

METSÄTYÖN KUORMITTAVUUDEN MÄÄRITTELYÄ

PERTTI HARSTELA

SUMMARY:

ON DEFINITION THE AMOUNT OF STRAIN CAUSED BY FOREST WORK

Saapunut toimitukselle 1977-11-16

Tarkasteltiin työsuojelututkimuksessa keskeistä, työn kuormittavuuteen liittyvää käsitteistöä ja laadittiin kuormittumisprosessia kuvaava malli. Malli koostuu seuraavista käsitteistä: kuormitus, ihmistyöpanos, työntekijä, kuormittuminen, palautuminen, tuotos, sekä näiden hierarkisista alkiosta. Mallia kokeiltiin metsätyöntutkimushavaintojen selittämiseen.

1. TYÖN KUORMITTAVUUTEEN LIITTYVÄT KÄSITTEET JA TYÖ OLIOMALLINA

Työsuojelututkimuksen keskeinen teoreettinen ongelma on työn kuormittavuus ja siihen liittyvä käsitteistö (esim. KAUPPINEN-TOROPAINEN 1976). Kun työn järjestelyä tarkastellaan työsuojelun kannalta, joudutaan myös tarkastelemaan keskeisenä ongelmana työn kuormittavuutta. Metsätyöntutkimuksissa kuormittavuus on käsitetty kahdella tavalla: työntekijän ominaisuuksista riippuvana (HARSTELA 1975) ja riippumattomana (MÄLKIÄ 1974, WUOLIJOKI 1977).

Useat tutkijat käsitellessään työn kuormittavuutta kuormitusprosessina ovat erottaneet objektiiviset tekijät ja »subjektiivisen tason», työntekijän ominaisuuksista riippuvaisen järjestelmän osan (TIETZE 1971, HACKER 1974, ARO 1976, KAUPPINEN—TOROPAINEN 1976). Objektiivisiä tekijöitä ovat työhygieniset olosuhteet, työtahti, työn organisaatio, työmenetelmät jne. Näiden kokonaisuus on kuorma, kuormite tai »objektiivinen kuormitus» (load, stress). Jotkut

tutkijat rinnastavat termin kuormitus ihmiseen kohdistettuun kuormaan tai kuormitukseen (esim. MÄLKIÄ 1974). Tämä vastaakin Nykysuomen sanakirjan määritelmää ja osittain tekniikan terminologiaa (rakenteen kuormitus) sekä SI-järjestelmän käsitteistöä. Tämän mukaan kuormitus vaikuttaa työntekijän kuormittumiseen (strain) yksilön kuormitettavuuden eli suorituskyvyn välityksellä. ROHMERT (1973) kuvaa tätä yhtälöllä: kuormittuminen = f (ulkoiset työedellytykset, sisäiset suoritusedellytykset).

Toiset tutkijat käsittävät kuormituksen työprosessin yhteydessä tapahtuvaksi »työvoiman kulutuksen» (työntekijän elinvoiman käyttöä eli kulutusta) määräksi (esim. KAUPPINEN—TOROPAINEN 1976). Tällöin kuormitus kuvaisi ihmisessä tapahtuvaa prosessia. Jos kuormitus käsitetään objektiiviseksi kuorman määräksi (tai suureeksi, jos kuorma on yhtenä tekijänä), ei termejä kuormitus ja »työvoiman kulutus» tulisi

rinnastaa. Johonkin yksittäiseen elimeen kohdistuva kuormitus voi olla elimistön reaktion tuote (esim. lihakseen veren alentunut määrä), mutta ihmisen reaktiot kokonaisuutena ovat ihmistyöpanoksen käyttöä ja kuormittumista kuormituksen seurauksena. Kuormitus on määritelty myös kuorman ja elimistön vuorovaikutukseksi (Työolojen... 1976). Jäljempänä kuormitus käsitellään ihmiseen kohdistuvaksi kuormaksi. Kuormituskerroin (kuormittumisaste) on taas kuormituksen edellyttämän ihmistyöpanoksen ja maksimaalisen ihmistyöpanoksen suhde.

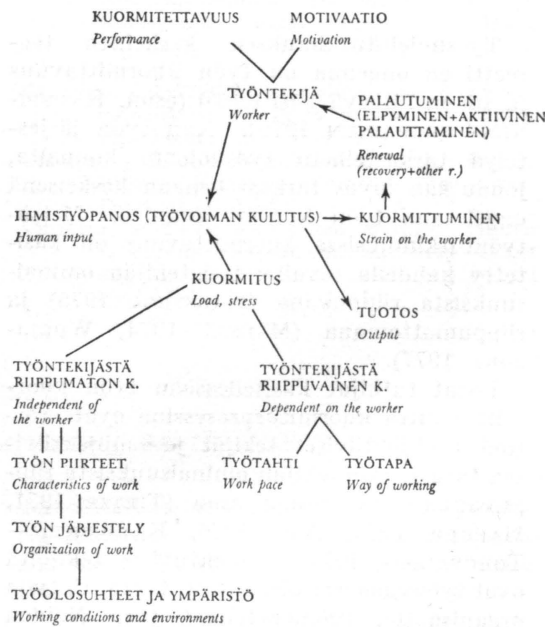
Kuormittuminen ei ole staattinen tapahtuma, vaan useimmat tutkijat käsittelevät sitä prosessina, johon sisältyy takaisinkytkentää, esim. kuormitus \rightleftharpoons ihmisen 'psykobiologinen ohjelma' \rightleftharpoons kuormittuminen (vrt. KAUPPINEN - TOROPAINEN 1976). Kuormitus vaikuttaa ihmistyöpanokseen, joka johtaa kuormittumiseen seuraavasti: kuormitus \rightleftharpoons ihmistyöpanos \rightleftharpoons kuormittuminen \rightleftharpoons palautuminen. Ellei palautumista tapahdu taukojen ja vapaa-ajan aikana johtaa työ rasittumiseen (over strain) ja mahdollisesti ihmisen vaurioitumiseen. Jos palautuminen häiritsee vapaa-aikaa voi kuormittuminen estää yksilön kehittymistä (JULKUNEN 1975).

Työn voimaperäisyys on määrällinen suure, joka kuvaa työprosessissa tapahtuvaa ihmisen »työvoiman kulutusta» (ihmistyöpanosta) työajan aikayksikössä (RANTALAIHO 1974). Ihmistyöpanos aiheuttaa kuormittumista. Kuormittumista tapahtuu myös suoraan kuormituksen (esim. melu) seurauksena. Työn kuormituksen vähyys voi aiheuttaa ihmiselle haitallisen alikuormitus-tilan (SELYE 1950). Täten ilman mainittavaa ihmistyöpanosta työntekijä voi kuormittua. Työn voimaperäisyys riippuu työtahdista, työolosuhteista, työn järjestelyistä ja työn luonteesta, tarvittavista työliikkeistä, taakkojen kannattelusta ja siirtämisestä jne. Kun edellä mainittu prosessi tapahtuu suurelta osin ihmisyksilössä, määräytyy kuormittumisen suuruus yksilön sisäisistä suoritusedellytyksistä i. kuormitettavuudesta i. »psyko-biologisesta ohjelmasta». Näin kuormittumistapahtumaa ei voi erottaa yksilöstä, silloin kun sitä tarkastellaan prosessina. Työn kuormitavuus eri yksilöille on erilaista ja yksilökohtaisesti voidaan

puhua työn *subjektiivisesta kuormitettavuudesta*.

Työmenetelmiä, työolosuhteita ja työtapoja vertailtaessa ei jonkin nimenomaisen yksilön kuormittuminen ole riittävä arvosteluperusta. Halutaan tietoa työntekijäpopulaation kuormittumisesta. Tällöin voidaan tarkastella »keskiarvotyöntekijän» kuormittumista, työntekijäotoksen kuormittumista tai suorittaa vertailevia työntutkimuksia, jolloin pyritään vain suhteellisiin kuormittumisarvoihin (HARSTELA 1975). Voidaan puhua työn *objektiivisesta kuormittavuudesta*. Koejärjestelyissä kuitenkin on myös yksilön ominaisuuksien vaikutus otettava huomioon.

Työn voimaperäisyys riippuu edellä esitetyn mukaan työn aiheuttamasta kuormituksesta. Kuormituksessa voidaan erottaa työntekijästä riippumaton kuormitus (esim. useat työhygieniset olosuhteet) ja työntekijästä riippuva kuormitus. Viimeksi mainittuun ryhmään kuuluu työtahdi silloin kun työ ei ole pakkotahdista. Tällöin työtahdin määrää työntekijän motivaatio. Työntekijästä riippumattomiin kuormitustekijöihin kuuluu yleensä työn järjestely. Kuormittu-



Kuva 1. Kuormittumisprosessi
Fig. 1. Process of loading

misprosessi on kuvassa 1 esitetty oliomallina, jossa näkyvät eräät hierarkiset suhteet ja vaikutussuhteet. Oliomalli on tehty seura-

vien määritelmien pohjalta, jotka on HEISKASEN (1972) esittämän teorian mukaisesti analysoitu:

Co_n^o	def)	$Co_n[\&$	$P_n[\& \dots \&$	$O_n^m ($
Työsuoritus	on	käyttöä	ihmistyöpanoksen	
Kuormitettavuus	»	ominaisuus	työntekijän	
Motivaatio	»	»	»	
Työn voimaperäisyys	kuvaa	määrää	ihmistyöpanoksen aikayksikössä	työprosessissa
Työn järjestely	on	organisaatio	työn paikallinen	ajallinen
Työn piirteet	ovat	ominaisuuksia	työn työympäristön	
Työolosuhteet	»	»	energian työntekijän	
Ihmistyöpanos	on	käyttöä	työn	
Työtahdi	»	suoritusnopeus	työn tekemisessä	
Työtapa	»	menettely	työntekijässä	
Kuormittuminen	»	prosessi	»	
Palautuminen	»	»	»	

Tämä tarkastelu kuuluu yhteispohjoismaista »Arbetsmiljö i skogsbruket»-projektia varten metsätutkimuslaitoksen metsäteknologian osastossa tehtäviin perusselvityksiin. Työn kuormittavuuden teoreettinen tarkastelu katsottiin tarpeelliseksi siksi, että työn järjestelyn teoreettisessa tarkaste-

lussa työn kuormittavuudella on keskeinen asema. Käsikirjoituksen lukivat Matti Kärkkäinen, Heikki Vuorinen, Leo Tervo ja Seppo Levanto. Käännöksen englanniksi suorittivat Kim ja Joan v. Weissenberg. Kiitän tuesta.

2. METSÄTYÖN KUORMITTAVUUS JA KUORMITTUMISMALLI

Edellisessä luvussa hahmotellun mallin soveltuvuus havaintomaailman kuvaajaksi käy ilmi, kun sitä käytetään eräiden metsätyötä koskeneiden tutkimushavaintojen selittämiseen.

Metsätyö voidaan ihmistyöpanoksen laadun mukaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään: etupäässä lihasenergiaa kuluttavaan työhön ja neuro-sensoriseen työhön. Ensin mainittuun ryhmään kuuluvat käsityövälineillä suoritettavat työt ja jälkimmäiseen työkoneiden kuljettaminen (HARSTELA 1971). Ensin mainitussa ryhmässä lihasenergian kulutus on poikkeuksellisen runsasta. Erityisesti tämä pätee hakkuuseen (esim. KAMINSKY 1966, GLOMME ja ANDERSEN 1969, LEVANTO 1970, HARSTELA 1971, MÄLKÄ 1974). Luonnollisesti hermostollista työtä myös tapahtuu, mutta se ei ole työssä hallitseva piirre. Merkittäviä piirteitä hak-

kuutyössä ovat tapaturmat ja ammattitautien syntyminen. Nämä voitaneen käsitellä kuormittumisen erikoistapauksiksi. Näin ihmistyöpanoksen tai kuormittumisen tärkeimmiksi fyysisiksi ja samalla operationaaliksi muuttujiksi hakkuutyössä osoittautuvat sellaiset muuttujat kuin energian kulutus, sydämen sykintä, endokriinisten hormonien erittyminen ja veren elokrolyyttitasapaino (esim. HARSTELA ja VUORINEN 1977), tapaturmien sattuminen, tuki- ja liikuntaelinten kuluminen, melun, tärinän ja sääolosuhteiden aiheuttamat prosessit (HARSTELA 1977, KLEN 1977).

Vastaavasti metsäkonetyössä ihmistyöpanos on suurelta osin keskushermoston toimintaa. Tähän viittaavat tutkimustulokset, joissa konetyön oppimista tai työn tuottavuutta ovat selittäneet neuro-sensorisia kykyjä kuvaavat muuttujat (ANDERSSON 1968,

LEHTONEN 1975, COTTELL ym. 1976). Myös huonoja korrelaatioita on saatu työn tuotoksen ja neuro-sensoristen kykyjen välille (HALL ym. 1972), mutta koehenkilöjoukko on ollut ilmeisen valikoitunut ja työvaikeustekijöitä ei tällöin ole riittävästi kontrolloitu. Lisäksi kuormittumista aiheuttavat koneiden heilunta ja työhygieniset olosuhteet (esim. AHO ja KÄTTÖ 1971 a, b).

Edellä hahmotellun teoreettisen mallin suhdetta havaintomaailmaan kuvaa seuraava esimerkki. Työntekijällä on halu tehdä jokin työ (motivaatio). Perusaineenvaihdunnan ylläpitämisen toimintakyvyn, lihastyön ja keskushermoston toimintojen avulla tehdään työ eli käytetään ihmistyöpanos. Tämä kuormittaa työntekijää esim. energiareservit vähenevät, syntyy erilaisia aineenvaihduntatuotteita, jotka täytyy poistaa elimistöstä tai prosessoida toiseen muotoon (palautuminen). Tietyn ajan kestänyt ihmistyöpanoksen käyttö tuottaa tietyn määrän tuotteita (tuotos). Työolosuhteet aiheuttavat kuormittumista joko suoraan (esim. lämpökuormitus) tai asettamalla ehtoja ihmistyöpanoksen käytölle. Samaa on sanottava työn piirteistä ja työn järjestelyistä. Työtahdin valitsee työntekijä itse tai sen määräävät työn piirteet. Nämä tekijät yhdessä taas määräävät sen kuinka paljon ihmistyöpanosta tarvitaan aikayksikössä. Jos työntekijä päättää tehdä jonkin tuotteen tietyissä aikayksikössä, riippuu olosuhteista, työn piirteistä ja työtavasta se, kuinka paljon on ponnistettava eli uhrattava ihmistyöpanosta. Työntekijän työkyky ja kuormitettavuus määräävät sen voiko työntekijä tehdä haluamansa tuotoksen, esim. hapenotto- ja voimaa rajoittaa määrättyissä töissä dynaamisen lihastyön määrää.

Mallissa työntekijä asettaa työpanoksensa vaihtosuhteeseen ympäristön kanssa tuottaakseen fyysisiä tai aineettomia hyödykkeitä. Tällöin hän kuitenkin on vaihtosuhteessa myös itsensä kanssa. Ihmistyöpanoksen käyttö tai alikuormitustila aiheuttaa työntekijässä kuormittumisprosesseja, jotka

ovat SELEYN (1950) teorian mukaan fyysisiä ja psyykkisiä häiriöitä elimistön tasapainotilassa. Tyypillisiä fysiologisia tasapainotilan muutoksia hakuuutyössä ovat esimerkiksi neste- ja elektrolyyttitasapainon, hengitys- ja verenkiertoelimistön ja aineenvaihdunnan säätelyn muutokset (HARSTELA ja VUORINEN 1977). Näin kuormittuminen on yhtenevä stressi-käsitteen kanssa silloin, kun stressi käsitetään elimistön tasapainotilan muutokseksi. Usein stressi kuitenkin on määritelty tilaksi, jossa ihmisen elimistön tilan ja ympäristön vaatimusten välillä vallitsee ristiriita. Tämän ristiriidan seurauksena tapahtuu kuormittuminen. Koska em. tasapainotilan muutokset, ainakin pitkäaikaisina ovat haitallisia ja vaativat palautumista, on työntekijä vaihtosuhteessa työpanoksensa ja kuormittumisen suhteen.

Esimerkiksi lihassupistus on ihmisenergian käyttöä työn tekemiseen. Aktiini- ja myosiinifilamentit suorittavat mekaanista työtä, jonka aikaansaamiseen tarvitaan sähköisiä ja kemiallisia tapahtumia. Tätä tapahtumaketjua voidaan nimittää ihmistyöpanokseksi. Ihmistyöpanoksen käytön seurauksena syntyy aineenvaihduntatuotteita ja tiettyjen aineiden kuluessa syntyy tiettyjä tasapainotilojen häiriöitä. Nämä tapahtumat ovat kuormittumista. Toisaalta jatkuvan ihmistyöpanoksen ylläpidon edellytyksenä ovat tietyt kuormittumisreaktiot, esim. aineenvaihduntaa kiihdyttävien hormonien erittymisen lisääntyminen. Työn aiheuttaman hormonien erittymisen voi katsoa työpanokseen kuuluvaksi, mutta koska näiden hormonien poistamiseen ja niiden haitallisten vaikutusten eliminoimiseen tarvitaan elpymistä, voidaan tämä hormonien esiintyminen käsittää myös kuormittumiseksi. Tässä suhteessa käsitteistö on selvästi ongelmallinen. Kuormittuminen saattaa heikentää suorituskykyä. Tällöin tietyn tuotoksen aikaansaamiseen tarvitaan ihmistyöpanoksen määrän lisäämistä. Näin ihmistyöpanos — kuormittuminen vaihtosuhte on takaisin-kytkentää sisältävä systeemi.

3. METSÄTYÖN KUORMITTAVUUS JA VAIKUTUSTEN HALLINNAN TEORIA

Koska ihmistyöpanos yleensä suurelta osin määrää (muussa kuin automatisoidussa työssä) tuotoksen ja kuormittumisen määrän, on ihmistyöpanoksen määrä ja laatu em. prosessissa hallitseva tekijä. Ihmistyöpanoksen laatu myös määrää sen mitä kykyjä ja ominaisuuksia työn tekijältä edellytetään tietyn tuotoksen aikaansaamiseen tietyllä kuormittumisella. Työntekijän motivaatio asettaa rajan, jonka sisällä työntekijä haluaa kykyjään käyttää. Näin ihmistyöpanoksen määrä ja laatu yhdessä työntekijän motivaation, työkykyjen ja kuormitettavuuden sekä työn kuormituksen kanssa selittävät tiettyssä ympäristössä työntekijän työkyttämisen. Tämän on HARSTELA (1975) esittänyt vaikutusten hallinnan teoriana seuraavasti: »Jos jokin eliöön kohdistuva vaikuttava tekijä saa tiloja, jotka uhkaavat eliön tasapainotilaa enemmän kuin muut vaikutukset, niin kyseinen tekijä hallitsee eliön käyttäytymistä». Hakuuutyössä tällaiseksi tekijäksi on osoittautunut työn fyysinen kuormittavuus, ja työntekijän ominaisuuksista hapenotto- ja voimaa on selittänyt urakkapalkatussa (vrt. motivaatio) työssä selvästi parhaiten tuotosta.

Energian kulutus on nopea tapahtuma ja sen vaikutukset ovat akuutteja ilmeten mm. väsymyksenä. On myös ihmistyötä, jonka vaikutuksesta kuormittuminen kehittyy hitaasti. Hakuuutyössä raskaiden taakkojen nostelu kasausvaiheessa on osittain hitaasti vaikuttava työsuoritus. Hidas vaikutus kohdistuu nimenomaan tukielimistöön (esim. HARSTELA 1977, KLEN 1977). Useat ympäristön piirteet, ns. työhygieniatekijät, aiheuttavat hidasta kuormittumista, esim. ympäristömyrkköjen hitaat vaikutukset eli-

mistöissä. On luultavaa, ettei näillä hidaskaikutteisilla tekijöillä ole myöskään akuuttia vaikutusta työntekijän käyttäytymiseen, koska tasapainotilan häiriökin elimistöissä kehittyy hitaasti. Silti nämä tekijät voivat olla eniten työntekijän hyvinvointia uhkaavia pitkällä tähtäyksellä.

Hidasta, mutta ilmeisen haitallista, kuormittumista esiintyy metsätyössä, edellä mainitun tukielinten kuormittumisen lisäksi, metsäkoneen kuljetuksessa heilunnan vaikutuksesta (AHO ja KÄTTÖ 1971, HANSSON ja WIKSTRÖM 1974). Akuutin kuormittumisen heikkoa vaikutusta osoittanee se, että vaikka kuljettajat pystyvätkin tiedostamaan eri nopeudet, käytetään usein riskirajaa suurempaa ajonopeutta (HARSTELA ja SAUVALA 1976). Tämä näkyy traktorinkuljettajien suurena niskä-, hartia- ja selkäsairastavuutena (KORHONEN ym. KLENIN 1977 mukaan). Hakuu- ja metsätyössä esiintyy verraten paljon tuki- ja liikuntaelinsairauksia, keuhkosairauksia, verenpainetautia, nivelreumaa, ns. tärinätautia ja sydän- ja verisuonitautia (NYGÅRD 1975). Muuta väestöä enemmän esiintyy mm. sydän- ja verisuonitautteja (KARVONEN ym. 1972, KORHONEN ym. KLENIN 1977 mukaan). On todettu nimenomaan laivojen metsätyöntekijöiden riskialttius em. taudeille (JUUSTILA 1977). Sydän- ja verisuonitautien hidas syntymekanismi voisi olla esimerkkinä palautumattomasta, hitaasti syntyvästä kuormittumisesta, joka syntyy akuutin, osittain palautumattoman kuormittumisen seurauksena. Ammatin osuus lienee selvä myös niskä- ja hartia- ja selkäsairauksien ja yläraajain vaivoihin (KORHONEN ym. KLENIN 1977 mukaan).

4. PÄÄTELMÄ

Edellä esitetty malli ja terminologia näyttävät tarjoavan hyvän teoreettisen lähtökohdan metsätyön ergonomiselle kuvaukselle ja työn ja ihmisen vuorovaikutuksen teorian kehittämiseksi. Terminologia on myös suurimmalta osin yhdenmukainen aikaisem-

min esitetyn teoreettisen työsuojelututkimuksen terminologian kanssa.

Mallin pohjalta laadittu työntekijän työkyttämisen kuvaus viittaa siihen, että työntekijän ominaisuudet, aikaisemmin palautumatta jäänyt kuormittuminen, moti-

vaatio ja akuutteina — tietyt kynnysarvot ylittävänä — vaikutuksina ilmenevä kuormittuminen selittävät työkäyttäytymistä. Jos työstä on löydettävissä muita tekijöitä selvästi enemmän akuuttia kuormittumista aiheuttava kuormitus, hallitsee sen työntekijän käyttäytymistä työmotivaation asettamissa puitteissa. Sen sijaan hitaasti kumuloitava kuormittuminen, jonka työntekijä

saattaa tiedostaa vasta vuosien kuluttua, ei vaikuta välittömästi käyttäytymiseen. On kyseenalaista käyttää yksilötason haastattelua tutkimusmenetelmänä näiden kuormitteiden osalta. Työntekijä tiedostaa ne vain, jos akuutti kuormittuminen (esim. kipu) liittyy kyseiseen kuormitteeseen tai kuormittuminen on kehittynyt tarpeeksi pitkälle.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- AHO, K. & KÄTTÖ, J. 1971 a. Traktorityö ja työterveys. *Vakolan tiedote* 17: 1—12.
- » & KÄTTÖ, J. 1971 b. Tutkimus metsätraktorin heilumisen mittaus- ja arvostelumenetelmän kehittämiseksi. Summary: Experiment for developing a method how to measure and evaluate the rocking of the forest tractor. *VAKOLA, Tutkimusseloste* 9.
- ANDERSSON, L., BERGSTRÖM, L., KRANZ, A., LENNEHEIM, G. & PETTERSON, B. 1968. Urval av skogstraktorförare med psykologiska test. Summary: Selection of tractor operators by means of psychological tests. *Redog. Forskn Stift. Skogsarb.* 7.
- ARO, S. 1976. Työn ja terveyden välisten suhteiden teoreettinen tarkastelu. *Helsingin yliopisto. Sosiaalipolitiikan laitos, Pro gradu-tutkielma.*
- COTTELL, P. L., BARTH, R. T., NELSON, L., McMORLAND, B. A. & SCOTT, D. A. 1976. Performance variation among logging-machine operators: felling with tree shears. *Forest Engineering Research Institute of Canada, Technical Report* 4: 1—38.
- GLOMME, J. & ANDERSEN, K. L. 1969. Behovet for arbeidsmedisinske og biologiske undersøkelser av skogsarbeidere. Summary: Health and Biology of Woods Workers. *Norke Skogsforsøksv. Driftsteknisk rapport* 7.
- HACKER, W. 1974. Zum gegenwärtigen Stand und zu Perspektiven der Bestimmung psychischer Beanspruchung im Arbeitsprozess. *Sozialistische Arbeitswissenschaft* 1.
- HALL, B., PERSSON, A. & PETTERSON, B. 1972. Utbildning av processorforare. Summary: Training of processor operators. *Redog. Forskn Stift. Skogsarb.* 11.
- HANSSON, J.-E. & WIKSTRÖM, B.-O. 1974. Vibrationsbelastning på skogsmaskinförare. Summary: Vibration stress on forest drivers. *Rapp. Uppsats. Instn. Skogstek. Skogshögsk.* 67.
- HARSTELA, P. 1971. Metsätyömenetelmien ergonominen kehitys ja eräät työntekijään kohdistuvat fyysiset vaikutukset. Summary: The ergonomic development of the forest work methods and some physic effects on workers. *Folia For.* 131.
- » — 1975. Työajan menekkiin ja työntekijän kuormittumiseen vaikuttavat tekijät eräissä metsätyömenetelmissä. Teoreettinen ja empiirinen analyysi. Summary: Factors affecting the consumption of working time and the strain on the worker in some forest work methods. A theoretical and empirical analysis. *Commun. Inst. For. Fenn.* 87.2.
- » — 1977. Ergonomic and technic aspects of buching round timber in thinnings. *Seloste: Kasauksen ergonomia ja teknologia harvenushakkuissa. Commun. Inst. For. Fenn.* 89.4.
- » — & SAUVALA, K. 1976. Low-frequency vibration in small tractors used in the harvesting of logging residues or small trees. *XVI IUFRO World-Congress. Congress Group II.3. Discussion Paper.*
- » — & VUORINEN, H. 1977. Fatigue at cutting work: Heart rate changes and some metabolic factors during a working day. *Commun. Inst. For. Fenn.* 93. 2.
- HEISKANEN, H. 1972. Palkan muodostuksen teoriaa ja käytäntöä. Erään sisällön analyysimenetelmän käyttö yleisen käyttäytymisteorian laadintaan ja tämän käytännölliseen soveltamiseen esimerkkinä palkan muodostuminen. *Helsingin Teknillinen Korkeakoulu, Tieteellisiä julkaisuja* 38.
- JULKUNEN, R. 1975. METELI: Kolmen metallitehtaan henkilöstöjen elinolot ja elämäntapa. *Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja* 1.
- JUUSTILA, H. 1977. Medical, occupational and smoking characteristics related to ischemic heart disease in men and women. *The Department of Medicine, University of Oulu.*
- KAMINSKY, G. 1966. Arbeitsphysiologische Untersuchungen in der Forstwirtschaft. Die ergonomische Betrachtung der Forstarbeit. *Sammelreferat 1960—1965. Forstarchiv* 3.
- KARVONEN, M. J., NYGÅRD, K. & PUNZAR, S. 1972. Coronary heart disease in lumberjacks. *Scand. J. clin. Lab. Invest.* 29: suppl. 122: 13.
- KAUPPINEN-TOROPAINEN, K. 1976. Työn kuormittavuuden, rasittavuuden, kuluttavuuden ja voimaperäisyyden sekä työvoiman kulumisen ja uusintamisen käsitteitä selventävä

ja niiden tarkoitamiin ilmiöiden tieteellistä tarkastelua hahmottava esitutkimus. *Suomen Akatemia, Valtion yhteiskuntatieteellinen toimikunta. Moniste.*

- KLEN, T. 1977. Metsätyön terveydelliset haitat ja hyvinvointi. Summary: Well-being and health hazards in forestry. *Työterveyslaitos, Katsauksia* 10.
- LEHTONEN, E. 1975. Kourakuormauksen oppiminen. Summary: Learning of grapple loading. *Folia For.* 244: 1—40.
- LEVANTO, S. 1970. Työtahdin vaikutus metsätyöntekijän kuormittumiseen. Summary: The effect of work pace on logger stress. *Työtehoseuran julkaisuja* 153.
- MÄLKIÄ, E. 1974. Iän ja fyysisen suorituskyvyn vaikutus työntekijän kuormittumiseen puutavaran teossa. Summary: The influence of age and physical performance on strain of the worker in making timber. *Työtehoseuran julkaisuja* 173.

- NYGÅRD, K. 1974. Metsureiden terveydentilasta ja työkyvystä. *Sosiaalivakuutus* 1: 2—4.
- RANTALAIHO, L. 1974. Työn voimaperäisyys: käsitetarkastelua. *Työterveyskonferenssi* 26. — 27. 10. 1974. Tampere.
- ROHMERT, W. 1973. Problems in determining rest allowances. Part I: Use of modern methods to evaluate stress and strain in static muscular work. *Applied Ergonomics* 4 (2): 91—95.
- SELYE, H. 1950. *Stress.* Montreal. Acta inc. 822.
- TIETZE, G. 1971. *Sozialistische Prinzipien des Gesundheits- und Arbeitsschutzes.* Berlin. Verlag Tribüne.
- Työolojen tutkimisen teoreettisia lähtökohtia. 1976. Teoreettista työsuojelututkimusta suunnitelleen työryhmän mietintö. *Suomen Akatemia, Tieteen keskustoimikunta, Työsuojelututkimuksen jaosto. Moniste.*
- WUOLIJOKI, E. 1977. Työntekijän väsyminen. Summary: The fatigue in forest work. *Acta For. Fenn.* 159.

SUMMARY:

ON DEFINITION THE AMOUNT OF STRAIN CAUSED BY FOREST WORK

Concepts connected with the amount of strain caused by work are central theoretical problems in ergonomical research and also in examining ergonomical aspects of work organization. Several investigators have distinguished between the system's objective and subjective (dependent on the individual worker's qualities) parts when studying work as a process. The objective part has usually been called load (syn. stress). Accordingly, the load affects the strain on the worker within the limits of his performance.

Some investigators regard loading as the amount of human input during the work process. The processes within the worker (the subjective part of the system) and the external load (the objective part) should not, however, be confused. The process may be described as follows: load \rightleftharpoons strain \rightleftharpoons renewal of human resources. If these resources are not renewed during free time or breaks, the work will cause overstrain. If renewal interferes with free time, the strain may hinder development of the individual. Low human input may cause a harmful condition of understrain leading to processes in the worker comparable to those of strain.

Since strain occurs in the worker, the process cannot be separated from his individual qualities. The amount of strain caused by the work is different for different individuals, and one may, on an individual basis, talk about the subjective amount

of strain caused by the work. When comparing work methods, we seek information about the strain on a certain worker population or on the relative amount of strain caused by different methods. Thus one may talk about the objective amount of strain caused by the work. Relative values for strain that can be generalized can often be obtained by studies on a few workers (HARSTELA 1975). The process of strain has been described in Figure 1 both as hierarchical and affecting relationships.

The model in Figure 1 was applied to research data in order to test it and determine its ability to explain observed phenomena. Based on the quality of human input, the forest work was roughly divided into two categories: (1) work demanding primarily muscle activity and (2) neuro-sensory work. In the first group, especially in cutting work, the main part of the human input is intensive consumption of muscle energy. In addition work load causes accidents, wear on skeletal and muscular systems and processes by noise, vibrations, and climate. Correspondingly, when operating forest machinery the human input is mainly neuro-sensory functioning of the central nervous system. Work load causes directly the effects of low-frequency vibration and of other work conditions.

In the model the worker's human input enters an interaction with the environment (output) on one side and himself (strain) on the other side.

The strain has been defined as the physical or psychical deviation from the body's normal state of balance, and is caused by either high or low human input. For example, in muscle work the electrical, chemical, and mechanical work is human input; and the metabolic products as well as the changes in the balance among various substances are strain. There clearly is problem in classifying some processes (e.g., excretion of hormones) either as human input or strain.

The quality of human input determines what abilities are demanded from the worker in order to produce output. The motivation, working ability, and performance of the worker and amount and quality of the human input explain, in some environments, the worker's behavior during his work. If there is a feature in the human input which more seriously endangers the balance of the body, this feature often dominates the behavior of the individual. During contracted cutting work, the great expenditure of energy has proven to be

such a feature (HARSTELA 1975). This principle is probably true only for acute effects. The worker may not be aware of slow strain, e.g., wear on skeletal systems; and sensations directing his behavior may not always be connected with such strains. In forest work such slow strain occurs during lifting of heavy burdens and during low-frequency vibration. In addition, the occurrence of pain in the neck, shoulder region and upper limbs as well as auditory, coronary and circulatory diseases probably are associated with cutting work. Even though all these associations have not been proven conclusively, they are good examples of the effect of slow strain.

The use of research methods based on subjective assessments (e.g., interviews) for studying work conditions causing slow strain on the individual is questionable. By contrast, acute strain regulates the worker's behavior and opinions very strongly. The model outlined in this study explains well the present research data on forest work.