

FOLIA FORESTALIA²⁴⁴

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1975

EERO LEHTONEN

KOURAKUORMAUKSEN OPPIMINEN

LEARNING OF GRAPPLE LOADING

- 1973 No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa.
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheyden menetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana.
On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta.
Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisestä ja geneettisestä vaihtelusta.
Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa.
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.
On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiuhonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidiraikeden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätilastollinen vuosikirja 1972.
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—

Korjaus julkaisuun FOLIA FORESTALIA 244:

EERO LEHTONEN

KOURAKUORMAUKSEN OPPIMINEN

s. 32

- vasemman palstan puolivälissä olevassa

kaavassa pq pitää olla Σpq

- oikean palstan 4. rivi:

pq pitää olla Σpq

Eero Lehtonen

KOURAKUORMAUKSEN OPPIMINEN

Learning of grapple loading

Yhteispohjoismaisen "Ihminen – Kone" -projektin osatutkimus
A sub-project of the joint Nordic research project "Man – Machine"

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on yhteispohjoismaisten metsätyöntutkimusten "Ihminen – kone" -projektin osatutkimus.

Tutkimusaineiston keruun Valtimon ja Jämsänkosken metsäkonekouluilla mahdollisti silloisen Metsähallituksen metsäopetusosaston myönteinen suhtautuminen. Erityisesti haluan mainita ylimetsänhoitaja OLAVI PUOSKARIN, Valtimon metsäkonekoulun johtajan, metsänhoitaja KURTTI AROLAN, Jämsänkosken metsätyökoulun johtajan, metsänhoitaja ARMAS HAKAPÄÄN ja metsänhoitaja TEUVO LEMMETIN. Ilman koulujen työnopettajien ja oppilaiden ennakkoluulotonta apua ei kenttätöiden suoritus olisi ollut mahdollista.

Käsikirjoituksen lukivat hyviä neuvoja ja korjausehdotuksia esittäen professori PENTTI HAKKILA, professori VEIJO HEISKANEN ja lisensiaatti PERTTI HARSTELA Metsäntutkimuslaitoksesta. HuK KAIJA KANNINEN antoi korvaamatonta apua käyttäytymistieteellisissä kysymyksissä ja avusti laskentatyössä. Huolellisen konekirjoituksen tekivät rouva AUNE RYTKÖNEN ja neiti RAIJA SIEKKINEN. Kuvat piirsi rouva LEENA MURONRANTA.

Kaikille tutkimustyöhön osallistuneille ja vaikuttaneille esitän parhaat kiitokseni.

Helsingissä toukokuussa 1975
Eero Lehtonen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY IN ENGLISH	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUSTEHTÄVÄ	5
21. Tutkimuksen tarkoitus	5
22. Aiheeseen liittyviä aiempia tutkimuksia	5
3. TUTKIMUSMENETELMÄ	7
31. Aineiston keruu	7
32. Aineiston analysointi	8
4. TUTKIMUSAINEISTO	9
41. Metsätraktorit	9
42. Kuljettajat	9
43. Aikatutkimusaineistot	10
5. TULOKSET	11
51. Järjestetty koe	11
511. Havaintojen jakautuminen työtappaa kuvaavien muuttujien luokkien mukaan ..	11
512. Aikatutkimustulokset	13
5121. Työvaiheittainen ajanmenekki	13
5122. Tottuneen ja tottumattomien kuljettajien vertailu	13
5123. Harjoittelun vaikutus ajanmenekkiin	17
5124. Työtavan vaikutus ajanmenekkiin	17
5125. Konetyypin vaikutus ajanmenekkiin	21
52. Kuormaus ja purkamisen	22
521. Havaintojen jakautuminen työtappaa kuvaavien muuttujien luokkien mukaan ..	22
522. Aikatutkimustulokset	24
5221. Työvaiheiden keskimääräinen suhteellinen ajanmenekki	24
5222. Tottuneen ja tottumattomien kuljettajien vertailu kuormauksessa	24
5223. Harjoittelun vaikutus ajanmenekkiin	24
5224. Työtavan vaikutus ajanmenekkiin	27
5225. Konetyypin vaikutus kuormauksen ja purkamisen ajanmenekkiin	30
53. Kuormauksen ja purkamisen ajanmenekin ennustaminen järjestetyn kokeen avulla ..	30
54. Asenne- ja älykkyystesti	31
55. Asenne- ja älykkyystestin suhde toisiinsa ja kuormaimen käyttötaitoon	33
6. PÄÄTELMIÄ	34
KIRJALLISUUSLUETTELO	35
LIITTEET	37

LEARNING OF GRAPPLE LOADING

SUMMARY

The purpose of the study was to investigate the early progress in grapple loading skills of a forwarder operator trainee and the factors influencing it.

The material for the study was collected from two forest machine schools. It comprised 20 operator trainees and one experienced operator. To permit observation of the progress in learning in both schools, each operator underwent an experiment arranged for the purpose (Fig. 2) several times during the period of training. A work study was made of this experiment. In addition, in one of the schools, some material was collected on loading and unloading work.

The schools used two different methods of teaching. In one (school 2, method 2), training was started directly with practical work in the forest, whereas in the other (school 1, method 1) thorough instruction in grapple loading was given at the school before training in the forest. The results of these methods were compared to find out which one was better.

The trainees' personal qualities were measured not only by the work test but also, in one of the schools, by an attitude test compiled for the purpose and by an intelligence test used in the school entrance tests. The results of the attitude and intelligence tests were compared with the learning results measured. The method of study is described in greater detail in Chapter 3 and the study material in Chapter 4.

The curves illustrating the results of the experiment in each school (Figs. 11 and 12) show that progress became slower in both schools very soon until, at the end of the training period, the curves were almost horizontal. This proves that the length of the training period is correct. In both schools, the average difference between trainees and the experienced operator was cut by half during the training period.

The results obtained by the different methods of training show a distinct difference. With method 1 learning was very distinctly quicker than with method 2. This was true also of loading proper, although here the curve compared is the old one presented by SILANDER (1967) (Fig. 16). Operator trainees learn in method 1 to use high numbers of revolutions much more than under method 2 (Fig. 10). The number of revolutions is a factor considerably affecting the time consumption (Table 11).

It was easier for an inexperienced operator to learn to use a grapple loader of simple structure and small size (Machine 2, Fig. 4) than a bigger loader (Machine 1, Fig. 3) equipped with three booms (Tables 14 and 23). The loader type did not affect the time consumption of an experienced operator.

The study disclosed that there is no reason to favour grapple movement between the supporting poles of the load when they are in position during the forwarding of shortwood (Tables 9 and 20). Nor did theoretical calculations attach any significance to the way in which the grapple is moved.

An organized experiment can be used to predict the time consumption of loading and unloading. Hence the operator-related skill coefficients based on the experiments make it possible to eliminate the operator's influence on work study results, which gives a more solid basis e.g. for comparisons between machines.

Conclusions can hardly be drawn on the basis of the attitude and intelligence tests which were a secondary point of the study. Certain components of the intelligence tests correlated so distinctly with loading skill that the use of this test as a basis of selection for entrance to forest machine schools seems justified.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää metsätraktorin kuljettajaoppilaan kourakuormaustaidon alkukehitystä ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

Tutkimusaineisto kerättiin kahdella metsäkonekoululla yhteensä 20:stä kuljettajaoppilaasta ja yhdestä tottuneesta kuljettajasta. Oppimiskehityksen seuraamiseksi kummallakin koululla kukin kuljettaja suoritti tarkoitusta varten laaditun järjestetyn kokeen (kuva 2) useita kertoja harjoittelujakson kuluessa. Tästä kokeesta tehtiin aikatutkimus. Lisäksi toisella koululla kerättiin jonkin verran aineistoa varsinaisesta kuorma- ja purkamistyöstä.

Tutkittavilla kouluilla sovellettiin kahta eri opetusmetodia. Toisen (koulu 2, menetelmä 2) mukaan harjoittelu aloitetaan suoraan metsässä, kun taas toisessa (koulu 1, menetelmä 1) maastoharjoittelua edeltää koululla tapahtuva kuormaimen perusteellinen käyttöharjoittelu. Näiden menetelmien antamia tuloksia vertaamalla pyrittiin etsimään niistä edullisempi.

Aikatutkimusten lisäksi oppilaiden henkilökohtaisia ominaisuuksia pyrittiin toisessa koulussa mittaamaan tarkoitusta varten laaditun asennetestin ja kouluissa pääsykokeessa käytetävän älykkyystestin avulla. Asenne- ja älykkyystestin tuloksia verrattiin mitattuihin oppimistuloksiin. Tutkimusmenetelmää on käsitelty lähemmin luvussa 3 ja tutkimusaineistoa luvussa 4.

Koulukohtaisista järjestetyn kokeen kehityskäyristä (kuvat 11 ja 12) nähdään, että molemmilla kouluilla kehitys hidastuu nopeasti ja harjoittelujakson päättyessä saavutetaan lähes vaakasuora suunta. Harjoittelujakson pituus on näin ollen sopiva. Kummallakin koululla oppilaiden keskimääräinen ero tottuneeseen kuljet-

tajaan väheni puoleen harjoittelujakson aikana.

Eri harjoittelumenetelmillä saavutetuilla tuloksilla on selvä ero. Menetelmän 1 käyttö nopeuttaa oppimista erittäin selvästi verrattuna menetelmään 2. Tämä pätee myös varsinaiseen kuormaustyöhön, vaikka vertailukohtana on SILANDERin (1967) esittämä kehityskäyrä (kuva 16). Harjoittelevat kuljettajat oppivat menetelmässä 1 käyttämään korkeita kierroslukuja huomattavasti enemmän kuin menetelmässä 2 kuva 10. Kierrosluku on oleellisesti ajanmenekkiin vaikuttava tekijä (taulukko 11).

Tottumattoman kuljettajan on helpompi oppia käyttämään rakenteeltaan yksinkertaista ja kooltaan pienempää kuormainta (kone 2, kuva 4), kuin suurempaa (kone 1, kuva 3), kolmella puomilla varustettua kuormainta (taulukot 14 ja 23). Tottuneen kuljettajan ajanmenekkiin ei kuormaimilla ole vaikutusta.

Tutkimuksessa osoittautui, että ei ole mitään syytä suosia kouran vientiä kuormatilan sivupylväiden välitse niiden ollessa paikoillaan pinotavaran ajossa (taulukot 9 ja 20). Myöskään teoreettiset laskelmat eivät osoita kouran vientitavalla olevan merkitystä.

Järjestetyn kokeen avulla voidaan ennustaa kuorma- ja purkamistyön ajanmenekkiä. Näin ollen järjestetyn kokeen perusteella muodostetuilla kuljettajakohtaisilla taitokertoimilla on mahdollista eliminoida kuljettajan vaikutus aikatutkimustuloksiin, jolloin esim. koneiden välisille vertailuille saadaan vankempi pohja.

Tässä tutkimuksessa sivukohteena olleiden asenne- ja älykkyystestin perusteella ei voida juuri tehdä päätelmiä. Älykkyystestin eräät osat korreloivat siksi selvästi kuormaustaidon kanssa, että ko. testin käyttö valintaperusteena metsäkonekouluissa näyttää perustellulta.

1. JOHDANTO

Maassamme vuosittain hakattavasta puutavarasta kuljetetaan valtaosa katkottuina tavara-lajeina kourakuormaimella varustetuilla trakto-reilla. Hankintavuonna 1973/74 tämä määrä oli 79 % pystykaupoista hakatusta puumäärästä. Ennusteen mukaan osuus on hankintavuonna 1974/75 82 % (SAVOLAINEN, 1974). Katkotun puutavaran metsäkuljetus kourakuormaimella varustetulla metsätraktorilla on siis ylivoimaisesti tärkein metsäkuljetusmenetelmä. Kourakuormauksen suuri osuus, 58...76 % kuormatraktorilla tapahtuvan puutavaran metsäkuljetuksen työmaa-ajasta (SALMINEN 1969, a, b, 1970), tekee siitä varsin tärkeän tuotokseen vaikuttavan tekijän.

Kourakuormauksen oppiminen on tunnetusti vaikeaa. Opettelun aikana koneen kapasiteetti ei ole täysin käytössä, mikä aiheuttaa kustannuksia. Nykyaikaisten kuormainten suuret liikenopeudet korostavat kuljettajan taitavuuden merkitystä. Eräiden ruotsalaisten havaintojen mukaan (MYHRMAN ym. 1970) kuormaimen liikenopeuksien nostaminen ei nykyisillä lait-

teilla enää lisää tuotosta, sillä suorituskyvyltään rajallisena kuljettaja ei pysty käyttämään hyväkseen saavutettua nopeuden lisäystä.

Maassamme toimii nykyisin kolme metsäkonekoulua, joissa koulutetaan metsätraktorin kuljettajia. Kuljettajakoulutuksen tehostamisen ja toisaalta koulutuksen suunnittelun ja koulutustarpeen määrittämisen kannalta on tärkeää selvittää, onko koulutusjakso pituudeltaan riittävä, ja mikä on kuljettajien ammatillinen taso koulutusjakson päättyessä. Harjaantumiskehityksen seuraamiseen liittyy läheisesti kysymys siitä, millaisella laitteistolla kuljettajaharjoittelija saavuttaa tietyn ammattitason nopeimmin. Konekehittelyn kannalta on arvokasta selvittää eri hallinta- ja ohjauksjärjestelmien eroa tässä suhteessa.

Paine metsäkoneiden kuljettajakoulutusta kohden kasvaa monitoimikoneiden yleistyessä. Kun tällaisten koneiden tuntikustannus saattaa lähennellä kahtasataa markkaa on ymmärrettävää, että oppimisen nopeuttamisella saavutetaan suuria taloudellisia etuja.

2. TUTKIMUSTEHTÄVÄ

21. Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää metsäkonekoulun kuljettajaoppilaan kourakuormaustaidon kehitystä harjoitteluajan ja ammattitaidon välisen riippuvuuden määrittämiseksi. Koska kourakuormaimen käyttö lienee kuormatraktorilla suoritettavassa puutavaran metsäkuljetuksessa vaikeinta, ei metsätraktorin kuljettajalle tarpeellisten muiden taitojen kehittymistä seurata. Edelleen tarkastellaan harjoittelumenetelmän, työtavan ja traktorityypin vaikutusta kuormaimen käytön ajanmenekkiin. Vielä selvitetään mahdollisuuksia ennustaa yksinkertaisen kuormaimenkäyttökokeen avulla

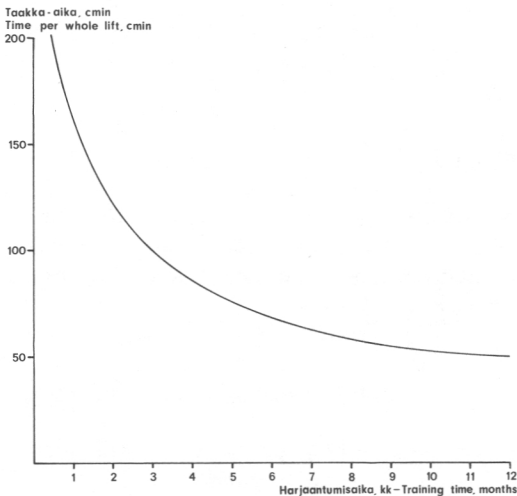
kuormauksen ja purkamisen ajanmenekkiä. Sivukohteena selvitetään myös oppilaiden henkilökohtaisten ominaisuuksien vaikutusta kuormaustaitoon.

22. Aiheeseen liittyviä aiempia tutkimuksia

Kourakuormausta ja puutavaran metsäkuljetusta kuormatraktorilla on tutkittu melko paljon, Mainittakoon SALMISEN (1969 a ja b, 1970) tutkimukset, jotka koskevat puutavaran kuljetusta kourakuormaimella varustetulla metsätraktorilla. KAHALA ja RANTAPUU (1970) ovat selvittelleet puutavaran valmistus-

tavan ja leimikkotekijöiden vaikutusta metsäkuljetukseen kuormatraktorilla. KAHALA (1972) on maksuperustetutkimuksessaan tarkastellut eri tekijöiden vaikutusta kuormatraktorilla suoritettavaan puutavaran metsäkuljetukseen. PETTERSON (1968) on kuitupuun maastokuljetusta koskevassa tutkimuksessaan analysoinut kuljettajien eroja. Hän havaitsi taakkakohtaisen ajan vaihtelevan kuormauksessa 17 kuljettajalla 35...63 cmin. Nopein kuljettaja käytti taakan nostamiseen siis vain 54 % hitaimman kuljettajan ajasta. Purkamisessa vastaava vaihtelu oli 38...48 cmin. Nopeimman kuljettajan ajanmenekki oli siten 79 % hitaimman ajanmenekistä. NIKUNEN (1967) toteaa tuotoserojen voivan olla 50...100 % tottuneidenkin kuljettajien ollessa kyseessä. Metsäkuljetuksen tuotokseen vaikuttavat tietenkin monet muutkin tekijät kuin kuormausaika, mutta sen suuri osuus lisää kuljetajan kuormaimen käyttötaidon merkitystä.

Harvoista kourakuormauksen oppimista koskettelevista tutkimuksista voidaan mainita SILANDERIN (1967) tekemä selvitys hydraulisen kuormaimen käytön oppimisesta. Hän on laskenut useiden kuljettajien keskiarvona oppimiskäyrän (Kuva 1), jonka mukaan aivan kokemattomien kuljettajien taakka-ajat ovat olleet yli kahden minuutin, josta ne noin vuoden kuluessa ovat laskeneet 0.5 minuuttiin.



Kuva 1. Kourakuormauksen oppiminen SILANDERIN (1967) mukaan.

Fig. 1. Learning grapple loading according to SILANDER (1967).

Ruotsissa on tutkittu koulutuksen vaikutusta kourakuormauksen tuotokseen (Joint Committee. . ., 1971) kuudella tottuneella kuljettajalla, joiden työteho ennen koulutusta oli keskimääräistä alempi. Tutkimuksessa voitiin todeta purkamisen taakka-ajan 18 tunnin yksityiskohtaisen ja ohjatun kuormaimenkäyttöharjoituksen jälkeen laskeneen keskimäärin 22 %.

Eri tyyppisten kuormainten hallintavipujen vaikutusta taakka-aikaan ovat selvittelleet MYHRMAN ja PETTERSON (1971). He vertasivat taakka-aikoja käytettäessä tavanomaista kuuden hallintavivun muodostamaa ohjauslaitteistoa ja uutta kahden vivun käsittävää laitteistoa, jossa molempiin vipuihin on yhdistetty usean liikkeen hallinta. Tutkittavina oli kaksi kuljettajaa. Uutta hallintavivustoa käytettäessä taakka-ajat olivat keskimäärin n. 13 % nopeammat kuin tavanomaista vivustoa käytettäessä. Filmianalyysillä voitiin todeta liikkeiden jakautuvan uudella vivustolla tasaisemmin eri käsille, sekä samanaikaisesti suoritettavien liikkeiden lukumäärän lisääntyminen.

LEHTO (1970) on selvittänyt erään älykkyystestin ja kuormausaidon välistä riippuvuutta Hirvaan metsäkonekoulussa. Kuormausaidon indikaattorina käytettiin arvosanaa "Työtaito ja -teho", jota verrattiin älykkyystestin tuloksiin. Testipistemäärän ja arvosanan välinen korrelaatiokerroin oli $r = 0.5$ (poikkeaa nollasta 1 %:n riskillä). Lievää korrelaatiota oli siis havaittavissa.

ANDERSSON ym. (1968) ovat tarkastelleet psykologisten testien käyttöä metsätraktorin kuljettajien valinnassa. Psykologiset menetelmät osoittautuivat käyttökelpoisiksi ennustettaessa työn tuotosta sekä menestymistä teoreettisessa ja työkoulutuksessa. Tuntituotoksen ennustamisessa teknis-mekaanista lahjakkuutta mittaava koe osoittautui kohtalaiseksi ($r = 0.40$). Kuormauksen taakka-ajan kanssa korrelaatio oli $r = -0.55$. Korrelaatiokerroimet ovat 5 %:n riskillä nollasta poikkeavia.

Käsillä olevan tutkimuksen aihetta sivuaa HALLIN ym. (1972) tutkimus prosessorinkuljettajien koulutuksesta. Tutkimuksessa todetaan, ettei psykologisilla testeillä, iällä, aikaisemmalla kuljettajakokemuksella eikä teoreettisella kone-tuntemuksella voida ennustaa työn tuotosta tulevaisuudessa. Tämä johtuu siitä, että tutkittava joukko oli jo valikoitunutta ja kykyarvojen hajonta oli pieni. Kun koulutustavoitteeksi asetettiin vähintään 75 % tottuneen kuljettajan tuotoksesta, yli puolet oppilaista saavutti sen

ensimmäisen varsinaisen harjoitusviikon aikana, jota ennen kukin oli saanut 37 tuntia kone-tekniistä ja 40 tuntia käytännöllistä opetusta. Kuukauden kuluttua 28:sta kuljettajasta 26

saavutti em. tason. Keskimääräisessä tuotoksessa kuukauden ja neljän kuukauden jälkeen ei ollut mainittavaa eroa. Sen sijaan kuljettajien välinen hajonta oli pienentynyt.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ

31. Aineiston keruu

Tutkimusaineisto kerättiin kesällä ja syksyllä 1972 Valtimon (jäljempänä koulu 1) ja kevä-talvella 1973 Jämsänkosken metsäkonekoululla (jäljempänä koulu 2).

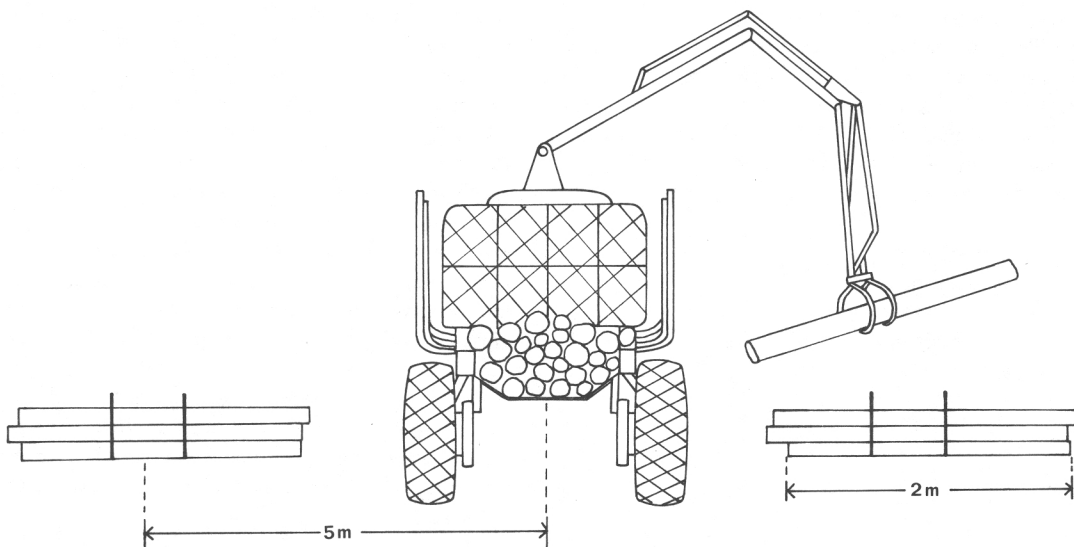
Koulussa 1 tutkittiin yhdeksää kuljettaja-oppilasta ja yhtä työnopettajaa, koulussa 2 oli tutkimuksen kohteena 11 kuljettajaoppilasta. Ammattitaidon ja harjoitteluajan riippuvuuden selvitystä varten laadittiin erityinen *järjestetty koe* (kuva 2). Kuljettajan tehtävänä oli nostaa traktorin molemmilla puolilla viiden metrin etäisyydellä oleville pukeille asetetut 2 m:n kuusikuitupölkkyt yksitellen kuormatilaan. Järjestetty koe suoritettiin useita kertoja tutkimusjakson kuluessa, ja kustakin kerrasta tehtiin aikatutkimus. Näin saatiin sarja eri harjoittelumääriä edustavia näytteitä kuormaimen käyttö-taidosta.

Aikatutkimuksessa oli havaintoyksikköinä nostettu pölkky, jonka nostamiseen kulunut aika, *taakka-aika* oli jaettu

- tyhjänavientiaikaan
- kouraisuaikaan
- nosto-aikaan ja
- taakan irrotusaikaan.

Keskeytyksiä ei mitattu. Osa-aikojen mit-tauksen lisäksi merkittiin muistiin, vietiinkö koura kuormatilan sivupylväiden yli vai välitse, törmäsikö koura sivupylväisiin sekä moottorin kierroslukuluokka tyhjänaviennissä ja nostossa kuulohavaintoon nojautuen. Kierrosluku luoki-teltiin kolmeen luokkaan. Luokka 1 vastasi 600..1200 r/min, luokka 2 1200..2000 r/min ja luokka 3 2000..2800 r/min.

Järjestetyn kokeen ohella kerättiin koulussa 1 vastaavalla tavalla näytteet varsinaisesta kuor-maustyöstä palstalla ja purkamisesta välivaras-tolla. *Taakka-aika* kuormauksessa ja purkami-



Kuva 2. Järjestetty koe.

Fig. 2. The organization of the experiment.

nessa oli jaettu samoin kuin järjestetyssä kokeessa. Näiden osa-aikojen lisäksi mitattiin kuormauksessa *maassajärjestelyaika* ja kuormasta maahan pudonneiden pölkkyjen kuormaamiseen kulunut *uudelleenkuormausaika*. Kouran vientitapa ja törmäminen sivupylväisiin merkittiin muistiin kuten järjestetyssä kokeessa. Kierroslukua ei rekisteröity.

Oppilaiden henkilökohtaisten ominaisuuksien selvittämiseksi suoritettiin koulussa 1 *asenne- ja älykkyystesti*. Asennetestiä varten laadittiin 32 väittämää 1. osiota, jotka koskettelivat ammatin ja koulutuksen eri puolia. Kussakin osiossa oli viisi vastausvaihtoehtoa, jotka kuvasivat vastaajan mielipiteen suuntaa ja voimakkuutta. Esimerkiksi väittämään "Metsässä työskennellessä kaipaa työ- ja juttukaveria" oli vastattava merkitsemällä rasti jonkun seuraavista viidestä vaihtoehdosta kohdalle:

- a – täysin samaa mieltä
- b – melkein samaa mieltä
- c – en osaa sanoa
- d – hieman eri mieltä
- e – täysin eri mieltä.

Wäittämät luokiteltiin joko positiivisiksi kuten

– Traktorinkuljettajan ammatissa saa varsin mukavan toimeentulon tai negatiivisiksi kuten

– Ihminen ei kauan kestä metsätraktorin ajoa. Vaihtoehdot a. . . e pisteytettiin joko 4. . . 0 tai 0. . . 4 sen mukaan oliko väittäma luokiteltu positiiviseksi vai negatiiviseksi.

Tutkimusjakson päätteeksi koulun 1 oppilaat testattiin psykologisella testisarjalla, jota käytetään valintaperusteena valittaessa oppilaita kuljettajakursseille. Testillä pyritään mittaamaan seuraavia älykkyuden alkeistekijöitä:

- päättelykyky
- muisti
- havaintokyky
- sanatajunta
- kielellinen käsityskyky
- numeerisuus
- spatiaalisuus.

32. Aineiston analysointi

Aikatutkimusaineistojen analysoinnin periaatteena oli harjoitteluaajan ja kuormaimen käytötaidon indikaattoreina käytettyjen osa-aikojen sekä taakka-aikojen välisen riippuvuuden selvittäminen regressioanalyysiä käyttäen. Lisäksi selvitettiin eräiden työskentelytapaa kuvaavien muuttujien vaikutusta kuormaimen käytön ajanmenekkiin sekä niiden riippuvuutta harjoitteluaajasta korrelaatioanalyysillä.

Asennetestin eri väittämien (osioiden) korrelaatiota koko analyysin tuloksiin nähden kriteerinä käyttäen karsittiin erottelukyvyltään huonot osiot. Jäljelle jääneitä käytettiin asennemittarina. Koko testin luotettavuus laskettiin Kuder-Richardson-menetelmällä (GUILFORD, 1965). Asennetestin pistemääriä verrattiin aikatutkimustuloksiin korrelaatioanalyysiä käyttäen.

Älykkyystestistä saatiin kullekin oppilaalle sarja sellaisenaan käyttökelpoisia eri älykkyiden alkeistekijöitä kuvaavia pistelukuja ja näiden summana kokonaispistemäärä. Analyysissä laskettiin eri alkeistekijäin pistemäärien ja kokonaispistemäärän välinen korrelaatio.

Järjestetyn kokeen ja kuormauksen sekä purkamisen yhteensopivuutta tarkasteltiin vertaamalla koulun 1 keskimääräisiä oppilaskohdaisia samaa harjoittelumäärää edustavia järjestetyn kokeen, kuormauksen ja purkamisen taakka-ajan keskiarvoja toisiinsa. Vertailut suoritettiin graafisesti sekä laskemalla taakka-aikojen ja kokonaisajan väliset regressiomallit.

Harjoittelumenetelmän vaikutusta selvitettiin vertailemalla kahta harjoittelumenetelmää. Toisessa tottumaton kuljettaja aloittaa työn suoraan metsässä (koulu 2), toisessa taas ennen varsinaisen kuormaustyön aloittamista suoritetaan työnopettajien ohjauksessa vakio-olosuhteissa toteutettava "kourajumpaksi" nimitetty kuormausharjoitusohjelma. Ohjelma sisältää sarjan erilaisia aina vaikeutuvia annetuissa määräajassa suoritettavia kuormaimenkäyttötehtäviä (koulu 1).

Erilaisten koneiden merkitystä kourakuormauksen oppimisen kannalta tutkittiin vertaamalla kahdesta erilaisesta kuormatraktorista järjestetyssä kokeessa saatuja aikatutkimustuloksia.

4. TUTKIMUSAINEISTO

41. Tutkimukseen valitut metsätraktorit

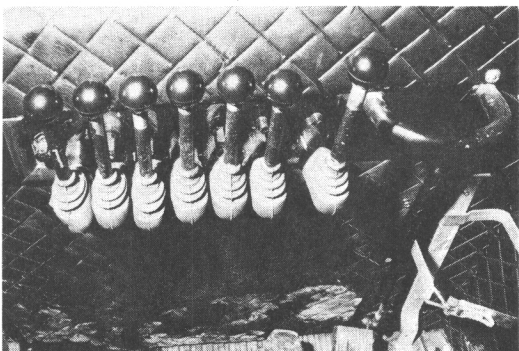
Koulussa 1 oli pääasiallisina tutkittavina koneina kaksi etupyörien kokoa lukuun ottamatta samanlaista Teli-Lokkeria (jäljempänä kone 1), jotka oli varustettu Wärtsilä 4500-nivelpuomikuormaimella (kuva 3). Lisäksi kerättiin jonkin verran aineistoa Valmet 870 CK traktorista Valmet KK 3-kuormaimella varustettuna (jäljempänä kone 2, kuva 4). Koulussa 2 tutkittiin vastaavaa Teli-Lokkeria (jäljempänä kone 3) kuin koulussa 1. Tämä oli kuitenkin tavallisesta 6-vipuohjauksesta (kuva 5) poikkeavasti varustettu 2-vipuohjauksella (kuva 6).



Kuva 3. Kone 1. Teli Lokkeri
Fig. 3. Forwarder 1. Teli-Lokkeri



Kuva 4. Kone 2. Valmet 870 CK
Fig. 4. Forwarder 2. Valmet 870 CK



Kuva 5. 6-vipuohjaus
Fig. 5. The ordinary 6-control handling system of the loader



Kuva 6. 2-vipuohjaus
Fig. 6. 2-control handling system of the loader

Taulukko 1. Tietoja tutkituista kuljettajista.
Table 1. Data on the operators studied.

Kuljettaja Operator	Ikä, v Age, years		Työkokemus metsätraktorilla, v Working experience, years		Koulupohja Education	
	Koulu – School					
	1	2	1	2	1	2
1	23	19	0.0	0.0	mtk	kk
2	18	22	0.0	0.0	»	mk
3	21	19	0.0	0.1	kk	kk
4	23	20	0.1	0.0	»	ak
5	18	22	0.0	0.0	»	mk
6	25	20	0.0	0.0	»	yo
7	25	24	0.0	0.0	»	mk
8	24	28	0.0	0.0	»	kk
9	23	17	0.0	0.0	mtk	mk
10	–	33	–	0.0	–	mtk
11	–	19	–	0.0	–	kk
opettaja teacher	–	–	3.0	–	–	–

mtk = metsätyökoulu – forest workers' school
kk = kansakoulu – primary school
mk = metsäkoulu – forest owners' school
yo = ylioppilas – undergraduate
ak = ammattikoulu – vocational school

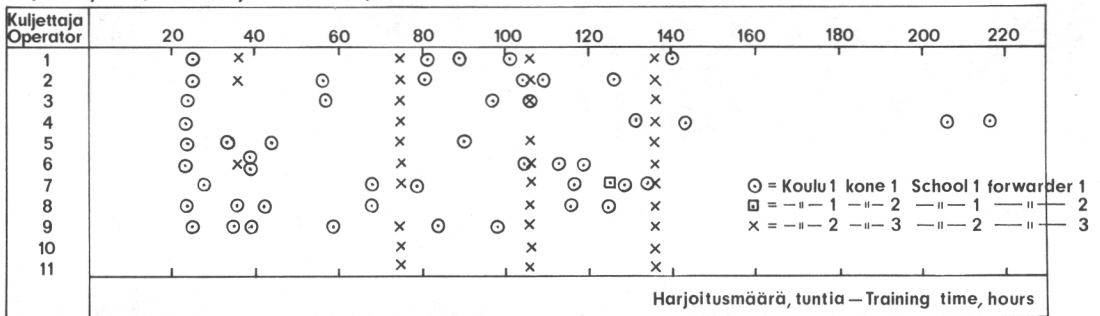
43. Aikatutkimusaineistot

Järjestetystä kokeesta kerättiin koulussa 1 1886 ja koulussa 2 1229 havaintoa. Kuormausaineistoa kertyi yhteensä 1079 taakasta ja purkamisaineistoa 818 taakasta (liite 1).

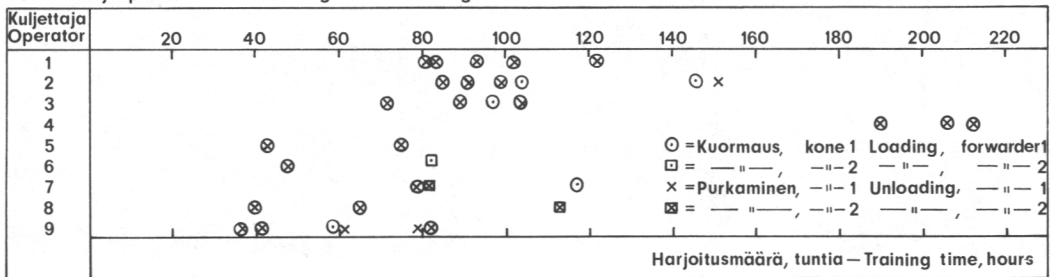
Näytteenottokertojen jakautuminen harjoittelujaksolle selviää kuvasta 7. Näytteenotokerrat järjestetyssä kokeessa koulussa 2 sijoittuvat systemaattisesti, mikä johtuu siitä, ettei ollut käytettävissä tarkkoja tietoja kuljettajien harjoittelumäärästä.

Kuormatusta (551 p-m³) ja puretusta (594 p-m³) puutavaramäärästä oli 3-metristä havukuitupuuta 60 %, 2-metristä 27 %, 2.4-metristä koivukuitupuuta 6 % ja 2-metristä 7 %.

Järjestetty koe, koulut 1 ja 2 — The experiment, schools 1 and 2



Kuormaus ja purkaminen — Loading and unloading



Kuva 7. Näytteenottokertojen jakautuminen harjoittelujaksolle
Fig. 7. Distribution of samples in the training period

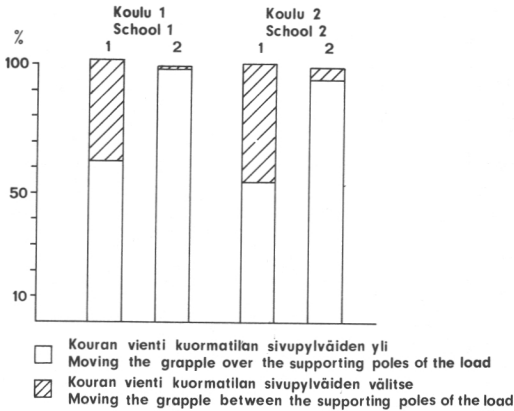
5. TULOKSET

51. Järjestetty koe

511. Havaintojen jakautuminen työtappaa kuvaavien muuttujien luokkien mukaan

Kouran vienti voi tapahtua sekä tyhjänäviennissä että nostossa kuormatilan sivupylväiden yli tai välitse. Keskimäärin yli puolet tyhjänäviennistä kummallakin koululla tapahtui pylväiden yli (kuva 8).

Nostot tapahtuivat käytännöllisesti katsoen aina pylväiden yli. Kourassa oleva pölkky vaikeuttaa tällöin kouran vientiä pylväiden välitse, niin, että sitä kartetaan. Koneella 2 tyhjänäviennissä kuljettaja 7 sekä työnopettaja vei kouran erittäin selvästi useammin pylväiden välitse kuin koneella 1. Vientitapa näyttää riippuvan kuormaimen ominaisuuksista pikemminkin kuin harjoitusmäärästä. Tässä tapauksessa mitoiltaan pienemmällä ja rakenteeltaan yksinkertaisemmalla (vain kaksi puomia, vrt. kuvat 3 ja 4) kuormaimella välitsevientien osuus on suurempi. Peruskoneen mittasuhteetkin voivat vaikuttaa asiaan siten, että mitä pitempi etäisyys on kuljettajasta kouraan sitä vaikeampaa sen tarkka liikuttelu on ja sitä mieluummin kuljettaja karttaa tarkkuutta vaativia liikkeitä.



Kuva 8. Tyhjänävientien (1) ja nostojen (2) jakautuminen kouran vientitavan mukaan järjestetyssä kokeessa.

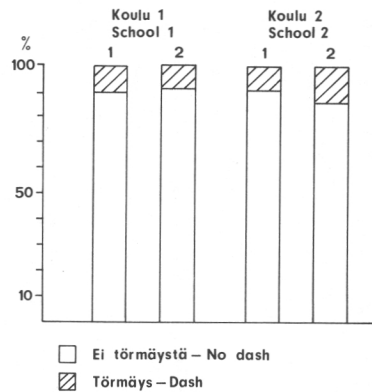
Fig. 8. Distribution of observations according to the way of moving the grapple, (1) unloaded and (2) loaded in the experiment.

Sekä tyhjänäviennissä että nostossa on mahdollista, että koura (tai siinä oleva pölkky) törmää kuormatilan sivupylväisiin. Törmäysten osuus oli tyhjänäviennissä ja nostossa keskimäärin koulussa 1 n. 10 % ja koulussa 2 14 % (kuva 9). Törmäyksiä sattui koneella 2 hieman vähemmän kuin koneella 1.

Aikatutkija luokitteli koneen kierrosluvun kolmeen luokkaan. Koulujen välillä on varsin selvä ero kierrosluvun käytössä siten, että täyttä kierroslukua on käytetty koulussa 1 huomattavasti useammin kuin koulussa 2 (kuva 10).

Nostossa painopiste molemmilla kouluilla on siirtynyt tyhjänäviintiin verrattuna suuremman kierrosluvun puolelle. Tämä on luonnollinen seuraus siitä, että tyhjänäviennissä kuormaimen liike tapahtuu pääosin alaspäin. Kuormaimen paino antaa tällöin kuormaimelle suuren liikenopeuden vain hallintaventtiilejä avattaessa, vaikka kierrosluku on pieni. Nostossa sen sijaan kuormaimen paino hidastaa liikettä, minkä kompensoimiseksi tarvitaan suurempi kierrosluku.

Pääsyyinä koulujen väliseen eroon kierrosluvun käytössä lienee ero harjoitusmenetelmissä. Koulun 1 oppilaat ovat ohjatussa kuormausharjoituksessa oppineet tehokkaammin käyt-



Kuva 9. Tyhjänävientien (1) ja nostojen (2) jakautuminen kuormatilan sivupylväisiin törmäyksen mukaan järjestetyssä kokeessa.

Fig. 9. Distribution of observations according to the dash of the grapple against the supporting poles of the load in moving the grapple (1) empty and (2) loaded in the experiment.

Taulukko 2. Harjoittelun vaikutus suhteelliseen ajanmenekkiin järjestetyssä kokeessa.
 Table 2. The effect of training on the relative expenditure of time in the experiment.

Koulu School	Työvaihe Phase of work	Harjoitustuntimäärä, tunteja — Training time, hours											
		-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180	-200	-220	
1	Tyhjänavienti <i>Moving the grapple empty</i>	—	100	84	86	71	74	61	56	—	—	—	44
	Kouraisu <i>Grasping</i>	—	100	70	55	58	56	52	37	—	—	—	40
	Nosto <i>Moving the grapple loaded</i>	—	100	86	85	66	78	67	65	—	—	—	47
	Taakan irrotus <i>Discharging</i>	—	100	73	63	68	61	59	68	—	—	—	49
	Koko suoritus <i>The whole lift</i>	—	100	81	75	66	70	61	56	—	—	—	46
2	Tyhjänavienti <i>Moving the grapple empty</i>	—	100	—	69	—	61	54	—	—	—	—	—
	Kouraisu <i>Grasping</i>	—	100	—	82	—	72	69	—	—	—	—	—
	Nosto <i>Moving the grapple loaded</i>	—	100	—	81	—	66	59	—	—	—	—	—
	Taakan irrotus <i>Discharging</i>	—	100	—	62	—	42	53	—	—	—	—	—
	Koko suoritus <i>The whole lift</i>	—	100	—	76	—	62	60	—	—	—	—	—

tämään suuria kierroslukuja, jotka ovat edellytyksenä nopeilla taakka-ajoilla kuormaustyössä. Hallintalaitteiden ero ja erot oppilasaineksessa saattavat olla muina syinä kierrosluvun käytön eroihin koulujen välillä. Mikäli paremman koulutusohjan katsotaan olevan eduksi kuormaimen käyttötaidoille, ovat kuvasta 10 näkyvät erot pikemminkin liian pieniä kuin suuria. Hallintalaitteiden ero ei myöskään ole oleellinen syy erilaisiin kierroslukuihin. MYHRMANin ja PETTERSONin (1971) mukaan näet kahden vivun muodostamilla kuormaimen hallintalaitteilla taakka-ajat ovat lyhempiä kuin tavanomaisia vipuja käytettäessä. Silloin myös käytetyn kierrosluvun täytyy olla vähintäänkin samaa tasoa molemmilla hallintalaitetyypeillä, sillä moottorin kierrosluku vaikuttaa hydraulipumpun kierroslukuun ja sitä kautta kuormaimen liikenopeuksiin.

512. Aikatutkimustulokset

5121. Työvaiheittainen ajanmenekki

Eri työvaiheiden koulukohtainen suhteellinen ajanmenekki (taulukko 2) pieneni harjoittelumäärän kasvaessa.

Osa-ajat ovat keskimäärin lyhentyneet 31...48 % harjoittelumäärän ollessa 130 tuntia. Vastaava taakka-ajan lyheneminen vaihtelee 39...40 %:iin. Koulujen välillä on ajanmenekissä selvä ero. Taakka-aika ja osa-ajat ovat 130:n harjoitustunnin jälkeen koulussa 2 4...84 % pitemmät kuin koulussa 1 (taulukko 3). Erot ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä.

Kuljettajakohtaisista taakka-ajan kehitysarjoista (liite 2) ilmenee oppimistasanteita ja -taantumia, jotka ovat yleensäkin oppimisilmälle ominaisia (KATZ, 1963). Kuljettajien välinen vaihtelu (kuva 11) on koulussa 2 selvästi suurempi kuin koulussa 1. Tämä viittaa mahdollisiin eroihin oppilasaineksessa. Siinä vaiheessa, kun koulun 2 keskiarvo on pienentynyt koulun 1 tutkimusjakson alussa saavuttamalle tasolle, oppilaiden välinen vaihtelu on osa-aikojen osalta samaa suoritustasoa edustavina ajankohtina eri kouluissa lähes yhtäsuuri. Tämä tukee käsitystä, että koulujen väliset erot ovat pääasiassa harjoitusmenetelmän aiheuttamia.

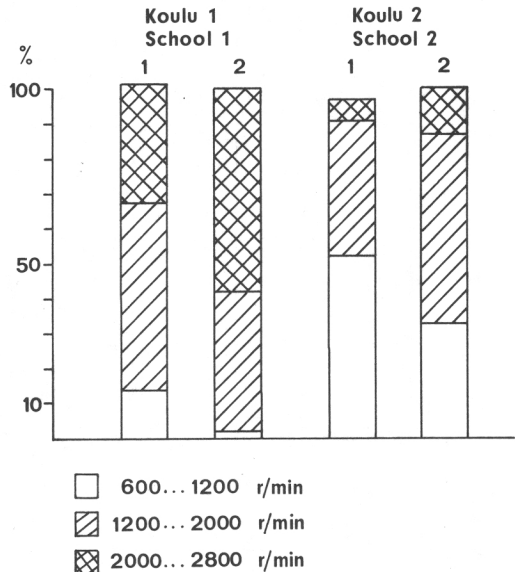
5122. Tottuneen ja tottumattomien kuljettajien vertailu

Ero tottuneeseen kuljettajaan on huomattava (kuva 11, taulukko 4).

Taulukko 3. Eri työvaiheiden suhteellinen ajanmenekki kouluittain 130:n harjoitustunnin jälkeen.

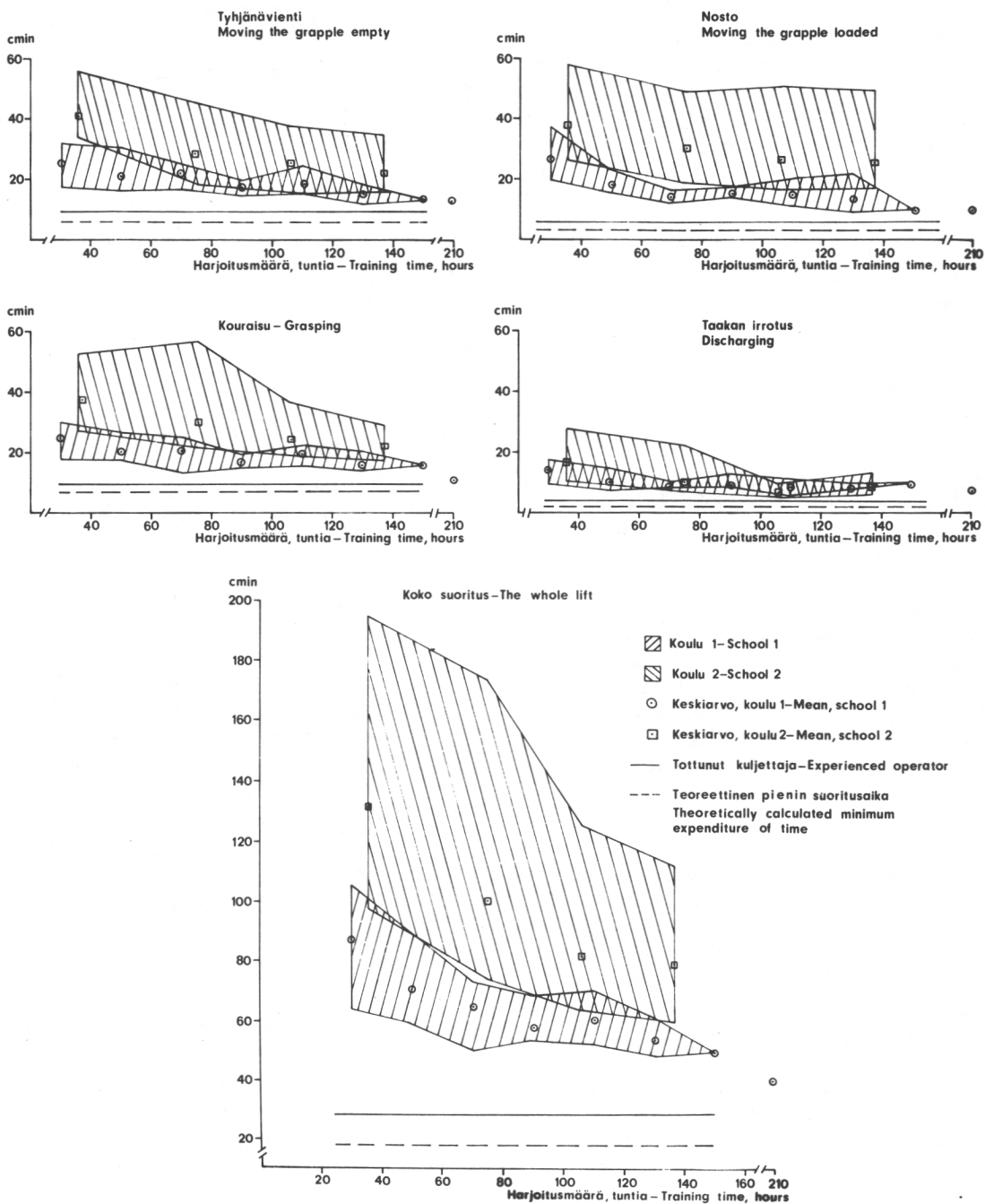
Table 3. The relative expenditure of time of different work phases by schools after 130 training hours.

Työvaihe Phase of work	Koulu 1 School 1	Koulu 2 School 2
	Suhteellinen ajanmenekki Relative expenditure of time	
Tyhjänävientti Moving the grapple empty	100	146
Kouraisu Grasping	100	184
Nosto Moving the grapple loaded	100	135
Taakan irrotus Discharging	100	104
Taakka-aika The whole lift	100	146



Kuva 10. Tyhjänävienttien (1) ja nostojen (2) jakautuminen käytetyn kierrosluvun mukaan järjestetyssä kokeessa.

Fig. 10. Distribution of observations according to the number of revolutions in moving the grapple (1) empty and (2) loaded in the experiment.



Kuva 11. Kuljettajien välinen vaihtelu.
 Fig. 11. Range between the operators.

Taulukko 4. Tottuneen ja tottumattomien kuljettajien vertailu.
 Table 4. Comparison of the experienced and inexperienced operators.

Työvaihe Phase of work	Tottunut kuljettaja Experienced operator	Tottumattomat kuljettajat Inexperienced operators			
		30 harjoitustunnin jälkeen After 30 training hours		130 harjoitustunnin jälkeen After 130 training hours	
		Koulu – School			
		1	2	1	2
Ajanmenekki – Time consumption, cmin					
Tyhjänävienti Moving the grapple empty	9	25	41	15	22
Kouraisu Grasping	6	27	37	14	26
Nosto Moving the grapple loaded	10	25	37	16	22
Taakan irrotus Discharging	4	14	17	8	9
Taakka-aika The whole lift	29	88	132	54	79

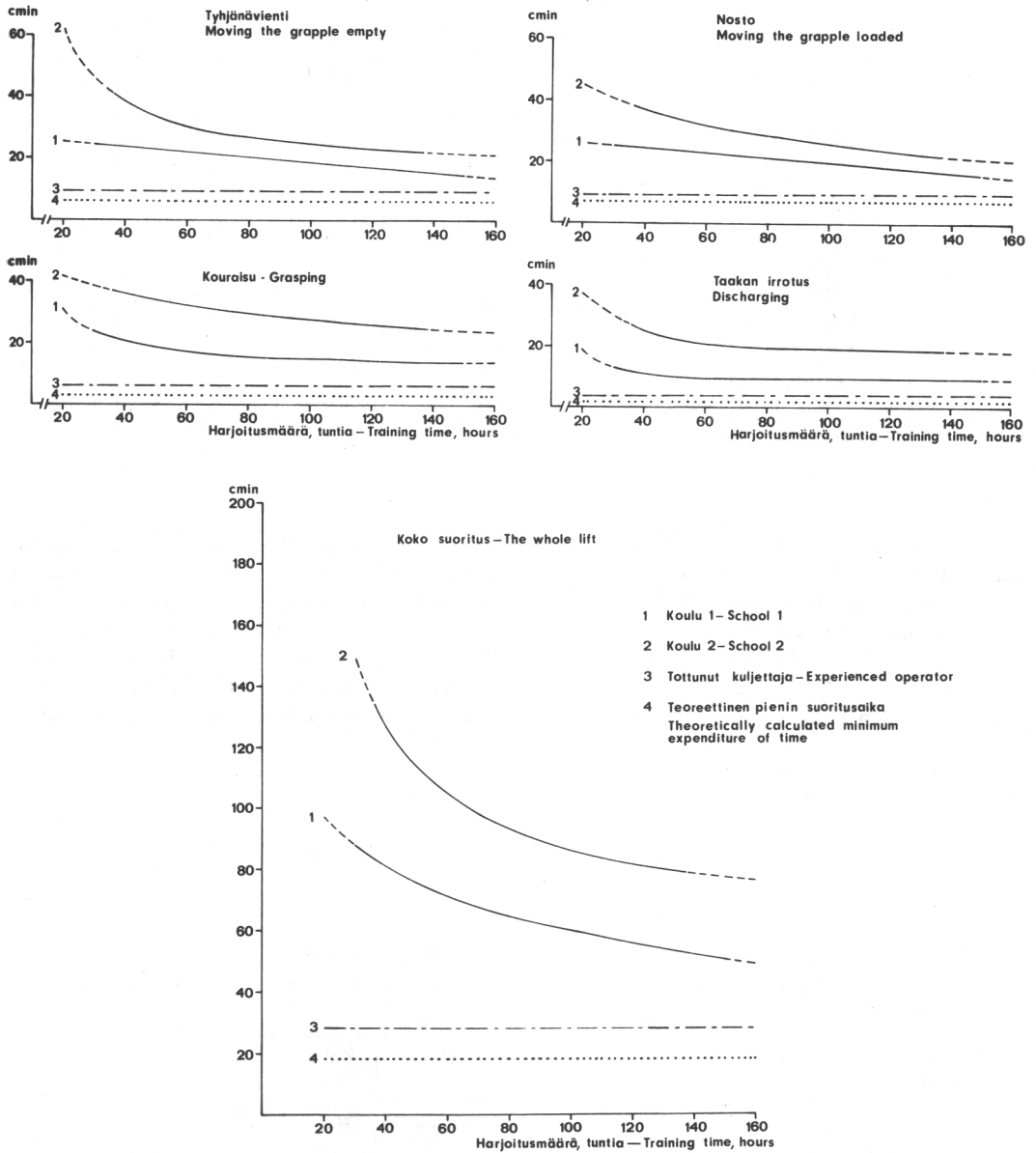
Oppilaiden ajanmenekki on harjoittelujakson alussa koulussa 1 3...4 kertainen ja jakson lopussa 2-kertainen verrattuna tottuneen kuljettajan aikaan. Koulussa 2 ajanmenekki on vastaavasti 4...6 ja 2...4 kertainen.

Kouraisu eroaa eniten tottuneen kuljettajan tasosta. Näin ollen kouraisu lienee työvaiheista vaikein. Taulukon 3 mukaan koulujen välinen ero on suurin kouraisussa, mikä tukee em. käsitystä.

Eri osa-aikojen suhteellista hajontaa osoittavat variaatiokertoimet (taulukko 5) ovat selvästi suurimmat kouraisussa ja taakan irrotuksessa molemmilla kouluilla. Tämä on osoituksena siitä, että satunnaiset seikat vaikuttavat kyseisiin työvaiheisiin helposti. Suuret variaatiokertoimet voidaan myös tulkita osoitukseksi työvaiheiden vaikeudesta.

Taulukko 5. Osa-aikojen ja kokonaisajan keskimääräiset variaatiokertoimet.
 Table 5. Coefficients of variation of the time consumption of different phases of work.

Koulu School	Työvaihe – Phase of work				
	Tyhjänävienti Moving the grapple empty	Kouraisu Grasping	Nosto Moving the grapple loaded	Taakan irrotus Discharging	Koko suoritus The whole lift
	Variaatiokerroin – Coefficient of variation, %				
1	40	88	36	85	38
2	47	89	44	83	44



Kuva 12. Ajanmenekin riippuvuus harjoitteluajasta järjestetyssä kokeessa.
 Fig. 12. Time consumption as a function of training time in the experiment.

Taulukko 6. Eri työvaiheiden ajanmenekki (y, cmin) harjoitusmäärän (x, h) funktiona.

Table 6. The expenditure of time of different phases of work (y, cmin) as a function of training time (x, h).

Työvaihe Phase of work	Koulu School	Regressioyhtälö Regression equation	100 · R ²
Tyhjänävientä Moving the grapple empty	1	Y = -0.08 · x + 26.5	17.7
	2	Y = 904.00 · x ⁻¹ + 16.0	15.3
Kouraisu Grasping	1	Y = 394.91 · x ⁻¹ + 11.0	8.5
	2	Y = -8.59 · ln(x) + 67.6	1.6
Nosto Moving the grapple loaded	1	Y = -0.08 · x + 27.1	20.5
	2	Y = -12.01 · ln(x) + 81.1	15.6
Taakan irrotus Discharging	1	Y = 4368.95 · x ⁻² + 8.8	8.1
	2	Y = 11810.59 · x ⁻² + 7.5	7.6
Taakka-aika The whole lift	1	Y = -22.88 · ln(x) + 165.5	27.1
	2	Y = 2706.45 · x ⁻¹ + 59.5	14.4

5123. Harjoittelun vaikutus työvaiheittaiseen ajanmenekkiin

Harjoittelumäärän vaikutuksen selvittämiseksi laskettiin valikoivaa regressioanalyysissä käytäen eri työvaiheiden ajanmenekeille yhtälö muotoa $Y = ax + bx^{-1} + cx^{-2} + d \ln(x) + C$, jossa y = selitettävän työvaiheen ajanmenekki
x = harjoitustuntimäärä
a, b, c, d = kertoimia
C = vakiotermi

Harjoitusmäärä selittää varsin vaatimattoman osan työvaiheiden ajanmenekkien hajonnoista. Selitysasteet ovat erityisen pienet kouraisussa ja taakan irrotuksessa (vrt. taulukko 5). Kuljettajakohtaisissa malleissa, joita tässä ei ole esitetty, selitysasteet ovat näiden työvaiheiden osalta jossain tapauksissa melko suuret, jopa yli 50 %.

Koulukohtaisten mallien (kuva 12) mukaan näyttää siltä, että saavuttaakseen koulun 1 tason 30:n harjoitustunnin kohdalla on koulun 2 kuljettajien täytynyt harjoitella osa-ajoissa 15. . .90 tuntia ja taakka-ajassa 65 tuntia enemmän. Jos painotetaan koulussa 1 ”kourajumpan” (vrt. luku 32) tehotuntimäärää, 25 tuntia, kertoimella 1.67¹⁾, siirtyy koulun 1 käyvä oikealle $1.67 \cdot 25 - 25 = 17$ tuntia, jolloin eroksi taakka-ajassa jää 50 tuntia.

1) Perustuu oletukseen, että maastoharjoittelussa kuormaimen käytön osuus on 60 % työmaa-ajasta:
 $\frac{100}{60} = 1.67$

Regressiomallit osoittavat, että kehitys osajojen osalta hidastuu 130 harjoitustunnin vaiheilla. Taakka-ajan kehitys jatkuu selvänä 200:aan harjoitustuntiin saakka. Mikäli tottuneen kuljettajan tasoa pidetään tavoitteena, molemmissa kouluissa tapahtui n. 130 harjoitustunnin aikana tavoitekehityksestä suunnilleen puolet.

5124. Työtavan vaikutus ajanmenekkiin

Kuvissa 11 ja 12 vertailukohtaksi esitettyä tottuneen kuljettajan tasoa kukaan tutkituista kuljettajista ei saavuttanut, vaikkakin nopein koulun 1 kuljettajista pääsi melko lähelle sitä. Samoissa kuvissa esitetyt teoreettiset minimisuoritusajat perustuvat seuraaviin mitattuihin kuormaimen liikenopeuksiin perustuvaan laskelmaan:

– jalustan kääntö	0.0578 cmin/aste
– nostopuomi	0.0652 —”—
– siirtopuomi	0.0637 —”—
– rotaattori	0.0122 —”—

Mikäli jalustaa, nostopuomia ja siirtoa käytetään kaikkia yhtäaikaan, päällikesuoritus hidastuu 40 %. Mikäli vain kaksi em. toiminnoista on käynnissä, vastaava hidastuminen on 20 %. Toimintojen kiihdyttämiseen täyteen vauhtiin samoin kuin pysäyttämiseen on laskelmissa katsottu tarvittavan 5^o.

Teoreettiset minimisuoritusajat muodostuvat seuraaviksi:

Taulukko 7. Kouran vientitavan vaikutus teoreettisesti laskettuun minimaakka-aikaan.

Table 7. The effect of the way of moving the grapple on the theoretically calculated minimum time per whole lift.

Kouran vientitapa tyhjänäviennissä Way of moving the grapple empty	Kouran vientitapa nostossa Way of moving the grapple loaded			
	Pylväiden yli Over the supporting poles		Pylväiden välitse Between the supporting poles	
	Ajanmenekki – Time consumption			
	cmin	%	cmin	%
Pylväiden yli Over the supporting poles	20	100	19	97
Pylväiden välitse Between the supporting poles	19	95	18	92

- tyhjänävientti 6.2...7.3¹⁾ cmin
- kouraisu n. 3 ”
- nosto 7.1...7.7¹⁾ ”
- taakan irrotus n. 2 ”

1) kouran vientitavasta riippuen

Kouraisulle ja taakan irrotukselle ei käytetty kouran liikenoiteuteen perustuvaa arvoa, vaan tottuneen kuljettajan aineistosta subjektiivisesti päättelemällä muodostettiin teoreettinen minisuoritus aika.

Teoreettiselle minimaakka-ajalle saadaan kouran vientitavasta riippuen taulukon 7 mukaiset arvot.

Mitattu kouran vientitavan vaikutus tyhjänävientti- ja nostoaikaan (taulukko 8) on vähäinen. Ainoastaan tyhjänäviennissä koulussa 2 vaikutus yliti tilastollisesti merkitsevälle tasolle.

Vaikutuksen suunta ei vastaa systemaattisesti teoreettisten laskelmien tulosta. Kouran vientitapaan liittyy siis tekijöitä, kuten suorituksen

Taulukko 8. Kouran vientitavan vaikutus tyhjänävientti- ja nostoaikaan.

Table 8. The effect of the way of moving the grapple on the time consumption of moving the grapple empty and loaded.

Työvaihe Phase of work	Koulu – School					
	1			2		
	Kouran vientitapa Way of moving the grapple					
	Yli Over	Välitse Between	Keski- määrin Average	Yli Over	Välitse Between	Keski- määrin Average
Ajanmenekki – Time consumption						
Tyhjänävientti cmin Moving the grapple empty	20	20	20	25	27	26
%	100	100	100	100	108	104
Nosto cmin Moving the grapple loaded	20	22	20	26	23	26
%	100	110	100	100	88	100

Taulukko 9. Kouran vientitavan vaikutus taakka-aikaan.

Table 9. The effect of the way of moving the grapple on the time per whole lift.

Koulu School	Kouran vientitapa tyhjänäviennissä Way of moving the grapple empty	Kouran vientitapa nostossa Way of moving the grapple loaded				Keski- määrin Average	
		Yli – Over		Välitse – Between			
		Ajanmenekki – Time consumption				cmin	%
		cmin	%	cmin	%		
1	Yli – Over	66	100	57	86	66	100
	Välitse – Between	69	105	–	–	69	105
	Keskimäärin – Average	67	101	57	86	67	101
2	Yli – Over	85	100	64	75	85	100
	Välitse – Between	95	112	85	100	94	111
	Keskimäärin – Average	89	105	82	96	89	105

vaikeus, kuljettajan mieltymykset tms, joita ei laskelmissa ole voitu ottaa huomioon.

Kouran vientitavan vaikutus mitattuun taakka-aikaan (taulukko 9) vaihteli siten, että välitsevienti tyhjänäviennissä osoittautui molemmilla kouluilla tilastollisesti merkitsevästi hitaammaksi kuin ylivienti. Nostossa tilanne on päinvastainen, joskin vain koulussa 1 välitsevienti osoittautui tilastollisesti merkitsevästi nopeammaksi. Tämä on ristiriidassa taulukon 8 lukujen kanssa. Syynä on se, että vietäessä koura nostossa pylväiden välitse oli koulussa 1 kouraisuaika 5 cmin ja koulussa 2 tyhjänävientiaika 6 cmin lyhyempi kuin vietäessä koura nostossa pylväiden yli. Kokonaisuutena tarkastellen kouran vientitavalla ei ole merkitystä.

Harjoittelu-aika ei vaikuttanut kouran vientitapaan. Tottuneella kuljettajalla kouran vientitapa ei vaikuttanut ajanmenekkiin. Teoreettisiin minimisuoritusaikoihin verraten tottuneen kuljettajan keskimääräinen ajanmenekki on n. 50 % suurempi. Sen sijaan yksittäiset minimiajat, esim. taakka-ajassa 20...22 cmin. ovat lähellä teoreettista minimiä. Siten ko. kuljettajaa on pidettävä taitavana.

Käytetyn moottorin kierrosluvun vaikutus noston ja tyhjänäviennin ajanmenekkiin osoittautui varsin selväksi (taulukko 10).

Täyden kierrosluvun aiheuttama nopeutuminen tyhjänäkäyntiin verrattuna vaihtelee tyhjänäviennissä 29...43 %:iin ja nostossa 28...33 %:iin. Taakka-aikaa kierrosluvun nostaminen nopeutti taulukon 11 mukaisesti. Täydellä kierrosluvulla yhden pölkyn nostamiseen kulunut

aika on ollut yli 30 % lyhyempi kuin tyhjänäkäynnillä. Myös tottumaton kuljettaja pystyy käyttämään hyväkseen korkean kierrosluvun aiheuttaman kuormaimen liikenopeuden lisäyksen.

Taulukko 10. Tyhjänävienti- ja nostoaika eri kierroslukuluokissa.

Table 10. Time consumption of moving the grapple empty and loaded by different classes of number of revolutions.

Kierroslukuluokka Class of number of revolution	Koulu – School			
	1		2	
	Ajanmenekki – Time consumption			
	cmin	%	cmin	%
	Tyhjänävienti Moving the grapple empty			
600...1200	24	100	29	100
1200...2000	20	83	24	83
2000...2800	17	71	17	59
Keskimäärin Average	20	83	26	90
	Nosto Moving the grapple loaded			
600...1200	28	100	31	100
1200...2000	22	79	24	77
2000...2800	19	68	22	71
Keskimäärin Average	20	71	26	84

Taulukko 11. Taakka-aika eri kierroslukuluokissa.
 Table 11. Time per whole lift by different classes of the number of revolutions.

Tyhjävaiennin kierroslukuluokka Class of the number of revolutions in moving the grapple empty	Koulu – School								
	1			2					
	Noston kierroslukuluokka Class of the number of revolutions in moving the grapple loaded								
	600...1200	1200...2000	2000...2800	Keskimäärin Average	600...1200	1200...2000	2000...2800	Keskimäärin Average	
	Ajanmenekki – Time consumption								
600... 1200	cmin	93	75	76	76	107	83	94	97
	%	100	81	82	82	100	73	88	91
1200... 2000	cmin	80	70	67	69	101	80	74	81
	%	86	75	72	74	94	75	69	76
2000... 2800	cmin	—	72	58	60	—	71	70	69
	%	—	77	62	65	—	66	65	64
Keskimäärin	cmin	85	72	63	67	109	81	77	90
Average	%	91	77	68	72	102	76	72	84

Moottorin kierrosluku korreloi positiivisesti harjoitteluaajan kanssa. Tottumuksen lisääntyessä käytetyt kierrosluvut kasvoivat.

Kouran törmäminen kuormatilan pylväisiin hidasti sekä tyhjänävientä että nostoa erittäin selvästi (taulukko 12). Vaikutus näkyi myös taakka-ajassa (taulukko 13).

Törmäämisen riski kasvaa vietäessä koura sivupylväiden välistä. Tämä selittää osittain kouran vientitavan vaikutusta ajanmenekkiin.

5125. Konetyypin vaikutus ajanmenekkiin

Erialaisten koneiden vertailemiseksi kerättiin järjestetystä kokeesta aineistoa yhdestä tottuneesta ja yhdestä tottumattomasta kuljettajasta myös koneesta 2. Koneiden rakenteelliset liikenopeudet osoittautuivat mittauksissa samanlaisiksi. Taulukosta 14 nähdään, että tottuneella kuljettajalla ei koneiden välillä ole mainittavia eroja ajanmenekissä.

Tottumaton kuljettaja taa selvisi koneella 2 järjestetystä kokeesta huomattavasti nopeammin kuin koneella 1. Tottumattomalla kuljettajalla vaihteittaiset erot ovat nostoa lukuun ottamatta merkitseviä. Tottuneella kuljettajalla vain tyhjänäviennin ero on merkitsevä, joskin numeerisesti vähäinen. Tämä viittaa siihen, että oppiminen tapahtuu koneella 2 nopeammin kuin koneella 1.

Taulukko 12. Kuormatilan sivupylväisiin törmäyksen vaikutus tyhjänävientä- ja nostoaikaan.
Table 12. The effect of the dash of the grapple against the supporting poles of the load on the time consumption of moving the grapple empty and loaded.

Törmäminen Dashing	Koulu – School			
	1		2	
	Ajanmenekki – Time consumption			
	cmin	%	cmin	%
	Tyhjänäventi Moving the grapple empty			
Ei – No	19	100	25	100
Kyllä – Yes	24	123	30	120
Keskimäärin Average	20	103	26	103
	Nosto Moving the grapple loaded			
Ei – No	20	100	25	100
Kyllä – Yes	27	139	30	119
Keskimäärin Average	20	104	26	103

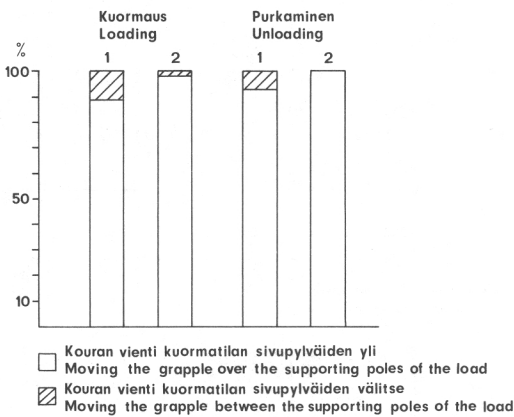
Taulukko 13. Kuormatilan sivupylväisiin törmäyksen vaikutus taakka-aikaan.

Table 13. The effect of the dash of the grapple against the supporting poles of the load on the time consumption of the whole lift.

Törmäminen tyhjänäviennissä Dashing in moving the grapple empty	Koulu – School						
	1			2			
	Törmäminen nostossa Dashing in moving the grapple loaded						
	Ei – No	Kyllä Yes	Keski- määrin Average	Ei – No	Kyllä Yes	Keski- määrin Average	
Ei – No	cmin	65	76	66	87	96	88
	%	100	116	102	100	110	101
Kyllä – Yes	cmin	74	86	75	97	92	96
	%	113	132	115	111	106	110
Keskimäärin	cmin	66	78	67	88	95	89
Average	%	102	120	103	101	109	102

Taulukko 14. Tottuneen ja tottumattoman kuljettajan ajanmenekki eri traktoreita käytettäessä.
 Table 14. Time consumption of an experienced and an inexperienced operator by phase of work and different forwarders.

Työvaihe Phase of work	Tottunut kuljettaja Experienced operator				Tottumaton kuljettaja Inexperienced operator			
	Kone – Forwarder							
	1		2		1		2	
	Ajanmenekki – Time consumption							
	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%
Tyhjänäviesti Moving the grapple empty	9	100	8	88	15	100	13	87
Kouraisu Grasping	6	100	5	83	13	100	10	77
Nosto Moving the grapple loaded	10	100	10	100	17	100	13	76
Taakan irrotus Discharging	4	100	4	100	10	100	6	60
Koko suoritus The whole lift	29	100	27	93	55	100	41	75



Kuva 13. Tyhjänävientien (1) ja nostojen (2) jakautuminen kouran vientitavan mukaan kuormauksessa ja purkamisessa.

Fig. 13. Distribution of observations according to the way of moving the grapple (1) empty and (2) loaded in loading and unloading.

Oppimisnopeuden eron synnä ovat ilmeisesti erot kuormaimen rakenteessa ja koossa, hallintalaitteissa sekä kuormaimen sijainnissa kuormaineseen nähden. Viimemainittu seikka eroaa tutkituissa koneissa siten, että koneessa 1 kuormaimen jalusta sijaitsee n. 2.5 m:n etäisyydellä kuljettajasta, kun se koneessa 2 on kuljettajan kohdalla ohjaushytin katolla. On mahdollista, että kuormaimen sijainti vaikuttaa kouran liikeratojen arvioimiseen.

52. Kuormaus ja purkaminen

521. Havaintojen jakautuminen työtappaa kuvaavien muuttujien luokkien mukaan

Kouran viesti tyhjänäviennissä on tapahtunut keskimäärin joka kymmenes kerta kuormatilan sivupylväiden välistä sekä kuormauksessa että purkamisessa (kuva 13). Nostossa koura on käytännöllisesti katsoen aina viety pylväiden yli.

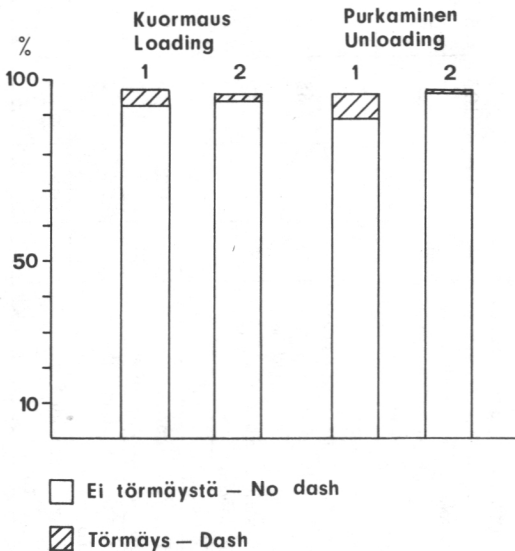
Järjestetyssä kokeessa välitsevientien osuus tyhjänäviennissä oli yli kolminkertainen, nostossa suurin piirtein yhtä suuri kuormaukseen ja purkamiseen verrattuna. Suurempi esiintymis-

Taulukko 15. Eri työvaiheiden suhteellinen keskimääräinen ajanmenekki kuormauksessa ja purkamisessa (koulu 1).
 Table 15. The average relative time consumption of different work phases in loading and unloading (school 1).

Työ Work	Työvaihe Phase of work	Harjoitusmäärä, tunteja — Training time, hours										
		-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180	-200	-220
		Suhteellinen ajanmenekki — Relative expenditure of time										
Kuormaus Loading	Tyhjänäventi Moving the grapple empty	—	100	69	75	52	48	51	26	—	37	33
	Kouraisu Grasping	—	100	95	92	73	73	68	75	—	51	55
	Nosto Moving the grapple loaded	—	100	87	81	60	53	43	41	—	39	45
	Taakan irrotus Discharging	—	100	83	81	72	52	46	51	—	51	65
	Koko suoritus The whole lift	—	100	81	81	61	54	50	42	—	42	45
Purkaminen Unloading	Tyhjänäventi Moving the grapple empty	—	100	78	81	62	63	49	38	—	53	34
	Kouraisu Grasping	—	100	77	68	54	46	35	34	—	40	31
	Nosto Moving the grapple loaded	—	100	94	82	63	56	45	39	—	46	35
	Taakan irrotus Discharging	—	100	103	66	52	48	42	37	—	40	42
	Koko suoritus The whole lift	—	100	89	75	58	54	43	37	—	45	35
Kuormaus Loading	Järjestely maassa Arrangement on the ground	—	100	107	42	62	44	238	40	—	47	38
	Järjestely kuormassa Arrangement of load	—	100	65	55	31	38	7	9	—	12	60
	Uudelleen kuormaus Reloading	—	100	140	40	76	0	0	0	—	0	40
	Yhteensä — Total	—	100	92	48	49	31	62	14	—	18	50
	Järjestely pinossa Arrangement of pile	—	100	48	29	64	34	18	26	—	88	13
Kuormaus Loading	Taakkakohtainen aika Total time	—	100	82	77	60	51	51	39	—	39	46
	Taakkakohtainen aika Total time	—	100	85	72	59	53	48	36	—	39	45

tiheys järjestetyssä kokeessa johtunee siitä, että tällöin kuormaukseen verrattuna kouran vientikohde on jatkuvasti samassa paikassa, jolloin kouran vienti pylväiden välistä on helpompi oppia. Purkamisessa kouran vientipaikka on kutakuinkin samalla kohden, mutta pinon ollessa korkea ei pylväiden välitseventi ole periaatteesakaan tarkoituksenmukaista. Kuormauksen, purkamisen ja järjestetyn kokeen nostossa kourassa oleva taakka vaikeuttaa pylväiden välitseventiä siinä määrin, että sitä vältetään.

Kuormatilan pylväisiin koura törmäsi kuormauksessa ja purkamisessa (kuva 14) selvästi harvemmin kuin järjestetyssä kokeessa (kuva 9). Tyhjänäviennin osalta osittaisena selityksenä on pienempi välistävientitiheys. Nostossa eroa on vaikeampi selittää. Eräänä mahdollisuutena on se, että useita pölkkyjä käsittävän taakan ollessa kourassa kuljettaja pyrkii viemään taakan turvallisen etäältä pylväistä.



Kuva 14. Tyhjänävientien (1) ja nostojen (2) jakautuminen kuormatilan sivupylväisiin törmäyksen mukaan kuormauksessa ja purkamisessa.

Fig. 14. Distribution of observations according to the dash of the grapple against the supporting poles of the load in moving the grapple (1) empty and (2) loaded in loading and unloading.

522. Aikatutkimustulokset

5221. Työvaiheiden keskimääräinen ajanmenekki

Kaikkien työvaiheiden ajanmenekki on lyhentynyt erittäin selvästi harjoittelujaksolla (taulukko 15). Lyheneminen on kuormauksessa ollut osa-aikojen osalta 32..57 % 130:een harjoitustuntiin mennessä ja taakka-ajassa 50 %. Purkamisen vastaavat luvut ovat 51..65 % ja 57 %. Järjestettyyn kokeeseen verrattuna (vrt. taulukko 2) lyheneminen on ollut selvästi voimakkaampaa. Myöskin järjestelyaikojen osalta trendi näyttää pienenevältä. Kuljettajakohdattais taakka-ajan kehityssarjat ovat liitteessä 3.

5222. Tottuneen ja tottumattomien kuljettajien vertailu kuormauksessa

Suurimmat absoluuttiset erot tottuneen ja tottumattomien kuljettajien välillä harjoittelun alkuvaiheessa ovat tyhjänäviennissä ja nostossa, kun taas suurimmat suhteelliset erot esiintyvät tyhjänäviennissä ja taakan irrotuksessa (taulukko 16). Harjoittelu lyhentää voimakkaimmin tyhjänävientijä ja nostoaikaa niin, että lopulta eroja synnyttävät työvaiheet ovat tyhjänävientijä, kouraisu ja taakan irrotus. Kaksi viimeksi mainittua aiheuttavat suurimmat suhteelliset erot samoin kuin järjestetyssä kokeessa koulussa 1 (taulukko 4). Näin ollen kouraisu ja taakan irrotus ovat vaikeimmat työvaiheet. RANTAPUUn (1971) mukaan vastaavaa traktoria ajaneen tottuneen kuljettajan ajanmenekki on 41 cmin/taakka, siis hieman pienempi kuin tässä tutkimuksessa havaittu.

Kouraisun ja taakan irrotuksen variaatiokerroimet (taulukko 17), ovat, kuten järjestetyssä kokeessa, myös kuormauksessa ja purkamisessa erittäin selvästi suuremmat kuin muissa työvaiheissa.

5223. Harjoittelun vaikutus ajanmenekkiin

Osa-aikojen riippuvuutta harjoittelujajasta kuvaavat regressioyhtälöt ovat useimmissa tapauksissa käyräviivaisesti laskevia (taulukko 18, kuva 15). Purkamisessa on saatu suuremmat

Taulukko 16. Tottuneen ja tottumattomien kuljettajien vertailua kuormauksessa.
 Table 16. Comparison of experienced and inexperienced operators in loading and unloading.

Työvaihe <i>Phase of work</i>	Tottunut kuljettaja <i>Experienced operator</i>	Tottumattomat kuljettajat 30 harjoitustunnin jälkeen <i>Inexperienced operators after 30 training hours</i>	Tottumattomat kuljettajat 130 harjoitustunnin jälkeen <i>Inexperienced operators after 130 training hours</i>
	Ajanmenekki – <i>Time consumption, cmin</i>		
Tyhjänävientä <i>Moving the grapple empty</i>	14	41	21
Kouraisu <i>Grasping</i>	6	18	13
Nosto <i>Moving the grapple loaded</i>	21	50	22
Taakan irrotus <i>Discharging</i>	6	20	9
Taakka-aika <i>The whole lift</i>	47	129	64

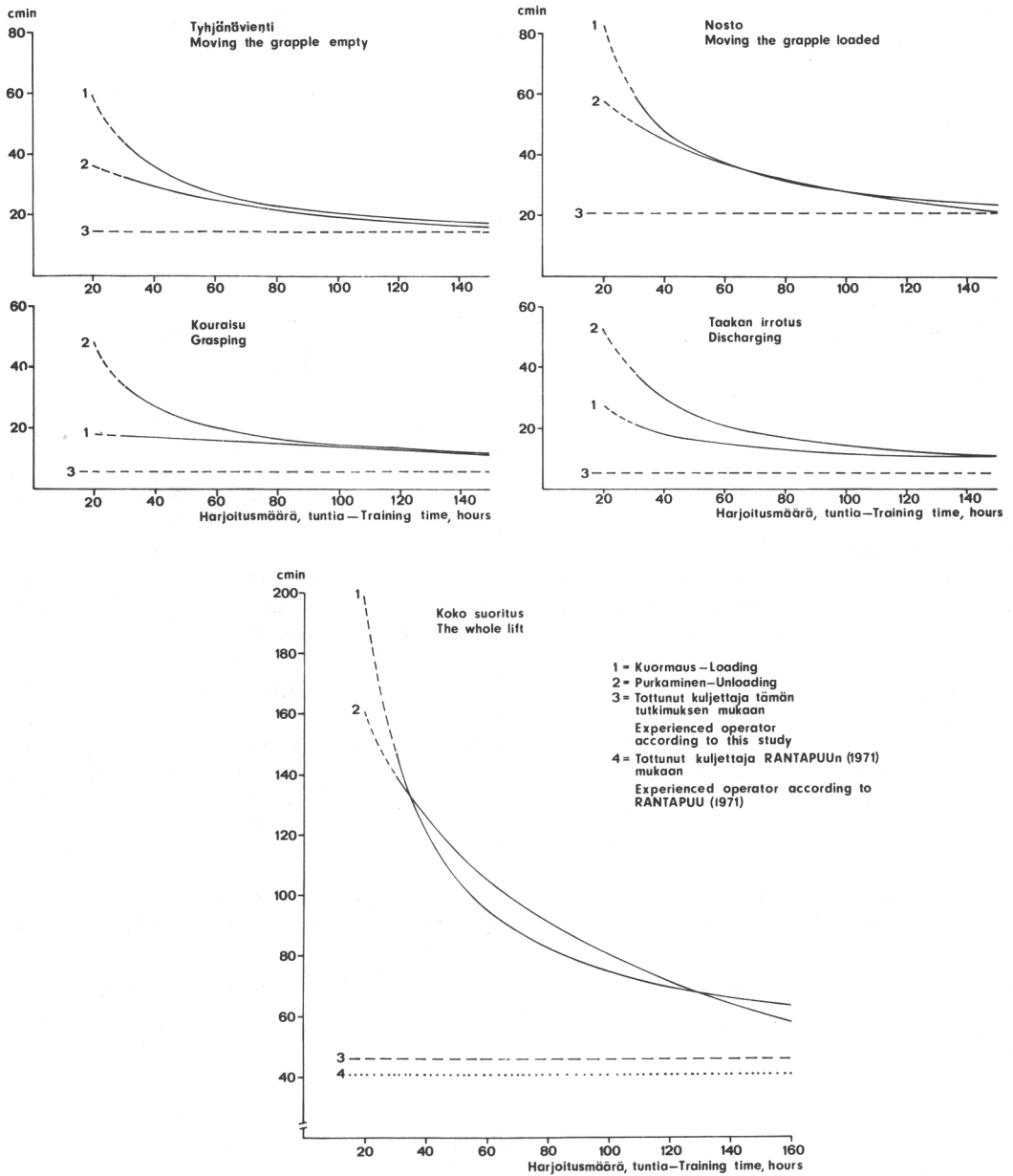
selityksasteet kuin kuormauksessa erityisesti kouraisulle ja taakan irrotukselle. Tämä johtuu siitä, että purkamistyö tapahtuu suhteellisen vakioissa oloissa välivarastolla, kun taas kuormaukseen vaikuttaa suuri joukko ympäristöstä johtuvia tekijöitä. Kouraisun ja taakan irrotuksen selityksasteet ovat samoista syistä kuin järjestetyssä kokeessa pienemmät kuin muiden työvaiheiden. Regressiomallien kuvaajat eivät juuri eroa kuormauksen ja purkamisen välillä varsinkin harjoittelujakson loppupuolella.

Kuvan 15 mukaan oppilaat saavuttavat opettajan tason tyhjänäviennissä ja nostossa, mutta eivät kouraisussa ja taakan irrotuksessa. Kouraisu on todettava työvaiheista vaikeimmaksi. Sen lisäksi tulisi taakan irrotukseen panna harjoittelussa enemmän painoa.

Käsillä olevan tutkimuksen mukainen kuormauksen kehityskäyrä poikkeaa SILANDERin esittämästä huomattavasti (kuva 16). Harjoitustuntimäärät on muutettu viikoiksi olettaen, että kuormatraktorin tehotuntimäärä viikossa on 30

Taulukko 17. Eri työvaiheiden variaatiokertoimet kuormauksessa ja purkamisessa.
 Table 17. Coefficients of variation of the time consumption of different phases of work in loading and unloading.

Työ <i>Work</i>	Työvaihe – <i>Phase of work</i>				
	Tyhjänävientä <i>Moving the grapple empty</i>	Kouraisu <i>Grasping</i>	Nosto <i>Moving the grapple loaded</i>	Taakan irrotus <i>Discharging</i>	Koko suoritus <i>The whole lift</i>
Kuormaus <i>Loading</i>	48	79	49	77	39
Purkaminen <i>Unloading</i>	42	75	47	82	40



Kuva 15. Ajanmenekin riippuvuus harjoitteluajasta kuormauksessa ja purkamisessa.
Fig. 15. Time consumption as a function of training time in loading and unloading.

Taulukko 18. Eri työvaiheiden ajanmenekki (y, cmin) harjoitusmäärän funktiona (x, h) kuormauksessa ja purkamisessa.

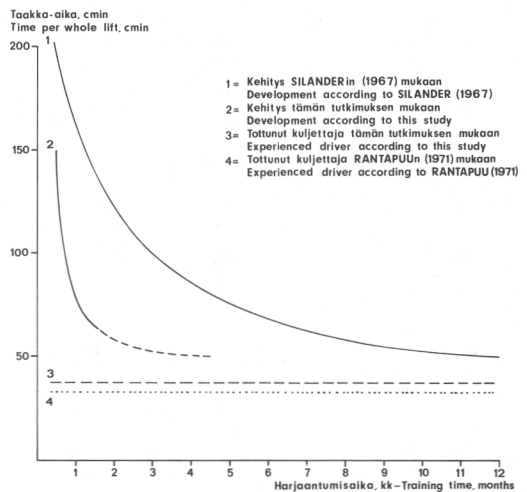
Table 18. The expenditure of time of different phases of work (y, cmin) as a function of training time (x, h) in loading and unloading.

Työ Work	Työvaihe Phase of work	Regressioyhtälö Regression equation	100 · R ²
Kuormaus Loading	Tyhjänävientä Moving the grapple empty	$Y=981.32 \cdot x^{-1} + 10.9$	27.7
	Kouraisu Grasping	$Y=-0.05 \cdot x + 19.0$	4.4
	Nosto Moving the grapple loaded	$Y=1350.74 \cdot x^{-1} + 15.0$	26.1
	Taakan irrotus Discharging	$Y=378.29 \cdot x^{-1} + 8.9$	4.6
	Koko suoritus The whole lift	$Y=3093.72 \cdot x^{-1} + 44.2$	33.4
Purkaminen Unloading	Tyhjänävientä Moving the grapple empty	$Y=-10.06 \cdot \ln(x) + 66.2$	29.6
	Kouraisu Grasping	$Y=827.39 \cdot x^{-1} + 6.5$	15.4
	Nosto Moving the grapple loaded	$Y=-18.11 \cdot \ln(x) + 112.2$	34.6
	Taakan irrotus Discharging	$Y=927.04 \cdot x^{-1} + 5.9$	15.1
	Koko suoritus The whole lift	$Y=-49.75 \cdot \ln(x) + 309.7$	45.3

tuntia. Oppilaiden kahta harjoitusviikkoa vastaavan tason saavuttaminen on vienyt suoraan todellisessa työssä aloittaneilta noin kaksi kuukautta. Vastaavasti oppilaiden kuutta harjoitusviikkoa vastaavan tason saavuttaminen on vienyt peräti kuusi kuukautta. Vertailu on varsin karkea ja koneiden ja kuormainten tekninen kehittyminen on vaikuttanut asiaan niin, että tottunut kuljettaja pääsee nykyisin 35...40 cmin taakka-aikaan. Silti metsäkonekoulussa tapahtuvan opetuksen tehokkuus verrattuna tavanomaiseen käytännön työssä harjaantumiseen on ilmeinen.

5224. Työtavan vaikutus ajanmenekkiin

Kouran vienti kuormatilan sivupylväiden välistä lyhensi tyhjänävientiaikaa merkittävästi vain kuormauksessa (taulukko 19), joskin ero on pieni, vain 3 cmin.



Kuva 16. SILANDERin (1967) ja tämän tutkimuksen vertailu.

Fig. 16. Comparison between the learning of grapple loading according to SILANDER (1967) and this study.

Taulukko 19. Kouran vientitavan vaikutus tyhjänävientii- ja nostoaikaan kuormauksessa ja purkamisessa.

Table 19. The effect of the way of moving the grapple on the time consumption of moving the grapple empty and loaded in loading and unloading.

Työvaihe Phase of work		Työ – Work					
		Kuormaus – Loading			Purkaminen – Unloading		
		Kouran vientitapa – Way of moving the grapple					
		Yli Over	Välitse Between	Keskimäärin Average	Yli Over	Välitse Between	Keskimäärin Average
		Ajanmenekki – Time consumption					
Tyhjänävientii Moving the grapple empty	cmin	24	21	23	22	20	22
	%	100	88	96	100	91	100
Nosto Moving the grapple loaded	cmin	32	40	32	32	32	32
	%	100	125	100	100	100	100

Nostossa välitsevientii on kuormauksessa merkittävästi hitaampi kuin ylitsevientii. Ero on melko suuri, 8 cmin. Purkamisessa eroja ei ole.

Kouran vientitavan vaikutus kokonaisaikaan muodostui taulukon 20 mukaiseksi.

Taulukon luvut viittaavat erityisesti purkamisessa harhaanjohtavasti välitseviennin edullisuuteen tyhjänäviennissä. Osa-ajat kuitenkin osoittavat, että kyseessä on muista seikoista johtuva ajan lyheneminen, eikä kouran välitsevientii tässäkin tapauksessa ole todellisuudessa edullisempi.

Taulukko 20. Kouran vientitavan vaikutus taakka-aikaan kuormauksessa ja purkamisessa.

Table 20. The effect of the way of moving the grapple on the time per whole lift in loading and unloading.

Kouran vientitapa tyhjänä- viennissä Way of moving the grapple empty	Kouran vientitapa nostossa Way of the moving the grapple loaded				Keskimäärin Average	
	Yli – Over		Välitse – Between			
	Ajanmenekki – Time consumption					
	cmin	%	cmin	%	cmin	%
	Kuormaus – Loading					
Yli – Over	83	100	96	116	83	100
Välitse Between	80	96	94	113	82	99
Keskimäärin Average	83	100	95	114	83	100
	Purkaminen – Unloading					
Yli – Over	90	100	88	98	90	100
Välitse Between	79	88			79	88
Keskimäärin Average	89	99	88	98	89	99

Taulukko 21. Kuormatilan sivupylväisiin törmäyksen vaikutus tyhjänäventi- ja nostoikaan kuormauksessa ja purkamisessa.

Table 21. The effect of the dash of the grapple against the supporting poles of the load on the time consumption of moving the grapple empty and loaded in loading and unloading.

Työvaihe Phase of work		Työ – Work					
		Kuormaus – Loading			Purkaminen – Unloading		
		Törmääminen – Dashing					
		Ei – No	Kyllä Yes	Keskimäärin Average	Ei – No	Kyllä Yes	Keskimäärin Average
		Ajanmenekki – Time consumption					
Tyhjänäventi Moving the grapple empty	cmin	23	26	23	21	27	22
	%	100	113	100	100	129	105
Nosto Moving the grapple empty	cmin	32	48	33	32	46	32
	%	100	150	103	100	144	100

Kouran vientitapa korreloi ainoastaan purkamisen tyhjänäviennissä harjoittelumäärän kanssa merkittävästi. Kunta suurempi harjoitusmäärä, sitä useammin koura vietiin pylväiden välitse.

Tottuneella kuljettajalla kouran vientitapa ei näyttänyt vaikuttavan kuormauksen ajanmenekkiin.

Kouran pylväisiin törmäys osoittautui hidastavaksi tapahtumaksi (taulukot 21 ja 22).

Törmäysten esiintyminen ei korreloinut merkittävästi harjoittelumäärän kanssa.

Kouran vientitapa ja törmääminen korreloivat keskenään merkittävästi ainoastaan purkamisessa tyhjänäviennissä ja kuormauksessa nos-

Taulukko 22. Kuormatilan sivupylväisiin törmäysten vaikutus taakka- aikaan kuormauksessa ja purkamisessa.

Table 22. The effect of the dash of the grapple against the supporting poles of the load on the time consumption of the whole lift in loading and unloading.

Työ Work	Törmääminen tyhjänäviennissä Dashing in moving the grapple empty	Törmääminen nostossa Dashing in moving the grapple loaded					
		Ei No		Kyllä – Yes		Keskimäärin Average	
		Ajanmenekki – Time consumption					
		cmin	%	cmin	%	cmin	%
Kuormaus Loading	Ei – No	85	100	108	127	87	102
	Kyllä – Yes	87	102	–	–	90	106
	Keskimäärin Average	86	101	108	127	87	102
Purkaminen Unloading	Ei – No	90	100	149	166	90	100
	Kyllä – Yes	95	106	–	–	95	106
	Keskimäärin Average	90	100	149	166	90	100

Taulukko 23. Konetyypin vaikutus ajanmenekkiin kuormauksessa ja purkamisessa (tottumaton kuljettaja).

Table 23. Time consumption in loading and unloading by phases of work and different forwarders (an inexperienced operator).

Työvaihe Phase of work	Kone - Forwarder			
	1		2	
	Ajanmenekki - Time consumption			
	cmin	%	cmin	%
Kuormaus - Loading				
Tyhjänävientä <i>Moving the grapple empty</i>	29	100	16	55
Kouraisu <i>Grasping</i>	17	100	7	41
Nosto <i>Moving the grapple loaded</i>	37	100	23	62
Taakan irrotus <i>Discharging</i>	24	100	5	21
Koko suoritus <i>The whole lift</i>	107	100	48	45
Purkaminen - Unloading				
Tyhjänävientä <i>Moving the grapple empty</i>	25	100	13	52
Kouraisu <i>Grasping</i>	24	100	12	50
Nosto <i>Moving the grapple loaded</i>	36	100	22	61
Taakan irrotus <i>Discharging</i>	28	100	12	43
Koko suoritus <i>The whole lift</i>	113	100	59	52

tossa. Korrelaatio on positiivinen järjestetyn kokeen nostossa ja tyhjänäviennissä. Välitsevieminen siis lisää kuormatilan sivupylväisiin törmäyksen riskiä.

5225. Konetyypin vaikutus kuormauksen ja purkamisen ajanmenekkiin

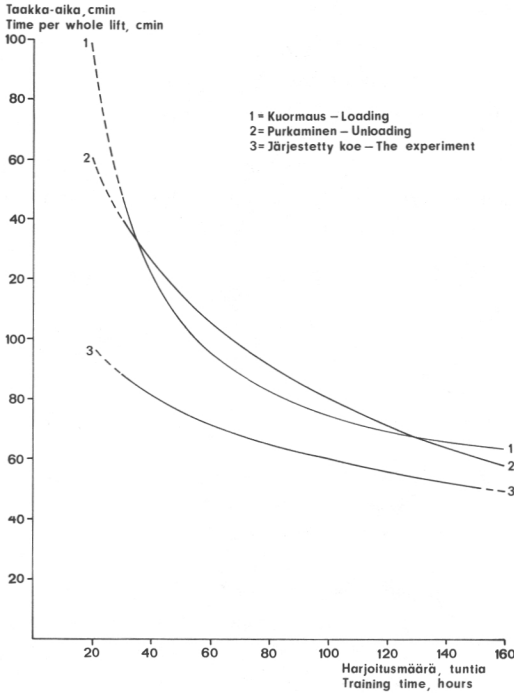
Verrattaessa koneita 1 ja 2 kuormauksessa ja purkamisessa saatiin taulukon 23 mukaiset tulokset.

Koneella 2 on taakka-aika ollut vajaa puolet koneella 1 saavutetusta. Kouran vienti on koneella 2 suoritettu huomattavasti useammin

sivupylväiden välitse kuin koneella 1. Erot taakka-ajassa eivät kuitenkaan johdu tästä, sillä kouran vientitapa ei oleellisesti vaikuttanut ajanmenekkiin. Erojen syynä ovat siis koneiden poikkeavat ominaisuudet, kuten myös järjestetyn kokeen yhteydessä todettiin.

53. Kuormauksen ja purkamisen ajanmenekin ennustaminen järjestetyn kokeen avulla

Järjestetyn kokeen ja kuormauksen sekä purkamisen ajanmenekkien (kuva 17) välinen riippuvuus laskettiin siten, että kunkin työn taakka-ajan riippuvuutta harjoitusmäärästä ku-

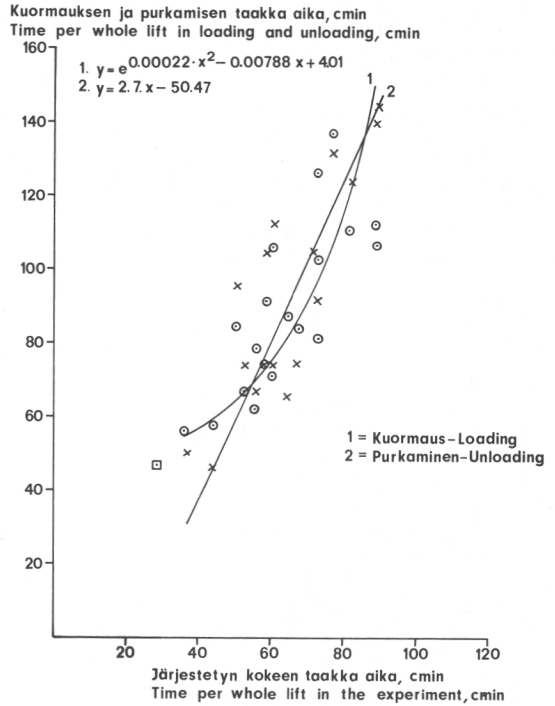


Kuva 17. Järjestetyn kokeen, kuormauksen ja purkamisen taakka-ajan riippuvuus harjoitteluaikasta.

Fig. 17. Time per whole lift as a function of training time in the experiment, loading and unloading.

vaavalla regressioyhtälöllä laskettiin sarja eri harjoitusmääriä vastaavia arvoja. Näitä arvoja käyttäen laskettiin sitten riippuvuusyhtälöt, joissa selittävänä muuttujana oli järjestetyn kokeen ja selitettävänä muuttujina kuormauksen ja purkamisen taakka-ajat. Näin saadut yhtälöt ja niiden kuvaajat on esitetty kuvassa 18.

Kuormauksessa riippuvuus on käyräviivainen kun taas purkamisessa se on lineaarinen. Taakka-aikojen riippuvuus järjestetyn kokeen kokonaisajasta on ilmeinen. Näin ollen näyttää mahdolliselta ennustaa tässä käytetyn tapaisen järjestetyn kokeen perusteella kuormaus- ja purkamistyön ajanmenekkiä. Koska järjestetty koe tapahtuu vakio-oloissa, tarvitaan esimerkiksi koneiden vertailussa vähemmän aineistoa kuin todellisia taakka-aikoja käytettäessä, jolloin vaihtelevat olosuhteet aiheuttavat vaikeasti kontrolloitavaa hajontaa. Järjestetyn kokeen avulla on myös mahdollista ainakin osittain



Kuva 18. Kuormauksen ja purkamisen ajanmenekin riippuvuus järjestetyn kokeen ajanmenekistä.

Fig. 18. Time consumption in loading and unloading as a function of that in the experiment.

eliminoida kuljettajan vaikutus eri koneiden todelliseen työhön perustuvissa tuotosvertailuissa, jos vertailtavia koneita ajavat kuljettajat suorittavat järjestetyn kokeen yhdellä tutkittavista koneista. Tällöin saadaan kullekin kuljettajalle hänen kuormaimenkäyttötaitoaan osoitava kerroin, jolla voidaan tuotostutkimusten tulokset puhdistaa kuljettajan taidon vaikutuksesta. Kuvassa 18 esitetyt riippuvuudet perustuvat tottumattomaan kuljettaja-ainekseen, joten niiden yleistäminen ei ole perusteltua.

54. Asenne- ja älykkyystesti

Asennetestissä (vrt. luku 31, 32) saatiin kullekin kuljettajaoppilaalle pistemäärä, joka analyysin periaatteen mukaan on suoraan verrannollinen myönteiseen suhtautumistapaan. Analyysin ensi vaiheessa karsiutui 9 erottelukyvyltään huonoa osiota.

Taulukko 24. Asennepistemäärät ennen ja jälkeen huonojen osioiden karsimisen.

Table 24. Attitude scores before and after eliminating the poor items.

Kuljettaja Operator	Pistemäärä ennen karsimista Score before eliminating	Pistemäärä karsimisen jälkeen Score after eliminating
1	84	62
2	81	53
3	55	29
4	84	62
5	84	58
6	70	46
7	61	32
8	70	46
9	64	48

Näin saatiin uudet asennepistemäärät, jotka alkuperäisten kanssa on esitetty taulukossa 24.

Asennetestille laskettiin vielä luotettavuutta kuvaava tunnusluku, reliabiliteetti, joka voi vaihdella 0..1, ennen ja jälkeen osioiden karsinnan kaavalla (GUILFORD, 1965)

$$r = \frac{n}{n-1} \times \frac{S_t^2 - \sum pq}{S_t^2}$$

jossa

- n = koehenkilöiden määrä
- S_t^2 = koko analyysin varianssi ja
- $\sum pq$ = osioiden varianssien summa.

Reliabiliteetti oli ennen karsimista 0.67 ja sen jälkeen 0.88, mitä on pidettävä hyvänä (THORNDIKE and HAGEN, 1969).

Analyysin keskivirhe laskettiin kaavalla

$$S_m = S_t \times \sqrt{1-r} \text{ (THORNDIKE and HAGEN, 1969),}$$

jossa

- S_m = analyysin keskivirhe,
- S_t = koko analyysin keskihajonta ja
- r = analyysin reliabiliteetti.

Keskivirheeksi muodostui $S_m = 3.68$. Täten todennäköisyys, että kullekin kuljettajalle saatu pistemäärä poikkeaa hänen todellisesta pistemäärästään enemmän kuin 7 pistettä, on 5 %.

Asennetestin osioiden määrä on melko pieni. Niissä on sekä opetukseen että ammattiin liittyviä, joten testi ei välttämättä mittaa asennoitumista erityisesti kumpaankaan.

Koulutusjakson lopuksi koulussa 1 pidetyssä älykkyystestissä (vrt. luku 31) saatiin taulukon 25 mukaiset tulokset.

Taulukko 25. Älykkyystestin tulokset.

Table 25. Results of the aptitude test.

Kuljettaja Operator	Älykkyuden alkeistekijä – Factor							Yhteensä Total
	Päätelykyky Reasoning	Muisti Memory	Havaintokyky Perception	Sana-tajunta Fluency	Käsitelykyky Verbal comprehension	Numeerisuus Numerical aptitude	Spatiaalisuus Spatial aptitude	
Pistemäärä – Score								
1	16	3	6	17	22	26	19	109
2	15	5	5	14	19	27	15	100
3	15	8	7	18	21	43	12	124
4	16	5	7	15	17	26	24	110
5	15	2	5	17	15	27	18	99
6	13	1	4	15	16	27	2	78
7	12	3	8	14	15	32	11	95
8	17	2	5	15	22	31	15	107
9	15	5	7	15	18	34	18	112

Seitsemän kuljettajaoppilaan yhteispistemäärä vaihtelee välillä 95..112, yksi on saanut selvästi muita korkeamman ja yksi selvästi muita alemman pistemäärän.

Testin luotettavuuden arvioiminen on vaikeaa. Standardoitujen älykkyystestien luotettavuus (validisuus) ja pysyvyys (reliabilisuus) ovat yleensä hyviä (THORNDIKE and HAGEN, 1969), mutta tässä tapauksessa kyseessä on sovellutus, jonka luotettavuudesta ei ole tietoa. Testin laadinnassa on kuitenkin käytetty hyväksi yleisesti käytettyjä testejä, joten on oletettavissa, että sen luotettavuus on kohtalainen.

55. Asenneanalyysin ja älykkyystestin suhde toisiinsa ja kuormaimen käyttötaitoon

Älykkyuden ja asenneoitumisen suhdetta tarkasteltiin laskemalla korrelaatiokerroin testien antamien pistemäärien välille. Kerroin muodostui merkityksettömäksi ($r = 0.053$), mikä osoittaa, ettei mainittujen testien mittaustuloksilla ole riippuvuutta.

Edelleen tarkasteltiin asenneanalyysin ja harjoittelujakson lopussa saavutetun järjestetyn kokeen taakka-ajan suhdetta vastaavasti. Taakka-aika saatiin tasoitetuilta kehityskäyriltä kullakin oppilaalla sataa harjoittelutuntia edustavalta kohdalta. Korrelaatiokerroin oli $r = -0.126$. Ei siis voitu osoittaa asenneoitumisen ja järjestetyn kokeen välillä vallitsevan riippuvuutta.

Älykkyystestin kokonaispistemäärän ja järjestetyn kokeen kokonaisajan välillä oli korrelaatiokerroin $r = -0.303$. Testin eri osien merkityksen selvittämiseksi laskettiin kunkin osan ja taakka-ajan väliset korrelaatiot (taulukko 26).

Testin eri osien välillä on suuria eroja. Käsitelykyky on jopa korreloinut eri suuntaisesti kuin muut osat ja kokonaispistemäärä. Selvin riippuvuussuhde kuormaustaitoon nähden näyttää olevan havaintokyvyllä, muistilla ja spatiaalisuudella. Ainoastaan muistin korrelaatiokerroin ylitti 5 % riskirajan (0.632). Spatiaalisuuden kerroin on varsin lähellä sitä. Näistä muiden paitsi muistin korrelaatio tuntuu luonteelta. Kun otetaan huomioon se, että kuljettajat ovat vielä melko tottumattomia, eivätkä kaikki liikkeit ja toiminnot ole vielä muuttuneet refleksiäisiksi, alkaa muistinkin merkitys tuntua käsitettävältä. Mikäli kyseisellä testillä haluttaisiin ennustaa kourakuormaimen käyttötaitoa, näyt-

täisi siihen sopivan parhaiten ainoastaan havaintokyvyn, muistin ja spatiaalisuuden käyttö.

Oppilaiden menestymisestä tietopuolisissa opetuksessa ja käytännön työharjoituksissa saatiin tiedot järjestyslukusarjoina. Näiden sekä vastaavasti järjestetyn kokeen taakka-ajan 30 ja 100 harjoitustunnin jälkeen ja koulun 1 älykkyystestin perusteella muodostettujen lukusarjojen yhteensopivuutta verrattiin Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimien avulla.

Kertoimien perusteella voidaan sanoa, että koulussa 1 älykkyystesti korreloi suuntaa antavasti positiivisesti ($r = 0.52$) teoreettisessa opetuksessa menestymisen kanssa. Käytännön työharjoitusarvosana ei koulussa 1 korreloinut harjoitteluajan alussa eikä lopussa järjestetyn kokeen kokonaisajan perusteella muodostetun järjestysarjan kanssa edes suuntaa antavasti ($r = 0.24, 0.06$). Koulussa 2 sen sijaan vallitsi positiivinen korrelaatio näiden välillä ($r = 0.78, 0.30$). Tämä osoittaa, että ainakin koulussa 1 muut seikat kuin kuormaustaito ovat olleet ratkaisevina tekijöinä arvosanan muodostumisessa. Molemmissa kouluissa useat oppilaat saivat saman sijaluvun käytännöllisessä harjoittelussa menestymisessä, mikä aiheuttaa epävarmuutta edellä esitettyihin tuloksiin.

Taulukko 26. Järjestetyn kokeen taakka-ajan ja älykkyystestin pistemäärien korrelaatio.

Table 26. Correlation between the time consumption of the whole lift in the arranged experiment and the intelligence test scores.

Älykkyuden osatekijä – Factor	R
Päätelykyky – Reasoning	-0.006
Muisti – Memory	-0.655
Havaintokyky – Perception	-0.491
Sanatajunta – Fluency	-0.288
Käsityskyky – Verbal comprehension	0.239
Numeerisuus – Numerical aptitude	-0.231
Spatiaalisuus – Spatial aptitude	-0.629
Yhteispistemäärä – Total score	-0.333

6. PÄÄTELMÄ

Järjestetyn kokeen perusteella muodostetut kehityskäyrät osoittavat, että oppiminen hidastuu pian ja noin 140:n harjoitustunnin vaiheilla saavutetaan harjoittelumenetelmästä riippumatta lähes vaakasuora taso. Sama pätee kuormaukseen. Sen sijaan purkamisessa kehitys näyttää jatkuvan pitempään suhteellisen voimakkaana. Siten harjoittelujakson pidentäminen nykyisestä ei vähennä merkittävästi ajanmenekkiä kuormaustyössä. Toisaalta jakson oleellinen lyhentäminen merkitsee selvää saavutetun tason heikkenemistä. *Harjoittelujakson pituus metsäkonekouluissa on siis sopiva.* Tarkasteltaessa oppilaiden keskimääräistä tasoa harjoittelujakson alkupuolella ja lopussa havaitaan, että järjestetyn kokeen taakka-aikaa kriteerinä ja tottuneen kuljettajan siinä saavuttamaa tasoa tavoitteena pitäen, oppilaiden tavoitekehityksestä tapahtui molemmilla kouluilla puolet.

Huolimatta eroista kuormaimen hallintalaitteissa ja oppilasaineuksessa osoittautui järjestetyn kokeen perusteella, että koulussa 1 käytetty *"kourajumpaksi"* nimetty kuormaimen käytön harjoitusohjelma nopeuttaa selvästi oppimiskehitystä verrattuna suoraan todellisessa työssä tapahtuvaan harjoitteluun. Jälkimmäisellä menetelmällä olisi tarvittu n. 50 tuntia lisäharjoitusta, jotta koulun 1 tulokset olisi saavutettu.

Sama johtopäätös voidaan tehdä kuormauksen tuloksista verrattaessa niitä SILANDERin (1967) esittämään kehityskäyrään.

Harjoitusmenetelmä on vaikuttanut ajanmenekkiin ainakin kierrosluvun kautta, sillä koulussa 2 suurimman kierroslukuluokan osuus havainnoista on selvästi pienempi kuin koulussa 1.

Suurten kierroslukujen käyttö kuormaustyössä on tämän tutkimuksen mukaan erittäin edullista ajanmenekkiä kriteerinä käyttäen. Tämä edellyttää kuitenkin ammattitaitoa konevaurioiden välttämiseksi. Edelleen pinotavaraa ajettaessa koura kannattaa nostossa ja tyhjänäviennissä viedä kuormatilan sivupylväiden yli päin vastoin kuin usein esitetään, sillä välitse-

vienti ei edes teoreettisesti laskien ole ylivientä oleellista nopeampi, ja tämän tutkimuksen mukaan useissa tapauksissa suorastaan hidastaa suoritusta ja lisää kuormatilan sivupylväisiin törmäämisen riskiä.

Kouraisu ja taakan irrotus osoittautuivat vaikeimmiksi työvaiheiksi. Harjoittelua tulisi kehittää siten, että em. työvaiheet saavat nykyään suuremman painon.

Tämän tutkimuksen mukaan rakenteellisilta liikenopeuksiltaan saman tasoiset, mutta kooltaan, puomirakenteeltaan ja sijoitukseltaan erilaiset kuormaimet poikkesivat selvästi toisistaan käytön helppouden suhteen. *Ulottuvuuksiltaan suurempaa, kolmella puomilla varustettua kuormainta, joka on sijoitettu traktorin runkoniivelen kohdalle, on tottumattoman kuljettajan vaikeampi käyttää kuin pienempää kuormainta, jossa on kaksi puomia ja joka on sijoitettu ohjaamon katolle kuljettajan kohdalle.* Tottuineella kuljettajalla ei kuormainten välillä ole eroa. Tutkimuksessa ei selvitetty, mikä tai mitkä edellä mainituista eroista ovat tärkeimmät.

Eri traktorityyppien tuotosvertailuissa ei aina voida käyttää samaa kuljettajaa. Kuljettajan vaikutusta on vaikea eliminoida ja siksi aineiston on oltava melko suuri, jotta tulokset olisivat luotettavia. Tässä tutkimuksessa käytetyn tapaisella järjestetyllä kokeella voidaan laskea kullekin kuljettajalle hänen taitoaan osoittava kerroin, jolla aikatutkimustuloksia voidaan verrata paremmin ja selvittää pienemmällä aineistolla. Kyseinen koe koski tässä tutkimuksessa vain kuormaustaitoa, joka ei suinkaan ole ainoa tuotostekijä. Kuitenkin kuljettajan vaikutus on ainakin osittain selvitetävissä edellä esitetyllä tavalla.

Kuljettajaoppilaiden asenteet eivät tässä tutkimuksessa korreloineet oppimistulosten kanssa. Sen sijaan koulussa pääsykokeessa käytetyn soveltuvuustestin eräiden osien ja kuormaustaidon välillä vallitseva riippuvuus näyttää siksi selvältä, että testin käyttö metsätraktorin kuljettajaoppilaiden valinnassa lienee perusteltua.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANDERSSON, L., BERGSTRÖM, L., KRANZ, A., LENNERHEIM, G. & PETTERSON, B. 1968. Urval av skogstraktorförare med psykologiska test. Summary: Selection of tractor operators by means of psychological tests. Forskningstiftelsen Skogsarbeten – Logging Research Foundation, Redogörelse – Report 7/1968.
- GUILFORD, J. 1965. Fundamental statistics in psychology and education. Fourth edition. Tokyo.
- HALL, B., PERSSON, A. & PETTERSON, B. 1972. Utbildning av processorförare. Summary: Training of processor operators. Forskningstiftelsen Skogsarbeten – Logging Research Foundation, Redogörelse – Report 11/1972.
- Joint committee on forest working techniques and training of forest workers. 1971. Evaluation of a training programme for machine operators in Sweden.
- KAHALA, M. 1972. Puutavaran metsäkuljetus kuormatraktorilla. Summary: Forest haulage of timber by forwarder. Metsätehon tiedotus – Metsäteho Report 310.
- KAHALA, M. & RANTAPUU, K. 1970. Tutkimus puutavaran valmistustavan ja leimikotekijöiden vaikutuksesta hakkuuseen ja metsäkuljetukseen kuormaa kantavalla metsätraktorilla. Summary: Study of the effect of the method of timber preparation and marked-stand factors on cutting and forwarding with a forwarder. Metsätehon tiedotus – Metsäteho Report 292.
- KATZ, D. 1963. Psykologian käsikirja. Toinen painos. Porvoo.
- LEHTO, R. 1970. Valintatestin ja koulumenes-tyksen korrelaatioita. Julkaisematon.
- LINDLEY, D. & MILLER, J. 1962. Cambridge elementary statistical tables. Cambridge.
- MATTILA, S. 1969. Tilastotiede I ja II. Kaup- pakorkeakoulun ylioppilaskunta. Helsinki.
- MYHRMAN, D. & PETTERSON, B. 1971. Kombinationsreglage för griplastare. Forsk- ningstiftelsen Skogsarbeten, Teknik 9/1971.
- MYHRMAN, D. PETTERSON, B. & PETTER- SON, BÖRJE. 1970. En- och tvåkrets hyd- raulsystem på griplastare. Summary: Single and dual hydraulic systems on grapple load- ers. Forskningstiftelsen Skogsarbeten – Logging Research Foundation, Redogörelse – Report 1/1970.
- NIKUNEN, A. 1967. Ammattitaito metsätrak- torin käytössä. Työtehoseuran metsätiedo- tus 114.
- PETTERSON, B. 1968. Terrängtransport av massaved med griplatarutrustad traktor. Summary: Extraction of pulpwood by grapple equipped forwarder. Forsknings- tiftelsen Skogsarbeten – Logging Research Foundation, Redogörelse – Report 1/1968.
- RANTAPUU, K. 1971. Wärtsilä 4500-nivel- puomikuormaimen kenttäkokeet. Tutkimus- selostus. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknol- ogian tutkimusosasto. Moniste.
- SALMINEN, J. 1969a. Tutkimus metsäkulje- tuksesta BM-Volvo SM 460-metsätraktorilla. Summary: Study of forest haulage by a BM-Volvo SM 460 forest tractor. Metsä- tehon tiedotus – Metsäteho Report 282.
- SALMINEN, J. 1969b. Tutkimus metsäkulje- tuksesta Fiskars-metsätraktorilla. Summary: Study of forest haulage by a Fiskars forest tractor. Metsätehon tiedotus – Metsäteho Report 285.
- SALMINEN, J. 1970. Vertaileva tutkimus met- säkuljetuksesta BM-Volvo SM 661 ja BM-Vol- vo SM 668-metsätraktorilla. Summary: Com- parative study of forwarding by BM-Volvo SM 661 and BM-Volvo SM 668 forwarders. Metsätehon tiedotus – Metsäteho Report 290.
- SAVOLAINEN, R. 1974. Puunkorjuumenet- mät ja olosuhteet hankintavuonna 1973/74. (Methods and technical conditions of har- vesting in the logging year 1973/74) Metsä- tehon katsaus – Metsäteho Review 23/1974.
- SILANDER, S. 1967. Hydraulisen kuormaus- laitteen käyttäjän ammattitaidon vaikutus taakka-aikaan. Työtehoseuran metsätiedotus 114.
- THORNDIKE, R. & HAGEN, E. 1969. Mea- surement in psychology and education. Third edition. New York.

Liite 1. Havaintojen määrä
Appendix 1. Number of observations

Työ <i>Work</i>	Koulu <i>School</i>	Kone 1 – Forwarder 1												Kone 2 – Forwarder 2				Yhteensä <i>Total</i>	
		Harjoitusmäärä, tuntia – Training time, hours												Harjoitusmäärä, tuntia Training time, hours					Opettaja <i>Teacher</i>
		-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180	-200	-220	-80	-100	-120	-140			
Havaintoja, kpl – Observations, units																			
Järjestetty koe <i>The experiment</i>	1	0	737	195	132	232	240	166	28	0	0	44	53	0	0	0	22	46	1886
	2	0	90	0	306	0	346	487	0	0	0	0	0	0	–	–	–	–	1229
Kuormaus <i>Loading</i>	1	0	59	144	162	300	122	49	32	0	75	80	16	40	0	0	0	0	1079
Purkaminen <i>Unloading</i>	1	0	63	90	188	217	66	15	23	0	39	71	0	0	32	14	0	0	818

Liite 2. Taakka-aika kuljettajittain järjestetyssä kokeessa
Appendix 2. Time per whole lift in the experiment, by operators

Koulu School	Kuljettaja Operator	Harjoitusmäärä, tuntia – Training time, hours											Keskimäärin Average				
		-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180	-200	-220					
		Taakka-aika, cmin – Time per whole lift, cmin															
1	1	–	71	–	–	68	61	61	–	–	–	–	–	–	–	–	67
	2	–	84	69	–	58	61	56	–	–	–	–	–	–	–	–	67
	3	–	104	65	50	56	54	–	–	–	–	–	–	–	–	–	72
	4	–	64	–	–	–	–	48	49	–	–	–	–	–	41	–	52
	5	–	87	59	–	54	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77
	6	–	105	–	–	–	71	–	–	–	–	–	–	–	–	–	93
	7	–	93	–	73	–	52	49	–	–	–	–	–	–	–	–	72
	8	–	97	89	73	–	69	55	–	–	–	–	–	–	–	–	84
	9	–	85	73	–	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77
		Koko aineisto Total	–	88	71	66	58	61	54	49	–	–	–	–	41	–	–
2	1	–	98	–	98	–	75	81	–	–	–	–	–	–	–	–	86
	2	–	107	–	79	–	64	61	–	–	–	–	–	–	–	–	75
	3	–	–	–	90	–	69	60	–	–	–	–	–	–	–	–	70
	4	–	–	–	105	–	–	87	–	–	–	–	–	–	–	–	94
	5	–	–	–	92	–	94	98	–	–	–	–	–	–	–	–	98
	6	–	194	–	115	–	126	111	–	–	–	–	–	–	–	–	135
	7	–	–	–	93	–	69	64	–	–	–	–	–	–	–	–	74
	8	–	–	–	–	–	79	62	–	–	–	–	–	–	–	–	70
	9	–	–	–	83	–	63	65	–	–	–	–	–	–	–	–	69
	10	–	–	–	174	–	124	114	–	–	–	–	–	–	–	–	135
	11	–	–	–	74	–	67	60	–	–	–	–	–	–	–	–	66
	Koko aineisto Total	–	132	–	100	–	81	79	–	–	–	–	–	–	–	–	89

Liite 3. Taakka-aika kuljettajittain kuormauksessa ja purkamisessa
 Appendix 3. Time per whole lift in loading and unloading, by operators

Työ Work	Kuljettaja Operator	Harjoitusmäärä, tunteja – Training time, hours											Keskimäärin Average			
		-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180	-200	-220				
		Taakka-aika, cmin – Time per whole lift, cmin														
Kuormaus Loading	1	–	–	–	–	32	72	64	–	–	–	–	–	–	–	75
	2	–	–	–	–	76	63	–	57	–	–	–	–	–	–	71
	3	–	–	–	84	75	67	–	–	–	–	–	–	–	–	77
	4	–	–	–	–	–	–	–	–	54	–	–	–	–	–	56
	5	–	–	92	101	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	95
	6	–	–	112	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	112
	7	–	–	–	107	–	71	–	–	–	–	–	–	–	–	102
	8	–	108	–	127	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	119
	9	–	138	107	–	84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	109
		Koko aineisto Total	–	129	104	104	79	70	64	57	54	–	–	–	57	84
Purkaminen Unloading	1	–	–	–	–	86	74	59	–	–	–	–	–	–	–	80
	2	–	–	–	–	74	–	–	51	–	–	–	–	–	–	69
	3	–	–	–	96	78	75	–	–	–	–	–	–	–	–	84
	4	–	–	–	–	–	–	–	–	62	–	–	–	–	–	53
	5	–	–	105	108	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	107
	6	–	–	140	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	140
	7	–	–	–	113	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	113
	8	–	144	–	106	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	121
	9	–	133	125	93	75	–	–	–	–	–	–	–	–	–	108
		Koko aineisto Total	–	137	121	103	80	74	59	51	62	–	–	–	48	89

Liite 4. Järjestelyajat kuormauksessa ja purkamisessa
Appendix 4. Arrangement times in loading and unloading

Työ Work	Työvaihe Phase of work	Harjoitusmäärä, tuntia – Training time, hours											Keskimäärin Average
		-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	-180	-200	-220	
		Ajanmenekki, cmin – Time consumption, cmin											
Kuormaus	Järjestely maassa <i>Arrangement on the ground</i>	–	5	5	2	3	2	11	2	–	2	2	3
	Järjestely kuormassa <i>Arrangement of load</i>	–	10	6	5	3	4	1	1	–	1	6	4
	Uudelleen kuormaus <i>Reloading</i>	–	4	6	2	3	0	0	0	–	0	2	2
	Yhteensä <i>Total</i>	–	18	17	9	9	6	11	3	–	3	9	10
Purkaminen	Järjestely pinossa <i>Arrangement of pile</i>	–	11	5	3	7	4	2	3	–	10	2	5

- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Allj Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusmetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Eiholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- 1975 No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Järveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—

- No 224 Pentti Hakkila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätilastollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausmenetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löytyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäykymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittystä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järeä kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun.
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized tress. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillärämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—