



HELSINGIN YLIOPISTO

Arto Kariniemi

Kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli - työn suorituksen kognitiivinen tarkastelu

Operator-specific model for mechanical harvesting -
cognitive approach to work performance

38

Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja



KULJETTAJAKESKEINEN HAKKUUKONETYÖN MALLI – TYÖN SUORITUKSEN KOGNITIIVINEN TARKASTELU

Operator-specific model for mechanical harvesting -
cognitive approach to work performance

Arto Kariniemi

*Esitetään Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan luvalla tarkastettavaksi
Yliopiston päärakennuksen Auditoriumissa XII, Fabianinkatu 33,
perjantaina helmikuun 24. päivänä 2006 klo 12.00.*

Työn ohjaajat:

Professori	Esko Mikkonen	Helsingin yliopisto
Professori emeritus	Rihko Haarlaa	Helsingin yliopisto

Esitarkastajat:

Professori	Pertti Harstela	Joensuun yliopisto / Metsäntutkimuslaitos
MMT	Tore Högnäs	Metsähallitus

Vastaväittäjä:

Professori	Seppo Väyrynen	Oulun yliopisto
------------	----------------	-----------------

ALKUSANAT

Kiinnostukseni metsätyön ja myöhemmin hakkuukonetyön ihmiskeskeiseen näkökulmaan on saanut alkunsa 1980-luvulla omakohtaisesta metsurityöistä ja metsätoimihenkilöisäni puunkorjuuseen liittyvästä työstä. Tämä tutkimus jatkaa isäni minulle viitoittamaa polkua: toivottavasti 1970- ja 80-lukujen pohjanmaalainen metsämieshenki näkyy ajattelussani. Tutkijana Metsäteho Oy:ssä 1990-luvulla olen tutustunut aihealueeseen käytännönläheisessä tutkimus- ja kehittämistyössä.

Innoitukseen työn aloittamiseksi on vaikuttanut merkittävästi professori Pertti Harstelan aihealueen pioneerityö 1970-luvulla. Professorit Iwan Wästerlund ja John Garland antoivat lopullisen kipinän työlleni esimerkillisellä otteellaan metsätyötieteeseen kesällä 1999 Novakurssilla Uumajassa. Samoin innostavasti on vaikuttanut Hannu Rita opastuksellaan tieteelliseen ajatteluun. Ruotsissa 1990-luvun alussa tehty informaatioergonomian tutkimus on yksi työni peruskivistä.

Helsingin yliopiston metsäteknologian opinnoissani pääaineen professori Rihko Haarlaan ja viestinnän opinnoissani pääaineen professori Leif Åbergin opetuksen vaikutus tutkimusteeseeni on voimakas. Ajatteluuni ovat vaikuttaneet lisäksi sivuaineopinnot Helsingin yliopiston käytännöllisen filosofian laitoksella ja jatko-opintojen aineopinnot Teknillisen korkeakoulun työpsykologian laitoksella.

Metsäteho Oy:ssä erikoistutkija Vesa Imponen oli aina luotettava kumppani aihepiirin syvässä pohdinnassa ja kannusti tekijää työssä eteenpäin perustellulla kommentoinnilla. Lisäksi tutkija Asko Poikelan aikatutkimukseen liittyvä työ on ollut merkittävä tuki työlleni. Aikatutkimusaineistot ovat keränneet työntutkijat Kari Uusi-Pantti ja Reima Liikkanen ja niiden käsittelyssä systeemisuunnittelija Sirkka Keskinen ja atk-suunnittelija Jarmo Lindroosin panos on ollut suuri. Antti Peltola ja Kalle Seppi Plustech Oy:stä ovat olleet avainasemassa hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävässä tutkimustiedon keruussa.

Tämä tutkimus on ollut osa Metsäteho Oy:n ”Inhimilliset voimavarat ja paikallisuus metsätaloudessa” -tutkimuskokonaisuutta. Se kuului osana kansallisen Metsäalan tutkimusohjelman (WoodWisdom) ”Palveluyrittäminen”-teema-alueeseen. Maa- ja metsätalousministeriö on osallistunut tutkimuksen rahoittamiseen. Metsämiesten Säätiön apuraha on mahdollistanut tutkimuksen toteuttamisen jatko-opintona. Haluan esittää Metsämiesten Säätiölle erityiskiitokset. Lisäksi haluan kiittää Teollisuuden Metsänhoitajat r.y:tä työhön liittyvästä tunnustus-palkinnosta.

Lausun parhaat kiitokseni kaikille edellä mainituille ja muille tutkimusta tukeneille henkilöille ja organisaatioille.

Erikoiskiitokset varaan lapsilleni Nannalle, Jaakolle ja Laurille kahlitsematoman ajatuksen sekä isälleni lurunteon mallista. Lasten kahlitsematon kyky uusiin miellelyhtymiin ovat olleet oivallinen kannustin tälle työlle. Lurunteon ihmeen oivaltaminen on tehnyt työstä nautittavan.

Töölössä 11.11.2005

Arto Kariniemi

SISÄLTÖ

ALKUSANAT

1	TUTKIMUKSEN TAUSTA	7
2	KATSAUS TYÖNTUTKIMUKSEEN	9
2.1	Työ	9
2.2	Työntutkimus	10
2.3	Metsätyöntutkimus	13
2.4	Puunkorjuuyrittäminen	16
2.5	Metsäkoneenkuljettaja	18
3	TEOREETTINEN VIIITEKEHYS	19
3.1	Työtoiminta	19
3.2	Työn psyykinen kuormittavuus	21
3.3	Informaation käsittely	23
3.4	Metsäkonetyö	26
3.5	Hakkuukonetyön säätelyvaatimukset	30
4	TUTKIMUSTEHTÄVÄ	33
5	TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO	37
5.1	Harmonisoitu tutkimusaineisto	37
5.2	Kenttäkokeet	37
5.3	Aikatutkimusaineistojen analysointi	38
6	TULOKSET	39
6.1	HAKKUUKONETYÖN MALLI	39
6.1.1	Malli työnkuvan muuttumisesta	39
6.1.2	Malli psyykkisestä kuormittumisesta hakkuukonetyössä	40
6.1.3	Hakkuukonetyön tasomalli ja looginen rakenne	41
6.2	KULJETTAJAKOHTAISTEN AJANMENEKKIEROJEN HALLINTA	45
6.2.1	Ammattikuljettajien työmaatasoinen vertailu	45
6.2.2	Ajanmenekkierojen syntymekanismi ajo- ja hakkuu-uralla	51
6.2.3	Ajanmenekkierojen syntymekanismi taidoltaan eritasoisilla kuljettajilla	59
7	TULOSTEN TARKASTELU	69
7.1	Tutkimusmenetelmä ja aineisto	69
7.2	Teorian toteutuminen	70
7.3	Vertailu muihin tutkimuksiin	72
7.4	Tulosten merkitys ja jatkotutkimusaiheita	74
	KESKEISET KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT	77
	KUVAT JA TAULUKOT	78
	ABSTRACT	81
	LÄHDELUETTELO	85
	LIITTEET	93

1 TUTKIMUKSEN TAUSTA

Kun näemme nykyaikaisen hakkuukoneen työskentelevän hallitusti metsässä, mietimme harvoin aidosti, minkälainen kehityspolku on johtanut tilanteeseen. Tekniikan yleinen kehitys ei kerro kaikkea. Hakkuukonetyön kehittymisen historia on myös inhimillistä historiaa, työkoneneiden kuljettajien sopeutumisen historiaa: kulttuurisen evoluution suhdetta biologiseen evoluution ei yleensä pohdita. Koneita ja työmenetelmiä on kehitetty siten, että niitä käyttäville ihmiselle on varattu sopeutujan rooli.

Hakkuukoneenkuljettajan työympäristö on muuttunut merkittävästi viimeisten kymmenen vuoden aikana. Ergonomiset parannukset ja tietotekniikan hyödyntäminen ovat tehneet työkoneneen ohjaamosta nykyaikaisen työympäristön. Myös kuljettajan työ on muuttunut. Työkoneneet ja niiden oheislaitteet ovat monimutkaistuneet, työmaan suunnittelu, metsän- ja ympäristönhoito ovat tulleet osaksi työtä. Lisäksi raaka-aineen laadun huomioonottaminen on korostunut. Hakkuukoneenkuljettajalle asetettavat vaatimukset näyttävät monipuolistuvan edelleen. Organisaatioilta ja ihmisiltä vaaditaan laadukasta suorituskykyä.

Koneiden ja laitteiden sekä ergonomian kehittyminen ovat vähentäneet etenkin hakkuukonetyön fyysistä kuormittavuutta merkittävästi, mutta työ on edelleen psyykkisesti kuormittavaa. Kuljettaja tekee työjakson jokaisena hetkenä suuren määrän monimutkaisia päätöksiä. Runsasta päätöksentekoa esiintyy etenkin apterauksessa, mutta myös muissa työvaiheissa. Tämä yhdessä kovan työtahdin ja nosturin tarkan käsittelyn kanssa aiheuttavat hakkuukonetyön korkean psyykkisen kuormituksen.

Altistuminen korkealle psyykkiselle kuormitukselle saattaa vaarantaa kuljettajan terveyden, estää uusien kuljettajien hakeutumisen ammattiin, heikentää työn laatua ja puunkorjuujärjestelmien toimivuutta sekä vaikeuttaa ikääntyvän kuljettajan selviytymistä työssään. Korkea kuormitus vaikuttaa työn tuottavuuteen ja laatuun. Kuljettajan kyky hallita psyykkisesti kuormittuneena tehtäväkokonaisuuksia heikkenee, suoritus hidastuu ja virheiden määrä lisääntyy. Metsätyöntutkimuksessa keskeisimmät konetyön psyykkistä kuormitusta koskevat tutkimukset on tehty 1970- ja 80-luvuilla.

Metsätyötieteessä metsätyötä ja myöhemmin hakkuukonetyötä on lähestytty aika- ja menetelmätutkimuksen perinteen mukaisesti. Hakkuukonetyön fyysistä ja henkistä suoritusta ei voida kuvata tyydyttävästi kokonaisuutena, jos työpanoksen mittaaminen painottuu yksipuolisesti työhön käytettyyn aikaan. Työn tuottavuuden ja inhimillisten voimavarojen tasapainoinen tarkastelu vaatii monitavoitteista ja -tieteellistä lähestymistapaa.

Metsäteknologisessa tutkimuksessa on pyrittävä edelleen tulosten parempaan yleistettävyyteen. Haasteena on työntekijän suuri vaikutus tuloksiin: kokoneidenkin kuljettajien väliset ajanmenekkieerot ovat suuria. Haasteeseen voidaan vastata kehittyneen työn mallintamisen, simulointiavusteisen tuottavuustutkimuksen ja uuden teknologian, kuten metsäkonesimulaattorin ja metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävän tutkimustiedon keruun, avulla.

Tämän tutkimuksen yleisenä tavoitteena on tuottaa perusteita, joiden avulla hakkuukonetyötä voidaan suunnitella ja muotoilla ihmisen suoritus- ja kehittymisedellytyksiä vastaavaksi. Lisäksi tavoitteena on kehittää aikatutkimusta, etenkin kuljettajakohtaisen vaihtelun hallintaa. Perinteistä aika- ja menetelmätutkimuksen näkökulmaa laajennetaan psykologisella työanalyysillä, joka mahdollistaa työn psyykkisen kuormituksen jäntevän tarkastelun. Tutkimalla työtä ihmisen, työvälineen ja työn kohteen muodostamana kokonaisuutena sekä yhdistämällä erilaisia tutkimustapoja päästään ihmiskeskiseen lopputulokseen.

Tuotannon objektiiviset olosuhteet määräävät viime kädessä työtoiminnan säätelyvaatimukset, ts. suorittavan työn edellyttämän ajattelun ja suunnittelun. Tutkimuksen kohteena on työn suoritus, objektiivinen työn kuvaus. Työn suorittajan subjektiiviset kokemukset rajataan tutkimuksen ulkopuolelle.

Hakkuukonetyötä analysoidaan harvennushakkuussa kuljettajan informaation käsittelyn ja siihen liittyvän psyykkisen kuormituksen näkökulmasta. Kuljettajan tarkastelu informaation käsittelijänä perustuu informaatioteoriaan ja informaation prosessointiteoriaan sekä järjestelmäteoriaan. Hakkuukonetyötä käsitellään dynaamisena prosessina, jonka yksityiskohtainen ohjeistaminen ei ole mielekäästä.

Tutkimuksen päätulos on työpsykologisesta näkökulmasta laadittu kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli sekä sen perusteella laadittu hakkuukonetyön looginen kuvaus. Tutkimus osoittaa, että hakkuukonetyössä ajattelutyön, ts. työn vaatiman ajattelun ja suunnittelun, merkitys on kasvanut, ja että se on nykyisin keskeinen tekijä. Hakkuukonetyön muutos on ollut työn vaatiman ajattelun ja suunnittelun sekä käsityön välisen suhteen muuttumista. Tutkimus osoittaa myös hakkuukoneenkuljettajan mentaalisen kuormituksen ja informaation hallinnan yhteyden.

Tutkimuksen empiirisessä osassa kuljettajakohtaista ajanmenekin vaihtelua tarkastellaan työvaiheiden ja työnosien avulla. Tarkastelussa keskitytään hakkuukonetyön kriittisiin vaikutuskohtiin, joissa sekä itse työprosessiin että sen suorittamiseen voidaan puuttua. Empiirinen tarkastelu osoittaa kuljettajaerojen syntymisen mekanismin ja sen, että osa vaihtelusta johtuu työn vaatimasta ajattelusta ja suunnittelusta. Empiirinen tarkastelu todentaa esitettyjen mallien eheyden. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan perustella uuden aikatutkimusmenetelmän työvaihejako ja analyysin syventäminen rinnakkaisiin työaikoihin ja konetyön osiin siten, että myös hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävä tutkimustiedon keruu on mahdollista yleisenä menetelmänä.

Empiirisessä osassa toteutettiin kolme järjestettyä koetta. Ensimmäinen koe luotiin laajasta, harkinnanvaraiseen leimikoiden satunnaisotantaan perustuvasta aikatutkimusaineistosta. Kaksi muuta koetta järjestettiin varsinaisina kenttäkokeina, joissa tutkimustietoa kerättiin hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävällä tutkimustiedon keruulla rinnakkain perinteisen, työntutkijan ja maastotiedonkeruulaitteen muodostaman menetelmän kanssa. Kenttäkoejärjestelyt, joissa hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävä tutkimustiedon keruu oli mukana, olivat uraauurtavia.

2 KATSAUS TYÖNTUTKIMUKSEEN

2.1 Työ

Suomalainen käsitys työstä perustuu protestanttiseen uskonpuhdistukseen, joka painotti yrittämistä ja työteliäisyyttä elämän asenteena. Muutokseen liittyi moraalinen kehittyminen: kuralainen ihmistyyppi korvasi välittömiin tarpeisiinsa suuntautuneen ihmisen. (Karisto ym. 1988, s. 90–91) Uskonpuhdistuksen mukainen kapitalismin henki tarkoitti, että työstä oli tehtävä itsetarkoitus ja että koko elämä oli järjestettävä taloudellisen hyödyn tavoittelemiseksi (Weber 1980, s. 33–46).

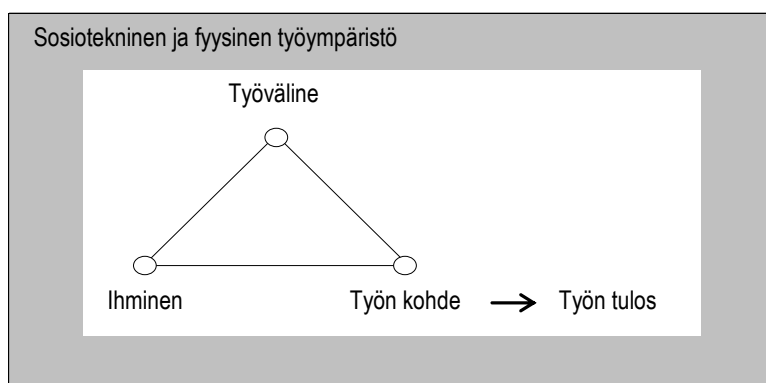
Työhön liittyvät asenteet alkoivat muuttua 1800-luvun lopulla protestanttisen etiikan mukaisesta painotuksesta. Rahataloudesta tuli vaikuttavampi tekijä eikä työ enää nivoutunut yhteen vapaa-ajan kanssa. Palkkatyösuhteessa työntekijän oli yhä vaikeampi uskoa työhön kutsumuksena ja olemisen perimmäisenä tarkoituksena. (Kuusi 1974, s. 153)

Suomenkielen perussanakirja (1994, s. 389) määrittelee työlle kaksi eri merkitystä. Toisaalta työ on ihmisen tietoisesti jonkin tehtävän suorittamiseen tähtäävä toiminta, työnteko, työskentely tai toiminta. Toisaalta se on kova, ankara ponnistus, urakka, uurastus, aherrus, raadanta tai vaiva ja vaivannäkö.

Työ on tavoitteellista toimintaa, jonka tuloksella on merkitystä ja käyttöarvoa myös muille kuin tekijälle itselleen. Työssä ihminen muokkaa apuvälineiden avulla työn kohdetta haluamukseen tuotteeksi. Kohteena voi olla aine, energia tai informaatio. Työprosessissa työn kohde viedään lähtötilasta välitavoitteiden kautta lopputilaan. Työntekijä, jolla on tietty tahto ja taito, työskentelee yhteistyössä muiden kanssa osana tavoitteita toteuttavaa organisaatiota. (Pöyhönen ym. 1982, s. 3)

Tavoitteellisella toiminnalla tarkoitetaan sitä päämäärää, jonka yksilö pyrkii saavuttamaan. Käsitteenä se on läheistä sukua tarkoitukselle ja filosofiassa käytetylle termille intentio. Muita tässä yhteydessä käytettyjä käsitteitä ovat mm. suoritusstandardi (mitta arvioida suoritusta), erä (pienin määrä työtä tai tuotantoa), työnormi (ryhmän määrittämä hyväksyttävän käyttäytymisen standardi), päämäärä (toiminnan tai toimintasarjan perimmäinen päämäärä), deadline (aikaraja tehtävän suorittamiseksi) ja budjetti (koulutuspäämäärä tai -raja). Perusoletus on, että tavoitteet ovat työntekijän toiminnan välittömiä ohjauksia. (Pöyhönen ym. 1982, s. 4)

Muuttaessaan työn kohdetta ihminen muuttaa myös itseään, sillä työn tuloksilla hän tyydyttää tarpeitaan (kuva 1). Niiden tyydyttäminen suuntaa ihmisen puolestaan uusiin kohteisiin. Työvälineenä voi olla niin vasara kuin tietokoneohjelmakin. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 8)



Kuva 1. Yksittäisen ihmisen työ. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 8)

2.2 Työntutkimus

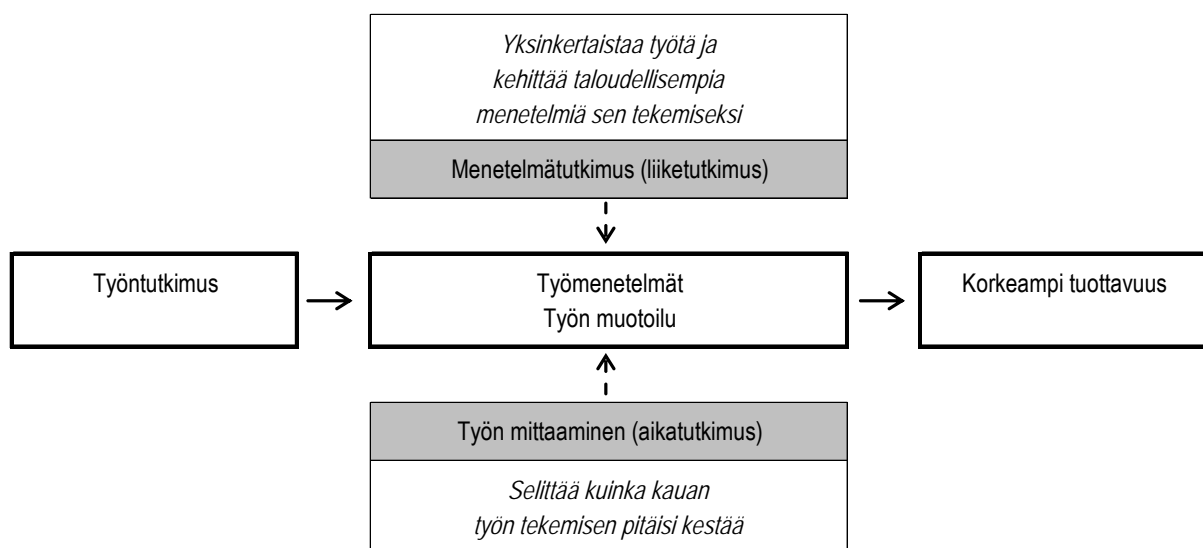
Nykyisen työntutkimuksen lähtökohtana on Frederick Taylorin 1900-luvun alussa käynnistämä suuntaus, tieteellinen liikkeenjohto. Pukkilan (1959, s. 18–20) mukaan työntutkimus on eräs rationalisoinnin ala, tuottavuuden kohottamiseen käytetty työtapa. Ajan hengen mukaisesti se kuvattiin seuraavasti: ”...*tarkka ja tieteellisellä pohjalla suoritettu työnsuoritustavan seikkaperäinen tutkiminen sen yksinkertaistamiseksi ja parantamiseksi sekä nopeimman ja parhaimman menettelytavan löytämiseksi. Työntutkimuksen päämääränä on lisäksi sen ajan määrittäminen, mikä työn suorittamiseen normaalisuorituksena tarvitaan.*”

Työtä on tutkittu ja kehitetty kahdessa tarkoituksessa. Toisaalta on pyritty tuottavuuden ja toisaalta henkilöstön hyvinvoinnin lisäämiseen. Nykyisin tavoitteena on ottaa molemmat näkökulmat huomioon hallitun sosioteknisen muutoksen yhteydessä. Kokemus on opettanut, että tavoitteet tukevat toisiaan. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 1)

Työn tutkiminen on hallitun sosioteknisen muutoksen työväline. Sosiotekninen ajattelu tarkoittaa, että ihmisistä muodostuvaa sosiaalista ja teknologiasta muodostuvaa teknistä järjestelmää kehitetään tasapuolisesti. Tyypillisimmillään työn analysointia tarvitaan työnkulun, työmenetelmän sekä organisaation työsisältöjen ja työnjaon arvioinnissa ja suunnittelussa. Suuntana ovat kattavat analysointitekniikat, joissa yhdistetään ihmisten tuntemusten kartoitus työprosessien kuvaukseen. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 6)

Työntutkimus sisältää kaksi osa-aluetta (kuva 2). Menetelmätutkimus etsii ihanteellista tai parasta menetelmää työn tekemiseksi. Työstä tutkitaan työn suorittamiseksi välttämättömiä liikkeitä, niiden kestoja, suoritusta ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuskohteena voivat olla myös erilaiset työsarjat, jotka koostuvat perusliikkeistä. Työn mittaaminen pyrkii löytämään standardiajan, mikä vaaditaan työn tekemiseen. Molempien osa-alueiden tavoite on kohottaa työn tuottavuutta. (Kärkkäinen 1971, s. 11, Ghorpade 1988, s. 13)

Ulkoisia toimintavaatimuksia (”mitä näyttää tapahtuvan”) analysoidaan perinteisillä työntutkimustekniikoilla, kuten esi-, menetelmä- ja aikatutkimuksella ja kuvataan esimerkiksi työnkulkukaaviolla. Työn tavoiterakennetta ja koettua sisältöä (”mitä henkilö sanoo ja kokee tekevänsä”) analysoidaan selvittämällä henkilön lähtötiedot, hänen hahmottamansa työn tavoitteet ja välitavoitteet sekä keinot niiden saavuttamiseksi. Työn koettua sisältöä selvitetään työn piirteitä koskevilla kysymyksillä. Työn emotionaalisia seurauksia (”miltä tuntuu”) analysoidaan kuormitus- ja tyytyväisyysmittauksilla. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 18)



Kuva 2. Työntutkimus ja sen osa-alueet. (Ghorpade 1988, s. 14)

Ergonomia tutkii ihmisen, työympäristön, työn tuottavuuden ja tuotoksen vuorovaikutuksia. Vaikka ergonomisen tutkimuksen tavoite on positivistinen ja arvovapaa tiede, näkyy vallitseva arvomaailma tutkimuskohteen, -otteen ja tutkittavien muuttujien valinnassa. Nykyisin informaatioyhteiskunnassa keskitytään informaatioergonomiaan tavoitteena informaation käsittelyn tehostaminen. (Harstela 1999a, s. 210, ks. myös Ivergård 1969)

Amerikkalainen ergonomia, inhimillinen tekniikka ja myöhemmin inhimilliset tekijät huomioonottava tekniikka on kehittynyt pääosin psykologisista lähtökohdista. USA:n armeijan ilmavoimat ja merivoimien tutkimusosasto ovat tukeneet psykologisen suunnittelun tutkimusta. Inhimilliset tekijät huomioonottava tekniikka -tutkimusperinteessä tarkastellaan yleensä ihmisen ja ihmisen tekemän maailman välistä suhdetta ihminen-kone-järjestelmänä. Tarkastelu laajennetaan monesti ihminen-kone-ympäristö-järjestelmäksi. (Harstela 1979, s. 11, ks. myös Harstela 1993 ja 1996 sekä Samset 1992, s. 34–35)

Eurooppalaisen ergonomian lähtökohdat ovat enemmän fysiologiassa. Lähtökohtana on ollut työn raskaus ja sen poistaminen tutkimalla esimerkiksi, millainen lapion varsi on vähiten kuormittava ja työn tuloksen kannalta tuottavin. Perinteiset työfysiologia ja -psykologia ovat lähellä ergonomiaa. (Murrell 1982, s. 9, Harstela 1979, s. 9, Teikari 1989, s. 93)

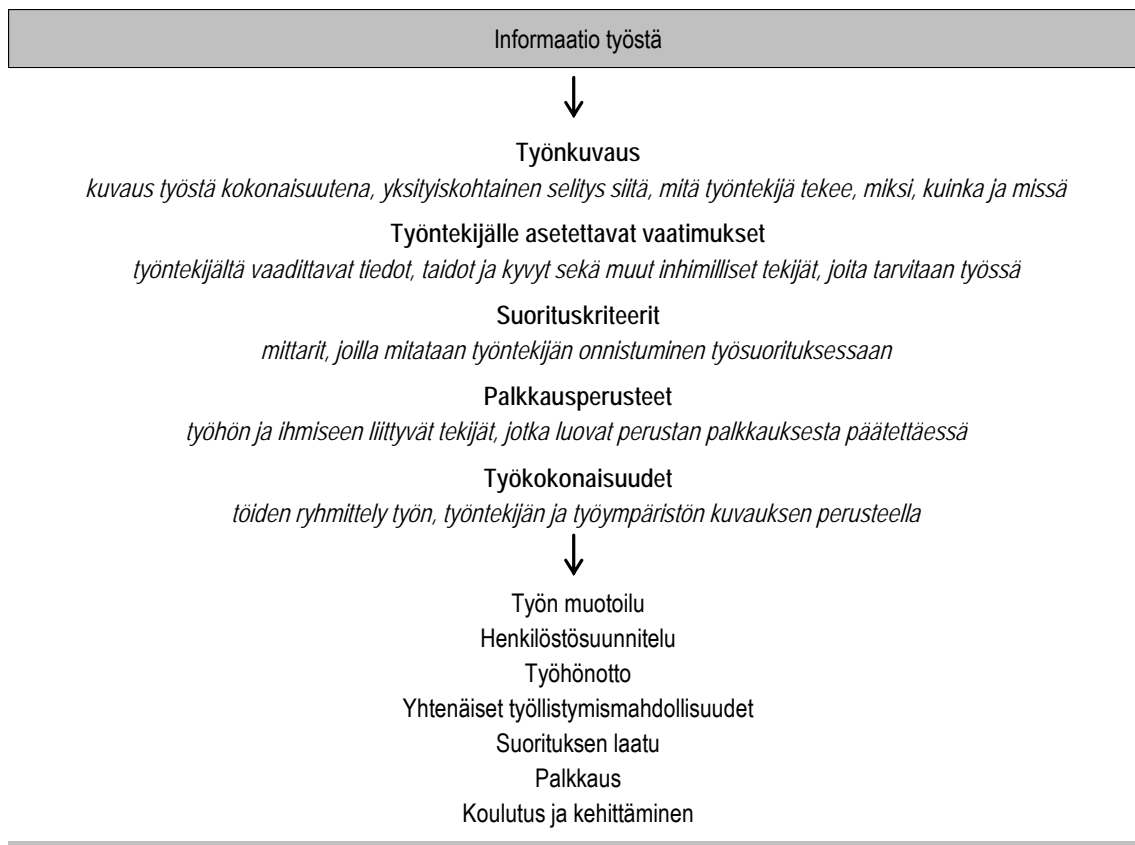
Ergonomisia parannuksia ja uudistuksia ehkäiseviä tekijöitä ovat ihmisen joustavuuden käyttäminen väärin, tiedon puute, väliaikaisen välineen tai menetelmän vakiintuminen, pitäytyminen tottumuksissa, muoti, saamattomuus ja epäluuloisuus sekä kustannusnäkökulma. Mukautuvimpana osana prosessia ihminen on joutanut fyysisesti ja psyykkisesti koneiden ja laitteiden asettamien vaatimusten mukaisesti. Ihminen oppii, omaksuu ja kestää tarvittaessa toimintamuotoja, jotka ovat ergonomisessa mielessä keinotekoisia. (Ergonomia... 1970, s. 22–24) Sama asia voidaan kuvata laajempaan ilmiönä kulttuurisen ja biologisen evoluution ristiriitana (Kuusi 1991, s. 60–63).

Psykologinen työanalyysi arvioi yksittäisten työntekijöiden työtoimintoja tietyissä työpi-teissä inhimillisen toiminnan yleisen rakenteen näkökulmasta. Se tutkii työn kielteisiä ja myönteisiä vaikutuksia ihmisiin. (Volpert ym. 1988a, s. 4) Analyysi voi kohdistua toimeksiantojen ja niiden suoritusehtojen, toteutettujen työtoimintojen ja niiden ulkoisten ja henkilökohtaisten vaikutusten analysointiin, arviointiin tai muotoiluun. Kun työsisältöjä arvioidaan ja analysoidaan toimeksiantojen toimintavaatimusten kokonaisuuksina, saadaan selville, onko mahdollista kehittää työn tuottavuutta edistäviä, kuormitukseltaan optimaalisia sekä terveyttä että persoonallisuutta edistäviä työsisältöjä. (Hacker ym. 1988, s. 3)

Tehtävä on työn sisällön perusfunktio. Se on tavoitteellinen kokonaisuus, joka toteuttaa tiettyä perusprosessiin liittyvää tarkoitusta. Osatehtävä on tietty toiminta, joka palvelee rajattua tarkoitusta. Se on pienin vaihe, johon työ on käytännöllistä jakaa ilman, että analysoidaan erillisiä liikkeitä. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 11)

Työanalyysin tehtävä on tuottaa henkilöstöhallinnon ammattilaisille työhön liittyvä tietoa (kuva 3). Se kokoaa, analysoi ja syntesoi työhön liittyvä tietoa organisaation sisällä. Tuotettua tietoa voidaan käyttää mm. organisaation suunnittelussa ja rakentamisessa, henkilöstöhallinnassa, palkkausjärjestelmissä, työhönotossa ja koulutuksessa. (Ghorpade 1988, s. 2–6, ks. myös McCormick & Ilgen 1987, s. 38–42)

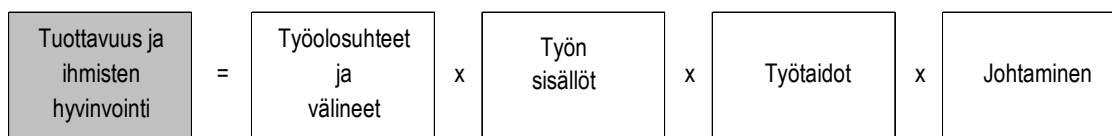
Työn muotoilu tarkoittaa yksittäisen työntekijän tai työntekijäryhmän tehtäväkokonaisuuden muuttamista. Työn laajentamisessa työn vaatimia taitoja ja työkokonaisuutta kehitetään yhdistämällä tehtäviä uusiksi ja laajoiksi kokonaisuuksiksi. Uuden työkokonaisuuden tekee yksi työntekijä. Hänen taitovaatimuksensa kasvavat. Horisontaalisessa työn laajentamisessa työntekijän aiemmin tekemiin työtehtäviin lisätään ajatteluvaatimuksiltaan samantasoisia tehtäviä. Kun työtä laajennetaan vertikaalisesti eli työtä rikastetaan, työtehtäviin lisätään vaativampia tehtäviä. Työtä voidaan laajentaa myös työkierron avulla. (Vartiainen & Kallio 1991, s. 38)



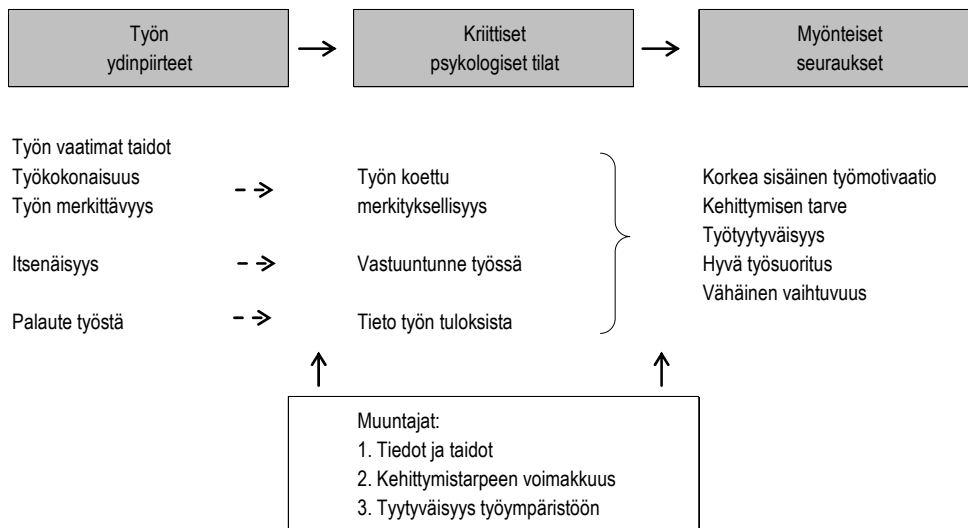
Kuva 3. Työanalyysin ja henkilöstöhallinnan suhde. (Ghorpade 1988, s. 6–7)

Työn rikastamisessa työtä kehitetään lisäämällä työntekijän itsenäisyyttä. Esimiesten ja työsuunnittelun valtaa ja vastuuta jaetaan organisaatiossa alemmalle hierarkiatasolle, jolloin työn suunnittelun ja toteuttamisen kuilu pienenee. Työtä voidaan rikastaa mm. antamalla työntekijän itse päättää aikataulusta, menetelmistä ja työvälineistä sekä siitä, milloin ja kuinka työn laatu tarkistetaan. (Vartiainen & Kallio 1991, s. 38)

Työn muotoilun tavoitteet voidaan pelkistää tuottavuuden ja ihmisten hyvinvoinnin kehittämiseen. Tavoite koostuu neljästä osa-alueesta, jotka ovat työolosuhteet ja välineet, työn sisällöt, työtaidot ja johtaminen (kuva 4). Tämä lähestymistapa korostaa eri osa-alueiden vuorovaikutusta. Osa-alueiden yhteydet esitetään laadullisten arvosanojen tulona, koska kokonaistavoitteen saavuttaminen edellyttää kaikkien osa-alueiden hyvää ja tasapainoista hallintaa. (Teikari 1989, s. 16–17)



Kuva 4. Työn muotoilun tavoitteet. (Teikari 1989, s. 16–17)



Kuva 5. Työn piirteet ja niiden vaikutus. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 46)

Herzberg (1966) on esittänyt ns. Motivaatio-hygieniateorian, joka jakaa työnpiirteet motivaatio- ja hygieniatekijöihin. Sisäisiä motivaatiotekijöitä eli työntekijän työtyytyväisyyden ja motivaation lähteitä ovat tunnustus työstä, tulosten saavuttamisen tunne, vastuu, edistyminen ja henkilökohtaisen kehittymisen mahdollisuus. Työn ulkoisia hygieniatekijöitä ovat mm. työolot, työnjohto ja palkkaus. Työntekijän motivaatiota voidaan parantaa lisäämällä motivaatiotekijöitä – hygieniatekijöiden parantaminen poistaa vain tyytymättömyyden aiheita. Karasekin (1979) mukaan psyykkiseen kuormittuneisuuteen vaikuttavat työn vaatimukset ja itsenäisyys. Itsenäisyys tarkoittaa mahdollisuutta vaikuttaa omaan työhön, sen sisältöön, tekemisen tapaan ja järjestykseen.

Työn piirteiden ja niiden vaikutusten mallin mukaan (kuva 5) kolme kriittistä psykologista tilaa (työn koettu merkityksellisyys, vastuuntunne työssä ja tieto työn tuloksista) mahdollistavat myönteiset seuraukset sekä yksilön että työn kannalta. Kriittiset psykologiset tilat muodostuvat työn ydinpiirteistä. Piirteistä työn vaatimat taidot, työkokonaisuus ja työn merkittävyys lisäävät koettua merkityksellisyyttä, itsenäisyys lisää vastuuntunnetta työstä ja runsas palaute tietoa työn tuloksista. Myönteisten tulosten toteutumiseksi on kaikkien kolmen kriittisen psykologisen tilan esiinnyttävä samanaikaisesti. Malli ei toimi samalla tavalla kaikilla henkilöillä, vaan yksilölliset erot ihmisten välillä on otettava huomioon. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 47)

2.3 Metsätyöntutkimus

”Metsätyöntutkimuksen samoin kuin kaiken muunkin työntutkimuksen alkuperäinen ja tärkein päämäärä on metsätöiden rationalisoiminen, jolla tarkoitetaan työn järjestämistä siten, että saavutetaan mahdollisimman suuri työn tulos mahdollisimman pienellä energian kulutuksella ilman työmiehen liikeyritystä.” (Aro 1945a, s. 16)

Teollisuuden työntutkimusta nuorempi metsätyöntutkimus omaksui alkuaikoinaan teollisuudessa käytetyt menetelmät, joiden pyrkimyksenä oli normaalisuorituksen ja urakkapalkan määrittäminen. Varsinkin metsätyöntutkimuksen uranuurtajamaassa Saksassa tämä suuntaus on ollut vahva. Pohjoismainen metsätyöntutkimus ei ole hyväksynyt kritiikittömästi kaikkia teollisuuden työntutkimuksissa käytettyjä keinoja. (Makkonen 1954, s. 4)

Metsätyöntutkimuksen tavoite on hankkia järjestelmällistä tietoa metsätyöstä, siihen osallistuvista ihmisistä, koneista, laitteista ja työoloista sekä toisaalta niiden välisistä suhteista. Se

ottaa huomioon sosiaaliset, psykologiset ja fysiologiset näkökohdat. Tavoitteena on ollut perinteisesti työn tuottavuuden parantaminen, työn koneellistaminen, korjuukustannusten alentaminen ja palkkaperusteiden määrittäminen. (Harstela 1971, s. 4, Kärkkäinen 1971, s. 7, Haarlaa ym. 1984, s. 7–8, Granvik 1993, s. 348, ks. myös Nordisk... 1978, s. 47 sekä Skoglig... 1963, s. 26, Guide... 1963)

Suppeassa merkityksessä työsuorituksen inhimillinen panos on fyysisten ja psyykkisten toimintojen kokonaismäärä. Näiden toimintojen seurauksena ihmisen elimistön tila poikkeaa lepoaikaisesta tasapainotilasta eli ihminen kuormittuu. Lepoaikainen tasapainotila saavutetaan uudelleen työntekijän palautuessa esimerkiksi lepoaikana. (Harstela 1979, s. 15, Haarlaa ym. 1984, s. 23)

Psyykkinen panos koostuu suorituksen vaatimasta ajatustyöstä ja aisti-informaation tulkinnaista sekä niiden pohjalta tapahtuvasta lihastoiminnan ja muun käyttäytymisen hallinnasta suorituksen aikana. Psyykkinen toiminta voi ohjautua monien suorituksesta riippumattomien inhimillisten ominaisuuksien mukaan. Näitä ovat mm. tiedolliset ja taidolliset kyvyt, luonteenpiirteet, asenteet ja emotionaaliset tekijät. (Harstela 1979, s. 15, Haarlaa ym. 1984, s. 24, ks. myös Harstela 1996)

Aika- ja tuotostutkimus

Aro (1945b, s. 28) totesi metsätyöntutkimuksen alkuaikoina, että aikatutkimukset ovat tärkein ja eniten käytetty tutkimusmenetelmä metsätyöntutkimuksessa. Tällä hän tarkoitti työn tarkkaa, jatkuvaa havainnointia ja siihen ja sen osiin kuluvan ajan sekä sen aikana suoritettujen työn tuloksen mittaamista.

Pohjoismaiden sopiman metsätyöntutkimussanaston (Nordisk... 1978, s. 48, ks. myös Appelroth 1982 ja Forest... 1995) mukaan aikatutkimus on työntutkimus, jossa määritetään ajankäyttö. Tuotostutkimus on työntutkimus, jonka tarkoituksena on määrittää tuotettu työ-määrä tietyssä aikayksikössä. Aikatutkimuksen lisäksi tutkimukseen sisältyy tuotetun määrän mittaaminen.

Ensimmäiset hakkuukoneiden maksuperustetutkimukset tehtiin 1970-luvun puolivälissä. Laajamittaisesti niitä on hyödynnetty maksurakenteiden perustana 1980-luvun alusta alkaen. Aikaisemmin hakkuukoneiden tekninen kehitys oli nopeaa, koneiden tyypit muuttuivat ja niiden käyttövarmuus oli heikko. (Kahala 1995, s. 12)

Tuotos on hyödyke- tai tuotemäärinä ilmaistava toiminnan tulos. Se voi olla myös jonkin tuotantajakson aikana saavutettujen tuotannon tulos. Silloin se on tavallisesti tuotannossa esiintyvien keskeytysten vuoksi alhaisempi kuin keskimääräinen tuottavuus. (Nordisk... 1978, s. 48) Tuottavuus on riippumaton kannattavuudesta (Kärkkäinen 1975, s. 22).

Kun koneiden työskentelyä ja tuottavuutta tutkitaan, selvitetään tuloksissa usein esiintyvä kuljettajien välinen suuri vaihtelu monesti vajavaisesti, vaikka muut koeolosuhteet vakioitaankin tarkasti. Tuottavuustason vaihtelun ja poikkeamien selitetään johtuvan kuljettajien erilaisesta työkokemuksesta tai koulutustasosta, mahdollisista motivaatio- ja asennoitumiseroista ja palkkausmuodoista. (Leskinen & Mikkonen 1981, s. 7, ks. myös Gullberg 1995 ja Ovaskainen ym. 2004)

Kokoneidenkin hakkuukoneenkuljettajien väliset tuottavuuserot ovat suuret, jopa 40 % (Kariniemi 2003, s. 19). Tuottavuuseroihin vaikuttavat työolojen lisäksi kuljettajien erot kokemuksessa, työn hahmottamisessa ja motoriikassa. Rungon koko ja kuljettaja ovat tärkeimmät hakkuukonetyön tuottavuuteen vaikuttavat tekijät. (Siren 1998, s. 2–3, s. 40–41)

Menetelmätutkimus

Puunkorjuun koneiden ja menetelmien tutkimus- ja kehitystyö alkoi 1940-luvun lopulla, jolloin puutavaran korjuu- ja kuljetus alkoivat nopeasti koneellistua (Kahala 1996, s. 162). Menetelmätutkimusta käytetään työmenetelmien määrittämiseksi ja analysoimiseksi. Yleensä tavoitteena on niiden kuvaus ja parantaminen. Työmenetelmien tutkimiseen liittyvä ajanmenekin määrittäminen luetaan aikaututkimukseksi. (Nordisk...1978, s. 47, ks. myös Kärkkäinen 1971, s. 18)

Järjestelmällinen työmenetelmän analysointi johtaa parempaan tulokseen kuin jäsentymättömään kokemukseen perustuva menetelmän muuttaminen. Työmenetelmää voidaan kehittää yhdistämällä tai erottamalla työvaiheita sekä muuttamalla niiden järjestystä ja yksinkertaistamalla niiden suoritusta. Käytännössä kannattaa keskittyä sellaisiin työtehtäviin, jotka muodostavat suuren osan kokonaistyöpanoksesta, ja jotka rajoittavat työn toteuttamista tai jotka ovat raskaita tai vaarallisia. (Kärkkäinen 1971, s. 18–19)

Joutuisuus

Teollisuuden työntutkimuksessa työntekijän vaikutusta tuloksiin on hallittu joutuisuus-käsitteellä, jolla tarkoitetaan työskentelynopeutta eli havaitun ja normaalin työsuorituksen välistä suhdetta. Joutuisuus on työkyvyn ja -motivaation yhdistelmä. (Haarlas ym. 1984, s. 22–23) Joutuisuuskerroin määritetään arvioimalla työntekijän ominaisuudet sekä liikenopeudet ja työtyyli tai mittaamalla. Kertoimen määrittämisen kontrolloitavuus on ollut yleensä heikko. (Kärkkäinen 1975, s. 101–102, s. 108–109)

Makkonen (1954, s. 5) toteaa joutuisuuden määrittämisestä metsätyössä seuraavasti: ”*Metsätyömiehen joutuisuuden määrittäminen teollisuuden työntutkimuksissa käytetyin menetelmin tai jollakin muulla tavoin on mahdottomuus. Henkilö, joka luulee siihen kykenevänsä, uskoo omaavansa ylikuonnollisia kykyjä. Edellä sanotusta on myös seurauksena, että metsätyöiden aikaututkimuksilla ei voida määrittää normaalisuoritusta eikä laskea absoluuttisia urakkapalkkoja.*”

Aro (1945a, s. 17) luettelee ne metsä- ja teollisuustyön erot, jotka estävät joutuisuuden käytön metsätyöiden tutkimisessa seuraavasti:

Teollisuustyössä	Metsätyössä
<ul style="list-style-type: none">• kutakin tai muutamaa työvaihetta varten on työntekijänsä• työn kohde siirtyy työntekijän luokse• työn suorittamisjärjestys on tavallisesti määrätty etukäteen• työn kohde on yleensä jatkuvasti samanlaista• ulkoiset olosuhteet ovat vakiot	<ul style="list-style-type: none">○ sama työntekijä suorittaa kaikki erilaiset vaiheet○ työntekijä siirtyy kohteelta toiselle○ ei ole määrätty, missä järjestyksessä eri työvaiheet on suoritettava○ se on ominaisuuksiltaan hyvin vaihteleva○ ne ovat hyvin vaihtelevat.

Joutuisuuden määrittäminen työntutkimuksessa on subjektiivista ja metsätaloudessa esiintyvien vaihtelevien työolosuhteiden vuoksi erittäin vaikeaa. Pohjoismaiden Metsätyöntutkimusneuvoston (NSR) jäsenjärjestöt ovat päättäneet, ettei joutuisuuden määrittelyä käytetä metsätaloudessa aikaututkimusten eikä tuotoksen mittausten yhteydessä. Joutuisuuden määrittely on mahdollista ainoastaan, jos se on erityisnäkökohtien vuoksi tarpeellista. International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) on tehnyt vastaavan päätöksen vuonna 1955. (Nordisk... 1978, s. 46)

Vertaileva aikatutkimus

Vertailevan aikatutkimuksen periaatteen mukaan eri työmenetelmien ajankäytön suhteet ovat työntekijästä riippumatta jokseenkin samat, kun käytetään samaa työntekijää vertailtavissa työmenetelmissä tai olosuhteissa. Samoin työolojen suhteelliset vaikutukset ajankäyttöön käytettäessä samaa työmenetelmää ovat lähes riippumattomat. Periaate koskee ihmisen tekemää työtä. (Harstela 1975, s. 7–8, Haarlaa ym. 1984, s. 14, ks. myös Appelroth 1986, Harstela 1988 ja Samset 1990)

Harstelan (1975, s. 95–96, ks. myös Haarlaa ym. 1984, s. 14–15) tutkimustulosten perusteella vertailevan työntutkimuksen periaatetta voidaan soveltaa sitä paremmin, mitä lähempänä työmenetelmät ovat luonteeltaan toisiaan eli edellyttävät työntekijältä samojen kykyjen käyttöä. Tarvittavien koehenkilöiden määrä on pienempi, kun vertailtavat menetelmät ovat lähellä toisiaan ja koehenkilöt ovat keskimääräisiä työntekijöitä työhön vaadittavilta ominaisuuksiltaan. Työvaikeustekijöiden vaikutus myös suhteellisiin työntutkimustuloksiin on suuri. Lisäksi työpäivän pituuden tulisi olla normaalia työpäivää vastaava.

Makkonen (1954, s. 6–7, 15) perusti vertailevan aikatutkimuksen oletamaan, että metsätyömiesten suoritustaso ei oleellisesti vaikuta eri metsätöiden vaatiman työajanmenekin suhteeseen. Jos eri metsätöiden vaatiman työajanmenekin suhde oli kahdella työntekijällä sama, katsottiin tulokseen voitavan luottaa. Muutoin seurattiin useampia työntekijöitä. Aikatutkimuksen onnistumisen edellytyksenä oli kaikkien työvaikeustekijöiden riittävän tarkka luokittelu. Vertailevan aikatutkimuksen päämääränä oli, että työntekijä pääsee suorittamastaan työstä ja työskentelyolosuhteista riippumatta yhtä pitkinä työpäivinä yhtä suureen päiväänsioon.

Aro (1945b, s. 32) toteaa tutkittavien työmiesten harjaantuneisuudesta, että heidän tulee olla työhön tottuneita ja keskinkertaisia tuloksia saavuttaneita. Toisinaan saattaa olla vertailun vuoksi tarpeellista tutkia myös ennätysmiehiä tai heikkoja työntekijöitä. Kahala (1969, s. 11, ks. myös Kärkkäinen 1973) toteaa asian siten, että tutkimukseen valittavien hakkuumiesten tulee olla ammattitaitoisia ja suoritustasoltaan keskinkertaisia. Ns. hyvä työntekijä osaa työnsä ja häneltä tulevat eri menetelmien väliset suhteet melkoisella todennäköisyydellä oikeiksi.

Kuitto ym. (1994, s. 8) toteavat hakkuukonetyön tuottavuustutkimuksessaan, että aikatutkimuksen tulokset analysoidaan vertailevan aikatutkimuksen periaatteen mukaisesti, eli saman kuljettajan ja koneen työajanmenekkejä tarkastellaan eri olosuhteissa. Tutkimuksen tavoite oli tuottaa ajantasaisia tuottavuusfunktioita.

2.4 Puunkorjuuryrittäminen

Metsäteollisuuden puuhuolto perustuu puunkorjuu- ja puutavara-autoyrittäjien palveluihin. Valtaosalla puunkorjuuryrittäjistä on yksi tai kaksi koneketjua (hakkuukone ja kuormatraktori). Puunkorjuuyritys on itsenäinen liiketoiminnallinen yksikkö, jonka on tuotettava liikevoittoa. Toiminnassa ovat korostuneet joustavuus ja kehittämismyönteisyys. (Uusitalo 2003, s. 93–94, ks. myös Korjuun... 2005)

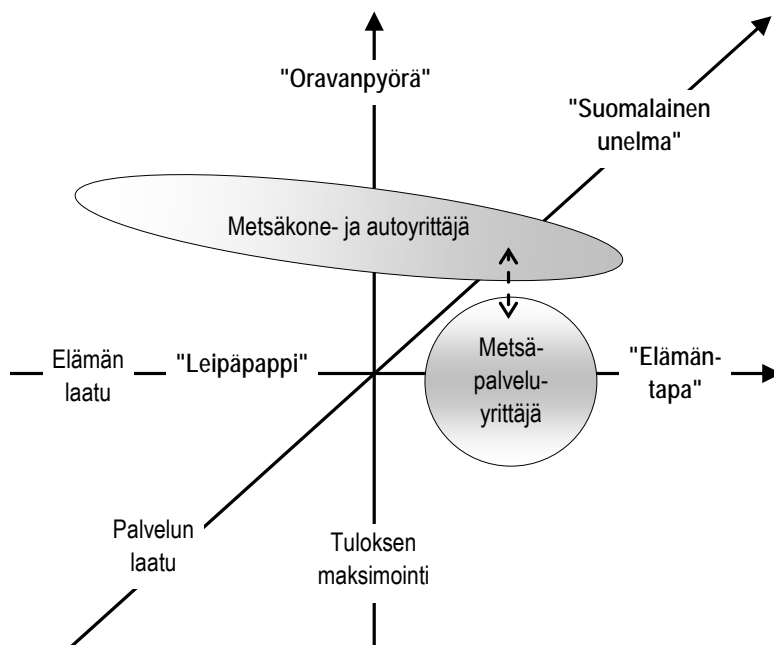
Puunkorjuuyritysten rooli korostuu puunhankinnassa entisestään. Toiminta perustuu kehittyneisiin tietojärjestelmiin ja ajantasaiseen tiedonsiirtoon, tarkkoihin laatuvaatimukseen, laadukkaaseen työhön sekä asiakaslähtöiseen ja yrittäjävetoiseen toimintaan. (Kariniemi 1998, s. 3) Puunkorjuuryrittäjiltä edellytetään teknistä osaamista hakkuukoneiden mittausslaitteiden automatiikasta, liiketaloudellista tietämystä sopimusneuvotteluissa, metsänhoidollista asiantuntemusta puiden valinnassa ja leimikoiden suunnittelussa, ekologista näkemystä luonnon monimuotoisuuden huomioonottamisessa ja ihmistuntemusta henkilövalinnoissa ja keskusteluisa metsänomistajien kanssa työn toteutuksesta (Kanninen 1996a, s. 83–84, ks. myös Filipsson & Petersson 1994 ja Pontén 2000).

Koneellistamisen ja siihen liittyvän rationalisoinnin eteneminen on ollut voimakasta. Esi-merkkejä muutosprosessin riittämättömästä hallinnasta ovat puunkorjuuyrittämisen reunaeh-
tojen nopea muutos sekä yrittäjiin kohdistuneet paineet ja niistä aiheutuneet terveydelliset on-
gelmat. Kehityskulku on kuitenkin suhteutettava kunkin aikakauden teknisiin ja taloudellisiin
mahdollisuuksiin sekä yhteiskunnan muuttuviin arvoasetelmiin. Korjuun muutosprosessi on
ollut osa laajempaa yhteiskunnallista kehitystä. (Hakkila 1996, s. 14–15)

Puunkorjuuyrittäjän kannattaa panostaa asiakaspalveluun, eriyttää toimintaansa markkina-
tilanteen mukaan ja etsiä yritykselle sopivat markkinat (Mäkinen 1993, s. 19). Laaja-alainen
urakointi (myös avain-, alue- tai pääyrittäjämalli) tarkoittaa, että korjuun toteuttamisen koko-
naisvastuu siirtyy yhä enenevässä määrin toimeksiantajalta (puunhankintaorganisaatio) palve-
lun tarjoajalle (puunkorjuuyrittäjä). Puunhankintaorganisaatiot ovat myös keskittämässä so-
pimussuhteitaan aikaisempaa harvemmille ja suuremmille yrityksille. Vaativa toimintaympä-
ristö edellyttää toimeksiantaja-palvelun tarjoaja-suhteen ylläpitoon yhteistyöhakuisia toimin-
tamalleja. (Högnäs 1998, 2000 ja 2003, ks. myös Harstela 1999, Högnäs & Vuorenpää 2004
ja Ala-Fossi ym. 2004)

Yrittäjyyden toimintakenttä voidaan muodostaa tuloksen maksimoinnin sekä elämän ja
palvelun laadun mukaan (kuva 6). Tuloksen maksimoinnilla tarkoitetaan määräpainotteista ja
lyhytjänteistä tuloksen tavoittelua. Elämän laatu käsittää työn sisällön ja mielekkyyden sekä
vapaa- ja työajan tasapainoisen yhdistämisen. Palvelun laatu on asiakaslaadun täyttämistä sit-
ten, että liiketoiminta on kannattavaa ja pitkäjänteistä. Verkottuminen eri yritysten välillä täy-
dentää eri toimijoiden palveluntarjontaa. Malli perustuu laadulliseen tutkimusaineistoon. (Ka-
riniemi & Rajamäki 1998, s. 6)

”Suomalainen unelma” merkitsee ’rehellisellä’ työnteolla saavutettua, oikeudenmukaiselta
tuntuvaan tulosta, jossa yhdistyvät yhteisön arvostus sekä turvattu talous. Toiminnallisesti tämä
tavoitetila kuvaa yrittäjän ja hänen henkilöstönsä ammattimaisuutta, jonka avulla korkeat laa-
tutavoitteet saavutetaan. ”Elämäntapayrittäjä” ’nauttii’ yrittämisestä ja painottaa voimakkaasti
myös muita kuin taloudellisia tekijöitä. Näitä voivat olla muun muassa vapauden tunne, itsel-
lisyys, työskentely tietyllä paikkakunnalla, mahdollisuus vaikuttaa työn sisältöön sekä vapaa-
ja työajan hallittu yhdistäminen.



Kuva 6. Yrittäjyyden toimintakenttä.

”Oravanpyörää” ’tahkoava’ yrittäjä tekee mahdollisimman suurta määrällistä suoritetta ras-kaalla pääomasitteella. Työmäärä on ylisuuri. Liiketoiminnallisen kannattavuuden tarkaste-lun aikajänne on lyhyt ja toiminnallinen vapaus pieni. ”Leipäpappi” ’puurtaa’ yrittäjänä osit-tain vasten tahtoaan, esimerkiksi vaihtoehtona työttömyydelle. Todellisuudessa hän ei ole yrittäjähenkkinen. Tällaisessa yrittäjyydessä toiminnallinen vapaus on pieni ja mahdollisuudet vaikuttaa työn sisältöön ovat rajalliset. Menestyvälle yrittäjyydelle ei ole edellytyksiä.

2.5 Metsäkoneenkuljettaja

Metsäkonetyön ammatillisia erityispiirteitä ovat itsenäisyys ja työskentely yksin luonnon kes-kellä sekä istumatyö usein hankalassa asennossa. Metsäkoneenkuljettajalle tunnusomaisia piirteitä ovat mm. käytännöllinen lahjakkuus, tasaisuus, voimakastahtoisuus ja maltin säilyt-täminen vaikeissakin tilanteissa. (Kanninen 1989, s. 70, ks. myös Kanninen 1988)

Metsäkoneenkuljettajista ilman ammattikoulutusta 1990-luvun alussa oli 40 % ja 26 %:lla oli metsäkoneenkuljettajan koulutus (Hänninen ym. 1992, s. 15). Nykyään metsäalan amma-tillinen koulutus on 52 %:lla kuljettajista. Hakkuukoneenkuljettajien keski-ikä on 36 ja metsä-traktorinkuljettajien 38 vuotta. Nykyisessä ammatissaan hakkuukoneenkuljettajat ovat olleet keskimäärin 9 ja kuormatraktorinkuljettajat 11 vuotta. (Perkiö-Mäkelä ym. 2001, s. 57)

Liki neljännes kuljettajista piti 1990-luvun alussa työtään ruumiillisesti ja runsas kolman-nes henkisesti melko rasittavana. Työ koettiin iän myötä ruumiillisesti ja henkisesti raskaam-maksi. Neljännes vastaajista koki työtehtävien rasittavan itseään siinä määrin, että he joutuivat käyttämään suuren osan vapaa-ajastaan lepoon. (Hänninen ym. 1992, s. 37, ks. myös Juntunen & Suomäki 1993, s.14, 19 sekä Nevala ym. 1990, s. 30) Nykyään joka viides hakkuukoneen- ja joka kymmenes kuormatraktorinkuljettaja kokee työnsä henkisesti hyvin raskaaksi. Ainoas-taan joka kymmenes hakkuukoneen- ja joka viides kuormatraktorinkuljettaja ei pidä työtään lainkaan rasittavana. (Perkiö-Mäkelä ym. 2001, s. 28)

Hännisen ym. (1992, s. 17) tutkimuksessa lähes kaikki metsäkoneenkuljettajat viihtyivät työssään vähintään kohtalaisesti. Kuljettajista yli 60 % viihtyi vähintään hyvin. Huonosti viih-tyviä oli vähän. Nykyisin lähes kaikki kuljettajat ovat työhönsä melko tai erittäin tyytyväisiä. Liki viidennes viihtyy työssään erittäin hyvin. Työn vapautta pidetään työn parhaimpana puo-lena. (Perkiö-Mäkelä ym. 2001, s. 24, 38)

3 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

3.1 Työtoiminta

Työpsykologia määritellään yleiskäsitteeksi kaikelle sille toiminnalle, jossa ”psykologista – ja yleensä käyttäytymistieteellistä – tutkimusta ja sovellusta kohdistetaan ihmiseen työn tekijänä, työhön, työelämään ja työoloihin sekä näihin välittömästi liittyviin alueisiin.” Työn psykologia on varsinaisen työnteon, työsuorituksen psykologiaa. Kysymyksenä on, miten ihminen ajattelee, oppii ja toimii tehdessään työtä. Työpsykologian tavoitteena on poistaa terveydellisiä haittavaikutuksia, säilyttää tai lisätä tuottavuutta ihmispanoksen oikealla suunnittelulla ja käytöllä, säilyttää tai lisätä hyvinvointia ja työviihtyvyyttä sekä kehittää ihmistä ja hänen persoonallisuuttaan työn avulla. (Häkkinen & Luoma 1991, s. 11)

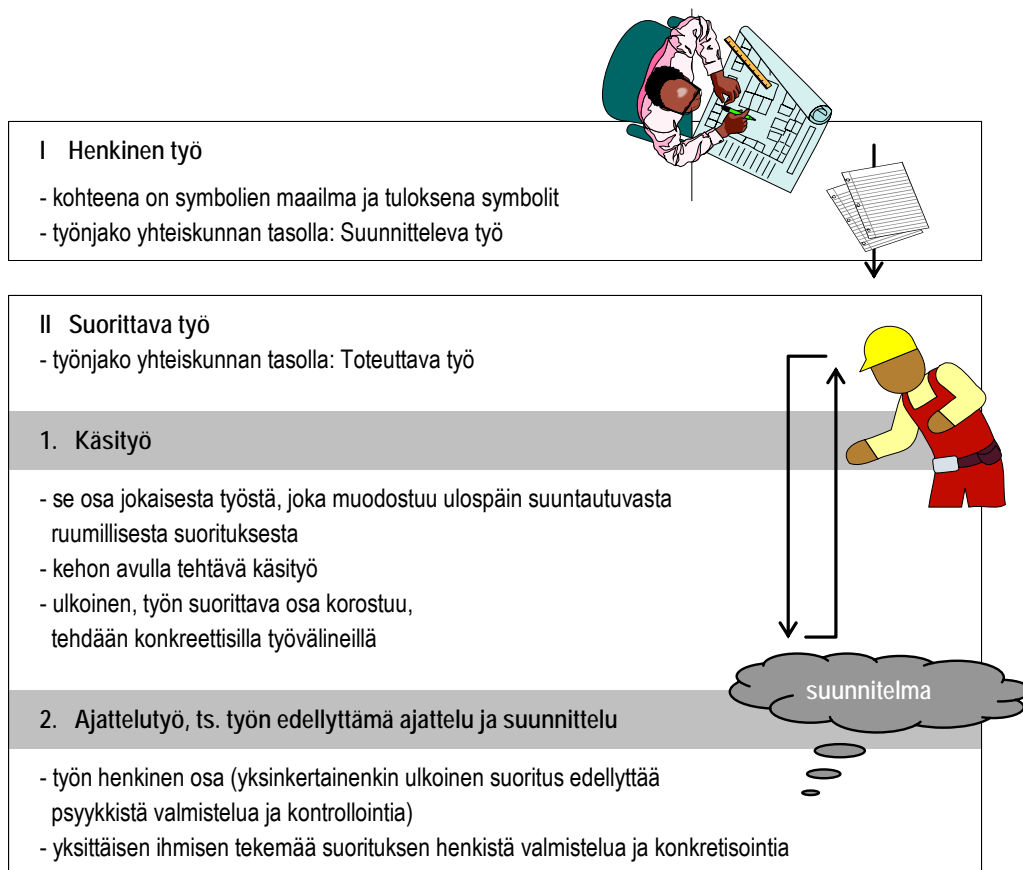
Työtoimintaa ohjataan monitasoisen psykologisen säätelyjärjestelmän avulla. Yksittäisen ihmisen kohdalla toiminnan valmistelu tapahtuu eritasoisten sisäisten mallien avulla. Ylin taso on luonteeltaan älyllinen, suunnitteleva, tietoinen ja ongelmia ratkaiseva. Alemmalla sensorisella tasolla ohjataan rutiinotoimintoja, usein automaattisesti ja tiedostamatta. Tavoitteen saavuttamista kontrolloidaan vertaamalla alustavia sisäisiä malleja saavutettuun tulokseen. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 16)

Loogisen rakenteen avulla tehtävä jaetaan motorisiin ja kognitiivisiin eli ihmisen tiedonkäsitteelyyn liittyviin osatehtäviin hänen toiminnassaan asettamien välitavoitteiden mukaan. Hierarkkisen säätelyjärjestelmän mukaisesti yksittäisen ihmisen työtä voidaan lähestyä kolmesta näkökulmasta: vain ulkoinen suoritus on suoraan havaittavissa, tehtävän looginen rakenne on esitettävissä ja on olemassa psyykinen syvärakenne. Työn suunnittelun ja koulutuksen lähtökohdaksi on otettava jokaiselle ihmiselle tyypillinen psyykinen säätelyjärjestelmä ja sen hierarkkisuus sekä kyky tavoitteelliseen, älykkääseen ja luovaan toimintaan. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 16–17)

Käsitteitä henkinen ja ruumiillinen työ käytetään kahdella tasolla. Ensinnäkin jokaisessa yksittäisen henkilön tekemässä työssä on kyse välttämättä molemmista riippumatta siitä, missä työ tehdään. Yksinkertainenkin ulkoinen suoritus edellyttää psyykkistä valmistelua ja kontrollointia. Työn henkistä osaa nimitetään ajattelutyöksi ja kehon avulla tehtävää osaa käsi-työksi (kuva 7). Toiseksi työnjaon kannalta yritysten ja koko yhteiskunnan sisällä työt on usein jaettu suunnitteleviksi ja toteuttaviksi töiksi. Työ on luonteeltaan yhteistyötä tai työnjaossa on kyse osittuneisuudesta. (Vartiainen & Kallio 1991, s. 5)

Ajattelutyö on yksittäisen ihmisen tekemää suorituksen henkistä valmistelua ja konkretisointia. Käsi-työ on puolestaan se osa jokaisesta työstä, joka muodostuu ulospäin suuntautuvasta, ruumiillisesta suorituksesta. Henkisen työn kohteena on symbolien maailma ja tulokseksi symbolinen tuote. Tavoitteena on valmistaa toimintasuunnitelmia, joiden mukaan muut työntekijät voivat tai heidän täytyy toimia. Ruumiillisessa työssä ulkoinen, suorittava työn osa korostuu. Sitä tehdään konkreettisia työvälaineitä käyttäen. (Vartiainen & Kallio 1991, s. 5, 34–35)

Kokonaisessa työssä työntekijä sekä suunnittelee kohteen että toteuttaa suunnitelmansa konkreettisesti. Kun työntekijä suorittaa suunnitellun toiminnon, toteutuu hänen etukäteen ennakoimansa todellisuuden muutos käytännössä (kuva 8). Mikäli työntekijä ei ole täysin tyytyväinen tulokseen, hän voi korjata suunnitelmiaan. Samanaikaisesti työntekijä muuttaa myös toimintokenttäänsä ja sitä koskevaa sisäistä malliaan, sillä nyt hänellä on uusia toimintamahdollisuuksia käytettävissään. (Resch 1988, s. 48–51, Vartiainen & Kallio 1991, s. 14)

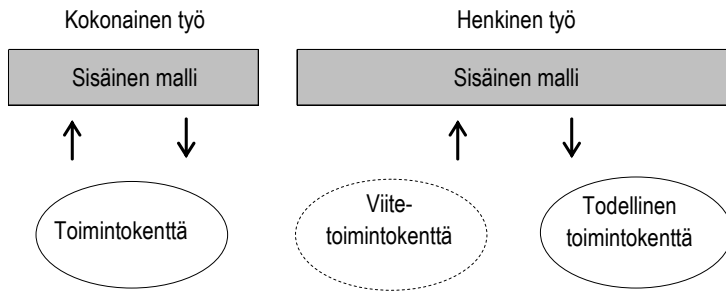


Kuva 7. Työn käsitteet. (Vartiainen & Teikari 1990, s. 47)

Henkinen työ on kohteeseen suuntautuvaa toimintaa. Toimintokenttää, jota suunnittelijan suunnitelma koskee, kutsutaan viitetoimintakentäksi. Suunnittelija ei konkreettisesti työskentele viitetoimintakentässä, vaan sen tekee joku muu. Toimintokenttää, jolla suunnittelija toimii ja työskentelee, kutsutaan henkisessä työssä todelliseksi toimintokentäksi. (Resch 1988, s. 48–51, Vartiainen & Kallio 1991, s. 15)

Toiminnan rakenne vaihtelee arkipäivän työssä sen mukaan, kuinka ammattitaitoinen henkilö on. Monet sellaiset tehtävät, jotka aloitteleva työntekijä hallitsee tekojen tai operaatioiden tasolla, saattaa kokenut työntekijä hallita psykologisesti täysin automaattisesti. Vaikka kokeematon työntekijä yleisesti tarkasteltuna toimiikin operaatioiden tasolla, ovat ne hänen kannaltaan tekoja tai peräti tavoitteellista toimintaa, jotka vasta ammattitaidon kehittyessä saavat operaatioiden luonteen ja automatisoituvat. Koska toiminnan rakenne saattaa vaihdella henkilöstä toiseen, ei sitä voida ottaa työn analyysin kohteeksi, vaan sellaiseksi on otettava työtehtävän tosiasialliset vaatimukset ja ajallinen kesto. (Pöyhönen ym. 1982, s. 5–6)

Toiminnassa voidaan erottaa hierarkkisen rakenteen lisäksi ajassa eteneviä osia, jotka ovat suuntautuminen, suoritusosa ja kontrolliosa. Suuntautumisessa otetaan huomioon edellytykset, jotka tietyn toiminnan menestyksekkäs toteuttaminen vaatii. Suoritusosassa tuotetaan vaaditut muutokset toiminnan kohteessa. Kontrolliosassa tarkkaillaan toiminnan kulkua välitavoitteittain ja verrataan tulosta asetettuihin vaatimuksiin. Tämä mahdollistaa korjaukset toiminnan suuntautumisessa ja suoritusosassa. (Pöyhönen ym. 1982, s. 7)



Kuva 8. Kokonaisen ja henkisen työn toimintokentät. (Resch 1988, s. 48–51, Vartiainen & Kallio 1991, s. 14–16)

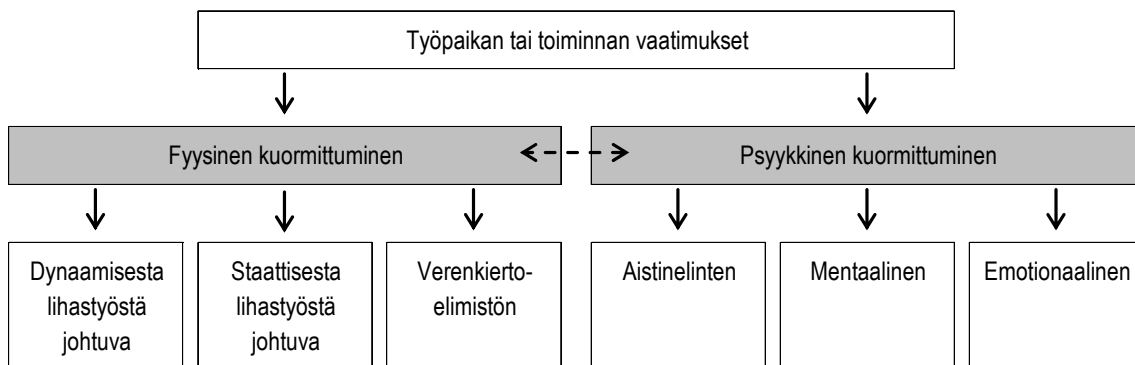
3.2 Työn psyykkinen kuormittavuus

Psyykkiseen ja fyysiseen kuormittumiseen vaikuttavat osittain erilaiset työn kuormitustekijät. Myös kuormittuneisuuden ilmenemismuodot ovat osittain erilaisia. Käsite työn psyykkinen kuormitus otettiin Suomessa käyttöön 1960-luvun lopulla. Sitä käytettiin ergonomisissa tutkimuksissa kuvattaessa niitä ilmiöitä, jotka jäivät työn fyysisen kuormittavuuden ulkopuolelle. Pääpaino työn kuormittavuuden tutkimuksissa oli työn fyysisen kuormittavuuden mittaamisessa. (Niemelä & Teikari 1984, s. 5–7)

Psyykkinen kuormitus tarkoittaa niitä vaatimuksia, joita työssä kohdistuu ihmisen psyykkisiin toimintoihin sekä tietoihin, taitoihin ja muihin psyykkisiin ominaisuuksiin. Ihmisen psyykkisiä toimintoja ovat havaitseminen, muisti, päätöksenteko, ajattelu, keskittyminen ja tarkkaavaisuus. (Kalimo ym. 1979, s. 13–14)

Schmidtke (1973, s. 257) jakaa psyykkisen kuormittumisen aistinelinten, mentaaliseksi ja emotionaaliseksi kuormittumiseksi (kuva 9). Mentaalinen kuormittuminen tarkoittaa ensisijaisesti informaation käsittelyn aiheuttamaa kuormittumista. Emotionaaliseen kuormittumiseen liittyvät motivaatio sekä affektiiviset ja sosiaaliset tekijät.

Psyykkistä kuormittavuutta koskevia käsitteitä voidaan määrittää ärsykkeisiin ja stressireaktioihin perustuvasta sekä yksilön ja ympäristön vuorovaikutusta korostavasta lähestymistavasta. Ärsykkeisiin perustuvassa lähestymistavassa korostetaan työn psyykkisiä kuormitustekijöitä. Tarkastelun kohteina ovat työn tai tehtävän sisältö ja vaatimukset, etenkin informaation käsittelyvaatimukset ja ihmisen informaation käsittelykapasiteetti ja sen rajoitukset. Stressireaktioihin perustuvassa lähestymistavassa keskitytään ihmisen psyykkisen kuormittuneisuuden ja sen ilmenemismuotojen, stressireaktioiden selvittämiseen. Ihmisen ja ympäristön vuorovaikutusta korostavassa lähestymistavassa tarkastellaan ihmisen ja ympäristön välistä suhdetta, ympäristön ihmiselle asettamia vaatimuksia ja ihmisen kykyä selviytyä näistä vaatimuksista. (Niemelä & Teikari 1984, s. 7–21)



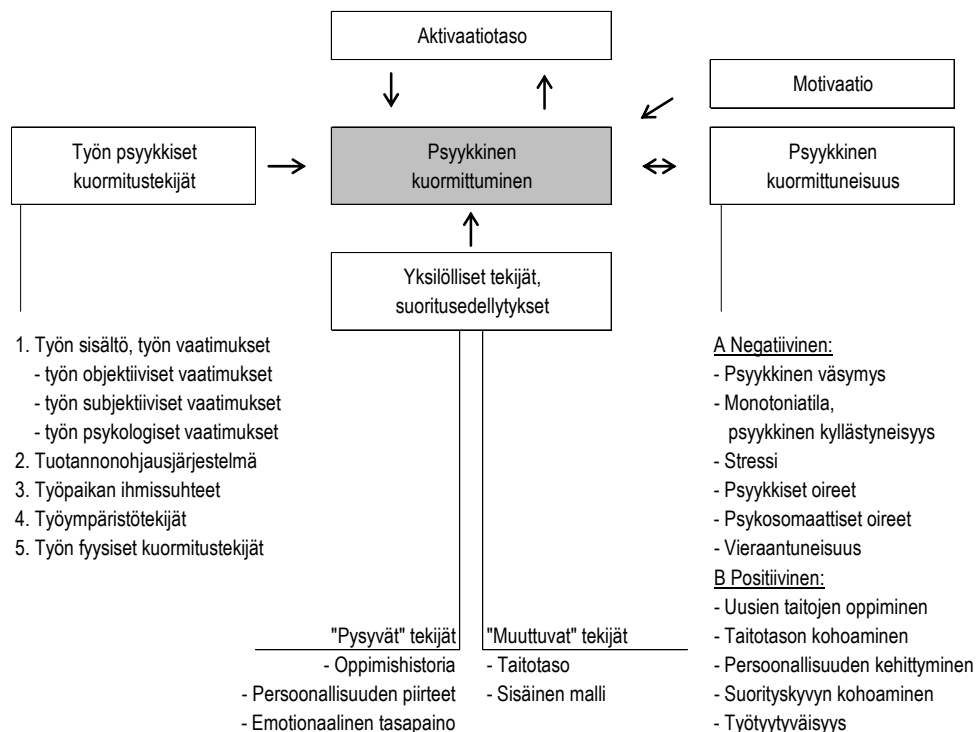
Kuva 9. Työssä kuormittumisen jaottelu. (Schmidtke 1973, s. 257)

Matteson & Ivancevich (1989, s. 41–52) luokittelevat organisaatioon liittyvät stressiä aiheuttavat tekijät seuraavasti: työn muotoilu, roolikonflikti, rooliepäselvyys, ylikuormitus, riittämättömät urakehitysmahdollisuudet, organisaatiokulttuuri, esimies-alaisuhde ja työstä saadun palautteen puute. Jokainen henkilö kohtaa niin työssään kuin sen ulkopuolella erilaisia stressitekijöitä, joiden vaikutus voi olla kielteinen, neutraali tai myönteinen. Kielteinen kokeminen saattaa johtaa stressiin. Stressin kokeminen ja kokemisen muoto ovat hyvin yksilöllisiä.

Niemelän ja Teikarin (1984, s. 127–129, ks. myös Kostama ym. 1992, s. 17–18) mukaan (kuva 10) työn psyykkiset kuormitustekijät aiheuttavat yksilössä psyykkisen kuormittumisen työtehtävää suoritettaessa. Psyykinen kuormittuminen johtaa edelleen psyykkiseen kuormittuneisuuteen, jonka ilmenemismuodot vaihtelevat lyhytaikaisista pitkäaikaisiin, yksilön kannalta positiivisista negatiivisiin. Aikaisempi psyykinen kuormittuneisuus vaikuttaa takaisinkytkentänä edelleen työtehtävää suoritettaessa tapahtuvaan psyykkiseen kuormittumiseen.

Yksilölliset tekijät säätelevät psyykkistä kuormittumista. Ne voivat tilanteesta riippuen joko lisätä tai vähentää psyykkistä kuormittumista. Yksilöllisiä tekijöitä ovat tässä pysyvät ja muuttuvat yksilöön liittyvät tekijät, työmotivaatio ja työntekijän aktivaatiotaso työn alkaessa ja sen aikana. (Niemelä & Teikari 1984, s. 145–148)

Työn sisältöön liittyvistä tekijöistä työn psykologiset vaatimukset ovat yleisin työn psyykkiseksi kuormitustekijäksi määritelty tekijä. Näitä vaatimuksia ei tutkimuksissa yleensä ole tarkemmin määritelty. Niitä on käsitelty esimerkiksi tutkittavan työtehtävän vaatimina informaation käsittelyvaatimuksina, työn vaatimina yleisinä ominaisuuksina ja kykyinä, kuten työn tarkkuusvaatimuksina ja vaadittavana näppäryytenä. Työn sisältöön ja vaatimuksiin liittyviä tekijöitä ovat mm. tehtävän taidolliset ja motoriset vaatimukset, työn havainnointi- ja valppausvaatimukset, tarvittava ajattelun ja päätöksenteon määrä, tehtävän monipuolisuus ja laaja-alaisuus sekä informaatiokuorma. (Niemelä & Teikari 1984, s. 9–10)



Kuva 10. Työn psyykinen kuormittavuus. (Niemelä & Teikari 1984, s. 127–128, ks. myös Kostama ym. 1992, s. 5)

Työn psyykkisiä kuormitustekijöitä ovat työhön sisältyvät ja työympäristössä esiintyvät tekijät, jotka vaikuttavat ihmiseen hänen suorittaessaan työtehtävää. Kuormitustekijöitä ovat työn sisältö ja vaatimukset, tuotannonohjausjärjestelmä ja työn organisointi, työpaikan sosiaaliset suhteet ja työn fyysiset kuormitustekijät. Nämä tekijät vaikuttavat erikseen ja esiintyessään erilaisina yhdistelminä yksilön psyykkiseen kuormittumiseen, sen määrään ja voimakkuuteen. (Niemelä & Teikari 1984, s. 129)

Työn sisältöön ja vaatimuksiin sisältyvät kaikki työtehtävän sisältöön ja vaatimuksiin liittyvät tekijät sekä muut työn ominaisuudet. Työn vaatimukset erotetaan muista työn sisältöön liittyvistä tekijöistä, koska halutaan korostaa niiden ratkaisevaa vaikutusta psyykkiseen kuormittumiseen. (Niemelä & Teikari 1984, s. 130)

Työn objektiiviset vaatimukset ovat samat kaikille samaa työtä tai työtehtävää suorittaville työntekijöille. Työn subjektiiviset vaatimukset voidaan määrittellä työn objektiivisten vaatimusten ja yksilön suoritusedellytysten väliseksi suhteeksi. Yksilön kokemat työn vaatimukset ovat osa työn subjektiivisia vaatimuksia. Työn vaatimusten tarkastelussa voidaan erottaa myös määrälliset ja laadulliset vaatimukset. Työn määrällisillä vaatimuksilla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon työtä on tehtävä aikayksikössä. Työn laadulliset vaatimukset liittyvät työn sisältöön, mitä työssä on tehtävä ja miten se on tehtävä. (Niemelä & Teikari 1984, s. 130)

Muuttuvia yksilöllisiä tekijöitä ovat yksilön taitotaso ja sisäinen malli työstä ja sen suorittamisesta. Työntekijän taitotasolla tarkoitetaan sitä, miten hyvin hän osaa ja pystyy suorittamaan työtehtävänsä ja käyttämään sen suorittamisessa hyväkseen henkilökohtaisia suoritusedellytyksiään. Taitotasoon liittyy myös työntekijän kyky käyttää työssään oikeita työmenetelmiä ja -välineitä ja kyky suunnitella itse oma työnsä ja sen suorittaminen. (Niemelä & Teikari 1984, s. 148)

Sisäinen malli tarkoittaa suhteellisen pysyviä, toimintaa ohjaavia psyykkisiä muistirakenteita, joita ovat ennakoivat käsitykset tavoitteista ja välitavoitteista, tavoitteen saavuttamiseksi välttämättömiksi koetut työn suoritusehdot sekä lähtötilan ja tavoitetilan välisiä muutoksia koskevat käsitykset. Sisäisellä mallilla ennakoitaan työtoiminnan tavoitteet ja kulku ajatusten avulla. Taitotaso ja sisäinen malli vaikuttavat työntekijän psyykkiseen kuormittumiseen. Mitä parempi työntekijän sisäinen malli työstään ja sen suorittamisesta on, sitä vähemmän hän kuormittuu työssään haitallisesti. (Hacker 1982, s. 63–109, Pöyhönen ym. 1982, s. 6, Niemelä & Teikari 1984, s. 148)

Sisäisen mallin ja taitotason yhteyksiä psyykkiseen kuormittumiseen voidaan arvioida myös työn vaatimuksia tarkastelemalla. Tällöin on olennaista arvioida, miten työn objektiiviset vaatimukset hahmottuvat mielikuvaksi työstä ja henkilön omista suoritusedellytyksistä sen toteuttamiseksi. Tämän analyysin perusteella päädytään muutamiin kriittisiin vaikutuskohtiin, joissa sekä itse työprosessiin että sen suorittamiseen voidaan puuttua. Näiden ydinkohtien taitava suorittaminen takaa hyvän työsuorituksen ja kohtuullisen psyykkisen kuormittumisen. (Niemelä & Teikari 1984, s. 148)

3.3 Informaation käsittely

Ihminen vastaanottaa ja käsittelee informaatiota ja toimii sen pohjalta kaikessa toiminnassaan. Kone vastaavasti ottaa ohjeita, suorittaa sille määrättyjä tehtäviä ja informoi tavalla tai toisella ihmistä toiminnassaan tapahtuvista muutoksista. Toinen ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen muoto on se, että ihminen todella ohjaa konetta. Ihminen antaa koneelle käskyn, jonka seurauksena kone suorittaa jonkin toiminnan ja informoi ihmistä toiminnastaan välittömästi ja jatkuvasti. Ihminen antaa seuraavaksi lisää käskyjä, joista puolestaan seuraa muutos koneen ihmiselle syöttämässä informaatiossa. Ihminen on tavallisesti järjestelmän päätöksiä tekevä osa, jolloin järjestelmän tehokkuus riippuu siitä, kuinka hyvin ihminen suoriutuu osastaan. (Murrell 1982, s. 12–14)

Joustavuus on ihmisen parhaita ominaisuuksia. Ihminen voi muuttaa rooliaan nopeasti ja jatkuvasti. Yhtä merkittävää on ihmisen toiminta havaitsijana, joka vastaanottaa useista lähteistä peräisin olevia minimaalisia ärsykeitä samanaikaisesti ja yhdistää nämä signaalit muodostan kokonaiskuvan tilanteesta. Harjaantuneiden henkilöiden käyttämien vihjeiden monimutkaisuutta ei usein ymmärretä ennen kuin yritetään määritellä täsmällisesti, miten ihminen päätyy johtopäätökseensä ja millaisen informaation perusteella. (Murrell 1982, s. 18–19, Lehtelä 1991, s. 99)

Ihmisen osuus järjestelmässä vaihtelee järjestelmän automaatioasteen mukaan sekä sen mukaan, mikä osuus ihmisellä on järjestelmän toiminnallisessa suunnittelussa. Näistä tekijöistä riippuvat informaatiokuormituksen laatu ja määrä sekä työntekijään kohdistuvat keskittymis- ja tarkkaavaisuusvaatimukset. Ihminen on osa toimintakokonaisuutta, jonka tehtävänä on tiedon siirtäminen. (Kalimo ym. 1979, s. 35–36, ks. myös Mikkonen 2001)

Ihminen-kone-järjestelmän suunnittelussa on tärkeää päättää, mitä informaatiota operaattori tarvitsee työssään ja miten hän parhaiten sen saa. Ylikuormitusta syntyy, ellei informaatio tavoita häntä sellaisella nopeudella ja sellaisessa muodossa, jota hän pystyy helposti käsittelemään. Informaation tulee olla oikein ajoitettua ja informaatiolähteiden sijoitettu operaattorin ympäristöön siten, että hän voi toimia ilman tarpeetonta psyykkistä kuormitusta. Lisäksi operaattoria ei tulisi pakottaa työskentelemään ennalta määrätyllä eikä jatkuvasti samana pysyvällä nopeudella. (Murrell 1982, s. 16)

Esimerkiksi autonkuljettajan tarkkaavaisuudesta liikenteessä kilpailee paljon erilaista informaatiota, josta osa on täysin tarpeetonta, osa voidaan käsitellä tiedostamattomasti, osa on prosessoitava tietoisesti ja osa on muistettava vielä jälkikäteen. Kuljettajan havaintotoiminnan olennaisia piirteitä ovat rajallisuus ja informaation valikointi. Informaation valikointi perustuu tarkkaavaisuuden suuntautumiseen. Kuljettajaa voidaankin kuvata informaation käsittelijänä, jonka tietoinen päätöksenteko on rajallista. (Luoma 1984, s. 10–12) Havaintovirheet ovat olleet toistuvasti yksi virhetoimintoihin liittyvä päätekijä (Luoma & Karasmaa 1986, s. 1).

Tiedon siirtoprosessin vaiheita ovat tiedon etsintä ja vastaanotto, tiedon tulkinta ja käsittely sekä tiedon perusteella tehtävät toimenpiteet eli tiedon välittäminen eteenpäin tai sen varastoiminen. Informaatiokuormitus merkitsee ihmiseen kohdistuvia vaatimuksia tiedon siirtoprosessin osana. Sitä esiintyy työelämässä seuraavasti: (Kalimo ym. 1979, s. 3, s. 39)

- nopeutta ja tarkkuutta vaativa käsityö
 - ⇒ tiedon nopea muuntaminen toimenpiteiksi ja motoristen toimintojen ohjaus
- laadunvalvontatyö
 - ⇒ oikeiden ärsykkeiden etsiminen ja havaittujen ärsykkeiden tulkinta
- ajamistehtävä
 - ⇒ laaja-alaisen tiedon nopea havaitseminen sekä tiedon muuntaminen monimutkaista koordinaatiota vaativiksi motorisiksi toimenpiteiksi
- prosessivalvonta
 - ⇒ harvoin esiintyvän tiedon etsiminen suuresta tietomäärästä sekä tarvittaessa nopea ja monimutkainen päättelytoiminta
- toimisto- ja palvelutyö.

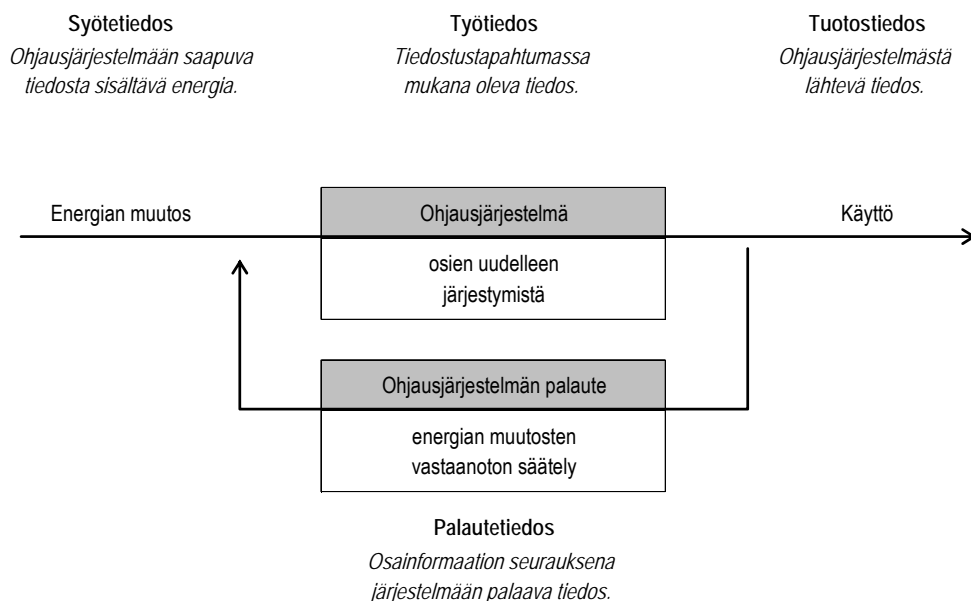
Mallit ihmisestä informaation käsittelijänä perustuvat informaatioteoriaan ja informaation prosessointiteoriaan sekä järjestelmäjätteluun. Malleja on aikaisemmin sovellettu pääasiassa ihminen-kone-järjestelmän tarkasteluun, mutta nykyisin niitä käytetään laajemmin työn ja työympäristön tarkastelussa. Malleja on käytetty ihmisen informaation käsittelykapasiteetin ja siihen vaikuttavien tekijöiden määrittelyssä, näiden tietojen soveltamisessa työn ja työtehtävien vaatimuksiin sekä työn psyykkisen kuormittavuuden ja stressin selvittämisessä. (Niemelä & Teikari 1984, s. 39)

Informaatioprosessit ovat yhdessä muistijälkien kanssa välttämätön edellytys käyttäytymisen tarkoituksenmukaiselle ohjaamiselle. Niillä tarkoitetaan prosesseja, joiden avulla yksilö aisti-
mien välityksellä saa informaatiota ympäristöstä ja omasta tilastaan. Ne voidaan määritellä
sentraalisiksi, keskushermostossa tapahtuviksi prosesseiksi, jotka informoivat ja ohjaavat
käyttäytymistä. Informaatio- ja johtavat prosessit voidaan yhdistää nimityksellä kognitiiviset
prosessit, joista voidaan käyttää myös nimeä kyberneettiset (ohjaavat) prosessit, jolloin in-
formaatioprosessien tehtävänä on toimia yhdistettyjen kyberneettisten prosessien takaisinkyt-
kevänä eli korjaavana toimintana. (Madsen 1984, s. 138)

Psyykkisiä päätöksentekoprosesseja on vaikea havaita päätöksissä, joita tehdään jatkuvasti,
kun suoritetaan vastaanotetun informaation seurauksena motorisia toimintoja tai niiden sarjo-
ja. Täsmällistä rajaa päätöksenteon ja refleksitoiminnan välillä ei voida erottaa. Monet auto-
maattisilta vaikuttavat toiminnat vaativat todellisuudessa päätöksentekoa. Parasta ratkaisua
valitessaan operaattori tukeutuu aikaisempiin kokemuksiinsa, joiden pohjalta hänelle on muo-
dostunut sarja sääntöjä, joihin nojautuminen vähentää tuloksen epävarmuutta ja lisää päätök-
senteon nopeutta. Päätöksenteossa on rajoituksia, jotka on otettava huomioon, jos tavoitteena
on tehokas työskentely. (Murrell 1982, s. 21)

Informaatiota voidaan tarkastella syntaktisesta, semanttisesta tai pragmaattisesta näkökul-
masta. Syntaktisessa tarkastelussa kiinnitetään huomiota kohteen rakenteeseen, jolloin infor-
maatio on symbolien järjestetty joukko. Semanttiselta kannalta informaatio on tiedon avulla
välitettävä merkitys. Pragmaattisessa tarkastelussa etsitään kohteen merkitystä sen käyttäjälle.
Informaatio on tällöin mikä tahansa tieto, jota voidaan käyttää parantamaan päätöstä tai toi-
menpidettä, tai tekemään ne mahdolliseksi. (Leppänen ym. 1978, s. 10–11, Niiniluoto 1996, s.
64–66)

Wiio (1971, s. 103) esittää yleisen järjestelmäteorian mukaisen viestinnän määritelmän
seuraavasti (kuva 11): ”Viestinnällä tarkoitetaan sellaista järjestelmää, jossa yhden ohjausjär-
jestelmän tuotosinformaatio siirtyy energian välityksellä toisen järjestelmän ohjausjärjestel-
mään ja aiheuttaa informaationkäsittelytapahtuman.” Åbergin (2000, s. 31) mukaan Wiion
informaatiokäsitys on mullistava, koska hän määrittelee informaation tapahtumana. Syntakti-
nen, semanttinen ja pragmaattinen informaatioteoria korostavat informaation olevan sanoman
ominaisuus.



Kuva 11. Tiedostapahtuma. (Wiio 1989, s. 64–65)

Wiion (1989, s. 63–64) järjestelmämallin mukaan informaatio eli tiedos on ohjausjärjestelmässä tapahtuva muutos. Muutos voi olla pysyvä tai tilapäinen. Tiedos syntyy, kun jokin ärsyke on tiedostettu. Sen arvo on järjestelmälle sitä suurempi, mitä kauemmin se pysyy järjestelmän käytettävissä ja mitä vähemmän järjestelmässä on vastaavaa järjestymistä aikaisemmin. Malli edellyttää siis tiedokselta sitä, että se aiheuttaa ohjausjärjestelmässä työtapahtuman.

3.4 Metsäkonetyö

Metsäkonetyön työympäristöön sekä käytettäviin työmenetelmiin ja -järjestelyihin vaikuttavat keskeisesti metsän ja maaston ominaisuudet sekä ilmastolliset tekijät. Lisäksi yhteiskunnan taloudelliset, sosiaaliset ja ekologiset tekijät yhdessä teollistumisasteen kanssa muovaavat metsätyötä ja sen järjestelyjä. (Juntunen 1999, s. 215)

Yksioteharvesteri on hyvä esimerkki nykyaikaisesta ja monimutkaisesta liikkuvasta työkooneesta. Sen toiminnot ovat pitkälle automatisoituja ja konetta ohjaavan kuljettajan rooli on muuttunut täysin siitä, mikä se oli koneiden alkuaikoina. Kuljettaja ohjaa ja valvoo monimutkaista prosessia, jossa automaatioasteen kohoaminen sekä kiristyvät laatu- ja ympäristövaatimukset ovat lisänneet mentaalista kuormittumista. Nykyisin koneita ohjataan ajotietokoneen ja tietojärjestelmän avulla, jolloin ihmisen ja tietokoneen välinen rajapinta ja sen suunnittelu vaikuttavat suoranaisesti myös työn vaatimuksiin. (Tynkkynen 2001, s. 15–16, ks. myös Löfgren & Hallonborg 2004)

Hakkuukonetyötä pidetään yleensä rasittavampana kuin työskentelyä kuormatraktorilla. Koneellisessa harvennushakkuussa terveydelliset ongelmat ovat suuremmat kuin päätehakkuussa. Hakkuutyössä kuljettajan on rungon suuren syöttönopeuden vuoksi oltava erittäin tarkkaavainen. Kuljettajaa rasittavat tärinä ja heilahdukset lisääntyvät syöttö- ja ajonopeuden kasvaessa. (Metsäkoneiden... 1999, Rieppo ym. 2002, s. 22)

Hakkuutyön ergonomiset ongelmat ovat muuttaneet koneellistamisen kehittyessä luonnetaan, mutta uusinkaan tekniikka ei kykene ratkaisemaan niitä kokonaan. Lihastyön väistyessä ruumiillinen rasittavuus vähenee, mutta henkinen paine saattaa samaan aikaan kasvaa. Tietotulva ja nopeasti toistuvat päätöksentekotilanteet lisäävät psyykkistä rasitusta. Kuljettajan työtä voidaan kuitenkin helpottaa automaatiolla. Koneen kuljettajasta on tulossa koneen valvoja. (Hakkila 1989, s. 14–15)

Jo 1970-luvulta alkaen on tiedetty niin kokemuksen kuin tutkimuksen perusteella, että automaattinen mentaalinen prosessi sekä tietoinen päätöksenteko ovat merkittävä osa metsäkonetyötä (Harstela 2005, s. 11). Harstela (1979, s. 78–79) määritteli aikakauden metsäkonetyön puoliautomaatiotyöksi, josta puuttuvat tyypilliset toistotyön piirteet. Metsäolojen vaihtelevuuden, työn vähäisen osittuneisuuden ja työn suuren tuottavuuden (nopeasti vaihtuvat tilanteet) vuoksi oli pääteltävissä, että informaation käsittelyllä ja säätötoiminnoilla (neurosensorisella kuormituksella) on tärkeä merkitys koneellisessa metsätyössä. Neurosensorisessa toiminnassa aistit todettiin tiedon käsittelyn rajoittavimmaksi tekijäksi.

Liian vähäisen tai liiallisen informaation tai sen esittämisen väärällä tavalla todettiin aiheuttavan virheellisiä toimenpiteitä ja stressiä. Kuljettajalta saattavat myös puuttua tarvittava informaation käsittelytaidot. Voidakseen käyttää tärkeitä tietoja tehokkaalla tavalla, kuljettajan on kyettävä hallitsemaan työn sisältöä ja työtahtia. Informaatio on annettava sellaisella nopeudella, että kuljettaja voi tulkita sitä ilman kielteistä stressiä. (Harstela 1979, s. 52–53, ks. myös Ergonomia... 1970, s. 66–68)

Vaikka 1970-luvun tutkimukset tehtiin lähinnä kuormatraktoreilla, ovat ne edelleen kiinnostavia. Tutkimusotteessa oli merkittävää, että ihmisen ominaisuuksille ja inhimillisille teki-

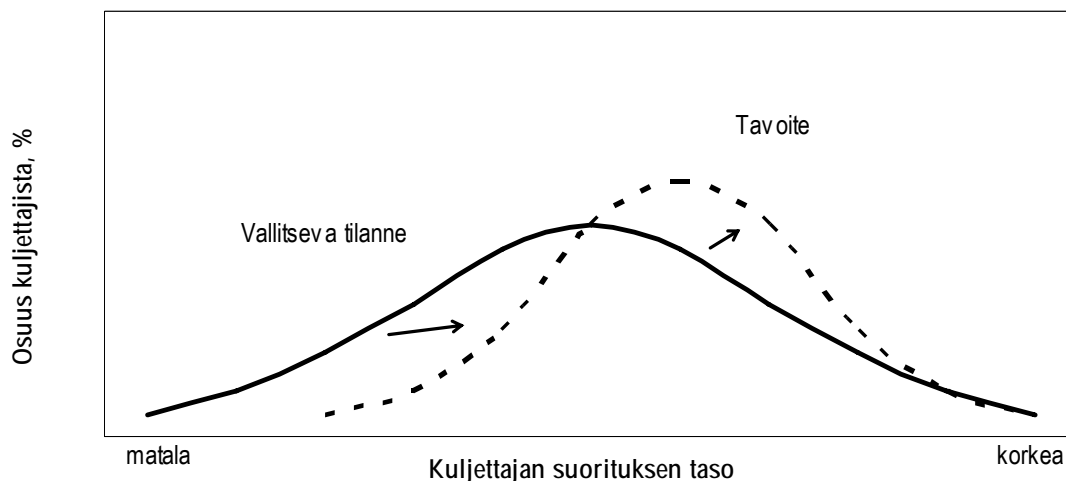
jöille annettiin suuri painoarvo. Tutkimuksissa haettiin mm. kuljettajille asetettavia vaatimuksia, joiden avulla voidaan laatia soveltuvuustestejä kuljettajaoppilaille.

Esimerkiksi Cottel ym. (1976, s. 1) määrittävät kuljettajan merkittävimmäksi työn tuottavuuteen ja kustannuksiin vaikuttavaksi tekijäksi. Kuvattu periaate metsäkoneenkuljettajien suorituksen parantamisen tavoitteesta on edelleen ajankohtainen (kuvassa 12 kirjoittajan versio). Huippuosajien ammattitaitoa on vaikea, ja tarpeetontakin parantaa. Matalan suoritustason kuljettajien osaamista on kehitettävä siten, että ammattikuljettajien suoritustason vaihteluväli pienenee. Keskimääräisen suoritustason tavoite on mitoitettava tasolle, joka vastaa yhteiskunnassa vallitsevia normeja työn rasittavuudesta ja terveysvaikutuksista.

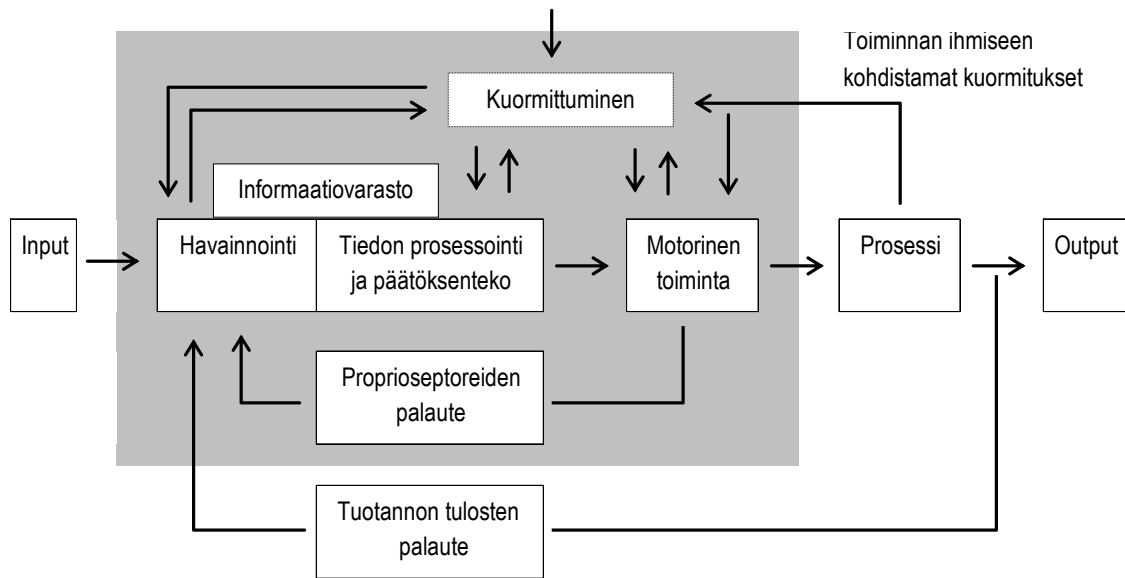
Teikari (1977, s. 10, 1979, s. 93–94, ks. myös Bostrand 1978) totesi metsätyön koneellistumisen lisäävän työn vastuullisuutta ja psyykkistä kuormittavuutta. Kehityksen uskottiin parantavan metsäalan ammattien kilpailukykyä. Vuorinen kuvasi mekaanisen järjestelmän, missä ihmisen työnä on koneen toiminnan ohjaus ympäristöstä ja koneesta saatavan informaation avulla (kuva 13). Työ kuvattiin neurosensoriseksi tiedon käsittelyksi, jossa voidaan erottaa kolme peräkkäistä vaihetta: tiedon havainnointi, käsittely ja päätöksenteko sekä tältä pohjalta tapahtuva fyysinen toiminto. (Vuorinen 1978, s. 5) Kalimo ym. (1979, s. 36) määrittivät nämä vaiheet vastaavasti tiedon etsinnäksi, tulkinnaksi ja muuttamiseksi motorisiksi toimenpiteiksi.

Vuorinen (1978, s. 5–6) totesi näön metsäkonetyön tärkeimmäksi aistiksi, joka – kuten muutkin aistit – on informaation tulvan kohteena. Tarpeellisen informaation ohella silmän todettiin vastaanottavan paljon turhaa tietoa, joka myöhemmin kuormittaa korkeampia tietojenkäsittelyjärjestelmiä.

Harstela ja Piirainen (1981, s. 10) osoittivat hakkuukoneenkuljettajan työn mentaalisen kuormituksen merkityksen psyko-fysiologisilla mittauksilla. He toivat jo esille myös muun työn kanssa yhtäaikaisen ajattelun ja suunnittelun tarpeen apterauksen automatisoinnin yhteydessä todeten, että kuljettaja vapautuu automatisoinnin myötä tarkkailemaan pystyssä olevia puita ja apteraamaan niitä alustavasti. Kuormatraktorinkuljettajan kattavassa psyko-fysiologisessa tutkimuksessa (Salminen 1981, s.18) käytetyt mittarit eivät antaneet selvää vastausta kuljettajan kuormittumisesta tai kielteisestä stressistä. Tutkimuksessa todettiin kuljettajilla väsymistä, jolloin heidän oli lisättävä ponnistelua, jotta aikaisempi suoritustaso säilyi.



Kuva 12. Kuljettajan suorituksen parantamisen tavoite.



Kuva 13. Hakkuukoneen kuljettajan sensomotorinen toiminta. (Vuorinen 1978, s. 5)

Lehtosen (1975, s. 33) mukaan kuormaustaitoon vaikuttavista ominaisuuksista tärkeimpiä ovat havaintokyky, muisti ja spatiaalisuus. Hakkuukoneenkuljettajalta vaadittavia lahjakkuusominaisuuksia ovat mm. visuaalinen ja tekninen lahjakkuus, koordinoitujen liikesuoritusten nopeus ja tarkkuus, kätevyys sekä reaktioiden nopeus ja tarkkuus. Hyvän stereonäön oletetaan olevan tärkeä tekijä. Työstä suoriutuminen vaatii tilanneanalyysijä, ratkaisujen tekemistä ja koneen laitteiden hallintaa ihmisen ja koneen muodostamassa järjestelmässä. (Leskinen & Mikkonen 1981, s. 8–11, ks. myös Harstela 1996)

Sirenin (1998, s. 131) tutkimuksessa tehokkaan kuljettajan runkokohtainen liikemäärä oli alhainen, koska työtapana oli hyvä ja nosturikäyttö varmaa. Oleellinen liikemäärään vaikuttava tekijä on myös kuljettajan ammattitaito ja kyky suunnitella työtä. Kun kuljettaja hahmottaa työpisteelle saapuessaan selkeästi tilanteen ja kasojen paikat, paljon turhaa siirtelyä jää pois. Tuottavuuden ja liikemäärän välille ei löytynyt selkeää yhteyttä.

Gellerstedt (2002, s. 45–46) mainitsee työkoneen optimaalisen sijoittamisen esimerkkinä kuljettajan tiedon hallintaan liittyvistä tehtävistä. Hän korostaa, että taidon oppiminen vie paljon aikaa. Hyvän kuljettajan hän määrittelee henkilöksi, joka kykenee havainnoimaan kokonaiskuvan ja toimimaan reaktiivisesti. Hän on määritellyt aikaisemmissa tutkimuksissaan (1993a, s. 20–21) hakkuukoneenkuljettajan työssään tarvitseman tiedon, aistit, informaatiotyyppin, henkisen prosessin ja näiden tekijöiden asettamat vaatimukset. Esimerkiksi hakkuulaitteen viennissä kaadettavalle puulle vaurioittamatta jääviä puita, tarvittava informaatio on melko helppoa, jatkuvaa ja visuaalista. Henkisessä prosessissa kuljettaja saa palautteen nosturin sijainnista pääsääntöisesti näköhavainnolla, ja kontrollointi tapahtuu reflekseillä.

Tutkimuksessa, jossa hakkuukoneen kuljettajan väsymystä selitettiin työn kuluessa tapahtuvalla energian vähenemisellä ja entropian kasvulla, todettiin, että työtahti aleni työvuoron lopussa. Syyksi arvioitiin se, että kuljettajan informaation käsittely hidastui. Eri kuljettajien välillä oli selviä eroja. (Gellerstedt 1993b, s. i)

Hakkuukonetyön psyykinen kuormittavuus aiheutuu työn vaatimasta jatkuvasta tarkkaavaisuudesta. Monimutkainen päätöksenteko yhdessä kovan työtahdin ja nosturin tarkan käsittelyn kanssa lisäävät kuormittumista. Sen aste vaihtelee hakkuukonetyön eri vaiheissa sekä hakkuutavoissa. Lisäksi kuljettajan on keskityttävä informaation vastaanottoon ja käsittelyyn sekä reagointiin tilanteissa, joissa on paljon ärsykeitä, joista merkittävä osa on häiritseviä.

Hakkuukonetyössä vaaditaan laaja-alaisen tiedon nopeaa havaitsemista ja muuntamista sekä monimutkaista koordinaatiota. (Nåbo 1990, s. 1–2)

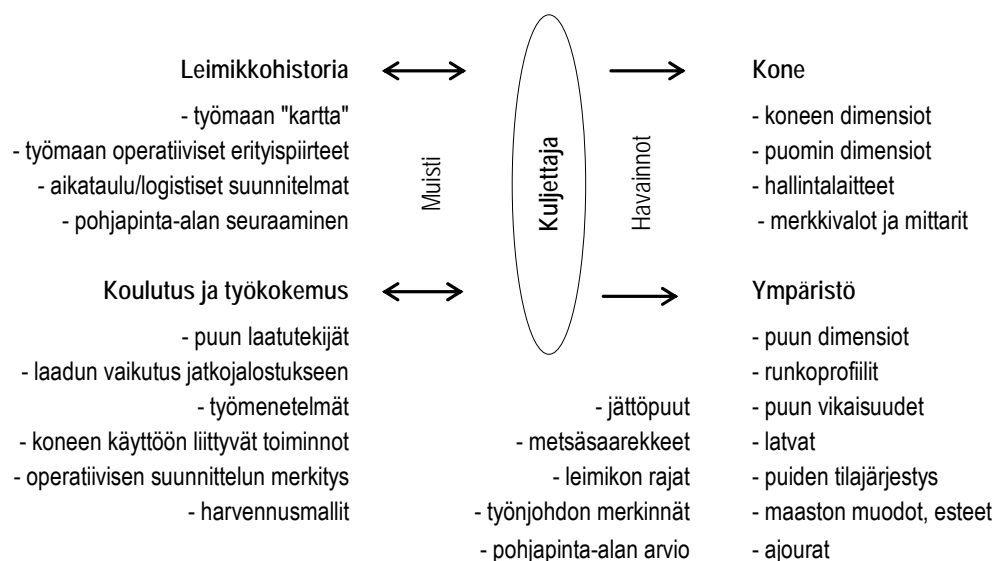
Zylberstein (1992, s. vi–vii) tutki kaksioiteprossessorin kuljettajaa informaatioergonomian näkökulmasta uudistushakkuussa. Hänen mukaansa kuljettajan tarvitsema informaation määrä ja laatu vaihtelee merkittävästi eri työvaiheissa. Esimerkiksi kuljettajan vastaanottamasta informaation määrästä ja tulkinnasta johtuva henkinen kuormitus aiheutuu ensisijaisesti ajoreitin valinnasta, hakkuulaitteen asettamisesta tyvelle ja rungon syötöstä. Puun prosessoinnin aikana informaatiovirta on raskas ja usein dynaaminen. Kaiken kaikkiaan on ilmeistä, ettei kuljettaja kykene hallitsemaan informaatiota parhaalla mahdollisella tavalla. Hakkuukonetyöhön liittyvää informaation luonnetta voidaan selvittää sen ilmenemismuodon, tärkeyden, monimutkaisuuden, määrän, tarkkuuden, ennustettavuuden ja muodon mukaan. Informaation vastaanottokanava ja kuljettajan tiedon tulkintatapa vaikuttavat myös.

Kuljettaja vastaanottaa, käsittelee ja käyttää tietoa, joka tulee osittain koneen ulkoa ja osittain ohjaamon sisältä. Tiedon käsittelyä vaikeuttavat ääriääni, melu, huono näkyvyys ja valaistus sekä rasittava sosiaalinen ympäristö. (Metsäkoneiden...1999, s. 32) Kuljettajan informaation käsittely on tehokasta, jos hän voi vaikuttaa työtehtävänsä sisältöön ja työskentelynopeuteen. (Alm 1997, s. 13).

Tynkkynen (2001, s. 18–19) on selvittänyt yksioteharvesterin informaatioergonomian epäkohtia kognitiivisella järjestelmäanalyysillä. Hän tarkasteli yksioteharvesterin ominaisuuksia ja teknisiä ratkaisuja, joilla avustetaan hakkuukoneen kuljettajaa työn tavoitteiden saavuttamisen kannalta välttämättömissä informaation prosessointitehtävissä. Tutkimus osoitti, että hakkuukonetyön työtehtävät ovat tietointensiivisiä ja mentaalisesti haastavia (kuvassa 14 esimerkkinä siirtymisen informaatiolähteet).

Kuljettajan on muodostettava kokonaiskuva ohjaamansa prosessin tilasta yhdistämällä useasta tietolähteestä saamaansa käsitteellisyuden asteeltaan vaihtelevaa tietoa. Tutkimuksessa todettiin lisäksi mm. seuraavaa:

1. Harvesteri ja kuljettaja muodostavat vuorovaikutteisen kokonaisuuden, jossa kuljettaja ohjaa ja valvoo monimutkaista prosessia.
2. Kuljettajan on kyettävä nopeaan päätöksentekoon dynaamisessa työympäristössä.
3. Työssä on useita osin keskenään ristiriitaisia ja käsitteellisyydeltään toisistaan poikkeavia tavoitteita.



Kuva 14. Hakkuukoneen kuljettajan informaation lähteet siirtymisessä. (Tynkkynen 2001, s. 53)

Tynkkysen mukaan (2001, s. 54) kuljettajan informaation käsittelyprosessille on ominaista toimintaympäristön tarkkailu sisäisen mallin ohjaamana. Malli on jatkuvasti mukautuva havaitsemista ja päätöksentekoa ohjaava muistin elementti, jonka sisältöön vaikuttavat koulutus, työkokemus, toimintojen lähihistoria sekä työorganisaatiolta saadut ohjeet. Malli ohjaa kuljettajaa hakemaan tietoa tietyistä lähteistä, jonka jälkeen tietoa verrataan aikaisempaan tietämykseen ja käytetään tämän vertailun tulosta hyväksi varsinaisessa päätöksentekoprosessissa.

Kanninen (1993, s. 8–11) on kuvannut miestyönä hakkuun psykologista perustaa sisäisten mallien teorian avulla. Työtoiminnan ohjauksen kehittymistä ja onnistumista ei voida tarkastella syvällisesti ennen kuin tiedetään, mitä informaatiota malleihin sisältyy. Metsurin hakkuutyösuoritus etenee tehtäväksiannosta siihen, että puut ovat valmiina tavaralajeina vaatimusten mukaisissa muodostelmissa. Työn suoritusta ohjaava informaatio luokitellaan sen perusteella, miten pitkälle metsurista itsestään pois päin ulottuvan osuuden työsuoritteesta se kattaa. Kannisen mukaan metsurin hakkuutyön sisäisten mallien tasot ovat alimmasta ylimpään liikkeiden hallintamalli, puunkäsittelymalli ja työympäristömalli. Liikkeiden hallintamallissa käsitellään työotteita ja käsityövälineiden liikkeitä, puunkäsittelymallissa metsurin nähtävissä olevaa, käsiteltävän puun käyttäytymistä sekä työympäristömallissa kaikkia metsurin käsiteltäväksi tarkoitettuja puita ja niiden ympäristöä koskevaa informaatiota.

3.5 Hakkuukonetyön säätelyvaatimukset

VERA¹ perustuu toiminnan säätelyteoriaan. Sen mukaan työtoiminnassa on psykologisesti merkittävää teon säätely. Säätely tarkoittaa tapaa, jolla toimintojen määräytyt tavoitteet muodostetaan, kuinka ne jaetaan osatavoitteisiin ja saavutetaan lopulta yksittäisten osatoimintojen ja liikkeiden avulla. Työtoiminnan säätelyvaatimukset ovat suunnittelu- ja ajatteluvaatimuksia, joita työtehtävä yksilölle asettaa.

Säätelyvaatimuksissa voidaan erottaa viisi tasoa. Tasot voidaan kuvata tiedoilla tavoitteesta ja toimintaohjelmasta. Toimintaohjelma on yleinen kuvaus suoritettavan toiminnan etukäteen tehtävälle suunnitelmalle. Säätelyvaatimusten tasot ovat sensomotorinen säätely, toiminnon suunnittelu, osatavoitteiden suunnittelu, useampien työprosessien koordinointi ja uusien työprosessien kehittäminen.

VERA on tarkoitettu toteuttavan työn edellyttämän ajattelun ja suunnittelun analysointiin. Sillä voidaan arvioida, missä määrin objektiiviset työtehtävät edellyttävät työntekijältä itsenäistä suunnittelua ja ajattelua. Menetelmällä analysoidaan niitä työn vaatimuksia, rajoituksia ja mahdollisuuksia, jotka eivät aiheudu työntekijästä. Kyse ei ole siis työntekijöiden subjektiivisista tuntemuksista ja niiden kartoittamisesta kyselyn avulla, vaan yksittäisistä ihmisistä riippumattoman tilanteen vaatimusten, rajoitusten ja mahdollisuuksien analyysistä.

Objektiivista työtehtävää ei voida analysoida riippumattomasti sitä suorittavasta työntekijästä. VERA:lla tutkitaan kuitenkin vain niitä säätelyvaatimuksia, jotka muodostuvat työntekijälle, joka suorittaa annetun työtehtävän tarvittavalla harjaantumisen tasolla. Analyysi lähtee tällöin liikkeelle työntekijästä, joka säätelee toimintaansa työtehtävän puitteissa ihanteellisella tavalla. Tämä vaatimus täyttyy normaalisti silloin, kun työntekijä ei enää ole oppimisvaiheessa, kun hänellä on riittävä määrä rutiinia ja kokemusta sekä tavallisesti tälle työtehtävälle vaadittu määrä tietoja ja taitoja.

¹ Tässä käsiteltävä psykologisen työanalyysin menetelmä on nimeltään ”Työtoiminnan säätelyvaatimusten tutkimusmenetelmä”, josta käytetään lyhennettä VERA (Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen in der Arbeitstätigkeit). Menetelmän kuvaus noudattaa Volpertin ym. (1988a ja 1988b) työtoiminnan säätelyvaatimusten tutkimusmenetelmän käsi- ja ohjekirjoja.

Tavoitteellisena toimintana työtehtävä on periaatteessa hierarkkisesti rakentunut. Tällöin yhden työtehtävään kuuluvat kaikki säätelyprosessit ja toimintaohjelmat, jotka voidaan järjestää yhden tavoitteen alle ja jotka ovat johdettavissa tästä tavoitteesta tai vastaavista alitavoitteista. Kyseessä on kaksi tai useampia työtehtäviä, kun työtoiminnassa annetaan kaksi tai useampia tavoitteita niihin kuuluvine alatavoitteineen. Tavoitteet eivät saa olla toisiinsa sidoksissa työntekijän toiminnan sisällä.

VERA:lla voidaan arvioida työtehtävien lisäksi tehtäväkokonaisuuksia. Tehtäväkokonaisuudella tarkoitetaan useiden, toisiinsa yhteydessä olevien työtehtävien kokonaisuutta. Tehtäväkokonaisuudella tarkoitetaan mm. yhden työntekijän tai työpisteen kaikkia työtehtäviä tai kaikkia tietyn koneen tai konejärjestelmän yhteydessä tehtyjä työtehtäviä. Jotta näiden kokonaisuuksien vertailu olisi mahdollista, määritellään kokonaisuuden aikapainotettu keskiarvo.

Kirjoittajan tulkinnassa työtoiminnan säätelyvaatimusten asteikolla hakkuukonetyö luokituu tasolle 3 (asteikko 1–5). Tasolle 3 on ominaista välitavoitteiden olemassaolo, ja että kuljettaja laatii välitavoitteet itse. Liitteessä 1 on esitetty tasoon johtavat kysymykset ja polku sekä VERAn keskeinen käsitteistö. Hakkuukonetyön säätelyvaatimusten päättely perustuu liitteessä 6 esitettyyn hakkuukonetyön erittelyyn.

Hakkuukonetyössä kuljettajan ei tarvitse hallita useiden työprosessien (ymmärrettynä suunnittelun alueena) suunnittelevaa koordinointia. Toisaalta siinä ei ole niin yksinkertaista työosaa, ettei sen suorittaminen vaatisi minkäänlaista suunnittelua tai ajattelua. Hakkuukonetyön tulosta ei voida määritellä kaikilta yksityiskohdiltaan etukäteen. Tuloksen aikaansaaminen ei ole mahdollista etukäteen asetetun täydellisen toiminto-ohjelman, liikeohjelmien jatkumon avulla. Se voidaan saavuttaa vasta osatavoitteiden, joita ei ole määritelty kaikilta yksityiskohdiltaan, avulla.

Hakkuukonetyön toimintaohjelma koostuu kuljettajan suunnittelemaasta osatavoitteiden, työpisteiden valmistamisen jatkumosta. Aluksi määritetään tarkasti ensimmäisen työpisteen osatavoite ja suunnitellaan toimintasuunnitelma, liikeohjelmien jatkumo seuraavaan työpisteeseen saakka. Kuljettaja käy ennakoivasti mielessään läpi erilaisia liikeohjelmien yhdistämismahdollisuuksia ja valitsee toimivimman. Ohjelmaa voi muuttaa toteutuksen yhteydessä. Toiminto-ohjelman toteutuksen jälkeen tai jo sen aikana kuljettaja testaa seuraavien työpisteiden osatavoitteiden suunnitelmia. Hakkuukoneenkuljettajan työn edellyttämä ajattelu ja suunnittelu on joka tasolla iteroivaa. Suunnitelmia tarkennetaan, ja tarvittaessa korjataan, jatkuvasti hankitun informaation perusteella.

4 TUTKIMUSTEHTÄVÄ

Tutkimuksen yleisenä tavoitteena on tuottaa perusteita, joiden avulla hakkuukonetyötä voidaan suunnitella ja muotoilla ihmisen suoritus- ja kehittymisedellytyksiä vastaavaksi. Lisäksi tavoitteena on kehittää aikatutkimusta, etenkin kuljettajakohdaisen vaihtelun hallintaa.

Tutkimus eteni vaiheittain kertyvän tietämyksen mukaan. Aluksi hakkuukonetyö jäsennettiin ja mallinnettiin kuljettajatyöskentelyn näkökulmasta. Lähtökohtana olivat aikaisempi tutkimus sekä laajasta aikatutkimusaineistosta muodostettu harmonisoitu tutkimusaineisto ja sen laskentatapa (ks. s. 37). Tämän vaiheen tuloksena saadut mallit testattiin kahdessa järjestyssä kenttäkokeessa.

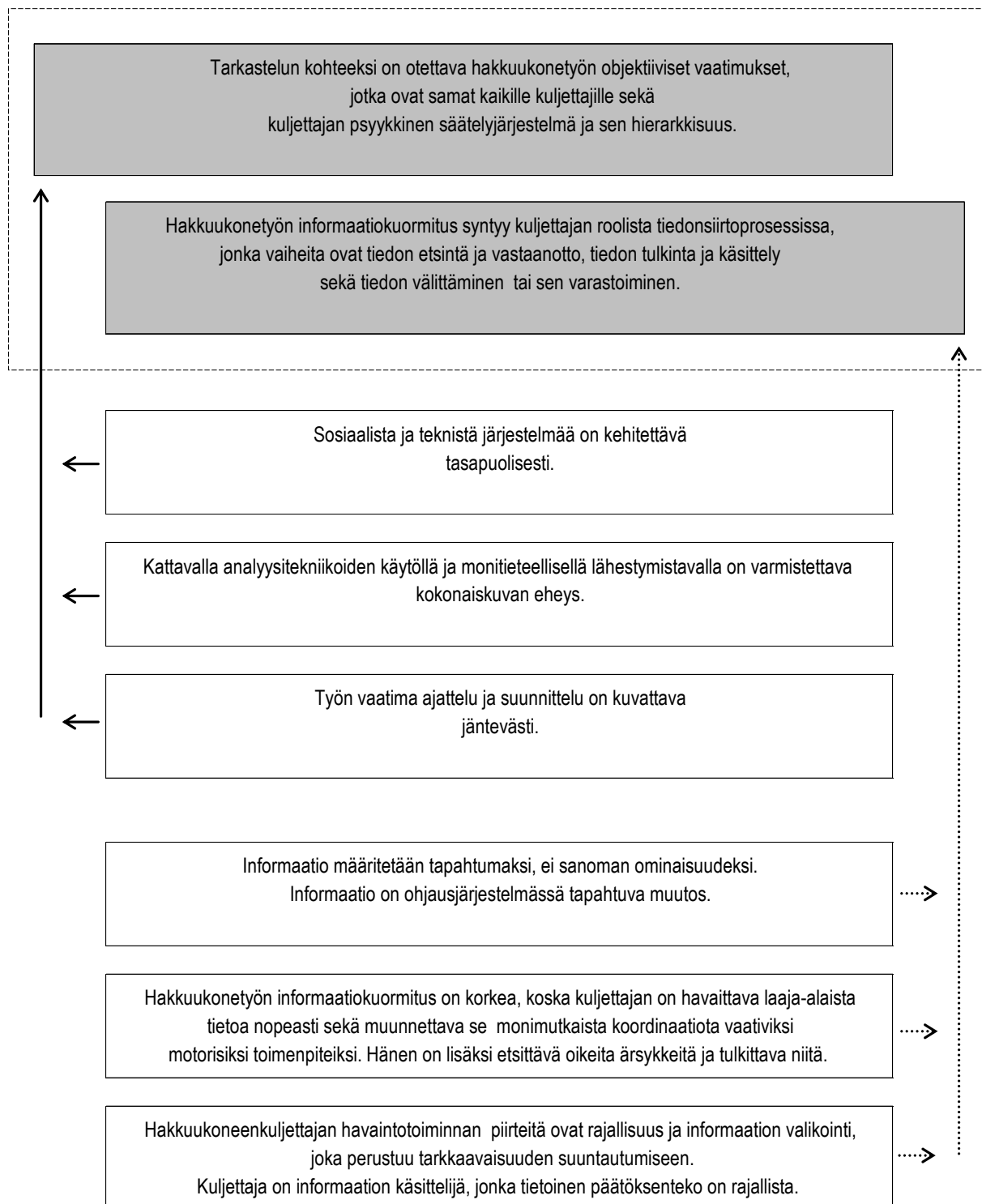
Tutkimuksen hypoteesit ovat seuraavat:

- 1 Etenkin ylemmän hierarkiatason työn vaatima ajattelu ja suunnittelu on lisääntynyt hakkuukonetyössä.
- 2 Taitavan hakkuukoneenkuljettajan kehittynyt sisäinen malli työstä ilmenee
 - 2.1 kykynä hahmottaa työnkuva ja työympäristö kokonaisvaltaisesti ja ennustaa työnkulku eteenpäin,
 - 2.2 ajattelua vaativien työnosien nopeana suorituksena sekä
 - 2.3 madaltuneena psyykkisenä kuormituksena.
- 3 Hakkuukoneenkuljettajasta johtuvan vaihtelun hallintaa tutkimuksessa voidaan kehittää uuden aikatutkimustekniikan avulla.

Yksityiskohtaiset tutkimustehtävät voidaan tiivistää seuraavasti:

- a) Laaditaan malli työn vaatiman ajattelun ja suunnittelun sekä käsityön välisen suhteen muuttumisesta hakkuukonetyössä.
- b) Laaditaan malli hakkuukoneenkuljettajan mentaalisen kuormituksen ja informaation hallinnan yhteydestä.
- c) Laaditaan työpsykologisesta näkökulmasta työn suoritukseen keskittyvä kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli.
- d) Kuvataan kuljettajakeskeisen hakkuukonetyön mallin kanssa yhtenevä hakkuukonetyön looginen rakenne.
- e) Osoitetaan ammattikuljettajien välisten ajanmenekkierojen syntymisen mekanismi, ts. etsitään hakkuukonetyön kriittisiä vaikutuskohtia.
- f) Luodaan perusteet metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävän aikatutkimusmenetelmän yleistettävyydelle.

Kuvassa 15 on esitetty tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen tiivistelmä. Ihmiskeskeisyydellä korostetaan sitä, ettei pelkkä mekaaninen tai tekninen lähestymistapa riitä, kun hakkuukonetyötä tarkastellaan kokonaisuutena, ihminen-kone-ympäristö-järjestelmänä. Ihmiskeskeisyys konkretisoidaan kuljettajan psyykkisen säätelyjärjestelmän ja sen hierarkkisyyden sekä ihmisen informaation käsittelykyvyn avulla.

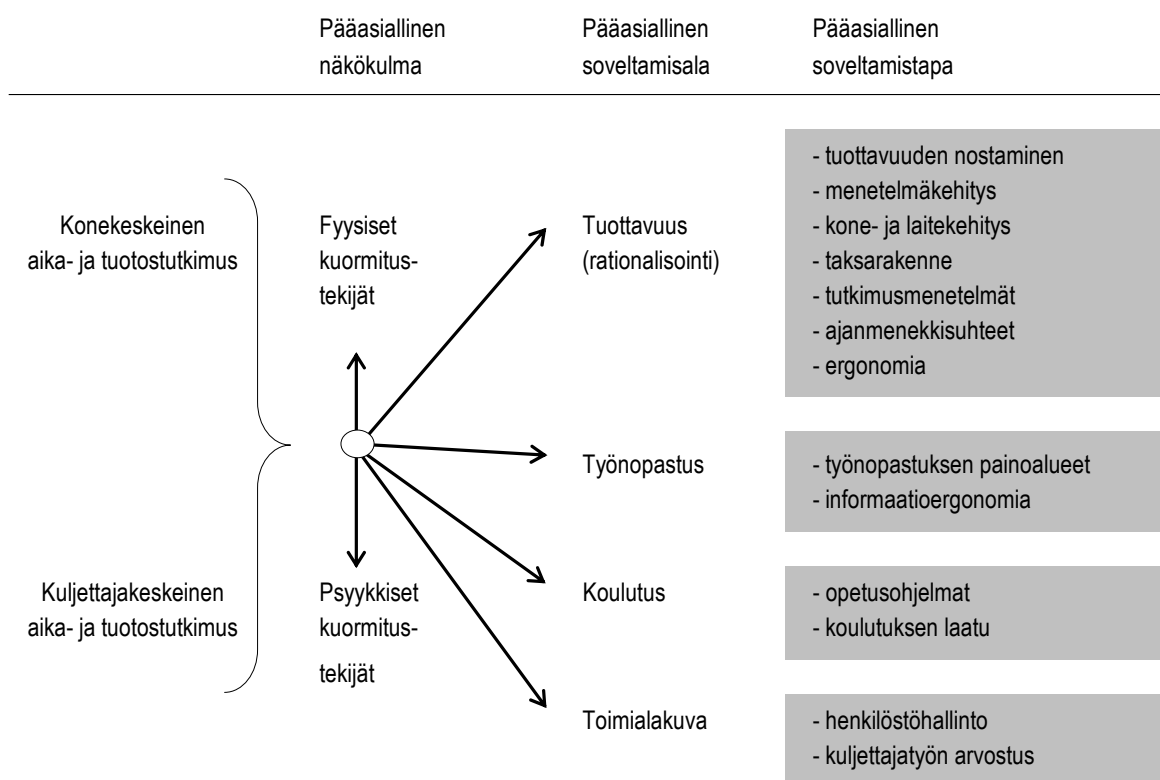


Kuva 15. Hakkuukonetyön kehittämisen ihmiskeskeinen näkökulma.

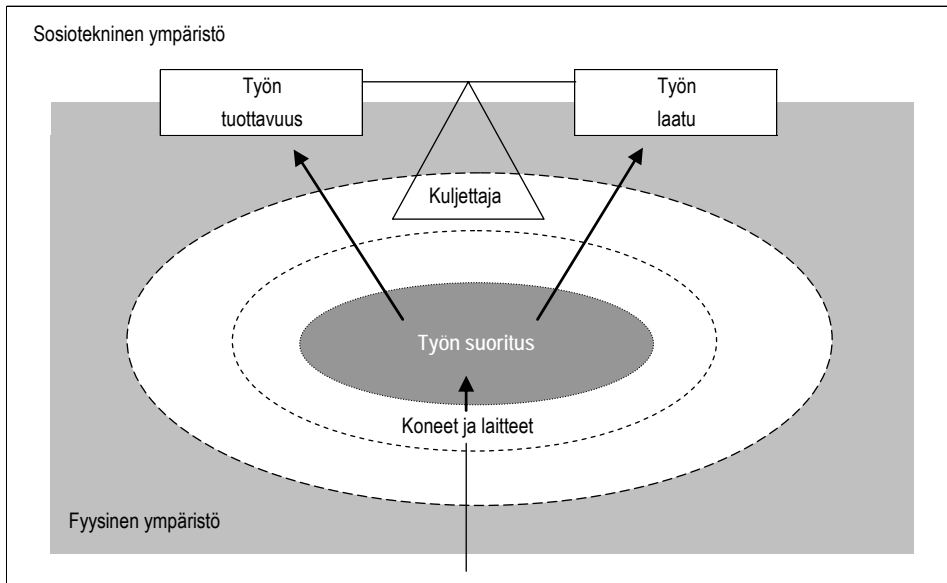
Teknologisen tarkastelutavan laajentaminen ihmiskeskeisemmäksi laajentaa tarkastelun tulosten soveltamisalaa (kuva 16). Työn psykologisten piirteiden korostaminen vaikeuttaa toisaalta tulosten yksiselitteistä tulkintaa. Laajennuksen jälkeen aika- ja tuotostutkimus tuottavat perusteita tuottavuuden, työnopastuksen ja kuljettajakoulutuksen kehittämiseksi. Lisäksi toimialakuvaa voidaan nykyaikaistaa. Ammattikuljettajien työnopastuksen painoalueet, koulutuksen suunnittelu ja kuljettajatyön arvostuksen nostaminen tulevat esiin aikaisempaa painokkaammin.

Toimintamallit ovat muuttuneet avoimiksi ja eri toimijoiden väliset rajat ovat madaltuneet. Metsätoimialan kehitys on aikaisempaa vuorovaikutteisempi ympäröivän yhteiskunnan kehityksen kanssa. Hakkuukonetyölle asetettavat työn tuottavuuden ja laadun vaatimukset voidaan johtaa sosioteknisestä ympäristöstä (kuva 17). Rajoitteena ovat työn fyysisen ympäristön tekijät.

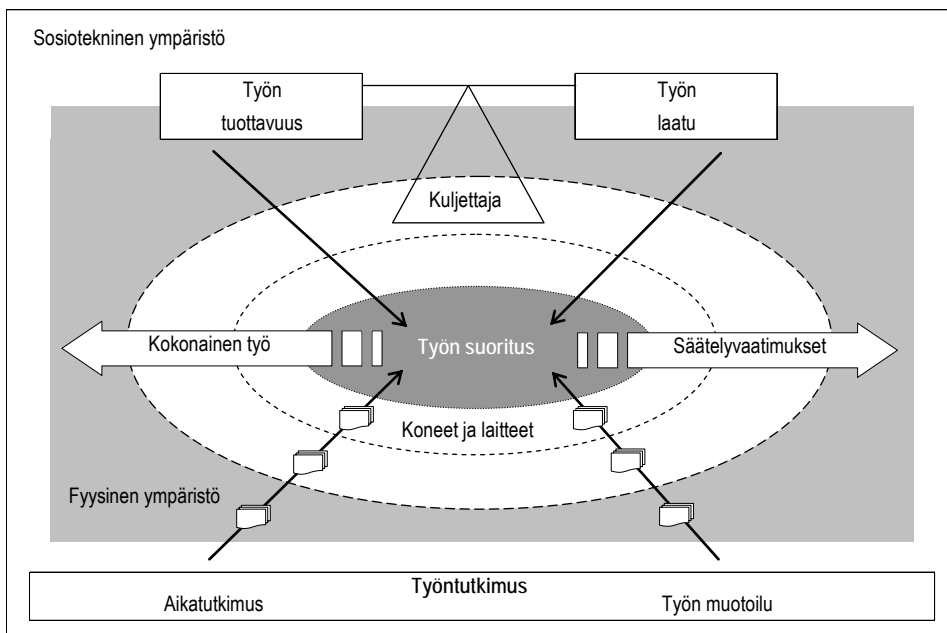
Tämän tutkimuksen aikatutkimusote on liitetty yllä mainittuun yleiseen malliin kuvassa 18. Valittu työntutkimuksen näkökulma vaikuttaa tutkimusasetelmaan ja tuloksiin. Työntutkimus on osa kunkin ajan sosioteknistä ympäristöä eikä ole siten tieteellisestä objektiivisuudestaan huolimatta riippumatonta tutkijan arvomaailmasta. Yhdistämällä metsätyötieteen aikatutkimusperinne ja työn muotoilu voidaan hakkuukonetyö kuvata kokonaisena työnä ja jäsentää työn psykologisten vaatimusten vaikutus työn toteuttamiseen. Tutkimuksen kohteena on työn suoritus, jota selitetään työympäristön, kuljettajan sekä koneiden ja laitteiden avulla. Tulosten tulkintaan vaikuttavat oleellisesti työn tuottavuuden ja laadun tavoitteet.



Kuva 16. Aika- ja tuotostutkimuksen tulosten soveltamisala.



Kuva 17. Hakkuukonetyön yleinen malli.



Kuva 18. Hakkuukonetyön tutkimuksen viitekehys tässä tutkimuksessa.

5 TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

5.1 Harmonisoitu tutkimusaineisto

Laajan aikatutkimuksen talviaineisto on kerätty vuonna 1995 ja kesäaineisto 1996. Harvennushakkuun tutkimusleimikoita oli yhteensä 69 ja ne oli valittu harkinnanvaraisella satunnaisotannalla eri puolilta Suomea. Leimikoiden tuli olla edustavia alueellaan eri olosuhdetekijöiden suhteen. Hakattu puumäärä oli 3 217 m³ ja tutkimuskuljettajia 13. Tutkimuskuljettajat olivat kokeneita. Tutkimuksessa olivat mukana yleisimmät hakkuukoneet ja -laitteet ja siinä tarkasteltiin pääasiassa 20 metrin ajouraväliin perustuvaa harvennushakkuumenetelmää.

Tutkimuksen tavoite oli selvittää, miten työmaaolot ja työvaikeustekijät vaikuttavat koneellisen hakkuun ajanmenekkiin ja tehollisen työajan rakenteisiin sekä määrittää ajantasaiset tuottavuusfunktiot. Yksittäisen hakkuukoneen työskentelyä seurattiin työvaiheittain. (Kuitto ym. 1994, ks. myös Lilleberg 1990)

Tämän tutkimuksen kuljettajakohtaisen tarkastelun aikatutkimusaineisto, harmonisoitu tutkimusaineisto, muodostettiin edellä kuvatusta perusaineistosta (liite 2). Aineisto muodostettiin yhtenäistämällä ajanmenekkiin vaikuttavia olosuhdetekijöitä siten, että jäljellä olisi mahdollisimman pelkistetyksi kuljettajasta johtuvaa vaihtelua.

Harmonisoituun tutkimusaineistoon hyväksyttiin harvennusleimikot ja ns. yleiskoneet (liite 3). Hakkuumenetelmäksi hyväksyttiin hakkuu ajouralta 20 metrin ajouravälillä kuitupölkyn tavoitepituuden ollessa noin 5 metriä. Hakkuukoneenkuljettaja suunnitteli ajourat ja valitsi poistettavat puut työskentelyn yhteydessä. Aineistossa on sekä kesä- että talvileimikoita. Talvikaudella lumen paksuus ei saanut olla yli 35 cm.

Tutkimusleimikoita ei luokiteltu ensimmäiseksi tai toiseksi harvennushakkuuksi. Mukaan kelpuutettiin leimikot, joiden keskijäreys oli 0,060–0,200 m³ ja poistuman tiheys 340–700 runkoa hehtaarilla. Tätä järeys- ja poistuman tiheysaluetta pidettiin luonteenomaisena koneelliselle harvennushakkuulle aineiston hakkuukoneilla. Aineistoon hyväksyttiin mukaan havupuuvaltaiset leimikot. Leimikkoa pidettiin havupuuvaltaisena, jos lehtipuun osuus oli alle 20 %. Tutkimusleimikko luokiteltiin mänty- tai kuusileimikoksi, jos kyseisen puulajin osuus oli yli 70 % valmistetuista rungoista. Tutkimuksen laskentatapaus muodostettiin mäntyositteesta.

5.2 Kenttäkokeet

Tutkimuksessa järjestettiin kaksi kenttäkoetta kokeellisena järjestelyinä. Koejärjestelyt on esitetty liitteessä 4. Kenttäkokeeseen 1 valittiin kaksi kuljettajaa, jotka hakkasivat samassa leimikossa samalla työkoneella ajo- ja hakkuu-uraa. Kuljettajien tuli olla ammattikuljettajia, joiden ajanmenekkiero on pieni. Eri ositteet hakattiin kahtena perättäisenä päivänä. Poistetun puuston runkolukusarja eri kuljettajilla oli hyvin samanlainen. Sääolosuhteet olivat samanlaiset. Maaston kivisyys oli normaalia vaativampaa sekä puiden valinta ja kaadon vaikeus normaaleja. Kenttäkoe toteutettiin 6.–7.8.2001 Laihialla. Työkone oli Timberjack 1070 ja hakkuulaite 745.

Kenttäkokeeseen 2 valittiin kolme kuljettajaa, joiden ajanmenekkieron tuli olla suuri ja työtavan selkeä. Valitut kuljettajatyypit olivat hyvä ammattikuljettaja (työkokemus noin 10 vuotta), keskimääräinen ammattikuljettaja (työkokemus noin 5 vuotta) ja hyvä kuljettajaoppilas (kokemusta kuormatraktorilla ajosta ja työharjoittelusta hakkuukoneella). Kukin kuljettaja hakkasi ajouraa (ajouraväli 20 metriä) samassa leimikossa ja samalla työkoneella. Eri ositteet hakattiin samana päivänä. Poistetun puuston runkolukusarja eri kuljettajilla oli hyvin samanlainen. Jäävän puuston tiheys ei vaikeuttanut kaatoa tutkimusleimikossa ja poistettavien puiden valinta oli hyvin selkeää. Lisäksi vaativia, suuria runkoja ei ollut lainkaan. Kenttäkoe toteutettiin 10.4.2002 Jämsänkoskella. Työkone oli Timberjack 1070 ja hakkuulaite 745.

Kenttäkokeilla testattiin esitettyjä malleja selvittämällä ajanmenekkierojen syntymisen mekanisme. Lisäksi testattiin hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävän tiedonkeruun mittaustekniikkaa. Kenttäkokeessa 1 selvitettiin ajanmenekin erojen syntymekanismia ajo- ja hakkuu-uralla työskentelyssä ja kenttäkokeessa 2 tapauksessa, jossa kuljettajien taitoerot ovat suuret. Kokeeseen haluttiin mukaan taidoiltaan ideaalitason kuljettaja.

Kun hakkuukonetyön objektiiviset vaatimukset jäsenetään ja johdetaan kuljettajan suoritus- ja tuotantokertoimiksi, voidaan osoittaa kriittisiä vaikutuskohtia, joissa sekä itse työprosessiin että sen suorittamiseen voidaan puuttua. Näiden ydinkohtien hallinta varmistaa hyvän työsuorituksen ja kohtuullisen psyykkisen kuormittumisen. Kenttäkokeet järjestettiin siten, että nämä ydinkohdat voidaan osoittaa.

5.3 Aikatutkimusaineistojen analysointi

Kuljettajien ajanmenekkieroa ja sen syntymistä tarkasteltiin työvaiheittain ja -osittain ajanmenekin mediaanin ja rakenteen avulla. Päättyövaiheille laadittiin kuljettajakohtaiset ajanmenekkifunktiot.

Ajanmenekkifunktiot laadittiin lineaarisella regressioanalyysillä. Kuljettajakohtaisten erojen vertailu tarkistettiin tilastollisesti yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Puun haltuunoton (siirtyminen, vienti, alikasvoksen raivaus ja suunnittelu) ajat muutettiin runkokohtaisiksi ajoiksi työpisteittäin. Se korostaa välittömän työympäristön merkitystä työtapahtumassa.

Perusfunktioille asetettiin vaatimus, että se ottaa huomioon havaintoparvesta johtuvan mahdollisen kaksisuuntaisen kaarevuuden. Siinä on oltava vähintään kaksi ei-lineaarista tekijää. Lisäksi funktion tulee olla jatkuvasti kasvava ja derivoituva sovellusalueella. Kaarevuuden on oltava vapaa havaintoparvesta mahdollisesti olevan kulminaatiopisteen molemmilla puolilla. (Poikela 1996, vrt. Bergstrand 1987, Kuitto ym. 1994 ja Brunberg 1997)

Ehdot täyttävän ja tulosten laskennassa käytetyn funktion muoto on:

$$Aika = x_0 + x_1 \cdot \log(dm^3 - x_2) + x_3 \cdot \exp(x_4 \cdot dm^3)$$

missä
ja kertoimet

dm^3 = rungon käyttöosan tilavuus

x_0 , ei rajoitteita

$x_1 \geq 0$

$x_2 < \text{havaintoaineiston pienin arvo}$

$x_3 \geq 0$

$x_4 > 0$

Hakkuukoneen tietojärjestelmään perustuvassa aineistossa kuljettajakohtaisten erojen analysointi keskittyi lisäksi työnosiin, jotka tulivat mitattaviksi uuden työkalun avulla. Tietojärjestelmää hyödyntävää tutkimustiedon keruuta verrattiin myös rinnakkain työntutkijan maastotiedonkeruulaitteella kokoamaan aineistoon. Eri aineistojen ja laskennassa käytetty työvaihejako on esitetty liitteessä 5.

Kelloaikatutkimukset tehtiin Husky Hunter -tiedonkeruulaitteella. Tiedonkeruulaitteelta aineisto siirrettiin käsittelyä varten SAS-ympäristöön. Laskenta suoritettiin The SAS System for Windows v.6.12 ja SAS Enterprise Guide 3.0 -ohjelmistojen työkaluilla. Hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävä tutkimustiedon keruu tehtiin Plustech Oy:n PlusCan-tallentimella (ks. myös Peltola 2003). Tiedonkeruu perustuu työkoneen Can-liikenteen (Controller Area Network) seurantaan. PlusCan-tallennin on mittaustekniikka, joka kerää ja tallentaa tietoa työkoneen mittaus- ja ohjausjärjestelmistä sekä laskee sisäisellä kellollaan esimerkiksi erilaisia liikeaikoja (Saukkomaa 2002, s. 9, ks. myös Väättäinen ym. 2005, s. 20).

6 TULOKSET

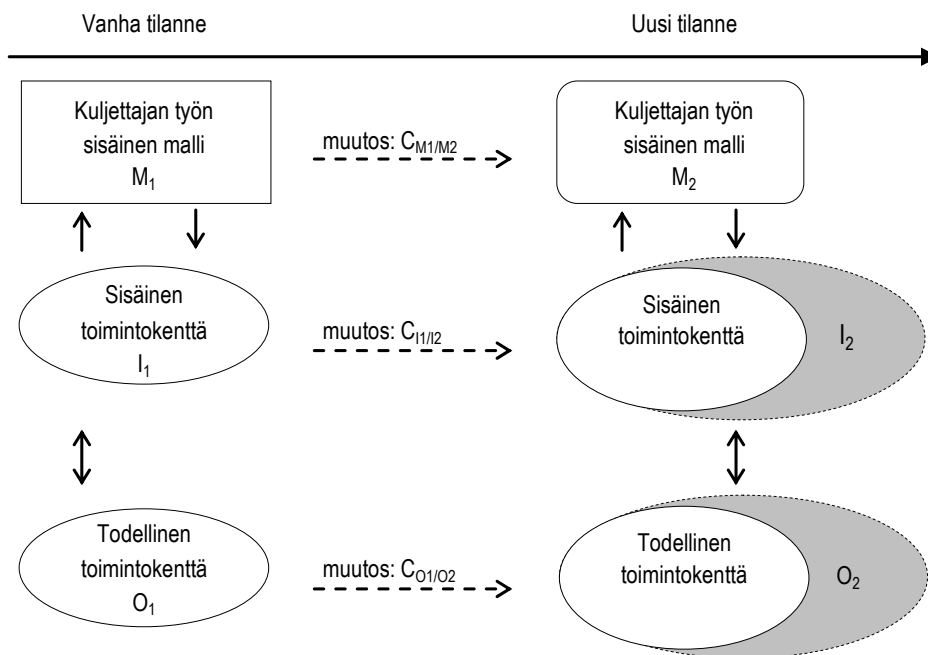
6.1 Hakkuukonetyön malli

6.1.1 Malli työnkuvan muuttumisesta

Hakkuukonetyön toimeksianto on valmistaa osoitetun leimikon poistettaviksi tulevat puut annettujen laatukriteerien mukaisiksi puutavaralajeiksi metsävarastoon noudattaen annettuja metsän- ja ympäristönhoidon ohjeita ja asetettua korjuujäljen tasoa. Aikaisemmin toimeksianto oli osoitetun puun valmistaminen lähes kiinteiden kriteerien mukaisiksi puutavaralajeiksi noudattaen asetettua korjuujäljen tasoa. Tällä muutoksella on suuri merkitys hakkuukonetyön vaatimiin säätelyvaatimuksiin. Työn vaatima ajattelu ja suunnittelu ovat lisääntyneet.

Hakkuukonetyön merkittävin muutos on tapahtunut ajattelu- ja suunnittelutyön osuuden kasvussa (kuva 19). Hakkuukonetyön kohde on tulkittava konkreettista, puukohtaista käsityötä laajemmin leimikkotasoisesti. Kuljettajan toimintamahdollisuuksien joukko on kasvanut merkittävästi (muutos $C_{I1/I2}$). Tällöin kuljettajan työn kohteen suunnitteluun sisältyvät ns. perinteisen työnjohdon tehtävät, joita ovat työmaan sekä metsän- ja ympäristönhoidon suunnittelu. Raaka-aineen laadun merkitys on kasvanut ja kuljettajan rooli sen huomioonottamisessa korostunut. Nämä aikaisemmassa puunkorjuun organisoinnissa henkiseksi suunnittelutyöksi luokituneet tehtävät ovat nykyisessä organisointitavassa työn vaatimaa ajattelua ja suunnittelua, ts. kuljettajan työn suorituksen henkistä valmistelua ja konkretisointia.

Kun sisäinen toimintakenttä on muuttunut huomattavasti, kuljettajat ovat joutuneet opettelemaan uudet toimivat sisäiset työn mallinsa (muutos $C_{M1/M2}$). Oppiminen on ollut työssäoppimista. Kuljettajan sisäinen malli työn toteuttamisesta päivittyy jatkuvasti kokemuksen myötä. Tietotekniikan osuus työstä, ja sen käytön vaikutus toimivaan sisäiseen malliin, on kasvanut merkittävästi. Osaamisalue on ollut uusi ja aikaisemmasta kokemuksesta ei ole aina ollut hyötyä.



Kuva 19. Malli hakkuukonetyön muuttumisesta.

Toimintamahdollisuuksien kartoituksen ja valintojen ts. ajattelu- ja suunnittelutyön jälkeen todellinen toimintokenttä eli työn suoritus käytännössä ei ole muuttunut yhtä paljon kuin hakkuukonetyön muut osa-alueet (muutos $C_{O1/O2}$). Työn konkreettinen suorittaminen vaatii esimerkiksi hyviä motorisia valmiuksia ja visuaalista hahmottamiskykyä kuten aikaisemminkin. Työtehtävän laajentuminen on lisännyt kuljettajan mahdollisuuksia vaikuttaa työhönsä.

6.1.2 Malli psyykkisestä kuormittumisesta hakkuukonetyössä

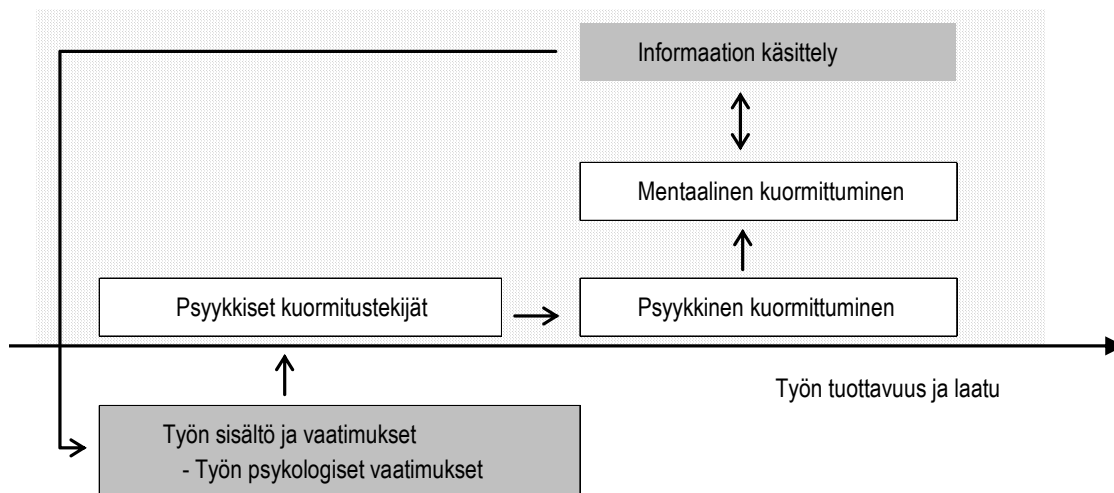
Tutkimuksen kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön kuvaus keskittyy työn psyykkisistä kuormitustekijöistä työn sisältöön ja sen vaatimuksiin, koska se kattaa pääosan työn vaatimasta ja ajattelusta ja suunnittelusta. Muita psykologisia kuormitustekijöitä ovat tuotannonohjausjärjestelmä ja työn organisointi, työpaikan sosiaaliset suhteet sekä työn fyysiset kuormitustekijät.

Osa hakkuukonetyön kuljettajakohtaisista ajanmenekkieroista perustuu kuljettajan kykyyn hahmottaa työnkuva ja työympäristö kokonaisvaltaisesti ja ennustaa työnkulku riittävän pitkälle eteenpäin sujuvan työsuorituksen aikaansaamiseksi. Tämän sisäisen mallin taso vaihtelee kuljettajittain. Sujuvalla työsuorituksella tarkoitetaan teknisestä näkökulmasta rationaalista, joutuisaa ja yhtäjaksoista työskentelyä. Henkisesti se on työn suorittamista ilman kohtuutonta ponnistusta riittävä luovuus säilyttäen.

Kuljettajan kyky hahmottaa työnkuva ja työympäristö kokonaisvaltaisesti perustuvat informaationkäsittelykykyyn. Hakkuukoneenkuljettajan käsittelemän informaation määrä on joissakin työvaiheissa niin suuri ja informaation laatu niin huono, että työn psyykinen kuormittavuus lisääntyvät ratkaisevasti. Liian suuri työn psyykinen kuormittavuus laskee työn tuottavuutta ja laatua. Kuljettajan motivaatio ja tarkkaavaisuus heikentyvät.

Hakkuukonetyön vaativuus johtuu informaation käsittelyn vaativuudesta. Se puolestaan aiheuttaa kuljettajalle korkean psyykkisen kuormittumisen mentaalisen kuormittumisen kautta (kuva 20). Sen tasoon vaikuttavat rinnalla aistinelinten ja emotionaalinen kuormittuminen.

Työn vaatima jatkuva tarkkaavaisuus korostaa hakkuukonetyön psyykkistä kuormittavuutta. Lisäksi kuljettajan on keskityttävä informaation vastaanottoon, käsittelyyn ja reagointiin tilanteessa, jossa on suuri ärsykemäärä ja esiintyy häiritseviä ärsykeitä. Hakkuukonetyössä vaaditaan laaja-alaisen tiedon nopeaa havaitsemista ja muuntamista sekä monimutkaista koordinaatiota. Kuljettaja joutuu myös ajoittain yhdistämään keskenään ristiriitaisia tavoitteita työn suoritushetkellä.



Kuva 20. Malli psyykkisestä kuormittumisesta hakkuukonetyössä.

6.1.3 Hakkuukonetyön tasomalli ja looginen rakenne

Kuljettaja toteuttaa työtehtävän työvälineen – hakkuukoneen ja sen laitteiden – avulla. Itse työn suoritus on kuvattavissa objektiivisesti, vaikka kukin kuljettaja kokee työnsä subjektiivisesti. Kuljettajakeskeinen hakkuutyönkuvaus tarkoittaa työn suorituksen objektiivista tarkastelua. Työhön liittyvä ajattelu ja suunnittelu hakkuukonetyössä on esitetty kuvassa 21 hakkuukonetyön edellyttämän ajattelun ja suunnittelun tasomallina. Hierarkkiset tasot, joihin ajattelu ja suunnittelu kohdistuvat, ovat työympäristö, työnäkemä ja työpiste. (ks. myös Kariemi 2000, 2001, 2003a ja 2003b)

Mallissa työpisteeseen liittyvä ajattelu ja suunnittelu on välitön ja työnäkemään liittyvä välttämätön osa käsityötä. Kuljettajan tekemä työhön liittyvä ajattelu ja suunnittelu näkyvät monina päätöksentekovaiheina ja eritasoisina mielessä laadittavina suunnitelmina. Työn vaatima ajattelu ja suunnittelu tapahtuu pääsääntöisesti ajallisesti yhtä aikaa käsityön kanssa.

Työvuoro aloitetaan orientoitumalla työympäristöön kokonaisuutena ja työskentely havainnoimalla työnäkemä. Orientoituminen leimikkoon ja työnäkemän havainnointi operationalisoidaan työpisteessä, joka valmistetaan puu kerrallaan siten, että yksittäisten puiden hakkuu muodostaa syy-seuraussuhteisen kokonaisuuden.

Määritelmä
3/4

Kuvassa 22 on esitetty tasomallin mukainen kuljettajakeskeisen hakkuukonetyön vuokaavio, hakkuukonetyön looginen rakenne. Kuvauksessa kuljettajan tekemä työhön liittyvä ajattelu ja suunnittelu sekä käsityö on ryhmitelty erilleen tasomallin mukaisesti. Kuvauksen tavoite on konkretisoida hakkuukonetyöhön liittyvän ajattelun ja suunnittelun sijainti. Vuokaavion eri osien sisältöä on tarkennettu kuvaamalla hakkuukonetyön joitakin ominaisuuksia liitteessä 6.

Kaaviossa tuotannollinen aika on jaettu työn vaatimaan ajatteluun ja suunnitteluun sekä käsityöhön. Työn vaatima ajattelu ja suunnittelu on jaettu työnäkemän ja työpisteen kesken. Käsityö on jaettu suoranaisesti työn kohdetta muokkaavaan päätyöhön ja päätyötä tukevaan aputyöhön.

Työympäristö

Työympäristö on yleensä yksi leimikko ja sen suunnitteluun vaikuttava lähialue. Se voi olla myös joukko vierekkäisiä tai lähekkäisiä leimikoita, jotka käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

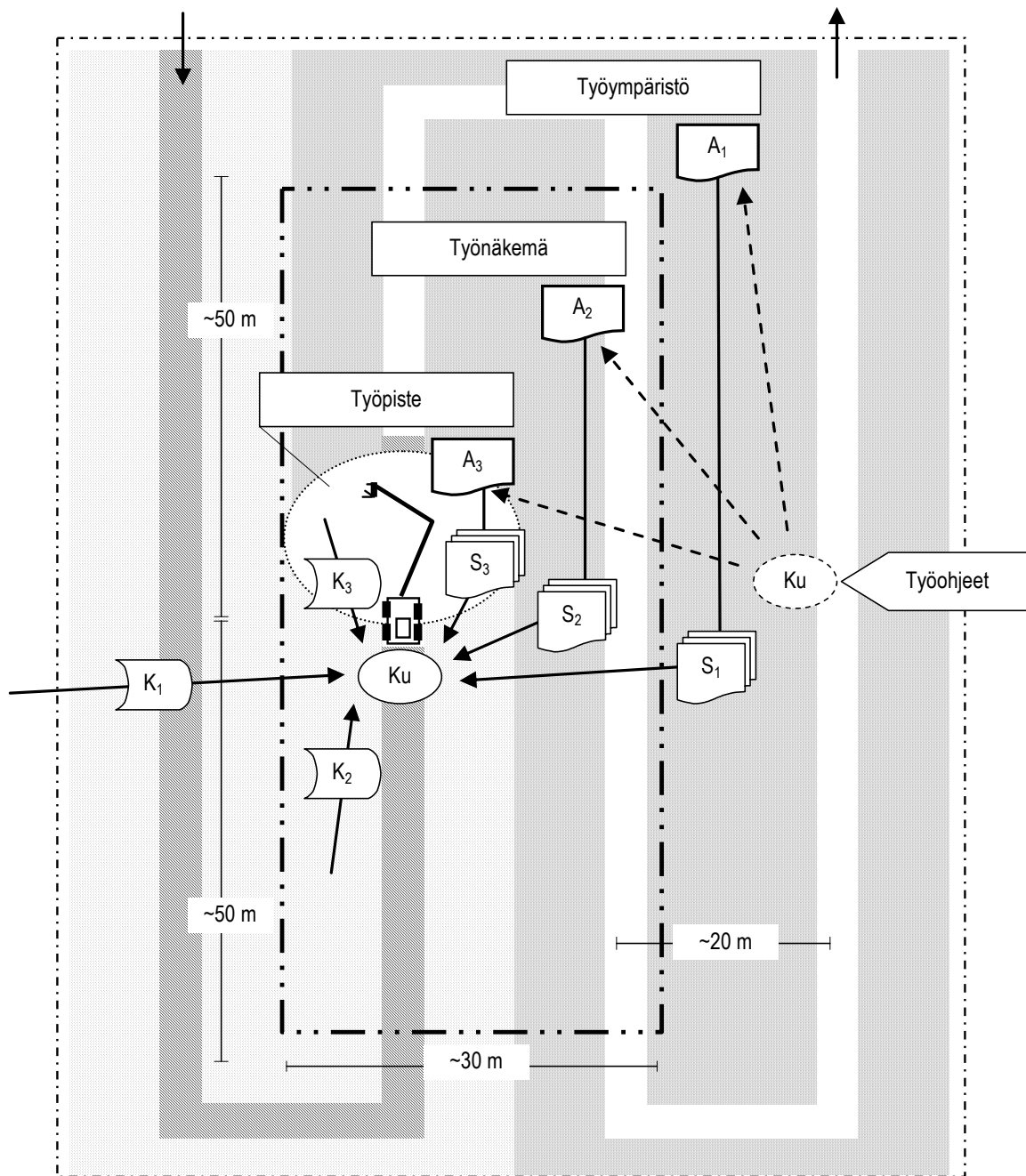
Hakkuukoneenkuljettaja (Ku) saa työohjeet joko suoraan korjuupalvelun ostajalta tai esimieheltään puunkorjuurytyksestä. Ohjeet ovat sekä suullisia että kirjallisia. Kuljettaja soveltaa saamansa työohjeet vallitseviin leimikon olosuhteisiin. Ohjeiden soveltaminen edellyttää kaikilla tasoilla aina tulkintaa ja ymmärtämistä. Kuljettaja laatii ajattelutyön tuloksena mielessään (A_1) leimikon yleissuunnitelman (S_1). Ajattelun ja tulkinnan tukena on kuljettajan kokemus aikaisemmista leimikoista (K_1). Annetut työohjeet on sisäistettävä ja hyväksyttävä ennen työvuoron aloittamista. Jos työohjeissa on puutteita tai epäselvyyksiä, ne on selvitettävä.

Kun kuljettaja on laatinut mielessään leimikon yleissuunnitelman, hän on valmis aloittamaan työskentelyn.

Työnäkemä

Työnäkemä on alue, jonka kuljettaja hallitsee loogisena kokonaisuutena ohjaamosta, ja johon liittyvän informaation hallinta on oleellista työn toteuttamiseksi. Näkemän laajuus riippuu metsikön olosuhteista. Sujuvan työrytmin varmistamiseksi sen tulisi olla 3–5 seuraavan työpisteen verran eteenpäin ja muutaman työpisteen verran taaksepäin siitä pisteestä, jolla työskennellään. Se rajoittuu sivuiltaan jo hakattuun leimikkoon ja mielessä suunniteltuun viereiseen ajouraan. Työnäkemä on kuljettajan informaation hallinnan kannalta mielekäs yksikkö. Toisaalta se on yksikkö, josta on saatava riittävä ennakkoinformaatio, jotta sujuva työskentely on mahdollista.

Määritelmä
4/4

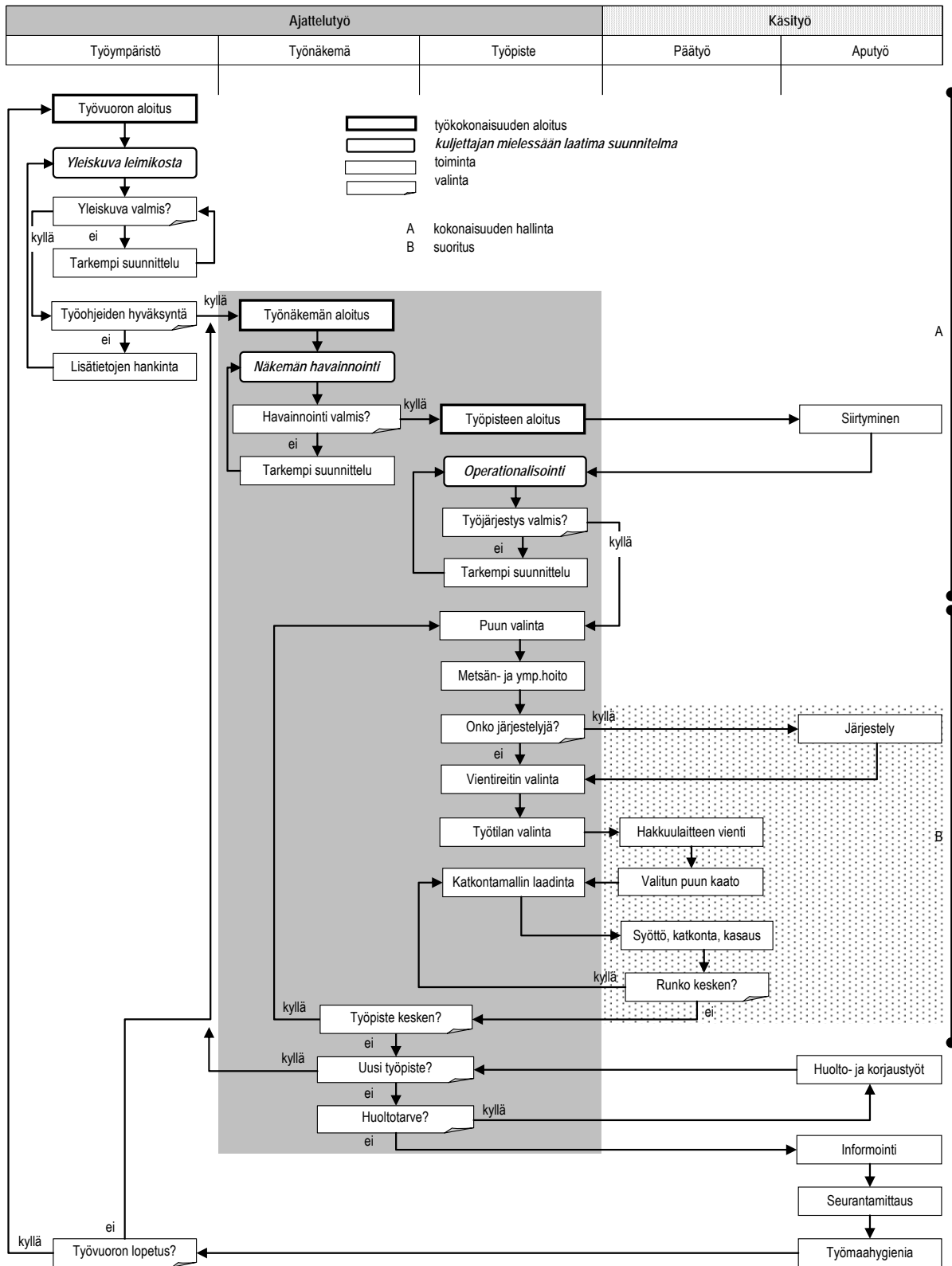


Kuva 21. Hakkuukonetyön edellyttämän ajattelun ja suunnittelun tasomalli.

A_1-A_3 = Työn edellyttämä ajattelu ja suunnittelu eri tasoilla, edellyttää työohjeiden soveltamista ja tulkintaa

S_1-S_3 = Kuljettajan mielessään laatima suunnitelma eri tasoilla

K_1-K_3 = Kuljettajan kokemus edellisistä leimikoista, nykyisestä leimikosta ja valmistettavasta työpisteestä.



Kuva 22. Hakkuukonetyön looginen rakenne tasomallisissa.

Kuljettaja havainnoi työskennellessään työnäkemää ja pitää jatkuvasti yllä mielessään (A_2) sille tarkennettua suunnitelmaa (S_2). Hän soveltaa mielessään laatimaansa leimikon yleissuunnitelmaa ja annettuja työohjeita. Lisäksi jo syntynyt kokemus työstettävästä leimikosta (K_2) on apuna.

Työnäkemän havainnoinnissa kuljettaja tekee alustavia päätöksiä metsän- ja ympäristöhoidosta sekä poistettavien puiden laadusta. Hän luo yleissuunnitelmaansa ja annettujen työohjeiden soveltamiseen perustuvan alustavan työsuunnitelman. Työnäkemän suunnittelu on jatkuvaa, ja suunnitelmaa päivitetään etenkin siirryttäessä työpisteeltä toiselle. Tehtävä on luonteeltaan dynaaminen prosessi.

Työpiste

Työpiste on nosturin ulottuvuuden rajoittama ihanteellinen alue, joka on mahdollista valmistaa yhtenä kokonaisuutena, jos kuljettajan taito on riittävä. Käytännössä työpisteitä syntyy enemmän kuin niiden teoreettinen optimimäärä edellyttäisi.

Työnäkemän alustava työsuunnitelma operationalisoidaan työpisteessä. Kuljettaja laatii mielessään (A_3) työpisteelle tarkan työsuunnitelman (S_3), joka perustuu työnäkemän suunnitelman soveltamiseen ja puukohtaiseen kokemukseen 1–3:lta viimeiseksi valmistetulta työpisteeltä (K_3).

Kuljettaja toteuttaa mielessään työpisteelle laatimansa työjärjestyksen valmistettava puu kerrallaan. Toteutukseen liittyy tiivistä – rinnakkain ja vuorovaikutuksessa – käsityö sekä siihen liittyvä ajattelu ja suunnittelu. Niin työliikkeet kuin ajattelu tapahtuvat pääsääntöisesti rutiininomaisesti. Kokemattomalla kuljettajalla tämä rutiinityö vaatii vielä keskittyntä ajattelua ja suunnittelua. Ajattelutyötä ovat mm. päättäminen tarvittavista järjestelyistä, nosturin viennin reitistä, puun kaatosuunnasta ja työtilasta sekä rungon katkontaan liittyvät päätökset. Esimerkiksi järjestely nosturilla, hakkuulaitteen vienti sekä syöttö ja poikkisahaus ovat käsitöitä.

6.2 Kuljettajakohtaisten ajanmenekkierojen hallinta

6.2.1 Ammattikuljettajien työmaatasoinen vertailu

Harmonisoidun tutkimusaineiston kuljettajat olivat ammattikuljettajia, joita tutkittiin normaalin työnteon yhteydessä (katso myös luku 5.2). Kuljettajat valikoituivat satunnaisesti kohdevalinnan ja työvuorojen mukaan.

Tulokset perustuvat harmonisoituun tutkimusaineistoon, jonka laskentatapauksessa verrataan keskenään kuljettajia A, B ja C. Kuljettaja A asetettiin vertailukohdaksi tulosten raportoinnissa. Mediaanitarkasteluissa on esitetty myös ylä- ja alakvartiili. Kaikki ajanmenekkitulokset esitetään suhteellisina. Kunkin kuvan asteikko on yhtenäinen luvuissa 6.2.2 ja 6.2.3 esitettyjen vastaavien kuvien kanssa.

Laskentatapauksen poistuman runkolukusarja on esitetty liitteessä 7, ajanmenekki-funktioiden parametrit liitteessä 8 ja kuljettajakohtaiset havaintoparvet liitteessä 9. Laskentatapauksen tilastollinen tarkastelu on esitetty liitteessä 10. Tilastollinen analyysi antaa tukea kuljettajien väliseen vertailuun tehoajalla ja esitetyillä päätyövaiheilla muutoin paitsi puun haltuunotossa kuljettajien A ja B välillä.

Ajanmenekki

Liitteessä 11 on esitetty kuvat eri taustamuuttujien vaikutuksesta tehoajanmenekkiin harmonisoidussa harvennushakkuuaineistossa rungon kokoluokittain. Kuusen tehoajanmenekin mediaani oli 12 % suurempi ja koivun 1 % pienempi kuin männällä. Ero oli sama luokkaa puun haltuunotossa sekä puun kaadossa ja rungon valmistuksessa. Tiheysluokan 450–550 runkoa hehtaarilla tehoajanmenekki oli 23 % suurempi kuin alemmalla tiheydellä. Muun harvennuk- sen tehoajanmenekki oli 21 % suurempi kuin ensimmäistä kertaa harvennettavissa kohteissa. Rungon ottoetäisyys ei vaikuttanut juurikaan ajanmenekkiin. Kun työkone sijaitsi muualla kuin ajouralla rungon valmistuksessa, oli tehoajanmenekki 11 % suurempi kuin koneen olles- sa ajouralla.

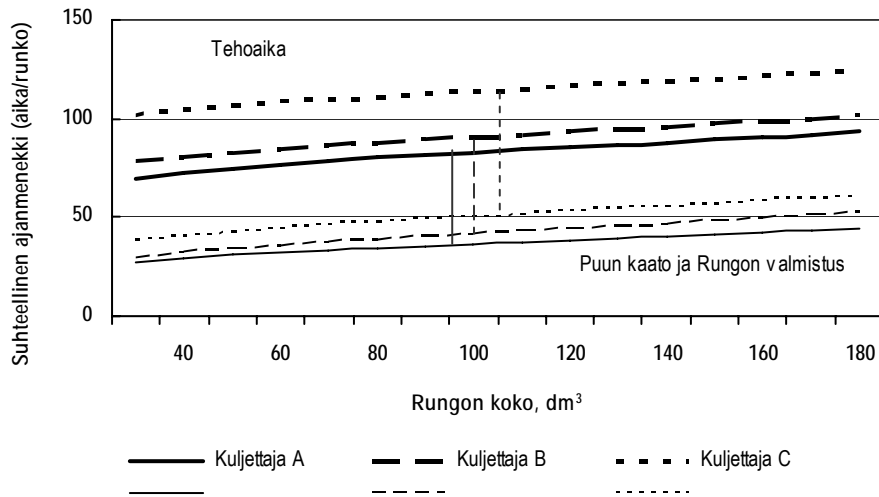
Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksessa kuljettajan C tehoajanmenekki oli selkeästi suurempi kuin muilla kuljettajilla (kuvat 23–26). Kuljettajan B tehoajanmenekki rungon koolla 100 dm³ oli 9 ja kuljettajan C 37 % suurempi kuin kuljettajalla A. Kuljettajalla A tehoajanmenekki nousi 35 % rungon koon kasvaessa välillä 30–180 dm³. Kuljettajalla B vastaava nousu oli 29 ja kuljettajalla C 22 %.

Kuljettajalla A tehoajanmenekki rungon kokoluokassa 80–120 dm³ oli 2, kuljettajalla B 9 ja kuljettajalla C 25 % pienempi ajouralta poistetuissa puissa verrattuna muualta kuin ajouralta poistettuihin puihin.

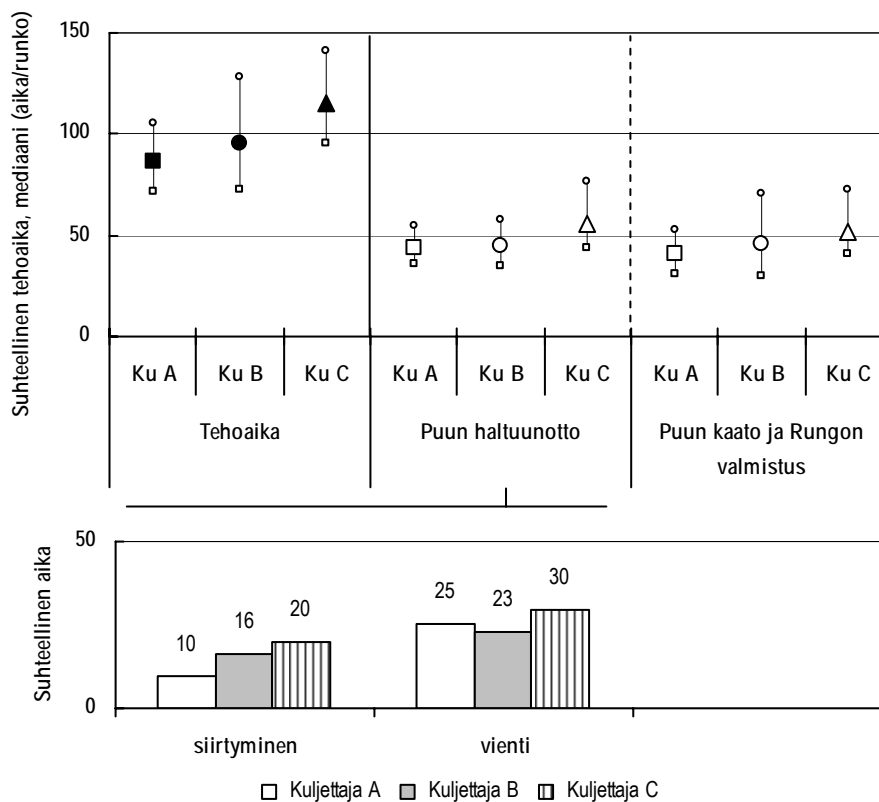
Puun haltuunoton ajanmenekki pysyi samana erikokoisilla rungoilla kuljettajilla B ja C rungon kasvaessa välillä 30–180 dm³. Kuljettajalla A ajanmenekki kasvoi 17 %. Rungon koolla 100 dm³ puun haltuunoton runkokohtainen ajanmenekki oli kuljettajalla A 47, kuljet- tajalla B 49 ja kuljettajalla C 63.

Mediaanitarkastelussa kuljettajan B tehoajanmenekki oli 10 ja kuljettajan C 34 % suurem- pi kuin kuljettajalla A. Vastaavat luvut puun haltuunotossa olivat 3 ja 28 sekä puun kaadossa ja rungon valmistuksessa 12 ja 25 %. Siirtymisessä kuljettaja B oli 67 ja kuljettaja C 100 % hitaampi kuin kuljettaja A. Viennissä kuljettaja B oli 10 % nopeampi ja kuljettaja C 16 % hitaampi.

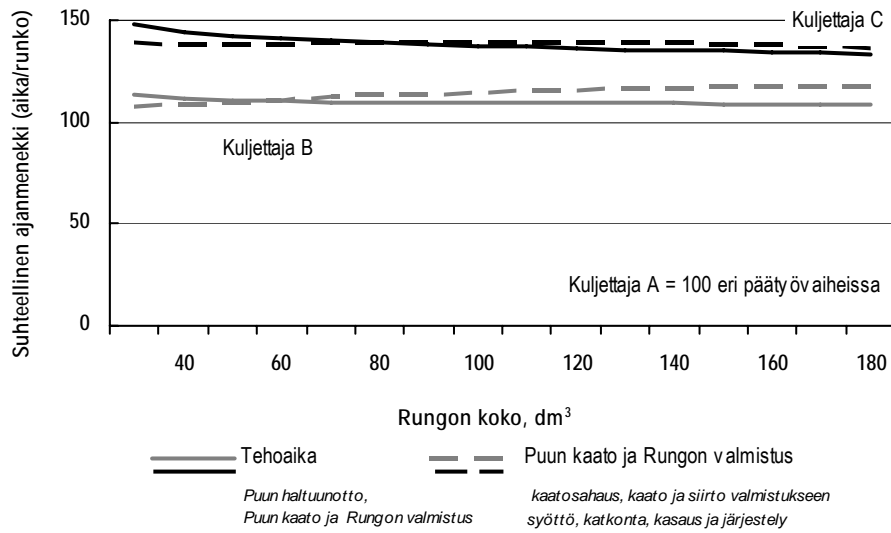
Suhteellisen ajanmenekkieron tarkastelu ajanmenekki-funktiona osoittaa, että kuljettaja C oli hitaampi laskentatapauksen pienillä rungoilla verrattuna kuljettajaan A. Kuljettajan A ja B välinen tehoajanmenekin ero pieneni sekä puun kaadon ja rungon valmistuksen ajanmenekin ero suureni suurilla rungoilla.



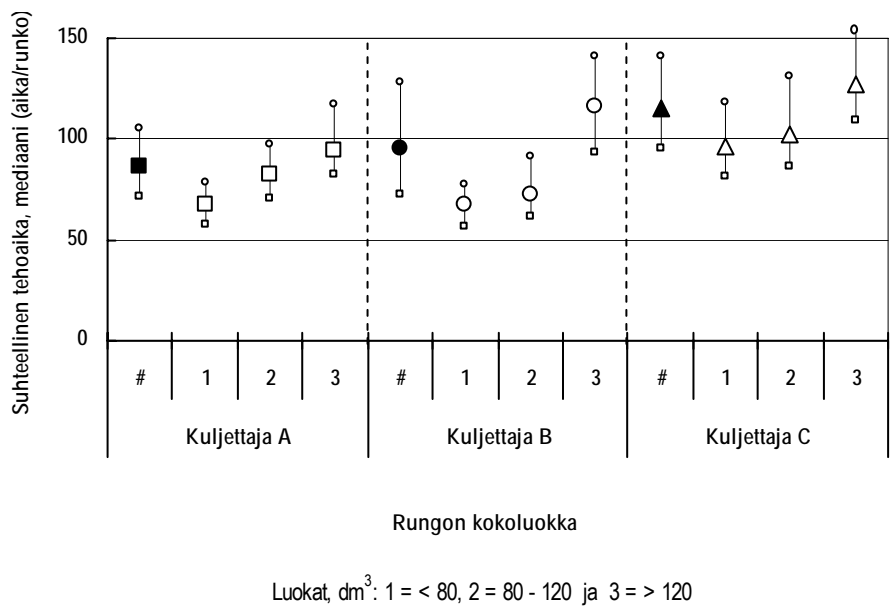
Kuva 23. Suhteelliset ajanmenekkipiirrokset.



Kuva 24. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina (myös ylä- ja alakvartiili).



Kuva 25. Suhteellinen ajanmenekki ajanmenekki-funktiona.



Kuva 26. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon kokoluokittain (myös ylä- ja alakvartiili).

Kuljettajan työtapa

Ajanmenekin rakenteessa päätyövaiheissa ei ollut suuria eroja kuljettajien välillä (kuva 27). Eri kuljettajat käyttivät kukin noin puolet ajasta puun kaatoon ja rungon valmistukseen. Kuljettajilla oli merkittävästi puun haltuunotossa alikasvoksen raivausta ja suunnittelua. Kuljettajalla B oli huomattavasti rungon valmistuksessa järjestelyä.

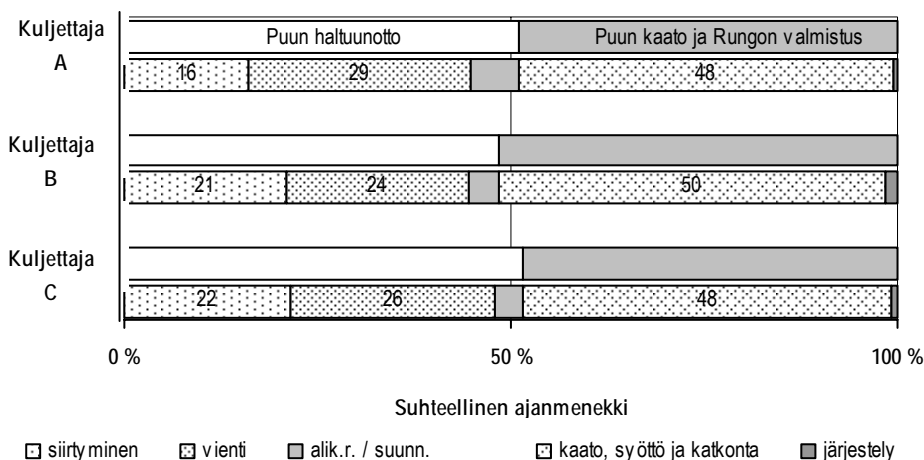
Keskimääräinen siirtymismatka oli kuljettajalla A 3,6 metriä sekä kuljettajilla B ja C 4,2 ja 4,6 metriä (kuva 28). Kuljettaja A erottui muista kuljettajista kahden ja kolmen metrin siirtymisten suuremmalla osuudella. Kuljettajalla C oli suhteessa muita kuljettajia enemmän yhden metrin siirtymisiä sekä yli 10 metrin siirtymisiä. Kuljettajan A siirtymisnopeus oli 15,3, kuljettajan B 17,2 ja kuljettajan C 16,1 metriä minuutissa.

Keskimääräinen poistettavan rungon ottoetäisyys oli kuljettajalla A 5,5, kuljettajalla B 6,4 ja kuljettajalla C 6,3 metriä (kuva 29). Ajouralta poistettujen puiden osalta vastaavat luvut olivat 4,4, 5,1 ja 4,6 sekä muualta kuin ajouralta poistettujen puiden osalta 6,1, 6,8 ja 6,9 metriä. Kuljettaja A työskenteli tasaisesti eri ottoetäisyyksillä. Hän erosi muista kuljettajista lisäksi kolmen ja neljän metrin ottoetäisyyksien suuremmalla osuudella. Kuljettajat B ja C käyttivät nosturin ääriulottuvuutta kuljettajaa A enemmän.

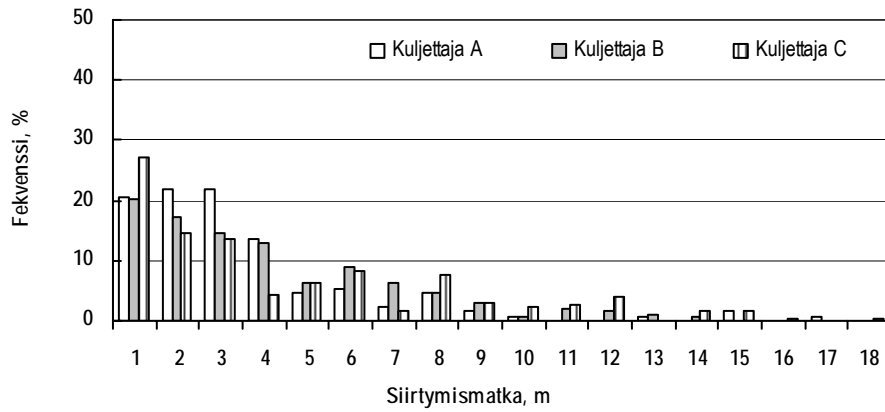
Kuvassa 30 on esitetty pelkistetty työkoneen ja -laitteen liikemäärä. Siirtyminen on työkoneen työpisteelle siirtymä matka, joka on jaettu työpisteen rungoille. Vientimatka on poistettavan puun lyhin etäisyys nosturin tyveltä. Pelkistetty liikemäärä kuvaa karkeasti työkoneen asemointia suhteessa poistettaviin puihin ja työpisteen tilajärjestyksen hallintaa. Kuljettaja A onnistui muita kuljettajia paremmin työkoneen asemoinnissa.

Kuljettaja A valmisti keskimäärin 2,6 runkoja työpisteessä. Kuljettajilla B ja C vastaavat runkomäärät olivat 1,8 ja 1,7. Työpisteessä valmistettujen runkojen määrä jakautui välille 1–8. Kuljettajalla A oli yhden rungon työpisteitä 12, kuljettajilla B ja C 29 % kaikista työpisteistä. Välille 1–4 runkoa työpisteessä kuljettajalla A osui 78, kuljettajalla B 91 ja kuljettajalla C 95 % havainnoista.

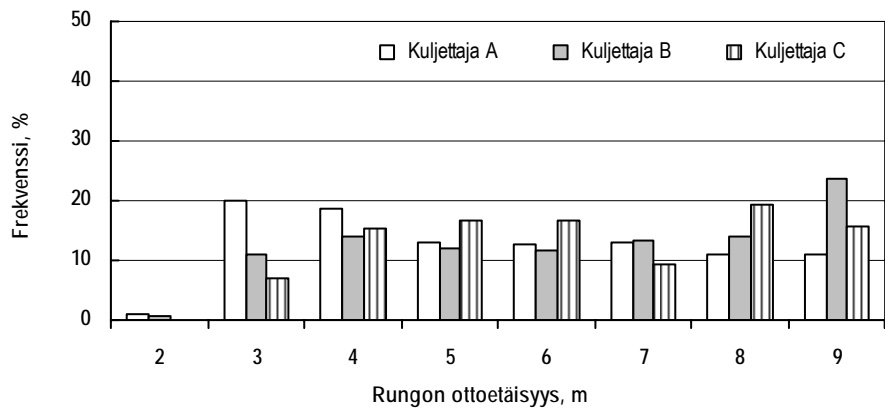
Kuljettajien tehoajanmenekki oli yhden rungon työpisteissä 18–28 % suurempi kuin kahden rungon työpisteissä (kuva 31). Neljän rungon työpisteissä kuljettaja A oli 9, kuljettaja B 23 ja kuljettaja C 18 % nopeampi kuin kahden rungon työpisteissä.



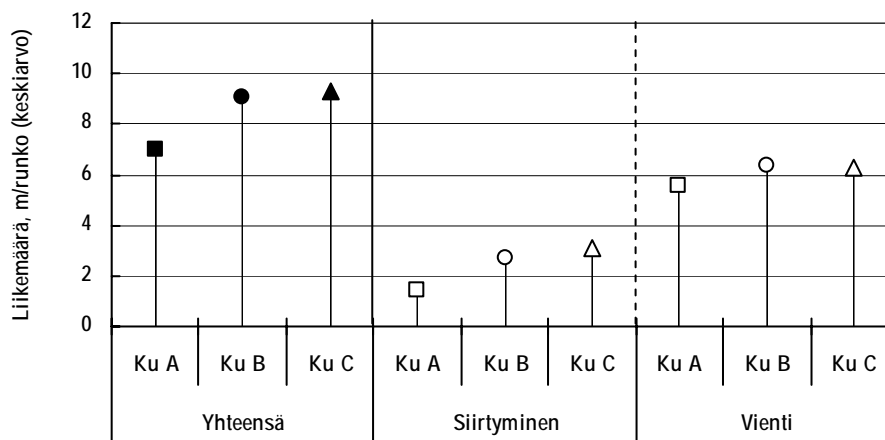
Kuva 27. Ajanmenekin rakenne.



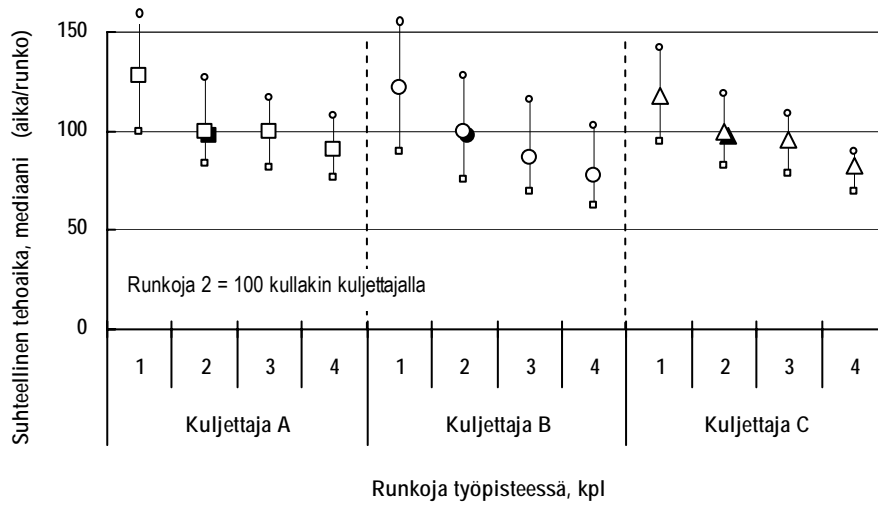
Kuva 28. Siirtymismatka työpisteiden välillä.



Kuva 29. Rungon ottoetäisyys.



Kuva 30. Työkoneen ja -laitteen pelkistetty liikemäärä.



Kuva 31. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina työpisteessä valmistettujen runkojen määrällä (myös ylä- ja alakvartiili).



Valokuva 1. Näkymä kenttäkokeesta 1. (luku 6.2.2) >>

6.2.2 Ajanmenekkierojen syntymekanismi ajo- ja hakkuu-uralla

Kenttäkokeen 1 kuljettajat olivat ammattikuljettajia, joita tutkittiin normaalin työnteon yhteydessä (katso myös luku 5.2 sekä koejärjestely liite 4). Kuljettajien oletettiin olevan taidoiltaan samantasoisia. Luvun kuvissa numerot 1 ja 2 viittaavat tutkimuskuljettajaan ja kirjain A ja H ajo- ja hakkuu-uraan.

Tulokset perustuvat työntutkijan ja PlusCan-tallentimen keräämään aineistoon. Kuljettaja 2 ajouralla asetettiin vertailukohdaksi tulosten raportoinnissa. Mediaanitarkasteluissa on esitetty myös ylä- ja alakvartiili. Kaikki ajanmenekkitulokset esitetään suhteellisina. Kunkin kuvan asteikko on yhtenäinen luvuissa 6.2.1 ja 6.2.3 esitettyjen vastaavien kuvien kanssa.

Kenttäkokeen poistuman runkolukusarja on esitetty liitteessä 7, ajanmenekkifunktioiden parametrit liitteessä 12 ja kuljettajakohtaiset havaintoparvet koaloittain liitteessä 13. Laskentatapauksen tilastollinen tarkastelu on esitetty liitteessä 14. Tilastollinen analyysi antaa tukea kuljettajien väliseen vertailuun uralajeittain tehoajalla ja puun haltuunotolla sekä uralajien väliseen vertailuun kuljettajalla 2 puun haltuunotossa.

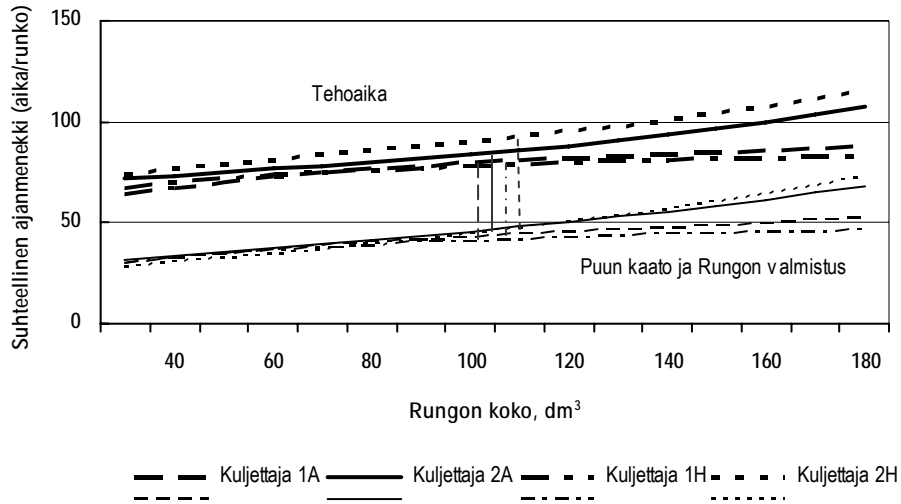
Ajanmenekki

Kuljettajan 1 tehoajanmenekki oli lähes sama ajo- ja hakkuu-uralla (kuvat 32–35). Kuljettajan 2 tehoajanmenekki oli hakkuu-uralla ajouraa jonkin verran suurempi. Kuljettajan 1 tehoajanmenekki rungon koolla 100 dm³ oli ajouralla 5 ja hakkuu-uralla 13 % pienempi kuin kuljettajalla 2 vastaavilla uralajeilla. Kuljettaja 1 oli 2 % hitaampi ja kuljettaja 2 7 % nopeampi ajokuin hakkuu-urallaan. Kuljettajien välinen ero oli pieni pienellä rungon koolla ja kasvoi huomattavasti suurimmilla rungoilla. Ero syntyi puun kaadon ja rungon valmistuksen ajanmenekissä. Kuljettajan 1 tehoajanmenekki nousi ajouralla 37 ja hakkuu-uralla 24 % rungon koon kasvaessa välillä 30–180 dm³. Kuljettajalla 2 vastaavat nousut olivat 50 ja 55 %.

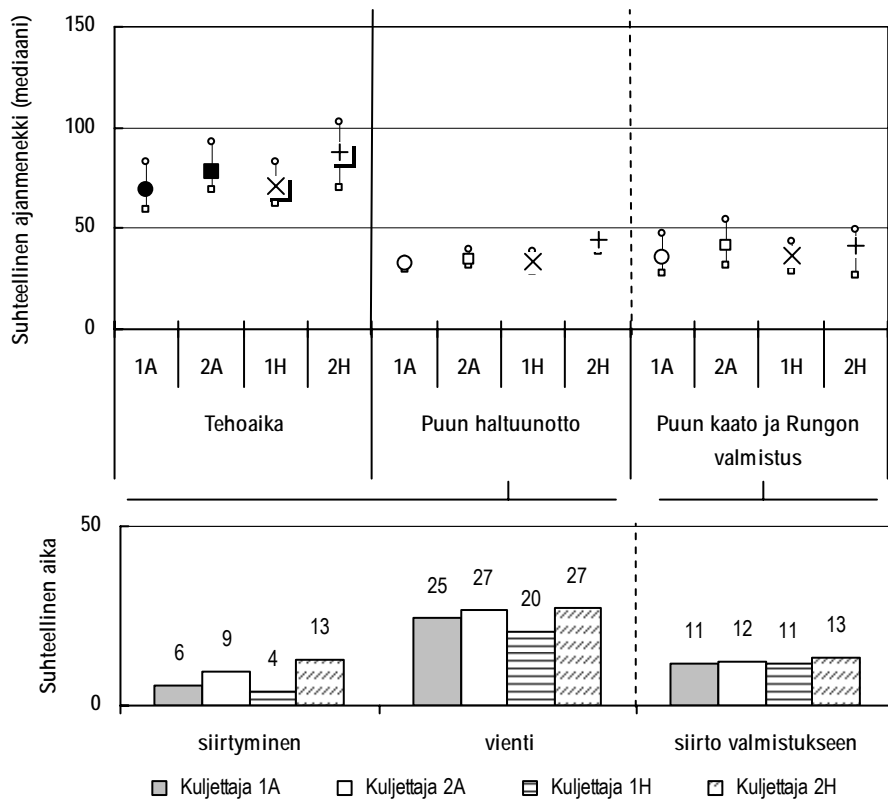
Puun haltuunoton ajanmenekki kenttäkokeen eri rungon koolla kasvoi kuljettajalla 1 ajouralla 4 % ja pieneni hakkuu-uralla 1 %. Kuljettajalla 2 ajanmenekki pieneni ajouralla 2 ja hakkuu-uralla 10 %. Rungon koolla 100 dm³ puun haltuunoton runkokohtainen ajanmenekki oli kuljettajalla 1 sekä ajo- että hakkuu-uralla 37. Kuljettajalla 2 ajanmenekki oli ajouralla 38 ja hakkuu-uralla 46.

Mediaanitarkastelussa kuljettajan 1 tehoajanmenekki ajouralla oli 2 ja kuljettajan 2 8 % suurempi kuin hakkuu-uralla. Puun haltuunotossa vastaavat luvut olivat 1 ja 31 % sekä puun kaadossa ja rungon valmistuksessa 9 ja 4 %. Siirtymisessä kuljettaja 1 oli ajouralla 27 % hitaampi ja kuljettaja 2 36 % nopeampi kuin hakkuu-urallaan. Viennissä vastaavat erot olivat 17 ja 2 %. Rungon siirrossa valmistuskohtaan kuljettaja 1 oli yhtä nopea ajo- ja hakkuu-uralla ja kuljettaja 2 oli ajouralla 7 % nopeampi.

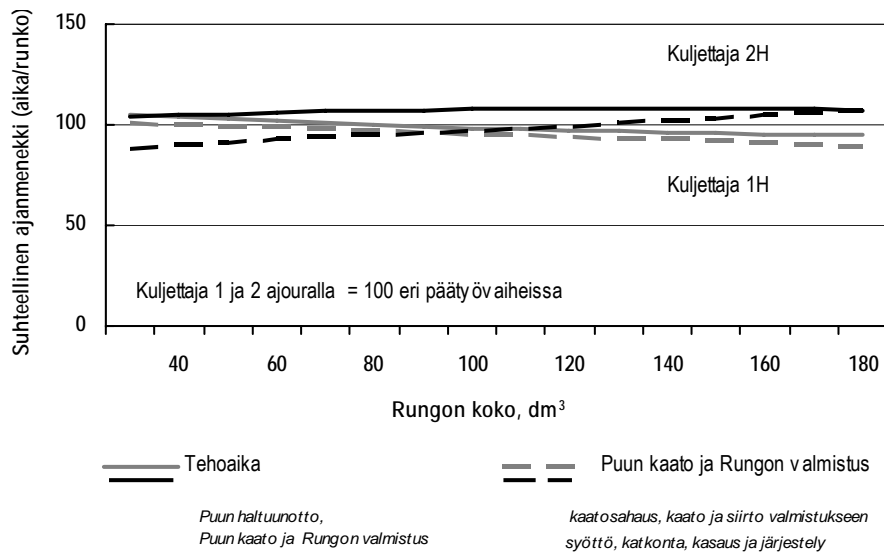
Suhteellinen ajanmenekkieron tarkastelu ajanmenekkifunktiona osoittaa, että kuljettaja 1 oli tehoajassa hakkuu-uralla jonkin verran hitaampi pienillä ja nopeampi suurilla rungoilla verrattuna työskentelyyn ajouralla. Puun kaadossa ja rungon valmistuksessa hän oli suurilla rungoilla nopeampi kuin ajouralla työskentelyssään. Kuljettaja 2 oli tehoajassa melko tasaisesti hitaampi hakkuu-uralla verrattuna ajouraan eri rungon koolla. Puun kaadossa ja rungon valmistuksessa hän oli pienillä rungoilla nopeampi ja suurilla hitaampi kuin ajouralla työskentelyssään.



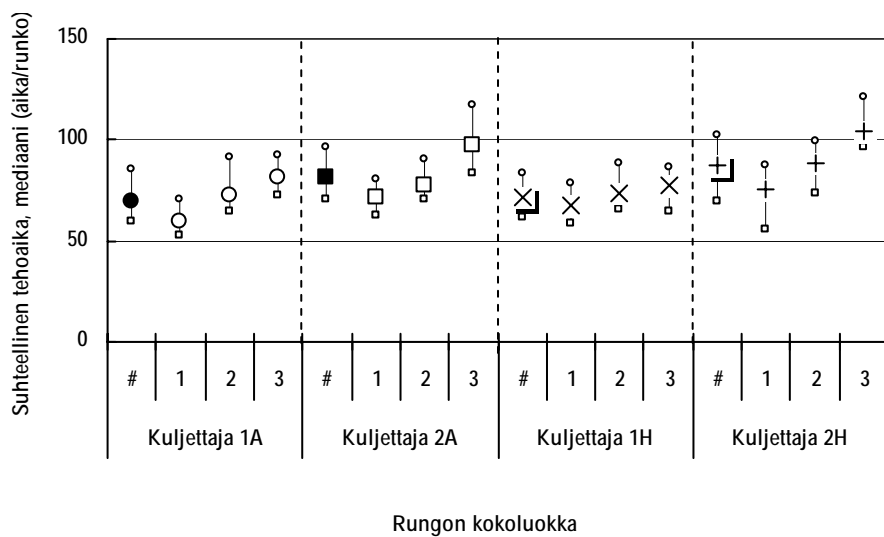
Kuva 32. Suhteelliset ajanmenekkipiirrokset.



Kuva 33. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina (myös ylä- ja alakvartiili).



Kuva 34. Suhteellinen ajanmenekkiero ajanmenekkipuna.



Luokat, dm³: 1 = < 80, 2 = 80 - 120 ja 3 = > 120

Kuva 35. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon kokoluokittain (myös ylä- ja alakvartiili).

Kuljettajan työtapa

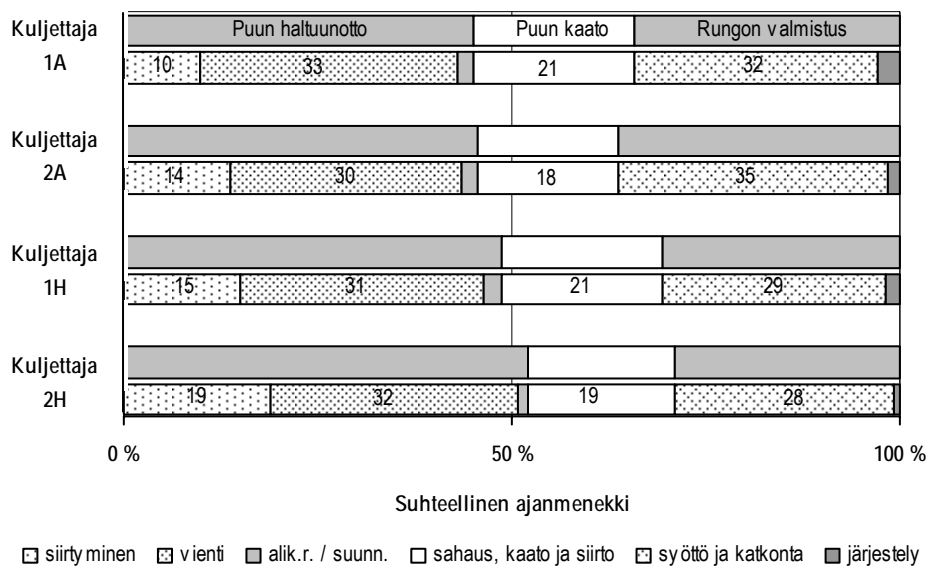
Ajanmenekin rakenteessa päätyövaiheissa ei ollut suuria eroja kuljettajien välillä (kuva 36). Puun haltuunoton osuus kuljettajalla 2 hakkuu-uralla oli muita suurempi. Siirtymisen suhteellinen osuus oli molemmilla kuljettajilla 5 %-yksikköä suurempi hakkuu- kuin ajouralla. Rungon valmistuksen suhteellinen osuus oli hakkuu-uralla ajouraa pienempi.

Kuvassa 37 on tarkennettu ajanmenekin rakennetta PlusCan-tallentimella kerätyn aineiston perusteella. Kuljettajalla 2 ajouralla oli sekä puun haltuunotossa että rungon valmistuksessa huomattavasti enemmän taukoajoa kuin kuljettajalla 1. Rungon valmistuksessa kasauksessa, joka sisältää myös päätyövaiheen järjestelyn, oli selkeä ero.

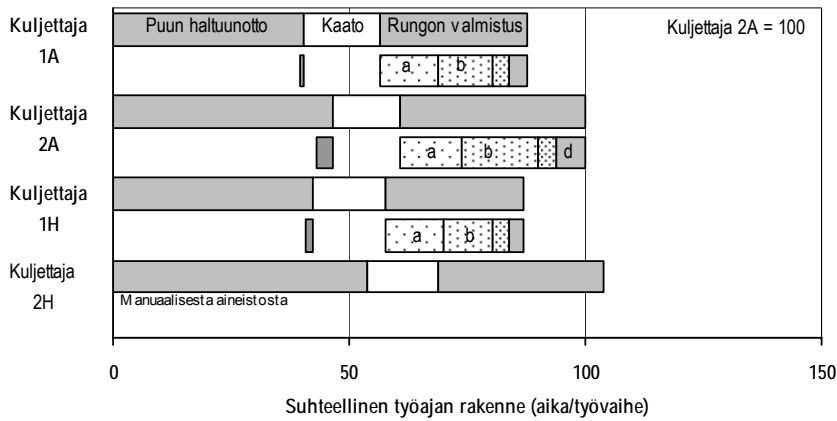
Rungon valmistusta on jaoteltu ajanmenekkinä kuvassa 38 ja siitä nähdään edelleen, että eroa on syntynyt myös katkaisukohtan etsinnässä. Kuljettajalla 1 rungon syötön ajanmenekki lisääntyi hakkuu-uralla. Katkaisukohtan etsinnän ja kasauksen ajanmenekit olivat hänellä hakkuu-uralla ajouraa pienempiä.

Kuljettaja 1 valmisti ajouralla keskimäärin 4,5 ja hakkuu-uralla 3,7 runkoa työpisteessä. Kuljettajalla 2 vastaavat runkomäärät olivat 3,6 ja 3,5. Työpisteessä valmistettujen runkojen määrä jakautui välille 1–10. Molemmilla kuljettajilla oli yhden rungon työpisteitä noin 5 % kaikista työpisteistä. Välille 2–6 runkoa työpisteessä kuljettajalla 1 osui 56 ja kuljettajalla 2 88 % havainnoista.

Kuljettajan 1 tehoajanmenekki yhden rungon työpisteissä oli 12 ja kuljettajan 2 46 % suurempi kuin kahden rungon työpisteissä (kuva 39). Neljän rungon työpisteissä kuljettaja 1 oli 18 ja kuljettaja 2 9 % hitaampi kuin kahden rungon työpisteissä.

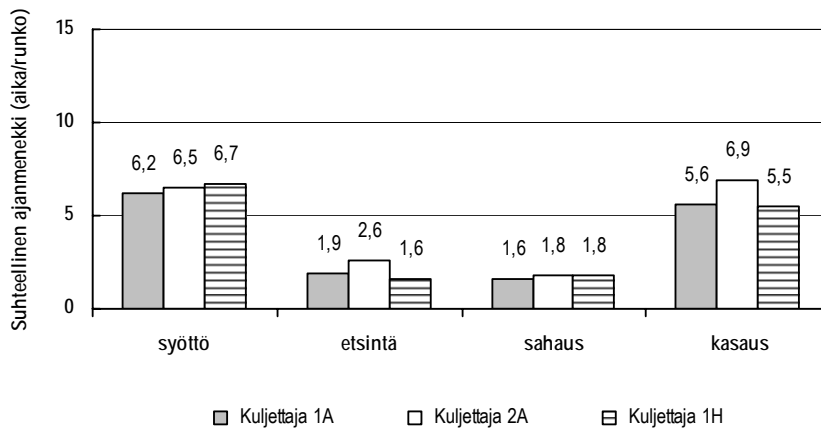


Kuva 36. Ajanmenekin rakenne.

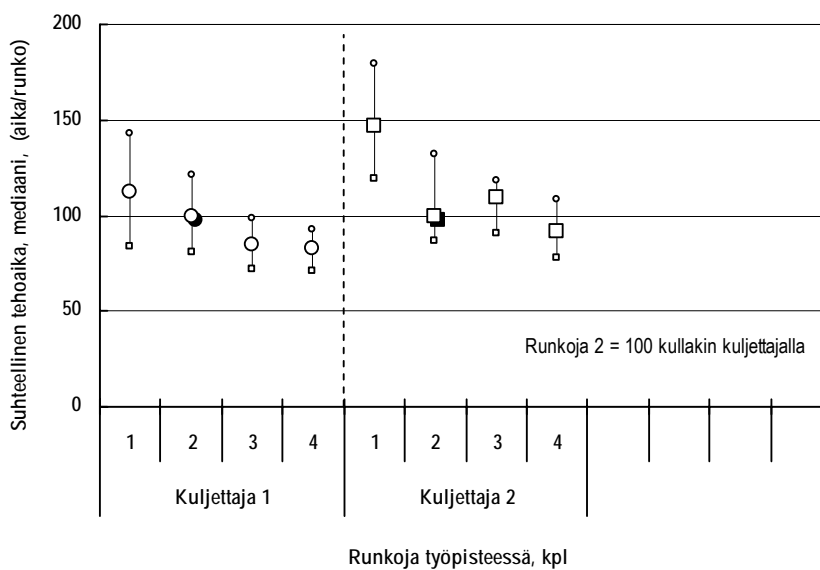


Alempi palkki: tauko syöttö (a) + kasaus (b) + katkaisu (c) + tauko (d)

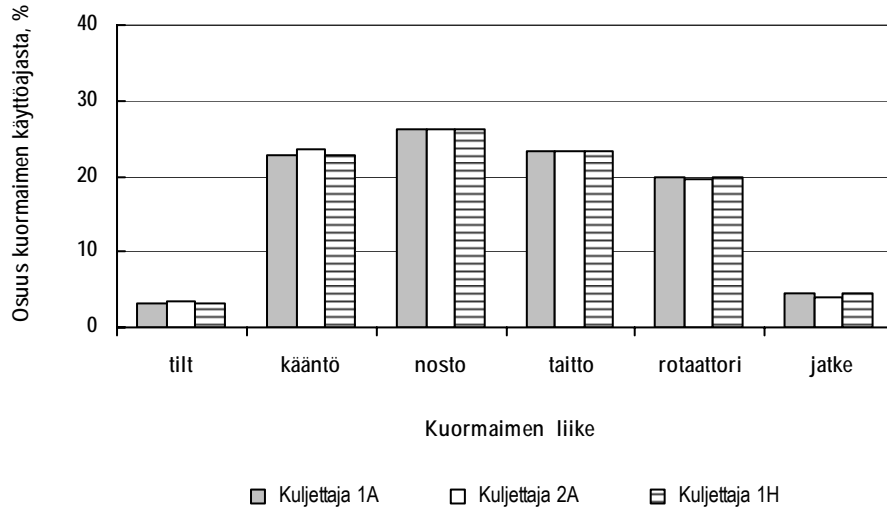
Kuva 37. Tarkennettu ajanmenekin rakenne (Pluscan).



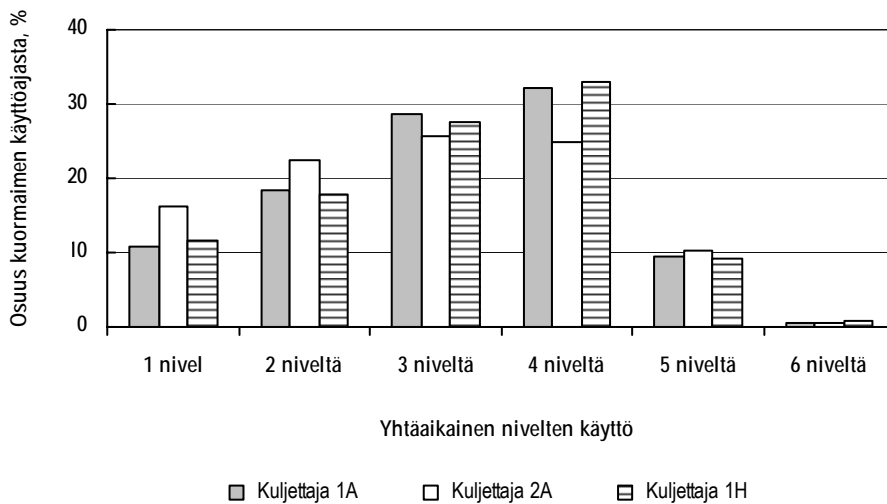
Kuva 38. Rungon valmistuksen jaottelu (Pluscan).



Kuva 39. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina työpisteessä valmistettujen runkojen määrällä (myös ylä- ja alakvartiili).



Kuva 40. Kuormaimen liikkeiden käyttö (Pluscan).

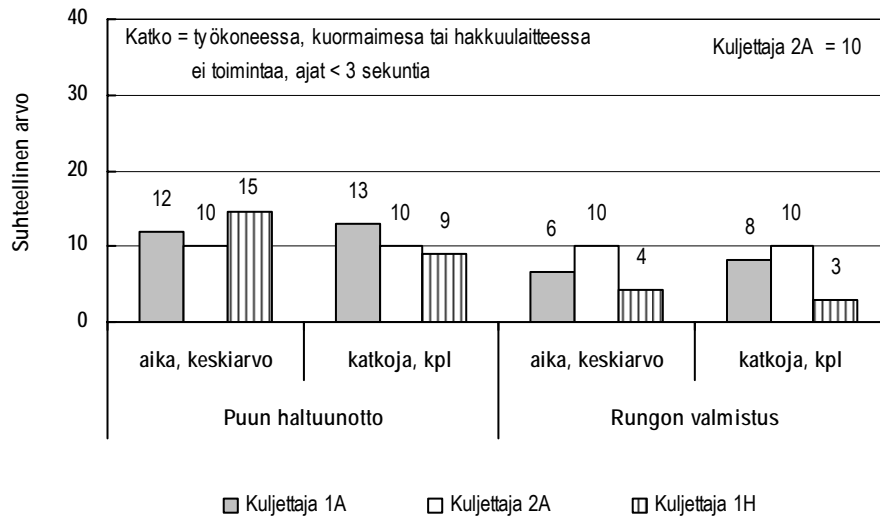


Kuva 41. Kuormaimen nivelten yhtäaikainen käyttö (Pluscan).

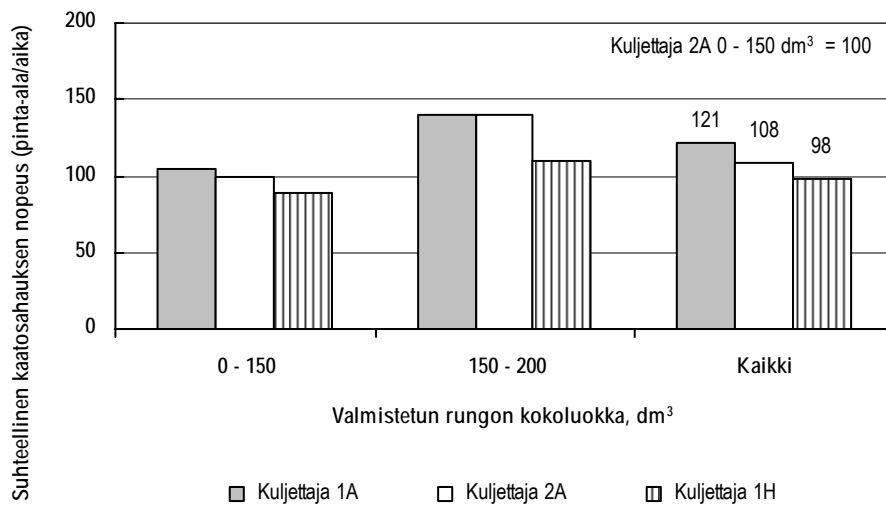
Taulukko 1. Ajo rungon valmistuksen aikana (Pluscan).

	Suhteellinen aika keskiarvo	Suhteellinen määrä kpl
Kuljettaja 1A	55	80
Kuljettaja 2A	100	10
Kuljettaja 1H	49	40

Kuljettaja 2A = 100 ja 10



Kuva 42. Katkojen määrä (Pluscan).



Kuva 43. Kaatosahauksen nopeus eri rungon kokoluokissa (Pluscan).

Nosturin eri toimintojen käytön ajanmenekin rakenteessa ei ollut suuria eroja (kuvat 40 ja 41). Kuljettajien työkokemus ja työskentelytapa olivat perusteiltaan samanlaisia. Nosturin nivelten yhtäaikaisessa käytössä kuljettaja 1 käytti enemmän kolmea ja neljää niveltä yhtäaikaisesti sekä vastaavasti yhtä ja kahta niveltä vähemmän.

Kuljettaja 1 ajoi työkonetta useammin rungon valmistuksen aikana kuin kuljettaja 2 (taulukko 1). Ajouralla yhtäaikaisia suorituksia oli kaksi kertaa niin paljon kuin hakkuu-uralla. Yhtäaikaisten suoritusten kesto oli kuljettajalla 1 lyhyempi.

Katkoja tarkasteltiin niiden keskimääräisen ajan ja lukumäärän perusteella (kuva 38). Katkoksi määritettiin tauko aika, joka on alle kolme sekuntia. Katkon aikana työkoneessa, kuormaimessa tai hakkuulaitteessa ei ole toimintaa. Kuljettajalla 1 oli katkoja enemmän puun haltuunotossa ajouralla kuin kuljettajalla 2. Hakkuu-uralla hänellä oli katkoja ajouraa vähemmän.

Työkoneen käytöstä on esimerkkinä kaatosahauksen nopeus (kuva 42). Kuljettaja 1 ajouralla oli tehokkain. Hakkuu-uralla kaatosahauksen nopeus oli ajouraa pienempi.



Valokuva 2. Näkymä kenttäkokeesta 2. (luku 6.2.3) >>

6.2.3 Ajanmenekkierojen syntymekanismi taidoltaan eritasoisilla kuljettajilla

Kenttäkokeen 2 kuljettajat olivat taidoiltaan eritasoisia, mutta ammattimaisia työuransa vaiheissaan. Kuljettaja 1 oli erittäin taitava, kuljettaja 2 hyvä keskimääräinen ammattikuljettaja ja kuljettaja 3 hyvä oppilaskuljettaja (katso myös luku 5.2 sekä koejärjestely liite 4). Tekstissä kuljettajista käytetään nimityksiä virtuoosi-, normaali- ja oppilaskuljettaja. Kaikki ajanmenekkitulokset esitetään suhteellisina. Virtuoosikuljettajan suoritusta ei voida pitää tavoitteena, sitä tulee tarkastella ihannesuorituksena. Normaalikuljettajan työskentely oli suorituspuhdasta ja työmenetelmä hyvin selkeä. Oppilaskuljettajan työtekniikka ja -menetelmä olivat puhdaspiirteisiä ja opetetun mukaisia.

Tulokset perustuvat työntutkijan ja PlusCan-tallentimen keräämään aineistoon. Normaalikuljettaja asetettiin vertailukohdaksi tulosten raportoinnissa. Mediaanitarkasteluissa on esitetty myös ylä- ja alakvartiili. Kunkin kuvan asteikko on yhtenäinen luvuissa 6.2.1 ja 6.2.2 esitettyjen vastaavien kuvien kanssa.

Kenttäkokeen poistuman runkolukusarja on esitetty liitteessä 7, ajanmenekifunktioiden parametrit liitteessä 15, kuljettajakohdaiset havaintoparvet liitteessä 16. Laskentatapauksen tilastollinen tarkastelu on esitetty liitteessä 17. Tilastollinen analyysi antaa tukea kuljettajien väliseen vertailuun tehoajalla ja esitetyillä päätyövaiheilla.

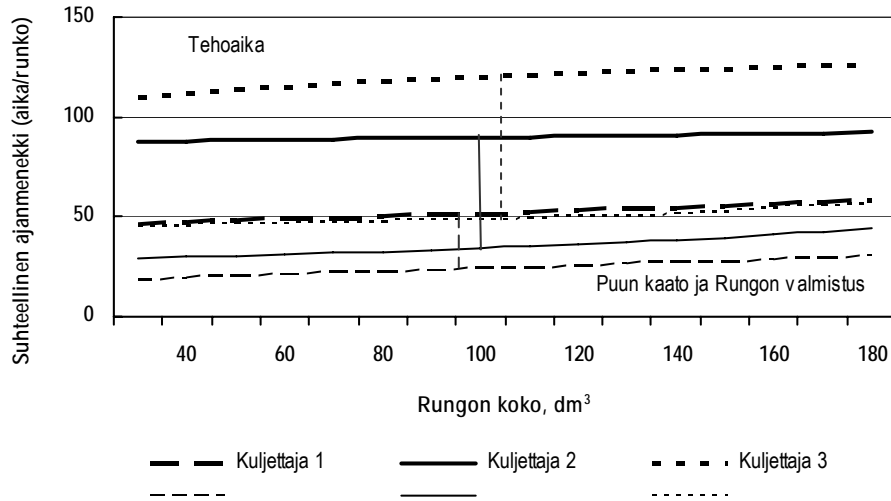
Ajanmenekki

Kuljettajien välinen tehoajanmenekkiero oli todella selkeä (kuvat 44–47). Virtuoosikuljettajan suhteellinen tehoajanmenekki rungon koolla 100 dm³ oli 42 % pienempi ja oppilaskuljettajan 34 % suurempi kuin normaalikuljettajalla. Normaalikuljettajalla tehoajanmenekki nousi vain 6 % rungon koon kasvaessa välillä 30–180 dm³. Virtuoosikuljettajalla vastaava nousu oli 26 ja oppilaskuljettajalla 15 %. Virtuoosikuljettajan varmuus näkyi selkeästi hyvin pienenä runkokohtaisen ajanmenekin vaihteluna.

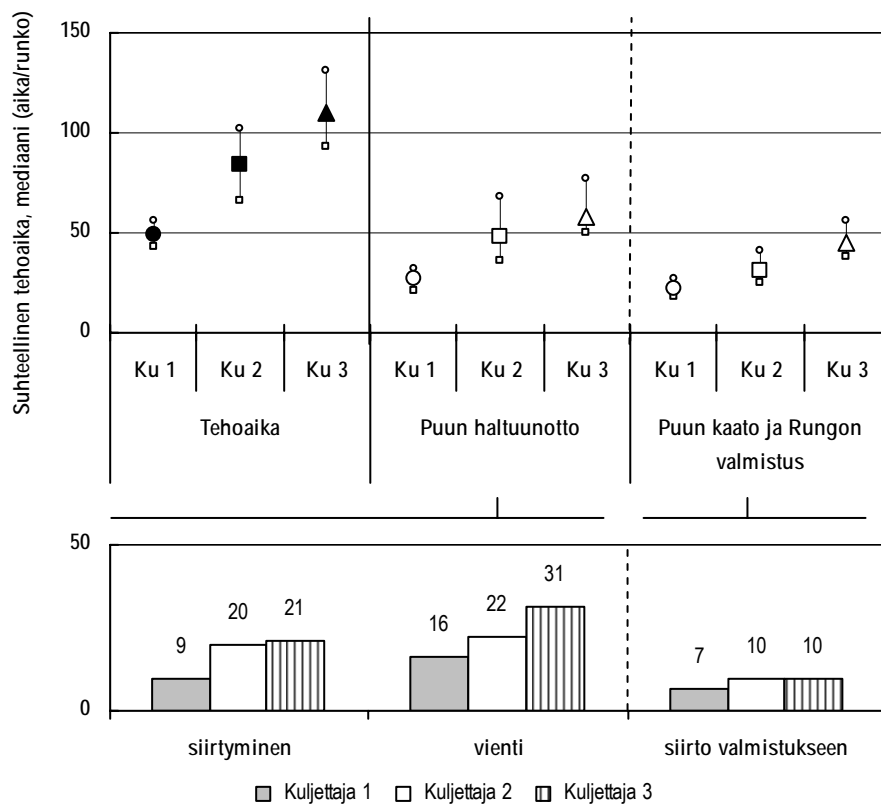
Puun haltuunoton ajanmenekki pysyi virtuoosikuljettajalla samana erikokoisilla rungoilla. Normaalikuljettajalla se pieneni 17 ja oppilaskuljettajalla kasvoi 8 %. Rungon koolla 100 dm³ puun haltuunoton runkokohtainen suhteellinen ajanmenekki oli virtuoosikuljettajalla ainoastaan 28 kun se oli normaalikuljettajalla 56 ja oppilaskuljettajalla 71.

Mediaanitarkastelussa virtuoosikuljettajan tehoajanmenekki oli 43 % pienempi ja oppilaskuljettajan 27 % suurempi kuin normaalikuljettajalla. Vastaavat luvut puun haltuunotossa olivat 43 ja 21 sekä puun kaadossa ja rungon valmistuksessa 29 ja 45 %. Siirtymisessä virtuoosikuljettaja oli 52 % nopeampi ja oppilaskuljettaja 8 % hitaampi kuin normaalikuljettaja. Viennissä vastaavat erot olivat 28 ja 41 %. Rungon siirrosta valmistuskohtaan virtuoosikuljettaja oli 33 % nopeampi ja oppilaskuljettaja yhtä nopea kuin normaalikuljettaja.

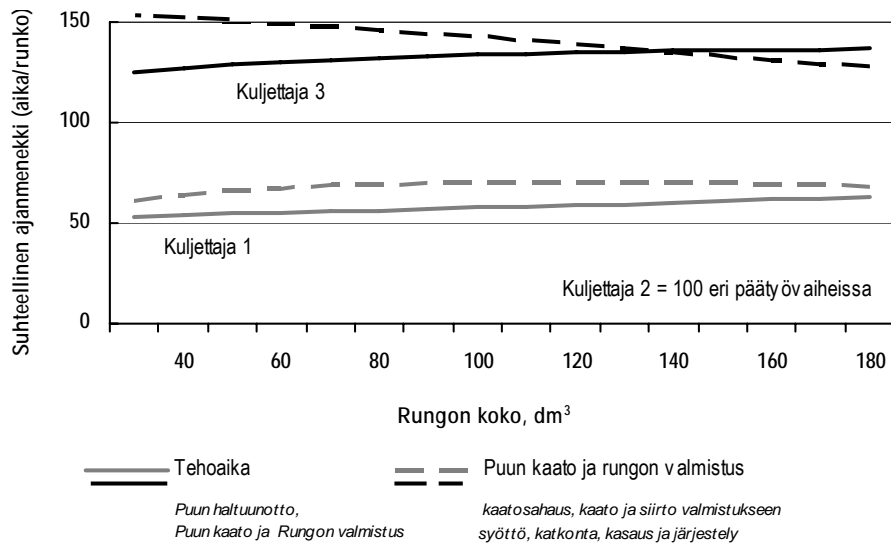
Suhteellisen ajanmenekkieron tarkastelusta ajanmenekifunktioina nähdään, että virtuoosikuljettaja on tehoajassa nopeampi kuin puun kaadossa ja rungon valmistuksessa verrattuna normaalikuljettajaan. Normaali- ja virtuoosikuljettajan ero pieneni hiukan rungon koon kasvaessa. Oppilaskuljettaja on selkeästi hitaampi pienillä rungoilla puun kaadossa ja rungon valmistuksessa kuin tehoajassa verrattuna normaalikuljettajaan.



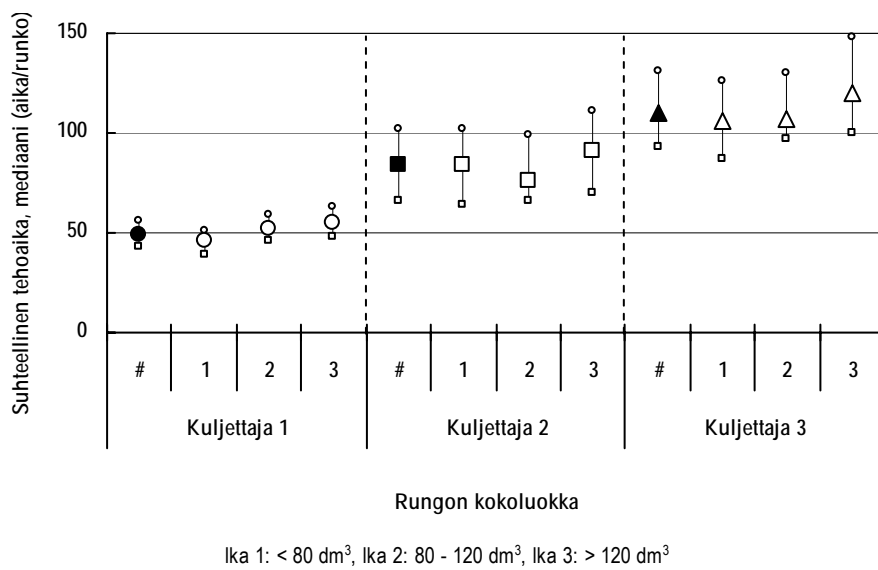
Kuva 44. Suhteellinen ajanmenekkipunktio.



Kuva 45. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina (myös ylä- ja alakvartiili).



Kuva 46. Suhteellinen ajanmenekki.



Kuva 47. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon kokoluokittain (myös ylä- ja alakvartiili).

Kuljettajan työtapa

Ajanmenekin rakenteessa päätyövaiheissa ei ollut suuria eroja kuljettajien välillä (kuva 48). Virtuosoikuljettaja käytti suhteessa eniten aikaa rungon valmistuksen syöttöön ja katkontaan, ja hänellä ei ollut lainkaan järjestelyä. Samoin hän käytti suhteessa muita enemmän aikaa vientiin ja vähemmän siirtymiseen. Oppilaskuljettajalla alikasvoksen raivauksen ja suunnittelun sekä järjestelyjen osuus kokonaisajasta oli näkyvä.

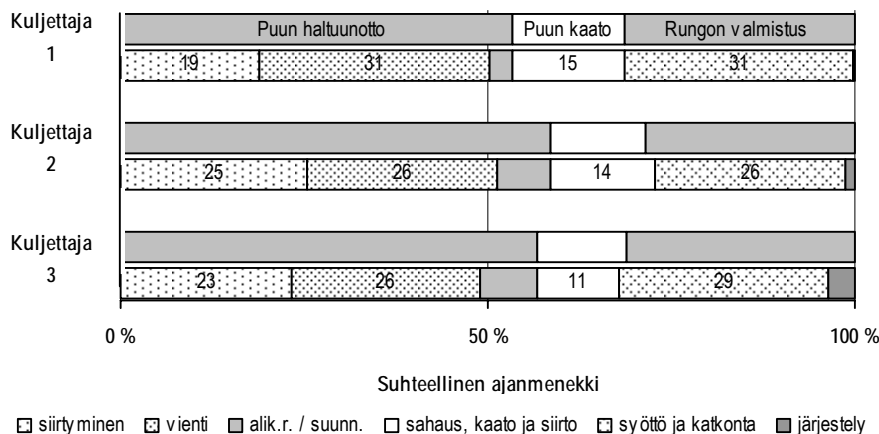
Keskimääräinen siirtymismatka oli kaikilla kuljettajilla 2,2 metriä (kuva 49). Lisäksi yhden metrin siirtymisiä oli paljon kaikilla kuljettajilla. Virtuosoikuljettajan siirtymisnopeus oli 15,0 kuljettajan 2 10,0 ja kuljettajan 3 8,2 metriä minuutissa. Keskimääräinen poistettavan rungon ottoetäisyys oli virtuosoikuljettajalla 5,0, normaalikuljettajalla 3,7 ja oppilaskuljettajalla 4,5 metriä (kuva 50). Ajouralta poistettujen puiden osalta luvut olivat 3,2, 3,7 ja 4,5 sekä muualta kuin ajouralta poistettujen puiden osalta 6,1, 4,5 ja 5,4 metriä. Oppilaskuljettaja työskenteli ajouralla ja virtuosoikuljettaja muualla palstalla muita kauemmaksi.

Virtuosoikuljettajalla tehoajanmenekki rungon kokoluokassa 80–120 dm³ oli 2, normaalikuljettajalla 11 ja oppilaskuljettajalla 5 % pienempi ajouralta poistetuissa puissa verrattuna muualta kuin ajouralta poistettuihin puihin. Virtuosoikuljettajalla ajanmenekki pysyi lähes samana riippumatta rungon ottoetäisyydestä (kuva 51). Muilla kuljettajilla ajanmenekki suureni ottoetäisyyden mukaan.

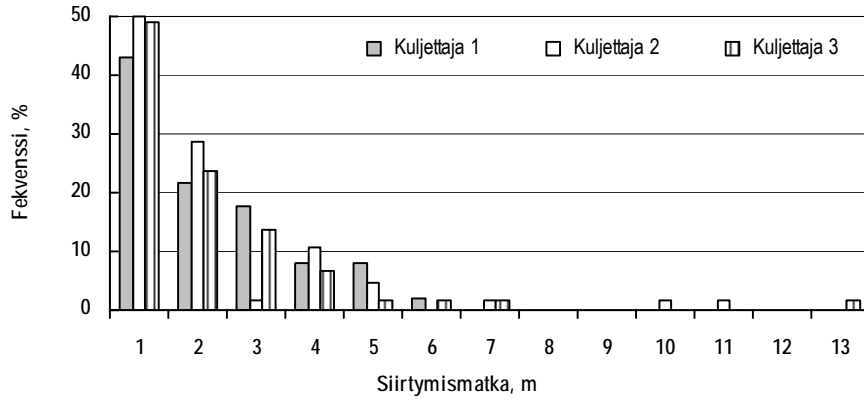
Virtuosoikuljettajalla rungon siirtäminen valmistuspaikalle -aika syntyi 86 % valmistetuista rungoista. Muilla kuljettajilla vastaavat osuudet olivat 71 ja 76 %. Virtuosi- ja normaalikuljettajan siirtoaikaa sisältäneiden runkojen ottoetäisyys ei poikennut merkittävästi niistä rungoista, joiden valmistus aloitettiin suoraan kaadosta. Oppilaskuljettajalla ero oli yksi metri. Virtuosoikuljettajan keskimääräinen ottoetäisyys oli suurin, mutta siirtoaika ainoastaan noin puolet muista kuljettajista.

Kuvassa 52 on esitetty pelkistetty työkoneen ja -laitteen liikemäärä. Siirtyminen on työkoneen työpisteelle siirtymä matka, joka on jaettu työpisteen rungoille. Vientimatka on poistettavan puun lyhin etäisyys nosturin tyveltä. Liikemäärä kuvaa karkeasti työkoneen asemointia suhteessa poistettaviin puihin ja työpisteen tilajärjestyksen hallintaa. Virtuosoikuljettaja käytti nosturin ulottuvuutta hyvin hyväkseen ja kykeni sijoittamaan työkoneen muita edullisemmin.

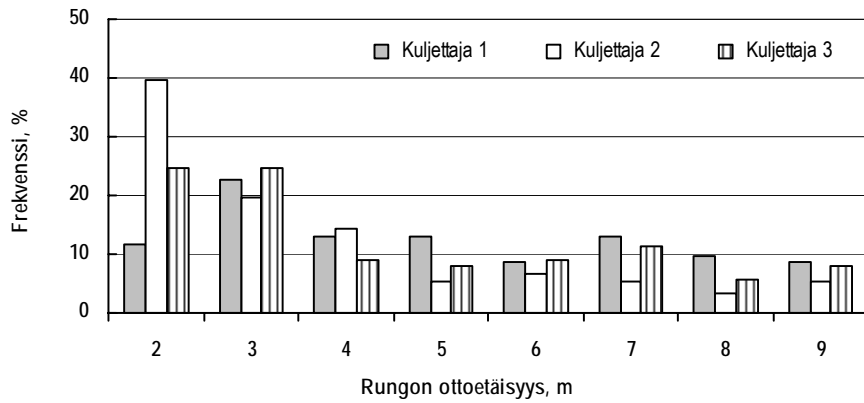
Virtuosoikuljettaja valmisti puita keskimäärin työpisteessä 2,5, kun muut kuljettajat valmistuvat 1,5. Valmistettujen runkojen määrä työpisteessä jakautui välille 1–6. Virtuosoikuljettajalla oli yhden rungon työpisteitä 11, normaalikuljettajalla 46 ja oppilaskuljettajalla 41 % kaikista työpisteistä. Välille 1–3 runkoa työpisteessä virtuosoikuljettajalla osui 69, normaalikuljettajalla 84 ja oppilaskuljettajalla 96 % havainnoista.



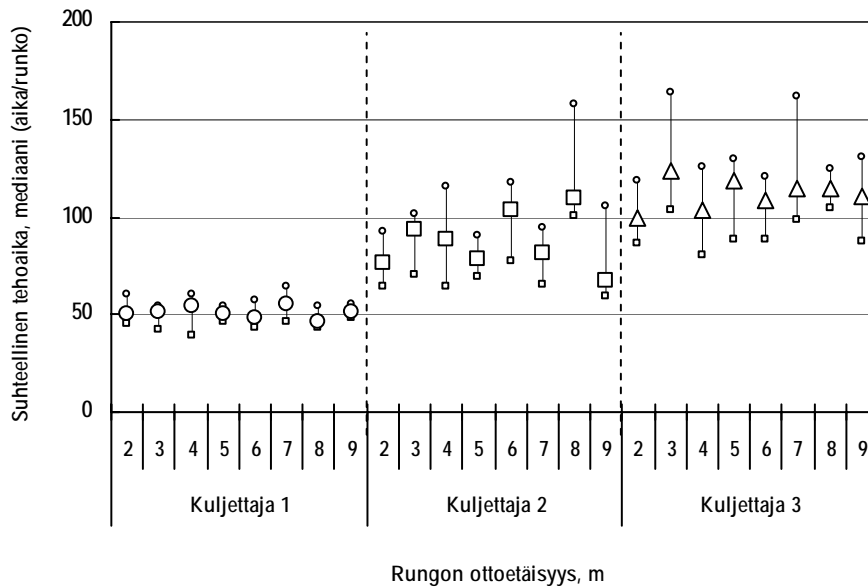
Kuva 48. Ajanmenekin rakenne.



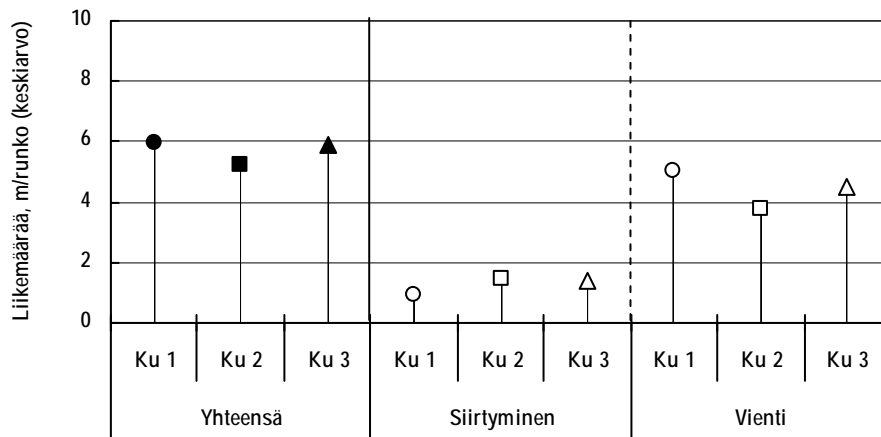
Kuva 49. Siirtymismatka työpisteiden välillä.



Kuva 50. Rungon ottoetäisyys.



Kuva 51. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon ottoetäisyytenä (myös ylä- ja alakvartiili).



Kuva 52. Työkoneen ja -laitteen pelkistetty liikemäärä.

Virtuoosikuljettajan tehoajanmenekki oli yhden rungon työpisteissä 9 ja oppilaskuljettajan 32 % suurempi sekä normaalikuljettajan 7 % pienempi kuin kahden rungon työpisteissä (kuva 53). Kolmen rungon työpisteissä virtuoosikuljettaja oli 10 ja normaalikuljettaja 28 % hitaampi sekä oppilaskuljettaja 13 % nopeampi kuin kahden rungon työpisteissä.

Kuvassa 54 on tarkennettu ajanmenekin rakennetta PlusCan-tallentimella kerätyn aineiston perusteella. Oppilaskuljettajalla on merkittävästi muita enemmän taukoja puun haltuunotossa. Rungon valmistuksessa oppilaskuljettajan kasausaika on huomattavasti muita kuljettajia suurempi. Lisäksi virtuoosikuljettajan taukojen hyvin pieni määrä korostuu.

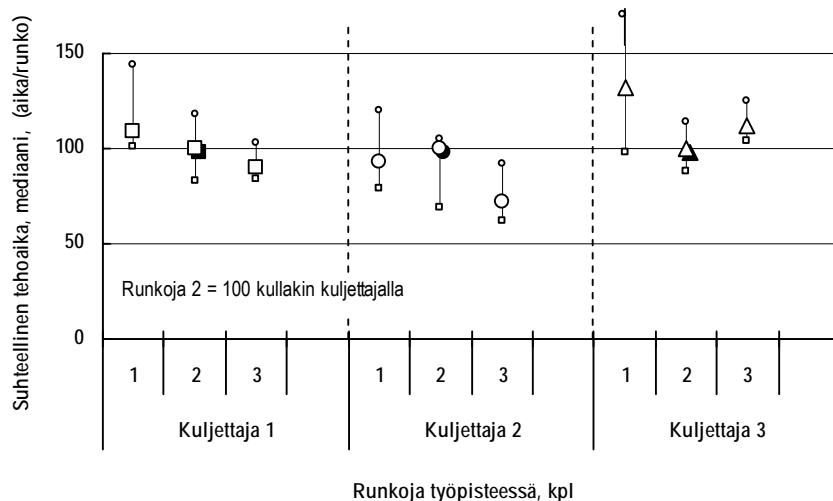
Rungon valmistusta on jaoteltu ajanmenekkinä kuvassa 55 ja siitä nähdään edelleen, että eroa on syntynyt voimakkaasti rungon valmistuksen kasauksessa, joka sisältää myös rungon valmistuksen järjestelyt. Rungon syötössä normaalikuljettaja ylti virtuoosikuljettajan tasolle.

Virtuoosikuljettaja erosi taidoiltaan myös ajossa rungon valmistuksen aikana (taulukko 2). Hänellä oli näitä suorituksia kaksi kertaa enemmän kuin normaalikuljettajalla ja kolme kertaa enemmän kuin oppilaskuljettajalla. Ajo rungon valmistuksen aikana kertoo kuljettajan motorisesta taitotasosta, mutta myös ympäristön havainnointikyvystä.

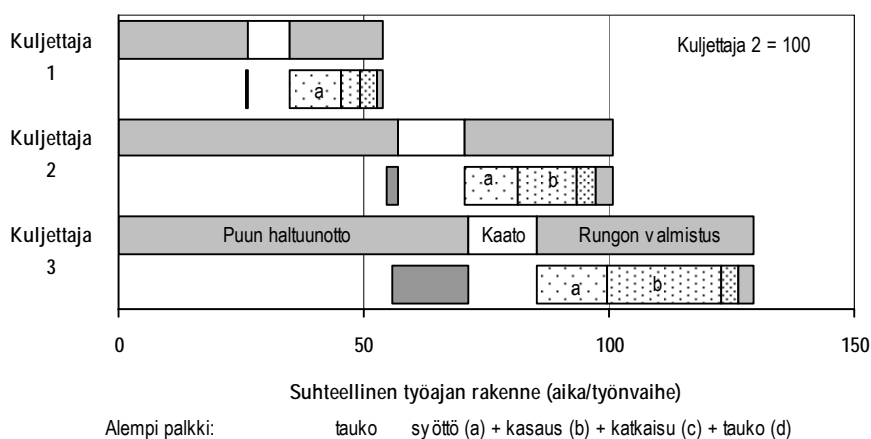
Oppilaskuljettaja käytti nosturin jatketta suhteessa vähemmän kuin muut kuljettajat (kuva 56). Virtuoosikuljettajalla tilt-liikkeen osuus oli muita suurempi. Virtuoosikuljettaja käytti nosturia 37 % vähemmän valmistettua runkoa kohti kuin normaalikuljettaja. Oppilaskuljettaja käytti nosturia 6 % normaalikuljettajaa enemmän. Nosturin käyttöaikaan vaikuttavat rationaaliset työliikkeet ja hakkuulaitteen liikuttamisen nopeus. Virtuoosikuljettaja kykeni käyttämään kaikkia nosturin kuutta niveltä yhtäaikaaisesti (kuva 57). Oppilaskuljettaja kykeni käyttämään sujuvasti neljää nosturin niveltä yhtä aikaa.

Katkoja tarkasteltiin niiden keskimääräisen ajan ja lukumäärän perusteella (kuva 58). Katkoksi määritettiin tauko aika, joka on alle 3 sekuntia. Katkon aika työkoneessa, kuormaimessa tai hakkuulaitteessa ei ole toimintaa. Virtuoosikuljettajalla oli selkeästi vähemmän katkoja työssään kuin muilla kuljettajilla ja katkot olivat lyhyempiä. Rungon valmistuksessa normaalikuljettajan katkojen määrä on suurempi kuin oppilaskuljettajalla. Normaalikuljettajan apteeraus on ollut luultavasti ylitunnollista.

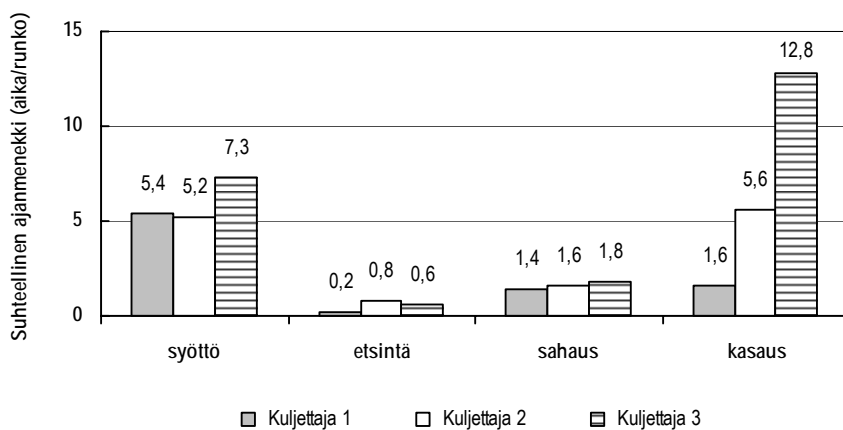
Työkoneen käytöstä on esimerkkinä kaatosahauksen nopeus (kuva 59). Kaatosahauksen tehokkuus oli samassa suhteessa kuin tehoajan ajanmenekin ero kuljettajien välillä, joskin lievempänä. Oppilaskuljettajan kaatosahauksen nopeus heikkeni suhteessa muihin suuremmissa rungon kokoluokassa.



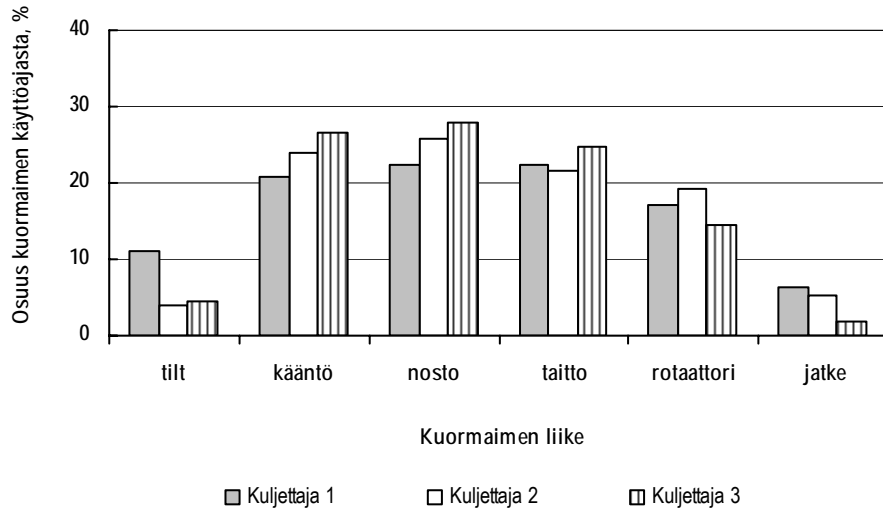
Kuva 53. Suhteellinen ajanmenekki mediaanina työpisteessä valmistettujen runkojen määrällä (myös ylä- ja alakvartiili).



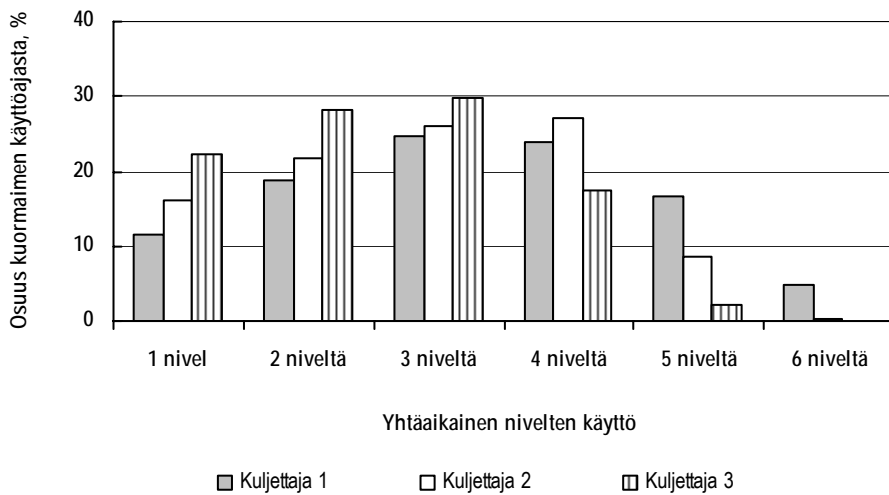
Kuva 54. Tarkennettu ajanmenekin rakenne (Pluscan).



Kuva 55. Rungon valmistuksen jaottelu (Pluscan).



Kuva 56. Kuormaimen liikkeen käyttö (Pluscan).

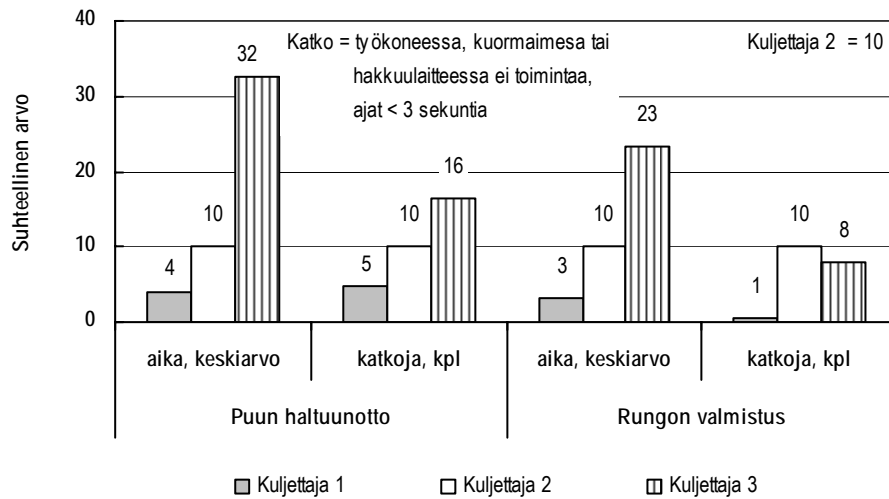


Kuva 57. Kuormaimen nivelten yhtäaikainen käyttö (Pluscan).

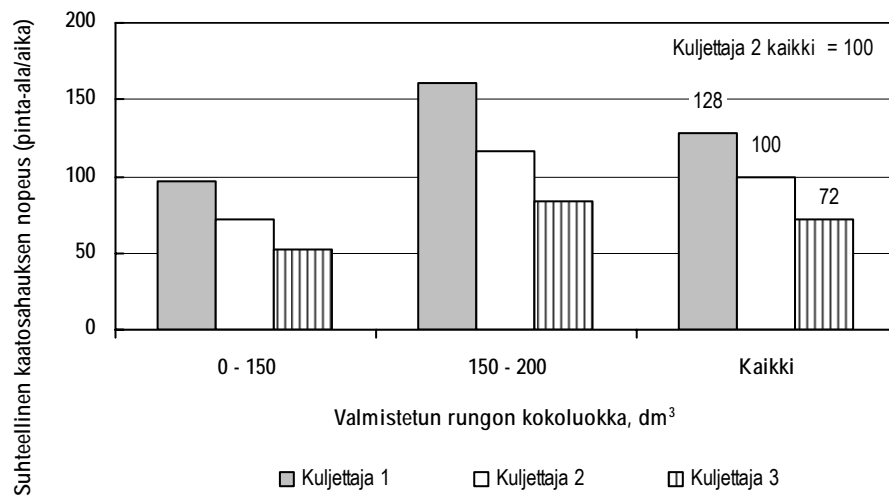
Taulukko 2. Ajo rungon valmistuksen aikana (Pluscan).

	Suhteellinen aika keskiarvo	Suhteellinen määrä kpl
Kuljettaja 1	86	15
Kuljettaja 2	100	10
Kuljettaja 3	133	5

Kuljettaja 2 = 100 ja 10



Kuva 58. Katkojen määrä (Pluscan).



Kuva 59. Kaatosahauksen nopeus eri rungon kokoluokissa (Pluscan).

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Tutkimusmenetelmä ja aineisto

Tätä tutkimusta voidaan luonnehtia teorialähtöiseksi empiiriseksi tutkimukseksi. Teoreettinen viitekehys ja laaditut mallit ovat ohjanneet voimakkaasti analyysia. Työn vaatiman ajattelun ja suunnittelun tulkinnassa on tapaustutkimuksen piirteitä, vaikka tutkimus on asetelmaltaan kokeellinen, kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimusotteessa on merkittävä rooli tutkimuskohteen ymmärtämisellä sen lisäksi, että sitä halutaan selittää ja pyrkiä suoraviivaisiin yleistyksiinkin. Kompleksista ja monimuotoista ilmiötä ei ole haluttu yksinkertaistaa liikaa. Tulosten yleistämisessä analyttisellä yleistämisellä on sijansa tilastollisen yleistämisen rinnalla. (ks. esimerkiksi Ranta ym. 2002, Yin 2003 ja Hirsijärvi & Hurme 2004)

Tutkimuksen teoreettisten käsitteiden operationalisointiin liittyy, kuten tutkimuksessa aina, valintoja eri vaihtoehtojen välillä sekä tulkintaa. Tutkimuksen sisäiseen validiuteen, ajattelun ja suunnittelun operationalisointiin on syytä suhtautua harkiten. Aineettoman ilmiön muuntaminen mitattavaan muotoon on aina tulkinnanvaraista. Ulkoisesta validiudesta on huolehdittu etenkin kuvaamalla tutkijan päättelyprosessi avoimesti.

Aikatutkimuksen reliabiliteetti on hyvä. Aineistot keränneet työntutkijat olivat hyvin kokeneita ja käytetty menetelmä ja välineet olivat vakiintuneita. Tutkimuskohteiden valintaan kiinnitettiin myös erityistä huomiota. Metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävän tiedonkeruun reliabiliteetti varmistettiin siten, että sen kanssa koottiin rinnan työntutkijan maastotiedonkeruulaitteella keräämä aineisto, johon tuloksia verrattiin. Aineistot ovat riittävän laajoja suhteessa tutkimuksen kysymyksenasetteluun. Absoluuttista ajanmenekki- tai tuotostasoa niillä ei voida määrittää.

Tutkimuksessa käytetyn ajanmenekki-funktion laatimistavan etuna on, että se mahdollistaa ilmiön kuvautumisen varsin joustavasti. Tämä on tärkeää kuljettajien välisessä vertailussa, etenkin kun selvitetään erojen syntymisen mekanismia.

Laajan aikatutkimusaineiston vahvuutena on sen suuri koko ja eri puolelta Suomea harkinnanvaraisella satunnaisotannalla valitut tutkimusleimikot. Harmonisoidun tutkimusaineiston heikkoutena on, että se on muodostettu jälkikäteen toiseen tarkoitukseen kerätystä aineistosta. Sen työajan jaottelun mukainen työvaiheiden mittaaminen ei ole kaikilta osin riittävän informatiivinen työn vaatiman ajattelun ja suunnittelun tarkastelussa. Aineiston muodostamisen kriteerit on määritetty siten, että tutkimusleimikon olosuhdetekijät olisivat vertailukelpoiset. Rajauksella menetetään informaatiota ääri-ilmiöistä.

Taustamuuttujien tarkastelu harmonisoidussa tutkimusaineistossa osoitti, ettei kuljettajajerojen tarkastelu ole riittävän syvällistä leimikkotasoisessa aineistossa. Vaikka lähtöaineistossa oli 65 satunnaisesti valittua harvennusleimikkkoa, voitiin kuljettajavertailuun luoda perustellusti ainoastaan yksi laskentatapaus, joka oli vertailukelpoinen myös järjestettyjen kenttäkokeiden kanssa.

Harmonisoitu tutkimusaineisto osoitti, että ns. perinteinen aikatutkimus kykenee ainoastaan osoittamaan kuljettajajerojen olemassaolon, muttei tuota riittävästi informaatiota syiden selvittämiseen. Työmaatasoinen tarkastelu osoitti myös, että syvällinen kuljettajajerojen tarkastelu edellyttää kenttäkokeita, jotka toteutetaan ennalta suunniteltuina koejärjestelyinä. Satunnaisen leimikko-otannalla olosuhdetekijöiden vaihtelu on liian suuri kustannustehokkaiseen kuljettajien väliseen vertailuun. Työmaatasoisessa vertailussa saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Varsinaisten kenttäkokeiden vahvuutena on, että ne suunniteltiin tämän tutkimuksen tarpeeseen ja toteutettiin koejärjestelyinä.

Hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävällä tutkimustiedon keruulla kootun aineiston vahvuus on menetelmän tuoreus. Kenttäkokeiden toteuttamisen ajankohtana menetelmä oli vielä kehittämisasteella, ja kokeet tukivat myös menetelmän kehittämistä. Lomittaiset työvai-

heajat sekä pientenkin kone- ja laiteaikojen kustannustehokas hyödyntäminen ovat lisäystä perinteiseen tutkimusmenetelmään verrattuna. Heikkoutena on menetelmän vakiintumattomuudesta johtuva vertailun vaikeus perinteisesti laskettuihin tuloksiin ja muihin samalla menetelmällä myöhemmin saatuihin tuloksiin. Hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävän tutkimustiedon keruun aineisto ja tulokset olivat yhdenmukaisia työntutkijan keräämän aineiston ja tulosten kanssa.

Kenttäkokeilla etsittiin näyttöä hakkuukonetyön ajattelun ja suunnittelun sijainnista ja merkityksestä hakkuukonetyössä ja sen vaikutusmekanismista kuljettajaerojen syntymisessä eli osoitettiin tämän tutkimuksen esittämän hakkuukonetyön mallintamisen yhteys todelliseen hakkuukonetyöhön. Lisäksi etsittiin uutta välinettä aikatutkimuksen kehittämiseksi siten, että kuljettajaerojen jäntevä analyysi on mahdollista. Kenttäkokeissa saavutettiin niille asetetut tavoitteet.

7.2 Teorian toteutuminen

Määrällisen tuottavuuden lisäksi työn laatuun liittyvät tekijät ja psyykkiset vaatimukset sekä työntekijän hyvinvointi on otettava entistä voimakkaammin tutkimuksen kohteeksi. Kehittyneitä tutkimusmenetelmiä ja -välineitä on hyödynnetty hyvin osaongelmien ratkaisuisissa, mutta kokonaisuuden ja työntutkimuksen perimmäisen tarkoituksen pohdinta on jäänyt vähäisemmäksi. Tämä tutkimus on osoittanut kehityspolun, joka korostaa kokonaisvaltaista koneellisen hakkuutyön ymmärtämistä. Hakkuukoneenkuljettajan työtä tulee kehittää edelleen psyykkisesti sopivasti kuormittavaksi sekä ihmisen suoritus- ja kehittymisedellytyksiä vastaavaksi.

Pelkistäen voidaan sanoa, että hakkuukonetyön työtahti on niin kova, että kaikki työn vaatima ajattelu ja suunnittelu toteutuu yhtäaikaaisesti käsityön kanssa. Vain harvoin käsityö keskeytyy ajattelun ja suunnittelun vuoksi. Aikatutkimuksessa voidaan mitata suoraan ainoastaan käsityötä ja sen keskeyttävää ajattelu- ja suunnittelutyötä. Tulosten analysoinnissa tulee kiinnittää kuitenkin huomiota ”näkyvämmän” ajattelu- ja suunnittelutyön osuuteen ja merkitykseen. Tutkimuksen esittämä hakkuukonetyön mallintaminen tarjoaa siihen jäsenetyn kehikon.

Hypoteesi 1
Tutkimuksen mallintamisen perusteella voidaan perustellusti päätellä, että hakkuukonetyön vaatima ajattelu ja suunnittelu, etenkin ylemmän hierarkiatason, on lisääntynyt siten, että se on työn kokonaistarkastelussa merkittävää. Hakkuukonetyön vaativuus syntyy ajattelun ja suunnittelun yhdistämisestä suuriin motorisiin vaatimuksiin ja työn korkeaan intensiteettiin. Hakkuukoneenkuljettajan työssä vaaditaan ehkä haasteellistakin lahjakkuusyhdistelmää, alan todellisia ammattilaisia muttei yli-ihmisiä.

Hypoteesi 2
Tutkimuksen mallintamisen perusteella voidaan myös perustellusti päätellä, että kyky hahmottaa työnkuva ja työympäristö kokonaisvaltaisesti ja ennustaa työnkulku eteenpäin, ajattelua vaativien työosien nopea suoritus sekä madaltunut psyykinen kuormitus voidaan pelkistää kuljettajan tiedonhallinnaksi, joka on merkittävä selittäjä kuljettajaerojen syntymekanismissa. Madaltunut psyykinen kuormitus edellyttää lisäksi, että työtahti sopeutetaan kuljettajan osaamiseen. Kenttäkokeet antoivat tukea mallinnuksen esittämälle työn vaatiman ajattelun ja suunnittelun sijainnille sekä merkitykselle kuljettajaerojen syntymisen mekanismissa.

Hypoteesi 3
Lisäksi tutkimuksen mallintamisen ja kenttäkokeen 2 perusteella voidaan päätellä perustellusti, että kuljettajasta johtuvan vaihtelun hallintaa on mahdollista kehittää merkittävästi uuden aikatutkimustekniikan avulla. Tulevaisuudessa pystytään tuottamaan kustannustehokkaasti laadukkaita aineistoja, mutta oikeiden mittauskohteiden etsimiseen on edelleen kiinnitettävä erityistä huomiota. Tässä tutkimuksessa löydettiin selkeitä vihjeitä tulevista mittauskohteista.

Tutkimuksen esittämä hakkuukonetyön tasomalli luokittelee hakkuukonetyössä vaadittavan ajattelun ja suunnittelun kolmeen tasoon, jotka on kytketty kiinteästi työntekijän fyysi-

seen työympäristöön. Tämä tehostaa mallin soveltamista käytäntöön, ts. ajattelutyötä indikoivien ja kuljettajaerojen syntymekanismia jäsentävien muuttujien operationalisointia. Hakkuukoneenkuljettajan kehittyneitä työnkuvaa voidaan tarkastella tämän mallin avulla. Kuljettajan informaation hallinnan kannalta on oleellista, että orientoituminen leimikkoon tehdään huolella. Laadukkaasti kokonaiskuvan perusteella työnäkemän dynaaminen tiedonhallinta on mahdollista. Työpisteessä toiminnot ovat kokeneilla kuljettajalla pääsääntöisesti refleksitoimintaa. On kuitenkin muistettava, että kuljettajan motorisen valmiuden on oltava riittävällä tasolla, että käsityön kanssa rinnakkain tapahtuva ajattelu ja suunnittelu on mahdollista.

Kuljettajan kehittyneen sisäisen mallin ilmentymä tulkittiin kenttäkokeissa siten, että työn vaatima ajattelu ja suunnittelu, lähinnä työnäkemää koskeva, näkyy hakkuukoneen siirtymisessä työpisteeltä toiselle, jolloin päätetään mm. siirtymisreitti, seuraavan työpisteen paikka, tehdään alustavaa puiden valintaa ja havaintoja laadusta sekä tarkkaillaan metsän- ja ympäristönhoidon kysymyksiä. Ajattelun ja suunnittelun oletettiin näkyvän myös puun haltuunoton ajanmenekissä. Puun haltuunoton taukojen ja katkojen (työkoneessa tai nosturissa ei toimintaa) oletettiin indikoivan kuljettajan kykyä hahmottaa työn kokonaiskuva siten, että taukojen ja katkojen pieni määrä indikoi kuljettajan työn sujuvuutta. Lisäksi oletettiin, että siirtymisen tai viennin keskeyttävää suunnittelua ei ammattikuljettajilla juurikaan esiinny.

Työpisteeseen sijoittuva ajattelu ja suunnittelu tulkittiin siten, että se ilmenee syötössä, katkaisukohdan etsinnässä ja kasauksessa sekä rungon valmistuksen tauoissa ja katkoissa. Syötön sujuvuus kertoo työpisteen tilajärjestyksen hahmottamisesta. Yksittäisten työosien oletettiin indikoivan myös kokonaisuuden sujuvuutta ja kuljettajan taitotasoa. Nosturin käytön erilaiset tunnuksot olivat tärkein työkoneen käytöstä mitattu tekijä.

Kenttäkokeessa 1 lähtöoletus oli, että hakkuu-uralla työskentely olisi ajouralla työskentelyä hitaampaa, koska poistettavien puiden valinta ja tilajärjestyksen hallinta ovat vaativampia kuin ajouralla työskentelyssä. Kuljettaja 2 oli tehoajassa hitaampi hakkuu- kuin ajouralla verrattuna kuljettajaan 1. Ero syntyi puun haltuunotossa, mikä näkyy taulukosta 3. Puun kaadossa ja rungon valmistuksessa vastaava eroa ei ollut.

Puun haltuunoton taukoajat sekä rungon valmistuksen osa-ajoista kasauksen ja katkaisukohdan etsinnän ajanmenekit selittävät kuljettajaerojen syntymekanismia. Niiden perusteella voidaan arvioida viitteellisesti kuljettajan työn vaatiman ajattelu ja suunnittelutyön tasoa. Työkoneajoista nosturin käytön ajanmenekin rakenne ja nivelten yhtäaikainen käyttö kertovat selkeästi kuljettajien ammattitaidosta ja tasavertaisuudesta.

Kenttäkokeessa 2 tavoiteltiin hyvin selkeitä ajanmenekin eroja kuljettajien välillä. Suurten erojen löytyminen oli odotettua, mutta se, että erot olivat näin suuret helpossa kohteessa, oli hienoinen yllätys. Eron uskottiin korostuvan puun haltuunotossa. Virtuoosikuljettaja oli suhteessa selkeästi nopeampi puun haltuunotossa kuin puun kaadossa ja rungon valmistuksessa verrattuna normaalikuljettajaan (taulukko 4). Puun haltuunoton ajanmenekissä näkyvät normaalikuljettajan korostunut työn huolellisuus ja oppilaskuljettajan kokemattomuus.

Taulukko 3. Puun haltuunoton ajanmenekin muutos suhteessa tehoajan muutokseen.

	Ajoura			Hakkuu-ura		
	Ku 1	Ku 2	Ero, %	Ku 1	Ku 2	Ero, %
Teho aika	69	78	13	71	88	23
Puun haltuunotto	32	34	5	33	45	33
Puun kaato ja Rungon valmistus	36	41	16	37	41	13

suhteellinen ajanmenekki, mediaani

Taulukko 4. Puun haltuunoton ajanmenekin muutos suhteessa tehoajan muutokseen.

	Ku 1	Ku 2	Ku 3	Ero, %		
				1 - 2	1 - 3	2 - 3
Tehoaika	49	84	110	70	123	31
Puun haltuunotto	27	48	58	76	114	21
Puun kaato ja Rungon valmistus	22	31	45	43	107	45

suhteellinen ajanmenekki, mediaani

Puun haltuunoton taukoajat ja katkot sekä rungon valmistuksen osa-ajoista kasauksen ja katkaisukohdan etsinnän ajanmenekit selittävät kuljettajaerojen syntymekanismia. Niiden perusteella voidaan arvioida kuljettajan työn vaatiman ajattelu- ja suunnittelutyön tasoa. Työkoneajoista nosturin käytön ajanmenekin rakenne ja nivelten yhtäaikainen käyttö kertovat selkeästi kuljettajien ammattitaidosta ja taitotason eroista. Ajo rungon valmistuksen aikana ja kaatosahauksen nopeus antoivat viitteitä siitä, että ne indikoivat kuljettajan taitotasoa.

7.3 Vertailu muihin tutkimuksiin

Tynkkysen (2001) informaatioergonomiaan keskittyvä tutkimus tukee tämän tutkimuksen mallintamista. Tynkkynen keskittyi kuljettaja-kone-järjestelmään mallintamalla hakkuukoneetyön eri tehtäviä kognitiivisella järjestelmäanalyysillä (haastattelut ja verbaaliprotokolla). Kuljettajan ajonaikaisen päätöksentekoprosessin mallintamisessa tunnistettiin olennaisia informaatiolähteitä, jotka ovat yhtäpitäviä tämän tutkimuksen havaintojen kanssa. Kuljettajan informaation käsittely on voimakasta siirtymisen aikana ja merkittävä osa siitä tapahtuu korkeammalla käsitteellisyyden tasoilla sekä visuaalisella havainnoilla on korostunut asema. Tämän tutkimuksen mallintaminen painottaa käyttöliittymän sijasta ympäristöä ihminen-kone-ympäristö-järjestelmän osana.

Saukkomaan (2002) tulokset simulaattorista opetuksen tukena Jämsänkosken metsäkonekoulun oppilasryhmissä tukee tämän tutkimuksen tuloksia. Saukkomaan tutkimus on mielenkiintoinen, koska siinä käytettiin myös metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävää tutkimustiedon keruuta. Tarkastelu keskittyi kuormaimen käyttöön, etenkin kuormaimen liikkeiden käyttöaikaan ja samanaikaiseen eri nivelten käyttöön. Tulokset ovat yhdenmukaisia tämän tutkimuksen kuormaimen käytön tunnuksissa ja erojen syntymekanismien tulkinnessa.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat myös samansuuntaisia kuin Metsäkonesimulaatio-opetuksen tuotteistaminen -projektissa¹ (2002–2004) saadut tulokset (Ranta 2004, Ranta ym. 2004, Väätäinen ym. 2003 ja 2005, Väätäinen & Ovaskainen 2004 sekä Kariniemi 2004). Projektin tutkimus keskittyi hakkuukoneen kuljettajan hiljaisen tiedon näkyväksi tekemiseen. Hiljaisella tiedolla sekä työn vaatimalla ajattelulla ja suunnittelulla on selkeä yhteys (Harstela 2005, s. 13–15). Tuloksia voidaan siten pitää luotettavina ja tutkimusta voidaan suunnata aihealueella niiden mukaisesti.

¹ METSÄKONESIMULAATIO-OPETUKSEN TUOTTEISTAMINEN -PROJEKTI (MetSimu, www.simumedia.pkky.fi) käynnistyi vuonna 2002 Pohjois-Karjalan ammattiopistolla Valtimolla. Projektin tavoitteena oli kehittää simulaattoripohjaisen opiskelun menetelmiä ja suunnitelmia, tutkia kokeneen kuljettajan hiljaista tietoa ja kehittää koulutustuotteita suomalaisen ja kansainväliseen käyttöön. Projektikokonaisuudesta vastasi Pohjois-Karjalan Valtimon ammattiopiston rehtori Tommi Anttonen. Tutkimusyhteistyössä toimivat Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimuskeskus, Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta ja Tampereen teknillisen yliopiston hypermedialaboratorio. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kokeneiden hakkuukoneenkuljettajien työn erityispiirteitä, kuljettajien hiljaista tietoa ja sen merkitystä hakkuukonetyössä.

Ranta ym. kuvaavat hakkuukonetyötä samansuuntaisesti tämän tutkimuksen kanssa siten, että taitava hakkuukoneenkuljettaja luo ennakoivan ja kokonaisvaltaisen mielikuvan hakkuun tavoitetilasta sen eri suunnittelutasoilla, jäsentää tilannekohtaisesti työnkulkuun vaikuttavat tekijät sekä valitsee perustellun toimintamallin ja tarkoituksenmukaisen menetelmän. Lisäksi hän toteuttaa päätökset jämäkästi ja kehittää toimintamalliaan jatkuvasti. Hakkuukoneenkuljettajan hiljainen tieto ilmenee tilannesidonnaisena toimintana, työnsuuntaisena ajatteluna ja kokonaisvaltaisena osaamisena. Kokenut kuljettaja osaa valita toimintaympäristön vihjeistyksestä olennaisen, priorisoida argumentit ja havaita suuren määrän hienojakoisia tekijöitä sekä niiden suhteita.

Rannan ym. tutkimuksessa todetaan, että hiljainen tieto liittyy merkittävästi havaitsemiseen, suunnitteluun, ennakointiin ja toiminnan arviointiin hakkuun eri tasoilla. Kokenut kuljettaja osaa nähdä työn jäljen etukäteen mielikuvana, jolloin tavoitteeseen osataan suunnata perustellummin. Kuljettajien väliset osaamiserot ovat suuria. Kokemuksen määrä ei selitä yksistään eroja, kuten ei motorinen valmiuskaan. Kun työskentelyolot muuttuvat vaativimmiksi, kasvavat erot entisestään.

Ranta ym. toteavat, että kokenut kuljettaja kykenee rakentamaan kokonaisvaltaisen mielikuvan tavoitetilasta hakkuun edetessä. Osaava kuljettaja hyödyntää työskentelyalueita, työsektoreita, työskentelyetäisyyksiä ja katkontalinjoja siten, että liiketyönmäärä on kokonaisuuden kannalta optimaalinen. Eri tilanteisiin löytyvät tarkoituksenmukaiset ratkaisumallit. On vaikea määrittää yhtä yksittäistä useisiin tilanteisiin soveltuvaa perustekniikkaa. Myös tässä tutkimuksessa on lähdetty siitä, ettei yhtä ainuttakaan oikeaa toimintamallia ole olemassa: hyvään lopputulokseen voidaan päästä usealla eri tavalla, jopa eri strategialla.

Tämä tutkimus korostaa sitä, että hakkuukoneenkuljettajan kyky hahmottaa työnkuva ja työympäristö kokonaisvaltaisesti perustuvat informaationkäsittelykykyyn. Kuljettajan käsittelemän informaation määrä on joissakin työvaiheissa niin suuri ja informaation laatu niin huono, että työn psyykinen kuormittavuus nousee ratkaisevasti.

Tässä tutkimuksessa hakkuukoneenkuljettajan tiedonhallinta on jaettu työympäristöön, työnäkemään ja työpisteeseen liittyviksi. Työnäkemä on kuljettajan informaation hallinnan kannalta mielekäs yksikkö, johon liittyvän informaation hallinta on oleellista työn toteuttamiseksi. Sujuvan työrytmin varmistamiseksi sen tulisi olla 3–5 seuraavan työpisteen verran eteenpäin ja muutaman työalueen verran taaksepäin työpisteestä, jolla työskennellään. Tämä jako auttaa teorian jalkauttamisessa. Rannan ym. esittämä työpisteen sisäinen sektorijajottelu purkaa onnistuneesti työsuorituksen toteuttamista liiketasolla, ja liittyy siihen myös suorittavan työn suunnittelun merkityksen.

Väätäinen ym. toteavat tutkimuksessaan, että työkoneen ja etenkin kuormaimen ja hakkuulaitteen rutiininomainen hallinta ovat edellytyksenä sujuvalle hakkuun etenemiselle. Kuormaimen jouheva, työn suuntainen sekä hakkuukonetta säästävä ja toimintaympäristön huomioitava käyttötaito edellyttää merkittävän määrän hiljaista tietoa. Kuormaimen hallinta on ammattitaitoisella kuljettajalla tiedostamatonta rutiinia, jota on vaikea pukea sanoiksi. Kuormain on ajatuksen ja käden jatke.

Väätäinen ym. toteavat lisäksi, että kuljettajan katse on kohdistettuna harvennushakkuussa hakkuulaitteeseen ja sen lähiympäristöön 70–90 % tehotyöajasta. Seuraavaksi eniten katse oli kohdistuneena työnäkymän puuston latvus- ja runkotasolle (poistettavan puun valinta). Näiden osuus oli 12 % tehotyöajasta. Monipuolisinta havainnointi oli hakkuukoneen siirtymisen aikana.

7.4 Tulosten merkitys ja jatkotutkimusaiheita

Yksi työtoiminnan kehittämisen tavoitteista on nostaa säätelyvaatimusten tasoa, jolloin työntekijä saa paremmat mahdollisuudet itsensä toteuttamiseen ja mahdollisuuden vaikuttaa työympäristöönsä. On kuitenkin muistettava, että työmäärän mitoittamisella on suuri merkitys. Myönteisetkin tulokset voidaan menettää kuormittamalla kuljettajaa liikaa. Hakkuukonetyön säätelyvaatimusten nostamiseksi tulisi työhön liittää työprosessin koordinoinnin piirteitä. Tämä näyttäisi toteutuvankin yhä pidemmälle integroidussa puunhankintaketjussa. Kuljettajan ja raaka-ainetta käyttävän tuotantolaitoksen suora tiedonvaihto ovat askel tähän suuntaan.

Hakkuukonetyö on työtehtävien laajenemisen jälkeen lähentynyt ns. aktiivista työtä, johon liittyy myönteinen kuormittuneisuus ja työtyytyväisyys. Hakkuukonetyön säätelyvaatimukset ovat parantuneet, kun työnjaon osittuneisuus on purkautunut. Kuljettajalle on siirtynyt ylempään säätelytason tehtäviä, eli hakkuukonetyö on inhimillistynyt ja kuljettaja on saanut mahdollisuuden käyttää suunnittelu- ja päätöksentekokykyään.

Pitkällä aikavälillä suurin kehittämispotentiaali on uudessa teknologiassa. Teknologiaharpauksesta hyvänä esimerkkinä on yhtiöteharvesterin läpimurto 1980-luvun puolivälissä (ks. mm. Konttinen & Drushka 1999, s. 186–192). Toisaalta juuri kiivaimman teknologisen kehityksen aikana tehdään suurimmat laiminlyönnit kuljettajan työn muotoilussa. Teknologiakeskeisessä kehityksessä koneen käyttäjälle varataan sopeutujan rooli.

Metsätöiden laajat tuottavuustutkimukset ovat vaikuttaneet merkittävästi niihin rakenteisiin ja toimintamalleihin, joiden puitteissa metsäteollisuuden hankintaketjut ja niissä käytettävät tekniikat ovat saavuttaneet nykyisen tehokkuutensa. Kehittyneiden tietojärjestelmien ansiosta ennen tutkimuksella hoidettua tiedon tuottamista on jo voitu siirtää osaksi käytännön toimintaa. Metsätyöntutkimuksessa voidaan keskittyä aikaisempaa enemmän itse työn sisältöihin ja niiden kehittämiseen tuotospainotteisen tutkimusotteen sijasta.

Metsätyökoneiden automatisointi jatkuu. Erilaiset tekoälyn sovellukset ja asiantuntijajärjestelmät tukevat kuljettajan työtä. Kuljettaja saattaa tulevaisuudessa jopa valvoa miehittämättömiä työkoneita välittömästi hallitsemansa työkoneen ohessa. Pieneneekö kuljettajan rooli ja vaikutus työsuorituksen kokonaisuuteen tämän kehityksen myötä - vai tuleeko kuljettajasta entistä kriittisempi rajoite järjestelmälle - jää nähtäväksi.

Tutkimuksen ja käytännön operaatioiden tiedon tarve eriytyy. Konekohtaisesta tuottavuustiedosta on hyötyä palvelujen oston hallinnassa, resurssien hallinnassa ja töiden ohjelmoinnissa. Puunkorjuuyritys ei tarvitse työvaihekohtaista tuottavuustietoa. Metsätyön päivittäisen työmaa-ajan ja sitä vastaavan tuotoksen seuranta riittää. Taksarakenteiden kehittämisessä ja ylläpidossa riittää olosuhdeluokittainen keskimääräinen tieto. Kannattavuuden seurannassa puunkorjuuyritysten vuosityömäärää voitaisiin kuvata vuotuisen summatyömaa-ajan ja puumäärän avulla. (ks. myös Imponen 1999)

Kone- ja ketjukohtainen tuotostieto tehostaa puunkorjuuyrittäjän töiden suunnittelua. Aikatieidot sisältävän korjuulohkopankin avulla voitaisiin ennustaa puutavaratiedon lisäksi korjattavaksi tulevien kohteiden ajanmenekkiä ketjukohtaisesti. Samantyyppisiä ominaisuuksia tulee kehittää myös ihmistyönä tehtävien metsähoitotöiden sekä kuljetusten suunnittelun tueksi.

Vakiintuneita tekniikoita käsittelevistä laajoista työntutkimuksista voidaan luopua, mutta sitä tarvitaan edelleen uusien menetelmien ja tekniikoiden sekä metsäkoneen kuljettajan työn kehittämisessä. Työntutkimuksen tulee tuottaa edelleen myös tehoaikatietoa jo laajemmassa käytössä olevista konetyypeistä ja menetelmistä, koska uuden tekniikan kokeiluissa tarvitaan aina vertailutietoa.

Metsätyöntutkimuksen aikatutkimusta on kehitettävä. Nykyinen aikatutkimusmenetelmä painottuu kone- ja laitetekniikkaan sekä määräpainotteiseen suorituskäytännöön. Tietotekniikan hyödyntämiseen perustuva tiedonkeruu, metsäkonesimulaattoreiden ammattimainen hyödyntäminen ja simulointilaskennan kehittäminen tarjoavat aikatutkimukselle mahdollisuuden vastata ajan haasteisiin. Hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävän tutkimustiedon keruuta kehittämällä voidaan saavuttaa merkittävä ajattelutavan muutos. Ihmisen osuuden ja tuottavuuden suorituskäytännön laatuvaikutuksista näkökulmaa voidaan korostaa. (ks. myös Kariniemi & Imponen 2002, Kariniemi 2003c)

Hakkuukoneen tietojärjestelmää hyödyntävälle aikatutkimukselle tulee määrittää eri toimijoiden hyväksymä työvaihejako. Yhtenäistäminen hyödyttää kaikkia toimijoita ja johtaa tiedon kumuloitumiseen. Menetelmän on korvattava nykyinen ihmisen ja maastotiedonkeruulaitteen muodostama menetelmä. Uuden aikatutkimusmenetelmän työvaihejako on määriteltävä siten, että niiden keräämiseen käytettävä tekniikka on vapaasti valittavissa. Eri työvaiheiden ajanmenekkitiedon on oltava sama riippumatta konemerkestä tai tiedonkeruun tekniikasta. Määritellyt työvaiheet on voitava kerätä työntutkijan toimesta tai hakkuukoneen tietojärjestelmän avulla. Kun aikatutkimustieto kerätään metsäkoneen tietojärjestelmällä, voi työntutkija keskittyä keräämään tietoja, jotka vaativat aistihavaintoja. Työntutkija voi kerätä tietoja esimerkiksi työmaan olosuhteista, työhön vaikuttavista tekijöistä ja kuljettajan käyttäytymisestä. Työvaihejaon yhteinen määrittäminen on merkittävä osa metsäteknologisen tutkimuksen tulevaisuuden mahdollisuuksien varmentamista.

Mielenkiintoista on myös, löytyykö jatkossa pieniä osa-aikoja tai koneen käyttöaikoja, jotka kertoisivat kuljettajan taitotasosta suhteessa tehoajanmenekkiin. Tulevaisuudessa on mahdollista, että tietojärjestelmäaineistoista voidaan määrittää kuljettajaerojen hallinnan tueksi ”joutuisuuskertoimia” eli työn hyvinkin pieniä osa-aikoja, jotka indikoivat kuljettajan työn sujuvuutta. Jo tehtyjen havaintojen sekä työn vaatiman ajattelun ja suunnittelun yhteyden pohjimista tulee jatkaa.

Simulointiavusteinen tuotostutkimus, joka perustuu metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävään tutkimustiedon keruun hyödyntämiseen, on hyvin lupaava tulevaisuuden tarkastelutapa. Metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävällä tutkimustiedon keruulla saadaan nykyistä hienojakoisempaa tietoa. Kun tämä aikatutkimustieto siirretään simulointiympäristöön, voidaan tuottavuustarkastelut ulottaa lähes rajattomasti koko siihen olosuhdekirjoon, josta aikatutkimustietoa on kerätty. Siis myös ns. välialueille, jotka ovat aikatutkimuksessa jääneet vähälle huomiolle tai tyystin tutkimatta. Tietyin edellytyksin simulointi voidaan ulottaa myös aikatutkimusaineiston sisältämän olosuhdevaihtelun ulkopuolelle. Myös tarkastelut, joissa korjuun työvaiheita lisätään, poistetaan tai muokataan, tulevat mahdollisiksi ja vaikutukset voidaan esittää esimerkiksi vuositasolla korjuuketjun koko leimikkosumalle.

Myös simulaattoreiden käyttö tutkimusvälineenä alkaa olla ajankohtaista. Niiden siirtovaihtelu on todettu hyväksi myös ammattikuljettajien kohdalla. Simulaattoritutkimusten vahvuutena tulee olemaan koejärjestelyjen moninaisuus ja kokeiden toistettavuus.

Tässä tutkimuksessa hakkuukonetyö on rajattu tuotannolliseen työhön ja siihen aivan välittömästi liittyviin työnosiin. Laajempi tarkastelu edellyttäisi työtehtävän liittämistä tiiviimmin sen organisatoriseen viitekehykseen. Tarkastelun laajentaminen organisaatiotasoiseksi vaatisi myös muiden kuin psyykkisten kuormitustekijöiden perusteellista tarkastelua. Työpsykologiaan pohjautuva tarkastelu tulee laajentaa jatkossa organisaatio ja henkilöstöhallintotarkasteluihin.

Informaation käsittelyssä tulee jatkaa osaongelmien tarkastelua. Esimerkiksi katkonnassa tarvittavan informaation sekä kuljettajan ja koneen työnjaon optimaalinen selvittäminen on edelleen ajankohtainen ja mielenkiintoinen asia. Hakkuukonetyön informaatiovirran muotoilussa voidaan soveltaa logistiikan oppeja. Informaation logistiset virrat tulee järjestää siten, että tarvittava informaatio on kuljettajan saatavilla juuri tarvittavalla hetkellä. Kaikki tarpeeton informaatio tulee poistaa. Kuljettajalle kunakin ajanhetkenä tuleva informaation määrän on vastattava ihmisen luontaisia edellytyksiä hallita informaatiota.

KESKEISET KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

Keskeiset käsitteet, joista koostuu tutkimuksen työpsykologinen näkökulma. Käsitteet on alleviivattu tekstissä.

Katsaus työntutkimukseen

Työ	9
Sosiotekninen ajattelu	10
Ergonomia	11
Psykologinen työanalyysi	11
Työn muotoilu	11

Teoreettinen viitekehys

Työpsykologia	19
Ajattelutyö	19
Psyykinen kuormitus	21
Työn objektiiviset vaatimukset	23
Sisäinen malli	23
Informaatiokuormitus	24
Informaatio	26
Työtoiminnan säätelyvaatimukset	30

Hakkuukonetyön malli

Tutkimuksen esittämä hakkuukonetyön määritelmä:

1. Hakkuukonetyön toimeksianto on valmistaa osoitetun leimikon poistettaviksi tulevat puut annettujen laatukriteerien mukaisiksi puutavaralajeiksi metsävarastoon noudattaen annettuja metsän- ja ympäristönhoidon ohjeita ja asetettua korjuujäljen tasoa. 39
2. Sujuvalla työsuorituksella tarkoitetaan teknisestä näkökulmasta rationaalista, joutuisaa ja yhtäjaksoista työskentelyä. Henkisesti se on työn suorittamista ilman kohtuutonta ponnistusta riittävä luovuus säilyttäen. 40
3. Orientoituminen leimikkoon ja työnäkemän havainnointi operationalisoidaan työpisteessä, joka valmistetaan puu kerrallaan siten, että yksittäisten puiden hakkuu muodostaa syy-seuraussuhteisen kokonaisuuden. 41
4. Työnäkemä (alue, jonka kuljettaja hallitsee loogisena kokonaisuutena ohjaamosta, ja johon liittyvän informaation hallinta on oleellista työn toteuttamiseksi) on kuljettajan informaation hallinnan kannalta mielekäs yksikkö. Toisaalta se on yksikkö, josta on saatava riittävä ennakkoinformaatio, jotta sujuva työskentely on mahdollista. 41

KUVAT JA TAULUKOT

2 Katsaus metsätyöntutkimukseen

Kuva 1.	Yksittäisen ihmisen työ	9
Kuva 2.	Työntutkimus ja sen osa-alueet	10
Kuva 3.	Työanalyysin ja henkilöstöhallinnan suhde	12
Kuva 4.	Työn muotoilun tavoitteet	12
Kuva 5.	Työn piirteet ja niiden vaikutus	13
Kuva 6.	Yrittäjyyden toimintakenttä	17

3 Teoreettinen viitekehys

Kuva 7.	Työn käsitteet	20
Kuva 8.	Kokonaisen ja henkisen työn toimintokentät	21
Kuva 9.	Työssä kuormittumisen jaottelu	21
Kuva 10.	Työn psyykinen kuormittavuus	22
Kuva 11.	Tiedostapahtuma	25
Kuva 12.	Kuljettajan suorituksen parantamisen tavoite	27
Kuva 13.	Hakkuukoneen kuljettajan sensomotorinen toiminta	28
Kuva 14.	Hakkuukoneen kuljettajan informaation lähteet siirtymisessä	29

4 Tutkimustehtävä

Kuva 15.	Hakkuukonetyön kehittämisen ihmiskeskeinen näkökulma	34
Kuva 16.	Aika- ja tuotostutkimuksen tulosten soveltamisala	35
Kuva 17.	Hakkuukonetyön yleinen malli	36
Kuva 18.	Hakkuukonetyön tutkimuksen viitekehys tässä tutkimuksessa	36

6 Tulokset

6.1 Hakkuukonetyön malli

Kuva 19.	Malli hakkuukonetyön muuttumisesta	39
Kuva 20.	Malli psyykkisestä kuormittumisesta hakkuukonetyössä	40
Kuva 21.	Hakkuukonetyön edellyttämän ajattelun ja suunnittelun tasomalli	42
Kuva 22.	Hakkuukonetyön looginen rakenne tasomallissa	43

6.2 Kuljettajakohtaisten ajanmenekkierojen hallinta

6.2.1 Ammattikuljettajien työmaatasoinen vertailu

Kuva 23.	Suhteelliset ajanmenekkifunktiot	46
Kuva 24.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina	46
Kuva 25.	Suhteellinen ajanmenekkiero ajanmenekkifunktiona	47
Kuva 26.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon kokoluokittain	47
Kuva 27.	Ajanmenekin rakenne	48
Kuva 28.	Siirtymismatka työpisteiden välillä	49
Kuva 29.	Rungon ottoetäisyys	49
Kuva 30.	Työkoneen ja -laitteen pelkistetty liikemäärä	49
Kuva 31.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina työpisteessä valmistettujen runkojen määrällä	50

6.2.2 Ajanmenekkierojen syntymekanismi ajo- ja hakkuu-uralla

Valokuva 1.	Näkymä kenttäkokeesta 1	50
Kuva 32.	Suhteelliset ajanmenekkifunktiot	52
Kuva 33.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina	52
Kuva 34.	Suhteellinen ajanmenekkiero ajanmenekkifunktiona	53
Kuva 35.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon kokoluokittain	53
Kuva 36.	Ajanmenekin rakenne	54
Kuva 37.	Tarkennettu ajanmenekin rakenne	55
Kuva 38.	Rungon valmistuksen jaottelu	55
Kuva 39.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina työpisteessä valmistettujen runkojen määrällä	55
Kuva 40.	Kuormaimen liikkeiden käyttö	56
Kuva 41.	Kuormaimen nivelten yhtäaikainen käyttö	56
Taulukko 1.	Ajo rungon valmistuksen aikana	56
Kuva 42.	Katkojen määrä	57
Kuva 43.	Kaatosahauksen nopeus eri rungon kokoluokissa	57

6.2.3 Ajanmenekkierojen syntymekanismi taidoiltaan eritasoisilla kuljettajilla

Valokuva 2.	Näkymä kenttäkokeesta 2	58
Kuva 44.	Suhteellinen ajanmenekkifunktio	60
Kuva 45.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina	60
Kuva 46.	Suhteellinen ajanmenekkiero	61
Kuva 47.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon kokoluokittain	61
Kuva 48.	Ajanmenekin rakenne	62
Kuva 49.	Siirtymismatka työpisteiden välillä	63
Kuva 50.	Rungon ottoetäisyys	63
Kuva 51.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina rungon ottoetäisyytenä	63
Kuva 52.	Työkoneen ja -laitteen pelkistetty liikemäärä	64
Kuva 53.	Suhteellinen ajanmenekki mediaanina työpisteessä valmistettujen runkojen määrällä	65
Kuva 54.	Tarkennettu ajanmenekin rakenne	65
Kuva 55.	Rungon valmistuksen jaottelu	65
Kuva 56.	Kuormaimen liikkeiden käyttö	66
Kuva 57.	Kuormaimen nivelten yhtäaikainen käyttö	66
Taulukko 2.	Ajo rungon valmistuksen aikana	66
Kuva 58.	Katkojen määrä	67
Kuva 59.	Kaatosahauksen nopeus eri rungon kokoluokissa	67

7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Taulukko 3.	Puun haltuunoton ajanmenekin muutos suhteessa tehoajan muutokseen	71
Taulukko 4.	Puun haltuunoton ajanmenekin muutos suhteessa tehoajan muutokseen	72

ABSTRACT

Operator-specific model for mechanical harvesting – cognitive approach to work performance

Background

The working environment of forest harvester operators has changed dramatically over the past ten years. Ergonomic improvements and the utilisation of information technologies have transformed the harvester cab into a state-of-the-art workplace. The nature of the operator's work has also changed. The harvesters and their auxiliary equipment have become more complex, and worksite planning, forest and environmental management have become a part of the job description. In addition to this, taking the quality of raw materials into consideration is emphasised. The scope of requirements set for harvester operators is expected to expand.

Although developments in machines and equipment as well as ergonomics have significantly reduced the physical workload of mechanical harvesting, the work is still psychologically taxing. The operator is required to make a large number of complex decisions every moment he is working. A great deal of decisions is made during bucking as well as in other work phases. Coupled with a demanding work pace and the precise handling of the boom, this places high mental load on harvesting work.

Being subjected to high mental load may jeopardise the operator's health, discourage potential new operators from pursuing a career in the field, compromise the quality of work and functionality of forest harvesting systems, and make it difficult for ageing operators to cope on the job. High load affects work productivity and quality. The operator's ability to maintain control of work assignments while under mental load is compromised, his performance slows down and the number of errors committed increases.

In forest technology research every effort must be made to further standardise results and enhance operator working conditions. The challenge can be met with advanced working models, simulation-assisted productivity studies and new technologies, such as harvester simulators and digital data gathering. A balanced examination of work productivity and human resources requires a multi-objective and multidisciplinary approach.

Research objective

This research can be classified as a theory-based empirical study. The theoretical frame of reference and models developed for the study had a major impact on analysis, as the oversimplification of complex, multiform phenomena was to be avoided. The general objective of research is to establish principles, according to which mechanical harvesting can be planned and designed to correspond with human performance and development requirements. Another objective is to develop time studies, particularly the management of operator-specific changes.

The objective conditions of production ultimately determine the consideration and planning of the work being done. Research focuses on work performance, an objective description of the work. The worker's subjective experiences do not fall within the scope of this study.

Mechanical harvesting is analysed in terms of the operator's information processing during thinning and the attendant mental load. Examination of the operator as a processor of information is based on the information theory and information processing theory as well as systems theory. Mechanical harvesting is examined as a dynamic process, whose detailed guidelines are not meaningful.

The primary product of the research is a operator-specific mechanical harvesting model seen from a standpoint of work psychology as well as a logical description of mechanical harvesting based on the model. Research shows that the importance of consideration and planning in mechanical harvesting has increased.

An empirical examination demonstrates the mechanism that creates differences between operators as well as that some of the variations are due to the work consideration and planning required. Based on the results of this study, a new time study work phase division can be established and an in-depth analysis of parallel working elements can be made facilitating digital data gathering as a general operating method. Field tests involving digital data gathering (carried out 2001 and 2002) were groundbreaking.

Detailed research assignments can be summarised as follows:

- a) Develop a model for changing the relationship between the required consideration and planning and manual labour in mechanical harvesting.
- b) Develop a model for links between the harvester operator's mental load and information management.
- c) From a work psychology standpoint, develop an operator-specific mechanical harvesting model which focuses on work performance.
- d) Describe the logical structure of mechanical harvesting based on the operator-specific mechanical harvesting model.
- e) Demonstrate the mechanism that creates differences between harvester operators in time use, i.e. seek to identify critical points of impact.
- f) Establish principles for the standardisation of the time study method based on digital data gathering.

Operator-specific mechanical harvesting model

The operator does his work using his tool of choice – a forest harvester or its various equipment. The performance of work, or harvesting, must be described objectively, even if each and every operator experiences his work subjectively. The operator-specific mechanical harvesting description comprehends an objective examination of harvesting. The hierarchical levels, where consideration and planning meet, are the 'Working Environment', 'Working Vision' and Working Location.

A shift begins with an orientation of the Working Environment as a whole. Work begins with a characterisation of the Working Vision. Orientation with the stand and characterisation of the Working Vision are operationalised at the Working Location, which processes trees one at a time so that the felling of individual trees forms a cause-effect relationship.

Working Environment

The Working Environment is usually comprised of one stand and the surrounding area included in its planning. It may also be a number of adjoining or nearby stands, which are treated as a single unit.

The operator adapts his work instructions to the conditions of the stand. The adaptation of instructions always involves interpretation and understanding on all levels. The operator drafts a general plan (*Plan₁*) for the stand based on his preferred consideration (*Consideration₁*). The operator uses his previous experience (*Experience₁*) with stands in making considerations and interpretations.

Working Vision

The Working Vision is an area over which the operator maintains command as a logical entity from his cab. The management of information pertaining to the Working Vision is essential to the performance of work. In order to ensure a smooth working pace, it should ideally comprehend an area encompassing the 3–5 Working Locations ahead of and a few Working Locations behind the location currently being worked. The Working Vision is an ideal unit in terms of the operator's information management. On the other hand, it is a unit on which sufficient advance information must be made available in order to ensure a smooth work process. The operator visualises the Working Vision as he is working, constantly keeping in mind (*Consideration₂*) the plan defined for it (*Plan₂*). He adapts his preferred general plan for the stand and specified work instructions. Previous experience (*Experience₂*) with the stand being worked is also used.

In characterising the Working Vision, the operator makes preliminary decisions concerning forest and environmental management. He drafts a preliminary work plan based on his general plan and the adaptation of specified work instructions. Working Vision planning is continuous, and the plan is updated, especially when moving from one Working Location to another.

Working Location

The Working Location is an ideal area limited to the reach of the boom, within which it is possible to work as a single entity, provided that the operator is skilled enough.

For the Working Location the operator drafts (*Consideration₃*) a precise work plan (*Plan₃*), which is based on adaptation of the Working Location plan and tree-specific experience (*Experience₃*) gained from the previous 1–3 completed Working Locations.

Examination

The research resulted in gaining a comprehensive understanding of mechanical harvesting. The harvester operator's work should be further developed to ensure a more suitable level of mental load and meet personal performance and developmental requirements.

Based on the research's modelling, it can be conclusively stated that the consideration and planning required in mechanical harvesting, especially at higher hierarchical levels, has increased to such an extent that it is important to the work as a whole. The demanding nature of mechanical harvesting results in substantial motor demands and high work intensity with the combination of consideration and planning. Harvester operators require perhaps even an exceptional combination of talent – a true industry professional – but not superhuman abilities.

The manifestation of the internal model developed by the operator was interpreted in field tests, so that the consideration and planning required in harvesting, primarily involving the Working Vision, is evident during moving, when decisions are made regarding the route, the site of the next Working Location and examination of silviculture and environmental management issues. Consideration and planning are also assumed to be evident throughout 'Catching the tree'. Delays and breaks (harvester or boom not operational) in Catching the tree are assumed to indicate the operator's ability to visualise the overall work picture. A low occurrence of delays and breaks indicates that the operator has a good command of the work. It is also assumed that professional operators virtually never have to plan for interruptions in moving or positioning-to-cut.

Working Location consideration and planning were assessed by looking at feeding, seeking crosscutting points and piling of logs, as well as delays and breaks in 'Processing the stem'. Smooth feeding indicate the characterisation of the Working Location spatial distribution. Individual tasks are also assumed to indicate a smooth-running whole. Various indicators of boom usage were the most important factor when measuring harvester use.

Field tests confirmed the location and importance of harvesting consideration and planning in the mechanisms creating differences between operators. It can be conclusively stated that the ability to visualise the overall work picture and working environment and forecast the advancement of work, the rapid performance of tasks requiring consideration as well as reduced mental load are simplified to form the operator's information management facility, which plays a key role in creating differences between operators. A reduced mental load also requires that the pace of work is adjusted to suit the operator's degree of skill.

Results based on digital data gathering support the location and importance of harvesting consideration and planning for the mechanical harvesting model specified in the research. Break times in Catching the tree and the time used in Processing the stem, piling of logs and seeking crosscutting points, differs from operator to operator. Of all the harvester time use factors, the time use structure for the boom and simultaneous use of joints provides a clear indication of the operator's degree of skill.

LÄHDELUETTELO

- Ala-Fossi, A., Sikanen, L. & Asikainen, A. (2004). Forest contractors attitude and readiness for area responsible contracting. Teoksessa Uusitalo, J., Nurminen, T. & Ovaskainen, H. (eds.): NSR conference on forest operations 2004 – proceedings. University of Joensuu. Silva Carelia 45. pp. 238 – 244.
- Alm, H. (1997): Information och kommunikation. Teoksessa Konsensusrapporter rörande kunskapsläget om arbetsmiljön i skogsmaskiner. Manuskript för Arbete och Hälsa. Arbetslivsinstitutet.
- Appelroth, S-E. (1982): Rekommendationer för materialinsamling och resultatpresentation vid tidsstudier av skogsvårdsarbeten. Folia Forestalia 539. Metsäntutkimuslaitos.
- Appelroth, S-E. (1986): Miksi aikatutkimustulokset poikkeavat tuotostilastoista? Metsä ja puu 1986:4. s. 29 – 31.
- Aro, P. (1945a): Metsätyöntutkimukset, niiden tarkoitus ja menetelmät. Teoksessa Metsätyöntutkimukset. Metsätyöntutkimuskursseilla 4.6.–15.6.1945 pidettyjä luentoja. Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton Metsätehotoimiston (Metsätehon) julkaisuja n:o 1.
- Aro, P. (1945b): Aikatutkimukset metsätöissä. Teoksessa Metsätyöntutkimukset. Metsätyöntutkimuskursseilla 4.6.–15.6.1945 pidettyjä luentoja. Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton Metsätehotoimiston (Metsätehon) julkaisuja n:o 1.
- Bergstrand, K-G (1987): Planering och analysis av skogtekniska tidsstudier. Forskningsstiftelsen Skogarbeten. Meddelande nr 17.
- Bostrand, L. (1978): Av maskinförarna upplevda besvär. Teoksessa: Arbetsmiljön i skogsbruket. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift – Specialnummer. Häfte 1-2. s. 31 – 35.
- Brunberg, T. (1997): Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Redogörelse nr 8. Skogforsk.
- Cottell, P.L, Barth, L., Nelson, L., McMorland, B.A. & Scott, D.A. (1976): Performance variation among logging-machine operators: Felling with tree shears. Technical Report No. 4. Feric, Forest Engineering Research Institute of Canada.
- Gellerstedt, S. (1993a): Att gallra med skogsmaskin – det mentala och fysiska arbetet. Summary: Thinning with a forestry machine – the mental and physical work. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Uppsatser och resultat nr 244.
- Gellerstedt, S. (1993b): Arbete & trötthet – förarens reaktioner vid maskinellt skogsarbete. Summary: Work & fatigue – the operator's reactions to mechanized logging operations. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Uppsatser och resultat nr 248.
- Gellersted, S. (2002): Operation of single-grip harvester: Motor-sensory and cognitive work. International journal of forest engineering. Volume 13. Nr. 2 pp. 35 – 47.
- Ghorpade, J. (1988): Job analysis. A handbook for the human resource director. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Granvik, B-A. (1993): Puu- ja metsäteknologian peruskäsitteitä ja termejä. Osa 2: Metsäteknologia. Helsingin yliopiston Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 1.
- Guide to Work Study (Method- and Time Study) in Forest Operations. 1964. Published by: Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik.
- Gullberg, T. (1995): Evaluating operator-machine interactions in comparative time studies. Journal of Forest Engineering. VOL. 7 NO. 1. s. 51 – 61.
- Ergonomia. Ihminen – työ – tekniikka (1970): (toim.) Työterveyslaitos. Toimituskunta: Noro, E., Häkkinen, S., Karvonen, M. J., Koskela, A., Oksala, O, Ahmavaara, P., Kuorinka, I. & Saari, J. WSOY.
- Filipsson, J. & Petersson, M. (1994): Maskinförarens utbildnings- och informationsbehöv. Examensarbete vid SLU. Resultat Nr 4. Skogforsk.

- Forest work study nomenclature. Test edition valid 1995 – 2000. International Union of Forestry Research Organisations. WP 3.04.02. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Operational Efficiency. Garpenberg, Sweden.
- Haarlas, R., Harstela, P., Mikkonen, E. & Mäkelä, J. (1984): Metsätyöntutkimus. Summary: Forest work study. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen tiedonantoja N:o 46.
- Hakkila, P. (1989): Metsäkoneurakoinnin tausta. Teoksessa Hakkila, P., Kanninen, K. & Mäkinen, P.: Metsäkoneurakoitsija. s.8–51.
- Hakkila, P. (1996): Kivikirveestä hakkuukoneeseen. Teoksessa Väättäjä, M. (toim.) Puoli vuosisataa koneellista puunkorjuuta. s. 8–15.
- Harstela, P. (1971): Puunkorjuumenetelmien ergonominen kehitys ja eräät työntekijään kohdistuvat fyysiset vaikutukset. Summary: The ergonomic development of the forest work methods and some physic effects on workers. Folia Forestalia 131.
- Harstela, P. (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. Metsäntutkimuskaitoksen julkaisuja 87.2.
- Harstela, P. (1979): Puunkorjuun ergonomia.
- Harstela, P. & Piirainen, K. (1981): Esitutkimus Pika 75 harvesterin automaatioasteen vaikutuksista tuotokseen, mittaustarkkuuteen ja kuljettajan kuormittumiseen. Folia Forestalia 464. Metsäntutkimuslaitos.
- Harstela, P. (1988): Principle of comparative time studies in mechanized forest work. Scandinavian Journal of Forest Engineering 7(1):51 – 61.
- Harstela, P. (1993): Forest Work Science and Technology. Part 1. Silva Carelia 25. Joensuun yliopisto, Joensuu.
- Harstela, P. (1996): Forest Work Science and Technology. Part 2. Silva Carelia 31. Joensuun yliopisto, Joensuu.
- Harstela, P. (1999a): Ergonomia metsätyössä. Teoksessa Kanninen, K. (toim): Metsäteknologia muuttuvassa metsätaloudessa. Metsäntutkimuslaitos. s. 210–214.
- Harstela, P. (1999b): The future of timber harvesting in Finland. Journal of Forest Engineering VOL. 10 NO. 2. s. 33 – 36.
- Harstela, P. (2005): The competence of forest-machine operators and tacit knowledge. Teoksessa: Ranta, P. (eds.): Proceedings of the international seminar on simulator-based training of forest machine operators. Tampere University of Technology. Digital Media Institute. Hypermedia Laboratory. Report 2.
- Hacker, W. (1982): Yleinen työpsykologia. Espoo: Weiling & Göös.
- Hacker, W., Iwanowa, A. & Richter, P. (1988): Työtoiminnan arviointijärjestelmä (TBS) – käsikirja. Teknillinen korkeakoulu. Report No 108.
- Herzberg, F. (1966): Work and the nature of man. Cleveland: World.
- Hirsijärvi, S. & Hurme, H. (2004): Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö.
- Högnäs, T. (1998): Kumppanuus metsäalan konetyö- ja kuljetuspalvelujen hankinnassa. Metsähallitus. Moniste. 80 s.
- Högnäs, T. (2000): Kohti kumppanuutta metsäalan konetyö- ja kuljetusurakoinnissa. Vaihdantakustannusteoriaan perustuva tarkastelu. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 28.
- Högnäs, T. (2003): Ostaja-toimittajasuhteiden kehittäminen metsäalan konetyö- ja kuljetusurakoinnissa. Helsingin yliopiston Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 32.
- Högnäs, T. & Vuorenpää T. (2004): Laaja-alainen urakointi. Metsäteho 2/2004, s. 2 – 4.
- Häkkinen, S. & Luoma, J. (1991): Johdanto. Teoksessa Luoma, J. (toim.): Johdatus työpsykologiaan. Otatiето Oy. s. 9–16.

- Hänninen, K., Leino, P., Rytönen, H. & Prättälä, R. (1992): Työ ja terveys metsäkonealalla. Kyselytutkimus yrittäjien ja kuljettajien elinoloista, työoloista ja terveydestä. LEL Työeläkekassan julkaisuja 21:1992.
- Imponen, V. (1999): Puutavaralogistiikka pelkistää hankinnan toimintamallit. Metsätieteen aikakauskirja 4/1999. s. 722–726.
- Ivergård, T. (1969): Informationsergonomi, Rabén & Sjögren.
- Juntunen, M-L & Suomäki, H-L. (1993): Ikääntyvät metsäkoneyrittäjät ja hakkuun koneellistuminen. Summary: Aging forest machine contractors and the mechanization of wood harvesting. Folia Forestalia 808.
- Juntunen, M-L. (1999): Metsä ihmisen työympäristönä. Teoksessa Kanninen, K. (toim.): Metsäteknologia muuttuvassa metsätaloudessa. Metsäntutkimuslaitos. s. 215–220.
- Kahala, M. (1969): Tutkimus puutavaran valmistukseen vaikuttavista tekijöistä. Palkkaperustetutkimus. Summary: A study of the factors influencing the cutting of timber. Wage base study. Metsäteho. Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton metsätyöntutkimusosasto. Julkaisu n:o 44.
- Kahala, M. (1995): Metsätehon viisi vuosikymmentä. Summary: Metsäteho's five decades. Metsätehon tiedotus 412.
- Kahala, M. (1996): Metsäkoneiden tutkimus ja Metsäteho. Teoksessa Väätäjä, M. (toim.) Puoli vuosisataa koneellista puunkorjuuta. s. 162–167.
- Kalimo, R., Kauppinen-Toropainen, K. & Lindström, K. (1979): Psykkinen työsuojelu. Haittatekijä- ja toimialakohdainen katsaus. Katsauksia 30. Työterveyslaitos. Helsinki.
- Kanninen, K. (1988): Metsäkoneurakoitsijan henkilökuva. Teoksessa Metsäteknologian teemapäivä Suomenjoella 16.2.1988. s. 44–57. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 286.
- Kanninen, K. (1989): Metsäkoneurakoitsijan henkilökuva. Teoksessa Hakkila, P., Kanninen, K. & Mäkinen, P.: Metsäkoneurakoitsija. s. 52–93.
- Kanninen, K. (1993): Sisäisten mallien teoria hakkuukonetyötaturmien selittäjänä. Summary: Theory of internal models in explaining logging accidents. Folia Forestalia 817.
- Kanninen, K. (1996a): Metsäkoneyrittäjät taloudellisessa murroksessa. Teoksessa Kanninen, K. & Heino, M. (toim.) Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin? Vantaan tutkimuskeskuksen tutkimuspäivä Vääkysyssä 3.12.1996. s. 103–112. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 635, 1997.
- Kanninen, K. (1996b): Metsäkoneyrittäjän muotokuva. Teoksessa Väätäjä, M. (toim.) Puoli vuosisataa koneellista puunkorjuuta. s. 72–90.
- Karasek, R. A.. (1979): Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. Administrative science quarterly vol. 24, 285–309.
- Kariniemi, A. (1998): Inhimillistä tuottavuutta. Metsäteho 1/1998, s. 3–4.
- Kariniemi, A. & Rajamäki, J. (1998a): Kumppanuudella sujuvuutta puunkorjuuseen. Koneyrittäjä 5, s. 8.
- Kariniemi, A. & Rajamäki, J. (1998b): Yhteistyössä on voimaa – yrittäjyys kunniaan. Metsäteho 2/1998, s. 3–6.
- Kariniemi, A. (2000): Kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli. Teoksessa Metsätieteen päivä vuonna 2000. s. 9 – 10. Suomen Metsätieteellinen Seura ry. 18.10.2000.
- Kariniemi, A. (2001): The Cognitive Model of Harvester Work. Teoksessa NSR:s forskarkonferens 2001. 13. – 14.11.2001 Aronsborg. Tema Inre & yttre miljöhänsyn. Skogforsk.
- Kariniemi, A. & Imponen, V. (2002): Metsätyöntutkimus remontin tarpeessa: Tuottavuuden tilastointi käytännön sovellutuksiin... tietotekniikan hyödyntämiseen perustuva tiedonkeruu metsäteknologisen T&K-työn ytimeksi; Metsäjärjestelmät tehokäyttöön, Metsätyöntutkimuksella näytön paikka. Metsäteho 1/02 toukokuu. s. 14 – 17.
- Kariniemi, A. (2003a): Metsäkonetyön kuva – ajattelun ja suunnittelun merkitys. Teoksessa Kariniemi, A. (toim.) Kehittyvä puuhoito – Seminaarijulkaisu. Seminaari metsäammattilaisille Jyväskylässä 12. – 113.2.2003. s. 13 – 22.

- Kariniemi, A. (2003b): Hakkuukoneenkuljettaja tiedonkäsittelijänä. Metsätehon Katsaus 1/2003 (Julkinen jakelu nro 1).
- Kariniemi, A. (2003c): Metsäkonetyön ymmärtäminen uuteen aikakauteen. Metsäteho 2/2003, s. 4 – 5.
- Kariniemi, A. (2004): Osaaminen tähtiin. Metsäteho 2/04, s. 6 – 7.
- Karisto, A., Takala, P. & Haapola, I. (1988): Elintaso, elämäntapa, sosiaalipolitiikka –suomalaisen yhteiskunnan muutoksesta. 4. uudistettu painos.
- Konttinen, H. & Drushka, K. (1997): Metsäkoneiden maailmanhistoria. Otava.
- Korjuun suunnittelu ja toteutus (2005). Metsätehon opas.
- Kostama, H., Järvenpää, E. & Teikari, V. (1992): Lyhytkestaisen psyykkisen kuormittuneisuuden tutkiminen työpaikalla – ohjeita BMS- ja EZ-menettelmien käyttäjille. Teknillinen korkeakoulu. Report No 141.
- Kuitto, J-P, Keskinen, S., Lindroos, J., Ojjala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. (1994): Puutavaran koneellinen hakkuu. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon tiedotus 410.
- Kuusi, M. (1974): Kansanperinteestä populaarikulttuuriin. Teoksessa Sata suomalaisen kulttuurin vuotta 1870-luvulta nykyaikaan. s. 147–172.
- Kuusi, P. (1991): Ihmisen eloonjäämisoppi. Pieni alkeiskirja. WSOY.
- Kärkkäinen, M. (1971): Johdatus metsätyötieteen tutkimusmenetelmiin. Summary: An introduction to the research methods in forest work science. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, Tiedonantoja N:o 13.
- Kärkkäinen, M. (1973): Tutkimus mäntykuitupuun teon palkkauksesta. Näkökohta metsätöiden normituotoksesta. Helsingin yliopiston Metsäteknologian laitos. Tiedonantoja N:o 25 & 26.
- Kärkkäinen, M. (1975): Metsätyötieteellisen tutkimuksen perusteita. Kriittinen tarkastelu. Summary: Foundations of forest work research. A critical review. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, Tiedonantoja N:o 31.
- Lehtelä, J. (1991): Ergonomia. Teoksessa Luoma, J. (toim.): Johdatus työpsykologiaan. Otatieto Oy. s. 93–103.
- Lehtonen, E. (1975): Kourakuormauksen oppiminen. Folia Forestalia 244. Metsäntutkimuslaitos.
- Leppänen, M., Järvinen, P. & Kerola, P. (1978): Johdatus tietojenkäsittelyyn: Tietojärjestelmien hyväksikäytön näkökulma. Tietojenkäsittelyliitto ry:n julkaisu 37.
- Leskinen, M. & Mikkonen, E. (1981): Metsäkoneiden kuljettajille asetettavat vaatimukset. Summary: Requirements to be made of forest machine operators. Metsätehon tiedotus 369.
- Lilleberg, R. (1990): Kuormainharvesteri avo- ja harvennushakkuissa. Maksuperustetutkimus. Metsäteho, moniste.
- Luoma, J. (1984): Autonkuljettajan visuaalisen informaation hankinta: Merkityksellisen ja merkityksettömän informaation vuorovaikutus. Liikenneturva, tutkimusosaston julkaisu 64/1984.
- Luoma, J. & Karasmaa, N. (1986): Autonkuljettajan katseen kohdistuminen ja havainnot maantieajossa. Liikenneturvan tutkimuksia 81/1986.
- Löfgren, B. & Hallonborg, U. (2004): Delautomation – en möjlighet att öka produktiviteten i drivning. Teoksessa Utvecklingskonferens 2004. pp.. 133 – 139. Redogörelse från Skogforsk NR 1 2004.
- Madsen, K.B. (1984): Yleinen psykologia. Weilin+Göös.
- Makkonen, O. (1954): Metsätöiden vertailevan aikatutkimuksen periaate. Summary: The principle of comparative time studies in forest work. Eripainos julkaisusta Acta forestalia fennica 61.
- Matteson, M.T. & Ivancevich, J.M. (1989): Controlling work stress. Effective human resource and management strategies. Jossey-Bass Publishers, San Francisco.
- McCormick, E.J. & Ilgen, D. (1987): Industrial and organizational psychology. 8th edition. London Allen & Unwin.

- Metsäkoneiden ergonomian suositukset Pohjoismaissa (1999). Suomenkielisen version toimittaja: Tapola, H. Työturvallisuuskeskus. Tekijät: Gellersted, S., Almgvist, R., Attebrant, M., Myhrman, D., Wikström, B-O. & Winkel, J. Arbetslivsinstitut, SkogForsk & Sveriges landbruksuniversitet.
- Mikkonen, E. (2001): Information technology in wood procurement. Teoksessa NSR:s forskarkonferens 2001. 13. – 14.11.2001 Aronsborg. Tema Inre & yttre miljöhänsyn. Skogforsk.
- Murrell, H. (1982): Ihminen ja kone. Weiling+Göös.
- Mäkinen, P. (1993): Metsäkoneyrittämisen menestystekijät. Folia Forestalia 818. Metsäntutkimuslaitos.
- Nevala, N., Perkiö, M., Ojanen, K., Penttinen, J., Riihimäki, H., Väyrynen, S. & Husman, K. (1990): Istumisvaivat ja selkävivot metsäkoneenkuljettajilla. Kuopion aluetyöterveyslaitos. Raporttisarja 4.
- Niemelä, E. & Teikari, V. (1984): Työn psyykinen kuormittavuus: käsitteet, malli ja mittaaminen. Summary: Mental workload – Definitions, model and measuring. Helsingin teknillinen korkeakoulu. Report no 82.
- Niiniluoto, I. (1996): Informaatio, tieto ja yhteiskunta. Filosofinen käsiteanalyysi.
- Nordisk avtale om skoglig arbeidsstudienomenklatur. Pohjoismaiden sopima metsätyöntutkimusanasto. Forest work study nomenclature. Nordiska skogsarbetsstidiernas råd 1978.
- Nåbo, A. (1990): Skogsmaskinförarens arbetsbelastning. Studier av arbete i röjning, gallring och slutavverkning. Summary: Operator workload in forest machines – Studies in precommercial thinning-, thinning- and final felling operations. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Rapport nr 185.
- Ovaskainen, H, Uusitalo, J. & Väättäinen K. (2004). Characteristics and significance of a harvester operators' working technique in thinnings. International Journal of Forest Engineering, VOL 15 NO. 2. s. 67 – 76.
- Peltola, A. (2003): It-time for Mechanized Forest Work Study. Teoksessa Iwarsson, M. & Baryd, B. (Eds.). Arbetsrapport från Skogforsk NR 536 Maj 2003. 2nd Forest Engineering Conference. 12. – 15-2003 Växjö. s. 107 – 112.
- Perkiö-Mäkelä, M., Rytkönen, H., Laulainen, S., Peurala, M. & Penttinen, J. (2001): Metsurien ja metsäkoneenkuljettajien ammatissa pysymiseen vaikuttavat tekijät. LEL Työeläkekassan julkaisuja 38.
- Poikela, A. (1996): Hakkuukonetyön runkokohtaista ajanmenekkiä kuvaavan mallin perusfunktio. Työmoniste 20.11.1996. 7 s.
- Pontén, B. (2000): Skogsarbetares arbetsliv och effektivitet – intervjuer med skogsarbetare, entreprenörer, drivningsledare och förvaltare. Systemutveckling / Arbetsvetenskap Rapport nr 12. Högskolan Dalarna, Skogsindustriella institutionen.
- Pukkila, A. (1959): Työntutkimus. Kustannusosakeyhtiö Otava.
- Pöyhönen, M., Teikari, V. & Vartiainen, M. (1982): Miten taitava työsuoritus opitaan? Tutkimus työtoiminnan psyykkisestä säätelystä ja kehittämisestä sekä eri harjoitusmuotojen vaikutuksesta oppimiseen. Helsingin teknillinen korkeakoulu, teollisuustalouden ja työpsykologian laboratoriot. Report no 69/1982.
- Ranta, E, Rita, H. & Kouki, J. (2002): Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino.
- Ranta, P. (2004): Oppimisympäristöt, hakkuukoneet ja hiljainen tieto. Teoksessa (toim.): Tarja Kupiainen. Käsillä tehty. S. 67 – 77.
- Ranta, P., Laamanen, V., Pohjolainen, S. & Väättäinen, K. (2004): Hakkuukoneen-kuljettajan hiljaisen tiedon näkyväksi tekeminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Digitaalisen median instituutti. Hypermedialaboratorio. Raportti 2004:1.
- Rieppo, K., Kariniemi, A. & Haarlaa, R. (2002): Possibilities to develop machinery for logging operations on sensitive forest sites. Helsingin yliopiston Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 29.
- Resch, M. (1988): Die Handlungsregulation geisiger Arbeit. Bern, Stugart, Toronto: Hans Huber.
- Salminen, M-L. (1981): Kuormatraktorin kuljettajan kuormittumisen arviointi psykofysiologisilla menetelmillä. Folia Forestalia 455. Metsäntutkimuslaitos.

- Samset, I. (1990): Some observations on time and performance studies in forestry. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning 43.5.
- Samset, I. (1992): Forest operations as a scientific discipline. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning 44.12.
- Saukkomaa, H. (2002): Oppilaan työtekniikan kehityksen yhteneväisyys verrattaessa tuloksia harvesterisimulaattorin ja harvesterin välillä. Tampereen ammatillinen opettajakorkeakoulu. Maaliskuu 2002. Moniste.
- Schmidtke, H. (1973): Mentale Beanspruchung. Julkaisussa: H. Schmidthe (toim.) Ergonomie I, s. 256 – 279. München: Carl Hanser Verlag.
- Siren, M. (1998): Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Summary: One-grip harvester operation, it's silvicultural result and possibilities to predict tree damage. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 649.
- Skoglig arbetsstudienomenklatur. Pohjoismaiden Metsätyöntutkimusneuvosto. Tiedotus N:o 1. 1963.
- Suomen kielen perussanakirja. Kolmas osa S-Ö. Kotimaisten kielten tutkimuskeskuksen julkaisuja 55. 1994.
- Teikari, E. (1977): Traktorinkuljettajien arviot puutavaran lähikuljetuksesta. Summary: Opinions of tractor operators about the forest haulage of timber. Työtehoseuran julkaisuja 196.
- Teikari, E. (1979): Metsätyöntekijöiden työiihtyvyys. Summary: Job satisfaction among forest workers. Työtehoseuran julkaisuja 208.
- Teikari, V. (1989): Työyhteisön ja työn sisällön kehittämisen tavoitteet ja keinot. Ekonomia 10.
- Tynkkynen, M. (2001): Yksioteharvesterin informaatioergonomian kehittämistarpeet. Lisensiaatintutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto.
- Uusitalo, J. (2003): Metsäteknologian perusteet. Metsälehti Kustannus. Helsinki.
- Vartiainen, M. & Teikari, V. (1990): Työn psykologinen tutkiminen ja kehittäminen. Teknillinen korkeakoulu. Report no 120.
- Vartiainen, M. & Kallio, S. (1991): Johdatus VERA-G:n käyttöön. Teoksessa Kallio, S. & Vartiainen, M. (toim.): Henkinen työ tuotannossa – VERA-G. s. 1–37. Teknillinen korkeakoulu. Report No 136.
- Weber, M. (1980): Protestanttinen etiikka ja kapitalismin henki.
- Wiio, O.A. (1971): Yleisö ja yleisradio. Tutkimus suomalaisten yleisradiotoimintaa ja –ohjelmia koskevista mielipiteistä sekä yleisradiojärjestelmästä kokonaisuutena.
- Wiio, O.A. (1989): Viestinnän perusteet. Weiling+Göös.
- Volpert, W., Oesterreich, S., Gablenz-Kolakovic, S., Krogoll, T. & Resch, M. (1988a): Työtoiminnan säätelyvaatimusten tutkimusmenetelmä (VERA) –käsikirja. Teknillinen korkeakoulu. Report No 106.
- Volpert, W., Oesterreich, S., Gablenz-Kolakovic, S., Krogoll, T. & Resch, M. (1988b): Työtoiminnan säätelyvaatimusten tutkimusmenetelmä (VERA) –ohjekirja. Teknillinen korkeakoulu. Report No 107.
- Vuorinen, H. (1978): Metsätraktorinkuljettajan kuormittumisen mittaumahdollisuudet. Summary: Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers. Metsäntutkimuslaitos. Folia Forestalia 347.
- Väätäinen, K., Ovaskainen, H., Asikainen, A. & Sikanen, L. (2003): Chasing the tacit knowledge – automated data collection to find the characteristics of a skillful harvester operator. Teoksessa Iwarsson, M. & Hallberg, I. (Eds.). Arbetsrapport från Skogforsk NR 539 Maj 2003. 2nd Forest Engineering Conference. 12. – 15-2003 Växjö. s. 3 – 10.
- Väätäinen, K. & Ovaskainen, H. (2004): The importance of the harvester operator in CTL-harvesting operation. p. Teoksessa Uusitalo, J., Nurminen, T. & Ovaskainen, H. (eds.): NSR conference on forest operations 2004 – proceedings. University of Joensuu. Silva Carelia 45. p. 246 – 253.
- Väätäinen, K., Ovaskainen, H., Ranta, P. & Ala-Fossi, A. (2005): Hakkuukoneenkuljettajan hiljaisen tiedon merkitys hakkuutulokseen työpistetasolla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 937.

- Wang, J & Greene, W.D. (1999): An interactive system for modeling stands, harvests and machines. *Journal of Forest Engineering*. VOL. 10 NO. 1. s. 81 – 99.
- Yin, R.K. (2003): Case study research. Design and methods. *Applied Social Research Methods Series Volume 5*.
- Zylberstein, M. (1992): Informationsergonomi i skogsmaskiner–Informationens karaktär, hantering och presentation i en tvågreppssködare. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Summary: Information ergonomics in forestry machines – Character, handling and presentation of the information in a two-grip harvester. Uppsatser och Resultat nr 237.
- Åberg, L. (2000): Viestinnän johtaminen. Inforviestintä Oy

Yhteensä 138 viitettä.

LIITTEET

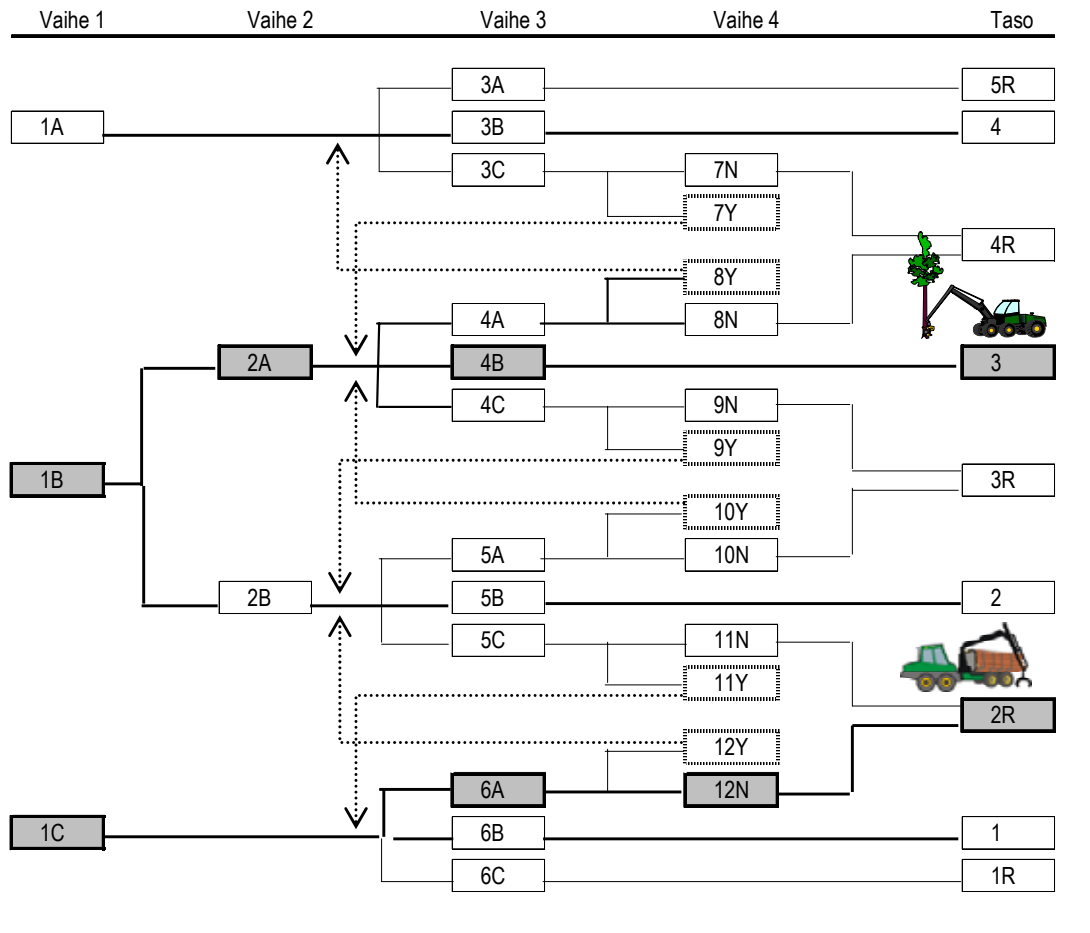
Liite 1.	Työtoiminnan säätelyvaatimusten määrittäminen VERA-menetelmällä	94
Liite 2.	Harmonisoidun tutkimusaineiston muodostamisen kriteerit	98
Liite 3.	Harmonisoidun tutkimusaineiston hakkuukoneet	99
Liite 4.	Kenttäkokeiden koejärjestelyt.	100
Liite 5.	Aikatutkimusten ja laskennan työvaiheiden jaottelu.	101
Liite 6.	Hakkuukonetyön kuvaus säätelyvaatimusten päättelemiseksi harvennushakkuussa.	103
Liite 7.	Kenttäkokeiden poistuman runkolukusarjat	106
Liite 8.	Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksen ajanmenekki-funktiot	107
Liite 9.	Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksen havaintoparvet	108
Liite 10.	Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksen tilastollinen tarkastelu	109
Liite 11.	Harmonisoidun tutkimusaineiston taustamuuttujien vaikutus ajanmenekkiin	113
Liite 12.	Kenttäkokeen 1 (ajo- ja hakkuu-ura) ajanmenekki-funktiot	115
Liite 13.	Kenttäkokeen 1 (ajo- ja hakkuu-ura) havaintoparvet	116
Liite 14.	Kenttäkokeen 1 (ajo- ja hakkuu-ura) tilastollinen tarkastelu	118
Liite 15.	Kenttäkokeen 2 (erilainen taitotaso) ajanmenekki-funktiot	122
Liite 16.	Kenttäkokeen 2 (erilainen taitotaso) havaintoparvet	123
Liite 17.	Kenttäkokeen 2 (erilainen taitotaso) tilastollinen tarkastelu	124

Liite 1. Työtoiminnan säätelyvaatimusten määrittäminen VERA-menetelmällä

”Työtoiminnan säätelyvaatimusten tutkimusmenetelmän”, VERAn (Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen in der Arbeitstätigkeit) keskeiset käsitteet ja niiden tulkinta hakkuukonekoneutyössä. VERAn käsitteet noudattavat Volpertin ym. (1988a ja 1988b) työtoiminnan säätelyvaatimusten tutkimusmenetelmän käsi- ja ohjekirjoja.

A Hakkuukonetyön tason määrittäminen VERAlla

Kirjoittajan tulkinta hakkuukonetyön säätelyvaatimuksista. Katso myös liite 6.



Valitun hakkuukonetyön päättelypolun sanalliset valinnat (ks. ohjekirja):

- 1B Työtehtävä ei vaadi useiden työprosessien suunnittelevaa koordinoitua.
↓ Työnvaiheita tarvitsee käydä ajatuksissa läpi.
- 2A Työnvaiheiden suunniteltavan järjestyksen läpikäynti ajatuksissa on niin monimutkaista, että olisi epärealistista päättää alusta lopputulokseen saakka kaikki, mitä on tehtävä. Siksi on ensin suoritettava osa työnvaiheista, ennen kuin seuraava osa voidaan miettiä tarkemmin läpi.
↓
- 4B Työntekijän on ensin suunniteltava niiden osatyötoimintojen tai osatavoitteiden suurpiirteinen järjestys, jotka yhteenlaskettuna vievät välitulosten kautta lopputulokseen. Ensimmäinen osatyötoiminto suunnitellaan sitten tarkasti ja toteutetaan, sitten suunnitellaan ja toteutetaan seuraava jne.
↓
- 3 Vain toimintojen karkea järjestys voidaan suunnitella etukäteen. Työntekijän on tehtävä oma suunnitelmansa kutakin toimintoa varten. Yhden toiminnon toteuttamisen jälkeen seuraava toiminto täytyy ajatella läpi.

B VERAn tasot ja askeleet

Taso 5	Uusien työprosessien kehittäminen
Askel 5	Uusia, toistensa kanssa vuorovaikutuksessa olevia työprosesseja on otettava käyttöön, koordinoitava ja luotava niille aineelliset edellytykset.
Askel 5R	Kuten askel 5, uudet työprosessit täydentävät jo olemassa olevia prosesseja, joihin täytyy tehdä mahdollisimman vähän muutoksia.
Taso 4	Useiden työprosessien koordinointi
Askel 4	Useita välitavoitteita koskevia suunnitelmia, jotka liittyvät työprosessin toistensa kanssa vuorovaikutuksessa oleviin osiin, on koordinoitava keskenään.
Askel 4R	Vain välitavoitteen suunnittelua vaaditaan, mutta toisten välitavoitteita koskevien suunnitelmien (joita työntekijä ei itse tee) toteutumisehdot on otettava huomioon.
Taso 3	Välitavoitteen suunnittelu
Askel 3	Vain toimintojen karkea järjestys voidaan suunnitella etukäteen. Työntekijän on tehtävä oma suunnitelmansa kutakin toimintoa varten (askeleen 2 mukaisesti). Yhden toiminnon toteuttamisen jälkeen seuraava toiminto täytyy ajatella läpi.
Askel 3R	Toimintojen järjestys on määrätty etukäteen. Työntekijän on suunniteltava kukin erillinen toiminto.
Taso 2	Toiminnon suunnittelu
Askel 2	Työn osien järjestys täytyy suunnitella etukäteen, suunnittelu ulottuu kuitenkin vain toiminnon tulokseen.
Askel 2R	Työn osien järjestys on annettu. Järjestys vaihtelee kuitenkin toistuvasti siinä määrin, että se on käytävä ajatuksissa läpi etukäteen.
Taso 1	Sensomotorinen säätely
Askel 1	Säädeltävinä olevien työliikkeiden järjestykseen laittamisessa ei tarvita tietoista suunnittelua, vaikka satunnaisesti käytetään erilaista työkalua.
Askel 1R	Kuten askel 1, samoja työkaluja on kuitenkin käytettävä joka kerta.

Säätelyvaatimusten 10-tasomalli (Vartiainen 1991, s. 35)

C VERAn keskeiset käsitteet ja niiden tulkinta hakkuukonetyössä

VERA	Hakkuukonetyö
Toimeksianto, työtehtävä	
Toimeksianto	
<p><i>Toimeksianto</i> on työyksiköiden jatkumo, joka alkaa tehtäväksiannolla ja loppuu työstettävien materiaalien luovuttamiseen. Se koostuu</p> <ul style="list-style-type: none"> o työstettävistä materiaaleista (työn kohteesta) o <i>työnosien</i> jatkumosta o tavoitteesta (työtulos, useimmiten työstettävien materiaalien määritellyt lopputilanne työstettäville materiaaleille). <p><i>Toimeksianto</i> muuttuu <i>työtehtävän</i> sisällä, kun määrätyt ennalta annetut tai vaaditut materiaaliset olosuhteet ovat erilaisia, ja kun tämä on otettava huomioon myös muuttuneina työtoimintoina.</p>	<p>Valmistaa osoitetun leimikon poistettava puusto vaihtuvien ohjeiden mukaisiksi puutavaralajeiksi metsävarastoon noudattaen annettuja metsän- ja ympäristönhoidon ohjeita sekä asetettua korjuujäljen tasoa.</p>
Työtehtävä	
<p>Yksi <i>työtehtävä</i> koostuu <i>toimeksiantojen</i> jatkumosta, ts. aina toistuvat <i>toimeksiannot</i> muodostavat <i>työtehtävän</i>. Työntekijällä on monesti useampia kuin yksi <i>työtehtävä</i>.</p>	<p>Hakkuukonetyötä harvennushakkuussa ja uudistushakkuussa voidaan pitää eri työtehtävinä. Työtehtävät ovat tällöin koneellinen harvennus- ja uudistushakkuu.</p>
Työnosa, työliike, työnvaihe	
Työnosa	
<p><i>Työnosa</i> on yleiskäsite <i>työliikkeelle</i> ja <i>työnvaiheelle</i>. Myös isompia toimintojaksoja voidaan kuvata <i>työnosiksi</i>.</p>	<p>Hakkuukonetyön työnosia ovat</p> <ul style="list-style-type: none"> o yleiskuvan luonti leimikosta ja työohjeiden hyväksyntä o metsän- ja ympäristönhoidon sekä ajouran suunnittelu o ajaminen ja hakkuukoneen asemointi o poistettavien puiden valinta ja työjärjestyksen suunnittelu o alikasvoksen raivaus ja muut järjestelyt o hakkuulaitteen vienti ja kaatosahaus o kaato ja karsinnan aloitus o karsinta ja hakkuutähteiden sijoittaminen o säännölliset huoltotyöt ja maastossa toteutettavat pienet korjaustyöt o informointi o työnjäljen mittaaminen o työmaahygienia
Työliike	
<p>Yksi yksittäinen <i>työliike</i> on mielivaltaisen pieni lihasliikkeiden yksikkö, esim. käden tai sormen liike. Tasomäärittelyssä on kyse <i>työliikkeistä</i> eli peräjälkeen suoritetuista lihasliikkeistä.</p>	
Työnvaihe	
<p>Yksittäinen <i>työnvaihe</i> on <i>työnosa</i>, jonka työntekijä suorittaa yhdellä yrittämällä. <i>Työnvaiheen</i> toiminta keskeytetään vain poikkeustapauksissa. Tasonmäärittelyssä on kyse <i>työnvaiheiden</i> jatkumosta eli yhden <i>toimeksiannon</i> useammista <i>työnvaiheista</i>, ja siitä, onko työntekijän suunniteltava, otettava huomioon tai ymmärrettävä <i>työnvaiheiden</i> sellaiset jatkumot ennen kuin <i>työnvaiheet</i> voidaan suorittaa.</p>	<p>Hakkuukonetyössä työnvaiheita ovat</p> <ul style="list-style-type: none"> o yhden rungon valmistus eli kaato, katkonta ja karsinta o yhden työpisteen valmistaminen o siirtyminen

Ajatuksissa läpikäynti, ajatuksissa ennakointi	
Ajatuksissa läpikäynti	
<i>Ajatuksissa läpikäynti</i> tarkoittaa, että joku punnitsee ajatuksissa erilaisia menettelytapoja ja päätyy yhteen omasta mielestään sopivampaan. Menettelytavat ovat erilaisia, kun yksikin <i>työnvaihe</i> on erilainen tai uusi.	
Ajatuksissa ennakointi	
<i>Ajatuksissa ennakoimalla</i> käydään läpi kokonainen <i>työnvaiheiden</i> jatkumo. Sitä tarvitaan, jotta ymmärretään, mistä <i>toimeksiannossa</i> on kysymys sekä tiedetään, mihin siinä on erityisesti kiinnitettävä huomiota.	Hakkuukoneen kuljettajan on luotava leimikosta yleiskuva ennen työn aloittamista. Tämä tarkoittaa leimikon suunnittelua mielessä, suunnittelu edellyttää harvoin muuta kuin karkeita maastomerkin- töjä. Lisäksi kuljettajan on selvitettävä leimikon olosuhdetekijät, jotka vaihtelevat leimikoittain. Erityisesti valmistetun puutavaran laatuun, metsän- ja ympäristönhoitoon sekä työturvallisuuteen vaikuttavat olosuhdetekijät ovat tärkeitä.
Työtulos, osatavoite, osatyötoiminta	
Työtulos	
<i>Työtulos</i> koostuu useimmissa tapauksissa työstetyistä materiaaleista, jotka luovutetaan toisiin työpisteisiin tai asiakkaalle. Käsittely ja esim. työhön liittyvät dokumentit kuuluvat tulokseen. Jokainen <i>toimeksianto</i> päättyy työtulokseen. <i>Työtulosta</i> voidaan pitää <i>toimeksiannon</i> tavoitteena.	Hakkuukonetyön työn tulos on annettujen ohjeiden mukaan valmistettu puutavara sekä sovitun mukainen korjuujälki (hakkuun osalta).
Osatavoite	
<i>Osatavoite</i> on <i>toimeksiannon</i> työstämisen välitulos tai välitulos matkalla <i>toimeksiannon</i> lopullisen <i>työtulokseen</i> . Välitulos on <i>osatavoite</i> , jos suunnittelu (menettelytapojen läpikäymistä ajatuksissa) <i>toimeksiannon</i> alussa ulottuu vain tähän saakka ja vasta sen jälkeen jatketaan suunnittelua.	Hakkuukonetyön osatavoite on tietyn leimikon osa, jonka hakkuu suunnitellaan tarkasti yleiskuvan perusteella. Välitavoitteen valmistumisen jälkeen suunnitellaan seuraava mielekäs työkokonaisuus.
Osatyötoiminta	
Osatyötoiminta on jaksot toimeksiannon alun, osatavoitteiden ja työtuloksen välillä. Koska osatavoite syntyy ainoastaan suunnittelun tarpeen kautta, jokainen <i>osatyötoimintajakso</i> vaatii oman suunnittelunsa.	Hakkuukonetyössä osatyötoimintajakso on yhden työpisteen valmistaminen, sillä sen toteutuksen tarkaksi suunnitteluksi on saatavissa riittävästi informaatiota.
Työprosessi, toisten työprosessien vaatimukset, työprosessien koordinointi	
Työprosessi	
<i>Työprosessi</i> tarkoittaa tässä menetelmässä asioita, jotka on otettava huomioon suunnittelussa, eli niitä on ajateltava ja otettava huomioon. Määrittely eroaa arkipäiväisestä merkityksestä. Jotta kyseessä on <i>työprosessi</i> , on suunnittelu oltava vähintään niin kattavaa, että se sisältää <i>osatavoitteita</i> .	Hakkuukonetyö on työprosessi menetelmän määrittelyn mielessä.
Toisten työprosessien vaatimukset	
Toisen <i>työprosessin</i> vaatimuksia ovat ne, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja aiheutuvat toisten henkilöiden <i>työprosessista</i> . Toisen <i>työprosessin</i> vaatimukset pitää ymmärtää, pelkkä vaatimusten tunteminen ei riitä. Vaatimukset eivät saa olla vain annettuja suureita, joita tulee noudattaa.	Metsäkuljetuksen asettamat vaatimukset on otettava huomioon hakkuussa kulloisenkin tilanteen mukaan.
Työprosessien koordinointi	
<i>Työprosessin</i> koordinoinnissa henkilö on vastuussa yksin tai yhdessä muiden kanssa siitä, että useiden samanaikaisten <i>työprosessien</i> suunnittelu koordinoidaan.	

Liite 2. Harmonisoidun tutkimusaineiston muodostamisen kriteerit

Harmonisoidun tutkimusaineiston muodostaminen ja aineiston koko.

#	Harvennushakkuun perusaineisto																				
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3 217 m³ valmistettua puutavaraa 2. 24 773 valmistettua runkoa 3. 13 kuljettajaa 4. 69 tutkimusleimikkoa 																				
-	<p>Rajaukset hakkuukoneen kokoluokan mukaan</p> <ul style="list-style-type: none"> * hylätään ns. isot ja pienet hakkuukoneet <p>Rajaukset leimikkotunnusten perusteella</p> <ul style="list-style-type: none"> * hylätään tutkimusleimikot, joissa tavoiteajouraväli on eri suuri kuin 20 m * hylätään tutkimusleimikot, joissa kuitupölkyn tavoitepituus eri suuri kuin 50 dm * hylätään tutkimusleimikot, joissa ajoura merkitty maastoon * hylätään tutkimusleimikot, jotka on hakattu talvella * hylätään tutkimusleimikot, joiden keskijäreys < 60 tai > 200 dm³ * hylätään tutkimusleimikot, joiden poistuman tiheys < 340 tai > 700 runkoa/ha * hylätään tutkimusleimikot, joiden lehtipuuosuus > 20 % 																				
=	<p>Harmonisoitu tutkimusaineisto</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 469 m³ valmistettua puutavaraa 2. 3 656 valmistettua runkoa 3. 6 kuljettajaa 4. 12 tutkimusleimikkoa 																				
-	<p><i>Lisärajaukset leimikkotunnusten perusteella</i></p> <ul style="list-style-type: none"> * hylätään tutkimusleimikot, jotka ovat kuusivaltaisia * hylätään tutkimusleimikot, joissa männyn osuus < 70 % * hylätään tutkimusleimikot, joiden keskijäreys ei ole vertailukelpoinen valitussa ryhmässä 																				
=	<p>Harmonisoitu tutkimusaineisto, laskentatapaus</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 182 m³ valmistettua puutavaraa 2. 1 108 valmistettua runkoa 3. 3 kuljettajaa 4. 4 tutkimusleimikkoa 																				
	<p>Tutkimusleimikoiden tunnuslukuja:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Runkoja</th> <th>Keskijäreys, dm³</th> <th>Tiheys</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kuljettaja A</td> <td>342</td> <td>157</td> <td>657</td> </tr> <tr> <td>Kuljettaja B</td> <td>354</td> <td>188</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Kuljettaja C</td> <td>245</td> <td>180</td> <td>506</td> </tr> <tr> <td></td> <td>167</td> <td>113</td> <td>583</td> </tr> </tbody> </table>		Runkoja	Keskijäreys, dm ³	Tiheys	Kuljettaja A	342	157	657	Kuljettaja B	354	188	500	Kuljettaja C	245	180	506		167	113	583
	Runkoja	Keskijäreys, dm ³	Tiheys																		
Kuljettaja A	342	157	657																		
Kuljettaja B	354	188	500																		
Kuljettaja C	245	180	506																		
	167	113	583																		

Liite 3. Harmonisoidun tutkimusaineiston hakkuukoneet

Kuljettaja	Työkone				Nosturi	
	Merkki	Malli	Vuosi- malli	Käyttö- tunnit	Merkki	Ulottu- vuus, m
A	Ponsse	HS10E	1992	6 500	HN 125	9,5
B	Valmet	901	1993	4 400	Valmet 998	9,5
C	Valmet	901	1994	5 400	Valmet 998	9,7

	Hakkuulaite		Mittalaite	
	Merkki	Vuosi- malli	Merkki	Vuosi- malli
A	Ponsse H60	1995	Kajaani 1024	1995
B	Valmet 942	1994	Valmet	1994
C	Valmet 960	1994	Valmet VMM 1.3	1995

Liite 4. Kenttäkokeiden koejärjestelyt

Kenttäkoe 1: 6. - 7. 8.2001 Laihia

harvennushakkuu, mänty




Kuljettaja 1H / kuljettaja 1, hakkuu-ura		Kuljettaja 2H / kuljettaja 2, hakkuu-ura	
← ————		← ————	
- poistuman keskijäreys, dm ³	84	- poistuman keskijäreys, dm ³	85
- hakattuja runkoja, kpl	129	- hakattuja runkoja, kpl	69
Kuljettaja 1A / kuljettaja 1, ajoura		Kuljettaja 2A / kuljettaja 2, ajoura	
→ ————		→ ————	
- poistuman keskijäreys, dm ³	90	- poistuman keskijäreys, dm ³	104
- hakattuja runkoja, kpl	206	- hakattuja runkoja, kpl	121

Kaikki koealat:

- kelloaikatutkimus, työntutkija + HuskyHunter-tiedonkeruulaite
- metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävä tutkimustiedon keruu (PlusCan/Plustech Oy)
- osittainen videointi

Kenttäkoe 2: 10.4.2002 Jämsänkoski

harvennushakkuu, mänty

Kuljettaja 1 / "normaali"	
← ———— 	
- poistuman keskijäreys, dm ³	104
- hakattuja runkoja, kpl	110
Kuljettaja 2 / "oppilas"	
← ———— 	
- poistuman keskijäreys, dm ³	104
- hakattuja runkoja, kpl	89
Kuljettaja 3 / "virtuoosi"	
 → ————	
- poistuman keskijäreys, dm ³	108
- hakattuja runkoja, kpl	82

Kaikki koealat:

- kelloaikatutkimus, työntutkija + HuskyHunter-tiedonkeruulaite
- metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävä tutkimustiedon keruu (PlusCan/Plustech Oy)
- osittainen videointi

Liite 5. Aikatutkimusten ja laskennan työvaiheiden jaottelu

A Työntutkijan tutkimuksessa käyttämä työvaihejako

Koneellisen harvennushakkuun työvaiheet :

1. siirtyminen
2. hakkuulaitteen vienti puulle ja kaatosahaus
3. kaato, karsinta ja katkonta sekä kasaus
4. järjestelyt ja häiriöt
5. alikasvoksen poisto ja
6. keskeytykset (alle 15 minuuttia).

Siirtymisellä tarkoitetaan hakkuukoneen siirtymistä työpisteestä toiseen. Työvaihe alkaa, kun kone lähtee liikkeelle ja päättyy, kun hakkuulaitteen siirto kaadettavalle puulle alkaa. Työvaihe sisältää myös työn suunnittelua, poistettavien puiden valintaa ja osin pystypuun apteerausta. Alle 20 metrin siirtymiset luettiin tavanomaiseksi siirtymiseksi ja pidemmät kirjattiin keskeytyksiin.

Hakkuulaitteen vienti puulle ja kaatosahaus tarkoittaa hakkuulaitteen siirtoa kaadettavalle rungolle, runkoon tarttumista ja kaatosahauksen tekemistä. Myös kaadettavan puun valinta ja pystypuun alustava apteeraus sisältyvät tähän työvaiheeseen.

Kaato, karsinta ja katkonta sisältävät rungon kaadon, karsinnan, katkonnin, koneellisen mittauksen ja pölkkyjen tavanomaisen kasauksen. Myös lopulliset apteerauspäätökset sisältyvät tähän työvaiheeseen. Puun kaato tarkoittaa puun hallittua kaatamista. Työvaihe päättyy, kun hakkuulaitteen vienti seuraavalle rungolle tai siirtyminen seuraavaan työpisteeseen alkaa.

Järjestelyllä ja häiriöllä tarkoitetaan puiden normaalista käsittelystä poikkeavaa tilannetta. Tyypillinen järjestely on kasojen kohentaminen hakkuun yhteydessä. Tyypillinen häiriö on hakkuukoneen syöttölaitteen tukkeutuminen, mikä edellyttää karsitavan rungon laskemista maahan.

Alikasvoksen poisto tarkoittaa kaatoa haittaavan alikasvoksen poistoa hakkuulaitteella. Alle 15 minuutin keskeytykset sisältävät mm. lyhyen korjauksen, koneen kiinnijuuttumisen, suunnittelun ja kuljettajan levon.

Laaja aikautkimusaineisto (harmonisoitu tutkimusaineisto) ja Kenttäkoe 1 kellotettiin runkokohtaisesti ja Kenttäkoe 2 pölkkykohtaisesti.

Kuljettajan työtapaa selvittäneet muuttajat Kenttäkokeessa 1:

Poistettavan rungon ottoetäisyys nosturin tyvestä (silmämääräinen arvio, luokat 1 – 9 metriä)
Poistettavan rungon sijainti (ajouralla, muualla)
Siirtymismatka (silmämääräinen arvio, metriä)

B Tietojärjestelmää hyödyntävä tutkimustiedon keruu

Metsäkoneen tietojärjestelmää hyödyntävä tutkimustiedon keruun työvaihejako oli periaatteessa sama kuin perinteisessä kelloaikautkimuksessa, mutta työvaiheiden vaihtumiskohdat poikkesivat toisistaan. Järjestelyn ja häiriön, alikasvillisuuden raivauksen sekä erilaisten keskeytysten ajanmenekki kirjautui eri tavalla.

Kuormaimen nivelten käyttöajoista mitattiin tilitin, käännon, noston, taiton, jatkon ja rotaattorin käyttö. Lisäksi mitattiin kuormaimen eri liikkeiden sekä kuormaimen käytön ja muun koneen toiminnan yhtäaikaaisuutta sekä erilaisia koneen taukoajoja.

C Laskennassa käytetty työvaihejako

Laskennassa käytetty työajan jaottelu korostaa työn vaatiman ajattelua ja suunnittelua (kaavio alla). Lisäksi korostetaan, että työn kohteen välitön muuttaminen – rungon valmistus – on hakkuun perimmäinen tavoite.

Puun haltuunotto on hakkuulaitteen viemistä valmistettavaksi aiotun rungon luokse työkonetta siirtämällä ja kuormaimen avulla. Lisäksi siihen kuuluvat seuraavan työpisteen paikan, ajoreitin ja poistettavan puun valinta sekä alikasvoksen raivaus hakkuulaitteella.

Puun kaatoa ovat kaatosahaus, kaato ja rungon siirtäminen valmistuskohtaan.

Rungon valmistus on rungon syöttö, katkonta ja pölkkyjen tavanomainen kasaus sekä järjestely. Järjestelyä ovat pölkkyjen järjestäminen tai hakkuutähteen poistaminen niiden päältä sekä latvuksen tuonti ajouralle havutuksessa.

Käsityö	Henkinen työ
<i>Hakkuun vaatima ajattelu ja suunnittelu</i>	

Tehoaika			Keskeytykset
Puun haltuunotto	Puun kaato	Rungon valmistus	
- siirtyminen	- kaatosahaus	- syöttö	- yhteydenpito
- vienti	- kaato	- katkonta	- lepo
- raivaus	- siirto	- kasaus	- huolto
- suunnittelu	- tauko	- järjestely	- korjaus
- tauko		- tauko	- kiinnijuuttuminen

Liite 6. Hakkuukonetyön kuvaus säätelyvaatimusten päättelemiseksi harvennushakkuussa

(ks. myös Gellerstedt 1993a ja 2002)

TYÖTEHTÄVÄ: HAKKUUKONETYÖ/KONEELLINEN HARVENNUSHAKKUUS

TOIMEKSIANTO: Valmistaa osoitetun leimikon poistettava puusto vaihtuvien ohjeiden mukaisiksi puutavaralajeiksi metsävarastoon noudattaen annettuja metsän- ja ympäristöhoidon ohjeita ja asetettua korjuujäljen tasoa.

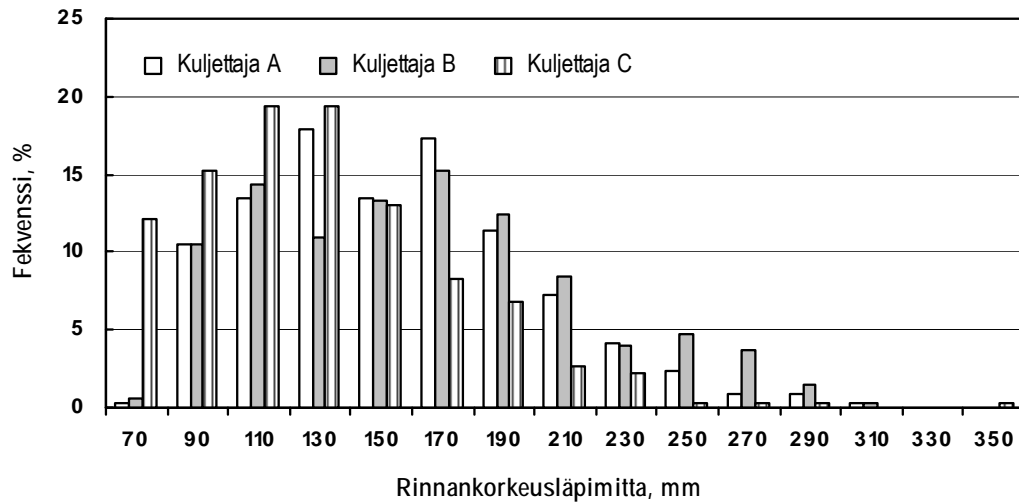
Työnosa	Kuljettajan perustoimenpiteet	Tarvittava ydininformaatio/ tuotettu informaatio (mielessä)	Työnosan vaatima informaation käsittely sekä ajattelu ja suunnittelu
KOKONAISUUDEN HALLINTA (orientoituminen leimikkoon sekä työnäkemän havainnointi ja työpisteen operationalisointi)			
<u>Yleiskuvan luonti leimikosta ja työohjeiden hyväksyntä</u> <i>Suunnitella leimikon työjärjestys ja ajouraverkoston rakenne sekä tarkistaa annettujen työmaaohjeiden toteutuskelpoisuus, ja hyväksyä ohjeet.</i>	Laatia mielessä leimikon työjärjestys- ja ajourasuunnitelma sekä tutustua metsän- ja ympäristöhoidon piirteisiin. Tutustua tarvittaessa leimikkoon jalkaisin. Käydä läpi annetut työmaaohjeet ymmärtäen ja verrata niitä vallitseviin olosuhteisiin. Pyytää tarvittaessa tarkennusta ohjeiden antajalta. Hyväksyä ohjeet ennen työn aloittamista.	<ul style="list-style-type: none"> o kokemus aikaisemmista leimikoista o metsän- ja ympäristöhoidon perustiedot o leimikon työohjeet joko suullisesti tai kirjallisesti o hakkuukoneen ominaisuudet o yleiskuva leimikosta, leimikon työsuunnitelma, sisäistetyt työohjeet 	Toimeksiannetun leimikon ominaisuuksia verrataan teoreettiseen tietoon ja kokemukseen aikaisemmista leimikoista. Yleiset työohjeet vaativat aina ymmärtämistä sekä soveltamista ja tulkintaa. Ammatillisilla perustiedoilla on suuri merkitys.
<u>Metsän- ja ympäristöhoidon sekä ajouran suunnittelu</u> <i>Havainnoida työnäkemällä puiden valintaan ja hakkuukoneen liikkumisen vaikuttavat metsän- ja ympäristöhoidolliset sekä työtekniikkaan vaikuttavat tekijät.</i>	Laatia mielessä leimaussuunnitelma työnäkemälle ja tarkistaa ympäristönäkökohdat sekä päättää ajouran ja seuraavan työpisteen sijainti.	<ul style="list-style-type: none"> o jäävä ja poistettava puusto ja sen kunto o maaston muoto ja sen ominaisuudet o seuraavan työpisteen sijaintivaihtoehdot o luontotyyppi ja ympäristökohteiden olemassaolo o työkoneen, hakkuulaitteen ja nosturin ominaisuudet o ajoura- sekä metsän- ja ympäristöhoidon suunnitelma työnäkemälle 	Informaatiota verrataan rutiinomaisesti teoreettiseen tietoon, kokemukseen ja yleisiin työohjeisiin. Työmaaohjeet ja itse laadittu leimikon työsuunnitelma vaativat jatkuvaa soveltamista ja tulkintaa. Ajattelu ja suunnittelu toteutetaan yleensä ajamisen yhteydessä, ainoastaan vaativissa tilanteissa hakkuukone pysäytetään.
<u>Ajaminen ja työkoneen aseointi</u> <i>Ajaa ajouraa pitkin vahingoittamatta puita ja niiden juuria tai hakkuukonetta sekä asemoida hakkuukone uudelle työpisteelle valmiiksi aloittamaan työskentely.</i>	Valita hakkuukoneen reitti ja nopeus sekä huolehtia sen tasapainosta ja toiminnasta, pysäyttää hakkuukone uudelle työpisteelle ajouran, jäävien ja poistettavien puiden sekä tarvittavan työtilan mukaisesti.	<ul style="list-style-type: none"> o maaston muoto ja sen ominaisuudet ajouralla ja työpisteelle o työkoneen, hakkuulaitteen ja nosturin ominaisuudet o koneen suunta ja asema suhteessa esteisiin ja jääviin puihin o moottorin ääni ja voimansiirron liikkeet o siirtymisen työsuunnitelma 	Ajaminen on pääsääntöisesti rutiinomaista, kuljettajan huomio riittää työnosan ylittävään (kuten metsän- ja ympäristöhoito sekä ajouran suunnittelu) ajatteluun ja suunnitteluun. Informaatiota verrataan automaattisesti kokemukseen sekä tietoon työkoneen, nosturin ja hakkuulaitteen ominaisuuksista.

Työnosa	Kuljettajan perustoimenpiteet	Tarvittava ydininformaatio/ tuotettu informaatio (mielessä)	Työosan vaatima informaation käsittely sekä ajattelu ja suunnittelu
<p><u>Poistettavien puiden valinta ja työjärjestyksen suunnittelu</u> <i>Valita poistettavat puut ja päättää työjärjestys sekä tarkistaa ympäristönäkökohdat työpisteessä.</i></p>	<p>Päättää poistettavat puut, suunnitella työtila ja tila valmistuvalla puutavaralle sekä tämentää ympäristönhoidon suunnitelma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o jäävä ja poistettava puusto ja sen kunto o työkoneen, nosturin ja hakkuulaitteen ominaisuudet o maaston muoto ja sen ominaisuudet o luontotyyppi ja ympäristökohteiden olemassaolo työpisteessä o metsän- ja ympäristönhoidon sekä työjärjestyksen suunnitelma työpisteelle 	<p>Informaatiota verrataan rutiinomaisesti teoreettiseen tietoon, kokemukseen ja yleisiin työhajeisiin. Työmaaohjeet ja itse laaditut leimikon ja työnäkeman työsuunnitelmat vaativat jatkuvaa soveltamista ja tulkintaa. Ajattelu ja suunnittelu toteutetaan yleensä siirtymisen päättämisen yhteydessä, ainoastaan vaativissa tilanteissa hakkuukone pysäytetään.</p>
SUORITUS			
<p><u>Alikasvoksen raivaus ja muut järjestelyt</u> <i>Raivata valitun puun työstämistä haittaava alikasvos hakkuulaitteella sekä tehdä muut järjestelytyöt.</i></p>	<p>Päättää tarvittavista järjestelyistä ja toteuttaa ne.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o vientireitti ja tarvittava työtila o työkoneen, nosturin ja hakkuulaitteen ominaisuudet o järjestelyn vaikutus päätyöhön o alikasvoksen raivaamisen ja muiden järjestelytyöiden työsuunnitelma 	<p>Ajattelu ja suunnittelu on rutiinomaista ja perustuu itse laadittuun työpisteen työsuunnitelmaan.</p>
<p><u>Hakkuulaitteen vieni ja kaatosahaus</u> <i>Viedä hakkuulaite poistettavalle puulle sitä tai jääviä puita vaurioittamatta, tarttua puuhun ja tehdä kaatosahaus vaurioittamatta terälaippaa.</i></p>	<p>Päättää hakkuulaitteen vientireitti ja kaatosuunta sekä paikka rungon työstämiselle, viedä hakkuulaite puun tyvelle, sulkea kouura ja painaa katkaisupainiketta. Huolehtia hakkuukoneen tasapainosta sekä sen ja sen laitteiden toiminnasta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o kuormaimen ja hakkuulaitteen etäisyys ja sijainti suhteessa poistettavaan puuhun sekä jääviin puihin ja esteisiin o työkoneen, nosturin ja hakkuulaitteen ominaisuudet o viennin työsuunnitelma 	<p>Palaute nosturin ja hakkuulaitteen sijainnista hankitaan pääsääntöisesti näköhavainnolla ja sen jälkeen kontrolloidaan refleksiä. Välitön työympäristö havainnoidaan intuitiivisesti ja palautereaktiot ovat refleksiä. Työmaaohjeet ja itse laadittu työpisteen työsuunnitelma vaatii jatkuvaa soveltamista ja tulkintaa.</p>
<p><u>Kaato ja karsinnan aloitus</u> <i>Kaataa puu vahingoittamatta jääviä puita tai työkoneita, nosturia ja hakkuulaitteita sekä tuoda runko valmistettavaksi ja aloittaa karsinta.</i></p>	<p>Kaataa puu haluttuun suuntaan kuormaimella ja hakkuulaitteella, laittaa vetorullat käyntiin ja aloittaa karsinta. Huolehtia hakkuukoneen tasapainosta sekä sen ja sen laitteiden toiminnasta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o kaadettavan puun vaatima tila ja käyttäytyminen o maaston muoto o työkoneen, nosturin ja hakkuulaitteen ominaisuudet o kaadon työsuunnitelma, tuontireitti valmistuspaikalle 	<p>Palaute nosturin ja hakkuulaitteen sijainnista hankitaan pääsääntöisesti näköhavainnolla ja sen jälkeen kontrolloidaan refleksiä. Välitön työympäristö havainnoidaan intuitiivisesti ja palautereaktiot ovat refleksiä. Työmaaohjeet ja itse laadittu työpisteen työsuunnitelma vaatii jatkuvaa soveltamista ja tulkintaa.</p>

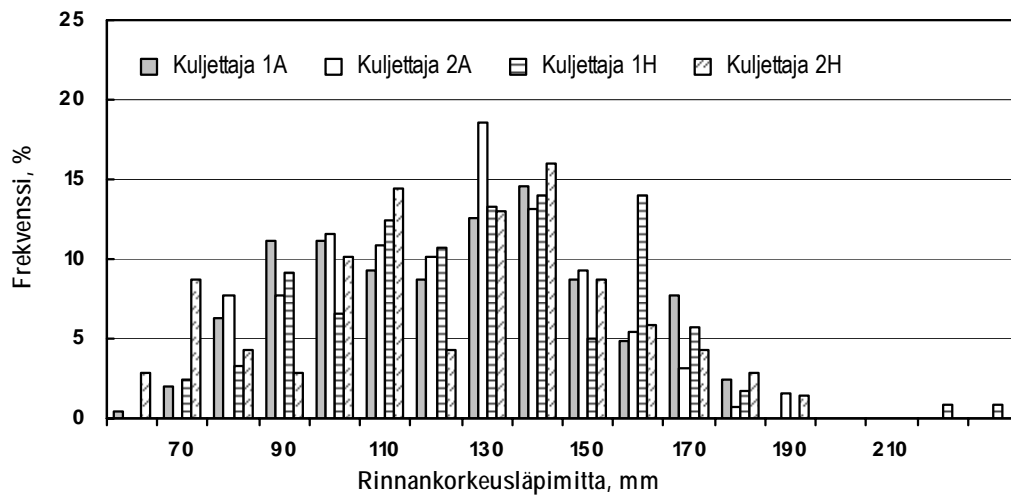
Työnosa	Kuljettajan perustoimenpiteet	Tarvittava ydininformaatio/ tuotettu informaatio (mielessä)	Työnosan vaatima informaation käsittely sekä ajattelu ja suunnittelu
<u>Karsinta, kasaus ja hakkuutähteiden sijoittaminen</u> <i>Karsia runko vaurioittamatta jääviä puita ja sijoittaa hakkuutähteet työskentelyn edellyttämällä tavalla sekä katkoa runko eri puutavaralajeiksi vaadituilla mitoilla ja laadulla, sijoittaa ja lajitella valmistettu puutavara metsävarastoon metsäkuljetusta varten.</i>	Tunnistaa valmistettavan puun puulaji ja siitä tulevat puutavaralajit, päättää mihin sijoittaa hakkuutähteet, syöttää runkoa manuaalisesti tai automaattisesti, valvoa karsintaterien asentoa ja ohjata kuormaimella runko vapaaseen työtilaan sekä päättää puutavaralajin pituus ja laatu annettujen ohjeiden mukaisesti ja sijoittaa valmistettu puutavara metsävarastoon. Huolehtia hakkuukoneen tasapainosta sekä sen ja sen laitteiden toiminnasta.	<ul style="list-style-type: none"> o jäävä puusto o maaston muoto ja sen ominaisuudet o valmistettavan rungon ominaisuudet (puulaji, rungon pituus, läpimitta, oksaisuus, mutkat, lenkous, laho) o tarvittava työtila o työkoneen, nosturin ja hakkuulaitteen ominaisuudet o rungon katkontamalli 	Karsinnan tuloksen valvonta sekä hakkuutähteiden ja valmistetun puutavaran sijoittaminen tapahtuvat rutiininomaisesti. Mittalaite ja automatiikka ovat apuna katkonnassa, mutta kuljettaja tekee kuitenkin päätökset. Työohjeet ovat mittojen osalta selkeitä normeja, laatu vaatii tulkintaa. Puutavarasuman hallinta vaatii syvempää ajattelua.
LISÄTYÖT			
<u>Säännölliset huoltotyöt ja maastossa toteutettavat pienet korjaustyöt</u> <i>Tehdä hakkuukoneen ja sen laitteiden säännölliset huoltotyöt ja kunnon tarkastukset sekä selvittää kone- tai laitehäiriön syy ja korjata vika, jos mahdollista.</i>	Seurata hakkuukoneen ja sen laitteiden tilaa ja toteuttaa säännölliset huoltotyöt. Selvittää tarvittaessa häiriön syy ja päättää omasta korjaamisesta tai huoltomiehen kutsumisesta sekä varaosien tilaamisesta, suorittaa korjaustyö.	<ul style="list-style-type: none"> o työkoneen ja laitteiden kunto o huoltoväli ja -tarve o työkoneen ja sen laitteiden tekniikka ja rakenne o toimintahäiriön tai vian lähde ja aiheuttaja o huolto- ja korjaussuunnitelma 	Informaatiota verrataan teoreettiseen tietoon sekä kokemukseen ja tietoon koneen ominaisuuksista. Vianmääritys vaatii soveltamista ja tulkintaa. Käsikirjojen käyttö on tarpeellista.
<u>Informointi</u> <i>Lähetää sovitut tiedot urakanantajalle tai päivittää ne suoraan urakanantajan järjestelmään</i>	Lähetää sovitut tiedot joko suoraan urakanantajan järjestelmään tai osoitetulle henkilölle.	<ul style="list-style-type: none"> o lähetettävät tiedot o tiedonsiirtojärjestelmän ominaisuudet 	Informaatiota verrataan teoreettiseen tietoon ja kokemukseen Työohjeet ovat yksiselitteisiä eivätkä vaadi tulkintaa.
<u>Työnäljen mittaaminen</u> <i>Toteuttaa puutavaran ja korjuujäljen laadun seurannan otantamittauksia.</i>	Toteuttaa puutavaran laadun ja korjuujäljen seurantamittaukset.	<ul style="list-style-type: none"> o mittausmenetelmät o seurantamittaussuunnitelma 	Informaatiota verrataan teoreettiseen tietoon ja kokemukseen. Työohjeet ovat yksiselitteisiä eivätkä vaadi tulkintaa.
<u>Työmaahygienia.</u> <i>Huolehtia työmaan siisteydestä sekä poltto- ja voiteluaineiden säilytyksestä ja käsittelystä.</i>	Tarkistaa työmaan ja erityisesti huoltopaikan siisteys.	<ul style="list-style-type: none"> o poltto- ja voiteluainesäiliöiden kunto o huolto- ja korjaustöiden jätteen sijoittaminen o työmaahygienian suunnitelma 	Informaatiota verrataan teoreettiseen tietoon ja kokemukseen. Työohjeet ovat yksiselitteisiä eivätkä vaadi tulkintaa.

Liite 7. Kenttäkokeiden poistuman runkolukusarjat

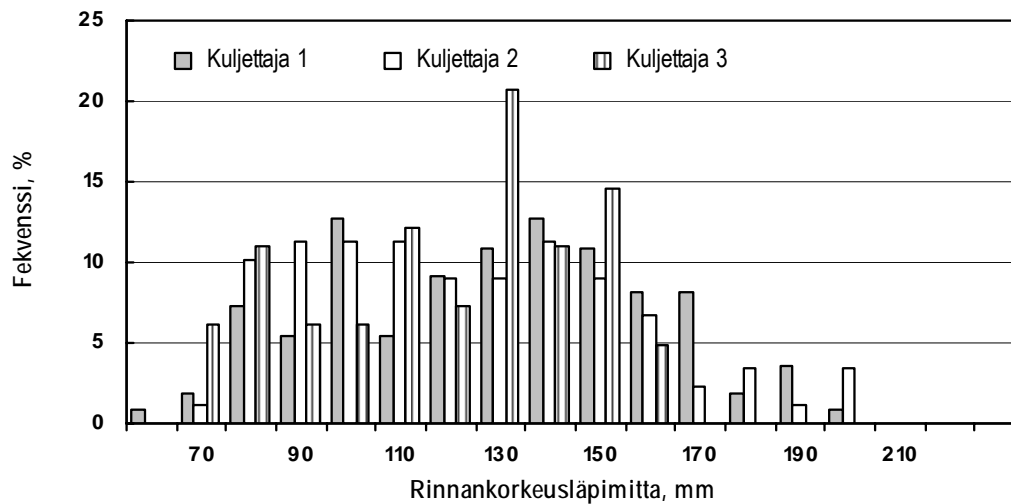
Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksen runkolukusarja



Kenttäkokeen 1 poistuman runkolukusarja



Kenttäkokeen 2 poistuman runkolukusarja



Liite 8. Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksen ajanmenekki-funktiot

$$\text{Aika} = x_0 + x_1 * \log(\text{dm}^3 - x_2) + x_3 * \exp(x_4 * \text{dm}^3)$$

missä dm^3 = rungon käyttöosan tilavuus

ja kertoimet x_0 , ei rajoitteita

$$x_1 \geq 0$$

$x_2 <$ havaintoaineiston pienin arvo

$$x_3 \geq 0$$

$$x_4 > 0$$

Teho aika

Puun haltuunotto (siirtyminen, vienti, alikasvoksen raivaus ja suunnittelu) sekä Puun kaato ja Rungon valmistus

	DF	F value	Pr > F	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
Kuljettaja A	5	28,38	<,0001	26,65	4,70	10,00	1,04	0,01
Kuljettaja B	5	40,92	<,0001	24,32	5,99	-10,00	1,06	0,01
Kuljettaja C	5	26,16	<,0001	48,10	3,31	10,00	3,40	0,01

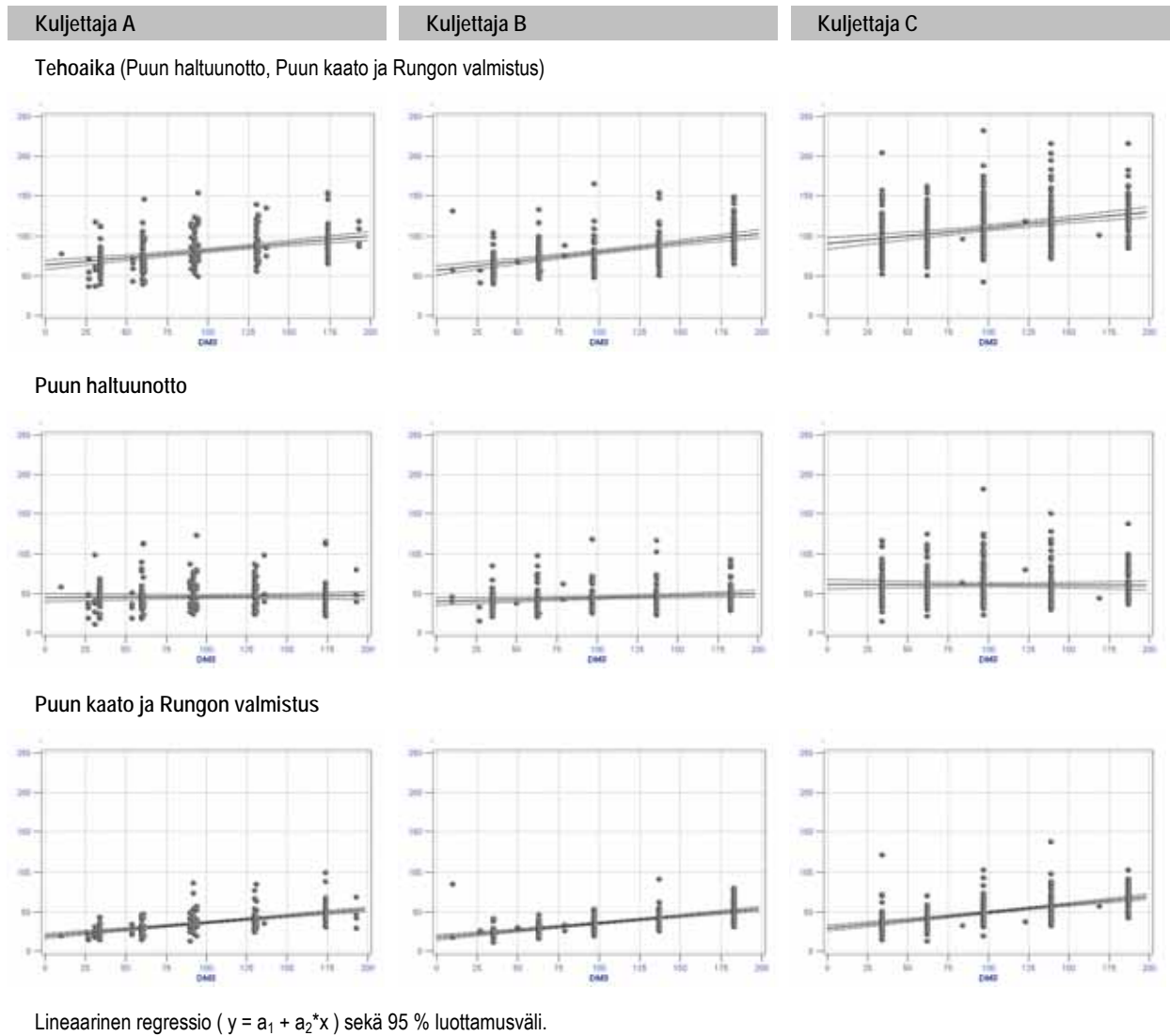
Puun kaato ja Rungon valmistus

kaatosahaus, kaato ja rungon siirto valmistuspaikkaan sekä syöttö, katkonta, kasaus ja järjestely

	DF	F value	Pr > F	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
Kuljettaja A	5	44,09	<,0001	7,25	2,67	9,99	1,05	0,01
Kuljettaja B	5	81,08	<,0001	-5,34	5,92	-10,00	1,06	0,01
Kuljettaja C	5	56,99	<,0001	-1,31	6,24	-10,00	1,13	0,01

Liite 9. Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksen havaintoparvet

Suhteellinen ajanmenekki.



Liite 10. Harmonisoidun tutkimusaineiston laskentatapauksen tilastollinen tarkastelu

Kuljettajien välinen Tehoajan (suhteellinen ajanmenekki) vertailu, yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	3	A B C
Number of observations	1108	

Dependent Variable: **Teho aika**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	141208,55	70604,27	58,02	<.0001
Error	1105	1344577,16	1216,81		
Corrected Total	1107	1485785,71			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.105729	33,04	34,88	105,57

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	2	141208,55	70604,27	58,02	<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	1105
Error Mean Square	1216,81
Critical Value of Studentized Range	3,32

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja A - Kuljettaja B	-9,13	-15,34	-2,93	***
Kuljettaja B - Kuljettaja C	-17,64	-23,57	-11,70	***
Kuljettaja A - Kuljettaja C	-26,77	-32,76	-20,78	***

Generated by the SAS System

Kuljettajien välinen Puun haltuunoton (suhteellinen ajanmenekki) vertailu, yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	3	A B C
Number of observations	1108	

Dependent Variable: **Puun haltuunotto**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	44767,53	22383,77	50,11	<,0001
Error	1105	493562,06	446,66		
Corrected Total	1107	538329,60			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0,115156	39,68	21,13	53,26

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	2	44767,53	22383,77	50,11	<,0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	1105
Error Mean Square	446,66
Critical Value of Studentized Range	3,32

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja A - Kuljettaja B	-2,01	-5,77	1,76	
Kuljettaja B - Kuljettaja C	-12,06	-15,66	-8,47	***
Kuljettaja A - Kuljettaja C	-14,07	-17,70	-10,44	***

Generated by the SAS System

Kuljettajien välinen Puun kaaton ja Rungon valmistuksen (suhteellinen ajanmenekki) vertailu, yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	3	A B C
Number of observations	1108	

Dependent Variable: Puun kaato ja Rungon valmistus

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	30179,95	15089,98	23,45	<,0001
Error	1104	710486,44	643,56		
Corrected Total	1106	740666,39			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0,149968	48,45	25,37	52,36

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	2	30179,95	15089,98	23,45	<,0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	1104
Error Mean Square	643,56
Critical Value of Studentized Range	3,32

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja A - Kuljettaja B	-7,28	-11,79	-2,76	***
Kuljettaja B - Kuljettaja C	-5,43	-9,74	-1,11	***
Kuljettaja A - Kuljettaja C	-12,70	-17,06	-8,35	***

Generated by the SAS System

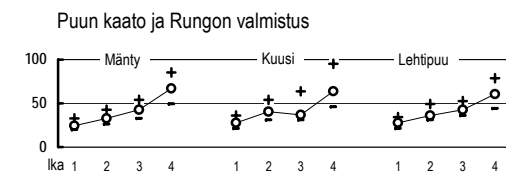
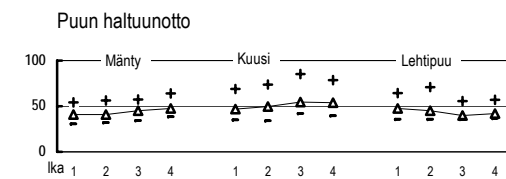
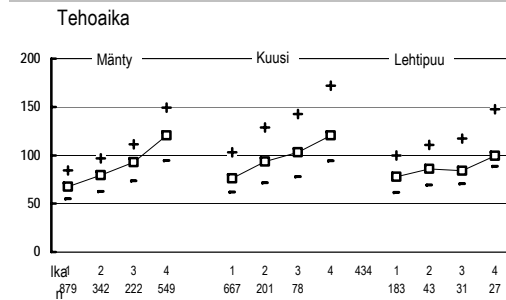
Tilastollinen tarkastelu kuljettajittain ja työvaiheittain, suhteellinen ajanmenekki.

Kuljettaja	Variable	Lower 95% CL for Mean	Upper 95% CL for Mean	Coeff of Variation	Max	Mean	Min	N	Range	Std Dev	Std Error	Variance	Median	Pr > t	t Value
A	Tehoaika	89,3	96,1	35,0	244	92,7	37	342	207,5	32,4	1,8	1051,3	86,1	<,0001	52,9
	Puun haltuunotto	45,4	49,4	38,9	123	47,4	11	342	112,0	18,4	1,0	339,4	43,4	<,0001	47,6
	Puun kaato + rungen valmistus	42,7	47,9	54,4	180	45,3	7	342	173,8	24,6	1,3	607,1	41,0	<,0001	34,0
B	Tehoaika	97,9	105,8	37,4	249	101,8	40	354	209,0	38,1	2,0	1448,3	95,1	<,0001	50,4
	Puun haltuunotto	47,3	51,5	40,1	133	49,4	10	354	123,0	19,8	1,1	392,9	44,9	<,0001	46,9
	Puun kaato + rungen valmistus	49,7	55,5	52,3	141	52,6	11	354	129,5	27,5	1,5	755,5	45,9	<,0001	35,9
C	Tehoaika	116,2	122,8	28,5	233	119,5	43	412	190,2	34,0	1,7	1155,4	115,6	<,0001	71,3
	Puun haltuunotto	59,1	63,8	39,2	182	61,5	8	412	173,8	24,1	1,2	581,8	55,7	<,0001	51,7
	Puun kaato + rungen valmistus	55,7	60,3	41,4	157	58,0	13	412	144,3	24,0	1,2	578,0	51,2	<,0001	49,0

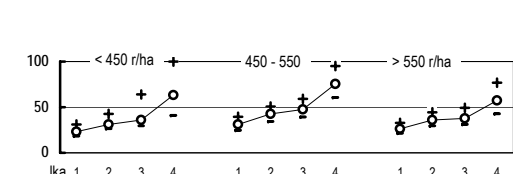
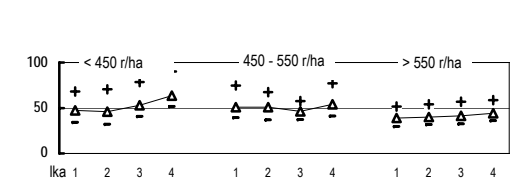
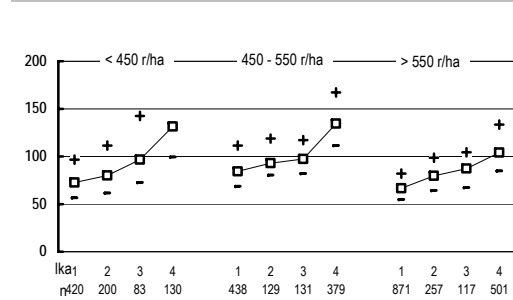
Liite 11. Harmonisoidun tutkimusaineiston taustamuuttujien vaikutus ajanmenekkiin

Suhteellinen ajanmenekki: yläkvartaali, mediaani ja alakvartaali.

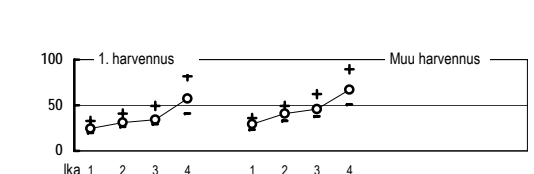
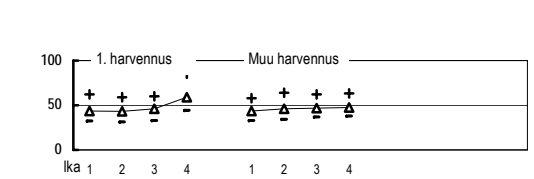
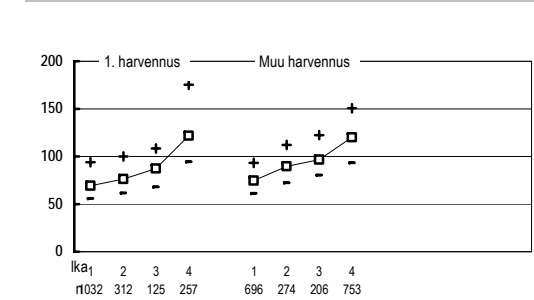
Puulaji



Tiheys



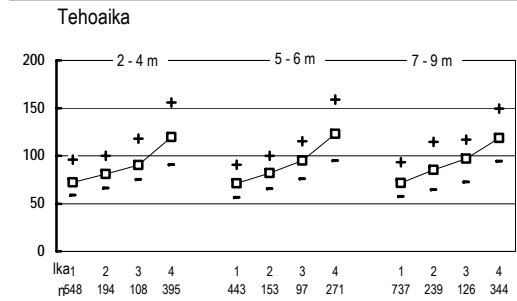
Hakkuutapa



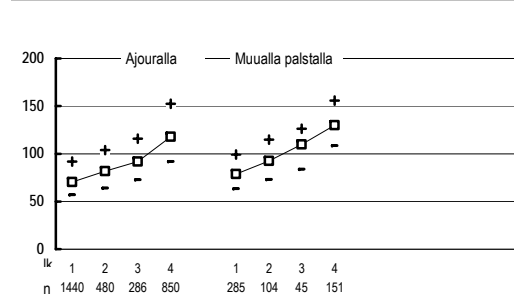
Suhteellinen aika / kaikki rungot yhdessä: ensimmäinen luokka = 100 kussakin taustamuuttujassa
Runгон kokoluokka, dm³: 1 = 50 - 79, 2 = 80 - 119, 3 = 120 - 159 ja 4 = 160 - 350

Suhteellinen ajanmenekki: yläkvartaali, mediaani ja alakvartaali.

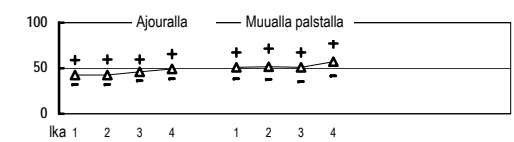
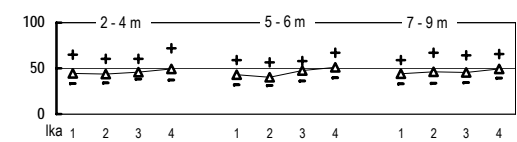
Rungon etäisyys työkoneesta



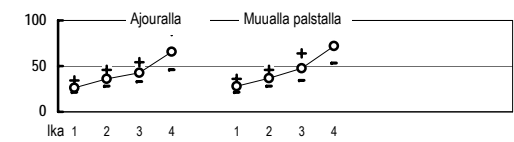
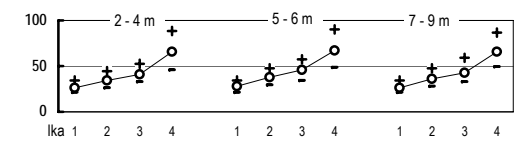
Hakkuukoneen sijainti



Puun haltuunotto



Puun kaato ja Rungon valmistus



Suhteellinen aika / kaikki rungot yhdessä: ensimmäinen luokka = 100 kussakin taustamuuttujassa
 Rungon kokoluokka, dm³: 1 = 50 - 79, 2 = 80 - 119, 3 = 120 - 159 ja 4 = 160 - 350

Liite 12. Kenttäkokeen 1 (ajo- ja hakkuu-ura) ajanmenekifunktiot

Suhteellinen ajanmenekki.

$$\text{Aika} = x_0 + x_1 * \log(\text{dm}^3 - x_2) + x_3 * \exp(x_4 * \text{dm}^3)$$

missä dm^3 = rungon käyttöosan tilavuus

ja kertoimet x_0 , ei rajoitteita

$$x_1 \geq 0$$

$x_2 < \text{havaintoaineiston pienin arvo}$

$$x_3 \geq 0$$

$$x_4 > 0$$

Teho aika

Puun haltuunotto (siirtyminen, vienti, alikasvoksen raivaus ja suunnittelu) sekä Puun kaato ja Rungon valmistus

	DF	F value	Pr > F	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
Kuljettaja 1A	5	16,67	<,0001	5,31	9,22	-8,94	0,00003	0,01
Kuljettaja 1H	5	3,26	0,0141	26,09	4,753	7,00	0,04	0,01
Kuljettaja 2A	5	10,96	<,0001	34,20	1,161	2,39	4,34	0,01
Kuljettaja 2H	5	12,54	<,0001	30,46	2,23	6,99	6,19	0,01

Puun kaato ja Rungon valmistus

kaatosahaus, kaato ja rungon siirto valmistuspaikkaan sekä syöttö, katkonta, kasaus ja järjestely

	DF	F value	Pr > F	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
Kuljettaja 1A	5	19,67	<,0001	-8,18	7,23	-7,21	0,10	0,02
Kuljettaja 1H	5	9,63	<,0001	2,10	4,95	4,96	0,14	0,01
Kuljettaja 2A	5	28,75	<,0001	4,55	1,49	6,81	8,06	0,01
Kuljettaja 2H	5	20,82	<,0001	2,01	1,99	6,72	6,63	0,01

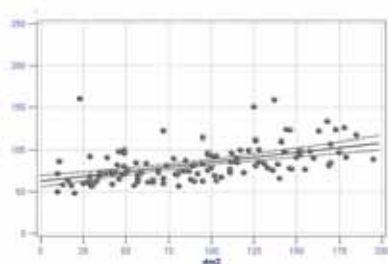
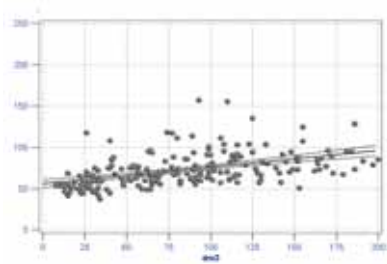
Liite 13. Kenttäkokeen 1 (ajo- ja hakkuu-ura) havaintoparvet

Suhteellinen ajanmenekki.

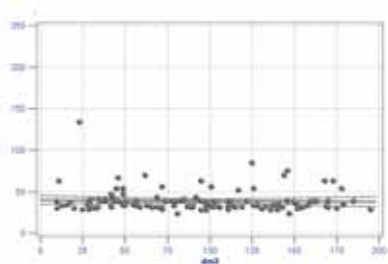
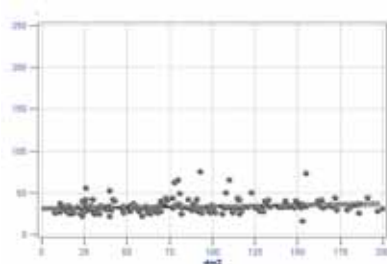
Kuljettaja 1A (ajoura)

Kuljettaja 2A (ajoura)

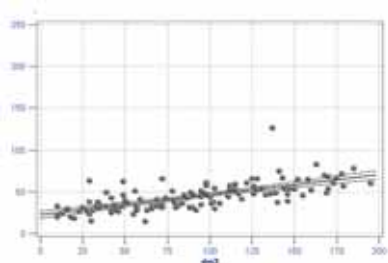
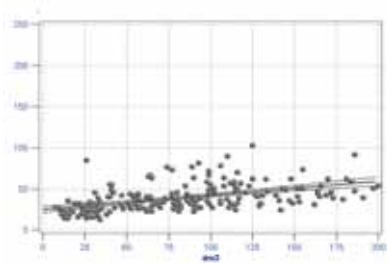
Tehoaika (Puun haltuunotto, Puun kaato ja Rungon valmistus)



Puun haltuunotto



Puun kaato ja Rungon valmistus



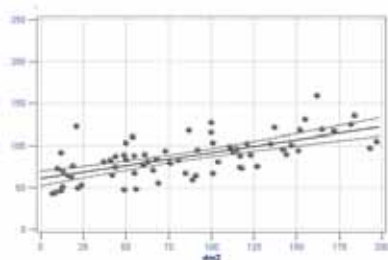
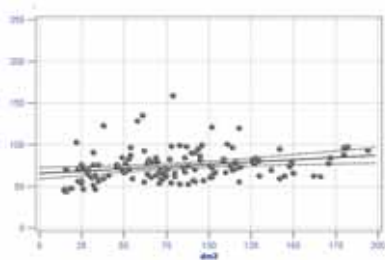
Lineaarinen regressio ($y = a_1 + a_2 \cdot x$) sekä 95 % luottamusväli.

Suhteellinen ajanmenekki.

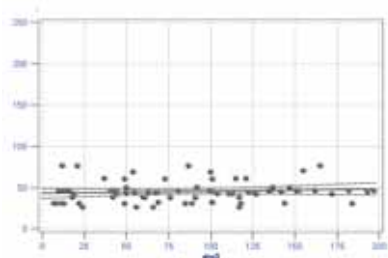
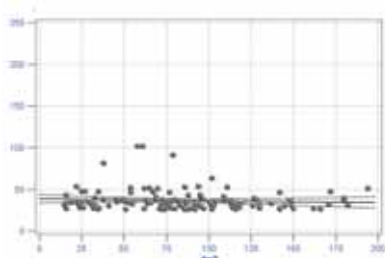
Kuljettaja 1H (hakkuu-ura)

Kuljettaja 2H (hakkuu-ura)

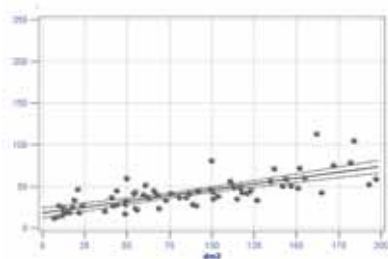
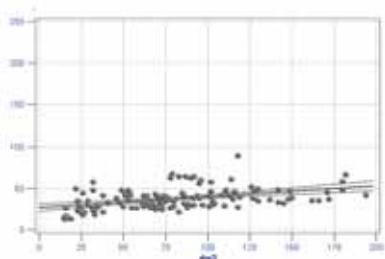
Tehoaika (Puun haltuunotto, Puun kaato ja Rungon valmistus)



Puun haltuunotto



Puun kaato ja Rungon valmistus



Lineaarinen regressio ($y = a_1 + a_2 \cdot x$) sekä 95 % luottamusväli.

Liite 14. Kenttäkokeen 1 (ajo- ja hakkuu-ura) tilastollinen tarkastelu

Kuljettajien välinen Tehoajan (suhteellinen ajanmenekki) vertailu, yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	4	1A 1H 2A 2H
Number of observations	525	

Dependent Variable: *Teho aika*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	16410,27	5470,09	12,69	<.0001
Error	521	224640,08	431,17		
Corrected Total	524	241050,36			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.056974	26,87	20,76466	77,26798

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	3	16410,27	5470,09	12,69	<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	521
Error Mean Square	431,17
Critical Value of Studentized Range	3,64

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 2A	-10,49	-16,62	-4,36	***
Kuljettaja 1H - Kuljettaja 2H	-12,76	-20,75	-4,78	***
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 1H	-1,82	-7,83	4,19	
Kuljettaja 2A - Kuljettaja 2H	-4,10	-12,17	3,97	
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 2H	-14,59	-22,03	-7,14	***
Kuljettaja 2A - Kuljettaja 1H	8,66	1,89	15,44	***

Generated by the SAS System

Kuljettajien välinen Puun haltuunoton (suhteellinen ajanmenekki) vertailu, yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	4	1A 1H 2A 2H
Number of observations	525	

Dependent Variable: *Puun haltuunotto*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	7733,09	2577,70	19,20	<,0001
Error	521	69942,61	134,25		
Corrected Total	524	77675,70			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0,099556	31,23	11,58649	37,1028

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	3	7733,09	2577,70	19,20	<,0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	521
Error Mean Square	134,25
Critical Value of Studentized Range	3,64

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 2A	-5,42	-8,84	-2,00	***
Kuljettaja 1H - Kuljettaja 2H	-8,59	-13,04	-4,14	***
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 1H	-3,21	-6,57	0,14	
Kuljettaja 2A - Kuljettaja 2H	-6,39	-10,89	-1,88	***
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 2H	-11,80	-15,96	-7,65	***
Kuljettaja 2A - Kuljettaja 1H	2,20	-1,58	5,98	

Generated by the SAS System

Kuljettajien välinen puun kaadon ja rungon valmistuksen vertailu, yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	4	1A 1H 2A 2H
Number of observations	525	

Dependent Variable: *Puun kaato ja Rungon valmistus*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	3146,26	1048,75	4,5,2005	0,0074
Error	521	135064,49	259,24		
Corrected Total	524	138210,75			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0,022764	40,09	16,10096	40,16518

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	3	3146,26	1048,75	4,5,2005	0,0074

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	521
Error Mean Square	259,24
Critical Value of Studentized Range	3,64

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 2A	-4,17	-10,36	2,02	
Kuljettaja 1H - Kuljettaja 2H	-5,07	-9,82	-0,32	***
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 1H	-1,39	-6,05	3,27	
Kuljettaja 2A - Kuljettaja 2H	-2,29	-8,55	3,98	
Kuljettaja 1A - Kuljettaja 2H	-6,46	-11,71	-1,21	***
Kuljettaja 2A - Kuljettaja 1H	2,78	-2,99	8,56	

Generated by the SAS System

Tilastollinen tarkastelu kuljettajittain ja työvaiheittain, suhteellinen ajanmenekki.

Kuljettaja	Variable	Lower 95% CL for Mean	Upper 95% CL for Mean	Coeff of Variation	Max	Mean	Min	N	Range	Std Dev	Std Error	Variance	Median	Pr > t	t Value
1A	Tehoaika	69,7	75,2	27,6	157	72,5	38	206	119,7	20,0	1,4	401,2	68,8	<,0001	51,9
	Puun haltuunotto	32,4	34,6	24,0	76	33,5	16	206	59,3	8,0	0,6	64,5	32,4	<,0001	59,9
	Puun kaato	14,2	16,0	43,7	49	15,1	5	206	44,3	6,6	0,5	43,8	13,1	<,0001	32,8
	Rungon valmistus	21,8	25,9	61,6	92	23,8	3	206	88,5	14,7	1,0	215,6	21,3	<,0001	23,3
2A	Tehoaika	79,1	86,8	25,8	161	83,0	49	121	112,1	21,4	1,9	457,2	77,5	<,0001	42,7
	Puun haltuunotto	36,4	41,4	35,9	134	38,9	24	121	110,3	14,0	1,3	195,1	34,1	<,0001	30,7
	Puun kaato	14,9	16,7	32,6	38	15,8	6	121	31,8	5,2	0,5	26,6	14,6	<,0001	33,7
	Rungon valmistus	25,4	31,1	56,8	113	28,2	7	121	106,6	16,0	1,5	257,2	26,2	<,0001	19,4
1H	Tehoaika	71,0	77,6	25,5	159	74,3	44	129	115,1	19,0	1,7	359,8	70,9	<,0001	44,5
	Puun haltuunotto	34,5	39,0	35,4	102	36,7	26	129	75,9	13,0	1,1	169,2	33,5	<,0001	32,1
	Puun kaato	14,8	16,9	38,1	35	15,8	2	129	32,8	6,0	0,5	36,3	14,3	<,0001	29,8
	Rungon valmistus	19,6	23,9	56,2	74	21,8	3	129	70,5	12,2	1,1	149,7	18,0	<,0001	20,2
2H	Tehoaika	81,1	93,0	28,4	159	87,1	43	69	116,3	24,7	3,0	609,9	87,5	<,0001	29,3
	Puun haltuunotto	42,2	48,5	28,9	77	45,3	27	69	50,2	13,1	1,6	171,5	44,6	<,0001	28,7
	Puun kaato	14,6	18,3	46,3	53	16,4	5	69	47,5	7,6	0,9	57,9	15,2	<,0001	17,9
	Rungon valmistus	21,4	29,2	63,8	87	25,3	5	69	82,0	16,2	1,9	261,1	21,3	<,0001	13,0

Liite 15. Kenttäkokeen 2 (erilainen taitotaso) ajanmenekifunktiot

$$\text{Aika} = x_0 + x_1 * \log(\text{dm}^3 - x_2) + x_3 * \exp(x_4 * \text{dm}^3)$$

missä dm^3 = rungon käyttöosan tilavuus

ja kertoimet x_0 , ei rajoitteita

$$x_1 \geq 0$$

x_2 < havaintoaineiston pienin arvo

$$x_3 \geq 0$$

$$x_4 > 0$$

Teho aika

Puun haltuunotto (siirtyminen, vienti, alikasvoksen raivaus ja suunnittelu) sekä Puun kaato ja Rungon valmistus

	DF	F value	Pr > F	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
Kuljettaja 1	5	3,57	0,0091	21,53	1,34	6,36	1,93	0,01
Kuljettaja 2	5	0,15	0,9624	49,74	0,907	2,12	0,32	0,01
Kuljettaja 3	5	-0,20	.	43,90	6,14	-9,99	0,14	0,01

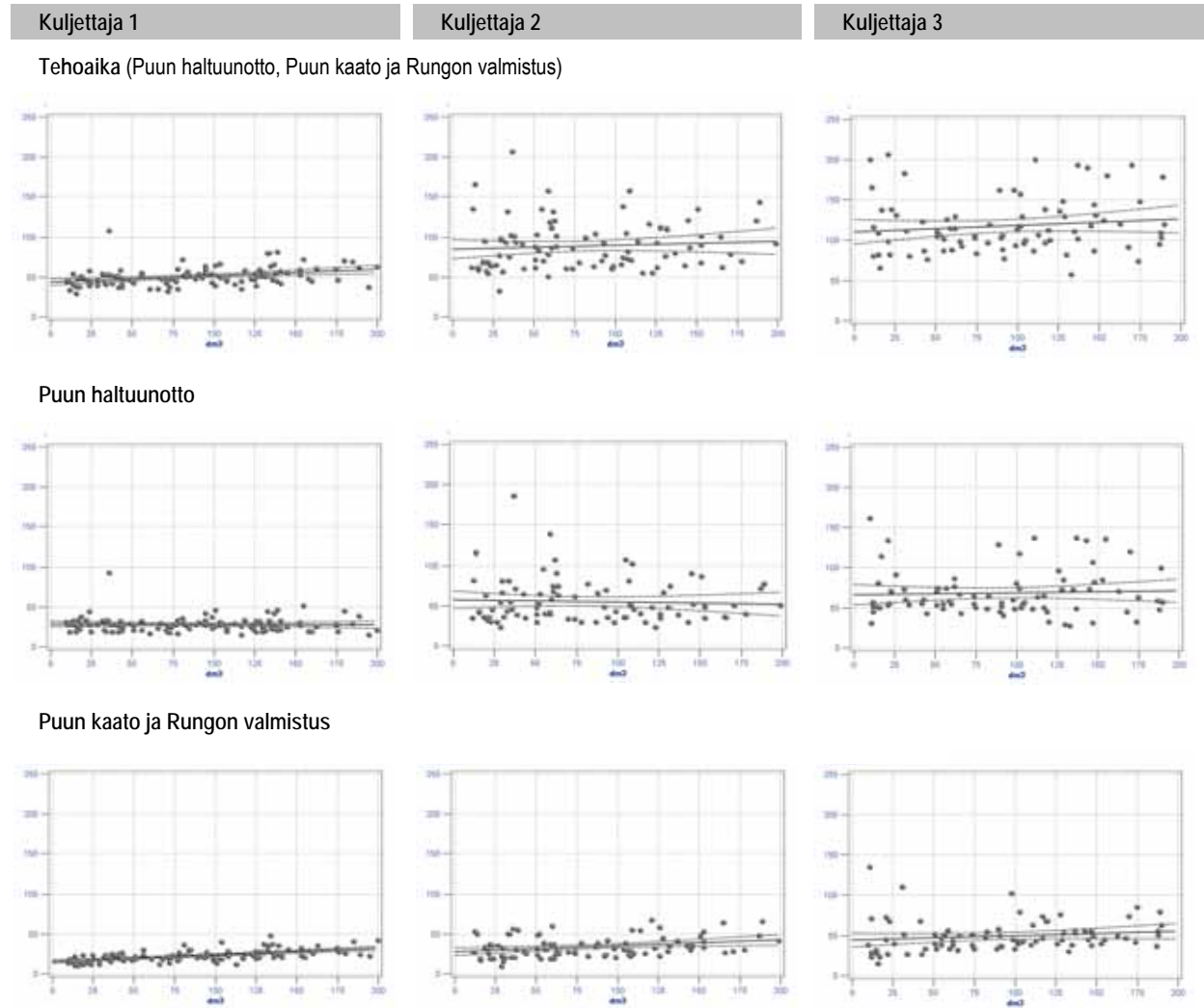
Puun kaato ja Rungon valmistus

kaatosahaus, kaato ja rungon siirto valmistuspaikkaan sekä syöttö, katkonta, kasaus ja järjestely

	DF	F value	Pr > F	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
Kuljettaja 1	5	14,81	<,0001	4,34	1,70	3,90	0,90	0,01
Kuljettaja 2	5	2,23	0,0724	15,23	0,00004	1,00	2,11	0,01
Kuljettaja 3	5	0,49	0,7399	25,14	0,36	1,00	0,80	0,01

Liite 16. Kenttäkokeen 2 (erilainen taitotaso) havaintoparvet

Suhteellinen ajanmenekki.



Lineaarinen regressio ($y = a_1 + a_2 \cdot x$) sekä 95 % luottamusväli.

Liite 17. Kenttäkokeen 2 (erilainen taitotaso) tilastollinen tarkastelu

Kuljettajien välinen tehoajan vertailu (suhteellinen ajanmenekki), yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	3	1 2 3
Number of observations	281	

Dependent Variable: Tehoaika

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	216201,46	108100,73	157,40	<.0001
Error	278	190924,34	686,78		
Corrected Total	280	407125,80			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.503632	31,78	26,21	82,45

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	2	216201,46	108100,73	157,40	<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	278
Error Mean Square	686,78
Critical Value of Studentized Range	3,33

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja 1 - Kuljettaja 2	-38,29	-47,09	-29,49	***
Kuljettaja 1 -Kuljettaja 3	-66,93	-75,94	-57,93	***
Kuljettaja 2 - Kuljettaja 3	-28,64	-38,10	-19,19	***

Generated by the SAS System

Kuljettajien välinen puun haltuunoton vertailu (suhteellinen ajanmenekki), yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	3	1 2 3
Number of observations	281	

Dependent Variable: Puun haltuunotto

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	82571,04	41285,52	80,64	<,0001
Error	278	142320,59	511,94		
Corrected Total	280	224891,63			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0,367159	46,58	22,63	48,57

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	2	82571,04	41285,52	80,64	<,0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	278
Error Mean Square	511,94
Critical Value of Studentized Range	3,33

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja 1 - Kuljettaja 2	-27,34	-34,94	-19,74	***
Kuljettaja 1 -Kuljettaja 3	-40,31	-48,09	-32,53	***
Kuljettaja 2 - Kuljettaja 3	-12,97	-21,13	-4,81	***

Generated by the SAS System

Kuljettajien välinen puun kaadon ja rungon valmistuksen vertailu (suhteellinen ajanmenekki), yksisuuntainen varianssianalyysi.

One-Way Analysis of Variance

Class Level Information		
Class	Levels	Values
KULJETTAJA	3	1 2 3
Number of observations	281	

Dependent Variable: Puun kaato ja Rungon valmistus

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	33303,37	16651,69	89,46	<,0001
Error	277	51562,18	186,15		
Corrected Total	279	84865,55			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0,392425	40,17	13,64	33,96

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
KULJETTAJA	2	33303,37	16651,69	89,46	<,0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

Alpha	0,05
Error Degrees of Freedom	277
Error Mean Square	186,15
Critical Value of Studentized Range	3,33

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.				
KULJETTAJA Comparison	Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
Kuljettaja 1 - Kuljettaja 2	-11,21	-15,81	-6,61	***
Kuljettaja 1 -Kuljettaja 3	-26,62	-31,32	-21,93	***
Kuljettaja 2 - Kuljettaja 3	-15,42	-20,35	-10,48	***

Generated by the SAS System

Tilastollisia tarkastelu kuljettajittain ja työvaiheittain, suhteellinen ajanmenekki.

Kuljettaja	Variable	Lower 95% CL for Mean	Upper 95% CL for Mean	Coeff of Variation	Max	Mean	Min	N	Range	Std Dev	Std Error	Variance	Median	Pr > t	t Value
1	Tehoaika	48,6	53,0	23,1	108	50,8	29	110	79,0	11,7	1,1	137,7	49,1	<,0001	45,4
	Puun haltuunotto	26,3	30,0	34,0	93	28,2	15	110	78,2	9,6	0,9	91,7	27,4	<,0001	30,8
	Puun kaato	7,2	8,9	53,7	25	8,0	2	110	23,0	4,3	0,4	18,6	7,5	<,0001	19,6
	Rungon valmistus	13,5	15,7	40,9	34	14,6	5	110	29,5	6,0	0,6	35,7	13,1	<,0001	25,6
2	Tehoaika	82,8	95,4	33,7	207	89,1	32	89	174,2	30,0	3,2	900,3	83,6	<,0001	28,0
	Puun haltuunotto	49,8	61,2	48,8	186	55,5	23	89	162,7	27,1	2,9	733,4	48,1	<,0001	19,3
	Puun kaato	9,9	13,3	69,2	35	11,6	2	89	32,8	8,0	0,9	64,3	10,2	<,0001	13,6
	Rungon valmistus	19,9	24,6	49,8	64	22,3	5	89	59,0	11,1	1,2	122,8	19,7	<,0001	18,8
3	Tehoaika	110,1	125,3	29,3	207	117,7	57	82	149,2	34,5	3,8	1193,6	109,7	<,0001	30,9
	Puun haltuunotto	62,1	74,8	42,3	162	68,5	27	82	134,4	28,9	3,2	836,8	58,5	<,0001	21,4
	Puun kaato	12,4	15,8	54,6	41	14,1	4	82	37,7	7,7	0,8	59,1	12,0	<,0001	16,6
	Rungon valmistus	31,5	38,9	47,8	121	35,2	11	82	109,8	16,8	1,9	283,2	31,1	<,0001	18,9

Sarjassa ovat ilmestyneet / Published earlier:

Nro/No

1. Puu- ja metsäteknologian peruskäsitteitä ja termejä. Osa 2: Metsäteknologia. Trä- och skogsteknologiska grundbegrepp och termer. Del 2: Skogsteknologi. Bror-Anton Granvik. 1993.
2. Puunhankinta muospaineessa. Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Arto Rummukainen, Heikki Alanne ja Esko Mikkonen. 1993.
3. Sahatavaran laadun ennustaminen mäntytukkirungoista. Summary: Predicting lumber quality of pine stems. Jori Uusitalo. 1994.
4. Digitaalisten ilmakuvien käyttö metsävarojen inventoinnissa. Markus Holopainen ja Eero Lukkarinen. 1994.
5. Metsätalouden suunnittelun perusteet. Simo Poso. 1994.
6. Metsätiedon keruu, hallinta ja käyttö. Taksattoriklubi. 1994.
7. Metsäalan tulevaisuudentutkimuksen menetelmät. Analyysi soveltamiskelpoisuudesta. Esko Mikkonen ja Timo Leinonen. 1995.
8. A remote sensing-based forest inventory in the natural forest of Malleco, Chile. Gerardo Mery and Carlos Bamondez. 1995.
9. Pre-harvest measurement of pine stands for sawing production planning. Jori Uusitalo. 1995.
10. An expert system for forest resource inventory and monitoring in the frame of multi-source data. Guangxing Wang. 1996.
11. Mobility and feasibility of tracked excavators in forestry operations. Jyri Mulari, Rihko Haarlaa, Xiu Sun and Jingxin Wang. 1996.
12. The PSP SYSTEM. Software for calculating and analyzing permanent tree and sample plot data. Mark-Leo Waite, Ilkka Riihijärvi and Simo Poso. 1996.
13. Havusellun laadun ohjaus raaka-ainetta luokittelemalla. Summary: Management of softwood kraft pulp quality by wood raw material classification. Petri Kärenlampi, Harri Suur-Hamari, Risto Rantanen ja Tarja Hämäläinen. 1996.
14. Puukuitujen ominaisuuksien jakaumia ja korrelaatioita. Jari Sirviö ja Petri Kärenlampi. 1996.
15. Stochastic computer simulation of forest biomass logistics in Greece. Christos Gallis. 1997.
16. SMI user's guide for forest inventory and monitoring. Guangxing Wang, Mark-Leo Waite and Simo Poso. 1997.
17. Metsämaan raiteistumisen ennustaminen WES-menetelmää käyttäen. Tero Anttila. 1998.
18. Forest habitat mapping by means of digitized aerial photographs and multispectral airborne measurements. Markus Holopainen. 1998.

19. Tela- ja pyöräajoneuvo maastossa. Tero Anttila. 1999.
20. Koivun, haavan sekä terva- ja harmaalepän mekaaninen jalostus ja lopputuotteet Suomessa vuonna 1999. Postikysely- ja haastattelututkimuksen tulosten yhteenveto. Jari Kivistö, Marketta Sipi, Anu Kantola ja Timo Niemelä. 1999.
21. Metsät paikkatietojärjestelmissä – Eilen, nyt ja tulevaisuudessa. Markus Holopainen (toim.). 1999.
22. Kuusipuun kuituominaisuuksien vaihtelu. Jari Sirviö ja Petri Kärenlampi. 1999.
23. Männyn (*Pinus sylvestris*) ja kuusen (*Picea abies*) puuaineen ja –kuitujen ominaisuuksien vaihtelu. Antti Rissanen ja Jari Sirviö. 2000.
24. Havukuitupuun lajittelun vaikutuksista. Antti Rissanen ja Jari Sirviö. 2000.
25. Variation in tracheid properties of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst). Jari Sirviö. 2000.
26. Metsän kartoitus lentokoneesta. Markus Holopainen, Eero Lukkarinen ja Juha Hyyppä. 2000.
27. Heuristic harvesting system selection through the KBS approach. Zhangren Lan. 2001.
28. Variation in tracheid properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Jari Sirviö. 2001.
29. Possibilities to develop machinery for logging operations on sensitive forest sites. Kaarlo Rieppo, Arto Kariniemi and Rihko Haarlaa. 2002.
30. Metsät paikkatietojärjestelmissä –tutkijakoulu 1998-2002. Markus Holopainen ja Jouko Laasasena-ho (toim.). 2002.
31. ECOWOOD studies made at the University of Helsinki. Rihko Haarlaa and Jarmo Salo (editors). 2003. Verkkojulkaisu, <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/mvaro/publications/31/>
32. Ostaja-toimittajasuhteiden kehittäminen metsäalan konetyö- ja kuljetusurakoinnissa. Tore Högnäs. 2003.
33. Männyn puuaineen ja –kuitujen ominaisuuksien vaihtelu ensiharvennusvaiheen ojitetuissa suomet-sissä. Antti Rissanen. 2003.
34. Paikkatietoanalyysi. Timo Tokola ja Jouni Kalliovirta. 2003.
35. Spruce and pine on drained peatlands - wood quality and suitability for the sawmill industry. Juha Rikala. 2003.
36. Metsiköihin ja paikannettuihin koeloihin perustuvan kuvioittaisen arvioinnin tarkkuus. Jyrki Koivuniemi. 2003.
37. Pienyritysten puunhankintastrategian valinta. Päätösanalyttinen tarkastelu. Arto Kettunen. 2004.