- HEINONEN, A.O., KARVONEN, M.J. and RUOSTEENOJA, R. 1959. The energy expenditure of walking on snow at various depths. Ergonomics, Vol. 2, No 4.
- JOHANSSON, G. 1968. Kvistningsnoggrannhetens inverkan på tidsåtgången vid kvistning med motorsåg. Metodstudie 1967. Skogsarbeten, redogörelse nr 3. Stockholm.
- JOHANSSON, G. 1969. Kvistningsnoggrannhetens inverkan på tidsåtgången vid huggning av sortiment med motorsåg. Jämförande fältstudier 1968. Summary: The influence

- of delimiting accuracy on time consumption. Comparative field studies 1968. Skogsarbeten, redogörelse nr 4. Stockholm.
- JOHANSSON, G., PETERSSON, B., PETERSSON, B. 1969. Basträmetoden. Metodstudie 1967. Summary: The base-tree method. Method study 1977. Skogsarbeten, redogörelse nr 5. Stockholm.
- 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. 1970. Ajankäyttö runkojen kaadossa. Metsätehon katsaus 12. Helsinki.
- KARVONEN, M.J. 1970. Raskaan työn rationalisointi. Ergonomia. Porvoo.
- KYLIN, B., GERHARDSSON, G., HANSSON, J.E., LINDSTRÖM, I.M., LILJENBERG, B., SWENSSON, Å. och ÅSTRAND, I. 1968. Hälso- och miljöundersökning bland skogsarbetare. AI - Rapport nr 5. Stockholm.
- KÄRKKÄINEN, M. 1969. Metsän vaurioituminen kesäaikaisessa puunkorjuussa. The Amount of Injuries Caused by Timber Transportation in the Summer. Acta Forestalia Fennica Vol. 100.
- KÄTTÖ, J. 1971. Metsätraktorin rakenteen vaikutus ajajan ja kuorman heilumiseen. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu. Konekirjoite.
- LANGE-ANDERSEN, K., MYHRE, K. og VIK, T. 1969. Likevekten i det indre kroppsmiljø ved langvarig muskellarbeid. Homeostasis (Internal Environment) during Prolonged Work. Det Norske Skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport nr 7. Oslo.
- LEHMAN, C. 1962. Praktische Arbeitsphysiologie. 2. Edition. Stuttgart.
- LEVANTO, S. 1970. Työtahdin vaikutus metsätyöntekijän kuormittumiseen. Summary: The effect of work phase on logger stress. Työtehoseuran julkaisuja n:o 148. Helsinki.
- LUNDGREN, N. och ZOTTERMAN, Y. 1943. Energiomsättningen under skogsarbete. Industrins Utredningsinstitut. Stockholm.
- LUNDGREN, N. 1969. Fysiologisk arbetsmätning. Handbok i ergonomi. Uppsala.
- LUTHMAN, G., ÅBERG, U., LUNDGREN, N. 1969. Handbok i ergonomi. Uppsala.
- MATTILA, S. 1966. Tilastotiede I. Kauppa-korkeakoulu. Helsinki.
- MATTILA, S. 1966. Tilastotiede II. Kauppa-korkeakoulu. Helsinki.
- Metsätyömiesten terveystutkimus, 1971. Metsä ja Puu n:o 5, 1971.
- MEZALS, J. 1971. Tutkimus työskentelyolosuhteista metsätaloudessa. (Issledovanie uslovij truda v lesnom hozjaistve). Latvian metsäntutkimuslatioksen tiedottaja. Riga. (Käännös).
- MIURA, T., KUMURA, K., TOIMINAGA, Y., KIMOTSUKI, K.J. 1966. On the Reynaud's Phenomenon of Occupational Origin due to Vibrating Tools. Journal of Science of Labour 42.
- MÄKINEN, Y. 1968. Tilastotiedettä biologeille. Turun Yliopiston kasvitieteen laitos. Kursssi-moniste. Turku.
- OKSALA, O. 1961. Työn psykologia. Tietomies. Helsinki.
- OKSALA, O. 1970. Työliikkeiden psykologiaa. Ergonomia. Porvoo.
- RÖNNHOLM, N.; HEINONEN, A.O., KARVONEN, M.J. 1963. Tutkimus hakkuumiehen kalorinkulutuksesta ja sydämen toiminnasta koivupaperipuun siirrosta sekä sydämen toiminnasta koivupaperipuun hakkuun eri työvaiheissa. Pienpuualan toimikunnan tiedotus n:o 88. Helsinki.
- SALMINEN, J. 1970. Monitoimikoneiden käyttö. Metsänkättyöoppi 2. Rauma
- SAMSET, I. 1950. Hogstundersøkelser i norsk gran- og furuskog. Meddelelser fra det norske Skogforsøksvesen. 10: 397-595.
- SAMSET, I., STRØMNES, R. og VIK, T. 1969. Hogstundersøkelser i norsk gran- og furuskog. Cutting Studies in Norwegian Spruce and Pine Forests. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen, nr 95. Bind XXVI. Hefte 2. Vollebakk.
- SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. 1967. Statistical methods. Sixth Edition. Ames, Iowa, U.S.A.
- TELJSTEDT, H. 1970. Arbetsplatsbelysning vid lastningsarbete med hydraulisk gripplastare. Summary: Artificial lightning of loadwork with hydraulic grapple loader. Det Norske Skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport nr 9. Vollebakk.
- TUFVESSON, B.R. 1966. Gott hälsotillstånd hos svensk skogsarbetare. Skogen 53: 218-219.
- VIK, T. og AALVIK, M. 1969. Arbeitsstyngden ved hogst og stammelunning. Work Load

- during Cutting and Tree-length Skidding. Det Norske Skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport. Nr 7. Oslo.
- VÄLIAHO, H. 1969. Metsäntutkimuslaitoksen tilastokurssi. Varianssi- ja regressioanalyysi. Luentomoniste syksy 1969/kevät 1970.
- ÅBERG, ULF. 1969. Människan som arbetande enhet. Handbok i ergonomi. Uppsala.
- ÅSTRAND, I. 1960. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand., 49. 1960.

Liitetaulukko 1. Runkokohtaiset, työvaiheittaiset työajat<sup>1)</sup> tekomiehittäin ja työmenetelmittäin.  
Appendix table 1. Working times per stem and work phase, by loggers and methods of work.

a) Tekomies 1  
Logger 1

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work					
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	$\bar{x}$ , cmin	s	n	$\bar{x}$ , cmin	s	n
siirtyminen moving	13.2	10.1	93	21.3	12.7	34
lumen luonti snow-clearing	14.5	8.1	93	13.6	7.6	34
kaato – felling	82.2	44.8	93	49.9	24.5	34
Yhteensä – Total	109.9	–	93	84.8	–	34

b) Tekomies 2  
Logger 2

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work								
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Pelkkä kaato (lumikengillä) Felling (with snowshoes)			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	$\bar{x}$ , cmin	s	n	$\bar{x}$ , cmin	s	n	$\bar{x}$ , cmin	s	n
siirtyminen moving	31.2	18.9	85	37.8	5.7	86	43.9	20.8	21
lumen luonti snow-clearing	64.3	36.2	85	79.7	36.2	86	77.6	42.7	21
kaato – felling	129.8	83.3	85	123.5	48.6	86	109.9	46.2	21
Yhteensä – Total	225.3	–	85	241.0	–	86	231.4	–	21

c) Tekomies 3  
Logger 3

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work								
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Puolikarsittujen mä-runkojen teko Cutting of semi-limbed pine stems			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	$\bar{x}$ , cmin	s	n	$\bar{x}$ , cmin	s	n	$\bar{x}$ , cmin	s	n
siirtyminen moving	9.6	7.2	616	36.2	21.7	32	23.9	22.83	28
kaato – felling	38.0	19.5	616	62.5	27.4	32	43.1	24.93	28
Yhteensä – Total	47.6	–	616	98.7	–	32	67.0	–	28

1) Tehoaika ilman apuaikoja  
Effective working time without by-times

Liitetaulukko 2. Työvaiheittaisten sykehavaintojen keskiarvot (sykettä/min) tekomiehittäin ja työmenetelmittäin.

Appendix table 2. Average pulse rate values (beats/min) per work phase by loggers and methods of work.

a) Tekomies 1  
Logger 1

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work					
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n
siirtyminen moving	116.3	10.6	12	129.0	1.4	2
lumen luonti snow-clearing	112.3	7.3	8	134.0	0	1
kaato – felling	117.0	10.0	63	132.2	5.3	26

Tekomies 2  
Logger 2

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work								
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Pelkkä kaato (lumikengillä) Felling for a processor (with snow shoes)			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n
siirtyminen moving	138.5	6.3	34	138.7	6.7	52	143.7	2.4	7
lumen luonti snow-clearing	141.9	8.7	65	138.5	5.2	72	136.6	6.0	19
kaato – felling	136.5	8.1	68	130.8	5.7	72	129.9	4.7	14

Tekomies 3  
Logger 3

Työvaihe Phase of work	Työmenetelmä Method of work								
	Pelkkä kaato Felling for a processor			Puolikarsittujen mä-runkojen teko Cutting of semi-limbed pine stems			Tavaralajimenetelmä Sortiment method		
	$\bar{x}$	s	b	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n
siirtyminen moving	110.9	12.0	102	115.1	8.9	20	114.7	8.9	12
kaato – felling	109.1	15.2	296	109.3	8.2	25	109.3	9.8	16



- 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 Rikkonen: Havusahatukkién 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: Puunkorjuumenetelmien ergonominen kehitys ja erät 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.  
Groupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. 4,—
- No 133 Matti Palo: Metsällisten projektien verkkosuunnittelu.  
Planning forestry projects by means of network analysis. 5,—
- 1972 No 134 Aarne Reunala — Ilpo Tikkanen: Metsätalanoimistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.  
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakilla ja Olavi Saikku: Kuoriprosentin määritys sahanhakkeesta.  
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.  
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.  
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.  
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuon experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen ja Markku Mäkelä: Juurakoiden irroittaminen maasta pyöräkuormaajilla.  
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.  
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.  
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen ja Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.  
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.  
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakilla, Jouko Laasasenaho ja Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.  
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.  
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.  
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyn ja pluskuuset.  
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela ja Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja tärinäaltistus pelkässä kaadossa.  
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in felling. 5,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.  
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.  
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—

No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukkipuu-  
taulukot.  
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz.  
2,50

**Myynti** — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121  
**Merkintä** O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää