



Pekka Mäkinen

**LUMIKENKIEN KÄYTÖN VAIKUTUS HAKKUUTYÖN
AJANMENEKKIIN JA KUORMITTAVUUTEEN**

Snowshoes in cutting work: effect on time expenditure and strain

HELSINKI 1990



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 368

Metsäteknologian tutkimusosasto

Metsätyötieteen tutkimussuunta 1990

Pekka Mäkinen

LUMIKENKIEN KÄYTÖN VAIKUTUS HAKKUUTYÖN AJANMENEKKIIN
JA KUORMITTAVUUTEEN

Snowshoes in cutting work: effect on time expenditure
and strain

SISÄLLYS

Sivu

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO	6
21. Tutkimusaineisto	6
22. Mittauslaitteisto	8
23. Koehenkilöt	9
3. TULOKSET	10
31. Työajan menekki	10
311. Runkokohtainen tehoajan menekki	10
312. Siirtyminen	12
313. Tyven raivaus ja kaato	16
314. Karsinta	16
315. Kasaus	17
32. Kuormittuminen	18
321. Kuormittuminen eri työvaiheissa	18
322. Siirtyminen	23
323. Tyven raivaus ja kaato	23
324. Karsinta	25
325. Kasaus	26
4. TULOSTEN TARKASTELU	28
KIRJALLISUUS	32
SUMMARY	35

ALKUSANAT

Metsäalan työturvallisuustyön työalatoimikunnan aloitteesta käynnistettiin Metsäntutkimuslaitoksessa vuoden 1985 lopulla tutkimus miestyövaltaisesta hakkuusta talvioloissa. Aikaisemmin on julkaistu 'Lumikenkien käyttö metsätyössä' Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantona numero 259 ja 'Lumikenkien käytön vaikutus hakkuutyön turvallisuuteen ja työasentoihin' Folia Forestalia sarjan niteenä 723.

Tutkimukseen osallistui viisi metsuria, joista neljä oli Kajaani Oy:n palveluksessa. Työnjohtaja Ahti Keskisimola Kajaani Oy:stä järjesti työmaat. Aineiston keruuseen osallistuivat Kari Kautto, Urpo Paananen, Petteri Taskinen ja Antero Harstela. Mittauslaitteiston rakentamisesta ja kunnossapidosta huolehti alkuvaiheessa DI Kimmo Piirainen ja loppuvaiheessa tutkimusmestari Antero Harstela. Viimeksi mainittu hoiti myös tutkimukseen liittyvät käytännön järjestelyt ja kehittäli lumikenkämalleja. Tietojenkäsittelyssä avustivat Tiina Nykänen, Jarmo Matilainen ja Hannu Aaltio. Käsikirjoituksen lukivat ja arvokkaita neuvoja antoivat professori Pentti Hakki ja vt. professori Pertti Harstela. Parhaimmat kiitokset metsureille ja muille työhön osallistuneille.

Helsingissä, joulukuussa 1990

Pekka Mäkinen

ISBN 951-40-1129-5

ISSN 0358-4283

Hakapaino Oy

Helsinki 1990

1. JOHDANTO

Ihmistyövaltaista hakkuutyötä tehdään yleensä talviaikaan. Kesäaikaista hakkuuta vähentävät kesäleimikoitten puute, metsänviljely, metsien herkkyys vaurioille, kesälomat, työvoimapula tai perinteet. Talvella hakkuutyötä vaikeuttavat kylmä sää, pimeys ja lumi. Vähäisinä pakkaneen ja lumi saattavat parantaa työn tuottavuutta ja jopa työntekijän viihtyvyyttä työmaalla. Mutta joka talvi tulee päiviä ja oloja, joista on haittaa työnteolle. Gustafssonin (1977) mukaan 40-50 cm lumen syvyys alkaa jo olla este metsätyölle. Hänen mukaansa raskainta on syvässä lumessa tarpominen ja lumen luonti. Eickhoffin (1989) mukaan 50 cm lumikerros pienentää hakkuutyön tuottavuutta 50 %. Lidbergin ja Myhrmanin (1980) mukaan jo 50 cm vahvuudessa lumessa on taloudellisesti kannattavaa helpottaa miestyövaltaista hakkuuta esimerkiksi lunta tiivistämällä. Sovittamalla menetelmät lumioloihin sopiviksi voidaan hakkuun tuottavuutta parantaa 20-30 %. Myös apteerausolot paranevat samalla (Lidberg & Myhrman 1980).

Harstelan (1970a) mukaan 80 cm lumikerros lisää työajan menekkiä puulta toiselle siirtymisessä noin 80 %. Agerin (1965) mukaan 100 cm lumikerros pienentää metsurin työn tuottavuuden 55 %:iin verrattuna lumettomaan aikaan. Kahalan (1983) mukaan lumen vaikutus työajan menekkiin siirtymisessä ja kaadossa on huomattava, pienillä rungoilla suhteellisesti suurempi kuin suurilla.

Energian kulutusta kävelyssä erilaisilla pinnoilla ovat tutkineet ainakin Glasow ja Müller (1951). Lumessa kävelyn energian kulutusta ovat tutkineet mm. Christensen ja Högberg (1950a) ja Lundgren ym. (1955) ja lumessa kävelyä eripainoisilla saappailta ovat tutkineet Smolander ym. (1989). Christensenin ja Högbergin (1950a) mukaan pehmeässä lumessa kävely nopeudella 60-66 metriä minuutissa 20 kg lisäpainolla antaa energian kulu-
tukseksi 15,2 - 20,2 kcal/min. Kovassa lumessa kävelyssä nopeudella 100 - 152 metriä minuutissa energian kulutus on 8,4 - 16,2 kcal minuutissa. Lundgrenin ym. (1955) tutkimuksessa lumen sy-

vyys vaihteli 5 - 42 cm, mutta lumen syvyyden vaikutusta energian kulutukseen ei tutkimuksessa kunnolla selvitetty. Smolanderin ym. (1989) mukaan esimerkiksi sydämen sykinnän keskiarvo oli noin 50 lyöntiä/min korkeampi ja hapenkulutuksen keskiarvo noin kolme kertaa korkeampi käveltäessä lumessa, jolloin kenkä painui lumeen 26 cm verrattuna kävelyyn samalla nopeudella kävelymatolla. Heinonen ym. (1959) tutkivat energian kulutusta käveltäessä eri syvyisessä lumessa. Heidän mukaan jalan painuessa 40 cm lumeen energian kulutus on 12,8 kertainen verrattuna kävelyyn lumettomalla maalla. Lumen syvyyden kasvaessa nolasta 43 cm kävelynopeus laskee viidenteen osaan ja askelpituus lyhenee melkein puoleen. Myös kumara kävelyasento lisää energian kulutusta kävelyssä (Bedford & Warner 1955). Hietasen ym. (1928) mukaan pehmeässä lumessa käveltäessä tasapainon säilyttäminen on hankalaa, mikä myös lisää energian kulutusta. Siirtyminen ja kaato yli 50 cm lumihangessa on kuormittavuudeltaan kasaukseen verrattavaa (Harstela & Valonen 1972).

Lumen aiheuttamaa rasitusta ja ajan menekin lisääntymistä on pyritty vähentämään monin keinoin. Koneellistaminen on niistä yksinkertaisin. Eickhoff (1989) on todennut osapuumenetelmien osalta, että lumettomana aikana metsurityö on edullisinta mutta syvän lumen aikaan koneelliset korjuuketjut ovat taloudellisimpia. Aina koneellistamista ei voida kuitenkaan syystä tai toisesta käyttää. Hyvällä töiden suunnittelulla voidaan myös vaihtaa asiaan. Lumisimmat alueet ja leimikot voidaan hakata lumettomana aikana tai alkutalvesta ja siirtyä keskitalvesta alueille, joille tulee normaalisti vähemmän lunta. Työtä voidaan keventää myös polkemalla lunta ennen työn aloittamista traktorilla tai moottorikelkalla.

Johansson ja Lidberg (1977) tutkivat lumen tiivistämisen vaikutusta kuormittumiseen ja työajan menekkiin. Lunta tiivistettiin metsätraktorin vetämällä jyrällä noin 10 metrin vyöhyke metsän reunaan. Lumen kovetuttua puut kaadettiin poljetulle alueelle missä ne karsittiin, katkottiin ja kasattiin. Työajan menekki väheni noin 27 % lumen tiivistämisen ansiosta. Tutkimuksen olo-

suhteissa lumen tiivistämisen aikaansaama kustannussäästö oli suurempi kuin tiivistämiskustannukset. Energian kulutus oli 14 % pienempi tiivistetyllä alustalla. Kuormittumisen osalta tulokset ovat hieman epäluotettavia, koska kuormittumisen mittaaminen oli huolimattomasti suunniteltu.

Gustafssonin (1977) mukaan muita keinoja työn keventämiseksi talvella ovat työn kohdistaminen runsaspuustoihin, tiheisiin kuusikoihin, harvennusten ja mäntyvoittoisten leimikoiden välttäminen ja runsaslumisten alueiden välttäminen.

Työn keventämiseksi talvella metsurin henkilökohtaisista välineistä tärkeimmät ovat lapio, sukset ja lumikengät. Pohjois-Suomessa metsurit käyttävät moottorikelkkaa liikkumiseen ja lumen polkemiseen työmaalla paksuimman lumen aikaan. Moottorikelkan käyttöä on tutkinut Swartström (1979), lumen luontia puun tyveltä Harstela ja Valonen (1972). Suksien käyttöä ei liene tutkittu. Gustafssonin (1977) mukaan tietyissä tilanteissa voi lumen polkeminen moottorikelkalla helpottaa metsurin työtä. Sillä voidaan polkea kulkureitti leimikolle ja ajaa myös joitakin uria itse työmaalla. Moottorikelkan käyttö sopinee parhaiten harvennuksille (Lidberg & Myhrman 1980). Swartströmin (1979) mukaan yli kymmenen asteen pakkasella ja noin 50 cm lumihangessa kannattaa lunta tiivistää vähintään päivää ennen hakuuta, jos moottorikelkka on käytettävissä.

Lumikenkien käyttöä ovat aikaisemmin tutkineet Harstela ja Valonen (1972). Gustafssonin (1977) mukaan lumikengät helpottavat siirtymistä mutta samalla vaikeuttavat kaatoa ja karsintaa. Hänen mukaansa lumikenkiä käytettäessä nivelet rasittuvat ja onnettomuusriski kasvaa. Rantosen (1988) mukaan lumikenkien käyttö ei lisää turvallisuusriskiä metsätyössä, vaan vaaratilanteet jopa vähenivät pienillä ja keskisuurilla puilla lumikenkiä käytettäessä. Lumikenkien käyttö ei vaikuttanut työasentoihin eivätkä selän asennot huonontuneet lumikenkien vuoksi (Rantonen 1988). Metsurien selkäkivut saattavatkin johtua lumikenkien vaatimasta uudenlaisesta kävelytyylistä tai lumikenkien käyttö-

misestä lumen poistamiseen puun tyveltä (Mäkinen 1987). Swartströmin (1979) tutkimuksessa irtolumessa käveltäessä sydämen sykintä oli 150 - 155 lyöntiä/min sekä lumikenkiä käytettäessä että ilman, kun taas moottorikelkalla poljetulla uralla käveltäessä pulssi oli 100 lyöntiä/min.

Aikaisempien tutkimusten tulokset lumen ja lumikenkien käytön vaikutuksesta työajan menekkiin ja kuormittumiseen ovat jossain määrin ristiriitaisia. Tämän tutkimuksen tavoitteena onkin tutkia työajan menekkiä ja työntekijän kuormittumista hakkuutyössä talvella ja voidaanko lumikenkien avulla vähentää työajan menekkiä ja kuormittumista.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

21. Tutkimusaineisto

Taulukossa 1 on esitetty runkojen määrä ja puulajijakaumat paikkakunnittain. Tärkeimmät työvaikeustekijät on esitetty taulukossa 2 ja tutkimusjaksojen lämpötilat ja lumen tiheydet taulukossa 3. Lämpötila mitattiin noin metrin korkeudelta hangen pinnasta. Lumen tiheys mitattiin lumikerroksen pohjalta, lumikerroksen puolesta välistä ja noin 10 cm pinnan alapuolelta. Esitetyt luvut ovat keskiarvoja edellä mainituista.

Kuusamossa oli kysymyksessä avohakkuu, Suonenjoella sekä avo- että harvennushakkuu, Näljängässä avohakkuu ja Juntusrannassa hakkuu siemenpuuasentoon. Kuitupuu tehtiin likipituisiksi kolmimetrisiksi. Avohakkuualoilla pölkyt kasattiin palstalle ja harvennushakkuualoilla vyöhykkeelle. Hakkuutyötä tehtiin puu kerrallaan.

Tutkimuksessa käytettiin seuraavia lumikenkiä: perinteisiä remmikenkiä (paino 490 g), lasikuituisia remmikenkiä (760 g), pikalukollisia alumiinisia (960 g) tai lasikuituisia (1360 g) kenkiä sekä alumiinisia lumikenkiä solkilukolla varustettuina (840 g).

Taulukko 1. Puulajijakauma työmaittain.

Table 1. Distribution of tree species by work site.

Puulaji Tree species	Suonenjoki		Kuusamo		Näljänkä		Juntusranta		Yhteensä Total	
	Runkoa Stems	%	Runkoa Stems	%	Runkoa Stems	%	Runkoa Stems	%	Runkoa Stems	%
Mänty Pine	62	17,1	195	45,7	90	100	240	43,0	587	40,8
Kuusi Spruce	268	73,8	189	44,2	-	-	221	39,6	678	47,1
Muut Others	33	9,1	43	10,1	-	-	97	17,4	173	12,1
Yhteensä Total	363	100,0	427	100,0	90	100	558	100,0	1438	100,0

Taulukko 2. Perustiedot aineistosta. Viidennellä sarakkeella matka tarkoittaa keskimääräistä siirtymismatkaa puulta puulle.
Table 2. Basic data on the material. "Distance, meters" refers to the average distance between stems.

Paikkakunta/työn- tekijän numero Location/worker number	Hakkuutapa Type of cutting	Rungon koko, m ³ Stem size, m ³	Matka, m Distance, m	Oksaisuus- luokka Branchiness class	Maasto- luokka Terrain class
Suonenjoki/1	Avohakkuu/ Harvennus- hakkuu Clear cutting/ Thinning	0,083	4,7	2,7	1
Kuusamo/2	Avohakkuu Clear cutting	0,085	4,7	2,9	1
Näljänkä/3	Avohakkuu Clear cutting	0,304	4,9	2,1	1
Juntusranta/4	Siemenpuu- asentoon hakkuu	0,118	4,6	2,4	1
Juntusranta/5	" Cutting to seed tree stand	0,128	6,3	2,4	1
Yht./keskimäärin Total/average		0,113	5,0	2,6	1

Taulukko 3. Tutkimusjaksojen lämpötilat, lumen tiheydet ja syvyydet.

Table 3. Temperatures, snow densities and snow cover depths by research period.

Tutkimusjakso Research period	Lämpötila, C ^o Temperature, C ^o	Lumen tiheys, g/cm ³ Snow density, g/cm ³	Lumen syvyys, cm Snow depth, cm
Suonenjoki			
7.1.- 9.1.1986	-18,1	0,139	18 - 53
13.1.-15.1.1986	-14,7	0,134	18 - 53
20.2.-28.2.1986	-12,7	0,179	20 - 73
Kuusamo			
27.11.-29.11.1985	..	0,192	1 - 25
18.3. -21.3.1986	+0,5	0,205	54 - 64
22.4.-25.4.1986	+3,5	0,290	32 - 65
Näljänkä			
16.2.-20.2.1987	-10,8	..	0 - 50
Juntusranta			
22.2.-26.2.1988	-16,8	0,151	0 - 68
14.3.-22.3.1988	-4,7	0,144	0 - 85
11.4.-15.4.1988	-9,7	..	0 - 78

Käyttötavoiltaan lumikengät jaettiin kaadon ajaksi pois heitettäviin ja kaikissa työvaiheissa jalassa pidettäviin. Lumikenkien käyttöä verrattiin hakkuutyöhön ilman lumikenkiä.

22. Mittauslaitteisto

Sydämen sykintätaajuusmittaukset suoritettiin telemetrisesti Medinic Biotelemetry System IC-45 laitteistolla. Aikatutkimuksen työvaiheiden ja myös puukohtaisten työvaikeustekijöiden koo-

daus tapahtuivat telemetrisesti. Puukohtaiset sydämen sykintätiedot, työajan menekki ja työvaikeustekijät tallennettiin suoraan ABC-80 mikrotietokoneeseen.

Työvaiheista eroteltiin seuraavat: siirtyminen, tyven raivaus, kaato, karsinta, katkonta, kasaus ja satunnaiset työvaiheet. Työvaikeustekijöistä mitattiin maastoluokka, oksaisuusluokka, siirtymismatka metrin tarkkuudella, rinnankorkeusläpimitta, puun pituus, puulaji, lämpötila, lumen tiheys ja lumen syvyys senttimetrin tarkkuudella metrin päästä puun tyveltä.

Mikrotietokone sijatsi lämmitettävässä taukotuvassa. Telemetriksen järjestelmän toimintasäde oli noin kilometri. Rajoittavana tekijänä olivat sydämen sykintämittaukset, sillä sykintälähettimen toimintaa häiritsivät moottorisaha, metsurin hikoilu ja kumarat työasennot esim. karsinnassa.

23. Koehenkilöt

Lumikengät lähetettiin metsureille kuukautta ennen kokeita totuttelua varten. Suonenjoen metsuria lukuunottamatta kaikkilla metsureilla oli vuosien kokemus lumikenkien käytöstä (taulukko 4).

Taulukko 4. Tutkimuksen koehenkilöt.
Table 4. Testees.

Metsuri Forest worker	Ikä, v. Age, years	Metsätyökokemus, v. Forest work experience, years	Paino, kg Weight, kg	Pituus, cm Height, cm
1	42	8	82	180
2	30	10	74	184
3	49	25	70	180
4	32	11	63	170
5	33	15	59	169
x	37	14	70	177

3. TULOKSET

31. Työajan menekki

311. Runkokohtainen tehoajan menekki

Runkokohtaisiin tehtyöaikoihin sisällytettiin seuraavat työvaiheet: siirtyminen, tyven raivaus, kaato, karsinta, katkonta ja kasaus. Satunnaiset työvaiheet kuten ajouran raivaus eivät sisälly runkokohtaiseen kokonaisaikaan. Tavoitteena oli koostaa kokonaisaika, joka sisältää kaikki puukohtaiset työvaiheet.

Taulukossa 5 on eriteltyä metsureittain keskimääräinen tehoajan menekki eri työvaiheissa. Runkokohtainen keskimääräinen tehoajan menekki vaihteli vajaasta kolmesta minuutista runsaaseen kuuteen minuuttiin. Eniten työaikaa vei karsinta, suunnilleen puolet runkokohtaisesta tehoajasta. Toiseksi eniten aikaa vaativa työvaihe oli kasaus paitsi metsuri numero kahdella, jolla toiseksi eniten aikaa vei tyven raivaus. Vähiten aikaa veivät katkonta ja siirtyminen.

Taulukko 6 osoittaa lumikenkien vaikutuksen runkokohtaiseen tehoajan menekkiin. Tässä ei ole esitelty eri lumikenkiä, vaan tulokset ovat keskiarvoja. Vertailukohteena on työskentely ilman lumikenkiä. Luvut laskettiin lineaaristen regressiomallien avulla rungon koon ollessa $0,1 \text{ m}^3$ ja lumen syvyyden 60 cm, paitsi metsuri kolmen tapauksessa 50 cm. Keskimääräisesti lumikenkien käyttö lisäsi vähän tehoajan menekkiä. Yksittäisissä tapauksissa vaihtelua esiintyi sekä ylös- että alaspäin. Jos keskimääräistä suhteellista aikaa laskettaessa arvoja ei painoteta runkoluvulla, on ero yksi prosentti lumikenkien käytön eduksi.

Taulukko 5. Runkokohtainen keskimääräinen tehoajan menekki työvaiheittain.
 Table 5. Average effective hour time expenditure by work phase per stem.

Työvaihe Work phase	Metsuri - Forest worker										Keski- määrin Average	
	1		2		3		4		5		cmin	%
	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%		
Siirtyminen Moving	15	6	23	7	23	4	18	6	22	7	20	6
Tyven raivaus Butt clearing	32	12	52	15	32	5	36	12	38	12	38	10
Kaato Felling	36	13	42	13	78	12	37	12	39	12	46	12
Karsinta Delimiting	102	38	165	49	350	55	147	49	157	48	184	49
Katkonta Bucking	13	5	12	4	44	7	13	4	16	5	20	6
Kasaus Piling	69	26	39	12	105	17	51	17	53	16	63	17
Yhteensä Total	267	100	333	100	632	100	302	100	325	100	371	100

Taulukko 6. Runkokohtaiset tehoajat eri menetelmissä metsureittain. Menetelmät: 1 = Ilman lumikenkiä, 2 = Lumikengät jalassa.

Table 6. Average effective hour time expenditures for different methods per forest worker. Methods: 1 = Without snowshoes, 2 = Wearing snowshoes.

Metsuri Forest worker	Menetelmä Method	Työaika cmin/runko Working time cmin/stem	Suhteellinen aika Proportional time
1	1	295	100
	2	343	116
2	1	371	100
	2	369	99
3	1	478	100
	2	379	79
4	1	269	100
	2	267	99
5	1	271	100
	2	276	102
Keskimäärin Average	1	304	100
	2	326	107

Metsurin työskennellessä ilman lumikenkiä keskimääräistä kokonaistyöajan menekkiä selittivät parhaiten erilaiset tulomuotoiset muuttujat. Rungon tilavuus ja oksaisuus ovat mallissa keskeisiä muuttujia. Kokonaistyöajan menekkiä työskenneltäessä lumikengät jalassa selittivät samat muuttujat kuin edellisessäkin mallissa, tosin tällä kertaa eivät tulomuotoisina. Mallit saivat seuraavan muodon:

$$y_1 = 75,91 - 722,30 * x_1 * x_2 - 675,78 * x_1 * x_2^2 + 8,62 * x_3 * x_2 + 0,82 * x_4$$

$$R^2 = 0,781 \quad p = 0,0001$$

$$y_2 = -42,32 + 53,87 * x_1 + 2084,34 * x_2 - 1253,37 * x_2^2 + 1,79 * x_4$$

$$R^2 = 0,679 \quad p = 0,0001$$

y_1 = työajan menekki, cmin/runko, ilman lumikenkiä

y_2 = työajan menekki, cmin/runko, lumikengät jalassa

x_1 = oksaisuusluokka, 1 - 5

x_2 = rungon tilavuus, m³

x_3 = lumen syvyys, cm

x_4 = siirtymisaika, cmin

312. Siirtyminen

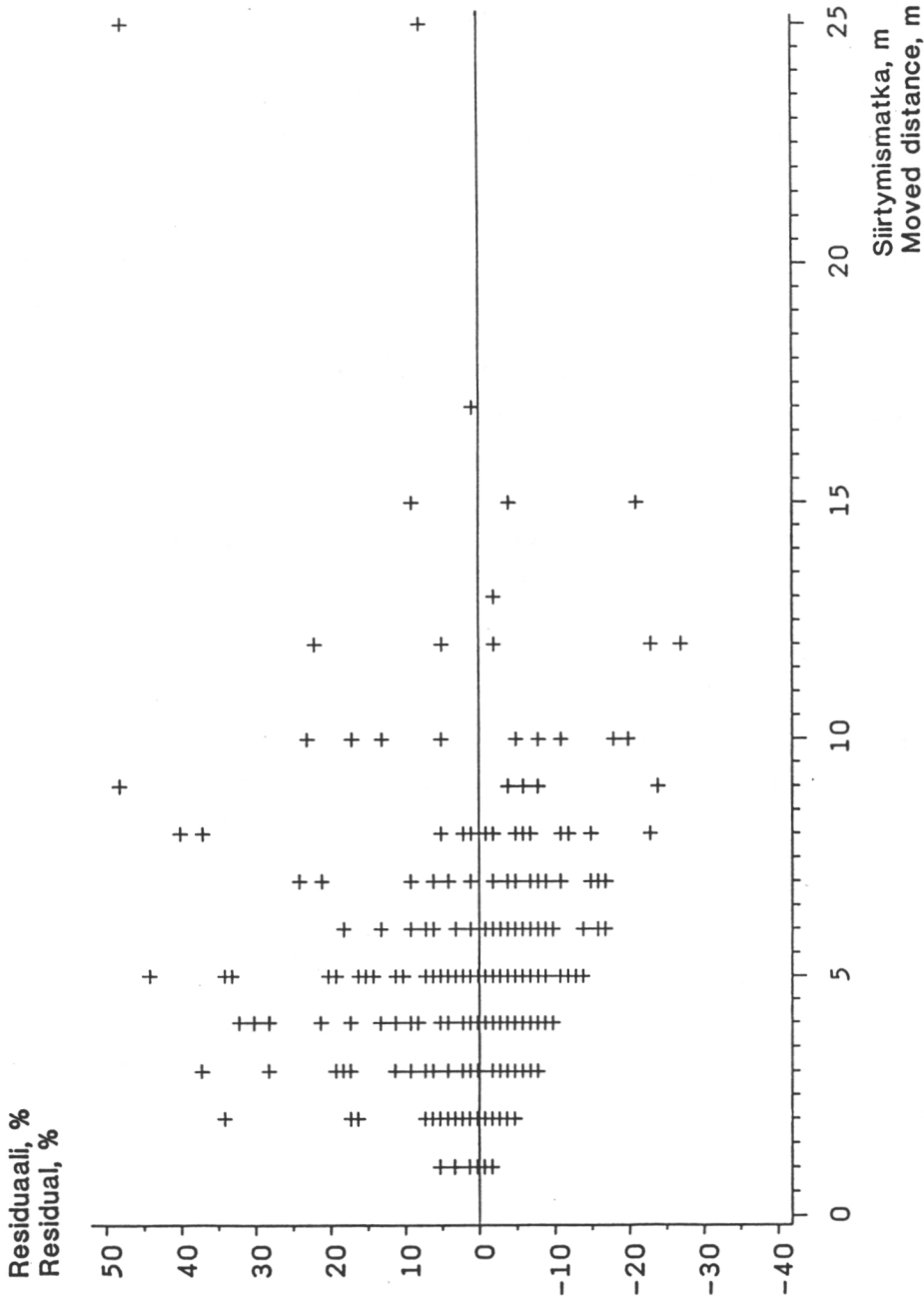
Työvaiheella siirtyminen tarkoitetaan puulta puulle siirtymistä. Se alkaa kun metsuri edellisen puun kasattuaan ottaa moottorisahan käteen ja lähtee siirtymään seuraavan puun luokse. Tästä lähtien mitataan siirtymiseen kuluva aika ja siirtymismatka. Työvaihe loppuu kun metsuri saapuu puun luokse ja aloittaa seuraavan työvaiheen, tyven raivauksen.

Siirtymisen ajan menekkiin vaikuttavat eniten matka ja lumen syvyys. Harstela (1969) totesi myös lumen tiheyden vaikuttavan siirtymisaikaan. Kahala (1983) tarkasteli lumen syvyyden vaikutusta kaato- ja siirtymisaikaan. Kahalan (1983) mukaan lumen vaikutus työajan menekkiin on huomattava, pienillä rungoilla suhteellisesti suurempi kuin suurilla.

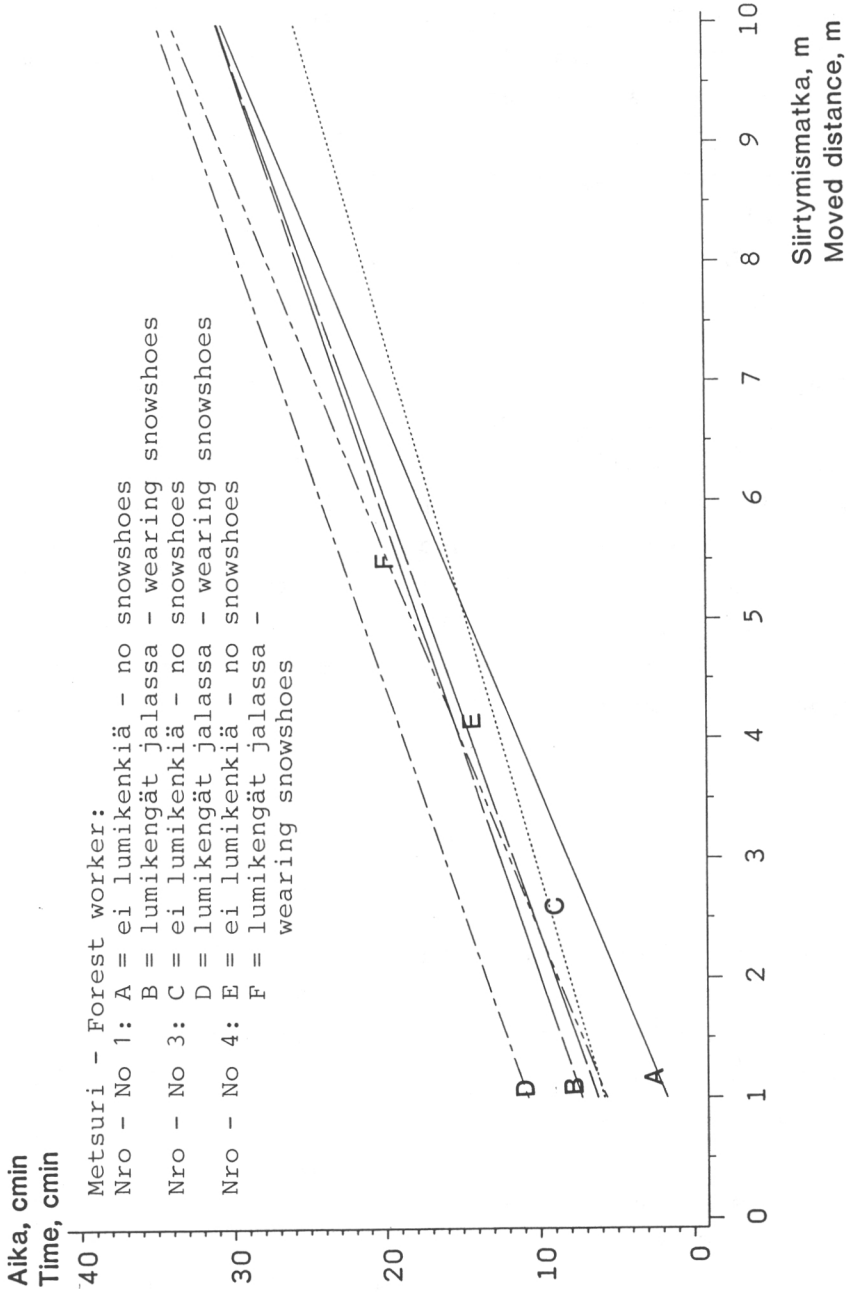
Siirtymismatka selitti ajan menekkiä siirtymisessä 5,5 %:sta 50,7 %:iin. Lumen syvyyden lisääminen malliin paransi selitystasetta muutamalla prosentilla. Harstela ja Valonen (1972) saivat parhaaksi ajan menekin selittäjiksi siirtymisessä matkan, lumen syvyyden ja matkan neliön.

Mallien hyvyttä voidaan tarkastella residuaalien avulla. Kuvassa 1 tarkastellaan esimerkin omaisesti residuaaleja kun siirtymisaikaa selitettiin matkalla metsurin numero yksi työskennellessä ilman lumikenkiä. Kuvassa on nähtävissä ennustetun ja havaitun arvon poikkeamat. Hajonta on suurta, ja yksittäisiä poikkeamia esiintyy. Tässä ei ole kuitenkaan lähdetty poistamaan poikkeavia havaintoja, koska sille ei ole perusteita. Mallin selitystasteeksi saatiin 46,4 %.

Kuva 2 osoittaa siirtymiseen kuluvan ajan riippuvuuden siirtymismatkasta ilman lumikenkiä ja lumikengät jalassa metsureilla 1, 3 ja 4. Lumikengät lisäsivät ajan menekkiä muissa tapauksissa paitsi metsurilla 4 siirtymismatkan ollessa alle neljä metriä. Keskimääräiset lumen syvyydet olivat työmaittain seuraavat: Metsuri 1: 39 cm, metsuri 3: 41 cm ja metsuri 4: 58 cm. Tällaisilla lumen syvyyksillä lumikengät eivät vielä vähennä vaan päinvastoin lisäävät ajan menekkiä siirtymisessä. Mainittakoon, että lumen syvyys ei osoittautunut hyväksi siirtymisen ajan menekin selittäjäksi.



Kuva 1. Residuaalit mallista, jossa siirtymisaikaa on selitetty siirtymismatkalla.
 Figure 1. Residuals from a model where the moving time is explained by the moved distance.



Kuva 2. Siirtymisajan riippuvuus matkasta kolmen metsurin työskennellessä sekä lumikengät jalassa että ilman lumikenkiä.

Figure 2. The correlation between moving time and distance for three forest workers both when wearing snowshoes and without snowshoes.

313. Tyven raivaus ja kaato

Tyven raivaukseen kuuluvat kaatoa haittaavien lumen, oksien ja risujen poistaminen. Seuraava työvaihe on kaato, joka päättyy puun kaaduttua ja metsurin ryhtyessä karsimaan puuta. Tässä tyven raivausta ja kaatoa tarkastellaan yhdessä. Tyven raivauksen ja kaadon ajan menekkiä selitetään rungon oksaisuudella, lumen syvyydellä, rungon tilavuudella ja lumikenkien käyttötavalla. Oksaisuusluokkaa käytettiin jatkuvana muuttujana, vaikka oksaisuusluokka itse asiassa on vain luokiteltu muuttuja. Oksaisuusluokkia on viisi. Luokan numeroarvo kuvaa näin ainakin suhteellisesti luokkien välisiä eroja oksaisuudessa.

Rungon tilavuus selitti 11 - 79 % työajan menekin vaihtelusta tyven raivauksessa ja kaadossa. Oksaisuusluokka ja lumen syvyys paransivat selitystasetta muutamalla prosentilla. Parhaimmillaan selitystaste oli 83 %. Harstelan ja Valosen (1972) tutkimuksessa kaatoaikaa selitti parhaiten rinnankorkeusläpimitta. Kahalan (1980) mukaan rungon käyttöosan tilavuuden kasvaminen kaksinkertaiseksi lisää kaatotyöhön käytettävää aikaa 40 - 50 %. Kaadon yhteydessä kokeiltiin myös lumikenkien riisumista kaadon helpottamiseksi. Yleensä lumikenkien riisuminen lisäsi ajan menekkiä kaadossa.

314. Karsinta

Työvaihe karsinta alkaa siitä, kun kanton mahdollisesti jäävä lippa on sahattu ja metsuri lähtee saha kädessä liikkeelle karsiakseen rungon. Karsinnan katkaisee lyhyiksi ajoiksi rungon katkominen. Työvaihe karsinta loppuu, kun metsuri laskee sahan maahan aloittaakseen kasauksen.

Työajan menekkiin karsinnassa vaikuttavat oksaisuusluokka, lumen syvyys, puulaji ja rungon koko. Rungon tilavuus selitti yksin karsinta-ajan vaihtelusta 40 - 82 %. Oksaisuusluokan tai lumen syvyyden lisääminen malliin paransi selitystasetta parhaimmil-

laan muutamalla prosentilla. Parhaassa mallissa saatiin metsurille viisi selityssteeeksi 88,8 % selittäjillä lumen syvyys ja oksaisuusluokan ja rungon tilavuuden tulo. Kahalan (1980) mukaan karsinta-aikaan vaikuttivat rungon koko ja oksaisuusluokka. Sekä kuusen että männyn oksaisuusluokkien välinen karsinta-ajan suhteellinen ero pienenee rungon koon kasvaessa (Kahala 1980).

315. Kasaus

Kasaus alkaa siitä, kun metsuri laskee sahan karsinnan jälkeen maahan ja ryhtyy kasaamaan kuitupuuta. Työvaihe loppuu, kun metsuri ottaa sahan käteen ja lähtee siirtymään seuraavalle puulle.

Työajan menekkiin kasauksessa vaikuttavat aikaisempien tutkimusten perusteella mm. rungon koko, lumen syvyys ja kasausmatka, jota ei tässä tutkimuksessa mitattu. Kasauksen ajan menekkiä selitti parhaiten rungon koko 4 - 47 prosenttiin. Lumen syvyys ja lumen syvyyden ja rungon tilavuuden tulo lisäsivät joissakin tapauksissa mallin selitystetta muutamalla prosentilla.

Kasausmatkan vaikutusta ovat tutkineet mm. Mikkonen (1978), Valonen (1975), Putkisto (1959) ja Haaja (1970). Kärkkäinen (1973) on pohtinut teoreettisesti painotetun ja painottamattoman kasausmatkan eroa. Harstelan (1977) mukaan suhteellinen keskimääräinen kasausmatka selitti kohtalaisesti hakkuun runkokohdasta suhteellista työajan menekkiä. Kahalan (1980) tutkimuksessa vyöhykekasauksessa ei havaittu selviä kasauksen ajan menekin eroja verrattuna ajouran varteen kasaukseen. Sen sijaan kasakoot pienenevät 30 - 60 % ajouran varteen kasauksesta. Kasausajoissa maksimikohta oli noin 0,2 m³ runkojen kohdalla. Edellä mainittua suuremmissa rungoissa on läpimitaltaan niin paksuja pölkkyjä, että niitä ei tarvitse työehtosopimusten mukaan kasata. Tässä tutkimuksessa metsureille 1 ja 4 saatiin sellaiset mallit, joista voitiin laskea derivoimalla rungon mak-

simikoko, jonka jälkeen kasausaika edellä mainituista syistä pienenee. Metsurin yksi tapauksessa se oli $0,356 \text{ m}^3$ ja metsurin neljä $0,236 \text{ m}^3$.

32. Kuormittuminen

321. Kuormittuminen eri työvaiheissa

Työntekijän kuormittumista mitattiin seuraamalla sydämen sykintää. Monod'in ja Pottier'in (1988) mukaan sykintätaajuus kasvaa suoraviivaisesti hapen kulutuksen kasvaessa. Myös Harstelan (1979) mukaan sydämen sykintä soveltuu hyvin työn fyysisen kuormittumisen yleismittariksi ja erityisesti puutavaran teossa suhteellisen energian kulutuksen tutkimusmenetelmäksi, koska raskaassa (sykintä noin 120 - 160 vrt. taulukko 7) dynaamisvoittoisessa ja suurina lihasryhmiä kuormittavassa työssä sykintä korreloi voimakkaasti ja lineaarisesti energian kulutuksen kanssa. Sydämen sykinnän käytön etuna hapen kulutuksen mittaukseen verrattuna on mittausten yksinkertaisuus (Harstela 1979). Eliminoinnin sisäosien lämpötilan mittaaminen on myös käyttökelpoinen menetelmä energian kulutuksen arviointiin edellyttäen, että tehtävä työ ei ole liian raskas ja kestää niin kauan, että lämpötasapaino ehtii syntyä (Monod & Pottier 1988).

Christensen (1950b) on esittänyt seuraavan luokituksen fyysisen työn kuormittavuudelle terveille nuorille miehille.

Työn kuormittavuus	Sykintätaajuus sykettä/min
--------------------	-------------------------------

Erittäin kevyt	< 75
----------------	------

Kevyt	75 - 100
-------	----------

Keskiraskas	100 - 125
-------------	-----------

Raskas	125 - 150
--------	-----------

Hyvin raskas	150 - 175
--------------	-----------

Erittäin raskas	> 175
-----------------	-------

Taulukossa 7 on esitetty eri metsureiden sydämen sykintä työvaiheittain. Kaikkien työvaiheiden keskimääräinen sykintätaajuus oli 99 - 128 sykettä minuutissa. Selvästi korkeampia taajuuksia esiintyi esim. Valosen (1975) tutkimuksessa, jossa neljän eri miehen sykintätaajuus vaihteli 124:stä 142:een sykähdykseen minuutissa. Ero voi johtua yksilöiden välisestä vaihtelusta tai se voi johtua esimerkiksi kasaustavasta. Valosen tutkimuksessa kasattiin palstatien varteen, kun taas tässä tutkimuksessa kasattiin palstalle tai harvennuksella vyöhykkeelle.

Kaikkien metsureiden keskimääräinen sykintätaajuus oli alle 120 sykettä minuutissa. Tästä voisi Harstelaan (1979) viitaten virheellisesti päätellä, että metsätyö ei olekaan dynaamisesta luonteestaan huolimatta kovin raskasta. Koska sykintä on kuitenkin karkea kuormittavuuden mittari yksilöllisestä vaihtelusta johtuen, tarvittaisiin iso aineisto edellä mainitun asian toteutukseksi. Ja kun muistaa sen, että sekä Harstelan ja Valosen (1972) että Valosen (1975) tutkimusten mukaan kaikilla metsureilla oli kuormittuneisuusaste yli 40 %, jota on suositeltu ylärajaksi jatkuvassa työssä (Lundgren 1969), voi vain todeta, että työn raskaudessa on edelleen vähentämisen tarvetta.

Jos työhön liittyy staattinen osatekijä, myös se vaikuttaa sykintään (Monod & Pottier 1988). Metsätyössä staattinen osatekijä vaikuttaa mm. karsinnassa, jossa sahaa joudutaan kanttelemaan ja kasauksessa, jossa pölkkyyä nosteltaessa käsi- ja selkälihakset ovat staattisessa jännityksessä. Ylläpidettäessä staattista supistusta, joka ylittää 30 % maksimivoimasta, kohoaa sykintätaajuus voimakkaasti. Myös työasento vaikuttaa keskimääräiseen sykintätaajuuteen tällaisissa tehtävissä. Sykinnän taso on korkeimmillaan silloin, kun kädet ovat pään yläpuolella (Monod & Pottier 1988).

Taulukko 7. Sykintätaajuus eri työvaiheissa.
Table 7. Basic data on work strain.

Työntekijä Forest worker	1	2	3	4	5	Kaikki All
Syketiedot Heart rate	Sykettä minuutissa Beats per minute					
Siirtyminen Moving	129	100	110	116	114	114
Tyven raivaus Butt clearing	128	99	108	116	114	113
Kaato Felling	123	96	101	114	110	109
Karsinta Delimiting	127	98	104	115	113	112
Katkonta Bucking	127	98	102	114	113	112
Kasaus Piling	129	99	109	117	115	114
Kaikki työ- vaiheet All work phases	128	99	106	115	113	114

Eri työvaiheissa kovimmat sydämen sykinnot olivat siirtymisessä ja kasauksessa. Suuria eroja ei kuitenkaan työvaiheiden välillä ollut. Valosen (1975) tutkimuksessa kasaus osoittautui raskaimmaksi työvaiheeksi. Valonen arvioi kasauksen lyhyen keston aiheuttavan sen, että työvaiheen rasittavuus näkyy sydämen sykinnessä vasta seuraavassa työvaiheessa, siirtymisessä. Myös mittausmenetelmä siirtää Valosen (1975) mukaan työvaiheen kuormittavuutta seuraavalle työvaiheelle. Sykintäarvot olisivat hänen mukaansa luotettavampia, jos ne mitattaisiin työvaiheen lopussa, eikä tasavälein, kuten myös tässä tutkimuksessa on tehty. Myös Harstela ja Valonen (1972) kritisoivat tasavälein mitattavaa sydämen sykintää. Heidän mukaansa sydämen sykinän perusteella ei voida määrittää lyhyille työvaiheille pelkästään ko. työvaiheen aiheuttamaa fyysistä kuormitusta, vaan sykintä ilmaisee kokonaiskuormituksen, johon vaikuttavat myös edeltäneet työvaiheet. Toisaalta, jos työvaihe on pitkä, saattaa

myös lopussa mitattu sydämen sykintä antaa väärän kuvan työvaiheen rasittavuudesta. Tässä tutkimuksessa kasaus ei osoittautunut merkittävästi muita raskaammaksi työvaiheeksi talvioloissa, vaan kuormittuminen jakaantui tasaisesti eri työvaiheille. Kasauksen keventymiseen on vaikuttanut ilmeisesti eniten kasausmatkan lyhentyminen. Rungon koko oli tässä aineistossa hivenen suurempi kuin Valosen (1975) aineistossa. Rungon koon lisäksi kasauksen kuormittavuuteen vaikuttaa kasattavien pölkkyjen paino. Hakkilan (1986) mukaan tuoreen havupuutavaran paino riippuu ennen kaikkea sydänpuuprosentista. Sen määrästä, vuodenajasta ja muista tekijöistä riippuen havukuitupuun paino tuoreena on 750 - 1050 kg/k-m³ ja havutukkien vastaavasti 750 - 900 kg/k-m³.

Kaikille metsureille yhteiset, runkokohtaiset, työvaiheiden kestolla painotetut sydämen sykkinnän keskiarvoa kuvaavat regressiomallit olivat seuraavat:

$$y_1 = 138,08 - 59,80 * x_3 + 26,14 * x_4 * x_3^2 - 0,11 * x_1 * x_4$$

$$R^2 = 0,208 \quad p = 0,0001$$

$$y_2 = 63,60 + 1,11 * x_1 + 9,87 * x_4 - 0,44 * x_5 -$$

$$0,004 * x_1^2 * x_4$$

$$R^2 = 0,166 \quad p = 0,0001$$

y_1 = runkokohtainen sydämen sykintä, sykettä/min, ilman lumikenkiä

y_2 = runkokohtainen sydämen sykintä, sykettä/min, lumikengät jalassa

x_1 = lumen syvyys, cm

x_3 = rungon tilavuus, m³

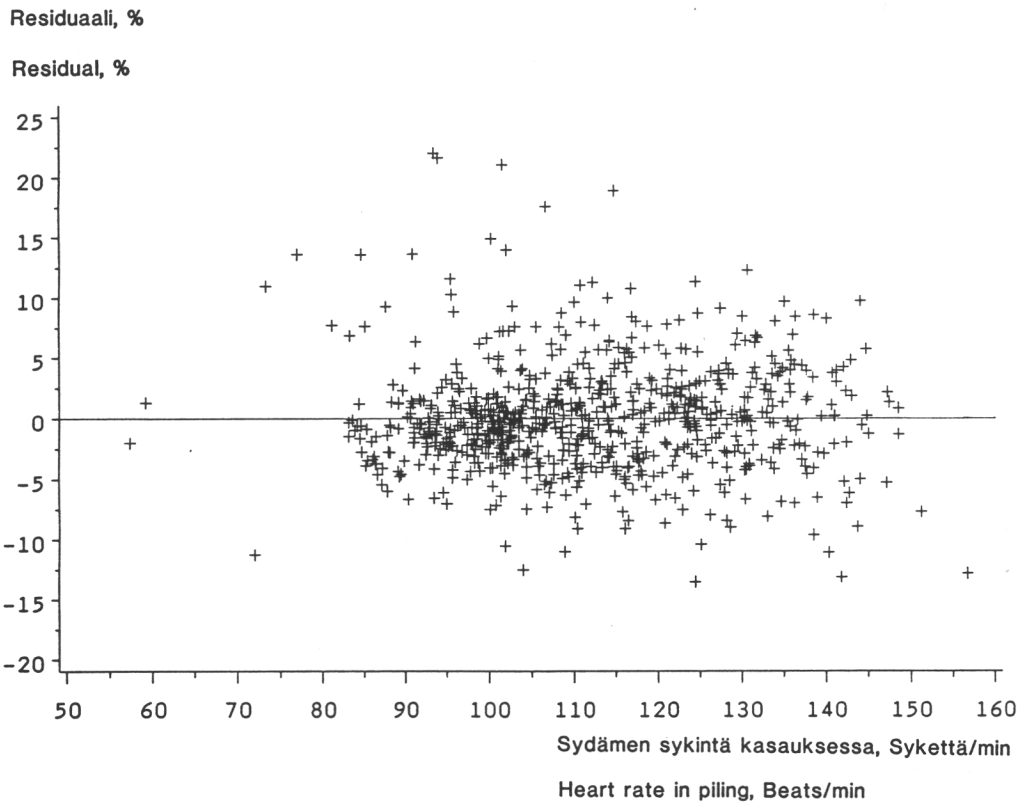
x_4 = oksaisuusluokka, 1 - 5

x_5 = siirtymisvaiheen kesto/siirtymismatka, cmin/m

Mallien selitysasteet jäivät vaatimattomiksi. Harstela (1975) sai vastaavantyyppisessä mallissa selitysasteeksi 36,6 % ja Valonen (1975) jopa yli 80 % selitysasteita. Valosen (1975)

tutkimuksessa paras yksittäinen selittäjä oli sykintätaajuus ennen siirtymisvaiheen alkua. Sen poistaminen alensi selityssastetta 22 - 43 %. Syyksi Valonen (1975) arvioi tasavälisen analysointitekniikan.

Tutkittaessa kasausvaiheen sykkeen hyvyttä kokonaiskuormittumisen selittämisessä voidaan tarkastella residuaaleja. Kuvassa 3 näkyvät ennustettujen ja havaittujen arvojen poikkeamat. Tässä tapauksessa yksikertainen lineaarinen malli kuvaa hyvin aineistoa.



Kuva 3. Residuaalit mallista, jossa kokonaiskuormittumista on selitetty sykinällä kasauksen aikana.

Figure 3. Residuals from a model where the total strain is explained by the heart rate during piling.

322. Siirtyminen

Sykinnän vaihtelua siirtymisessä pyrittiin selittämään siirtymismatkan, lumen syvyyden ja siirtymisen kulkunopeuden avulla. Sykintää selitti parhaiten lumen syvyys, parhaimmillaan 32,0 %. Toiseksi paras selittäjä oli siirtymisajan ja matkan suhde, jonka lisääminen malliin paransi selitysastetta muutamalla prosentilla. Metsurilla 3 tämä suhde yksinään selitti ilman lumikenkiä työkenneltäessä 53,7 % sykinnän vaihtelusta. Harstelan ja Valosen (1972) mallien mukaan pelkässä kaadossa ilman lumikenkiä siirtymismatkan vaikutus sykintään on voimakkaampi kuin pelkässä kaadossa lumikenkien kanssa tai tavaralajimenetelmässä. Parhaan mallin selitysasteeksi saatiin 73,9 %. Mallit on esitelty liitteessä 2.

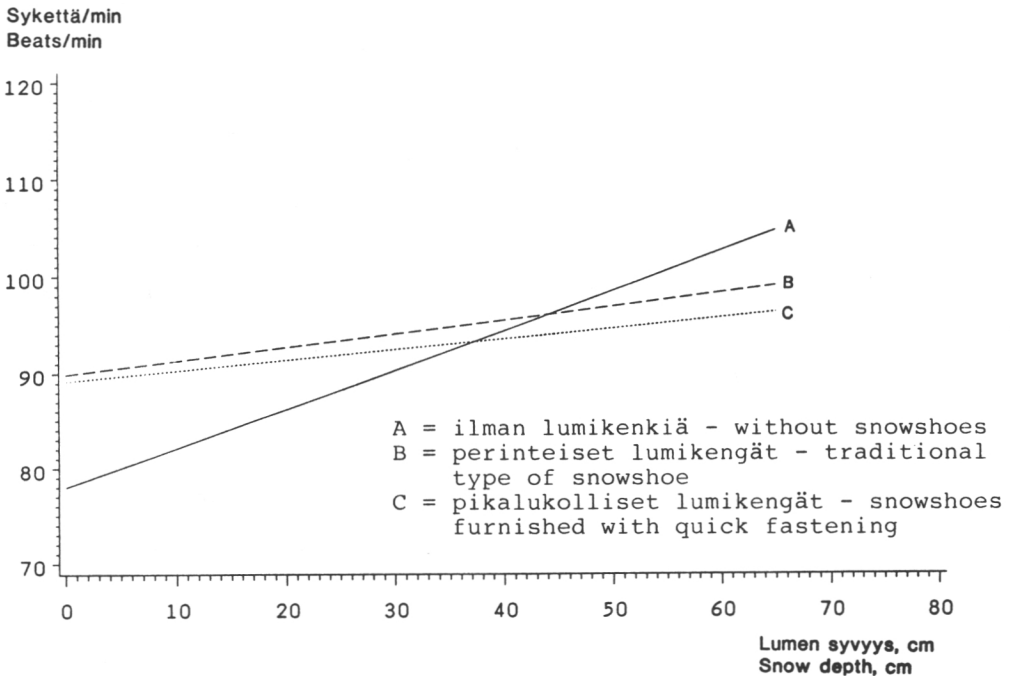
323. Tyven raivaus ja kaato

Tyven raivaus ja kaato liittyvät läheisesti yhteen. Siksi ne on tässä yhdistetty yhdeksi työvaiheeksi. Näin voidaan tarkastella kahden erilaisen lumikenkien käyttötavan vaikutusta kuormittumiseen. Yhdistetty sydämen sykintä on laskettu siten, että tyven raivauksen ja kaadon sykinnän summa on jaettu kahdella. Kummankaan työvaiheen osuus ei pääse painottumaan liikaa, koska ero työvaiheiden keskimääräisessä kestossa on alle 10 cmin metsuria kolme lukuunottamatta, jolla tyven raivaus on kestänyt keskimäärin 32 cmin ja kaato 78 cmin. Kuormittumista pyritään selittämään lumen syvyydellä, rungon tilavuudella ja oksaisuusluokalla.

Useimmilla metsureilla parhaimmaksi yksittäiseksi selittäjäksi osoittautui lumen syvyys, joka selitti parhaimmillaan tyven raivauksen ja kaadon sykinnän vaihtelua 35 %. Rungon tilavuus selitti metsurilla 4 työvaiheen sykinnän vaihtelusta 28 %. Parhaimman mallin selitysasteeksi saatiin 47 % metsurilla 4. Se-

littäjinä tässä mallissa olivat lumen syvyys ja rungon tilavuus. Sydämen sykintää ja työajan menekkiä lumen luomisessa Harstelan ja Valosen (1972) tutkimuksessa selitti varsin heikosti lumen syvyys. Syyksi tähän he arvelivat edellisten työvaiheiden vaikutuksen sykintään ja lumen syvyyden vähäisen vaihtelun. Se, että joissakin malleissa lumen syvyyden lisääntyessä kuormittuminen pienenee, johtunee edellisen työvaiheen eli kasauksen vaikutuksen päättyemisestä työvaiheen kestäessä riittävän kauan.

Kuvassa 4 näkyy, miten erilaiset lumikengät vaikuttavat metsuri 2:n sydämen sykintään lumen syvyyden kasvaessa. Kun lunta on yli puoli metriä, lumikengät keventävät työtä jonkin verran. Jos lunta on alle 40 cm, lumikengät lisäävät sydämen sykintää. Erilaisilla lumikenkien käyttötavoilla ei ole merkittävää vaikutusta sykintään.

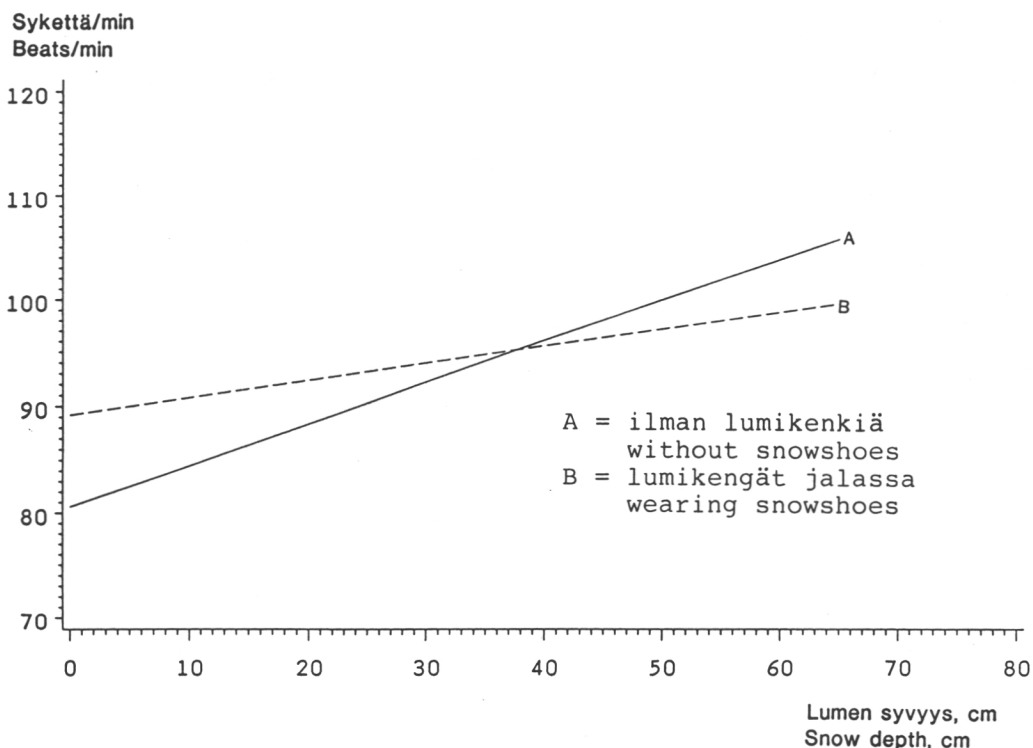


Kuva 4. Lumen syvyyden vaikutus metsurin sydämen sykintään tyven rai-
vauksessa ja kaadossa erilaisilla lumikenkien käyttötavoilla.
Figure 4. The effect of snow depth on the forest worker's heart rate
during butt clearing and felling with different types of snowshoe
usage.

324. Karsinta

Kuormittumista karsinnassa pyrittiin selittämään oksaisuusluokan, lumen syvyyden ja rungon koon avulla. Rungon kokoa kuvattiin erikseen tilavuudella ja pituudella.

Mallien selityksasteet vaihtelivat metsureittain 3 - 50 %:n välillä. Metsurilla yksi rungon koko ja lumen syvyys selittivät yksittäisistä muuttujista parhaiten sykinnän vaihtelua. Selityksasteet jäivät kuitenkin alle 10 %. Metsurilla kaksi lumen syvyys selitti parhaiten sykinnän vaihtelua, parhaimmillaan 29,6 %. Kuvasta 5 on nähtävissä, miten lumen syvyys vaikutti kuormittumiseen metsurilla 2. Kun lunta oli yli 35 cm, karsinta oli kevyempää lumikengät jalassa. Tässä tapauksessa lumen syvyys oli suurimmillaan 65 cm, joten erot olivat varsin pieniä.



Kuva 5. Lumen syvyyden vaikutus metsurin sydämen sykintään karsinnassa sekä lumikenkiä käytettäessä että ilman lumikenkiä.
Figure 5. The effect of snow depth on the forest worker's heart rate during delimiting both when using snowshoes and without.

Valosen (1975) tutkimuksessa yksittäisistä muuttujista sykintä siirtymistä edeltäneen vaiheen lopussa selitti selvästi parhaiten mieskohtaisen sykinnän vaihtelua karsinnan aikana. Ilmeisesti tämä tarkoittaa sitä, että kasauksen lopun sydämen sykintä vaikuttaa vielä sykintään seuraavan puun karsinnassa ja selittää sen vaihtelua. Karsinnan yhteydessä puut katkotaan ja heti sen jälkeen kasataan. Tämä merkitsee sitä, että Valosen (1975) tutkimuksen olosuhteissa kasauksen aiheuttama rasitus ei ehdi tasaantua kun edessä on jo seuraavan puun kasaus.

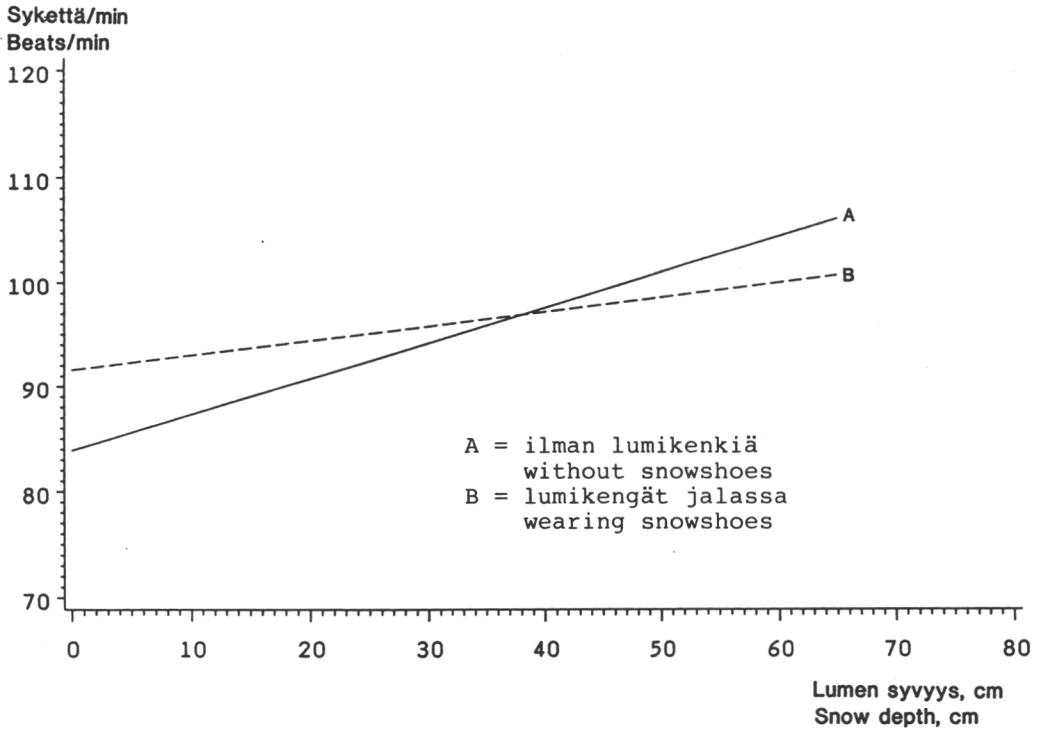
325. Kasaus

Kasausta on perinteisesti pidetty hakkuun raskaimpana työvaiheena. Tässä kuormittumista kasauksessa selitetään työvaikeustekijöillä rungon tilavuus ja lumen syvyys.

Ne selittivät parhaimmillaan 55,2 % sykinnän vaihtelusta kasauksessa. Parhaaksi yksittäiseksi selittäjäksi osoittautui lumen syvyys. Valosen (1975) tutkimuksessa parhaiten kasauksen sykintää selittivät edellisen rungon teon lopun sykintäarvo, rungon koko, lumen syvyys ja kasausmatka.

Tässä tutkimuksessa kasaus ei erotu muita raskaampana työvaiheena, sillä hakkuutyö on keventynyt sitten 1970-luvun alkuvuosien kasausvaatimusten lieventymisen ansiosta. Jos kasaus kuitenkin vieläkin hallitsee sykinnän tasoa, johtuu eri työvaiheiden pienet erot lyhyestä rungon käsittelyajasta, jolloin sykintä ei ehdi tasaantua kasausten välillä. Kasausajan tarkastelu ei kuitenkaan viittaa siihen suuntaan, sillä koko aineistosta lasketuna kasauksen kesto selittää kasauksen aikaisesta sykinnästä vain 1,6 %. Jos kasaus olisi kuormittava työvaihe, pitäisi sykinnän nousta kasaustajan pidentyessä. Näin ei kuitenkaan näytä olevan. Toisaalta kuitenkin kasauksen pulssi selitti jopa 88 % kaikkien työvaiheiden sykinnän keskiarvoa, mikä taas viittaa siihen, että kasaus hallitsee hakkuun kuormittavuutta.

Kuvasta 6 näkyy miten lumen syvyys vaikuttaa kuormittumiseen metsurilla 2. Kun lunta on yli 40 cm, kasaus on kevyempää lumikengät jalassa. Pienemmällä lumen määrällä kasaus on hieman kevyempää ilman lumikenkiä.



Kuva 6. Lumen syvyyden vaikutus metsurin sydämen sykintään kasauksessa sekä lumikenkiä käytettäessä että ilman lumikenkiä.
 Figure 6. The effect of snow depth on the forest worker's heart rate during piling both when using snowshoes and without.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Metsätyöntutkimuksen ongelmana on tulosten luotettavuus ja yleistettävyyys. Ihmisten välinen vaihtelu aiheuttaa ongelmia, ja työvaikeustekijätkin vaikeuttavat tulosten laskentaa ja tulokintaa. Siksi oikean tutkimusmenetelmän löytäminen on tärkeää. Pohjoismaissa on käytetty vertailevan aikatutkimuksen periaatetta. Se ei kuitenkaan kaikissa tilanteissa ole toiminut. Vertailevaan aikatutkimukseen tulee suhtautua kriittisesti ja sen rinnalla olisi hyvä käyttää ja kehittää myös muita työntutkimusmenetelmiä.

Tulosten luotettavuutta ja yleistettävyyttä käsittäneissä luvuissa on yleensä todettu, että aineisto ei ole edustava näyte mistään tunnetusta populaatiosta, eikä sen voida katsoa edustavan muuta kuin itseään (vrt. Harstela 1972, Harstela & Valonen 1972, Harstela 1975, Valonen 1975 jne.). Pieniin aineistoihin tyytyminen johtuu tutkimusten kalleudesta. Seuraavat Harstelan (1970b) lauseet pätevät tähän niin kuin varmasti useimpiin muihinkin hakkuututkimuksiin Suomessa. "Tulokset eivät perustu tilastomatematisessa mielessä edustavaan näytteeseen niin kuin palkkaperuste- ja menetelmätutkimukset yleensäkin eivät meillä ole perustuneet. Työntekijöitä on kuitenkin ollut useita, ja kun tulokset lähes kaikilla ovat saman suuntaisia, lienee niillä yleistä ennustearvoa."

Eniten aikaa vievä työvaihe oli karsinta, jonka osuus on suunnilleen puolet työajasta. Lumikenkien käytöllä ei ollut vaikutusta työajan menekkiin, jos lunta oli 50 - 60 cm. Rungon tilavuus ja oksaisuus vaikuttivat eniten runkokohtaiseen työajan menekkiin. Lumen syvyyden vaikutus runkokohtaiseen työajan menekkiin jäi vähäiseksi. Harstelan (1971) tutkimuksessa kaikissa työvaiheissa siirtymistä lukuun ottamatta lumen suhteellinen vaikutus työaikaan pieneni rungon koon kasvaessa. Sama vaikutus oli karsinnassa oksaisuuden kasvaessa.

Tutkimuksen olosuhteissa lumikengät lisäsivät työajan menekkiä siirtymisessä. Kaadon yhteydessä kokeiltiin myös lumikenkien riisumista kaadon helpottamiseksi. Yleensä lumikenkien riisuminen lisäsi ajan menekkiä kaadossa.

Sydämen sykinnällä mitattuna raskaimmat työvaiheet olivat siirtyminen ja kasaus. Suuria eroja työvaiheiden välillä ei kuitenkaan ollut. Kuormittavimmaksi työvaiheeksi on yleensä todettu kasaus (Harstela 1975). Norjalaiset ovat asettaneet kuitenkin karsinnan rasittavuudessa kasauksen rinnalle (Samset ym. 1969). Tämän tutkimuksen mukaan kasausta ei voida pitää selvästi raskaimpana työvaiheena talvioloissa, vaan kuormittuminen jakaantuu tasaisesti eri työvaiheille. Eniten kasauksen keventymiseen on vaikuttanut kasaumatkan lyhentyminen. Kuormittumisen vähentyminen voi johtua myös työskentelytekniikan parantumisesta ja kevyemmistä sahoista. Vaikka kasaus on keventynyt kasaumatkojen lyhennyttyä, tukielinten kuormittuminen ei välttämättä ole keventynyt vastaavasti, sillä taakan nosto ja lasku ovat selkää eniten kuormittavia vaihteita. On kuitenkin muistettava, että yksittäisen työvaiheen absoluuttista kuormittavuutta on lähes mahdoton selvittää, koska eri työvaiheet seuraavat peräkkäin toisiaan ja vaikuttavat siten toisiinsa. Valosen (1975) tuloksiin verrattuna näyttää siltä, että metsätyö on keventynyt 1970-luvun alkuajoista. Tähän havaintoon on kuitenkin suhtauduttava kriittisesti, koska sydämen sykinnän mittaukset metsässä sisältävät usein virhelähteitä, ja yksilöllinen vaihtelu sykintätasossa samalla kuormituksella on suuri.

Yksittäisistä työvaikeustekijöistä työntekijän kuormittumista selitti parhaiten lumen syvyys. Lumen syvyyden vaikutus ei ollut yksiselitteinen. Useiden mallien mukaan lumen syvyyden kasvaessa kuormittuminen aluksi väheni. Tietyn lumen syvyyden jälkeen (30 - 50 cm) kuormittuminen kuitenkin alkoi nousta voimakkaasti. Tämän mukaan näyttää siis siltä, että usein 20 - 30 cm lumikerros vähentää työntekijän kuormittumista. Kahdessa mallissa työskenneltäessä ilman lumikenkiä muuttuja sai negatiivi-

sen etumerkin. Tällöin siis lumen syvyyden kasvaessa kuormittuminen vähenee. Selityksenä saattaa olla se, että lumen syvyyden kasvaessa työtahti kevenee.

Palstalle siirryttäessä isokokoiset lumikengät helpottavat liikkumista, kun lunta on yli puoli metriä. Tyven raivauksessa ja kaadossa lumikengät keventävät työtä jonkin verran, kun lunta on yli puoli metriä. Erilaisilla lumikenkien käyttötavoilla ei ole merkittävää vaikutusta sydämen sykintään tyven raivauksessa ja kaadossa. Myös karsinnassa ja kasauksessa lumikengät keventävät työtä, kun lunta on yli puoli metriä. Tätä ei voitu kuitenkaan osoittaa jokaisen metsurin kohdalla.

Tämän tutkimuksen perusteella ei voida yksiselitteisesti sanoa, milloin lumikengät ovat hyödyksi ja milloin eivät. Parhaimmillaan lumikengät lienevät silloin, kun hanki kantaa lumikenkien kanssa mutta ei ilman niitä ja kun lunta on niin paljon, että liikkuminen ilman lumikenkiä on hankalaa. Tällaiset kelit ovat yleisiä kevättalvella. Silloinkin olot voivat vaihdella päivittäin ja päivän aikanakin niin, että aamulla hanki kantaa ja iltapäivällä lumikengistä ei ole kuin haittaa. Metsurin paino ja lumikengän pinta-ala vaikuttavat kantavuuteen.

Lumen määrän suhteen voidaan sanoa, että sitä pitäisi olla ainakin 50 - 60 cm. Lumen tulee olla riittävän tiivistä; ts. lumen satamisen jälkeen tarvitaan vähintään yksi suojakeli, jotta hangesta tulee riittävän kantava. Harstelan ja Valosen (1972) mukaan hakkuemies voinee pienentää fyysistä kuormittumista pelkässä kaadossa runsaan lumen aikana käyttämällä sopivia lumikenkiä. Eniten lumikengistä on hyötyä leimikko-oloissa, joissa siirtymismatkat puulta toiselle ovat pitkiä ja lunta on päässyt kasautumaan kävelyreitille. Tällaisia kohteita ovat mm. siemenpuiden poistohakkuut.

Käytännössä lumikenkien käyttö on ratkaistava päivittäin. Uuden työpäivän alkaessa metsuri voi kokeilla, kantaako kengät miestä hangella kaikissa työvaiheissa, myös kasauksessa. Jos kengät

kantavat kaikissa työvaiheissa paitsi kasauksessa, jolloin siis kasattavan puun paino on liikaa, on tarkkaan harkittava kannattaako lumikenkiä käyttää. Jos on käytettävissä pikalukolliset lumikengät, ne voi heittää pois kasauksen ajaksi. Jos lumikengät eivät kannu kasauksessa, tulee tästä työvaiheesta erityisen raskas lumikenkien päälle nousevan lumen vuoksi. Toisaalta lumikengät eivät uppoa koskaan niin syvälle kuin paljas saapas.

KIRJALLISUUS

- Ager, B. 1965. Studier över klimatet i Norrland, Dalarna och Värmland. Summary: Studies of the climate in North and Central Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 19. 105 s.
- Bedford, T. & Warner, C. G. 1955. The energy expended while walking in stooping postures. *British Journal of Industrial Medicine* 12:290-295.
- Christensen, E. H. & Högberg, P. 1950a. Physiology of skiing. *Arbeitsphysiologie* 14:292-303.
- 1950b. Steady-state, O₂-deficit and O₂-debt at severe work. *Arbeitsphysiologie* 14:251-254.
- Eickhoff K. 1989. Träddelsystem - en analys från stubbe till industri. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse* 5. 50 s.
- Glasow, W. & Müller, E.A. 1951. Das Gehen auf verschiedenen Boden. *Arbeitsphysiologie* 14:319-321.
- Gustafsson, L. 1977. Avverkning i djup snö. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Ekonomi* 1. 4 s.
- Haaja, R. 1970. Tutkimus hakkuumiehen suorittamasta kuitupuun kasauksesta. Summary: Study of manual pulpwood bunching. *Metsätehon tiedotus* 299. 16 s.
- Hakkila, P. 1986. Puun ja puutavaran ominaisuuksia. *Tapion taskukirja*. s. 519-529.
- Harstela, P. 1969. Metsätöiden aikatutkimuksia täydentäviä huomioita. *Yritystalous* 12.
- 1970a. The effect of winter conditions on the preparation of rough-limbed spruce pulpwood of approximate length. Tiivistelmä: Talviolosuhteiden vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun tekoon. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 71(4). 54 s.
- 1970b. Kasausajan ja valtimonlyöntitiheyden 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. 14 s.
- 1971. Työjärjestyksen vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen

- kuusikuitupuun teossa. Summary: The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, rough-limbed spruce pulpwood. *Folia Forestalia* 105. 23 s.
- 1975. Työajan menekkiin ja työntekijän kuormittumiseen vaikuttavat tekijät eräissä metsätyömenetelmissä. Summary: Factors affecting the consumption of working time and the strain on the worker in some forest work methods. *Communicationes Instituti Forestalia Fenniae* 87(2). 130 s.
 - 1977. Ergonomic and technic aspects of bunching round timber in thinnings. Seloste: Kasauksen ergonomia ja teknologia harvennushakkuissa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 89(4). 37 s.
 - 1979. Puunkorjuun ergonomia. 151 s.
 - & Valonen, P. 1972. Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja värinäältistus pelkässä kaadossa. Summary: Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in felling. *Folia Forestalia* 151. 43 s.
- Heinonen, A. O., Karvonen, M. J. & Ruosteenoja, R. 1959. The energy expenditure of walking on snow at various depths. *Ergonomics* 2(4):389-394.
- Hietanen, A., Nikkinen, M., Nyysölä, H. & Sternberg, G. 1928. Der Stoffwechsel beim Gehen auf glatter Fläche. *Skand. Arch. Physiol.* 54:145-148.
- Johansson, I., Lidberg, B. 1977. Huggning på snöpackat underlag. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Ekonomi* 11. 4 s.
- Kahala, M. 1980. Puutavaran valmistus moottorisahalla. Palkkaperusteiden tarkistustutkimus. Summary: Preparation of timber by power saw. Study for the adjustment of wage bases. *Metsätehon tiedotus* 364. 19 s.
- 1983. Kaadon ja karsinnan työvaikeus harvennushakkuissa. Summary: Difficulty of felling and delimiting in thinnings. *Metsätehon tiedotus* 378. 11 s.
- Kärkkäinen, M. 1973. Näkökohta kuitupuupölkkyjen siirtelymatkasta. Summary: A note on the moving distance of pulpwood bolts. *Silva Fennica* 7(3):153-162.
- Lidberg, B. & Myhrman, D. 1980. Effektivare huggning i djup snö. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Ekonomi* 12. 6 s.
- Lundgren, N. 1969. Fysiologisk arbetsmätning. Teoksessa: Luthman,

- Åberg & Lundgren (toim.). Handbok i ergonomi. Uppsala. 642 s.
- , Sundberg, V. & Lindholm, A. 1955. A study of the heaviness of work in using power saws in timber cutting. Meddelanden för Skogsforskningsinstitut 45(10). 46 s.
- Mikkonen, E. 1978. Puutavaran kasauksen kehittämisen vaihtoehtot. Summary: Development alternatives in the bunching of timber. Metsätehon tiedotus 352. 35 s.
- Monod, P. & Pottier, M. 1988. Hengitys ja verenkierto lihastyössä. Julkaisussa: Scherrer, J. (toim.). Työn fysiologia. WSOY. 631 s.
- Mäkinen, P. 1987. Lumikenkien käyttö metsätyössä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 259. 14 s.
- Putkisto, K. 1959. Työpanoksen ero pinotavaran palstatien varteen teon ja hajamuodostelmiin teon välillä ja sen huomioon ottaminen palkkaperusteissa. Summary: The difference between the work inputs to making cordwood alongside the strip road and to making it in dispersed formations, and the observance of this difference in wage bases. Metsätehon tiedotuksia 164.
- Rantonen, H. 1988. Lumikenkien käytön vaikutus hakkuutyön turvallisuuteen ja työasentoihin. Summary: Snowshoes in cutting work: effects on work safety and working postures. Folia Forestalia 723. 23 s.
- Samset, I., Strömnes, R., & Vik, T. 1969. Hogstundersökelse i norsk gran- og furuskog. Summary: Cutting studies in norwegian spruce and pine forests. Meddelelser fra det norske skogforsöksvesen 95. s. 293-607.
- Smolander, J., Louhevaara, V., Hakola, T., Ahonen, E. ja Klen, T. 1989. Cardiorespiratory strain during walking in snow with boots of different weights. Ergonomics 32(1):3-13.
- Swartström, J. 1979. Snöpackning med hjälp av snöskoter. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsteknik. Stencil 70. 29 s.
- Valonen, P. 1975. Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä. Summary: The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. Folia Forestalia 243. 31 s.

SUMMARY

The purpose of the study was to determine the effect of winter conditions on the time expenditure and strain on a forest worker during felling, as well as to consider the possibility of making forest work more effective through the use of snowshoes during heavy snow. Two types of snowshoes were analysed: traditional snowshoes fastened with straps and new shoes furnished with quick fastening, which can quickly be taken off and put on. Five forest workers took part in the study. The material was chiefly gathered from the snowy Eastern Finland. A small part of the material is from Central Finland.

Delimiting was the work phase with the greatest time expenditure. Approx. one-half of the working time was spent on delimiting. Time expenditure was not affected by the use of snowshoes, if the snow cover was 50 to 60 cm. Stem volume and branchiness were the primary factors affecting time expenditure per stem. Snow depth affected time expenditure only slightly. Under the conditions prevailing during the study, the use of snowshoes increased time expenditure when moving from tree to tree. Experiments were made where snowshoes were taken off to facilitate felling. Generally it was found that the removal of snowshoes led to an increase in time expenditure.

Moving from stem to stem and piling were the heaviest work phases, as measured by heart rate. There were, however, no great differences between the various work phases. This study indicated that piling cannot clearly be considered the heaviest work phase under winter conditions, but that strain is evenly divided between the various phases. Decreasing the piling distance has definitely led to a decrease in the work strain during the piling phase. In addition to a decrease in strain during the piling phase, the easing of work strain may also be a result of improving working techniques and of

lighter saws. Even though piling has become lighter as a result of shorter piling distances, the strain on the locomotor system has not necessarily become lighter in the same proportion. The lifting and putting down of the load are the phases resulting in the greatest back strain. It must be remembered, however, that the absolute strain resulting from each work phase is almost impossible to determine, as the work phases follow each other and therefore affect each other.

Of all the individual work difficulty factors, snow depth was the foremost factor for explaining worker strain. The effect of snow depth, however, was not an unequivocal. According to several model, it was found that as snow depth increased strain at first decreased. After a certain depth of snow (30 to 50 cm), strain, however, again started to rise significantly. This seems to indicate that a snow cover of 20 to 30 cm often lightens strain on the worker.

Large size snowshoes are a help when moving to the work site or on it when the snow cover exceeds one-half meter. Snowshoes also make work lighter during butt clearing and felling. The type of snowshoe usage had no appreciable effect on the heart rate during butt clearing and felling. Snowshoes also lighten work during delimiting and piling, when the snow cover was greater than one-half meter. This fact could not, however, be proven to be true for all forest workers.

On the basis of this study it is not possible to categorically specify the situations in which snowshoes are an advantage. Snowshoes are probably most advantageous when the crust of the snow carries a man on snowshoes but not without, and when the snow cover is too heavy to move through with ease without snowshoes. Such conditions generally occur in the late winter or early spring. Even then, conditions may vary from day to day, and even in the course of a single day when the crust is heavy in the morning and snowshoes are a hindrance rather than

a help in the afternoon. The forest worker's weight and the size of the surface area of the snowshoes affect the load carrying capacity.

As to the thickness of the snow cover, the study shows that it should be at least 50 to 60 cm. The snow should be sufficiently dense, i.e. after a snow fall, at least one period of thaw is needed to make the crust strong enough. Snowshoes are of best use under stand conditions where the distance between the stems is long and snow has accumulated on the walking route. Removal of seed trees from a stand is an example of a situation where snowshoes could be used to advantage.

In practice, decisions concerning the use of snowshoes have to be made on a day-to-day basis. At the start of a new working day the forest worker can test whether the crust will carry him through all the work phases during the day, even piling. If the shoes will carry during all phases except piling, where the weight of the stems to be piled is too much, then the forest worker must carefully consider whether it is worth using snowshoes. If new snowshoes furnished with quick fastening are available, the shoes can be removed during piling. If snowshoes do not carry during piling, using them becomes particularly heavy work as snow piles up over the shoes. On the other hand, a snowshoe will never sink down as far through the snow as a plain boot.



ISBN 951-40-1129-5
ISSN 0358-4283

Hakapaino Oy, Helsinki 1990