

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA
FORESTALIA FENNICA

66,

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE FINLANDE

HELSINKI 1957

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin yleensä käsittää useampia tutkimuksia.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta käsitteleviä kirjoitelmia ja pienehköjä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin.

Finska Forstsambundets publikationsserier:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Innehåller vetenskapliga undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland och dess grunder. Banden, vilka icke utkomma periodiskt, omfatta i allmänhet flere avhandlingar.

SILVA FENNICA. Omfattar uppsatser och mindre undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland. Utkommer icke periodiskt.

ACTA
FORESTALIA FENNICA

66,

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE FINLANDE

Acta Forestalia Fennica 66.

1. **Kalle Putkisto:** Tutkimuksia pyörätraktoreiden käytöstä puutavaran metsäkuljetuksessa. Teknillis-taloudellinen selvittely 1—268
Summary (Investigations of the use of wheel tractors for the forest transport of timber. Techno-economic analysis) 269—304
Liitteet — Appendices 305—310
2. **Jaakko Lehto:** Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla 1—100
Summary (Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland) 101—106
3. **Kustaa Kallio:** Käenkaali-mustikkatyyppin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Taksatoris-liiketaloudellinen tutkimus 1—142
Summary (On the development of spruce forests of the Oxalis-Myrtillus site type in the south-west of Finland. Forest mensuration and management research) 143—155
4. **Jouko Einola:** Puutavaran hankinnan yhteiskustannukset 1—171
Summary (Joint costs of logging) 172—188

TUTKIMUKSIA
PYÖRÄTRAKTOREIDEN KÄYTÖSTÄ
PUUTAVARAN METSÄKULJETUKSESSA

TEKNILLIS-TALOUDELLINEN SELVITTELY

KALLE PUTKISTO

SUMMARY

*INVESTIGATIONS OF THE USE OF
WHEEL TRACTORS FOR THE FOREST
TRANSPORT OF TIMBER*

TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS

HELSINKI 1956

Helsinki 1956. Uudenmaan Kirjapaino O.Y.

Omistettu isäni muistolle

Alkusanat

Puutavaran metsäkuljetus maassamme on suoritettu pääasiallisesti maatalouden tehtävistä talvikuukausina vapaina olevilla hevosilla. Kun maataloudessa on runsaasti ryhdytty käyttämään traktoreita, aikaisemmin suuri hevoscanta on nopeasti supistumassa. Mikäli kehitys jatkuu samana, on ilmeistä että ennemmin tai myöhemmin metsäkuljetuksissa tarvittavan hevosmäärän koolle saaminen tulee tuottamaan vaikeuksia. Jotta kuljetustavoitteet jatkuvasti saavutettaisiin, tarvitaan tämän hetken varalle koneellinen menetelmä. — Edellä esitetystä syystä sai allekirjoittanut Metsätehon tutkijana tehtäväksi oloihimme soveltuvan metsäkuljetusmenetelmän kehittämisen. — METSÄTEHOTOIMIKUNNALLE ja sen puheenjohtajalle, metsäneuvos JARL LINDFORSILLE sekä Metsätehon toiminnanjohtajalle, maat. ja metsät. lis. JAAKKO VÖRYLLE olen kiitollinen tästä luottamuksesta.

Kun pienviljelysvoittoinen maataloutemme tunnetusti pystyy antamaan traktoreilleen vuosittain sängen vähän tehollista työtä, ratkaisua lähdettiin etsimään maatalouspyörätraktoreiden käyttömahdollisuuksien selvittelyllä. Jos metsä- ja maatalouden vetovoima maatalouden koneellistumisenkin jälkeen on yhteinen, se näet merkitsee koneinvestointitarpeen supistumista, traktoreiden käyttökustannusten alenemista maataloudessa ja yleensä melkoista kansantaloudellista säästöä.

Käsillä olevien tutkimusten lähtökohta oli siis puhtaasti käytännöllinen. — Kun koneellisen menetelmän olennaisimmaksi kriteerioksi asetettiin kilpailukykyisyys taloudellisessa mielessä hevoskuljetuksen kanssa, tutkimussektori jouduttiin ratkaisun löytämiseksi laajentamaan myös erinäisiä teoreettisia selvittelyjä sekä hakkuu- ja tiekysymyksiä käsittäväksi.

Aineiston käsittelyssä ja tutkimusjulkaisun laadinnassa olen saanut merkittävää ohjausta opettajiltani, prof. MATTI JALAVALTA, prof. VALTER KELTIKANKAALTA ja prof. TH. WEGELIUKSELTA, jotka myös ovat tarkastaneet käsikirjoituksen. Olen heille suuressa kiitollisuuden velassa. — Vilpitöntä kiitollisuutta tunnen myös opettajaani, prof. EINO SAARTA kohtaan hänen hyväntahtoisesti antamistaan, julkaisun rakennetta kos-

kevistä ohjeista. — Käsikirjoitukseen on tutustunut myös prof. PAAVO ARO, jolta saamani neuvot olen kiitollisena ottanut vastaan.

Puhtaasti matemaattisissa kysymyksissä olen saanut apua fil. maist. TAUNO HELLEVUOLTA, josta hänelle parhaat kiitokset.

Kenttätöiden järjestely ei olisi käynyt päinsä ilman KYMIN Oy:n, G. A. SERLACHIUS Oy:n, VEITSILUOTO Oy:n, NOKIA Oy:n ja näiden metsäteollisuusyhtiöiden metsäpäälliköiden ja metsänhoitajien ystävällistä tukea ja apua. Erityisesti haluan kiittää metsäneuvos BJARNE BÜTZOWIA, metsäneuvos ERKKI LUIKkoa, metsäpäällikkö, metsänhoitaja YRJÖ SIMOLAA ja metsäneuvos GUNNAR ARNKILIA sekä metsänhoitajia KAARLO NISKASTA, PENTTI MANTILAA, KYÖSTI PÖYHÖSTÄ, JOUKO KAJOVAA, LEO PARTASTA, JOUKO UKKOLAA ja ILMARI WÄRETTÄ.

Tämäntapainen tutkimus- ja kokeilutyö vaatii onnistuakseen runsaasti erilaista kalustoa. Kustannuksiaan säästämättä ovat traktoreita tai muita laitteita antaneet kokeiltaviksi Oy FARMING Ab, Oy FORD Ab, JYLHÄVAARA Oy, KESKO Oy, KONE ja TERÄ Oy, METSÄTYÖ Oy, METSÄ- ja UITTOVÄLINE Oy, J. V. MERIVAARA Oy, S. E. PETTERSONS MEK. VERKSTAD (Vansbro), SUOMEN MAANVILJELIJÄIN KAUPPA Oy, SUOMEN MAANVILJELIJÄIN TEHDAS Oy, TYÖVÄLINE Oy sekä Oy VOLVO-AUTO Ab. — Kaikille edellä mainituille parhaat kiitokset.

Tutkimusten suorittamisen tieteellisen työn näkökohtien mukaisesti teki mahdolliseksi SUOMEN LUONNONVARAIN TUTKIMUSSÄÄTIÖN taloudellinen tuki. Parhaat kiitokset siitä säätiön Hallitukselle ja erityisesti sen puheenjohtajalle, pääjohtaja, prof. N. A. OSARALLE. — SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA on tukenut työtäni ottamalla sen julkaisusarjaansa.

Tutkimusten kaikissa vaiheissa olen saanut tunnollista apua työtoveriltani, maat. ja metsät. kand. RAIMO LEHDOLTA, joka myös on piirtänyt puhtaaksi graafiset esitykset. Lämpimät kiitokset hänelle. — Kenttätöihin ja aineistojen käsittelyyn osallistuneille Metsätehon aikatutkijoille ja laskuapulaisille, ketään heistä unohtamatta, haluan myös esittää kiitokseni.

Lopuksi pyydän kiittää kokeilutyömaiden paikallista työnjohtoa sekä työntekijöitä siitä kärsivällisyydestä, jolla he ovat suhtautuneet tutkimusten aiheuttamiin, tavanomaisista töistään poikkeaviin tehtäviin.

Tutkimusten englanninkielisen tekstin on kääntänyt fil. maist. PÄIVIKKI OJANSUU ja tarkastanut Mr. L. A. KEYWORTH, M.A. (Cantab). — Valokuvat ovat kirjoittajan ottamia lukuun ottamatta Ristimäensalon ilmakuva.

Helsingissä helmikuussa 1956.

Kalle Putkisto

Sisällys

	Sivu
I Johdanto	9
1. Metsäkuljetuksen koneellistamisen tarpeellisuus	12
2. Erilaisia koneellistamismahdollisuuksia	15
3. Katsaus aikaisempiin, traktori-metsäkuljetusta koskeviin kokeiluihin ja tutkimuksiin	19
4. Tutkimustehtävän asettaminen	26
II Metsäkuljetuksen työmenekin perustekijöitä	28
1. Tavaralaji	28
2. Kuljetusmatka	30
Matka hakkuuseen liittyvässä kuljetuksessa	30
Juontomatka	34
Matka tiellä tapahtuvassa kuljetuksessa	35
3. Maasto	38
4. Vuodenaika ja sääsuhteet	40
III Pyörätraktoreiden teknillinen soveltuvuus puutavaran kuljetukseen	42
1. Kulkunopeus	42
2. Veto- ja jarrutuskyky	42
3. Maastokelpoisuus	44
4. Lisävarusteiden käyttömahdollisuus	45
IV Tutkimusmenetelmä ja aineistot	47
1. Yleisselostus kokeilujen pohjaksi valituista työkonstruktioista	49
Teiden rakentaminen ja hakkuiden järjestäminen traktorikuljetusta varten	49
Traktorikuljetus	56
2. Aikahavaintojen teko sekä muut mittaukset ja käytetyt luokittelut	63
3. Aineistojen käsittely	68
4. Aineistojen laajuus ja laatu	71
V Työajan menekkiä koskevat tutkimustulokset	79
1. Työajan menekki traktoritien rakentamisessa	79
Raivaaminen	79
Rakennustoimenpiteet talvella	82
Tien hoito	88

	Sivu
2. Työajan menekki pinotavaran palsttien varteen teossa	89
3. Työajan menekki tukkien teossa	98
4. Työajan menekki pinotavaran kuormaamisessa palsttien varresta ..	99
Varsinainen kuormausta	99
Tehotyöaika	99
Keskeytykset	103
Kuormaustaso	104
Kuormaustasomatka	104
Tehotyöaika	105
Keskeytykset	109
Kokonaistyöajan menekin laskeminen kuormattaessa palsttien var-	
teen tehtyä pinotavaraa	114
Laskumenetelmä	114
Esimerkki laskumenetelmän soveltamisesta	114
5. Työajan menekki tukkien juontamisessa ja kuormaamisessa	115
Juontaminen	115
Juontomatka	115
Tehotyöaika	116
Keskeytykset	126
Kuormausta	132
Varsinainen kuormausta	132
Tehotyöaika	132
Keskeytykset	138
Kuormaustaso	140
Kokonaistyöajan menekin laskeminen tukkien juontamisessa ja kuor-	
maamisessa	140
Laskumenetelmä	140
Esimerkki laskumenetelmän soveltamisesta	141
6. Työajan menekki pinotavaran purkamisessa	141
Varsinainen purkaminen	141
Tehotyöaika	141
Keskeytykset	144
Purkamistaso	144
Kokonaistyöajan menekin laskeminen pinotavaran purkamisessa ..	146
Laskumenetelmä	146
Esimerkkejä laskumenetelmän soveltamisesta	147
7. Työajan menekki tukkien purkamisessa	147
Varsinainen purkaminen	147
Tehotyöaika	147
Keskeytykset	151
Purkamistaso	151
Kokonaistyöajan menekin laskeminen tukkien purkamisessa	152
Laskumenetelmä	152
Esimerkki laskumenetelmän soveltamisesta	153

	Sivu
8. Työajan menekki varsitiellä ajossa	153
Tehotyöaika	153
Keskeytykset	165
Kokonaistyöajan menekin laskeminen varsitiellä ajossa	171
Laskumenetelmä	171
Esimerkki laskumenetelmän soveltamisesta	171
9. Ajokerta-ajan laskeminen	171
Laskumenetelmä	171
Esimerkkejä laskumenetelmän soveltamisesta	172
VI Laskelmia hakkuun ja traktorikuljetuksen koordinoimiseksi	173
1. Kustannusten laskeminen koordinoimista varten	173
Traktorikaluston käyttökustannusten laskeminen	174
Tiekustannusten laskeminen	181
Hakkuukustannusten laskeminen	185
Juontokustannusten laskeminen	186
2. Pinotavaran palsttien varteen teon ja traktorikuljetuksen koordinoi-	
minen	188
3. Tukkien teon, vintturijuonnon sekä traktorikuljetuksen koordinoiminen	192
VII Traktorikuljetuksen vertailua muihin kuljetuslajeihin	196
1. Vertailua traditionaaliseen hevos- ja autokuljetukseen	196
Kuljetustuotoksen vertailua	196
Taloudellisuuden vertailua	200
Pinotavara	200
Tukit	216
2. Vertailua muihin koneellisiin metsäkuljetusmenetelmiin	224
VIII Traktorikuljetuksen suhde puun kasvatukseen	227
1. Palstatieverkon vaikutus	227
2. Traktorikuljetuksen kasvavalle metsälle aiheuttamat vauriot	229
IX Tulosten luotettavuuden tarkastelua	233
X Traktorikuljetuksen käytännöllisistä mahdollisuuksista	238
1. Olosuhteet, joissa traktorikuljetus tulee kysymykseen	238
2. Traktorikuljetuksen kehittämismahdollisuudet	241
3. Traktorikuljetuksen soveltaminen käytäntöön	242
4. Traktorikuljetus maataloustalouden kannalta	243
XI Tiivistelmä tutkimustuloksista	244
1. Tutkimusmenetelmä	244
2. Traktorikuljetus	247
Kirjallisuusluettelo — <i>References</i>	258
Muut lähteet — <i>Other sources</i>	265
Lyhennyksiä ja symboleja — <i>Abbreviations and symbols</i>	266
<i>Summary</i>	269
Liitteet (Näytteitä korrelaatiotaulukoista) — <i>Appendices (Specimens of correlation</i>	
<i>tables)</i>	305

I Johdanto

Metsien päätuotteen, puun, korjuu koostuu joukosta perättäisiä töitä, jotka on totuttu jakamaan kahteen pääryhmään, puutavaralajien tekoon eli *hakkuuseen* sekä valmistettujen puutavaralajien *kuljetukseen*. Ryhmien raja ei kuitenkaan ole tarkka, koska hakkuutyö sisältää aina myös jonkin määrän kuljetusta. Tällaista on esim. *suunnattu kaato*, jolla tarkoitetaan puun kaatamista joko hakkuu- tai kuljetustyön takia, taikka kasvavien puiden, sähköjohtojen jne. suojelun vuoksi tiettyyn suuntaan, riippumatta siitä mikä puun luonnollinen kaatamissuunta olisi. Niin ikään valmistettujen pölkkyjen siirtely joko metsässä varastoinnin taikka varsinaisen kuljetuksen helpottamiseksi (pinoaminen, ristikoiminen, tukkien oikominen, kantamalla kasaaminen) on luettava eräänlaiseksi kuljetukseksi.

Varsinainen kuljetus puolestaan on jaoteltu matkan pituuden mukaan *lähikuljetukseen ja kaukokuljetukseen*. Näiden välistä matkan rajaa ei tietävästi kuitenkaan ole missään ilmaistu. Lähikuljetusta on käytännössä nimitetty *ajoksi* tai *vedärykseksi*. Ilmeisesti lähi- ja kaukokuljetuksen rajana on pidetty hevoskuljetuksen päättymispistettä, koska kaukokuljetukseen on yleensä luettu kuuluviksi uitto sekä auto-, rautatie- ja aluskuljetukset.

Kun puutavaraa on ryhdytty kuljettamaan moottoriajoneuvoilla sellaisillakin matkoilla, joilla aikaisemmin hevoskuljetus oli vallitsevana, em. matkan mukainen jaottelu ei enää ole yhtä selvä kuin ennen. Uuden jaon ovat esittäneet mm. HEISKANEN—KANTOLA (1950, ss. 3—6). Siinä lähikuljetus-nimitys on korvattu onnistuneemmalla »*metsäkuljetuksella*». Sillä tarkoitetaan heidän mukaansa »puutavaran kuljetusta metsässä joko ilman teitä tai yksinomaan metsätaloudellisia tarkoituksia varten rakennetuilla tilapäisillä teillä, ja sitä seuraa aina jokin vakinaisilla teillä suoritettava kuljetus». — Määritelmä on hieman epätarkka, koska esim. metsän laitaan tehtävän rakennuksen puutavaran kuljettaminen

tästä metsästä on ilmeistä metsäkuljetusta, vaikkei sitä seuraakaan kuljetus vakinaisella tiellä. — Metsäkuljetus voitaneen määritellä myös seuraavasti. Sillä tarkoitetaan *metsässä suoritettavaa tai metsästä alkavaa, lihas-, paino- tai konevoimaan perustuvaa puutavaran maakuljetusta, joka useimmiten tapahtuu joko kokonaan tai osittain ilman pysyviksi rakennettuja teitä ja jossa kuljetusmatka on yleensä suhteellisen lyhyt.* — Metsäkuljetus-käsite sisältää siis sekä hakkuuseen liittyvän kuljetuksen että myöskin ne hakkuualueella ja teillä tapahtuvat hevoskuljetukset, joiden korvaamisesta konevoimalla käsillä olevassa tutkimuksessa on kysymys.

Käytetyn kuljetusreitit (esim. rautatie, vesistö jne.), kuljetusvälineen (esim. reki, perävaunu, alus jne.) tai voimanlähteen (hevonon, traktori jne.) mukaan on totuttu puhumaan myös *kuljetuslajeista* (kuljetusmenetelmä, kuljetusmuoto). — Traktorikuljetus on tässä tapauksessa metsäkuljetuksen laji, joka sovelluttamistavasta riippuen korvaa hevoskuljetuksen ja osan hakkuuseen liittyvästä, ihmisvoimin suoritetusta kuljetuksesta, taikka vaatii onnistuakseen hakkuuseen liittyvän kuljetustyön lisäämistä.

Kuljetuksen käsitteeseen sisältyvät aina kuormaus ja purkaminen sekä useasti varastoimistöitä ja metsäkuljetusten kysymyksessä ollessa myöskin tietöitä. — Ellei kuormaa saada kootuksi yhdestä paikasta, tai ellei sitä saada puretuksi yhteen paikkaan, kuljetusvälineen on siirryttävä kuormaus- ja purkamistöiden yhteydessä. Seuraavassa nämä siirtymiset luetaan kuormaukseen ja purkamiseen kuuluviksi ja edellisessä tapauksessa puhutaan *kuormausajosta*, jälkimmäisessä *purkamisajosta*. — Valmiin kuorman kuljettamista työmaan kaikille tai useille kuljetusvälineille yhteisellä reitillä, varsitiellä, voidaan erotukseksi edellisistä nimittää *kuormattuna-ajoksi varsitiellä*, tyhjän ajoneuvon kulkua purkamisvarastolta varsitietä myöten ajopalstalle *tyhjänäajoksi varsitiellä* sekä kumpaakin yhteisellä nimellä yksinkertaisesti *varsitiellä ajoksi*. — Kuormausajo, joka yleensä tapahtuu metsäkuljetuksen ollessa kysymyksessä alun perin tietömässä maastossa, tai kunnoltaan varsiteitä huonommilla palstateilla, on eräissä tapauksissa tarkoituksenmukaista jakaa kolmeen vaiheeseen, *tyhjänäajoon*, *kuorman keräysajoon* sekä *kuormattuna-ajoon* (ks. kuvaa 3, s. 37). Vastaavasti voidaan purkamisajo jakaa *kuormattuna-ajoon*, *kuorman tyhjennysajoon* sekä *tyhjänäajoon*. Purkamisajo tapahtuu tällöin varastoteillä ja tyhjennysajo tulee kysymykseen vain silloin, kun kuorma puretaan kahteen tai useampaan paikkaan.

Edellisestä on jo ilmennyt, että ajolla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä osaa kuljetuksesta, jonka aikana ajoneuvo on liikkeessä.

Jos kuormattava tavara ei ole ajoneuvon käyttämän kulkureitin vä-

littömässä läheisyydessä, se on kuljetettava ajoneuvon ulottuville joko ennakkolta tai viimeistään välittömästi ennen kuormausta. Tämä kuljetus, jota voidaan nimittää *siirtelyksi* jos matka on lyhyt (vrt. Putkisto 1954a, s. 1), on mahdollista suorittaa hakkuumiesten toimesta hakkuutyöhön liittyvänä kuljetuksena, eläinvetovoimalla tai koneellisesti. Kahta viimeksi mainittua siirtelyn lajia on totuttu nimittämään *juonnoksi* (telaus). Eräissä tapauksissa juontoa edeltää hakkuumiesten suorittama siirtelytyö, nimittäin tavaran kerääminen pinoihin, ristikoille, kasoihin jne., kuten jo aikaisemmasta on ilmennyt. — Koneellinen juonto voi tapahtua joko niin, että työssä käytetään hyväksi juontoa seuraavassa kuljetuksessa kysymykseen tulevan kuljetusvälineen voimanlähdeä, tai niin, että se suoritetaan erillisenä koneellisella kuljetusvälineellä. Ensiksi mainitussa tapauksessa kuljetusväline joudutaan yleensä varustamaan vintturilla, jolloin työtä voidaan nimittää *vintturijuonnoksi*. Erillisen kuljetusvälineen juontotyö saattaa niin ikään olla vintturijuontoa tai sellaista, että ajoneuvo etenee juonnettavan tavaran välittömään läheisyyteen sen noutamiseksi. Hakkuuseen liittyvä siirtely on suoritettava aina ja juonto useimmiten ilman minkäänlaisia teitä.

Varastoimis- ja tietyt liittyvät välittömästi kuljetukseen silloin, kun niitä tekee sama työvoima, joka huolehtii varsinaisesta kuljetuksesta. Ko. töihin ryhtyminen merkitsee näin ollen keskeytystä kuljetuksessa.

* * *

Puun korjuuseen kuuluvien töiden kokonaismäärä riippuu sangen monista tekijöistä, kuten käsittelyn kohteeksi joutuneen leimikon ominaisuuksista ja sijainnista puutavaran työstö- tai käyttöpaikkaan nähden, tavoitteina olevista tavaralajeista, käytettävissä olevien kuljetusreittien lajista, laadusta ja sijainnista, vuodenajasta jolloin työt suoritetaan jne. — *Jokaisen työn suoritustavalla on tietty vaikutus ainakin välittömästi sitä seuraavaan työhön, mutta useasti koko työketjuun.* Korjuuprosessin ensimmäisten töiden, puutavaran hakkuun ja metsäkuljetuksen, suoritustavat vaikuttavat yleensä myös ko. metsälön puun tuotannon määrään, laatuun ja jatkuvuuteen sekä valmistettujen puutavaralajien käyttöarvoon.

Yleisenä pyrkimyksenä on suorittaa korjuu siten, että siitä aiheutuvat kokonaiskustannukset, puun tuotannon jatkuvuus ja puutavaran mahdollisimman suuri käyttöarvo huomioon otettuina, olisivat pienet. Tästä ja korjuuprosessin eri töiden välisestä riippuvuudesta johtuen *työketjun jonkin työn rationalisoimispyrkimyksissä ei voida rajoittaa tarkastelemaan vain ko. työtä, vaan on kiinnitettävä huomiota suunniteltujen muutosten vai-*

kutukseen koko prosessiin. Useasti toimenpiteitä on kritisoitava vieläkin laajempaa taustaa vasten (esim. työmarkkinoiden kannalta). — Tämä koskee myös metsäkuljetuksen koneellistamismahdollisuuksien selvittelyä.

1. Metsäkuljetuksen koneellistamisen tarpeellisuus

Kun ainakin osa metsäkuljetuksesta tapahtuu tiettömässä metsämaastossa ja on luonteeltaan tavaran keräämistä kokoon pienistä eristä suhteellisen laajalta alueelta, se on hevosilla suoritettuna puutavaran kuutiomatkatkayksikköä kohden sangen kallista sekä kuormaus- ja purkamistöiden osalta raskasta. — SOSIAALIMINISTERIÖN PALKKAOSASTON (1955) hevoskuljetustaksojen mukaan esim. puolipuhtaan, metsäkuivan 2-m kuusi-paperipuun lumitiellä tapahtuvasta hevoskuljetuksesta on maksettava Länsi- ja Itä-Suomen palkkausalueella n. 29: — mk/p-m³/km (km-korotus), kun vastaava maksu autokuljetuksesta esim. 20 km ajomatalla on n. 5: — mk/p-m³/km (VALPAS 1954, s. 44) ja rautatiekuljetuksesta 100 km matkalla 1: 03 mk/p-m³/km (ALAVA 1950, s. 148). Tiellä tapahtuva hevoskuljetus on siis n. 6 kertaa niin kallista kuin kuljetus autolla ja n. 30 kertaa niin kallista kuin kuljetus rautateitse, ellei oteta tie-, kuormaus- ja purkamiskustannuksia huomioon. — On siis täysi syy pyrkiä koneellistamaan metsäkuljetusta, jos sen kustannukset saadaan siten halvemmiksi.

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, metsäkuljetus on tapahtunut maassamme pääasiallisesti hevosilla, ellei hakkuuseen liittyvää kuljetusta oteta huomioon. — Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriön keräämien tilastojen mukaan yksistään kauppaan tulevan puutavaran kuljettaminen on sitonut viime vuosina kuljetusten ollessa vilkkaimmillaan 25 000... 65 000 hevosta (LAAKSONEN 1954). Keskimääräinen tarve lienee n. 40 000 hevosta. Kotitarvepuun hankinta edustaa 32...40 % puutavaran hankinnan kokonaismäärästä (SAARI 1934, s. 142, OSARA—PÖNTYNE—ERKKILÄ 1948, s. 41). Jos myös sen hevostarve otetaan samoin perustein laskelmissa huomioon, saadaan metsäkuljetuksen keskimääräiseksi kokonaishevostarpeeksi n. 60 000 ja vaihtelurajoiksi 45 000...85 000 hevosta. — On huomattava, että kotitarvepuun kuljetusmatkat ovat kauppaan tulevan puutavaran kuljetusmatkoja lyhyempiä, mutta toisaalta kuljetuksen tehokkuus on alhaisempi.

Mikäli metsäkuljetus halutaan jatkuvasti suorittaa hevosilla ja tätä taustaa vasten pyritään tekemään arvioita hevosten riittävydestä, on

lähtökohtana pidettävä maksimihevostarvetta, koska muuten ei selvitä noususuhdanteiden laajentamista kuljetustavoitteista.

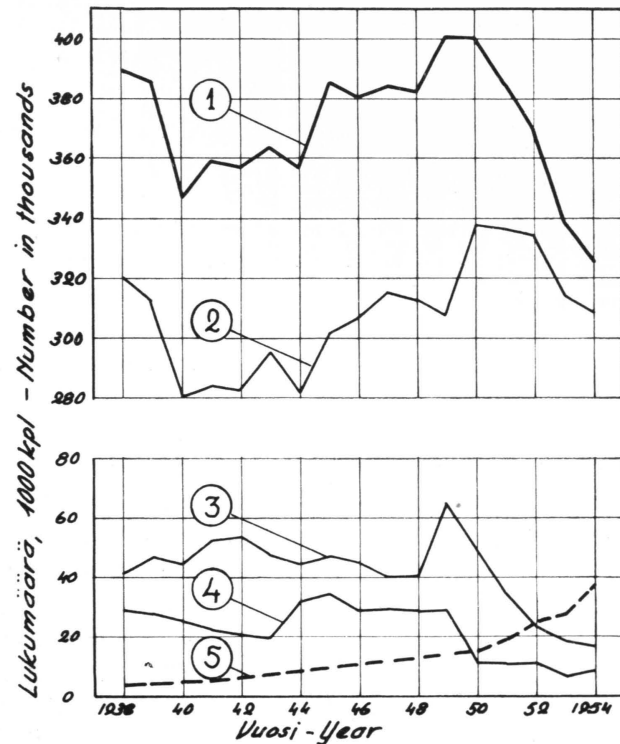
Maassa olevien työikäisten hevosten kokonaismäärä ei ratkaise kysymystä, koska vain osa siitä on mobilisoitavissa metsäkuljetukseen ilman normaalille talouselämälle vieraita pakkokeinoja. Yli 3-vuotiaista työhevosista on ollut metsäkuljetuksissa vilkkaimpina ajokuukausina 13... 26 %. Keskiarvo lienee n. 19 %. Kun metsätyömailla on sodan jälkeisinä vuosina ollut hevosten liikatarjontaa, sadannes voi ilmeisesti tarpeen vaatiessa suurentua, mutta tuskin ilman erikoistoimenpiteitä 30...35 % suuremmaksi. — Näiden sadannesten mukaan työhevosten kokonaismäärä ei saisi laskea alle 240 000...280 000 eläimen, jos metsäkuljetus halutaan jatkuvasti suorittaa hevosilla.

Vaikka hevosten siirtoa paikkakunnalta toiselle suurten työmaiden metsäkuljetuksiin jonkin verran tapahtuukin (esim. Keski-Pohjanmaalta Lappiin), hevosten käyttöä on pidettävä pääasiallisesti paikallisena. Jonkin paikkakunnan hevoscannan runsaudesta huolimatta toisella paikkakunnalla saattaa siis metsäkuljetusten kannalta muodostua hevosten puute.

Puuttumatta lähemmin hevosten metsäajoihin mobilisointikysymyksen seuraavassa tarkastellaan hevoscannan kehitystä maassamme v:n 1938 jälkeen. Sitä valaisee kuva 1 (s. 14), jossa on esitetty alle 1-vuotisten, 1...3-vuotisten, yli 3-vuotisten sekä kaikkien hevosten lukumäärän vaihtelut Maataloushallituksen tilasto-osaston antamien tietojen mukaan (ks. myös HEVOSMIEHEN KALENTERI 1956, s. 117).

Kuva osoittaa, että kaikkien ikäluokkien, varsojen, nuorten hevosten ja työhevosten, määrä on nopeasti vähentymässä. Kokonaismäärän vähentyminen on v:sta 1950 alkaen ollut vuotta kohden keskimäärin lähes 21 000 hevosta. Samanaikaisesti astutustoiminta on ollut niin vähäistä, että keskim. vuotta kohden on syntynyt vain n. 9 800 varsaa. Hevosten ikäluokkarakenne on muutenkin muuttunut epäedulliseksi, sillä vanhoja ikäluokkia on runsaasti.

Hevosten vähentymistä voisi pitää akuuttisena, helposti korjattavissa olevana ilmiönä, ellei eräs uusi tekijä olisi astunut näyttämölle, nimittäin maatalouden traktorisoituminen. Maataloustraktoreiden määrä maassamme voidaan arvioida Maataloushallituksen, Tullihallituksen tilastotöiden ja traktoreiden maahantuottajien sekä kotimaisten valmistajien antamien tietojen mukaan (1954) n. 38 000:ksi (kuva 1). Tavoitteena pidetään esim. SUOMELAN (1954) mukaan n. 45 000...50 000 traktorin kokonaismäärää, joten tuonti on ilmeisesti lähivuosina runsasta.



Kuva 1. Hevosten ja traktoreiden määrän vaihtelut vv. 1938—1954 Suomessa. — 1. hevosten kokonaismäärä. — 2. yli 3 v ikäisten työhevosten määrä. — 3. 1...3 v nuorten hevosten määrä. — 4. alle 1 v varsojen määrä. — 5. traktoreiden määrä.
 Fig. 1. Changes in the number of horses and tractors in 1938—1954 in Finland. — 1. Total of horses. — 2. Number of draught horses over 3 years. — 3. Number of horses of 1...3 years. — 4. Number of horses under 1 year. — 5. Number of tractors.

Hevosten määrän vähentyminen ei tosin ole ollut niin voimakasta, kuin traktorisoitumisen kehitys edellyttäisi, sillä jokaisen traktorin laskeaan maataloudessa korvaavan keskimäärin 4 hevosta (REINIKAINEN 1953). Hidastavina tekijöinä ovat olleet tunnepohjaiset syyt (mm. ravi-kilpailut), hevosten vientimarkkinoiden puute, asutustoiminnan aiheuttama viljelmien lukumäärän lisääntyminen ja koon pienentyminen, metsäkuljetuksesta saatavien talviansioiden menettämisen pelko sekä traktori-käyttöisten työvälineiden ja niiden hankintaan tarvittavien pääomien puute. — Kun nuorten hevosten ja varsojen määrä kuitenkin on nykyisin alhaisempi kuin koskaan aikaisemmin, ei edellä luetelluista hidastavista tekijöistä huolimatta voi tulla muuhun johtopäätökseen, kuin että *jo lähi-*

vuosina alkaa esiintyä ainakin alueittaista hevosten puutetta metsäkuljetuksessa, ellei astutustoiminnassa tapahdu huomattavaa lisääntymistä tai metsätalouden hevostarpeessa vähentymistä.

Edellä on tarkasteltu tilannetta Suomessa. Vastaavasta, mutta vieläkin jyrkemästä hevosmäärän supistumisesta ja traktoreiden määrän lisääntymisestä on löydettävissä esimerkkejä muistakin maista, esim. Ruotsista. — ANDERSONIN (1953) mukaan hevosmäärä pysyi tässä maassa vv. 1925—1946 miltei vakiona, nim. n. 600 000 eläimenä, mutta väheni sen jälkeen jyrkästi. V. 1952 hevosia oli n. 385 000, joista maatalouden ulkopuolella n. 25 000. Vähentyminen on eri alueilla ja eri ikäluokissa ollut erilainen. 3-vuotisten ja sitä vanhempien hevosten määrä on Etelä- ja Keski-Ruotsin tasankoalueilla vähentynyt vuosien 1944 ja 1952 välisenä aikana 36 %, samojen leveysasteiden metsä- ja laaksoseuduilla 20 % ja Pohjois-Ruotsissa 14 %. Nuorten (1...3 v) hevosten määrä on vastaavana aikana supistunut 65...72 % ja varsojen syntyvyys 73...76 % alueesta riippuen. Maatalouden täyden koneellistamisen jälkeen arvioidaan tämän maan työhevosten tarve 315 000:ksi. V:sta 1947 alkaen on varsojen syntyvyys ollut kuitenkin tältä kannalta riittämätön, ja esim. v:n 1952 varsakanta riittää ainoastaan n. 135 000 työhevosen tuottamiseen.

Hevosten vähentymisen ja traktorimäärän lisääntymisen välillä on Ruotsissa selvä korrelaatio. Maan pyörätraktorikanta on nykyisin n. 100 000 (esim. ARVIDSON 1955, s. 3).

Edellisen perusteella voi päätellä, että *ellei taksapoliittisin, propagandatai muilla keinoin saada nopeata varsojen kasvatuksen lisääntymistä aikaan, maamme hevuskanta käy metsäkuljetuksiin riittämättömäksi ja metsäkuljetusten koneellistaminen muodostuu välttämättömäksi.*

2. Erilaisia koneellistamismahdollisuuksia

Metsäkuljetusten hevosten tarvetta voidaan supistaa muillakin keinoin kuin koneellistamisella. Esim. hakkuutyöhön liittyvän kuljetuksen lisääminen, hevosaltviteiden kunnan parantaminen, hevoskuljetusmatkojen lyhentäminen puroja perkaamalla ja rakentamalla, kuljetuskauden pidentäminen lisäämällä metsäkuljetuksia sulan maan aikana jne. ovat tällaisia toimenpiteitä. Niiden vaikutus on useissa tapauksissa suhteellisen vähäinen, ja taloudellinen kannattavuus sekä soveltuvuus yleiseen työvoimatilanteeseen saattavat olla kyseenalaisia.

Verraten runsaasti käytetty hevosten tarpeen vähentämiskeino on kuljetuksen *koneellistaminen osittain*, mikä käytännössä yleensä merkitsee sitä, että hevostyö rajoitetaan tavaran hakkuualueelta välivarastoon keräämiseen, josta käsin kuljetus suoritetaan moottoriajoneuvoilla tai muilla koneellisilla välineillä. Menetelmä edellyttää koneellisille kuljetusvälineille soveltuvaa tietä välivarastolle. Ellei vakinaista tietä ole käytettävissä, on rakennettava joko sellainen tai talvitie. Vakinainen tie, nykyisin yleensä metsäautotie (ks. SILVAN—TAIVAINEN 1952), on kustannuksiltaan niin kallis, että sellainen tulee kysymykseen vain suurien puutavaramäärien metsäkuljetuksessa ja tapauksissa, joissa tiestä on runsaasti muutakin hyötyä (esim. PUTKISTO 1952a). Moottoritalvitieiden rakennustekniikan ja moottoriajoneuvojen kehittyminen (ROITTO 1939, PUTKISTO 1950a, 1952b) on tehnyt mahdolliseksi pieneköjenkin puutavaraerien noutamisen moottoriajoneuvoilla välivarastoista, mutta valtaosa metsäkuljetustyömaista on jatkuvasti tämän mahdollisuuden ulkopuolella.

Osittaisesti koneellistetun metsäkuljetuksen eräänä edellytyksenä on suhteellisen pitkä kuljetusmatka ko. koneellisella ajoneuvolla. Muuten uudelleen kuormaus välivarastossa rasittaa kohtuuttomasti kuutioyksikön kuljetuskustannuksia. Yleispätevää matkan rajaa ei voida tarkasti määrittää, mutta esim. auto- ja pyörätraktorikuljetuksen alarajana on pidetty maassamme n. 5...6 km (esim. RONKANEN 1950, s. 453, PUTKISTO 1950b, s. 560).

Vaikka osittaisesti koneellistetuilla menetelmillä on yleensä saavutettavissa sängen huomattava hevosten tarpeen vähentyminen, metsäkuljetusmatkat ovat maassamme keskimäärin siksi lyhyet, että se ratkaisee vain osan ongelmasta. — SEPPÄNEN (1949, s. 400) on maan uittoväylätiheyttä selostaessaan laskenut pisimmän teoreettisen maakuljetusmatkan uittoväylälle eri päävesistöalueilla vaihtelevan 2.1...4.6 km, ellei oteta lukuun Jäämeren aluetta, jolla se on 8.1 km. Tällöin tavara joutuisi siis uittoon. Auto- ja rautatieverkko lyhentävät hevuskuljetusmatkoja. Niinpä eräät metsäteollisuusyhtiöt (mm. Kajaani Oy) ovat ilmoittaneet hevuskuljetustensa keskiajomatkan vaihtelevan 2...3 km. Puutavaramäärillä painotettu keskiarvo lienee nykyisin enintään 2.5 km, ja pisimmät matkat, joihin hevosta käytetään, lienevät n. 8...9 km.

Tarvitaan siis myös *täydelleen koneellistettua* metsäkuljetusta. Sillä tarkoitetaan metsäkuljetusmenetelmiä, joissa eläinvetovoimaan turvautumatta kuljetus suoritetaan pääasiassa konevoimalla. — Maamme olosuhteita ajatellen niitä on voitava käyttää taloudellisesti 5 km lyhyemmilläkin matkoilla ja pientenkin puutavaraerien kuljetuksessa.

Yleisimmät koneellisen metsäkuljetuksen lajit ovat:

- köysikuljetus,
- telaketjuajoneuvokuljetus ja
- pyöräajoneuvokuljetus.

Köysikuljetusta käytetään pääasiallisesti Norjan, Sveitsin, Itävallan, Saksan, USA:n ja Kanadan vuoristometsissä, joissa maaston kaltevuus-suhteet tekevät hevoseen turvautumisen mahdottomaksi (esim. WINKELMANN 1943, BROWN 1949, ss. 190—192, SAMSET 1951a, ss. 1—33, GUDIM 1953, STEINLIN—ZEHNTNER 1953 ja 1954, KAUFMANN 1954, STEINLIN 1954, BENNETT 1955). Helpossa maastossa sitä on tiettävästi sovellettu ainoastaan Yhdysvaltojen länsiosien suurilla paljaaksihakkaustyömailla, jonkin verran mainitun maan eteläosissa sekä Venäjällä. Olennaisena välineenä tässä kuljetustavassa on vintturi, joita tarvitaan yksi tai useampia. Tavara siirtyy teräsköyden varassa, joka on useimmiten ainakin osittain ilmassa.

Telaketjuajoneuvoihin on turvaututtu joko sen vuoksi, että kuljetettava puutavara on dimensioiltaan ollut vaikeasti eläinvetovoimalla kuljettavaa, kuten esim. USA:n Länsi-Valtioissa (esim. FRITZ 1937, BROWN 1949, ss. 152—173, WACKERMAN 1949, ss. 194—221, SIMMONS 1951, ss. 77—78), taikka työn tuottavuuden, lumen puuttumisen tai hevosten puutteen vuoksi (esim. SUNDBERG 1949, PROTANSKIJ—SYROMJATNIKOV 1951, ss. 72—90) on lähinnä tavaran hakkuualueelta kerääminen haluttu koneellistaa. Periaatteena on tällöin ollut saada »kone kannolle», niin kuin hevuskuljetuksessakin, ja sen vuoksi tavara on vedetty laahuskuormana joko saksiin tai kettingin taikka köyden silmukkaan kiinnitettynä, taikka kuorman toinen pää on nostettu joko traktorin peräosan kannatukselle tai traktorin vetämän reen, »pulkan» (skidding-pan, skutakja, klimaxkälke jne.), taikka erikoisajoneuvon (arche, sulky) varaan (ks. esim. BROWN 1949, ss. 160—170). — Luonteenomaista näille kuljetuksille ovat hitaus ja traktoreiden painoon ja moottorin tehoon nähden suhteellisen pienet kuormat. Sen vuoksi kuljetusmatka rajoittuu tavallisesti alle 1 km:n. Tavara siis puretaan välivarastoon, josta se joutuu uudelleen kuormattavaksi, tavallisimmin autoihin mutta joskus myös telaketjutraktorin vetämiin parirekiin.

Metsäkuljetukseen käytetyt *pyöräajoneuvot* voidaan jakaa kolmeen pääryhmään, autoihin, pyörätraktoreihin ja erikoisajoneuvoihin.

Autot ovat, kuten tunnettua, yleisajoneuvoja, jotka kantavat kuorman joko kokonaan tai huomattavalta osalta. Edelleen niille on luonteenomaista suuri nopeus ja verraten huono maastokelpoisuus. Vm. syystä nii-

den pääasiallinen käyttö on tiellä tapahtuvassa liikenteessä. Täysin koneelliseen metsäkuljetukseen ne soveltuvat ainoastaan erittäin helpoissa maasto-olosuhteissa lumettomana tai vähälumisena aikana (esim. BROWN 1949, s. 298). Sen sijaan hevosilla välivarastoon kerätyn puutavaran kuljetuksessa joko lavallaan, puoli- tai täysperävaunussa taikka peräressä ne ovat saaneet laajan käytön. Kuljetusmatkat ovat yleensä melko pitkiä, maamme olosuhteissa tavallisesti 5...50 km, joskus jopa yli 200 km (vrt. PUTKISTO 1950b). Keskiajomatka on nykyisin n. 30 km (LINDFORS 1956).

Pyörätraktorit on yleensä tarkoitettu muuhun kuin puutavaran kuljetukseen, nim. maatalouden tai teollisuuden tarpeisiin. Puutavaran kuljetusta yleensä ja erityisesti metsäkuljetusta on pidettävä niille erikoisena käyttösovellutuksena. Pyörätraktoreiden teknillistä sopivuutta metsäkuljetukseen käsitellään myöhemmin (s. 42). Mainittakoon kuitenkin jo tässä yhteydessä, että ne on lähinnä konstruoitu vetotyöhön ja että niiden maastokelpoisuus suurten takapyörrien ja korkean maavaran ansiosta on hieman parempi kuin autojen, mutta tuntuvasti huonompi kuin telaketjuajoneuvojen. Taloudellisen kuljetustehon saavuttaminen edellyttää verraten tasaista alustaa, siis helppoja maasto-olosuhteita (ks. esim. SIMMONS 1951, s. 78) taikka tietä. Niiden nopeus on yleensä suurempi kuin telaketjuajoneuvojen, mutta melkoisesti pienempi kuin autojen.

Erikoispyöräajoneuvoiksi on katsottava esim. saksalainen, moottorisanhan moottorilla toimiva, kolmipyöräinen »Rückekarre», joka on tarkoitettu hevosen korvaajaksi pinotavaran keruutyössä (GLÄSER 1951, s. 196), samoin kuin saksalainen »Unimog» ja amerikkalainen »Power Horse», jotka on pyritty saamaan tavallisia pyörätraktoreita maastokelpoisemmiksi. Tämän tyyppiset erikoisajoneuvot soveltuvat teknillisessä mielessä metsäkuljetukseen yleensä paremmin kuin vakiomalliset, mutta niiden hankintahinta valmistussarjojen pienuuden vuoksi taikka käyttökustannukset rajoitetusta käyttöalasta johtuen pyrkivät heikentämään niillä tapahtuvan kuljetuksen taloudellisuutta.

Sekä telaketju- että pyöräajoneuvojen ominaisuuksia on pyritty yhdistämään eräissä erikoisajoneuvoissa, joiden takapyörät on korvattu »puolitelaketjuilla» maastossa ja lumessa kulkemiskyvyn parantamiseksi (esim. White-puolitelavaunu). Niin ikään vakiomallisiin pyörätraktoreihin on pyritty rakentamaan lisävarusteiksi puolitelaketjuja vastaavasta syystä (Bombardier, Blackhawk, Alfta-band jne.).

Em. koneellisia metsäkuljetuksen lajeja ei suinkaan aina käytetä puhtaina, vaan niistä on kombinoitu erilaisia ratkaisuja. Sangen yleisesti

esim. USA:ssa ja Kanadassa puutavara kerätään telaketjutraktoreilla, mutta kuormataan välivarastossa autoihin (esim. BROWN 1949, s. 245). Niin ikään juontovaiheessa voidaan käyttää köysikuljetusta, mutta jatkokuljetus suoritetaan autoilla (esim. Loggers Dream), kuten jo aikaisemmin mainittiin.

Kuljetusvälineen ja tien välinen vuorovaikutus kuvastuu selvästi metsäkuljetuksen koneellistamispyrkimyksissä. Kuta parempi on tie, sitä paremmat ovat mahdollisuudet turvautua vakiomallisiin moottoriajoneuvoihin ja sitä suurempi on kuljetusteho. Päinvastaisessa tapauksessa joudutaan käyttämään maastokelpoisia mutta kalliita erikoisajoneuvoja. Niidenkin kuljetusteho on sitä alhaisempi, mitä huonompi on ajoreitti. Kun metsätalous joutuu yleensä kustantamaan huomattavan osan tarvitsemistaan teistä, puutavaran korjuussa joudutaan etsimään optimiratkaisuja, joissa tie- ja kuljetuskustannusten summa on minimissä.

3. Katsaus aikaisempiin, traktori-metsäkuljetusta koskeviin kokeiluihin ja tutkimuksiin

Metsäkuljetusten koneellistamiseksi on ilmeisesti suoritettu kokeiluja lähes yhtä kauan kuin koneellisia kuljetusvälineitä on ollut olemassa. — Ruotsalainen SJÖQUIST (1946, s. 7) mainitsee nykyisten maataloustraktoreiden ensimmäiset edeltäjät rakennetuiksi Englannissa jo n. v. 1850. Kysymyksessä oleviin traktoreihin oli maanmuokkausaura rakennettu kiinteästi, joten niillä ei kuitenkaan voitu kuljettaa tavaraa.

BROWNIN (1949, ss. 152—153) mukaan ensimmäiset käyttökelpoiset traktorit rakennettiin Pohjois-Amerikassa 1880-luvulla. Ne oli varustettu kookkailla pyörillä ja voimanlähteenä oli höyrykone. Ensimmäisiä kokeiluja niiden käyttämiseksi metsäkuljetukseen tehtiin Kaliforniassa jo v. 1893. Kysymyksessä oli tukkien juonto, joka aikaisemmin oli tapahtunut 10 tai 12 härkäparin muodostamalla valjakolla.

Ensimmäiset telaketjutraktorit BROWN mainitsee rakennetuiksi v. 1904. Niissä oli 40 hv höyrykone. Seuraavana vuonna höyrykoneen sijasta ryhdyttiin kuitenkin käyttämään polttomoottoria.

Pohjois-Amerikasta, joka todennäköisesti on ollut ensimmäinen traktoreiden käyttäjä metsätaloudessa, on sittemmin muodostunut esikuva muille maille metsäkuljetusten koneellistamispyrkimyksissä. Kokeiluja, lähinnä traktoreiden ja niiden lisävarusteiden kehittämiseksi, on sekä USA:ssa että Kanadassa tehty jatkuvasti, joskin varsinaisia tutkimusjul-

kaisuja tältä alalta tapaa näiden maiden kirjallisuudesta suhteellisen vähän. — Seuraavassa esitetään eräitä poimintoja.

COX (1935) on käsitellyt telaketjutraktorikuljetusta pääasiassa kustannusten kannalta ja vertaillut polttomoottoreilla ja dieselmoottoreilla varustettujen traktoreiden taloudellisuutta keskenään todeten viimeksi mainitut edullisemmiksi.

FRITZ (1937) on kirjoittanut traktorikuljetuksen eduista muihin kuljetusmenetelmiin verrattuna punapuutukien kuljetuksen ollessa kysymyksessä.

SIMMONS on julkaissut mm. telaketjutraktoreiden juontokuormien suuruutta koskevia tietoja (1949) ja selostanut yksityiskohtaisesti traktorijuonnon järjestelyssä huomioon otettavia seikkoja (1951, ss. 77—87). Pyörätraktoreita voidaan hänen mielestään käyttää juontoon erityisesti maatilametsätaloudessa, jos maasto-olosuhteet ovat helpot.

WACKERMANIN (1949, ss. 194—221) mukaan voidaan niin ikään pyörätraktoreilla juontaa puutavaraa, jos maasto on hyvä. — Samaan tulokseen on tullut COLLET (1949), joka on tehnyt tutkimuksia paitsi pyörätraktorikuljetuksesta myös telaketjutraktorijuonnosta ja kuitupuun metsäkuljetuksesta niputettuna.

MCCOLL (1950) on laatinut katsauksen Kanadassa käytössä olevaan koneelliseen puutavaran hankintaan. Hän pitää hevosella tapahtuvan alkukuljetuksen eliminoimista erittäin tärkeänä ja kertoo mm. »snowmobilella» ja puolitelaketjuilla varustetulla pyörätraktorilla suoritetuista koneellistamiskokeiluista. Pienikokoisten maatalous-pyörätraktoreiden hän sanoo kuljettaneen tasaisessa maastossa kesäaikana eräänlaisilla purilla n. 1 cordin kuormia ja päivätuotoksen nousseen 1 500 j matkalla n. 20 cordiin. Työryhmään kuului 2 miestä ja liikennöimistä varten oli raivattu jonkinlaiset palstatiet. Samassa kirjoituksessa hän selostaa myös talvella käytettäviä pyörätraktorirekiä, jotka kuormittavat traktorin takakselia.

GIBSON (1953, ss. 5—6) on käsitellyt pienikokoisten telaketju- ja pyörätraktoreiden käyttöä USA:ssa lumettomassa maastossa tapahtuvassa kuitupuun juontotyössä lähinnä kustannusten kannalta. Erityisesti hän korostaa traktorijuonnon merkitystä autokuljetuskustannusten säästäjänä, kun auton ei tarvitse ajaa »kannolle saakka» tavaraa noutamaan.

Vanhimpiin, Pohjoismaissa suoritettuihin kokeiluihin kuulunee Ruotsissa HÅKANSSONIN (1910) konstruoimallaan »rekiveturilla» Morassa suoritettava kuljetus. Hänen »traktorinsa» oli varustettu polttomoottorilla ja kahdella jalasparilla. Etu- ja takajalasten välissä oli eräänlainen siipira-

tas, joka veti traktoria ja sen perään kytkettyjä rekiä. Tavoitteena oli saada korvatuksi hevonen pitkillä ajomatkoilla. Kustannusvertailuissaan konstruoija päätyy sangen optimistiseen tulokseen, sillä hän sanoo 50... 64 % ja edullisissa olosuhteissa vieläkin suuremman säästön hevoskuljetukseen verrattuna mahdolliseksi. »Rekiveturi» ei kuitenkaan kyennyt noutamaan puutavaraa valmistuspaikalta asti, vaan tavara oli kerättävä hevosilla traktoritien äärelle. Tästä aiheutuvat kustannukset on vertailussa ilmeisesti unohdettu.

Muista vanhemmista, Ruotsissa suoritetuista kokeiluista mainittakoon K. A. ja E. H. WIDEGRENIN (1919) ja LUNDBERGIN yhdessä SCHAGERIN (1921) kanssa suorittamat. — Ensiksi mainitut yrittivät kehittää metsäkuljetusten koneellistamiseksi sovellutuksen kapearaidekuljetuksesta. Kiskot oli rakennettu puusta. Puutavara kuormattiin rullavaunuihin, joita veti polttomoottorilla varustettu veturi. — Tavoitteena mainitaan olleen kuljetussysteemin rakentaminen, joka soveltuisi myös pienillä työmailla käytettäväksi. — Skönviks AB:n metsissä suoritettujen kokeilujen perusteella päädyttiin tässäkin tapauksessa optimistisiin tuloksiin. Menetelmää väitettiin näet hevoskuljetusta halvemmaksi tapauksissa, joissa keskim. hevoskuorma jää alle 70 j³ suuruuden. — LUNDBERG ja SCHAGER tekivät vertailevia kokeiluja eri merkkisillä telaketjutraktoreilla erityisellä koeradalla. Heidän julkaisunsa sisältää myös arviointeja traktorikuljetuksen taloudellisuudesta. Esim. saksalaisesta »Dinos» traktorista he kirjoittavat: »Dock torde man på goda grunder vara berättigad antaga, att transporten åtminstone på längre vägar av något så när ordinär beskaffenhet bör ställa sig ekonomiskt fördelaktigare än hästtransporter» (s. 11).

Ruotsalaiset ovat jatkuvasti ja erityisesti sodan jälkeen olleet kiinnostuneita metsäkuljetusten traktorisoimisesta, kuten mm. seuraavien henkilöiden kirjoituksista ilmenee.

PARDE (1941, ss. 75—76) on selostanut eräältä työmaalta puutavaran välivarastosta kuljetuksesta pyörätraktorilla saatuja kokemuksia. Kuormien keskiuuruus »Bolinder Munktells Typ 25» traktorissa oli 450 j³ ja suurimmat kuormat 557 j³ (kuutioitu ilmeisesti keskiläpimitan mukaan). Päivittäin ajettiin 7 km matkalla alkutalvesta 5 ja loppupalvesta 6 ajokertaa. Keskimääräinen ajotulos oli 2 100 j³/pv. Hevosella suoritetusta juonnosta huolimatta kustannukset jäivät tuntuvasti halvemmiksi, kuin mitä hevoskuljetus olisi tällä ajomatalla tullut maksamaan.

LEIJONHUFVUD (1943, ss. 90—93) on kokeillut telaketjutraktoreita hevosilla juonnetun puutavaran jatkokuljetukseen. Hän pitää 20...25 km ajomatkaa näille ajoneuvoille maksimina. Sen sijaan pyörätraktoreiden

ajomatkan yläraja on hänen mukaansa 30...35 km. Traktoreiden optimaajomatkaksi hän katsoo 4...15 km. Sitä pitemmät matkat sopivat hänen mielestään useimmiten parhaiten autoille. — LEIJONHUFVUD ryhtyi Ruotsissa tiivistämällä ensimmäisenä kokeilemaan telaketjutraktorikuljetusta lunta tiivistämällä rakennetuilla talviteillä. Paitsi tästä tiettyistä saatuja myönteisiä kokemuksia hän käsittelee kirjoituksessaan (1950, ss. 42—54) myös telaketjutraktoreiden suuruuskysymystä puutavaran väli-varastosta kuljetuksen kannalta sekä kuljetuksen organisaatioon liittyviä kysymyksiä. — Mainittakoon, että juuri LEIJONHUFVUDIN kokeilut antoivat sysäyksen Suomessa suoritetuille, lumen tienrakennusteknillisiä ominaisuuksia koskeville tutkimuksille (ks. PUTKISTO 1952c, 1953a ja 1955a). — Pyörätraktoreiden käyttömahdollisuuksia LEIJONHUFVUD epäilee sanoessaan niitä jokseenkin tarpeettomiksi siirryttäessä telaketjutraktorikuljetuksesta autokuljetukseen ja pitäessään niiden rakennetta, erityisesti pienien etupyörien takia, talviteillä liikennöimiseen sopimattomana.

JONSON (1945, ss. 206—208) kertoo kokemuksista, joita on saatu hevosella varsitien varteen juonnetun puutavaran kuljetuksesta vanhasta autosta runkoa lyhentämällä valmistetulla traktorilla. Ajomatka oli 9 km. Päivittäin ajettiin 2 ajokertaa, sillä kuljettaja suoritti kuormauksen yksinään. Tyhjänäajonopeus talvitiellä oli 30 km/t ja kuormattuna-ajonopeus 8...10 km/t. Tavara oli kuormattu osittain puolirekeen, osittain sen perään kytkettyyn parirekeen. Puukaasuttimesta huolimatta keskim. kuorman suuruudeksi muodostui 19...20 p-m³.

Suunnilleen vastaavanlaista »vetoautokuljetusta» vertaa suomalainen GRANVIK (1949) kuorma-autokuljetukseen, telaketjutraktorikuljetukseen ja pyörätraktorikuljetukseen. Hänen tutkimuksensa, jonka aineisto on kerätty Ruotsissa, on eräs laajimmista, traktorikuljetusta koskevista työntutkimuksista ja ansiokas siinäkin mielessä, että tutkija ei ole tyytynyt pelkkään aikatutkimustulosten esittämiseen, vaan suorittaa myös kustannusvertailuja. Tuloksia, joiden mukaan traktoriksi runkoa lyhentämällä muunnettu kuorma-auto osoittautui aurattua talvitietä myöten tapahtuvassa välivarastokuljetuksessa edullisimmaksi ja telaketjutractori epäedullisimmaksi, ei kuitenkaan voitane yleistää.

SUNDBERG (1949, ss. 68—69), selostaessaan SDA:n (Föreningen Skogsarbetens och Kungl. Domänstyrelsens Arbetsstudieavdelning) suorittamia traktorijuontokokeita, mainitsee pyörätraktoreiden käyttömahdollisuuksista tähän tarkoitukseen seuraavaa: »De försök, som i Norrland gjorts med hjultraktorer av konventionell typ i arbeten i skogsterrängen utanför vägarna, äro i allmänhet inte uppmuntrande.» Pienikokoisilla telaketju-

traktoreilla juonnosta (paino n. 1.3 tn) hän antaa hevosjuontoon verrattuna myönteisen kuvan todeten mainitulla menetelmällä olevan erityisesti vaara- ja tunturimaastossa mahdollisuuksia juontokustannusten säästöön.

SÖDERSTRÖM (1953, s. 131) on käsitellyt »Oliver OC 3» telaketjutractorilla suoritettavan juontotyön organisaatiota.

OHLSÉN (1954, ss. 148—150) on kokeillut kokonaisten runkojen juontoa »Oliver OC 3» telaketjutractorilla »sulkyn» varassa sekä »Motor Muli» telaketjutractorilla, joka kantaa runkojen toiset päät. »Sulky-juonnon» hän mainitsee onnistuneen hyvin erityisesti järeiden puiden ollessa kysymyksessä. Menetelmää hän pitää mahdollisena ainoastaan paljaaksihakkausalueilla.

RYDBO-TALTS (1954, ss. 360—361 ja 365) toteavat koneellisesta juonnosta suoritettuja kokeilutuloksia selostaessaan, että hevosjuontomenetelmiä ei sellaisinaan voida soveltaa koneelliseen juontoon, koska kaikkien traktoreiden, telaketjutractorit mukaan luettuina, maastokelpoisuus on huomoinpi kuin hevosien. Tästä syystä Ruotsissa suoritettu tractorijuonto ei ole taloudellisessa mielessä antanut tyydyttäviä tuloksia. — Kirjoituksessa he selostavat mm. erillisellä vintturilla suoraan tractorirekeen tapahtuvan juonnon ja tractorikuljetuksen työtuloksia.

HEDEGÅRD (1955, ss. 64—69) on laatinut yhdistelmän traktoreiden käyttömahdollisuuksista puutavaran kuljetuksessa, joka ilmeisesti pohjautuu osittain SDA:n tutkimuksiin, osittain ruotsalaisten metsäammattimiesten yleiseen näkemykseen. Kirjoituksesta ilmenee mm., että Ruotsissa lasketaan nykyisin varsitiellä ajossa hevoskuljetuksen tulevan pyörätractorikuljetusta halvemmaksi ainoastaan 2 à 2.5 km lyhyemmillä ajomatkoilla. Kuitenkin jo 5 à 6 km pitimmillä matkoilla kuorma-auto alkaa kilpailla tractorin kanssa, mikäli tieolosuhteet tekevät autokuljetuksen mahdolliseksi. Tractorin etuna on, että sille kelpaa vaatimattomampi tie. — Telaketjutractorilla juonnosta hän kirjoittaa: »... den genomsnittliga prestationen vid bandtractorlunning, utförd av ett arbetslag bestående av tractorförare och en man, är ungefär 2 till 3 gånger större än motsvarande prestation vid hästlunning, utförd av häst och en man. Då kostnaden per effektiv arbetsminut för tractorlaget är ungefär 2.5 gånger större än motsvarande kostnad för hästlaget, blir tractorlunningen den dyrare metoden». Myös pyörätractorilla suoritettujen juonnon taloudellisuutta hän pitää kyseenalaisena kirjoittaessaan: »Alla energiska strävanden och all utrustning till trots är facit av hjultractorlunningen hittills dock, att den sällan håller vid en sträng ekonomisk jämförelse med hästlunning». — Ruotsissa saatujen tulosten luotettavuutta tuskin voidaan

epäillä. Syynä pyörätraktori-metsäkuljetuksen antamiin huonoihin kokemuksiin on se, että ongelmaa ei ole osattu ratkaista oikealla tavalla.

Muista ruotsalaisista kirjoituksista mainittakoon ILONIN (1953) ja KOLPEN (1953 a ja b) laatimat.

Norjassa SAMSET (1951b, 1953) on tehnyt ansiokkaita kokeiluja ja tutkimuksia puolitelaketjuilla varustetulla pyörätraktorilla liikennöimistä varten tarkoitettujen talviteiden rakennustekniikan kehittämiseksi. Erytisesti ansaitsevat maininnan hänen konstruoimansa traktoritelana sekä traktoriin etupyörien tilalle vaihdettavat jalakset. — Hän käsittelee kirjoituksessaan myös traktorirekien rakennetta ja välivarastosta ajon suorittamista.

Neuvostoliitossa on ilmeisesti tehty erittäin runsaasti tutkimuksia traktori-metsäkuljetuksesta. Juontoa varten siellä on kehitetty erikoistraktori »KT-12», jonka takaosan kannatukselle kokonaiset rungot joko karsittuina tai karsimattomina nostetaan vintturilla (esim. PROTANSKIJ—SYROMJATNIKOV 1951). Juontotraktoreiden, jotka on varustettu telaketjuilla, työtuloksen 500...600 m matkalla ORLOV (1949) ilmoittaa nousevan 70 m³:iin/8 t parhailla metsätyömailla. — Traktorijuontoa ovat tässä maassa tutkineet edellä mainittujen lisäksi mm. KORUNOV ja SHTSHENNIKOV (1950, ss. 6—7), SYTSHEV ja KURIN (1950, ss. 7—10), ERACHTIN (1950) sekä DOLOGOLOV ja PETROV (1950, ss. 13—15).

Sveitsiläisistä tutkijoista on STEINLIN (esim. 1951 ja 1952), *saksalaisista* GLÄSER (esim. 1951, ss. 98—138), *itävaltalaisista* HAFNER (esim. 1952) ja WÖRTHER (1953) sekä *ranskalaisista* DE MÉGILLE (1954 a ja b) käsitellyt traktori-metsäkuljetukseen liittyviä kysymyksiä.

Myös *Suomessa* ryhdyttiin jo sängen varhain kokeilemaan koneellista metsäkuljetusta. Vanhin yritys on tietävästi Kemi Oy:n metsäpäällikön, ennakkoluulottoman ja rohkealla kokeilumielellä varustetun H. R. SANDBERGIN vv. 1910—1913 suorittama (ks. HELANDER 1922, s. 220, 1948, s. 422, RÄSÄNEN 1930, s. 936, SEPPÄNEN 1939, ss. 74—75). Hän hankki Kanadasta kaksi höyrykoneella toimivaa, suksilla ja puolitelaketjuilla varustettua traktoria, ns. »Lombardin tukkiveturia». Kysymyksessä oli Nuortin vesistöalueella hevosilla välivarastoon kerätyn puutavaran kuljettaminen vedenjakajan yli n. 30 km päässä olevan Kemijoen varteen. Teknillisessä mielessä kuljetukset onnistuivat hyvin, mutta kustannusten mainitaan nousseen niin kalliiksi, että kokeilut oli pakko lopettaa.

Välivarastaojasta oli kysymys myös niissä kokeiluissa, joita tehtiin telaketjutraktoreilla Kemi Oy:n, Kymin Oy:n ja Gutzeit Oy:n toimesta 1920-luvun alkupuolella ja Kajaani Oy:n, W. Rosenlew & Co Oy:n ja

metsähallinnon toimesta myöhemmin. Kiinnostus traktorikuljetusta kohtaan väheni, kun puutavaraa ryhdyttiin kuljettamaan autoilla (ks. SOHLMAN 1925) ja erityisesti sen jälkeen, kun autot 1930-luvulla löivät itsensä lopullisesti läpi (vrt. ROITTO 1939, HELANDER 1948, s. 424), kunnes jatkosodan vaikeat vuodet johtivat huomion niihin uudelleen.

Sodan aikana asetti Kansanhuoltoministeriö erityisen traktoritoimikunnan, jonka tehtävänä oli mm. selvittää, voidaanko maatalouspyörätraktorilla kuljettaa puutavaraa (KANSANHUOLTOMINISTERIÖN ASETTAMA TRAKTORITOIMIKUNTA 1942). Sen suorittamat kokeilut antoivat kuitenkin kielteisen tuloksen. Syynä lienee ollut ennen sotaa valmistettujen traktoreiden hitaus ja ehkä osaltaan myös väärä työkonstruktio sekä puutteelliset lisävarusteet.

Sodan jälkeisinä vuosina ryhtyivät eräät yksityiset traktorinomistajat, joista erityisesti on mainittava PARTASEN veljekset Sukevalta, kokeilemaan pyörätraktoria välivarastosta ajossa. Tulokset olivat hyvän yritteliäisyyden ja traktorin taka-akselia kuormittavan puolireen ansiosta niin myönteisiä, että metsäteollisuuden ja muidenkin työnantajien toimesta on sen jälkeen ryhdytty järjestämään pyörätraktoreille vastaavanlaisia kuljetustehtäviä eri puolilla maata. Saatuja kokemuksia ovat selostaneet mm. ARNKIL (1951) ja tekijä (PUTKISTO 1950 b ja c, 1952c). Traktorikuljetuksiin kohdistuneiksi on katsottava myös PUTKISTON ja LESKISEN (1949) sekä viimeksi mainitun (1949, 1950 a ja b, 1951) puolitelavau-nujen vetämillä reillä tapahtuneesta välivarastokuljetuksesta suorittamat työntutkimukset.

Ulkolaisten esikuvien mukaista pyörätraktorikuljetusta, jossa pyörätraktorilla pyritään noutamaan tavara »kannolta asti», on meillä kokeillut VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS (esim. 1950, ss. 10—11). Näissä kokeiluissa, joiden on ilmoitettu v. 1950 olleen alkuvaiheessa (1950, s. 10), ei ilmeisesti ole kiinnitetty sanottavaa huomiota menetelmän taloudellisuuteen, vaan on pyritty ainoastaan ratkaisemaan, käykö kuljetus teknillisessä mielessä päinsä ja mitä teknillisiä vaatimuksia kuljetus asettaa traktorille ja sen lisävarusteille. Mitään varsinaista julkaisua ei saaduista tuloksista tietävästi ole laadittu, vaan ne on esitetty traktoreiden koeselostusten yhteydessä esimerkiksi seuraavaan tapaan: »Talvityöko-keissa traktoria käytettiin pääasiassa erilaisiin siirtotöihin. Kuljetuksissa voidaan kovalla tiellä käyttää vahvoja lumiketjuja, mutta pehmeällä tiellä sekä hangessa ja yleensä maastossa piikeillä (mieluummin hammas-tetuilla) varustettuja ketjuja. Piikkiketjut ovat välttämättömät erityisesti puutavaran telauksessa metsästä ajotien varteen. Sekä reen vedossa

että tukin juonnossa on välttämätöntä, että kuorma (reen kiinteä vetolava tai kohotettu tukin pää) painaa traktorin taka-akselia. Traktori pysyy piikkiketjuilla varustettuna liikkumaan kuormitettuna n. 35...45 cm ja ilman kuormaa n. 50 cm vahvassa hangessa. Suurin tukki, joka traktorilla juontokokeessa kuljetettiin nostolaitteen varassa metsästä ajotien varteen pehmeässä 40...60 cm syvässä kevähangessa, oli latvasta 20", tyvestä 32" ja 6,88 m pitkä» (1950, s. 10).

Kuten edellisestä on selvinnyt, aikaisemmat traktori-metsäkuljetusta koskevat kokeilut ja tutkimukset ovat kohdistuneet joko juontoon tai väliavarastokuljetukseen. Selvittelyjä, joissa nämä molemmat olisi yhdistetty samalla kuljetusvälineellä tapahtuviksi, ei ilmeisesti ole suoritettu. Niin ikään näyttävät puuttuvan sellaiset tutkimukset, joissa olisi pyritty koordinoimaan hakkuun suorittaminen, teiden rakentaminen ja kuljetus.

4. Tutkimustehtävän asettaminen

Edellä esitetystä lienee ilmennyt, että useissa maissa on kehitetty koneellisia metsäkuljetusmenetelmiä, joista monen soveltaminen myös maamme oloihin olisi teknillisesti mahdollista. Niiden taloudellisuus hevoskuljetukseen verrattuna olisi oloissamme kuitenkin kyseenalainen. Ne on näet tarkoitettu joko hevoskuljetukseen soveltumattomissa vuoristometsissä tai laajoilla paljaaksihakkausalueilla käytettäväksi, taikka edellyttävät runsaasti kallishintaista erikoiskalustoa, jolle on vaikeata saada riittävästi käyttöä, taikka tuntuvasti järeämpää tavaraa kuin puistamme voidaan valmistaa, tai helpompia maasto-olosuhteita kuin mitä meillä on.

Esillä olevalla tutkimuksella on pyritty löytämään oloissamme myös *taloudellisessa mielessä* hevoskuljetuksen kanssa kilpailukykyinen, koneellinen metsäkuljetusmenetelmä, joka täyttäisi muuten seuraavat ehdot:

1. Konevoimana tulee olla maatalouspyörätraktori, jotta se olisi yhteinen maatalouden kanssa.
2. Kuljetuksen tulee niveltyä kitkattomasti puun korjuun työketjuun, eikä se saa aiheuttaa muiden töiden osalta kohtuuttomia lisä kustannuksia.
3. Menetelmän tulee olla sovellettavissa myös suhteellisen pienten metsälöiden (maatilametsälöt) puutavaran kuljetukseen.
4. Menetelmä ei saa alentaa metsälön puun tuotantoa, joten sen tulee soveltua jatkuvaan ja lisääntyvään puun tuotantoon tähtäävien metsän käsittelytapojen vaatimuksiin.

Lisäksi tutkimukset on pyritty suorittamaan niin, että tuloksista voitaisiin tehdä yleisempiäkin kuin kokeilutyömaiden olosuhteita koskevia päätelmiä ja että käytettyä tutkimusmenetelmää olisi mahdollisuus soveltaa myös muihin, metsäkuljetuksesta mahdollisesti suoritettaviin tutkimuksiin.

Viimeksi mainitun tavoittamiseksi on pyritty mm. analysoimaan metsäkuljetuksen työmenekin perustekijöitä.

Tutkimukset rajoitettiin koskemaan 2-m kuorimatonta ja puolipuh- taaksi kuorittua, tuoretta kuusipaperipuuta, jota seuraavassa kutsutaan *pinotavaraksi*, kuorimattomia *havutukkeja* sekä 4-, 6- 8- ja 10-m pituiseksi katkottua rankatavaraa, jota jäljempänä nimitetään *pinotavararangaksi*.

Kun pinotavararankojen tekoa traktorikuljetusta varten koskevaa aikatutkimusaineistoa ei toistaiseksi ole käytettävissä ja lisäksi ko. tavaralajin valmistus laajemmassa mitassa on käytännössä mahdollista vasta sen jälkeen, kun rankojen koneellinen kuorinta ja katkonta purkamisvarastolla on tyydyttävällä tavalla saatu ratkaistuksi (ks. PUTKISTO 1955a), rankojen kuljetusta koskevia tutkimustuloksia ei ole katsottu aiheelliseksi julkaista tässä yhteydessä muuta kuin muiden tavaralajien kuljetuksen työajan menekkiä valaisevilta osilta. — Niin ikään uudella tekniikalla rakennettujen traktoritalviteiden kestävyyttä samoin kuin vintturijuonnon hinausvastusta koskevat tutkimustulokset julkaistaan erikseen. — Hinausvastuksen suuruudesta jouduttiin suorittamaan mittauksia traktorivinttureiden rakenteen kehittämiseksi.

II Metsäkuljetuksen työmenekin perustekijöitä

1. Tavaralaji

Metsäkuljetuksen työmenekki riippuu paitsi siitä vastuksesta, joka on voitettava puutavaran kuljettamiseksi paikasta toiseen, erittäin suuresti myös niistä työmenetelmistä, joilla vastus pyritään voittamaan. Työmenekin perustekijöillä tarkoitetaan seuraavassa tärkeimpiä vastuksen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä.

Mitä tavaralajia leimatuista puista valmistetaan ja millainen valmistusaste metsässä katsotaan soveliaimmaksi, riippuu useista seikoista, joista tärkeimmät ovat puiden laji, laatu ja koko, markkinatilanne sekä tavaran käyttötarkoitus. Esim. suurikokoisista rungoista valmistetaan yleensä saha- tai vaneritukkeja, jotka katkotaan sen pituisiksi pölkyiksi, kuin ko. teollisuuksien kannalta on edullisinta. Kuljetuksen vaatimuksia voidaan vain suhteellisen vähäisessä määrässä ottaa huomioon. Sen sijaan useiden pienpuutavaralajien valmistuksessa kuljetusnäkökohdat vaikuttavat tavaran pituuteen voimakkaasti.

Kuljetuksen kannalta olennaisimmat, tavaralajista riippuvat tekijät ovat tilavuuspaino ja tilan tarve. *Tilavuuspaino* riippuu puulajista ja puun kasvunopeudesta sekä ennen kaikkea ko. tavaralajin kuivuusasteesta. Esim. ns. metsäkuiva, puolipuhdas kuusipaperipuu painaa JALAVAN (1949, s. 348) mukaan n. 550 kg/k-m³, mutta tuoreena se saattaa painaa n. 790...925 kg/k-m³, eli 44...68 % enemmän. On selvää, että kuljetuksen kannalta tavaran kuivattaminen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa on eduksi ja uitettavan pienpuutavaran osalta se on usein suoranainen välttämättömyys. Kun kuorimattoman pyöreän puutavaran kuivuminen on vähäistä ja hidasta, kuorinta tai halkominen on siis tarpeen. Mikäli nämä työt halutaan koneellistaa, se nykyisin käytettävissä olevien ratkaisujen puitteissa on mahdollista vain välivarastolla taikka työstö- tai käyttöpaikoilla (esim. PUTKISTO 1952d, 1955b). Välivarasto on useasti edullisempi, mikäli on kysymys pienpuutavarasta, koska tavara on silloin mahdollista kuivattaa ennen jatkokuljetusta. Lisäksi saadaan estetyksi haitallinen

parkkihappojen imeytyminen sulfiittipuuhun uiton aikana. — Kuoren käyttöarvo, varsinkin kastuneena, on toistaiseksi siksi alhainen, että niin ikään on yleensä kannattavaa, jos myös tämä lisäpaino voidaan eliminoida mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Tuoreeseen puuhun sisältyvä kosteus on eräiden selluloosalaatujen ja hiokkeen valmistuksen kannalta eduksi, joten tapauksissa, joissa ko. etu korvaa suuremmat kuljetuskustannukset, tavara kannattaa kuljettaa tuoreena. — Saha- ja vaneriteollisuuden kannalta kuori merkitsee suoja- raaka-aineen halkeilua ja värivikoja vastaan kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Näissä tapauksissa joudutaan puntaroimaan, peittääkö kuorimattomana jalostuspaikalle kuljetetusta raaka-aineesta valmistettujen tuotteiden korkeampi laatu kuoren ja ylimääräisen veden kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset. Useimmiten näin tapahtuu ainakin tiettyyn matkarajaan asti.

Pienpuutavaralajien *tilantarvetta* on totuttu kuvaamaan pinotiheysluvuilla, joilla tarkoitetaan pinotun tavaran kuutioyksikön suhdetta vastaavaan kiintokuutioyksikköön (vrt. ARO 1931, s. 10). Kuta pitempää, kuta ohuempaa, kuta voimakkaammin kapenevaa, kuta huonommin karstittua ja kuta mutkaisempaa tavara on, sitä pienempi on sen pinotiheys ja sitä suurempi tilantarve kiintokuutioyksikköä kohden laskettuna (vrt. SAARI—KELTIKANGAS—VUOTI 1939, s. 20). Tuore tavara on siksi painavaa, että tilantarpeesta ei yleensä muodostu kuljetuksen minimitekijää. Jos tavara sen sijaan on kuivaa ja katkottu pitkäksi, joko kuljetusvälineet joudutaan mitoittamaan suhteellisen suuriksi, mikä merkitsee tavallisesti lisäkustannuksia niiden hankintahinnassa taikka epämukavuutta ajossa, tai kuormat joudutaan tekemään korkeiksi, mikä tietää keskimääräisen kuormausajan pidentymistä ainakin käsin kuormattavan tavaran osalta.

Paitsi em. kokonaistilantarpeeseen tavaralajin pituus vaikuttaa myös siihen, miten tarkoin jonkin kuljetusvälineen, varsinkin jos on kysymys yleiskuljetusvälineistä (esim. auto, rautatievaunu), kuormatila voidaan käyttää hyväksi. Yleensä vakiomitoille katkottu tavara on tässä suhteessa edullisempaa kuin vaihteleville pituuksille katkottu.

Tavaran pituus, jos se ylittää sen pituuden, jolle kuljetusväline on mitoitettu, saattaa muodostua erittäin kiusalliseksi. Esim. pyörätraktorin puolireen kuormitukseen »ylipitkä» tavara voi vaikuttaa niin, että vetävien pyörien pintapaine (paine tien pintaa vasten) alenee, mikä puolestaan pienentää kitkaa ja heikentää traktorin vetokykyä. Myös kuljetusreitit kaarteissa liiallinen pituus on haitaksi.

2. Kuljetusmatka

Metsäkuljetuksen matkan ongelma alkaa jo hakkuutyöstä. Puut voidaan kaataa kuljetuksen kannalta edullisimpaan suuntaan, jolloin ensimmäisen kuljetuksen (kasaaminen, pinoaminen, ristikoiminen) matkasta vähentyy kuljetusmenetelmästä riippuen eräissä tapauksissa rungon käyttöosan pituus tai ainakin osa siitä. Päinvastaisessa tapauksessa matka pidentyy vastaavalla määrällä.

Valmistetut pölkkyt voidaan niin ikään jättää levälleen, jolloin hakkuutyöhön liittyvä kuljetus on mahdollisimman vähäinen (enintään suunnattu kaato), mutta tavaran keräämiseksi kuormiin tai metsävarastomuodostelmiin kuljettava kokonaismatka muodostuu kuormaa tai varastomuodostelmaa kohden huomattavan suureksi ja sitä suuremmaksi, mitä suurempia kuormia tai varastomuodostelmia halutaan kerätä sekä mitä vähemmän pölkkyjä on pinta-alayksiköllä ja mitä pienempiä ne ovat kooltaan.

Vastaavasti hakkuutyön yhteydessä tapahtuva »ensiasteinen» kuljetus lyhentää seuraavan vaiheen, »toisasteisen» kuljetuksen matkoja. Sama ilmiö toistuu »toisasteisen» ja »kolmannen asteen» kuljetuksen ja kuljetusmatkan välillä. — Kun tunnetaan matkan vaikutus työmenekkiin tai kustannuksiin (tien rakentamisen ja hoidon työmenekki ja kustannukset huomioon otettuina), voidaan helposti laskea (esim. SUNDBERG 1953), miten pitkiä matkoja eri asteisissa kuljetuksissa tavaraa kannattaa puun korjuun kokonaistyömenekin tai kokonaiskustannusten kannalta kuljettaa.

Seuraavassa tarkastellaan matkan teoreettista pituutta hieman tarkemmin metsäkuljetuksen eri vaiheissa yleisimmin esiintyvien tapausten osalta.

Matka hakkuuseen liittyvässä kuljetuksessa

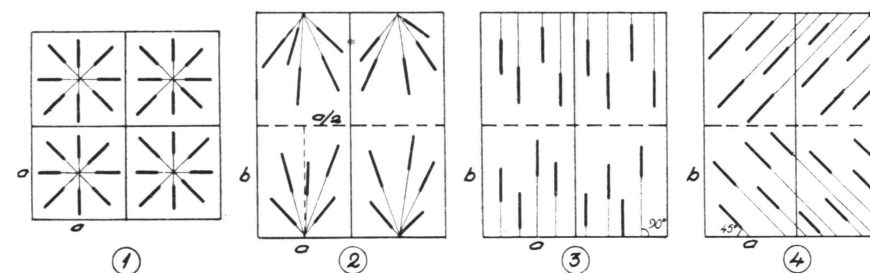
Oletetaan, että hakkuualue on jaettu samansuuruisiin neliöihin (kuva 2, piirros 1, s. 31), joiden keskipisteisiin tavara kerätään, ja että leimattujen puiden sijoittuminen alueella on sattumanvarainen. Jos jokainen pölkky noudetaan erikseen keskuksen (pinoon, kasalle jne.) ja aina kuljetetaan lyhintä tietä, voidaan helposti osoittaa, että hakkuualueen (z m²) kaikkien pölkkyjen (N) keräämiseksi keskuksiin (M kpl/ z m²) kuljettava, yhteenlaskettu, lyhin kokonaismatka (L) (meno ja paluu) saadaan lasketuksi seuraavan kaavan (vrt. PUTKISTO 1949) avulla:

$$(1) \quad L = 0.765 N \sqrt{\frac{z}{M}} \text{ metriä.}$$

Jos keskuksen paikka voidaan valita siten, että siinä on jo valmiina yksi pölkky, kaava saa muodon:

$$(2) \quad L = 0.765 (N-M) \sqrt{\frac{z}{M}} \text{ metriä.}$$

Jos puut, joiden käyttöosan pituus on s m, kaadetaan keskuksen päin ja kerääminen voidaan suorittaa siten, että tavaraa noudettaessa voidaan tarttua käyttöosan lähinnä keskusta olevaan päähän ja käyttöosa kuljetetaan yhtenä kappaleena, kaava (1) saa muodon:



Kuva 2. Puutavaran erilaisia kuljetustapauksia hakkuuseen ja vintturijuontoon liittyvissä kuljetuksissa. — 1. hakkuualue jaettu samansuuruisiin, neliön muotoisiin keräysalueisiin, joiden keskipisteisiin tavara kerätään. Käytännössä tapausta vastaa esim. pinotavaran teko hajasijaintisiin muodostelmiin, vanerikoivujen kasaus jne. — 2. hakkuualue jaettu suorakaiteen muotoisiin keräysalueisiin, joiden yhden sivun keskipisteisiin tavara kerätään. Käytännössä tapausta vastaa esim. pinotavaran teko palstatienvarten. — 3. puut kaadettu kohtisuoraan suorakaiteen yhden sivun suuntaa vasten ja kerätään tässä suunnassa ko. sivulle. Tapausta saattaa tulla esim. vintturijuontoa käytettäessä kysymykseen. — 4. muutoin sama kuin edellinen tapaus, mutta puut kaadettu 45° kulmaan yhden sivun suuntaa vasten ja kerätään tässä suunnassa ko. sivulle (tielle).

Fig. 2. Timber haulage situations arising in connection with felling and winch skidding in haulage work. — 1. The felling area is divided into assembly squares identical in area in the centres of which the timber is collected. Corresponding to this in practice are the situations where cordwood is prepared in dispersed storages, veneer birch is stacked, etc. — 2. The felling area is divided into rectangular assembly areas and the timber collected at the central points on one side of the rectangle. The preparation of cordwood alongside the strip road corresponds in practice to this situation. — 3. The trees are felled at right angles to one side of the rectangle and are collected in this relationship to the side in question. This situation may arise in winch skidding. — 4. The same as 3. except that the trees are felled at 45° to one side of the rectangle and are collected in this lie to the side in question (on the road).

$$(3) \quad L = 2 \left[0.383 \sqrt{\frac{z}{M}} - \frac{s}{2z} (2z - \pi s^2) \right] N \text{ metriä.}$$

Mikäli tartutaan käyttöosan keskelle, matka saadaan lasketuksi siten, että s :n sijalle sijoitetaan $\frac{s}{2}$, ja jos keskuksessa on jo entuudestaan yksi pölkky, N :n sijalle sijoitetaan $(N - M)$.

Jos käyttöosasta valmistetaan n kpl pölkkyjä, joiden keskim. pituus on l , on käytettävä s :n sijasta lukua, joka saadaan lausekkeesta:

$$\frac{s + (s - l) + (s - 2l) + \dots + (s - n l)}{n}$$

Oletetaan seuraavaksi tapaus (kuva 2, piirros 2), jossa keräysalue on suorakaide, jonka yhden sivun keskipisteeseen tavara kerätään. Merkitään tämän sivun pituus a :lla ja sitä vastaan kohtisuorassa olevan sivun pituus b :llä (esim. $1/2$ palstateiden kohtisuorasta etäisyydestä) sekä keskimääräinen matka keskukseseen E :llä. Keskimääräiseksi matkaksi keskukseseen saadaan tällöin ilman suunnatun kaadon huomioon ottamista:¹

$$(4) \quad E = \frac{1}{3} \left[\frac{1}{2} \sqrt{a^2 + 4b^2} + \frac{b^2}{a} \ln \left(\frac{a + \sqrt{a^2 + 4b^2}}{2b} \right) + \frac{a^2}{8b} \ln \left(\frac{2b + \sqrt{a^2 + 4b^2}}{a} \right) \right] \text{ metriä.}$$

¹ Kaava voidaan johtaa seuraavasti: Merkitään sivun a keskipiste (keräyskeskus) O :lla, a -sivun suuntaisen toisen sivun keskipiste A :lla ja sen päätepiste B :llä sekä tätä päätepistettä vastaava a -sivun päätepiste C :llä. — Keskimääräinen matka kaadetun puun kannosta laskien on satunnaissuure, jonka odotusarvo (E) on sama kuin suorakaiteen kaikkien pisteiden keskietäisyys a -sivun keskipisteestä (O), sillä kaadettujen puiden kantojen sijaintikohtia voidaan pitää umpimähkäisinä näytteinä alueen kaikkien pisteiden sijaintikohdista. Keskimääräinen matka on itse asiassa sama kuin suorakaiteen toisen puoliskon ($OABC$) pisteiden keskietäisyys keskukselta (O), sillä toisella puoliskolla etäisyys on sama. — Pisteiden etäisyys on laskettava erikseen kolmioissa OAB ja OBC .

Kolmiossa OAB on alkiokolmion $OA'B'$ pinta-ala (pisteiden lukumäärä) $= \frac{b \cdot \Delta x}{2}$,

ja alkiokolmion pisteiden etäisyys keskukselta (O) $= \frac{2}{3} \sqrt{b^2 + x^2}$. Näin ollen kolmion

OAB pisteiden yhteenlaskettu etäisyys keskukselta (O) on: $e_{OAB} = \frac{b}{3} \int_0^a \sqrt{b^2 + x^2} dx$.

Kun pölkkyjä on N kpl ja ne kerätään M kpl:seen keskuksia (pinoja, ristikoita jne.) ja puut kaadetaan keskuksia kohti, joissa jokaisessa on ennestään yksi pölkky, puiden käyttöosan pituus on s metriä ja kerätessä tartutaan keskim. käyttöosan pituuden puolivälikohtaan, alueen kaikkien pölkkyjen keräämisen yhteenlasketuksi kokonaismatkaksi (meno ja paluu) saadaan:

$$(5) \quad L = 2(N - M) E - \frac{0.5 s}{4 ab} (4ab - \pi 0.25 s^2) \text{ metriä.}$$

Muodoltaan epäsäännölliseen leimikkoon voidaan tätä kaavaa soveltaa siten, että kunkin keräyskeskuksen alue tasoitetaan suorakaiteeksi, jonka syvyys ja leveys määritetään mittaamalla. Sen jälkeen lasketaan matka kullekin alueelle erikseen.

Edellä esitetyillä kaavoilla matkan pituutta laskettaessa on huomattava, että

- kaadettujen runkojen tai pölkkyjen ei tarvitse olla tasaisesti ja kaantuneina hakkuualueella, vaan sattumanvaraisesti,
- laskettu matka on *odotusarvo*, joka käytännössä saavutetaan sitä paremmin, mitä runsaammin kuljetettavia pölkkyjä on ja mitä umpimähkäisemmin ne sijoittautuvat koko hakkuualueelle,
- keräyskeskuksiin tulevien pölkkyjen lukumäärän ei tarvitse olla kaikissa keskuksissa yhtä suuri,
- saatu matkan arvo edellyttää, että tavara kuljetetaan keräyskeskukseseen lyhintä tietä, joten tapauksissa, joissa kuljetus suoritetaan mutkitellen, on yleensä empiirisesti määritettävä mutkittelukerroin, jolla teoreettisesti saatu matkan arvo on kerrottava¹ (vrt. PUTKISTO 1949, s. 3, SUNDBERG 1953, ss. 70–72),

¹ Eräissä tapauksissa ihmisen kyky käyttää puiden tai pölkkyjen ryhmittymistä hyväkseen kompensoi mutkittelun vaikutuksen.

Kolmion OBC pisteiden yhteenlaskettu etäisyys (e_{OBC}) keskukselta (O) saadaan analogisesti tästä kaavasta sijoittamalla siihen b :n paikalle $\frac{a}{2}$ ja päinvastoin. Keräysalueen kaikkien pisteiden keskietäisyys keskukselta (O) ja keskimääräinen matkan odotusarvo on: $E = \frac{2}{ab} (e_{OAB} + e_{OBC})$, joten

$$E = \frac{2}{3a} \int_0^a \sqrt{b^2 + x^2} dx + \frac{1}{3b} \int_0^b \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + x^2} dx. \quad \text{Tästä saadaan}$$

integroimalla kaava (4).

- jos pölkyt ovat eri pituisia ja suunnatun kaadon vaikutus halutaan ottaa huomioon, tarkan tuloksen saamiseksi matkat olisi laskettava eri pituusluokille erikseen, mutta käytännössä esiintyvissä pituusluokissa keskim. pituuden käytön aiheuttama virhe on merkityksetön, mikä voidaan helposti osoittaa,
- tulo- ja menomatalla on edellytetty käytettäväksi samaa reittiä (tulomatka = menomatka).

Juontomatka

Edellä matkan laskemiseksi esitetyt kaavat (1, 2, 3, 4 ja 5) ovat käytökelpoisia juonnonkin yhteydessä, jos työmenetelmä täyttää niihin kuuluvat edellytykset (esim. rasiinkaadettujen vanerikoivujen kasaus, rantakasaus jne.). Juonnessa esiintyy myös muita tapauksia, joiden matkan laskeminen voidaan suorittaa seuraavasti.

Oletetaan puut kaadetuiksi kohtisuoraan alueen yhden sivun (palstien) suuntaa vasten ja myös keräytyksi tässä suunnassa tielle (kuva 2, piirros 3). Keskim. kohtisuora matka (E_{90°) saadaan suunnattu kaato huomioon otettuna lasketuksi kaavalla (6):

$$(6) \quad E_{90^\circ} = \frac{(b - s)^2}{2b} \text{ metriä.}$$

Näin laskettu keskim. matka on optimitapaus. Aina ei puita voida kaataa kohtisuoraan tien suuntaa vasten eikä kerätä tässä suunnassa. Matkan ääriarvoiksi voidaan käytännössä katsoa tapaukset, joissa pölkyt vedetään tielle 45° kulmassa (kuva 2, piirros 4). Keskim. matka saadaan tällöin lasketuksi seuraavalla kaavalla:

$$(7) \quad E_{45^\circ} = \frac{(b - s)^2}{2b} \sqrt{2} \text{ metriä.}$$

Mainittakoon, että sveitsiläinen Soom (1950) laskee juontomatkan muutoin vastaavalla tavalla, mutta jättää suunnatun kaadon vaikutuksen huomioon ottamatta.

Ellei alue ole suorakaiteen muotoinen, voidaan se riittävällä tarkkuudella jakaa suorakaiteisiin, kuten edellä on esitetty ja laskea kullekin niistä matka erikseen.

Kaavoja (6) ja (7) sovellettaessa on huomattava samat varaukset kuin hakkuuseen liittyvän kuljetuksen matkojen laskemisesta on esitetty (s. 33).

Matka tiellä tapahtuvassa kuljetuksessa

Jos kysymyksessä on vakituinen tie, jota kuljetuksessa käytetään hyväksi, matka tietenkin määräytyy tiestä käytettävän osan pituuden mukaan. Jos sen sijaan kuljetustehtävän suorittamiseksi on rakennettava tie — joko vakituinen tai vain talvisin liikennöitävä — matkan pituuteen on mahdollisuus vaikuttaa. Puutavaraa kuljetettaessa tulee lähinnä kysymys siitä, miten pitkäksi matka muodostuu leimikon alueella erilaista palstatietiheyttä käytettäessä.

Tarkastellaan aluksi palstateiden keskiviivasta mitatun etäisyyden ja palstojen syvyyden vaikutusta pinta-alayksikköä kohden tulevaan tiemäärään. Jos alue oletetaan suorakaiteen muotoiseksi ja maasto sellaiseksi, että tiet voidaan rakentaa aivan suoriksi, saadaan teoreettisesti laskemalla palstatieltä toiselle menevän kiertotien aiheuttama matkan lisäys huomioon otettuna palstateiden määriksi hehtaaria kohden taulukossa 1 esitetyt luvut.

Käytännössä tiet mutkittilevat jonkin verran, koska ne pyritään maaston muotoja noudattaen sijoittamaan alaville paikoille. Eivät myöskään leimikot ole aina suorakaiteen muotoisia. Luvut antanevat ko. asiasta kuitenkin kuvan riittävällä tarkkuudella.

Ajomatka palstateilla tietyn puutavaramäärän kuljettamiseksi riippuu paitsi tieverkon tiheydestä, kerralla kuljetettavan puutavaran määrästä sekä siitä, joudutaanko ja missä määrin tyhjänä ajettaessa kiertämään ennen kuormaustyön aloittamista.

Taulukko 1. Palstateiden teoreettinen määrä hehtaaria kohden eri tienetäisyyksiä ja palstojen syvyyksiä käytettäessä.

Table 1. The theoretical length of strip roads per ha. for different distances between strip roads and strip depths.

Palstan syvyys, m Depth of strip, m.	Palstateiden etäisyys, m Distance between strip roads, m.						
	20	30	40	50	60	70	80
	Tietä, m/ha — Road, m./ha.						
100	600	433	350	300	267	243	225
300	533	366	283	233	200	176	158
500	520	353	270	220	187	163	145
700	514	347	264	214	181	157	139
900	511	344	261	211	178	154	136

Yleensä yhdestä palstatiien »silmukasta» kertyy vähintään yksi puutavarakuorma. Ajomies pyrkii tekemään kuormat sen suuruisiksi, ettei niitä ole tarpeellista koota useamman palstatiien varresta. Kuormausajon kokonaismatka on näin ollen sama kuin palstatiien »silmukan» pituus. Jos palstateiden etäisyys on $2b$ m ja palstojen syvyys A m, kuormausajon kokonaismatkaksi (S_k) saadaan (kuva 3, s. 37) kuormaa kohden (lähinnä purkamisvarastoa olevan varsitiien yhtymäkohtaan):

$$(8) \quad S_k = 2A + 4b \text{ metriä.}$$

Mikäli palstatiit eivät yhdy kohtisuorassa, vaan 45° kulmassa varsitiien, S_k :n arvo on kerrottava $\sqrt{2}$:lla.

Kuorman keräysajomatkan (b_1) osuus matkasta S_k saadaan lasketuksi seuraavasti:

$$(9) \quad b_1 = \frac{V \cdot A}{v \cdot N} \text{ metriä, jossa}$$

$N = \left(\frac{A \cdot b}{2}\right)$ — alueella olevien leimattujen runkojen lukumäärä, kpl,

v = em. runkojen käyttöosan keskikuutio, $k\text{-m}^3$ tai $p\text{-m}^3$ tai j^3 ja

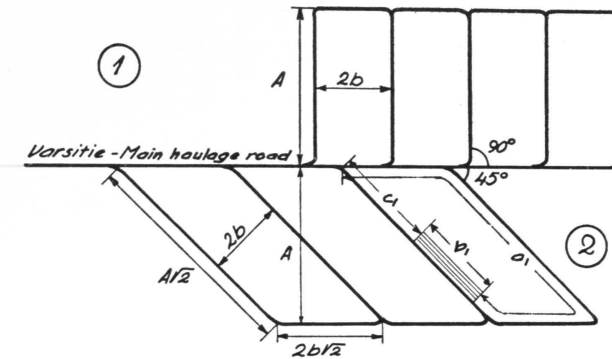
V = kuorman suuruus, $k\text{-m}^3$ tai $p\text{-m}^3$ tai j^3 .

Mikä osuus kuormausajomatkasta on ajoa tyhjänä ja mikä osuus täydellä kuormalla, riippuu niin ikään palstatielle kertyvästä puutavaramäärästä ja kuorman suuruudesta. Äärimmäistapauksessa kuorma saadaan valmiiksi vasta varsitielle tullessa, jolloin täyden kuorman vetoa ei palstateilla esiinny lainkaan. Yleensä kuitenkin kuormattuna-ajon osuus kuormausajosta on alle A m ja tyhjänäajon osuus yli $4b + A$ m. — Kun tunnetaan keskimääräinen kuorman keräysajomatkan pituus (b_1), saadaan keskim. teoreettinen kuormauksen kuormattuna-ajomatka (c_1) lasketuksi kaavalla:

$$(10) \quad c_1 = 0.5A + b - 0.5b_1 \text{ metriä.}$$

Keskim. teoreettinen kuormauksen tyhjänäajomatkan pituus (a_1) on tällöin:

$$(11) \quad a_1 = 1.5A + 3b - 0.5b_1 \text{ metriä.}$$



Kuva 3. Kaaviokuva palstateista ja niiden yhtymisestä varsitiiehen. — 1. palstateiden suunta kohtisuorassa varsitiien suuntaa vasten. — 2. palstateiden suunta 45° kulmassa varsitiien suuntaa vasten. — Kuormausajomatka (S_k) = tyhjänäajomatka (a_1) + keräysajomatka (b_1) + kuormattuna-ajomatka (c_1).

Fig. 3. Diagrammatic sketch of the strip roads and their convergence on the main haulage road. — 1. The direction of the strip roads is at right angles to the main haulage road. — 2. The direction of the strip roads is at 45° to the main haulage road. — The loading-hauling distance (S_k) = driving distance unloaded (a_1) + collecting-driving distance (b_1) + hauling distance loaded (c_1).

Edellä esitetty laskutapa antaa sängen kaavamaiset matkan pituudet ja sitä voidaan soveltaa ainoastaan tapauksissa, joissa ajoneuvo voidaan kuormata palstatieltä käsin. Jos ajoneuvolla joudutaan ajamaan »kannolle» tai noutamaan tavara hajapinoista taikka ristikoista, ko. matkat voidaan selvittää ilmeisesti vain empiiristä tietä (kysymys mutkittelukertoimesta).

Jonkin leimikon keskim. ajomatka varsitiellä (S) saadaan lasketuksi (esim. SUNDBERG 1953, s. 69) seuraavasti:¹⁾

$$(12) \quad S = \frac{\sum W L_s}{\sum W}, \text{ jossa}$$

W = yhdeltä palstalta kertyvä puutavaramäärä,

L_s = varsitiien pituus ko. palstalta tulevan palstatiien yhtymäkohtaan.

Ajomatka purkamisvarastolla (S_p) on yleensä lyhyt, tavallisesti enintään muutamia satoja metrejä. Sen pituus riippuu tavaralajista (esim.

¹⁾ Tässä yhteydessä on käytetty eri lyhennyksiä kuin em. Sundbergin julkaisussa.

sahatukit varastoidaan kuutioyksikköä kohden laskettuna tavallisesti laajemmalle alueelle kuin pinotavara), varastoimistavasta sekä varastoalueen laajuudesta suhteessa kuljetettavaan puutavaramäärään ja laadusta. Matkan pituus, joka on varastotiellä tapahtuvan kuormattuna-ajomatkan (c_2), kuorman tyhjennysajomatkan (b_2) ja tyhjänäajomatkan (a_2) summa, on tapaus kerrallaan helposti määritettävissä, mutta teoreettista, yleispätevää lainmukaisuutta ei matkan lyhyiden vuoksi ole tarpeellista analysoida.

3. Maasto

Sen maaston vaikeusaste, jossa metsäkuljetusta suoritetaan, vaikuttaa sangen voimakkaasti kuljetuksen työmenekkiin. Ensinnäkin sen vaikutus tuntuu kuljetusmatkan pituudessa. Kuljetusta ei aina voida suorittaa lyhintä tietä, vaan joudutaan kiertämään esteitä, mutkittelemaan, kuten aikaisemmin on mainittu. Mutkittelun määrä on sitä suurempi, mitä pitempää on tavara, mitä vaikeampi on maasto, mitä huonompi on kuljetusvälineen maastossakulkemiskyky, mitä suurempia kuormia pyritään kuljettamaan ja mitä suurempaa ajonopeutta tavoitellaan. Yleensä lumisena aikana suoritetuissa kuljetuksissa mutkittelu on vähäisempää kuin lumettomana aikana, koska lumi peittää osan esteistä. — Esimerkkeinä mutkittelun määristä mainittakoon, että vanerikoivujen hevosella suoritettussa kasauksessa mutkittelukertoimen on todettu vaihtelevan 1.00...2.01 (PUTKISTO 1949, s. 4), hevosella ja etureellä suoritettussa juonossa 1.20...1.30 sekä hevosella ja parireellä suoritettussa juonossa 1.10...1.20 (SUNDBERG 1953, s. 73).

Maaston vaikeusaste vaikuttaa myös kuljetuslajin valintaan. Erittäin vaikeassa maastossa kysymys yksinkertaistuu siten, että edes teknillisessä mielessä käyttökelpoisia, valittavina olevia kuljetuslajeja on vähän. Esim. jyrkkien vuoristorinteiden metsien satoa ei voida kuljettaa hevosella eikä myöskään autolla tai traktorilla, vaan valinta on suoritettava pääasiallisesti painovoimaan tai vintturin käyttöön perustuvien kuljetuslajien kesken. Helpohkoissa ja helpoissa maasto-olosuhteissa vaihtoehtoja on useampia. Silloin pyritään käyttämään niitä kuljetuslajeja tai kuljetuslajiyhdistelmiä, jotka puutavaran korjuun kokonaiskustannusten kannalta antavat edullisimman tuloksen.

Kuljetusreitillä olevat ylämäet aiheuttavat ns. nousuvastuksen (P), jonka suuruus saadaan lasketuksi kaavalla (esim. VUORISTO-HALLENBERG 1937):

$$(13) \quad P = \alpha \cdot Q, \text{ jossa}$$

α = mäen kaltevuus, %, ja

Q = kuorman bruttopaino, kg.

Kaava antaa likimain oikeat arvot 30 % kaltevuuteen asti (ks. esim. REINIKAINEN 1954, s. 129).

Jos kysymyksessä on alamäki, vastaava voima helpottaa kuorman kulkua ja vähentää siis kuorman kuljettamiseksi tarvittavaa voimaa. Kuljetusvälineen jarrutuskykyyn nähden liian suuri alamäki puolestaan on haitallinen.

Kuljetusreitien laji ja laatu vaikuttavat myös sekä vierimis- että liukumisvastuksen suuruuteen samoin kuin vetokitkaan (= kitka vetävien pyörien, telaketjujen tai hevosen kavioiden ja kuljetusreitien pinnan välillä).

Autojen ja traktoreiden vierimisvastus (jonka suuruuteen myös vaikuttavat pyöränakseleiden laakerikitka, kumirenkaiden toistuvista muodonmuutoksista johtuva energianhäviö jne.) on esim. kitka- ja koheesio- maalajeilla liikennöitäessä yleensä 1...2 % ajoneuvon kokonaispainosta (ERIKSSON 1952, s. 256). Jos pyörät vajoavat tai alusta on erittäin epätasainen, vierimisvastus lisääntyy nopeasti.

Liukumisvastus liikkeessä sulan maan aikana juonettaessa kuoripäällisiä tukkeja laahaamalla vaihtelee alustasta riippuen, esim. FÖRSTERIN (1885) mukaan 35...59 % kuorman painosta. Vanerikoivujen kasaamis- työssä on vastaaviksi arvoiksi saatu (PUTKISTO 1951a, s. 1) 35.7...40.8 %. Liikkeelle lähettäessä tarvitaan voimaa enemmän, koska myös lepokitka on voitettava. GLATZIN (1947) mukaan vastus vaihtelee alustasta riippuen 48...63 % kuorman painosta. — Talvella, kuljetettaessa tavaraa reessä, liukumisvastus on sangen pieni. Puuttumatta tässä yhteydessä niihin tekijöihin, joista sen suuruus määräytyy, todettakoon sen vaihtelevan talvitiellä ajettaessa 0.5...15 % kuorman painosta ja saattavan umpihangessa nousta jopa 25 %:iin (esim. VUORISTO—HALLENBERG 1937, ss. 66—67). Vastus liikkeelle lähettäessä talvisessa rekikuljetuksessa vaihtelee niin ikään suuresti ja se on yleensä suurempi kuin liukumisvastus liikkeessä. ERIKSSONIN (1949, s. 143) mukaan se saattaa epäedullisissa olosuhteissa nousta lähes 75 %:iin kuorman painosta, mutta hänen kuvaajiensa mukaan sen arvo on sentään useimmiten alle 50 %.

Vetokitkan (= lepokitka) pienenä talvella on usein, varsinkin pyöräajoneuvoja rekien vetoon käytettäessä, rekiliikenteen minimitekijä. Se on

näet pyörajoneuvoilla ainoastaan 20...30 % vetävälle akselille tulevasta painosta (HEDEGÅRD 1952, s. 279). Telaketjutraktorit ovat tässä suhteessa edullisempia, sillä vetokitka saattaa olla sulan maan aikana jopa 80 % painosta, mutta pienenee talvella 20...60 %:iin (SUNDBERG 1952, ss. 284—285).

Edellä esitetyt, maastosta riippuvat tekijät vaikuttavat välillisesti kerralla kuljetettavan kuorman suuruuteen ja kuljetusnopeuteen.

Maaston vaikeusaste on lisäksi ratkaiseva tekijä metsäkuljetuksessa tarvittavien teiden rakentamisen työmenekissä.

4. Vuodenaika ja sääsuhteet

Ilman lämpötilalla, tuulella ja sateella on niin ikään vaikutus metsäkuljetuksen työmenekin suuruuteen.

Ensinnäkin ne vaikuttavat kuljetuslajin valintaan. Lämpimänä vuodenaikana esim. reellä kuljetus tulee harvoin kysymykseen, koska liukumiskitka on kesällä suuri vierimiskitkaan verrattuna.

Toiseksi säätekijät vaikuttavat usealla tavalla kuljetusmatkan pituuteen. Talvella voidaan kuljetusta suorittaa jäätyneiden soiden ja vesistöjen yli, jotka lämpimänä vuodenaikana olisi jouduttu kiertämään. Toisaalta lumi on talvella esteenä, minkä vuoksi esim. tavaraa hakkuualueelta kerättäessä käytetään mahdollisuuksien mukaan liikenteen synnyttämiä uria hyväksi eikä suinkaan kuljeta lyhintä tietä. Lumi siis saattaa aiheuttaa mutkitteluakin. Niin ikään tuuli aiheuttaa usein matkan pitenemisen siten, että kinostumisvaaran vuoksi talviteitä ei suunnata lyhintä tietä yli aukeiden paikkojen, vaan ne kierrätetään niiden reunoja myöten.

Kun lumipeite vaikeuttaa metsässä liikkumista, pinotavara pyritään hakkaamaan mm. hakkuutyöhön liittyvän kuljetuksen (pinoaminen, risti-koiminen) helpottamiseksi ennen talven tuloa tai viimeistään vähän lumen aikana.

Sekä lepo- että liukumiskitkan suuruus ovat suuresti riippuvaisia ilman lämpötilasta ja lumen laadusta. Esim. jos reki, jonka anturaraudat ovat karkeapintaista terästä, on kuormauksen aikana seissyt samalla paikalla 10 min, sen irti vetämiseen tarvittava voima on ERIKSSONIN (1949, s. 143) mukaan -5°C lämpötilassa n. 58 % kuorman painosta, mutta -10°C lämpötilassa voiman tarve on jo n. 70 % siitä. Liukumiskitka on pienimmillään lämpötilan ollessa hieman 0°C alapuolella, mutta suurenee suoraan viivaisesti lämpötilan laskiessa. VUORISTO—HALLENBERGIN (1937, s. 66)

mukaan 1 250 kg rekikuorman aiheuttama vetovastus oli eräessä kokeessa -1°C lämpötilassa 55 kg ja -15.2°C lämpötilassa 104 kg. Liukumisvastus suurenee lämpötilan noustessa $+$ -asteiden puolella, mihin todennäköisenä syynä on jalaksen vajoamisen aiheuttama kosketuspinta-alan suureneminen (ERIKSSON 1949, s. 290).

Niin ikään lumen laatu vaikuttaa liukumiskitkan suuruuteen. Kuta karkeajyväisempiä lumihiuksaset ovat, sitä pienempi on kitka (ERIKSSON 1949, s. 305). Kun uusi lumi on yleensä hienojyväistä, varsinkin jos tuuli on vielä särkenyt lumikiteet ja -hiuksaset, lumisateiden jälkeen on aina »raskas keli».

Säätilalla on lisäksi vaikutus kaikkien teiden liikennöimiskelpoisuuteen, ja tämä vaikutus on sitä voimakkaampi, mitä provisorisemmasta tiestä on kysymys. Kun pyrkimyksenä on säilyttää liikennöimiskelpoisuus vakiona, säätilan muutosten haitallinen vaikutus pyritään poistamaan tienhoitotoimenpiteillä (lumen auraus, lanaus, vesitys, kulutuskerroksen paikkaus jne.).

Myös teiden ja erityisesti talviteiden rakentamisen työmenekkiin säätilalla on tuntuva vaikutus. Esim. tiealueen raivaus maan jäätyneenä ollessa on sangen työlästä. Lunta tiivistämällä rakennettava tie saadaan kovalla pakkasella sangen nopeasti käyttökelpoiseksi. Sen sijaan $0...-10^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa on lumesta muodostetun kulutuskerroksen todettu kovettuvan huonosti (esim. PUTKISTO 1953a, s. 3). — Riittävän pitkä pakkasperiodi ja riittävän paksu lumikerros ovat kaikkien talviteiden käytön perusedellytyksiä (esim. PUTKISTO 1952c, s. 12).

Yleensä lämpötilan aleneminen ja sateet lisäävät työmenekkiä talvikuljetuksessa joko välittömästi tai välillisesti. Esim. moottoriajoneuvojen polttoaineen kulutus suurentuu ilman kylmetessä ja niiden käynnistämiseen tarvittava aika pidentyy.

III Pyörätraktoreiden teknillinen soveltuvuus puutavaran kuljetukseen

1. Kulkunopeus

Vakiomalliset pyörätraktorit (ellei teollisuustraktoreita oteta huomioon) on konstruoitu erilaisia, maataloudessa esiintyviä tehtäviä varten. Maatalouden traktorityöstä arvioidaan kuljetustöiden osuudeksi keskimäärin puolet (JANSSON 1953). Jotta sekä raskaan vetotyön että kuljetustyön vaatimukset olisivat rakenteessa tulleet huomioon otetuiksi, nykyiset traktorimallit on varustettu useilla vaihteilla. Niitä on eteenpäin tavallisesti 4...7. Tästä johtuen ajonopeuden vaihtelut ovat huomattavat, nimittäin normaalikierroslukuilla ajettaessa useimmiten 2.5...23.0 km/t rajoissa. Tätä on pidettävä puutavaran metsäkuljetuksen kannalta etuna, koska kuljetusreitien kunto vaihtelee suuresti. Kuormattuna ajettaessa voidaan nopeus sovittaa joustavasti vetovastuksen vaihteluiden mukaan. Nopea, ns. »maantievaihe» on hyödyllinen ennen kaikkea tyhjänä ajon kannalta.

2. Veto- ja jarrutuskyky

Traktorin moottorin indikoidusta tehosta voidaan metsäkuljetuksessa olosuhteiden vaikeudesta johtuen käyttää suhteellisen vähäinen osa hyväksi. Jarrutettu teho on tavallisesti 80...85 % indikoidusta tehosta (esim. HEDEGÅRD 1952, s. 244). Vetävän akselin teho vaihtelee 75...85 % rajoissa jarrutetusta tehosta, ja teho vetokoukussa on pyörien liukumisesta yms. seikoista johtuen enää 60...75 % jarrutetusta tehosta (esim. HEDEGÅRD 1952, s. 245). Indikoidusta tehosta laskettuna tämä merkitsee 48...64 %.

SUNDBERG (1952, s. 282) on laskenut, että traktorin *vetovoiman* täydellinen hyväksikäyttäminen alimmalla vaihteella ajettaessa edellyttää n.

200 kg/hv painoa vetävillä pyörillä. Ellei traktoria kuormiteta, voidaan vetovoimasta käyttää hyväksi alimmalla vaihteella ainoastaan 30...40 %, mikä merkitsee kuorman pienenemistä vastaavaan sadannekseen siitä, mitä voitaisiin kuljettaa, jos vetokitka olisi täydellinen. — Toisin sanoen traktorin vetovoima metsäkuljetuksessa, varsinkin talvisaikaan, on sangen vaatimaton, ellei vetokitkaa saada riittävän suureksi. Vetokitkan suurentaminen on mahdollista tiettyyn rajaan asti vetävien pyörien kuormituksella, mikä tavallisesti tapahtuu niin, että osa kuormasta lepää traktorin taka-akselin varassa, käyttämällä kitkaa suurentavia lisävarusteita pyöriissä (esim. kitkaketjut), tai koheesiomaalajia olevan alustan (tai luonteeltaan sitä vastaavan lumialustan) ollessa kysymyksessä kosketuspintaa suurentamalla (esim. paripyörien tai puolitelaketjujen käyttö tai 4-pyörä-veto), taikka näiden menetelmien yhdistelmillä.

Vetävien pyörien kuormittamiselle asettavat toisaalta traktorin ja renkaiden lujuusominaisuudet ja toisaalta traktorin pystyssä pysyminen, ohjattavuus sekä ajoradan kestävyys rajansa.

Yleensä renkaiden kestävyys on taka-akselin kuormituksen minimitekijä. Traktorin taka-akselille sallittu kuormitus vaihtelee rengaskoosta, -tyypistä ja ilmanpaineesta riippuen SKOGBRUKETS OG SKOINDUSTRIENES FORSKNINGSFÖRENINGIN (1953) kokoamien tietojen mukaan 1 339...3 505 kg.

Käytännössä traktori-rekikuljetuksessa on n. 20...30 % reki kuorman painosta sijoitettu taka-akselin varaan, mikä merkitsee usein renkaiden ylikuormitusta. Kun traktoreiden vakiomalliset, maatalous- tai teollisuuskäyttöä varten valmistetut vetokoukut sijaitsevat yleensä verraten kaukana taka-akselista, taka-akselin kuormittaminen kuljetettavalla kuormalla on aiheuttanut uuden vaikeuden, traktorin tasapainon ja ohjattavuuden heikkenemisen. Varsinkin liikkeelle lähettäessä ja ylämäessä traktorin etupää pyrkii nousemaan ilmaan (esim. SÖDERLUND—FRIEBERG 1954). Haittaa on yritetty vähentää erikoisvetokoukun käytöllä, joka on sijoitettu mahdollisimman lähelle taka-akselia, sen alle tai hieman siitä etuakseliin päin. Sopivan kiinnityskohdan löytäminen tällaista koukkua varten on useissa traktorimalleissa osoittautunut kuitenkin vaikeaksi. — Ellei koukkua saada sijoitetuksi sopivaan paikkaan, osa traktorin vetokyvystä jää käyttämättä hyväksi.

Ajoradan kestävyys on talviteillä ajettaessa monesti osoittautunut minimitekijäksi taka-akselia kuormitettaessa. Tämä haitta esiintyy yleisimmin ylämäkiä noustaessa, kuormauksen aikana kiinni jäänyttä rekeä irti vedettäessä tai pysähdyttäessä kuormattuna esim. sivuutusta varten.

Pyörät kaivautuvat ajorataan, joskus niin syväälle, että taka-akseli on ajoradan pinnan varassa. — Traktorin teoreettisesta vetokyvystä ei tällaisissa tapauksissa voida paljontaan käyttää hyödyksi.

Traktoreiden vetokyvystä voidaan edellisen perusteella tehdä seuraavat käytännölliset johtopäätökset:

1. Moottorin teho ei yleensä sellaisenaan ole traktorin vetokyvyn kannalta ratkaiseva, vaan se, miten paljon teoreettisesta tehosta vetokoukussa voidaan käyttää hyväksi.
2. Lumipintaisella tiellä ajettaessa, liikkeessä oltaessa teoreettisesta tehosta vetokoukussa hyväksi käytettävä määrä riippuu yleensä vetävien pyörien ja alustan välisen vetokitkan ja reen liukumiskitkan tai perävaunun vierimiskitkan välisestä suuruuserosta.
3. Liikkeelle lähdetessä kuorman suuruus riippuu yleensä vetävien pyörien ja alustan välisen vetokitkan ja reen jalasten tai perävaunun pyörien ja alustan välisen lepokitkan suuruuserosta.
4. Kaikki toimenpiteet, jotka lisäävät vetokitkaa liukumis- ja vierimiskitkaa suurentamatta, parantavat traktorin vetokykyä ja siis suurentavat kuormaa tiettyyn rajaan asti.

Valmistajien ilmoittama yleisimpien pyörätraktoreiden (esim. Ferguson, Fordson Major jne.) teho vetokoukussa vaihtelee 20...42 hv.

Jarrutuskyky on tavallaan käänteinen ilmiö vetokyvylle. Sekin riippuu olennaisesti kitkan suuruudesta. — Kun traktoreiden ajonopeus esim. autoihin verrattuna on suhteellisen alhainen ja maastomme ovat melkoisen tasaisia, niiden jarrutuskyky ei yleensä muodostu oloissamme ongelmaksi.

3. Maastokelpoisuus

Maatalouspyörätraktoreiden *maavara* on yleensä verraten suuri, 22...40 cm, *painopiste* suhteellisen alhaalla ja useiden mallien *raideväli* säädettävissä tarpeen mukaan leveämmäksi tai kapeammaksi, yleensä 122...170 cm rajoissa, joten kuormittamattomina niillä voidaan liikennöidä verraten epätasaisella alustalla. Kuten edellä vetokykyä käsiteltäessä on ilmentynyt (s. 42), niiden kuormattuna liikennöimiskyky epätasaisella alustalla on kuitenkin sangen rajoitettu. Metsämaastossa kivet, kannot, mätät, kuopat, kasvava metsä, aluskasvillisuus ja hakkuutähteet ovat esteitä, jotka aiheuttavat kiinni juuttumisia. Vaikka maasto olisikin niin helppoa, että liikennöiminen teknillisessä mielessä olisi mahdollista, renkaat saattavat puhjeta terävässä kannoissa tai kivessä, mikä merkitsee

huomattavaa taloudellista tappiota. — Yleensä traktoreiden kuljetuskyky tietyssä metsämaastossa on todettu alhaiseksi ja tämäntapainen kuljetus kustannuksiltaan tuntuvasti hevoskuljetusta kalliimmaksi (esim. LEIJONHUFVUD 1954—1955).

Traktoreiden *kääntösäde* ohjausjarruja käytettäessä on pieni, tavallisesti 2.66...3.66 m, joten tyhjänä ne voivat puikkelehtia puiden välistä. Kuormaa reessä tai perävaunussa vedettäessä vaaditaan kuitenkin n. 20...25 m kääntösäde. — Tieaukon leveyden tulee olla vähintään 2.4 m, mutta kiinni tarttumisien välttämiseksi mieluummin 3 m. Riittävän suoraa ja näin leveitä aukkoja ei metsistämme yleensä raivaamalla löydy.

Kitkaketjuilla varustettuina pyörätraktorit kykenevät ilman kuormaa kulkemaan n. 50 cm syvyisessä, pehmeässä lumessa (VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS 1950, s. 10). Kuorman kuljettaminen näissä lumensyvyyksissä on kuitenkin vaikeata ja yleensä taloudellisesti kannattamatonta. Pehmeällä suolla pyörätraktorit ovat muiden pyöräajoneuvojen tavoin avuttomia ilman pintapainetta pienentäviä lisävarusteita.

Traktoreiden ylämäkien nousukyky on sangen rajoitettu. Vetovastuksen lisäksi on voitettava myös nousuvastus (ks. s. 38). Erityisesti rekeä vedettäessä vetävien pyörien ja alustan välisen vetokitkan pienuus muodostuu minimitekijäksi. — Suurin nousu, josta traktori selviytyy kuormattuna, määräytyy sen vetovoimareservin suuruuden mukaan, jolla traktori saa kuorman liikkeelle eli lepokitkan voitetuksi (vrt. PUTKISTO 1950c). — Yleensä on todettu, että keskimäärin tämä reservi riittää täyden rekikuorman vetämiseen 4 % nousun yli (esim. PUTKISTO 1952e, s. 1).

Jos käytetään perävaunua, vetokitkaa voidaan suurentaa mäkien hiekoituksella ja siten parantaa traktoreiden mäkiennousukykyä. Maksiminousu täydellä kuormalla ajettaessa on ilmeisesti tällöin n. 7...8 %.

4. Lisävarusteiden käyttömahdollisuus

Puutavaran kuljetuksen kannalta on pidettävä suurena etuna, että pyörätraktoreihin on saatavissa ja niiden yhteydessä voidaan käyttää erilaisia lisävarusteita.

Edellä on jo viitattu vetokitkan suurentamista varten vetäviin pyöriin kiinnitettäviin *kitkaketjuihin* (s. 43). Erityisen arvokkaiksi ovat osoittautuneet pehmeällä alustalla vetokitkaa suurentavat ja samalla pintapainetta pienentävät *puolitelaketjut*, kuten tuonnempana ilmenee (mm. s. 50). Niiden avulla saadaan traktorin pehmeällä alustalla (lumessa ja

suolla) kulkemiskyky ja yleensäkin maastossakulkemiskyky paranemaan. Suurin merkitys on kuitenkin siinä, että niitä käyttämällä traktori voi tiivistää lumen kantavaksi kerrokseksi, joka kestää ainakin ko. puolitelaketuilla varustetulla traktorilla liikennöimisen.

Traktoreissa on vähintään yksi, mutta useissa malleissa kaksikin *voiman ulosottomahdollisuutta*. Tämä tekee mahdolliseksi kuormauslaitteiden ja vintturin käytön. — Vintturia taasen voidaan käyttää kuorman irti vetämiseen liikkeelle lähdeäessä ja kiinni juututtaessa, »ylisuurien» mäkiin ylittämiseen sekä puutavaran juontoon ja kuormaukseen.

Edellä lueteltujen, puutavaran kuljetuksen kannalta olennaisimpien lisävarusteiden lisäksi traktoreiden yhteydessä voidaan käyttää erilaisia teiden rakentamisessa ja hoidossa tarpeellisia laitteita, kuten kompressoria, vesipumppua, lumiauraa jne., puhumattakaan monista, maataloudessa käytettävistä laitteista.

IV Tutkimusmenetelmä ja aineistot

Kun ryhdyttiin etsimään ratkaisua asetetulle tutkimustehtävälle (ks. s. 26), ei ollut olemassa työmaita, joilta suoraan olisi saatu materiaalia. Näin ollen mikään otokseen perustuva, tilastollinen menetelmä ei voinut tulla kysymykseen, vaan oli järjestettävä kokeilutyömaita, joilla työt *konstruoiitiin* tietyllä tavalla tapahtuviksi. Toisin sanoen tehtiin se työhypoteesi, että kokeilujen pohjaksi valitut töiden konstruktioit johtaisivat kustannuksiltaan hevoskuljetuksen kanssa kilpailukykyisen traktori-metsäkuljetusmenetelmän löytämiseen. Tehtävänä oli osoittaa, pitääkö työhypoteesi paikkansa ja samalla oli tutkittava konstruktion sisäiset lainmukaisuudet. — Järjestettiin siis mitattuja kokeita, joiden perusteella laskettiin tuotos ja siitä aiheutuvat kustannukset olennaisimpien tekijöiden funktiona. Tuotos- ja kustannusarvoja verrattiin sitten vastaaviin, traditionaalisten menetelmien entuudesta tunnettuihin arvoihin.

Tarkemmin selostettuna ratkaisuun pyrittiin periaatteellisesti seuraavalla tavalla:

1. Ennakkomielikuvaan ja aikaisemmin suoritettujen, kysymystä tangeeraaviin tutkimusten tuloksiin pohjautuen kokeilutyömaiden traktorikuljetus siihen liittyvine hakkuujärjestelyineen ja tiekysymyksineen pyrittiin järjestämään parhaalla mahdollisella tavalla (ks. ss. 49—62).
2. Kun kuljetukset saatiin käyntiin, suoritettiin niihin liittyvistä töistä aikatutkimuksia työmenekin määrittämiseksi.
3. Samanaikaisesti tehtiin havaintoja ja suoritettiin mittauksia traktorien kestävyysden selvittämiseksi.
4. Aikatutkimuksissa pyrittiin erityisesti kiinnittämään huomiota työssä sattuneiden keskeytysten syihin, jotta virheellisestä organisaatiosta, ammattitaidon puutteesta jne. johtuvat keskeytysajat, jotka myöhemmin ovat vältettävissä, olisi saatu aineistojen käsittelyn yhteydessä eliminoiduiksi.
5. Niistä olennaisesti kuljetukseen liittyvistä osatöistä, joita koskevat työmenekkitiedot olivat jääneet kovin epävarmalle pohjalle, suoritettiin täydennystutkimuksia.

6. Jotta ihmistyön ja konetyön osuudet olisi saatu yhteismitallisiksi, kummankin aika-yksikkö hinnoitettiin vallitsevan hintatason mukaisesti.
7. Kun näin oli päästy käsiksi kustannuksiin, verrattiin eri menetelmävaihtoehtojen kustannuksia keskenään edullisimman yleisorganisaation ja työmenetelmän löytämiseksi kustannusten kannalta (koordinointi).
8. Sen jälkeen suoritettiin kustannustekijät huomioon ottaen traktori-metsäkuljetusmenetelmän taloudellisuuden vertaaminen hevoskuljetuksen ja eräiden muiden metsäkuljetusmenetelmien taloudellisuuteen niiden rajojen löytämiseksi, joiden puitteissa kehitetty menetelmä voitaisiin katsoa elinkelpoiseksi.
9. Kun kuljetusnopeudella on merkitystä työmaiden kiinteiden kustannusten (esim. kämppä- ja tallikustannukset) kannalta, suoritettiin myös kuljetustuotoksien vertailua.

Käytetty tutkimusmenetelmä sisältää monia heikkouksia. Esimerkiksi kysymykset siitä, missä määrin saatuja työmenekkiarvoja voidaan yleistää ja missä on raja vältettävissä olevien keskeytysaikojen ja työhön olennaisesti liittyvien keskeytysaikojen välillä, ovat erittäin vaikeasti ratkaistavissa. Rajankäynti on pyritty suorittamaan mahdollisimman kriittillisesti ja sitä on ollut helpottamassa se, että käytettävissä on ollut aineistoa usean traktorin työstä kahdelta, olosuhteiltaan toisistaan poikkeavalta kokeilutyömaalta sekä myös niiltä työmailta, joilla suoritettiin täydennystutkimuksia. Lisäksi on otettava huomioon, että *käytetty työvoima oli traktorikuljetukseen ennestään tottumaton, kalusto puutteellista ja pääosa työstä suoritettiin aikapalkalla, joten saadut työmenekkiarvot eivät voine antaa ainakaan liian edullista kuvaa traktori-metsäkuljetuksen mahdollisuuksista.*

Aikatutkimusaineistot ovat eräiden osatöiden osalta jääneet verraten suppeiksi ja erityisesti traktoritalviteiden pohjien raivaamisesta ja traktorikuljetusta varten suoritettavasta hakkuutyöstä olisi tehtävä jatkotutkimuksia.

Erityinen hankaluus aiheutuu siitä, että taloudellisuusvertailuissa tarvittavat kustannustekijät ovat muuttuvia. Esim. traktoreiden hankintahinnan muuttuminen, polttoaineen hinnan muuttuminen, työntekijöiden reaali-palkan nousu jne. muuttavat saatua kuvaa traktorikuljetuksen taloudellisuudesta. — Kustannukset on kuitenkin pyritty laskemaan niin, että käytetyt premissit ovat näkyvissä. Näin ollen tulokset ovat tarvittaessa suhteellisen helposti muunnettavissa uusia olosuhteita vastaaviksi.

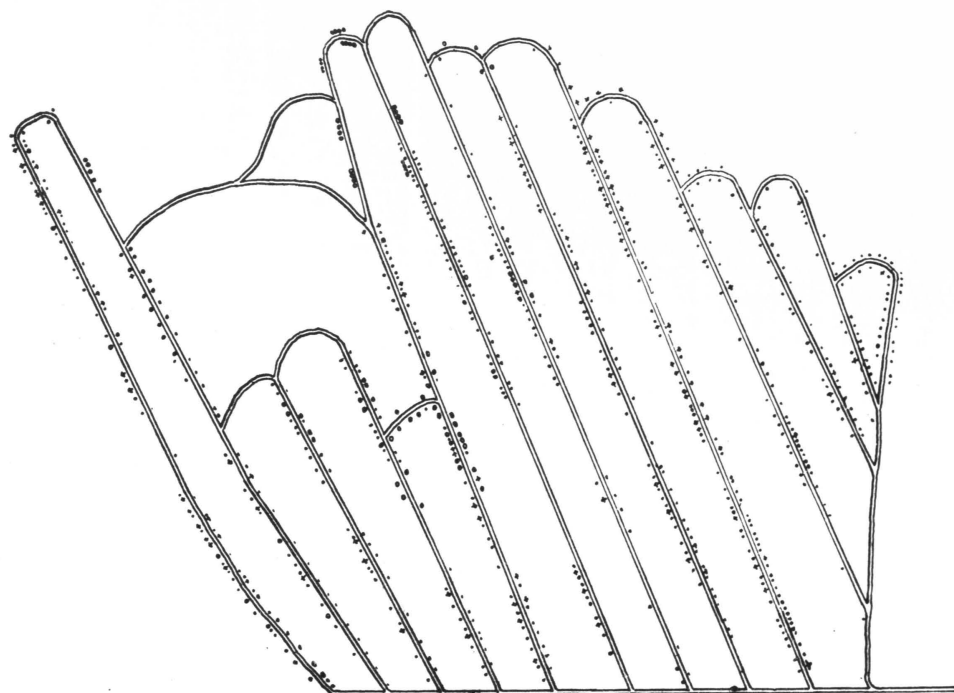
1. Yleiselostus kokeilujen pohjaksi valituista työkonstruktioista

Teiden rakentaminen ja hakkuiden järjestäminen traktorikuljetusta varten

Kun oli ilmeistä (ks. s. 45), ettei pyörätraktori kykene kilpailemaan taloudellisuudessa hevosen kanssa, jos puutavara noudetaan sillä »suoraan kannolta» hevoskuljetuksessa totuttuun tapaan, pyrittiin kokeilujen pohjaksi löytämään menetelmiä, joissa traktori voisi liikennöidä yksinomaan teillä. — Välivarastosta tapahtuvasta puutavaran traktorikuljetuksesta oli jo entuudestaan käytettävissä sekä kotimaisia (PUTKISTO 1950c, ARNKIL 1951, s. 1) että ulkomaisia (esim. PARDE 1941, JONSON 1945, GRANVIK 1949) kokemuksia, joiden mukaan traktori oli osoittautunut käyttökelpoiseksi rekikuormien vetäjäksi vähämäkisillä, auratuilla teillä. — Nyt oli kysymys siitä, miten saada tiet rakennetuiksi hakkuualueelle asti metsälön puun tuotantoa olennaisesti vähentämättä ja miten saada puutavara näillä teillä liikennöivän traktorin ulottuville niin halvoin kustannuksin, että traktorikuljetus tiekustannukset ja hakkuukustannusten muutoksetkin huomioon otettuina olisi kilpailukykyinen hevoskuljetuksen kanssa.

KAJAANI OY:N toimesta oli ryhdytty pinotavaran hakkuun ja hevoskuljetuksen rationaalisoinniseksi kokeilemaan menetelmää, jossa metsään raivattiin hakkuun yhteydessä ennen talven tuloa työnjohdon viitoittama palstatieverkko 30...40 m palstatie-etäisyyttä käyttäen (SIMOLA 1950). Hakkuumiehet kuljettivat 1...2 m pinotavarapölkyt näiden teiden varsinne pinoihin ja ristikoille. — Tekijä joutui tutkimaan tätä menetelmää. — Kun palstateiden raivaamisen ja pidentyneen kantomatkan todettiin lisäävän hakkuun työmenekkiä keskimäärin vain n. 3 % vastaavissa olosuhteissa tapahtuvaan hajamuodostelmiin hakkuuseen verrattuna (PUTKISTO 1951b), oli todennäköistä, että *palstatieverkko* voitaisiin rakentaa kohtuullisin kustannuksin traktoriliikennettäkin varten.

Kun palstateita tarvitaan pinta-alayksikköä kohden runsaasti, aurattujen moottoritalviteiden käyttö olisi tullut kuitenkin liian kalliiksi. Ne näet vaativat perusteellisen tiealueen raivaamisen ja tasoittamisen (esim. PUTKISTO 1952b, ss. 23—31). Ulkomaiset (esim. LEIJONHUFVUD 1943) samoin kuin kotimaisetkin (esim. KAJAANI OY) kokemukset olivat osoittaneet, että telaketjutraktoreilla voidaan liikennöidä avaraamattomilla, näiden ajoneuvojen itsensä tiivistämällä lumiteillä. Vastaavia kokemuksia oli



Kuva 4. Kornin työmaan palstatieverkko. Pisteet teiden vieressä osoittavat pinojen ja ristikoiden sijaintia.

Fig. 4. The strip road network of the Kornin work site. The points by the roadside indicate the location of the piles and crosswise-stacks.

saatu Kanadassa (SUNDBERG 1950) ja Norjassa (SAMSET 1951b) puolitelaketjuilla varustetuista pyörätraktoreista. — Norjasta saatiin keväällä v. 1952 lainaksi kanadalaista valmistetta olevat puolitelaketjut, joita käyttäen tekijä suoritti orientoivia lumen tiivistämiskokeiluja Pitäjänmäellä myönteisin tuloksin (PUTKISTO 1953a, s. 3). — Kun tiivistämällä rakennetut moottoritalvitiet eivät vaadi niin perusteellista raivaamista kuin auratut, oli ilmeistä, että tällä rakennustekniikalla saataisiin tiekustannukset pysytetyiksi niin alhaisina, että taloudellisuustavoitteet saavutettaisiin. Aikaisemmat selvitykset tiivistämällä rakennettujen talviteiden, joita seuraavassa nimitetään »polanneteiksi», ajoradan kestävydestä kuitenkin kokeiluihin ryhdyttäessä puuttuivat, minkä vuoksi sitäkin koskevat mittaukset jouduttiin sisällyttämään tutkimusohjelmaan. — Kestävyttä koskevat tutkimustulokset on katsottu kuitenkin aiheelliseksi julkaista eri yhteydessä, kuten aikaisemmin on mainittu.

Varsinaisia kokeilutyömailta oli kaksi, nimittäin talvella 1952—1953

Pieksämäen mlk:ssa Kornin tilalla ja talvella 1953—1954 Keurulla Ristimäensalon tilalla. Täydennysaineistoja kerättiin lisäksi Pelkosenniemeltä ja Kolarista talvella 1954—1955 työmailta, joiden tie-, hakkuu- ja kuljetustyöt oli järjestetty aikaisempien kokeilutyömaiden esimerkin mukaisesti, sekä Pälkäneeltä viimeksi mainittuna talvena. Pälkäneellä traktori-kuormien purkaminen tapahtui nippuina.

Kokeilutyömaiden tiet rakennettiin seuraavasti. — Hakkuualueelle viitoitettiin palstatieverkko siten, että tiet muodostivat toistensa yhteydessä olevia »silmukoita» (kuvat 4 ja 5). Näin meneteltiin sen vuoksi, että traktoreiden ympäri kääntyminen olisi tarpeetonta ja että tyhjänäajoliikenne tiivistäisi aina sen palstatien ajorataa, jonka



Kuva 5. Ristimäensalon työmaan palstatieverkko. — 1. alue, jolla pinotavara hakattiin palstateiden varteen. — 2. alue, jolla käytettiin vintturijuontoa. — 3. varsitie.
Fig. 5. The strip road network of the Ristimäensalo work site. — 1. The area in which the cordwood was logged alongside the strip roads. — 2. The area in which winch skidding was employed. — 3. The main haulage road.



Kuva 6. Valmiiksi raivattua traktoripalstatieta.

Fig. 6. Ready-cleared tractor strip road.

varresta kuormaus seuraavassa vaiheessa tulisi tapahtumaan (vrt. TONKELL 1933, ss. 12—13, TOWNSEND 1937, s. 23).

Vähäisten korkeusvaihteluiden vuoksi Kornissa tieverkko voitiin suunnitella ver-raten kaavamaiseksi n. 60 m tie-etäisyyttä käyttäen. Ristimäensalossa korkeusvaihtelut olivat suurempia, minkä vuoksi tiet pyrittiin sijoittamaan siten, että kuormattuna-ajosuunnassa olisi nousuja mahdollisimman vähän ja ettei tavaraa palstateiden varteen siirrettäessä jouduttaisi sitä sanottavasti kuljettamaan vastamaahan. Palstateiden etäisyys vaihteli Ristimäensalossa 20...100 m.

Tieaukon leveytenä kokeiltiin Kornissa 2.4 ja 3.0 m ja Ristimäensalossa 3.0 m. Pienin kaarteen säde oli em. työmaalla 9 m ja vm. työmaalla 17 m.

Tiealueelta raivattiin vain karkeimmat esteet: kasvavat puut, pensaas ja suuret kivet (kuva 6). Puut pyrittiin kaatamaan lyhyeen kantaan ja pitkät kannot lyhennettiin. Korkeimpien mättäiden eteen sekä silmäkkeiden kohdalle aseteltiin tien poikki telapuita. Syvimpiä kuoppia täytettiin havuilla ja ne painotettiin telapuilla. Tie-alueella olevista suurikokoisista puista valmistettiin puutavaraa, mikä varastoitiin tien sivuun. — Yleisesti arvosteltuna raivaus oli kummallakin työmaalla vaatimattomampi kuin mitä esim. hevosvarsiteillä on totuttu käyttämään.

Talvella lumi tiivistettiin sekä palsta- että varsiteiden alueella siten, että puolitelaketjuilla varustetulla traktorilla tiet ajettiin kahteen kertaan edestakaisin (kuva 7). Jotta tieaukkoa ei olisi jouduttu raivaamaan tarpeettoman leveäksi, keskitie (raiteiden väli) tiivistettiin jyräämällä (kuva 8, s. 54), lukuun ottamatta Ristimäensalon aukeita tien osia. Viimeksi mainitut tiivistettiin kinostumisvaaran välttämiseksi n. 7 m leveydeltä ajamalla traktorilla raide raiteen viereen. — Lumen syvyys oli tiivistämisvaiheen aikana Kornissa 35...45 cm ja Ristimäensalossa 18...22 cm.

Kun pakkana oli kovettanut tiivistetyn lumen, ajorata tasoitettiin lanaamalla (kuva 9, s. 54). Ristimäensalossa lumen niukkuuden vuoksi palstateiden lanaukseen käytettiin kolmesta pölkystä pulttien avulla koottua tilapäislanaa (kuva 10, s. 55), sillä varsinainen lana olisi todennäköisesti särkynyt. — Kaksi lanauksetta osoittautui riittäväksi.



Kuva 7. Lumen tiivistäminen puolitelaketjuilla varustetulla pyörätraktorilla.

Fig. 7. Packing snow with a wheel tractor furnished with half-tracks.

Ajoradan olennaisimpana hoitotoimenpiteenä käytettiin lanausta, mikä suoritettiin aina voimakkaimpien lumisateiden jälkeen. — Palstateillä hoitolanaus osoittautui kuitenkin tarpeettomaksi. — Ristimäensalossa jouduttiin ajokauden aikana poistamaan väärin aseteltuja telapuita ja lyhentämään kantoja, joita vähäinen lumimäärä ei kyennyt peittämään. Kornissa oli aukeilla sijaitsevien tien osien ajorata levitettävä (kuva 11, s. 55) traktoreiden tieltä suistumisen vähentämiseksi ja sivuutusten helpottamiseksi. Nämä on kuitenkin katsottava poikkeukselliseksi tienhoitotoiksi.

Puutavaran saamiseksi palstatiellä liikennöivien traktoreiden ulottuville hakkuut järjestettiin seuraavalla tavalla:

1. *Pinotavara* tehtiin ennakolta palstateiden varteen (Korni, osa Ristimäensaloo) em. Kajaani Oy:n käyttämän menetelmän mukaisesti (kuva 12, s. 56).
2. Koska talvella lumen ollessa maassa palstatiiden varteen teko on hakkuumiehille ilmeisesti liian raskasta, vakiomitoille katkotun lyhyen pinotavaran sijasta valmistettiin *pinotavararankoja*, jotka aluksi tehtiin levälleen. Myöhemmin päädyttiin menetelmään, jossa rangat hakkuumiesten toimesta koottiin 0.020...0.688 k-m³ suuruisiksi juontotaakoiksi (minimi 24 jm/taakka) vintturijuontoa varten (osa Ristimäensaloo).
3. *Tukit* tehtiin levälleen (Korni, Pelkosenniemi ja Kolari) vintturijuontoa varten.

Kaikissa tapauksissa käytettiin suunnattua kaatoa hakkuuseen liittyvän kuljetusmatkan (pinoaminen, ristikoiminen, juontotaakkoihin teko) tai juontomatkan lyhentämiseksi.



Kuva 8. Tien keskikohdan tiivistäminen jyräämällä.
Fig. 8. Roller-packing the road centre.

Pinotavara pinottiin palstateiden varsille, jos se oli kuoripäällistä (Korni), mutta ristikoitiin, jos se oli puolipuhdasta (Ristimäensalo). Näiden varastomuodostelmien lähinnä tietä olevan reunan etäisyys oli 2.0...2.5 m tien keskiviivasta. — Hakkuu oli tarkoituksena suorittaa ennen lumen tuloa. Eräiden järjestelyvaikeuksien vuoksi aloittaminen kuitenkin viivästyi Kornissa siinä määrin, että lunta oli ennättänyt tulla n. 25 cm. — Pinotavaran palstatien varteen teosta ei kokeilutyömailla suoritettu aika-tutkimuksia, vaan laskelmissa käytettiin hyväksi tästä työstä aikaisemmin Sotkamossa suoritettujen tutkimusten (ks. s. 96) tuloksia.



Kuva 9. Traktorivetoinen, ajoradan tasaamiseen tarkoitettu lana.
Fig. 9. Tractor-drawn drag for levelling the roadway.



Kuva 10. Lumen vähyden vuoksi käytettiin Ristimäensalon palstateilla tilapäislanaa.
Fig. 10. Owing to the thin snow cover an improvised drag was used on the strip roads at Ristimäensalo.

Tukit kaadettiin kohti palstateita tai hieman vinosti palstateiden kuormattuna-ajosuuntaan nähden lukuun ottamatta teiden välittömässä läheisyydessä olevia puita, jotka kaadettiin teiden suuntaisiksi. — Hakkuumiesten tehtävänä oli valita kaato-suunta niin, että juontoreitti palstatielle olisi mahdollisimman esteetön.



Kuva 11. Aukealla oleva tienosa levitetynä Kornissa ennen lanausta. Lumen syvyys yli 100 cm.
Fig. 11. The road section in the open, widened prior to drag-grading. Snow depth over 100 cm.



Kuva 12. Palsttien varteen tehtyä pinotavaraa Ristimäensalon työmaalla.
Fig. 12. Cordwood prepared alongside the strip road at the Ristimäensalo work site.

Traktorikuljetus

Polanneteillä liikennöimistä varten traktorit varustettiin puolitelaketti-juilla (eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta), puutavaran kuljettamista varten puolireellä (eräitä kokeita tehtiin myös puoliperävau- nalla) sekä tukkien ja pinotavararankojen ollessa kysymyksessä niiden juontamista ja kuormaamista varten puominosturityyppisellä, traktorista voimansa saavalla vintturilla toimivalla kuormauslaitteella. — Työryh- mään kuului kuljettaja ja apumies.

Pinotavaran kuljetus tapahtui seuraavasti. — Traktorin saavuttua ensimmäisenä kuormattavan pinon tai ristikon luo kuljettaja ja apumies tarkastivat yhdessä reen kunnan ja käyttivät hetkisen työn suunnitteluun. Sen jälkeen he poistivat pinon tai ristikon päällä olevan lumen ja ryhtyivät pokaraa apuna käyttäen latomaan pölkkyjä poi- kittain reen lavalle (kuva 14, s. 58). Kun kaikki pinon tai ristikon pölkkyt oli kuormattu, kuljettaja ajoi traktorin seuraavan varastomuodostelman kohdalle, josta kuormaus suoritettiin edellä esitetyllä tavalla. Joskus kuormattiin vain osa pinosta tai ristikosta, koska siten saatiin kuormauskorkeus edullisemmaksi. — Pinojen ja ristikoiden väli- matkasta riippuen apumies joko istui ajon aikana lavalla tai käveli. Näin jatkettiin, kunnes kuorma oli valmis. Sen jälkeen apumies kiipesi kuormalle ja matka kohti pur- kamispaikkaa alkoi. — Kuormia ei ollut tarpeellista sitoa, sillä pinotavaran kuljetuk- sessa lavan päihin sijoitetut puiset pylväät oli tavallisesti yhdistetty toisiinsa köysillä.

Tavaran kerääminen kuormaan aloitettiin useimmiten palsttien perältä ja se suoritettiin järjestyksessä. Jos osa pinoista tai ristikoista sijaitsi mäen tai ajoradaltaan huonossa kunnossa olevan tien takana, perältä otettiin ainoastaan pohjakuorma, jota



Kuva 13. Traktoripalstatie Kornin työmaalla.
Fig. 13. Tractor strip road at the Kornin work site.

täydennettiin paremmalle tien osalle tultua. — Kun Kornissa satoi ajokauden aikana runsaasti uutta lunta, katsottiin aiheelliseksi lumisateiden jälkeen noutaa kuormia vuorotellen kaikkien palstateiden varsilta. Näin liikenne tiivistyi uuden lumen ennen kuin sen syvyys ennätti suurentua tiivistämistyötä tai liikennettä pahemmin haittaa- vaksi.

Ajon aikana apumies seurasi kuorman mukana ollakseen mahdollisten kiinni juut- tumisten tai polanteelta suistumisten sattuessa valmiina auttamaan sekä auttaakseen kuljettajaa kuorman purkamisessa.

Kuormattuna ajettaessa sovittiin ajonopeus kunkin tienosan kunnan mukaiseksi. Liikkeelle lähdetessä käytettiin 1. vaihdetta, mutta suurin osa tiestä voitiin ajaa 2., 3. tai 4. vaihteella. Tyhjänä ajettaessa nopeus oli suurempi. Tavallisesti käytettiin 3., 4. tai 5. vaihdetta.

Lähdetessä liikkeelle kuormattuna joko palstatieltä tai matkan aikana sattuneen pysähtymisen jälkeen kiinni jäätyneet jalakset irroitettiin kolauttamalla niitä pöl- kyllä välittömästi ennen traktorin nykäisyä. — Vaikeimmissa kiinni juuttumistapauk- sissa käytettiin vintturia, jos kysymyksessä oli vintturilla varustettu traktori. Joskus kuorma jouduttiin joko osittain tai kokonaan purkamaan ja kuormaamaan uudelleen.

Traktorin saavuttua purkamisvarastolle kuljettaja ja apumies latoivat pölkkyt joko pinoon (Korni) tai heittopinoon (Ristimäensalo), jonka jälkeen tyhjänä ajo kohti met- sää alkoi. — Jos pinotavara niputettiin reessä (Pälkäne), reki oli varustettu käsikipillä ja muutoin vastaavilla laitteilla, kuin mitä autoniputuksessa on totuttu käyttämään (ks. TUOVINEN 1949, ss. 10—12). Purkamisvarastolla kuljettaja ja apumies sitoivat nip- pulangat yhdessä paikoilleen, käänsivät nippujen alapään pyöristäjät reen keskustaa kohden, asettivat kaksi teräsjolua kiinni lavan takapäähän, poistivat reen päätytu- et ja väänsivät lavan käsikipillä kaltevaan asentoon niin, että takimmainen nippu liukui joluja myöten maahan kuljettajan ajaessa traktoria eteenpäin. Sen jälkeen apumies



Kuva 14. Pinotavaran kuormaus palstatiin varresta käynnissä Ristimäensalossa.
Fig. 14. Loading of cordwood in progress from alongside a strip road at Ristimäensalo.



Kuva 15. Valmis, n. 28 p-m³ suuruinen pinotavarakuorma lähdössä palstatieltä kohti varsitietä ja purkamisvarastoa.
Fig. 15. A completed cordwood load of some 28 piled cu.m. ready to start from the strip road for the main haulage road and unloading storage.



Kuva 16. Pinotavaran purkaminen varstopinoon Kornissa.
Fig. 16. Unloading cordwood onto the storage pile at Kornsi.

poisti välipylväät, minkä jälkeen keskimäinen nippu saatiin vastaavalla tavalla alas. Sama toistui myös viimeisen nipun kohdalla. Reen tyhjennyttyä kuljettaja ja apumies yhdessä kippiä kääntämällä palauttivat lavan kuljetusasentoon ja asettelivat väli- ja päätyylväät paikoilleen.

Pinotavararankoja ja *tukkeja* kuljetettaessa reki (tai perävaunu) oli varustettu laukaistaessa alapäistään irtoavilla, kaksijatkeisilla sivupylväillä, joiden väliin tavara kuormattiin.

Juontoa kokeiltiin aluksi siten, että pölkyt vedettiin tien viereen odottamaan myöhemmin tapahtuvaa kuormausta. Kun oli selvästi havaittavissa, että kuormaamalla ne välittömästi kokonaistyöajan menekki vähenee, siirryttiin tällaiseen työskentelyyn.

Ennen juonnon ja varsinaisen kuormauksen aloittamista sivupylväiden jatkeet käännettiin alas ja nostettiin ylös vasta pohjakuorman tultua valmiiksi.

Juontoon ryhdyttäessä kuljettajan tehtävänä oli pysäyttää traktori hakkuumiehen valitseman juontoreitin kohdalle. Sen jälkeen apumies veti kuormauslaitteen kääntyvän puomin päässä olevan taittopyörän kautta ohjautuvan teräsköyden hinattavan taakan luo, sitoi kiristyvällä silmukalla taakan kiinni, jos kysymyksessä oli useita pölkkyjä sisältävä taakka (pinotavararanka), tai kiinnitti köyden päässä olevat, laukaisunarulla varustetut juontosakset pölkkyyn, jos kysymyksessä oli pölkky kerrallaan tapahtuva juonto (tukit), sekä antoi merkin hinauksen aloittamiseksi. — Köyden vedon aikana vintturi oli kytkettynä vapaalle ja kuljettaja auttoi istuimelta käsin köyden purkautumista sitä käsin vetämällä. — Merkin saatuaan hän kytki vintturikoneiston toimintaan apumiehen saattaessa taakkaa ohjaten sen esteiden sivu köydestä sivullepäin nykäisemällä tai kangella kääntämällä. — Jos taakka juuttui kiinni, apumiehen tehtävänä oli sen irrottaminen.



Kuva 17. Tukin vintturijuonto käynnissä palstatiellä olevan traktorin rekeen Kornissa.
Fig. 17. Winch skidding a log into a tractor sleigh on a strip road at Kornii.



Kuva 18. Tukin kuorman nosto käynnissä Pelkosenniemen työmaalla.
Fig. 18. Lifting a log onto the load at the Pelkosenniemi work site.



Kuva 19. Palstatieltä lähtenyt, n. 400 j³ tukkikuorma Pelkosenniemen varsi tiellä.
Fig. 19. A log load of some 400 cu.ft., which set off from a strip road, travelling on the main haulage road at Pelkosenniemi.



Kuva 20. Tukkikuorman purkaminen traktorireestä Pelkosenniemellä.
Fig. 20. Unloading a log load from a tractor sleigh at Pelkosenniemi.

Taakka nostettiin kuormaan siten, että sen pää vedettiin hinauspuolella, lähinnä traktoria olevan sivupylvään »kainaloon», jonka jälkeen teräsköyden kiinnityspiste siirrettiin taakan toista päätä kohden niin, että sekin saatiin nostetuksi koneellisesti kuormaan, taikka niin, että kiinnityspisteen vaihto tehtiin jo silloin, kun taakan pää saapui suunnilleen tien reunan kohdalle (osa tukeista). Joissakin tapauksissa sakset kiinnitettiin verraten etäälläkin olevan tukin painopisteeseen. Tämä edellytti esteetöntä maastoa hinausreitiltä. — Kun taakka oli saatu kuormassa paikoilleen, apumies aukaisi teräsköyden silmukan tai irroitti juontosakset tukista laukaisunarusta nykäisemällä. — Eräissä tapauksissa pölkyjä jouduttiin järjestelemään kuormassa sen saamiseksi tiiviiksi ja oikein painotetuksi. Tämä työ kuului myös apumiehelle.

Kun samalta paikalta juonnettavat taakat oli saatu kuormaan, ajettiin traktorilla eteenpäin seuraavan, hakkuumiehen suunnitteleman juontoreitin kohdalle, missä sama työ toistui. — Kun kuorma oli saatu valmiiksi, se sidottiin joko sivupylväitä yhdistävillä karhukettingeillä, taikka yksi karhukettinki kiristettiin keskeltä sen ympäri.

Rankojen ja tukkien palsta- ja varsitiellä ajo tapahtui täysin vastaavalla tavalla, kuin mitä pinotavaran osalta on esitetty. — Näiden tavaralajien purkamiseksi sivupylväät poistettiin purkamispuolelta, jonka jälkeen kuorman ympäri kierretty karhukettinki laukaistiin. Jos kettinkiä ei käytetty, laukaistiin sivutuet. Laukaisun jälkeen osa pölkyistä vieri itsestään alas (kuva 20). — Tukit varastoitiin teloille joko yksikerroksisiin (Kolari) tai useampikerroksisiin (Korni, Pelkosenniemi) kasoihin.



Kuva 21. Tukkikuorman purkaminen 3-kerroksiseen telakasaan Kornissa.

Fig. 21. Unloading a log load onto a 3-layer stack on skids at Korni.

2. Aikahavaintojen teko sekä muut mittaukset ja käytetyt luokittelut

Työntutkimukset on yleensä totuttu jakamaan *menetelmätutkimuksiin* ja *aikatutkimuksiin* (esim. SÄLLFORS 1945, s. 118). Näistä suositellaan menetelmätutkimus suoritettavaksi ensiksi, sillä esim. SÄLLFORSIN (1945, s. 121) mukaan aikatutkimuksiin olisi ryhdyttävä vasta sitten, »kun uusi työtapana on täysin määritelty ja työntekijä tarpeellisessa määrin on totunut siihen». — Epäilemättä useissa töissä, varsinkin teollisuudessa, voidaan menetelmää parantaa muillakin tavoin kuin aikamäärityksin koottavien tietojen perusteella. Esillä olevassa tapauksessa tarvittiin kuitenkin aikatutkimusta myös työmenetelmän luomiseksi ja kehittämiseksi.

Teollisuudessa tehtyjen aikatutkimusten päätavoitteeksi on yleensä asetettu »normaaliajan» määrittäminen, jonka esim. VON ALFTAN (1943, s. 39) määrittelee seuraavasti: »Normaaliaika merkitsee sitä minuuttimäärää, jonka kohtuullisen ammattitaitoinen työntekijä kuluttaa sen (työn) suorittamiseen työskennellessään tiettyä työnsuoritustapaa noudattaen ja tiettyjen olosuhteiden vallitessa kohtuullista, verraten rauhallista tahtia». — Kun »normaali» käsitteenä on erittäin epämääräinen ja »normaalisuorituksen» mittapuun (esim. Bedaux-järjestelmässä kävelynopeus tasaisella tiellä 4.4 km/t, ks. VON ALFTAN, s. 39) käyttö metsätyöntutkimuksissa on osoittautunut ylivoimaisen vaikeaksi, Pohjoismaiden metsätyöntutkimuksilla tavoitellaan sen sijasta »keskimääräistä suoritus-tasoa». Keskimääräisellä suoritus-tasolla tarkoitetaan tällöin usean ammattitaitoisen työntekijän tiettyssä työssä ja tiettyjen olosuhteiden vallitessa saavuttamien työtulosten keskiarvoa. Sen määrittämiseen pyritään tavallisesti laajoja työaika- ja työtulostilastoja keräämällä, sillä varsinaisten aikatutkimusten antamia aineistoja pidetään tähän tarkoitukseen yleensä riittämättöminä (vrt. MATTSSON MÅRN 1945, NENZELL 1945, VÖRY 1954, s. 15). Onpa varovaisuudessa menty niinkin pitkälle, että metsätöihin kohdistuvilla varsinaisilla aikatutkimuksilla on katsottu aiheelliseksi selvittää ainoastaan suhteellinen ajanmenekki eri olosuhteissa ja eri työvaikeustekijöiden vallitessa (ks. MAKKONEN 1954, s. 6).

Jos kysymyksessä on käsillä olevan kaltainen tutkimustehtävä, vain suhteiden selvittämiseen tähtäävää aikatutkimusta ei voida käyttää. Tar-kastelun kohteena oleva kokonaisuus koostuu näet useista töistä (hakkuu, tietyt, kuljetus), joiden »absoluuttinen» työmenekki ja sen vaihtelut eri tekijöiden funktiona on tunnettava. Muutoin ei voida selvittää kokonaisuuden työmenekkiä eikä myöskään suorittaa taloudellisuusvertailua. —

Edellä myös mainittiin, että lihastyö ja konetyö (pääoman osuus) on saatava yhteismitallisiksi niiden hinnoittamisella. — Suhdelukuja ei voida hinnoittaa.

Jos aikatutkimuksissa työn jaottelu vaiheisiin on suoritettu niin, että vaiheet ovat tutkimuksen tavoitteiden kannalta pienimpiä »rakenneosia» työn »kokonaisrakennuksessa» ja näiden vaiheiden suorittamiseen kuluva ajasta on tehty siinä määrin havaintoja, että vaiheajojen keskiarvoja voidaan pitää tilastomatematisina odotusarvoina, uusien menetelmien työmenekkiarvoja on mahdollisuus laskea useassa tapauksessa synteettisesti. Toisin sanoen vaiheajat ovat tällöin »suurimpia yhteisiä tekijöitä» niille aikarakennelmille, joissa samoja työvaiheita esiintyy. Vaiheajat ovat siis eräänlaisia »standardiarvoja», jotka voidaan siirtää siitä aikarakennelmasta, jonka yhteydessä niiden suuruus on määritetty, uuteen aikarakennelmaan samaan tapaan kuin tiilet voidaan purkaa vanhasta rakennuksesta ja rakentaa niistä uusi. Pelkästään työmenekin suhteisiin tähtäävä aikatutkimus ei anna tätä mahdollisuutta.

Suomalainen metsätyöntutkimus ei ole vielä päässyt niin pitkälle, että ajanmenekin peruskartoitus olisi odotusaika-arvojen määrittämiseksi suoritettu edes tärkeimmistä töistä. Kun uusien työmenetelmien kehittäminen kuitenkin edellyttää »absoluuttisia» aikoja, kuten aikaisemmasta ilmeni, käytettävissä olevia aika-arvoja on pakko käyttää tietyn varauksin ja kriittisesti niihin suhtautumalla odotusaika-arvojen korvikkeina. Erityisesti tämä koskee käsillä olevan tutkimuksen kaltaisia tapauksia, joissa työntekijöiden työskentelytapa ei vielä ole vakiintunut selvää järjestelmällisyyttä ja tiettyä rytmiä noudattavaksi. — Saaduille aika-arvoille on luonteenomaista mm. tavallista suurempi hajonta (ks. liitteitä, ss. 305—310).

Työ on edellä esitetyn periaatteen mukaisesti jaoteltu esillä olevissa tutkimuksissa osiin, joita on niiden pituudesta tai luonteesta riippumatta nimitetty »työvaiheiksi». Yksityiskohtaisemmasta jaottelusta, jollaisia eräät tutkijat (esim. LASSILA 1930, KANTOLA 1954, s. 26) ovat esittäneet, ei tämälapsissa tutkimuksissa ole katsottu olevan mitään olennaista hyötyä. Yksityisistä työvaiheista on käytetty niitä kuvaavia nimityksiä, kuten esim. »taakan hinaus», »taakan nosto kuormaan» jne. — Työvaiheiden nimet selviävät työajan menekkiä koskevien tutkimustulosten esittelystä (ks. ss. 79—172).

Käytetty työajan jaottelu, joka on soveltaen noudattanut ARON (1945) luomaa linjaa, selviää niin ikään tutkimustulosten esittelystä (ss. 79—172). Yleispyrkimyksenä on ollut saada tehollinen työaika (josta on myös

käytetty nimitystä »aika ilman keskeytyksiä») ja keskeytykset, jotka yhdessä muodostavat työmaa-ajan eli kokonaisajan, erilleen toisistaan.

Vaiheajojen pituudet mitattiin tavallisella aikatutkimuskellolla 1 cmin (1/100 min) tarkkuudella palautusmenetelmää käyttäen. Samanaikaisesti mitattiin yhtenäisaika tavallisella kellolla kontrollin saamiseksi vaiheajojen määrittämistarkkuudelle.

Jotta yksi aikatutkija olisi saanut koko työryhmän työajan rakenteen selville, käytettiin tekijän (PUTKISTO 1953b, s. 11, 1954b) kehittämää ryhmätyöntutkimusmenetelmää aikahavaintojen ja työvaikeustekijöiden muistiin merkitsemisessä. Tälle menetelmälle, joka tavallaan yhdistää menetelmätutkimuksen ja aikatutkimuksen ns. hukka-aikatutkimus muokan luettuna samanaikaisesti tapahtuviksi, on luonteenomaista mm. symbolien käyttö työvaiheiden nimitysten sijasta. — Kuvassa 22, s. 66, on esitetty näyte ryhmätyöntutkimuslomakkeesta symboleineen.

Aikahavaintojen tekoon liittyvät olennaisesti *mittaukset* työn tuotoksen suuruudesta ja niistä työvaikeustekijöistä, joiden vallitessa työ on suoritettu. Milloin kysymyksessä ovat vaikeasti määritettävät tekijät, käytetään arviointeja, joiden pohjana on useasti luokittelusysteemi.

Kokeilutyömailla suoritettuihin mittauksiin liittyy seuraavia käsitteitä:

1. Siirtoetäisyys pinotavaran kuormauksessa (kuormausetäisyys) ja purkamisessa (purkamisetäisyys) = pinon tai ristikon tienpuoleisen reunan ja reen pinon tai ristikonpuoleisen reunan kohtisuora etäisyys.
2. Siirtoetäisyys juontotaakkojen kuormaan nostossa = vaakatasoon projisioitu, kuormauslaitteen kääntyvän puomin pään ja taakan kiinnityspisteen välinen etäisyys.
3. Siirtoetäisyys tukkien purkamisessa = reen kasan puoleisen reunan ja pölkkyjen purkamisen jälkeen kasassa sijaintipaikan painopisteen välinen kohtisuora etäisyys.
4. Siirtokorkeus pinotavaran kuormauksessa (kuormauskorkeus) ja purkamisessa (purkamiskorkeus) = pinon tai ristikon korkeuden puolivälin tason ja pölkkyjen keskimääräisen kuormassa sijaintitason kohtisuora etäisyys.
5. Siirtokorkeus juontotaakkojen kuormaan nostossa = taakan sijaintitason ennen nostoa ja noston jälkeen välinen kohtisuora etäisyys.
6. Siirtokorkeus tukkien purkamisessa = kuorman korkeuden puolivälin tason ja ko. kuormasta purettujen pölkkyjen keskim. kasassa sijaintitason välinen kohtisuora etäisyys.
7. Siirtokorkeuden arvon edessä + merkki = pölkkyjen uusi sijaintitaso alempana kuin aikaisempi; — merkki = uusi sijaintitaso aikaisempaa korkeammalla.

METSÄTEHO Juonto + KUORMAUS JA PURKAUS

3

1 YLEISTIETOJA: Pvm. 27/2 1953. Työntekijät: Puttonen + Suonen															
Työnantaja: <i>Kymmi Oy</i>			Kulj. väline: <i>Fordson Major</i>			Ajokerta: <i>2</i>									
Työmaa: <i>Korvi</i>			Varast. tapa: <i>tela</i>			Kuorman n:o: <i>8</i>									
Kunta: <i>Pielisjärvi</i>			Työmenetelmä: <i>Tuhtien juonto metsästä + kuormaus</i>			Suuruus:									
Puitav. laji: <i>Mä-tuuli</i>			Kpl/m ² :			Paino:									
2 OLOSUHTEET: Lämpö -18° C					Tuuli: <i>2</i>		Sade: <i>3</i>		Lumi: <i>Peluseä, tiellä 10cm</i>						
3 YKSIKÖN MITAT:			4 SIIRTOETÄIS.		5 TYÖVAIHEET JA AJAT				6 HUOMAUTUKSIA						
N:o	Tuhtien Suunta	V.	I	II	Nosto etäis.	Etäis.	Nosto korke.	1 keli.	2 puu-määrä	3 kanta	4 isot puut	5 alus-kasv.	6 kivet		
7	=		14	3	3.5	4	60	↑ 58							
								□ 11							
								— 28	K						
								□ 7	V						
8	⊥		17	6	4	6	60	□ 34		41	1	1	1		
								□ 12							
								□ 69	/						
								□ 8	V						
								□ 58	K						
9	⊥		17	8	3	10	60	□ 8	V		1	1	1		
								□ 47	V						
								□ 21							
								□ 34	/						
								□ 13	V						
								□ 26	X						
								□ 66	X						
10	⊥		16	9	4	18	60	□ 12	V		1	2	1		
								□ 74	V						
								□ 88							
								□ 18							
								□ 67							
								□ 15							
								□ 30							
								□ 10	V						
								□ 64							
								□ 10	=					27m	
								□ 11	K						
								□ 4	V						
11	⊥		23	6½	2.5	6	60	□ 87		40	3	1	1		
								□ 17	V						
								□ 14	X						
								□ 24	K						
								□ 9	V						
12	⊥		22	7	3.5	9	60	□ 26			2	2	1		
								□ 11							
								□ 34	/						
								□ 10	V						
								1138							
8 SELITYKSIÄ: <i>B-tiellä vastaratanutta lunta m. 10cm</i>										7 TARKISTUS					
										TYÖ ALKOI		9.48			
										TYÖ PÄÄTTYI		11.16			
										YHTEN. AIKA		88.00			
										OSA-AJAT yht.		8811			
										ERO ±		+ 11			

Kuva 22. Näyte ryhmätyöntutkimuslomakkeesta symboleineen. Tässä tapauksessa lomaketta on käytetty tukkien vintturijuontoa ja koneellista kuormausa koskevien havaintojen merkitsemiseen.

Fig. 22. A specimen team work study form, with symbols. In this case the form was used to record observations on the winch skidding and mechanised loading of logs.

8. Teräsköyden pään ja saksien vientimatka vintturijuonnossa = kuormauslaitteen kääntyvän puomin pään ja taakan kiinnityspisteen välinen, vaakatasoon projisoitu etäisyys.
9. Taakan hinausmatka (juontomatka) vintturijuonnossa = taakan kiinnityspisteen vaakatasoon projisoitu siirtymismatka.

Siirtoetäisyys ja siirtokorkeus mitattiin 25 cm tarkkuudella, teräsköyden pään ja saksien vientimatka sekä hinausmatka 50 cm tarkkuudella tasaavaa pyöritystä käyttäen. — Muut mittaukset sekä käytetyt luokitellut olivat seuraavat:

1. Hakkuualueet kartoitettiin ja sen yhteydessä mitattiin teiden pituus, tieaukon leveys ja ajoradan leveys. Lisäksi mitattiin palstateiden varteen tehtyjen pinojen ja ristikoiden etäisyys toisistaan. — Ennen mittausta tiet jaettiin osiin siten, että eri kaltevuutta samoin kuin eri tiluslajeilla olevat tien osat erotettiin toisistaan. Tien osat numeroitiin ja niiden rajat merkittiin näillä numeroilla varustetuilla paaluilla maastoon. Siten saatiin mahdollisuus ajoaikojen selvittämiseen ajomatkan funktiona erilaisilla tien osilla.
2. Tien osien kaltevuudet määritettiin punnitsemalla.
3. Juontotaakan suunta hinaussuuntaan nähden merkittiin käyttäen luokitusta: yhdensuuntainen, kohtisuorassa, alle 90° kulmassa ja yli 90° kulmassa.
4. Hinaussuunta tien suuntaan nähden merkittiin käyttäen luokitusta: yhdensuuntainen, kohtisuorassa ja vinossa tien suuntaa vasten.
5. Taakan suunta reen suuntaan nähden kuormaannostossa merkittiin käyttäen luokitusta: yhdensuuntainen, kohtisuorassa, alle 90° kulmassa ja yli 90° kulmassa.
6. Hinausreitintä kaltevuus merkittiin käyttäen luokitusta: tasainen, alamäki ja ylämäki.
7. Maaston vaikeus jokaisella hinausreitillä määritettiin subjektiivisen arvion perusteella kiinnittämällä huomiota isoihin puihin, alusmetsään, kiviin, kantoihin, kuoppiin ja hakkuutähteisiin käyttäen luokitusta: esteetön reitti, keskinertaisesti esteitä ja runsaasti esteitä.
8. Hinauksen päätyttyä ennen kuorman nostoa arvioitiin taakan kiinnityspisteen ja tien reunan kohtisuora etäisyys pyrkien 25 cm tarkkuuteen.
9. Traktorin kuormaus- ja purkamisajon yhteydessä siirtymät matkat pyrittiin arvioimaan 1 m tarkkuudella tasaavaa pyöritystä käyttäen. Apuna käytettiin ennakoita kartoituksen yhteydessä suoritettuja palsta- ja varastoteiden pituusmittauksia.
10. Palstateiden varressa olevat pinot mitattiin tavanomaista mittaustapaa käyttäen ja mittausten perusteella laskettiin niiden kuutiosisältö p-m³:einä. — Palstateiden varressa olevien ristikoiden pölkymäärä luettiin ja mitattiin pölkkyjen läpimitat eteen sattuvalla puolelta kummastakin päästä 1 cm tarkkuudella käyttäen tasaavaa pyöritystä. Ristikoiden kuutiosisältö laskettiin sitten p-m³:einä näiden mittausten perusteella.
11. Pinotavararangat kuutioitiin pituuden puolivälistä 1 cm tarkkuudella eteen sattuvalla puolelta, kuoren päältä mitatun läpimitan ja pituuden perusteella.

12. Pinotavararankataakat kuutioitiin taakoissa olevien pölkkyjen lukumäärän ja kuutiosisällön perusteella.
13. Tukkien pituus mitattiin jaloissa 1 j tarkkuudella käyttäen alaspäin pyöritystä ja niiden läpimitta eteen sattuvalta puolelta latvasta, kuoren alta $\frac{1}{2}$ " tarkkuudella käyttäen alaspäin pyöritystä. Kuutioiminen suoritettiin näiden mittaus-ten perusteella.
14. Pinotavarakuormat kuutioitiin tavaran pituuden, kuorman pituuden ja korkeuden perusteella.
15. Pinotavararankakuormat kuutioitiin rankojen lukumäärän ja kuutiosisällön perusteella.
16. Tukkikuormat kuutioitiin tukkien lukumäärän ja kuutiosisällön perusteella.

Leimikoiden tiheysluokitteluna on käytetty METSÄTÖIDEN PALKKA-PERUSTEKOMITEAN (1946, s. 49) esittämiä luokitteluja. Milloin kysymyksessä ovat olleet ensimmäistä tiheysluokkaa tiheimmät leimikot, tiheysluokkia on jatkettu siten, että luokkavälinä on käytetty 1. ja 2. tiheysluokan väliä.

Palstateiden raivausvaikeus luokiteltiin KAINUUN METSÄTYÖNANTAJAIN (1951) käyttämän hevospalstateiden raivausvaikeusluokittelun (ks. s. 81) perusteella.

3. Aineistojen käsittely

Eri töistä kerätyt aineistot on käsitelty työvaiheittain. Tärkeimpien työvaiheiden aikahavainnot on viety korrelaatiotaulukoihin, joiden luokakeskiarvojen perusteella on silmävaraisesti piirretty kuvaajat. Aikahavaintosarjojen silmävarainen tasoittaminen on katsottu parhaaksi sen vuoksi, että silloin voidaan joustavammin ottaa huomioon yleiset tiedot ajanmenekin riippuvuudesta kulloinkin kyseessä olevasta tekijästä kuin mekaanisia tasoitusmenetelmiä käytettäessä (vrt. LÖNNROTH 1925, LINDBERG 1927, ss. 174—179). Riippuvuus on lisäksi luonteeltaan useasti käyräviivainen, jolloin matemaattisen tasoituksen käyttö olisi sangen työlästä ja vielä epävarmemmalla pohjalla kuin suoraviivaisen riippuvuuden vallitessa. — Kun käyräviivaisen riippuvuuden ollessa kysymyksessä tasoitus yleensä suoritetaan silmävaraisesti, ei myöskään ole loogisesti perusteltua turvautua matemaattiseen tasoitukseen silloin, kun riippuvuus on suoraviivainen.

Milloin kysymyksessä on ollut tapaus, jossa jonkin työvaiheen ajanmenekkiin on vaikuttamassa useita tekijöitä ja havaintomäärä on ollut

riittävän runsas eri tekijöiden vaikutuksen analysoimiseksi, aineisto on jaettu näiden tekijöiden mukaan luokkiin siten, että kussakin luokassa ajanmenekki riippuu pääasiassa vain yhdestä tekijästä. Kun havaintosarjat oli jokaisessa luokassa alustavasti tasoitettu, ne asetettiin rinnakkain, jonka jälkeen vähän havaintoja sisältävien luokkien tasoitukset korjattiin suurimpien luokkien tukeen nojautumalla.

Keskilukuina on käytetty siis aritmeettisia keskiarvoja, jotka on metsätyöntutkimuksissa todettu parhaiksi muihin keskilukuihin verrattuina (vrt. VÖRY 1954, s. 81).

Lukuun ottamatta keskiarvoja tilastomatematiikan tarjoamia tunnuksia ei ole laskettu. Tämä johtuu siitä, että tulosten soveltuvuudesta muihin tapauksiin ei niiden perusteella tässä tapauksessa voida tehdä mitään päätelmiä. Aineistoja ei näet ole saatu otoksena, vaan kysymys on mitatuista kokeista (vrt. s. 47). Tavanomaisilla tilastomatematiikan tunnuksilla olisi tietysti merkitystä myös aineiston rakenteen kuvaajina. Tätäkään ei kuitenkaan ole pidetty riittävänä motiivina niiden laskemiselle, koska tämäntapaisiin tutkimuksiin perehtynyt henkilö saa suoraan korrelaatiotaulukoista tyydyttävän käsityksen mm. hajonnan suuruudesta.

Korrelaatiotaulukoista ei tähän esitykseen ole ollut mahdollista ottaa niiden suuren lukumäärän vuoksi muuta kuin eräitä näytteitä,¹ jotka on pyritty valitsemaan siten, että tyypilliset ja kriittiset tapaukset olisivat edustettuina.

Numerotaulukoissa esitetyt aika-arvot on eräissä tapauksissa saatu sellaisten korrelaatiotaulukoiden luokakeskiarvojen tasoituskuvaajilta, joiden luokkalaajuus on ollut pienempi kuin samaa riippuvuutta kuvaavassa, näytteeksi otetussa korrelaatiotaulukossa.

Kun aikahavaintoja tehtiin tiettyjen työvaiheiden osalta usean työryhmän työskentelystä, korrelaatiotaulukot laadittiin ensiksi jokaisesta työryhmästä tai sellaisen jäsenestä erikseen. Sen jälkeen ne tai osa niistä on yhdistetty, koska siten saatu kuvaaja on vankemmalla pohjalla johtopäätösten teon kannalta. Yhdistelystä kuitenkin johtuu yhdistelmäkorrelaatiotaulukoiden tavallista suurempi hajonta. Näiden taulukoiden sisältämällä »sisäisellä korrelaatiolla» ei kuitenkaan ole olennaista merkitystä tulosten kannalta.

Niiden työvaiheiden ajoista, jotka ovat satunnaisia eivätkä siis korreloi selvästi minkään työvaikeustekijän kanssa, on laskettu vain keskiarvo.

¹ Muut korrelaatiotaulukot ovat nähtävissä Metsätehon arkistossa Helsingissä.

Keskeytysajat on laskettu sadanneksina tehotyöajasta. Menetelmä perustuu olettamukseen, että keskeytysajan ja tehotyöajan välillä vallitsee suoraviivainen riippuvuus.

Kuljetuksen osatöiden (kuormaus, purkaminen jne.) työmaa-ajan laskemiseksi työn edistymisen kannalta on laadittu polynomiyhtälöitä. Työmaa-ajan suuruus eri olosuhteissa saadaan niiden perusteella lasketuksi siten, että ajanmenekkitaulukoista valitaan ko. olosuhteita vastaavat yhtälön eri jäsenten aika-arvot.

Aikaisemmasta on jo ilmennyt, ettei todennäköisyyslaskenta tässä tapauksessa tarjoa apuaan ennusteen tekemiseksi siitä, missä määrin saatuja tuloksia voidaan yleistää. Kun kuitenkin eräänlainen arviointi siitä, tulevatko traktorikuljetusmenetelmää käytäntöön sovellettaessa ajanmenekkiarvot vastaamaan näiden tutkimusten antamia arvoja, on ollut välttämätöntä suorittaa, se on tapahtunut subjektiivisen näkemyksen pohjalla ja tiettyjen olettamusten varassa. Perusolettamus on, että työajan menekki ammattitaidon ja kaluston kehittyttyä sekä urakalla työskenneltäessä ei vastaavissa olosuhteissa ole ainakaan suurempi kuin tutkimustyömailla, kuten jo aikaisemminkin on mainittu.



Kuva 23. Valmis polannevarsitie, jonka reunoilta aurausvallit puuttuvat. Koskemattoman lumen syvyys tässä tapauksessa on n. 70 cm.

Fig. 23. A completed packed-snow main haulage road with no banked-up snow along the verges. The depth of the virgin snow is about 70 cm.

Yleensä aineistot on pyritty käsittelemään niin, että liian suppean aineiston varaan jääneet kohdat olisivat helposti täydennysaineistoilla samaa menetelmää noudattaen tarkistettavissa.

4. Aineistojen laajuus ja laatu

Kokeiluihin osallistuneet *traktorinkuljettajat* olivat kaikki suorittaneet aikaisemmin maataloudessa esiintyviä traktoritöitä. Sen sijaan heille kaikille, samoin kuin *apumiehillekin*, puutavaran traktorikuljetus oli uutta. Pääosa kuljettajista oli valittu joko sanomalehti-ilmoituksen perusteella tai paikallisista traktorinomistajista. Muutamat olivat traktoreiden maahantuottajien lähettämiä. Kuljettajia, joiden työstä tehtiin aikahavainnot, oli yhteensä 16 ja apumiehiä 19. — Edellisten ikä vaihteli 18...53 v ja jälkimmäisten 16...60 v. Kaikki olivat terveitä lukuun ottamatta erästä Kolarin työmaan kuljettajaa, joka oli jalkainvalidi. Kuljettajista oli 12 tehnyt aikaisemmin muita metsätöitä, apumiehet olivat kaikki metsätöihin tottuneita. 9 kuljettajan yritteliäisyys arvosteltiin hyväksi, 5 keskinkertaiseksi ja 2 heikoksi. Ripeydeltään hyväksi katsottiin vain yksi heistä, viiden kuuluessa keskinkertaisiin ja muiden heikkoihin. — Apumiehistä oli 5 erittäin yritteliästä, 9 keskinkertaista ja 5 heikkoa. Ripeydeltään heistä arvosteltiin hyväksi 4, keskinkertaisiksi 7 ja heikoiksi 6.¹

Tien pohjan raivaukseen osallistuneista työntekijöistä ei vastaavia tietoja ole katsottu aiheelliseksi esittää eikä myöskään hakkuumiehistä, koska heidän työstään ei suoritettu varsinaisia aikatutkimuksia.

Traktorit valittiin kokeiluihin siten, että yleisimmin maataloudessa käytettävät tyypit ja tärkeimmät suuruusluokat olisivat edustettuina. Näin päädyttiin s. 72 olevassa asetelmassa esitettyihin traktoreihin.

Kornissa käytetyn Fergusonin etupyörät oli vaihdettu norjalaisiin, SAMSETIN (1951b) konstruoimiin »Jo-Bu» jalaksiin.

Kornissa ja Ristimäensalossa traktoreissa käytetyt *puolitelaketjut* olivat kaikki prototyyppisiä lukuun ottamatta Kornin Fergusonin »Bombardier» ja Ristimäensalon Allis Chalmersin »Blackhawk» ketjuja. Pelkoseniemellä, Kolarissa ja Pälkäneellä puolitelaketjut olivat jo sarjavalmistetta. Kokeiluja puolitelaketjutyyppisiä oli yhteensä 7, joista kolmessa

¹ Yksityiskohtaiset tiedot kokeiluihin osallistuneista työntekijöistä samoin kuin traktoreista ja niiden lisävarusteista sekä kokeilujen aikana vallinneista sääsuhteista ovat nähtävissä Metsätehon arkistossa.

Traktori	Korni	Ristimäen- salo	Pelkosenniemi ja Kolari	Pälkäne	Yht.
Allis Chalmers B (ALC)	— kpl	1 kpl	— kpl	— kpl	1 kpl
David Brown Super Crop- master (DVB)	— »	1 »	— »	— »	1 »
Farmall BMD (FAM) ..	— »	1 »	— »	— »	1 »
Ferguson TE-D-20 (FEGP)	1 »	1 »	— »	— »	2 »
Ferguson TE-F (FEGD)	— »	1 »	— »	— »	1 »
Fordson Major petr. moottorilla (FOMP) ..	1 »	— »	— »	— »	1 »
Fordson Major diesel- moottorilla (FOMD) ..	1 »	1 »	5 »	1 »	8 »
Nuffield DM 4 (NUF) ..	— »	1 »	— »	— »	1 »
Steyr 180 (STR)	— »	1 »	— »	— »	1 »
Volvo T 33 (VVO)	1 »	— »	— »	— »	1 »
Yhteensä	4 kpl	8 kpl	5 kpl	1 kpl	18 kpl

poikkitelat oli yhdistetty toisiinsa teräksisillä liittimillä (Alfta-band, Blackhawk, Joutsa) ja muissa kumihihnoilla (Bombardier, Jylhä, Merivaara, Työstövalu).

Kornissa kokeiltu »Record» kuormauslaite oli valmistettu tukkien väli-varastosta kuormaamista sekä kivien ja kantojen nostoa varten. Juontotyöhön se oli liian hidas ja todettiin tekijän suorittamissa hinausvastusmittauksissa tarpeettoman voimakkaaksi (PUTKISTO 1956a). Ristimäensalossa kokeillut laitteet olivat kaikki kotimaassa valmistettuja prototyyppisiä, joskin »Record» vinttureiden nopeuksissa oli otettu Kornin työmaan antamat kokemukset huomioon. Lisäksi oli siirrytty pienempään ja halvempaan vintturikokoon, jotta juonto- ja kuormaustyön taloudellisuus olisi saatu paremmaksi. »Joutsa» kuormauslaite oli konstruoitu kivien ja kantojen nostotyöhön. Pelkosenniellä ja Kolarissa kokeillut laitteet olivat jo sarjavalmistaisia.

Fergusonin »Record» kuormauslaite ja Steyrin »Joutsa» kuormauslaite olivat varustetut vintturijuonnon ja kuorman noston ajaksi maahan laskehtavilla tukijaloilla, koska ko. traktorit olisivat muutoin nousseet joko keveytensä tai lyhytrunkoisuutensa vuoksi näiden töiden aikana pystyyn tai kaatuneet.

Palstateillä ja polanneajoradoilla kuljetukseen konstruoituja *traktori-rekiä* ei kokeiluihin ryhdyttäessä ollut käytettävissä. Sen vuoksi oli tyydyttävä niihin rekityyppeihin, joilla oli kuljetettu puutavaraa väli-varastoista aurattuja talviteitä pitkin. Kokeiltaviksi pyrittiin saamaan mahdol-

lisimman monenlaisia konstruktioita, jotta eri rakenteiden edut ja haitat saataisiin selville. Kaikkiaan kokeiltiin 10 eri rekityyppiä. Niistä oli kolme ruotsalaista, nimittäin Kornissa pääasiassa Volvon vetämänä kokeiltu sekä Ristimäensalossa Fordson Majorin ja Fergusonin yhteydessä kokeillut (Rossön doning). Viimeksi mainittujen jalakset olivat vaihdettavissa myös telirakenteiseen pyörästöön. Isommassa mallissa pyöriä oli 8 ja pienemmässä 4. — Kaikki muut reet (m/Farming, m/Työtehoseura, m/Nokia sekä kotitekoiset) olivat tyypiltään traktorin taka-akselia kuormittavia puolirekiä (tai pyörien kanssa puoliperävaunuja) paitsi G. A. Serlachius Oy:n reki, joka alun perin oli rakennettu telaketjutraktorivetoiseksi parireeksi. Sitä kokeiltiin Nuffieldin vetämänä. — Reenlavojen pituus vaihteli 392...650 cm ja leveys 180...230 cm. Pienimmän pinta-ala oli 7.2 ja suurimman 13.0 m². Lavan yläreunan korkeus maasta oli rekityypistä riippuen 40...70 cm jalaksia käytettäessä. Lavan etureunasta mitatun vetoaisan pituus oli 118...180 cm. Jalasten suoran osan pituus vaihteli 200...306 cm ja leveys 10...18 cm sekä anturan pinta-ala 4.2...9.3 dm².

Tukkien ja paperipuurankojen kuljetuksessa reet oli varustettu lavaan kiinnitetyillä teräspankoilla, joiden päissä oli laukaistavat, kaksijatkeiset, karhukettingeillä toisiinsa yhdistettävät terässivupylväät. Pinotavaraa kuljetettaessa käytettiin lavan päissä oleviin holkkeihin työnnettyjä, puisia päätyylväitä, jotka yhdistettiin reen pituussuunnassa toisiinsa köysillä.

Lumen tiivistämistyössä (ks. s. 52) käytettiin kahta eri *jyrämalia*, jotka molemmat valmistettiin ko. kokeiluja varten. Puisten lieriöiden halkaisija oli kummassakin 80 cm ja pituus 150 cm. Lieriön pituussuuntaan oli Kornin jyrässä kiinnitetty 16 kapearaidekiskosta valmistettua telaa. Ristimäensalossa telat olivat puuta ja ne sekä lieriö olivat päällystetyt pellillä. Muototeräksestä valmistetun kehyksen leveys mukaan luettuna jyrien kokonaisleveys oli 170 cm ja pituus ilman 70 cm mittaista vetoaisaa 125 cm.

Ajoradan tasaamiseen (ks. s. 52) käytettiin SAMSETIN (1951b) konstruktion pohjalla rakennettua, kevytrakenteista, yksiteräistä *lanaa*, jonka pituus oli Kornissa 600 cm ja Ristimäensalossa 500 cm sekä työleveys kummallakin työmaalla 160 cm.

Kornissa suoritettujen kokeilujen aikana olivat paikalliselle *säälle* tunnusomaisia runsaat lumisateet. Tammikuun kahden viimeisen viikon aikana tuli uutta lunta yhteensä 78 cm ja helmikuun aikana 44 cm. Maaliskuussa sää oli poutainen lukuun ottamatta 1. päivänä sattunutta vesisadetta ja 10. päivänä sattunutta vähäistä lumen tuloa. Tammikuun keski-

lämpötila oli tällä työmaalla klo 15 suoritettujen mittausten perusteella -9.1°C , helmikuun keskilämpötila -12.9°C ja maaliskuun keskilämpötila työmaan lopettamispäivään (18.) asti laskettuna -3.2°C . Lämpöasteiden puolella oli iltapäivälämpötila 17 päivänä ja polanneajoradan kovettumisen ja kestävyuden kannalta kriittinen $0...-10^{\circ}\text{C}$ lämpötila vallitsi 30 päivän aikana. Korkein klo 12 mitattu lämpötila oli $+14^{\circ}\text{C}$. Navakka tai kova tuuli puhalsi 13 päivänä saattaen irtolumen liikkeeseen ja lisäten siten lumivaikeuksia.

Ristimäensalossa sää oli koko tutkimuskauden ajan vähäsateinen. Tammikuussa satoi lunta ainoastaan 21 cm, helmikuussa 5.5 cm ja maaliskuun alkupuoliskolla 16.5 cm. Kun taivas oli suurimman osan ajasta pilvetön, navakka tai kova tuuli puhalsi 16 päivänä ja ilman lämpötila oli 15 päivän aikana lämpöasteiden puolella, sataneen lumen polannekerrosta lisäävä vaikutus jäi erittäin vähäiseksi. Seurauksena olivat monet lumen puutteesta johtuvat vaikeudet, joita tutkimustulosten selostamisen yhteydessä on esitetty. — Kriittinen $0...-10^{\circ}\text{C}$ lämpötila vallitsi 31 päivänä. Tammikuun keskilämpötila klo 18 suoritettujen mittausten mukaan oli -13.1°C , helmikuun -13.5°C ja maaliskuun, 26. päivään asti laskettuna, -0.3°C .

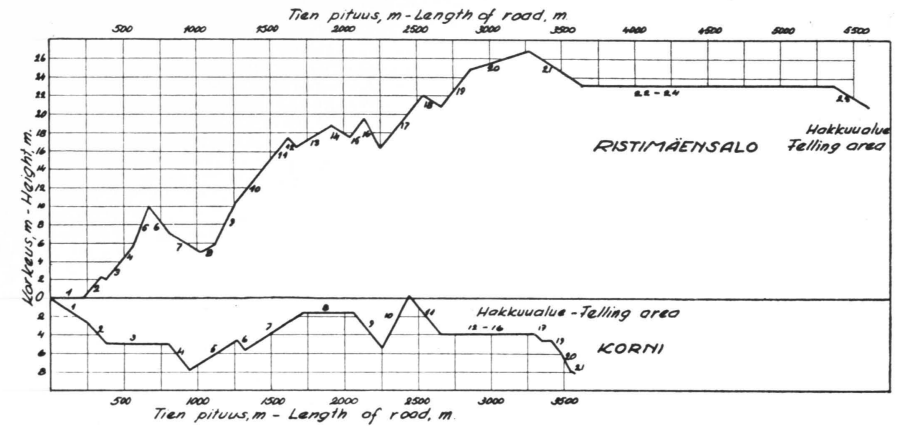
Pelkosenniemiellä täydennysaineistoa kerättiin maaliskuun 4. ja 9. päivien välisenä aikana. Iltapäivälämpötila vaihteli tällöin $-7...-12^{\circ}\text{C}$. Sää oli poutainen ja ainoastaan yhtenä päivänä puhalsi navakka tuuli. — Kolarista ei ole käytettävissä säähavaintoja eikä myöskään Pälkäneeltä.

Pinta-alaltaan Kornin työmaan hakkuualue oli n. 42 ha ja Ristimäensalon n. 71 ha. Leimikon tiheys, tukit ja pinotavararangat 2-m pinotavaraksi muunnettuina, oli edellisellä työmaalla n. 43 p-m³/ha ja jälkimmäisellä n. 51 p-m³/ha.

Polanneajoradan valmistamista koskevien työajanmenekkilukujen perustana ovat maaliskuussa v. 1952 Pitäjänmäellä kerätyn aineiston lisäksi aikahavainnot lumen tiivistämisestä ja ajoradan tasaamisesta 34 229 m tiemäärästä. Siitä oli varsitieksi luettua yhteensä 13 437 m ja palstateitä yhteensä 20 792 m.

Varsiteiden ominaisuuksien valaisemiseksi Kornin ja Ristimäensalon varsiteiden pituusprofiilit on esitetty kuvassa 24 (s. 75) ja kaksi näytettä Kornin varsitien poikkiprofiileista kuvassa 25 (s. 77).

Varsiteiden pituudesta oli Kornissa kuormattuna-ajosuunnassa ylämäkeä (—) 34 %, alamäkeä (+) 25 % sekä tasaista 41 % ja Ristimäensalossa ylämäkeä 25 %, alamäkeä 40 % ja tasaista 35 %. Suurin varsitien nousu oli edellisellä työmaalla ajokauden alkuvaiheessa 6 %, mutta kiertotien



Kuva 24. Kornin ja Ristimäensalon varsiteiden pituusprofiilit. Vm. työmaan kuvaan eivät sisälly varsiteiden haarat. Profiilien vieressä olevat numerot tarkoittavat tien osien numeroita.

Fig. 24. The longitudinal profiles of the main haulage roads at Kornin and Ristimäensalo. The forks in the main haulage road are not included in the sketch of the latter work site. The numbers against the profiles indicate the road sections.

rakentamisen jälkeen 2 % ja jälkimmäisellä työmaalla 3 %. Ylämäkien lukumäärä oli Kornin varsitiellä 7 ja alamäkien lukumäärä 3. Ristimäensalossa vastaavat luvut olivat 8 ja 7.

Taulukko 2. Teiden jakaantuminen niiden pohjana olevien tiluslajien mukaan Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 2. Distribution of roads according to the types of soil on which they are constructed at Kornin and Ristimäensalo.

Tien pohjana oleva tiluslaji Type of soil bed for the road	Varsitie Main road		Palstatie Strip road	
	Kornin	Risti- mäensalo	Kornin	Risti- mäensalo
Tiluslajin osuus tien pituudesta, % The proportion of soil type along a given length of the road, %				
Jää — Ice	—	3	—	—
Pelto ja niitty — Field and meadow ...	23	5	—	—
Kylätie — Village road	19	29	—	—
Neva — Wet treeless sphagnum bog	—	6	—	—
Räme — Wet pine-peat moor	21	29	4	3
Korpi — Wet spruce-peat moor	6	21	75	54
Kangas — Heathy woodland	31	7	21	43
Yhteensä — Total	100	100	100	100

Palstateiden pituudesta oli mäkiä Kornissa 89 % ja Ristimäensalossa 85 %. Suurimmat ylämäet olivat edellisellä työmaalla kaltevuudeltaan 4 % ja jälkimmäisellä 7 %. — Tiet jakaantuivat niiden pohjana olevien tiluslajien mukaan taulukon 2 (s. 75) esittämissä suhteissa.

Aikatutkimusten aikana traktoreilla metsästä kuljetetut puutavaramäärät olivat seuraavat:

	Pinotavara	Pinotavararanka	Tukit
Korni	1 619 p-m ³	— k-m ³	914 kpl
Ristimäensalo	2 425 »	904 »	— »
Pelkosenniemi ja Kolari	— »	— »	562 »
Pälkäne	218 »	— »	— »
Yhteensä	4 262 p-m ³	904 k-m ³	1 476 kpl

Kornissa valtaosa pinotavarasta oli tuoretta, kuorimatonta 2-m kuusipaperipuuta. Tukit olivat niin ikään kuorimattomia ja niiden keskikuutio oli 4.3 j³ ja keskipituus 16.3 j.

Ristimäensalon palsttien varteen tehty pinotavara oli pääosaltaan tuoretta, puolipuhaaksi kuorittua 2-m kuusipaperipuuta. Vintturilla juontoa varten valmistettujen kuorimattomien pinotavararankojen kapalemäärästä oli pituudeltaan 4 m 51 %, 6 m 37 %, 8 m 10 % ja 10 m 2 %. Niiden keskipituus oli 5.2 m ja keskikuutio 0.059 k-m³.

Pelkosenniemen ja Kolarin tukit olivat myös kuorimattomia ja niiden keskikuutio oli 6.7 j³ ja keskipituus 16.8 j.

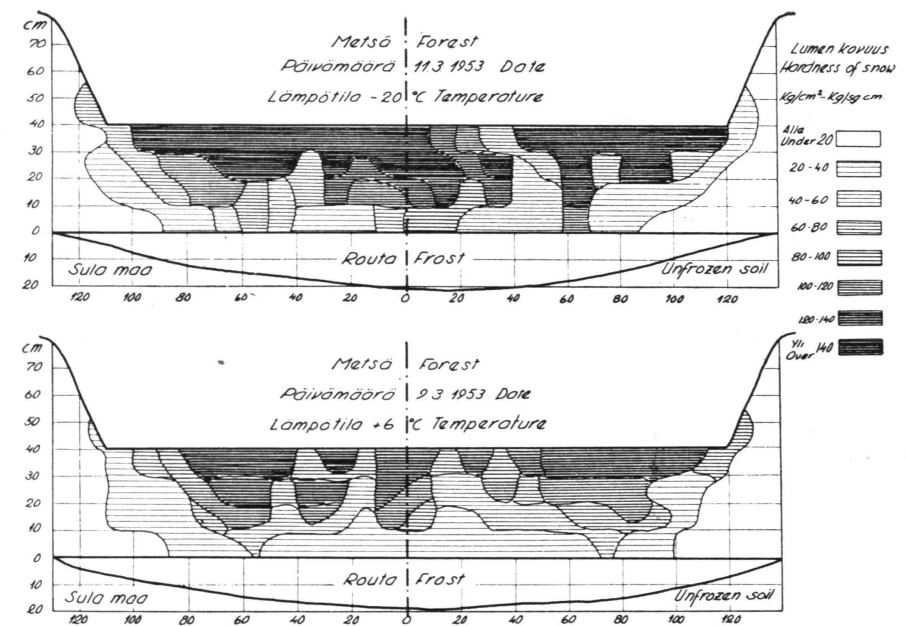
Pälkäneen pinotavara oli metsäkuivaa, 2-m puolipuhaaksi kuorittua kuusipaperipuuta.

Traktoreilla kuljetettujen aikatutkimuskuormien yhteismäärä oli Kornissa 179, Ristimäensalossa 211, Pelkosenniemellä ja Kolarissa 14 sekä Pälkäneellä 14, eli yhteensä 418.

Keskimääräinen varsitiellä ajomatka oli Kornissa 3.2 km, Ristimäensalossa 6.4 km, Pelkosenniemellä 7.7 km, Kolarissa 13.5 km ja Pälkäneellä 5.1 km.

Kuten metsätyöntutkimuksissa yleensä, ei tämänkään tutkimuksen puitteissa ole ollut mahdollista saada kaikista töistä ja työvaiheista yhtäsuuria aikahavaintomääriä. Sen vuoksi on tulosten selostamisen yhteydessä pyritty esittämään tapaus kerrallaan niiden perustana olevat havaintomäärät samoin kuin keskiarvoja esitettäessä käytetyt painoluvut.

Sotkamossa pinotavaran palsttien varteen teosta kerättyä työntutkimusaineistoa on käytetty hyväksi käsillä olevan tutkimustehtävän ratkaisemisessa, kuten aikaisemmasta on ilmennyt. Tästä aineistosta tekijä on esittänyt yksityiskohtaisen selostuksen toisessa yhteydessä (PUTKISTO 1951b). Havaintojen määrä ilmenee myös tämän teoksen liitteestä 1 (s. 307).



Kuva 25. Näytteitä varsitiien poikkiprofiileista Kornin työmaalta. Kovuusmääritykset suoritettu »Proctor» mittarilla.

Fig. 25. Samples of the transverse profiles of a strip road at the Kornin work site. The hardness determinations were made with a »Proctor» gauge.



Kuva 26. Puuttomalla suolla oleva polanneajorata keväällä. Tiealueen ulkopuolella oleva maapohja vailla routaa. — Jos tie olisi vastaavissa olosuhteissa pidetty au-raamalla liikennöitävässä kunnossa, se olisi ollut mahdollista vain erittäin suurin kustannuksin.

Fig. 26. A packed-snow roadway over a treeless bog, in the early spring. The subsoil off the road area is free from frost. — To maintain the road in trafficable condition in corresponding circumstances by ploughing would have been possible only at unreasonable costs.

V Työajan menekkiä koskevat tutkimustulokset

1. Työajan menekki traktoritien rakentamisessa

Raivaaminen

Polanneteiden pohjien raivaamisen työmenekki riippuu ratkaisevasti tielinjojen sijaintimaastosta sekä seudun lumisuhteista. — Kun maaston kivisyys, kuoppaisuus, kantoisuus jne. sekä puuston tiheys ja järeyys vaihtelevat suuresti, työmenekin vaihtelut ovat myös huomattavat.

Aukeat suot ovat yleensä valmiita tien pohjia sellaisinaan. Samaan luokkaan kuuluvat niityt ja pellot. Enintään syvimät ojat joudutaan täyttämään riu'ulla taikka varustamaan rummuilla. Mataliin ojiin lana siirtää siinä määrin lunta, etteivät ne haittaa liikennettä. Eniten työtä vaativia ovat kiviset, runsaan alusmetsän verhoamat kangas- ja korpisoudet (vrt. PUTKISTO 1952b, s. 20), mutta niilläkin raivaustyön määrä jää vaatimattomaksi aurattujen talviteiden raivaukseen verrattuna. Rämellä riittää yleensä tiealueella olevien puiden kaataminen lyhyeen kantoon ja vanhojen kantojen lyhentäminen. Kangas- ja korpimaillo voidaan näiden töiden lisäksi joutua räjäyttämään kiviä ja asettelemaan tien poikki telapuita.

Kuta vähemmän seudulla kuljetuskauten alkaessa on lunta, sitä perusteellisempi tulisi raivauksen olla. Lumi tiivistyy näet n. puoleen, joten esim. 40 cm syvyydestä lumipeitteestä saadaan keskimäärin n. 20...25 cm syvyinen polannekerros (vrt. PUTKISTO 1953a). Esteet, joita polanne ei lanauksen jälkeen peitä, olisi pitänyt madaltaa tai poistaa.

Varsitiet ja palstatiet ovat raivauksen vaateliaisuuteen nähden samassa asemassa. Ainoaksi eroksi jää, että traktoreiden ajonopeuden kannalta olisi suotavaa varsiteiden raivaaminen 3.5 m levyisiksi, eli 0.5 m palstateita leveämmiksi.

Kun traktoripolanneteiden rakentamisesta ei aikaisemmin ollut koke-

musta, sekä Kornin että Ristimäensalon työmailla tehtiin raivausvaiheessa runsaasti hukkatyötä. Telapuita näet käytettiin liikaa. Ristimäensalossa osoittautui kantojen ja kivien madaltaminen riittämättömäksi, kun lumimäärä jäi vain n. puoleen odotetusta. Kuljetuksen ollessa jo käynnissä oltiin pakotettuja raivauksen täydentämiseen, kuten jo aikaisemmasta on ilmennyt.

Aikaisemmin on myös mainittu, ettei raivaustyöstä ollut mahdollisuus suorittaa aikatutkimuksia. Työmenekin arvioimiseksi ovat kuitenkin käytettävissä kokeilutyömaiden tuntikirjanpito sekä aikaisemmin hevospalstateiden raivaamisesta suoritettu aikatutkimus (PUTKISTO 1951b). Edellisen perusteella, kun tavaralajeiksi valmistettujen puiden poistaminen, joka on luettava hakkuutyöhön kuuluvaksi, jätetään huomioon ottamatta, saadaan työmenekiksi taulukossa 3 esitetyt luvut.

Taulukko 3. Traktoripolannettien pohjan raivaamisen työmenekki ja raivausvaikeuden tunnuksat Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 3. The work expended on clearing the bed for a snow-packed tractor road and the characteristics of the clearing difficulty at Korn and Ristimäensalo.

Selitys Explanation	Korni		Ristimäensalo	
	Palstatie Strip road	Varsitie Main road	Palstatie Strip road	Varsitie Main road
Tien kokonaispituus, m — Total length of road, m.	8 150	3 580	12 642	9 857
Raivausta vaatinut osa, m — Section requiring clearing, m.	8 150	533	12 642	3 848
Raivatulta osalta: — Section cleared:				
poistettu puuta, n. kpl/km — trees removed per km., about	358	358	597	313
madallettu kantoja, n. kpl/km — stumps reduced per km., about	77	51	44	41
madallettu tai poistettu kiviä, n. kpl/km — stones reduced or removed per km., about	—	—	6	9
Miestyön menekki: — Man-hours of work expended:				
raivattua tietä kohden n. t/km — per road section cleared, hours per km., about	16.3	14.2	17.5	22.0
koko tietä kohden n. t/km — on the road as a whole, hours per km., about	16.3	2.1	17.5	8.6

Kornissa metsä oli pääasiallisesti kasvatushakkauksilla käsiteltyä, osittain MT- ja OMT-kankaalla, osittain Kg-korvessa tai korpimaalla sijaitsevaa kuusikkoa. Raivaustyötä, joka suoritettiin urakkapalkalla, haittasi 20...30 cm lumipeite. Ristimäensalossa metsä oli pääosaltaan VT-kankaalle alikasvoksesta noussutta kuusikkoa. Suurin osa raivauksesta tapahtui aikapalkalla. Työvoimana oli harjoittelijoita.

Pinotavaran palstatiin varteen hakkuun yhteydessä tapahtuneen hevospalstateiden raivaamisen keskimääräiseksi tehotyöajan menekiksi todettiin Sotkamossa 4.67 t/km (PUTKISTO 1951b). Tieaukon tavoiteltu leveys oli 1.5 m ja raivausolosuhteet olivat keskinkertaiset. Kun työmenekin voidaan olettaa olevan suoraan verrannollinen raivattuun pinta-alaan, saadaan luku vertailukelpoiseksi taulukossa esitettyjen kanssa kertomalla se kahdella ja lisäämällä siihen keskeytysaika (varovaisuussyistä 20 %). Tulokseksi saadaan 11.2 t/km.

KAINUUN METSÄTYÖNANTAJAT (1951) ovat laatineet taksan hevospalstateiden raivaamisesta hakkuun yhteydessä. Siinä maasto on jaettu kolmeen raivausvaikeusluokkaan seuraavasti:

1. = Vähän tai ei ollenkaan juurimetsää.
2. = Kohtalaisesti juurimetsää ja/tai kohtalaisesti tasattavaa tien pohjaa.
3. = Tiheä juurimetsä ja/tai runsaasti tasattavaa tien pohjaa.

Taksa sisältää raivaamispalkan lisäksi korvauksen pidentyneestä pinoamis- ja ristikoimismatkasta. — Jos työpäivän pituudeksi oletetaan 6.5 t, kuten yleensä on tapana tämänkaltaisissa laskelmissa, saadaan taksaan sisältyvien töiden työmenekiksi eri raivausvaikeusluokissa seuraavat arvot:

Raivausvaikeusluokka	1.	2.	3.
Miestyön menekki, t/km	6.5	13.0	19.5

Jotta luvuista saataisiin pelkän raivaamisen työmenekki selville, olisi niistä vähennettävä pidentyneen pinoamis- ja ristikoimismatkan vaatima työmenekki. Kun 1. vaikeusluokassa raivaustyötä esiintyy vain nimeksi, päästäneen likimääräisiin arvoihin, jos pidentyneen kantomatkan osuudeksi oletetaan 6 t/km, joka vähennetään kunkin luokan työmenekistä. Aikaisemmin esitetyn periaatteen mukaisesti jäännökset on otettava kaksinkertaisina, jotta luvut olisivat vertailukelpoisia traktorien raivausarvojen kanssa. — Näin laskien saadaan seuraavat arvot:

Raivausvaikeusluokka	1.	2.	3.
Miestyön menekki, t/km	1.0	14.0	27.0

On huomattava, että Kainuussa käytetyt taksat ovat käytännössä osoittautuneet pikemminkin liian korkeiksi kuin alhaisiksi.

Raivaus olisi luonnollisesti edullisinta suorittaa jo metsikön perustamis- tai taimiston perkausvaiheessa, koska työmenekki on silloin todennäköisesti pienin. — Taimiston perkaamisen keskimääräiseksi työmenekiksi on arvioitu 3 miespäivätyötä/ha (OSARA 1952, s. 142). Jos tiealueen raivaamisen työmenekki olisi pinta-alayksikköä kohden siihen verrattuna kaksinkertainen ja työpäivän keskipituus olisi 6.5 t, saataisiin tällä perusteella 3 m levyisen traktoripolannetien raivausajaksi n. 11.7 miest/km.

Jos eri tavalla saatuja työmenekkilukuja verrataan toisiinsa, voidaan niiden todeta vaihtelevan suuresti, nim. 1...27 t raivattua tiekm kohden. Syynä on raivausvaikeuden suuri vaihtelu. Keskiarvolukujen vaihtelu on jo huomattavasti pienempi palstateiden ollessa kysymyksessä, kuten seuraava asetelma osoittaa:

Kornin kirjanpito	16.3 t/km
Ristimäensalon kirjanpito	17.5 »
Sotkamon aikatuutus	11.2 »
Kainuun metsätyönantajat	14.0 »
Taimiston perkaukseen pohjautuva arvio	11.7 »

Edellä esitetyn pohjalla voitaneen pitää todennäköisenä, että *traktoripolannetien raivaamisen miestyön menekki seuduilla, joiden lumen syvyys kuljetuskauden alkaessa on vähintään 30 cm, vaihtelee tiealueen maaston vaikeusasteesta riippuen 1...27 t/km. Keskiarvo lienee n. 12 t/km.* Tavaralajeiksi valmistettävien tiealueen puiden hakkuu ei sisälly näihin lukuihin.

Mikäli tiealueen maasto on tavallista vaikeampaa tai seudulla on talvisin niukasti lunta, raivaus olisi ilmeisesti edullisinta suorittaa raivaustraktorilla. Traktoriraivauksesta saatujen kokemuslukujen perusteella (esim. PUTKISTO 1952b, s. 122) voidaan keskimääräiseksi työmenekiksi tiekm kohden katsoa n. 2.6 miestyötuntia ja n. 2.6 traktorityötuntia.

Rakennustoimenpiteet talvella

Olellisimmat *lumen* traktorilla *tiivistämisen* työmenekkiin vaikuttavat tekijät ovat tien pohjan tasaisuus ja kantavuus, kaltevuussuhteet ja mutkaisuus, lumen syvyys ja laatu, käytetty traktorityyppi ja sen lisävarusteina olevien puolitelaketjujen rakenne, tavoiteltu ajoradan leveys,

suoritetaanko ajo jyrää käyttäen vaiko ilman sitä sekä kuljettajan tottumus ko. työssä. — Vaikka Kornin ja Ristimäensalon työmailla tehtyjen aikahavaintojen lisäksi on käytettävissä Pitäjänmäellä kevättalvella 1952 suoritetuista kokeista saatu aineisto, havaintojen määrä on kuitenkin riittämätön työmenekin vaihteluiden perusteelliseen analysointiin.

Taulukko 4. Keskimääräinen ajoaika ilman keskeytyksiä puolitelaketjuilla varustetulla traktorilla suoritettussa lumen tiivistämisajossa laskettuna 1 km matkaa kohden.

Table 4. Average interruption-free driving time in the snow-packing operation of a half-track tractor, per km. unit.

Selitys Explanation	Pitäjänmäki	Korni	Ristimäensalo	Keskim. Average
	Koskemattoman lumen syvyys, cm Depth of virgin snow, cm.			
	40...50	35...45	18...22	35
Ajoaika ilman keskeytyksiä, min./km Interruption-free driving time, min./km.				
Ilman jyrää — Without roller				
Pelto, niitty, aukea suo Field, meadow, open bog				
1. ajokerta — 1st haul	7.79	10.00	12.63	10.14
2. ajokerta — 2nd haul	13.95	17.65	10.09	13.90
Keskim. — Average	10.87	13.83	11.36	12.02
Metsä — Forest				
1. ajokerta — 1st haul	—	14.63	14.00	14.32
2. ajokerta — 2nd haul	—	15.38	13.06	14.22
Keskim. — Average	—	15.01	13.53	14.27
Jyrän kanssa — With roller				
Pelto, niitty, aukea suo Field, meadow, open bog				
1. ajokerta — 1st haul	—	21.43	16.10	18.77
2. ajokerta — 2nd haul	—	17.65	14.05	15.85
Keskim. — Average	—	19.54	15.08	17.31
Metsä — Forest				
1. ajokerta — 1st haul	—	15.00	18.13	16.57
2. ajokerta — 2nd haul	—	14.29	17.96	16.13
Keskim. — Average	—	14.64	18.05	16.35

Keskimääräiseksi ajaksi tiivistämisajossa 1 km matkaa kohden saatiin taulukossa 4 (s. 83) esitetyt arvot.

Pitäjänmäellä ja Kornissa tiivistämisajossa käytettiin Fergusonia, Ristimäensalossa Allis Chalmers traktoria.

Taulukon luvut osoittavat, että tiivistämisajo on verraten nopeata ja sitä nopeampaa, mitä tasaisempi on tien pohja. Pelloilla, niityillä ja aukeilla soilla olevilla tien osilla ajanmenekki on matkayksikköä kohden ollut ilman jyrää keskimäärin n. 16 % pienempi kuin metsässä. Lumen syvyyden vaikutus ajoaikaan on suhteellisen vähäinen, jos syvyys vaihtelee kokeilutyömailla esiintyneissä rajoissa. Ilmeisesti lumen vähyys hidastaa ajoa metsässä olevilla tien osilla. Sama vaikutus on todennäköisesti yli 50 cm syvyisellä lumella. Edullisin syvyys ajonopeuden kannalta lienee n. 30 cm.

Ilman jyrää ajettaessa ajanmenekki on ensimmäisellä ajokerralla pienin, mutta suurenee ajokertojen lisääntyessä. Tämä johtuu siitä, että koskematon hanki tarjoaa traktorin teloille paremman tartuntapohjan kuin »myllätty» lumi. Jos raide saisi kovettua riittävän kauan ajokertojen välisenä aikana, ajanmenekin suhde olisi ilmeisesti päinvastainen.

Jyräysajossa nopeus on ensimmäisellä ajokerralla tuntuvasti pienempi kuin ilman jyrää ajettaessa. Nopeus lisääntyy kuitenkin toisilla ajokerroilla, koska vastus pienenee. Lumen syvyys näyttää vaikuttavan jyräysaikaan siten, että kuta syvempi lumi, sitä suurempi on ajanmenekki matkayksikköä kohden.

Keskeytysten määrä osoittautui melko pieneksi, kuten taulukossa 5 (s. 85) esitetyt keskeytysajat osoittavat.

Jotta saataisiin lasketuksi lumen tiivistämisen vaatima kokonaistyömenekki, on tunnettava, montako tiivistysajokertaa tarvitaan riittävän kantavan polanneajoradan rakentamiseksi. — Tähänastisten kokemusten mukaan on suoritettava ensiksi yksi edestakainen ajo ilman jyrää siten, että metsäisillä tien osilla ajetaan samaa raidetta, mutta aukealla sijaitsevilla tien osilla pyritään ajamaan paluumatkalla uudet raiteet entisten viereen. Sen jälkeen suoritetaan vastaava ajo jyrän kanssa. Mikäli lunta on yli 40 cm, on ilmeisesti eduksi, jos ennen jyräysajoon ryhtymistä odotetaan siksi, kunnes raide on jonkin verran kovettunut. — Tällaista tiivistysmenetelmää käytettäessä olisi keskimääräinen ajanmenekki keskeytyksineen 1 km tieosuutta kohden n. 68 min.

Ajanmenekki saattaa matkayksikköä kohden ammattitaidon kasvaessa jonkin verran pienentyä.

Taulukko 5. Puolitelaketuilla varustetulla traktorilla suoritettussa lumen tiivistämisajossa sattuneet keskeytykset laskettuina 1 km matkaa kohden.

Table 5. Interruptions occurring in the snow-packing operation of a half-track tractor, per km. unit.

Keskeytyksen syy Reason for interruption	Pitäjänmäki		Korni		Ristimäensalo		Keskimäärin — Average		
	Keskeytysaika, min./km — Interruption time, min./km.				%				
	Ilman jyrää Without roller	Jyrän kanssa With roller	Ilman jyrää Without roller	Jyrän kanssa With roller	Ilman jyrää Without roller	Jyrän kanssa With roller	Ilman jyrää Without roller	Jyrän kanssa With roller	
Kääntyminen — Turning	0.60	—	0.45	0.83	0.72	0.99	0.59	0.91	37
Klinni juuttuminen — Bogging down	—	—	0.20	0.46	1.02	1.17	0.61	0.82	33
Jyrän kiinnitys — Attaching the roller	—	—	—	0.08	—	0.14	—	0.11	5
Jyrän irroitus — Detaching the roller	—	—	—	0.05	—	0.09	—	0.07	3
Korjaus ja huolto — Repair and maintenance	—	—	0	0.12	0.35	0.16	0.12	0.14	6
Työnjohto — Work supervision	0	—	—	0.11	0.07	0	0.02	0.06	1
Lepo — Rest	0.15	—	0.10	0	0.18	0.27	0.14	0.14	8
Muu syy — Other reason	0.23	—	0.36	0.19	0.06	0.20	0.22	0.20	13
Yhteensä — Total	0.98	—	1.11	1.84	2.40	3.02	1.70	2.45	100
% tehoyäajasta — % of productive work time									
Yhteensä — Total	9.0	—	7.7	10.8	19.3	18.2	12.9	14.6	

Ajoradan tasaamiseksi suoritettua lanauksen ajanmenekiksi 1 km ajomatkaa kohden ilman keskeytyksiä saatiin taulukossa 6 esitetyt luvut.

Lanan vetoon eri työmailla käytettiin samoja traktoreita kuin lumen tiivistämiseen. — Ristimäensalon metsässä olevia tien osia koskevat arvot on saatu pölkkyalan vedosta.

Ajanmenekki on ensimmäisellä ajokerralla pienin sen vuoksi, että lanan terä leikkaa vain korkeimmat huiput tasaisiksi ja luovuttaa lumen kuoppapaikkoihin. — Kornin työmaalla pidettiin terä »kuljetusasennossa» ensimmäisen ajokerran aikana. — Toisilla ajokertoilla lanan terä leikkaa jo pääasiallisesti koko leveydellään, jolloin sen vetovastus on tuntuvasti suurempi. Lisäksi lumi kulkeutuu terän edessä pitemmälle, koska notkopaikkoja, joihin se voisi jäädä, on vähemmän. — Jos lanausta jatketaan sen jälkeen kun ajorata on jo pakkasen vaikutuksesta kovettunut, terän leikkaussyvyys pienenee, ellei käytetä lisäpainoja, ja samalla ajonopeus

Taulukko 6. Keskimääräinen ajoaika ilman keskeytyksiä puolitelaketjuilla varustetulla traktorilla suoritettua lanausaajossa laskettuna 1 km matkaa kohden.

Table 6. Average interruption-free driving time in the drag-grading operation of a half-track tractor, per km. unit.

Selitys Explanation	Pitäjänmäki	Korni	Ristimäensalo	Keskim. Average
	Ajoaika ilman keskeytyksiä, min/km Interruption-free driving time, min./km.			
Pelto, niitty, aukea suo <i>Field, meadow, open bog</i>				
1. ajokerta — 1st haul	6.90	21.43	9.69	12.67
2. ajokerta — 2nd haul	8.00	30.00	9.57	15.86
3. ajokerta — 3rd haul	8.57	—	9.39	8.98
4. ajokerta — 4th haul	6.90	—	13.68	10.29
				(11.95)
Keskim. — Average	7.59	25.72	10.58	14.63
Metsä — Forest				
1. ajokerta — 1st haul	—	15.79	12.83 ¹	14.31
2. ajokerta — 2nd haul	—	20.69	15.10 ¹	17.90
3. ajokerta — 3rd haul	—	—	14.17 ¹	14.17
4. ajokerta — 4th haul	—	—	14.12 ¹	14.12
				(15.13)
Keskim. — Average	—	18.24	14.06 ¹	16.15

¹ Tilapäislanalla. — With improvised drag.

paranee. Nopeuden lisääntymiseen vaikuttaa myös se, että traktorin telojen tarttumiskyky kovettuneeseen ajorataan on parempi kuin pehmeään.

Jos lumimäärä tiivistämisen jälkeen on riittämätön peittämään tien pohjan epätasaisuudet, lanauksen ajanmenekki muodostuu suureksi. Lana töksähtelee esteisiin, minkä vuoksi ajo joudutaan suorittamaan mahdollisimman varovaisesti. Lumimäärän lisääntyminen siis pienentää ajanmenekkiä tiettyyn rajaan asti. — Yleensä lanausnopeus on riippuvainen niistä tekijöistä, jotka määräävät ajonopeuden (vrt. s. 153).

Lanauksen aikana sattuneet keskeytykset on matkayksikköä kohden esitetty taulukossa 7. Keskeytysten runsaus Ristimäensalon työmaalla johtui lumen vähyydestä.

Ajoradan saattamiseksi liikennöimiskelpoiseen kuntoon näyttää riittävän yksi edestakainen lanaus. Mikäli lanauskertojen määrää halutaan lisätä, on edullisinta liikennöidä tietä jonkin verran ennen jatkolanausta. — Ajoradan tasaamistyön kokonaistyöajan menekiksi keskeytyksineen saadaan edellisen perusteella n. 62 min/km, jos oletetaan neljä lanausajoa tarpeelliseksi.

Taulukko 7. Puolitelaketjuilla varustetulla traktorilla suoritettua lanausaajossa sattuneet keskeytykset laskettuina 1 km matkaa kohden.

Table 7. Interruptions occurred in the drag-grading operation of a half-track tractor, per km. unit.

Keskeytyksen syy Reason for interruption	Pitäjänmäki	Korni	Ristimäensalo	Keskimäärin Average	
	Keskeytysaika, min/km Interruption time, min./km.				%
Kääntyminen — Turning	0.37	0.52	0.43	0.44	21
Kiinni juuttuminen — Boggling down ..	—	0.66	2.61	1.09	52
Lanan kiinnitys — Attaching the drag ..	0.05	0.09	0.02	0.05	2
Lanan irroitus — Detaching the drag ..	0.04	0.10	0.02	0.05	2
Korjaus ja huolto — Repair and maintenance	—	—	0.11	0.04	2
Työnjohto — Work supervision	—	—	0	0	0
Lepo — Rest	0.18	0.11	0.05	0.11	5
Muu syy — Other reason	—	0.51	0.47	0.33	16
Yhteensä — Total	0.64	1.99	3.71	2.11	100
	% tehotyöajasta % of productive work time				
Yhteensä — Total	8.4	9.1	30.1	15.1	

Kun otetaan huomioon lanauskokemuksen puuttuminen, on todennäköistä, että myös ajoradan tasaamisen keskimääräinen työmenekki tulee edellä esitetystä käytännössä pikemmin alenemaan kuin kohoamaan.

Tien hoito

Traktoripolannetien ajoradan hoitamiseksi tarpeellinen lanaus voidaan varsitien osalta suorittaa puutavaran kuljetuksen yhteydessä kevyellä lannalla siten, että lana kiinnitetään reen perään. Kuormattuna-ajon aikana terä voidaan pitää ylhäällä (kuljetusasennossa) ja suorittaa varsinainen lanaus tyhjänäajon yhteydessä. Kuormattuna-ajokaan tämä ei aiheuta olennaisia muutoksia. Sen sijaan tyhjänäajoaika lisääntyy n. 30...50 %.

Toisena — kalliimpana — ratkaisuna voidaan käyttää erillistä lanausajoa.

Hoitolanaukseen on yleensä ryhdyttävä lumisateiden ja pitkäaikaisen suojajakauden jälkeen. Lisäksi sitä joudutaan suorittamaan, jos ilman lämpötila on pitkäkän ajan 0...—10° C välillä. Vilkas liikenne näyttää olevan eduksi polannetielelle. Se vähentää jonkin verran lanaustarvetta.

Miten suureksi hoitolanauksen kokonaistyömenekki ajokauden aikana muodostuu, riippuu pääasiallisesti ajokauden pituudesta ja sääsuhteista ajokauden aikana. Jos ajokauden oletetaan kestävän kolme kuukautta, jouduttaneen lanaus suorittamaan keskimäärin enintään kuusi kertaa. Jos hoitolanauksen ajanmenekki oletetaan samaksi kuin peruslanauksessa (ks. s. 86) matkayksikköä kohden (todellisuudessa ajanmenekki on ilmeisesti keskim. jonkin verran pienempi), saataisiin koko ajokauden työmenekiksi n. 96 min/km. — Palstateilla hoitolanaus on yleensä tarpeeton.

Mikäli jotkut palstatiet ovat pitkän aikaa käyttämättöminä, saattaa niiden ajoradalle sataa siinä määrin lunta, että tiivistämisajo on uusittava ennen liikenteen alkamista. Tämä voidaan kuitenkin eräissä tapauksissa välttää, jos lumisateiden jälkeen noudetaan muutama kuorma myös niiden varresta. — Tiivistämisajo ei tienhoitotoimenpiteenä ole näin ollen tarpeellinen, ellei talvi ole tavallista runsaslumisempi.

Mitä muihin tienhoitotoimenpiteisiin, kuten alamäkien hiekoittamiseen jne. tulee, niistä ei ole käytettävissä havaintoja. Koetyömailla ei näet tarvittu lainkaan tätä työtä suorittavia »tiemiehiä».

2. Työajan menekki pinotavaran palstatien varteen teossa

Pinotavaran palstatien varteen teosta ei kokeilutyömailla suoritettu aikatutkimuksia, kuten aikaisemmin on mainittu. Käytettävissä ovat kuitenkin asiaa koskeva, tekijän v. 1950 Sotkamossa keräämä tutkimusaineisto ja sen pohjalla laaditut, julkaisemattomat tutkimustulokset (PUTKISTO 1951b). — Käsillä olevien tutkimusten kannalta kiinnostaa ainoastaan, missä määrin palstatien varteen teko lisää hakkuutyön työmenekkiä hajapinoihin tai -ristikoille tekoon verrattuna. Muutokset ajanmenekissä tiettyä järeyttä olevan tavaralajin ollessa kysymyksessä riippuvat yksinomaan pinoamis- tai ristikoimismatkan muutoksista, joten aluksi tarkastellaan teoreettisesti tämän matkan pituutta palstateiden etäisyyden funktiona.

Oletetaan leimattujen runkojen käyttöosan keskim. pituudeksi 8 m ja valmistettavan tavaran pituudeksi 2 m. Pölkkyjen *siirtelymatka* palstatien varteen saadaan silloin teoreettisesti lasketuksi soveltamalla s. 33 esitettyä kaavaa (5). Suunnatun kaadon aiheuttamaa matkan lyhentymistä laskettaessa on oletettu tartuttavan aina pölkyn lähinnä keräyskeskusta olevaan päähän. Kun pinojen ja ristikoiden paikaksi vain harvoin voidaan tässä tapauksessa valita jonkin pölkyn sijaintikohta, jätetään sen mahdollisesti aiheuttama matkan lyhentymisen huomioon ottamatta. — Teoreettiset matka-arvot eri tiheysluokille ja erisuuruisiin pinoihin tai ristikoille hakattaessa on esitetty taulukossa 8 (s. 90). Taulukkoon on otettu mukaan myös sellaiset tapaukset, joissa pinon tai ristikon keräysalueen leveys on sama kuin palstateiden etäisyys.

Hajapinoihin ja -ristikoille hakkuun teoreettinen siirtelymatka voidaan laskea s. 32 esitetyn kaavan (3) avulla ottamalla huomioon, että keräyskeskuksessa on jo valmiina yksi pölkky ja että hakkuumies tarttuu aina pölkyn lähinnä keräyskeskusta olevaan päähän. Käyttöosaltaan keskim. 8 m pituisista rungoista 2-m tavaraa valmistettaessa keskim. pölkkyä kohden lasketut siirtelymatkat on esitetty taulukossa 9 (s. 91). Sen luvut edellyttävät pölkkyjä menevän keskim. 30 kpl p-m³:iin.

Taulukoiden 8 ja 9 avulla voidaan laskea, miten paljon pitempi pölkkyjen siirtelymatka on palstatien varteen teossa hajasijaintisiin muodostelmiin tekoon verrattuna. Eri tiheysluokissa ja eri palstatie-etäisyyksiä käytettäessä teoreettisesti laskettu matkan lisääntyminen on taulukossa 10 (s. 92) esitettyä suuruusluokkaa.

Taulukko 8. 2-m pölkkyjen teoreettinen pinoamis- ja ristikoimismatka palstalien varteen eri tiheysluokissa ja tavaraa eri kokoisiin varastomuodostelmiin siirrettäessä. Leimattujen runkojen käyttöosan pituus 8 m. Pölkkyjä keskimäärin 30 kpl/p-m³.

Table 8. The theoretical piling and crosswise-stacking moving distance of 2-metre logs alongside the strip road in different forest density classes and when moving timber to storages of different sizes. The average length of the utilisable part of marked stems was 8 m. Average number of logs 30 per piled cu. m.

Pinon tai ristikon suuruus, p-m ³ Size of pile or crosswise-stack, piled cu. m.	Pinoja tai ristikoita, kpl/ha Piles or crosswise-stacks per ha.	Palstateiden etäisyys, m Distance between the strip roads, m.				
		20	30	40	50	60
Pinoamis- ja ristikoimismatka, m Piling and crosswise-stacking distance, m.						
12 p-m ³ /ha (3. tiheysluokka) — 12 piled cu. m. per ha. (3rd density class)						
0.24	50.00	2.27				
0.54	22.22		5.64			
0.96	12.50			9.33		
1.00	12.00	16.65	11.10	9.66	10.01	11.26
1.50	8.00				13.09	
2.00	6.00	37.14	24.17	18.72	16.15	16.01
2.16	5.56					16.87
3.00	4.00	58.42	36.72	28.48	23.85	21.67
22 p-m ³ /ha (2. tiheysluokka) — 22 piled cu. m. per ha. (2nd density class)						
0.44	50.00	2.27				
0.99	22.22		5.64			
1.00	22.00	7.65	5.70	6.25	7.76	9.73
1.76	12.50			9.33		
2.00	11.00	18.49	12.24	10.43	10.54	11.63
2.75	8.00				13.09	
3.00	7.33	29.67	19.34	15.29	14.00	14.15
37 p-m ³ /ha (1. tiheysluokka) — 37 piled cu. m. per ha. (1st density class)						
0.74	50.00	2.27				
1.00	37.00	3.61	3.54	5.03	7.06	9.14
1.67	22.22		5.64			
2.00	18.50	9.64	6.86	6.93	8.21	10.02
2.96	12.50			9.33		
3.00	12.33	16.11	10.76	9.44	9.87	11.16

Pinoamis- ja ristikoimismatkan lisääntyminen on kuvassa 27 (s. 93) esitetty graafisesti palstateiden etäisyyden funktiona ja kuvassa 28 (s. 93) pinon tai ristikon suuruuden funktiona.

Taulukko 9. 2-m pölkkyjen teoreettinen pinoamis- ja ristikoimismatka hajasijaintisiin varastomuodostelmiin eri tiheysluokissa ja tavaraa eri suuruisiin varastomuodostelmiin siirrettäessä. Leimattujen runkojen käyttöosan keskipituus 8 m. Pölkkyjä keskim. 30 kpl/p-m³.

Table 9. The theoretical piling and crosswise-stacking moving distance of 2-metre logs in dispersed log storages in different forest density classes and when moving logs to storages of different sizes. The average length of the utilisable part of marked stems was 8 m. Average number of logs 30 per piled cu. m.

Pinon tai ristikon suuruus, p-m ³ Size of pile or crosswise-stack, piled cu. m.	12 p-m ³ /ha 12 piled cu. m. per ha.		22 p-m ³ /ha 22 piled cu. m. per ha.		37 p-m ³ /ha 37 piled cu. m. per ha.	
	Pinoja tai ristikoita, kpl/ha Piles or crosswise-stacks per ha.	Matka, m Distance, m.	Pinoja tai ristikoita, kpl/ha Piles or crosswise-stacks per ha.	Matka, m Distance, m.	Pinoja tai ristikoita, kpl/ha Piles or crosswise-stacks per ha.	Matka, m Distance, m.
1.00	12.00	6.09	22.00	3.48	37.00	1.96
2.00	6.00	10.57	11.00	6.65	18.50	4.19
3.00	4.00	14.07	7.33	9.19	12.33	6.08

Edellisen perusteella voidaan todeta teoreettisesti lasketun siirtelymatkan lisääntymisen 1 p-m³ suuruisiin pinoihin tai ristikoihin tavaraa valmistettaessa vaihtelevan 1. tiheysluokassa n. 1.6...7.2 m, 2. tiheysluokassa n. 2.2...6.3 m ja 3. tiheysluokassa n. 3.6...10.6 m palstateiden etäisyyden vaihdella 20...60 m. 10 m lisääntyminen palstateiden etäisyydessä näyttää muuttavan siirtelymatkaa eri tiheysluokissa em. pino- tai ristikkokoon ollessa kysymyksessä taulukon 11 (s. 94) mukaisesti.

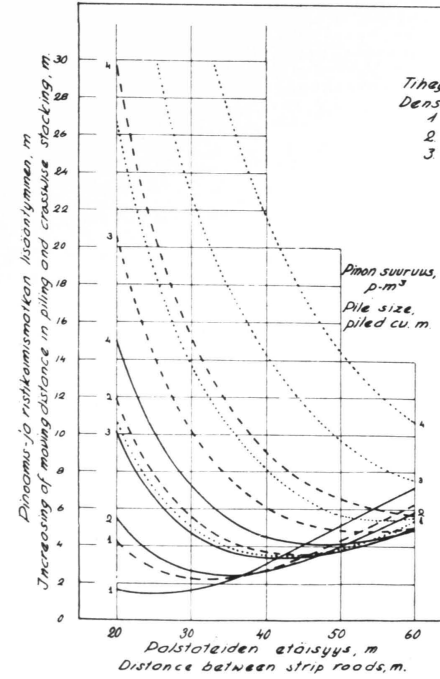
Näyttää siis siltä, että palstatie-etäisyyden suureneminen 20 m:stä 30 m:iin pienentää kaikissa tiheysluokissa pinoamis- ja ristikoimismatkan eroa. Tämä johtuu siitä, että varastomuodostelman keräysalueen muoto muuttuu edullisemmaksi. Palstatie-etäisyyden suureneminen 30 m:stä 40 m:iin suurentaa hieman siirtelymatkojen eroa 1. ja 2. tiheysluokassa, mutta pienentää sitä 3. tiheysluokassa. Sitä suurempi palstatie-etäisyyksiin meneminen suurentaa siirtelymatkojen eroa jo voimakkaammin ja sitä voimakkaammin, mitä suurempia ovat tie-etäisyyden lisääntyminen ja leimikon tiheys.

Edellä esitetyt pölkkyjen siirtelymatkan selvittelyt ovat olleet puhtaasti teoreettisia. Jotta saataisiin käsitys, vastaavatko ne käytännössä esiintyviä, on taulukossa 12 (s. 95) esitetty rinnakkain aikaisemmin mainitun Sotkamon tutkimuksen (PUTKISTO 1951b) yhteydessä mitatut ja

Taulukko 10. 2-m pölkkyjen pinoamis- ja ristikoimismatkan teoreettinen lisääntyminen eri tiheysluokissa palstatiin varteen teossa hajasijaintisiin varastomuodostelmiin tekon verrattuna. Leimattujen runkojen käyttöosan pituus 8 m. Pölkkyjä keskim. 30 kpl/p-m³.

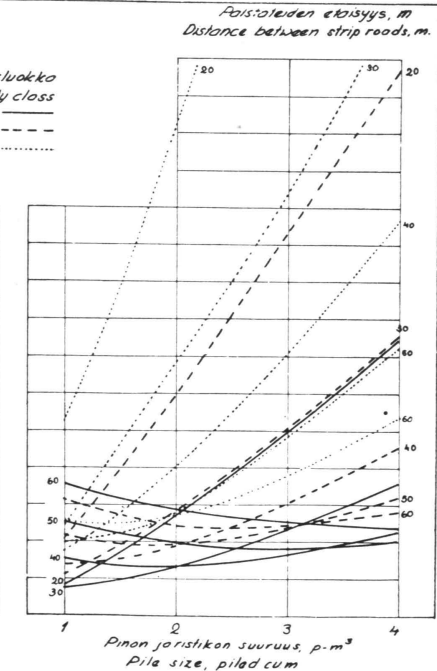
Table 10. The theoretical lengthening of the piling and crosswise-stacking moving distance of 2-metre logs in different forest density classes when the logs are prepared alongside the strip road as compared with the preparation of dispersed timber storages. The average length of the utilisable part of marked stems was 8 m. Average number of logs 30 per piled cu. m.

Pino tai ristikon suuruus, p-m ³ Size of pile or crosswise-stack, piled cu. m.	Palstatiiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.														
	20		30		40		50		60						
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.					
1.00	10.56	4.17	1.65	5.01	2.22	1.58	3.57	2.77	3.07	3.92	4.28	5.10	5.17	6.25	7.18
2.00	26.57	11.84	5.45	13.60	5.59	2.67	8.15	3.78	2.74	5.58	3.89	4.02	5.44	4.98	5.83
3.00	44.35	20.48	10.03	22.65	10.15	4.68	14.41	6.10	3.36	9.78	4.81	3.79	7.60	4.96	5.08



Kuva 27. Pinoamis- ja ristikoimismatkan lisääntyminen 2-m tavarapalstatiin varteen teossa hajasijaintisiin varastomuodostelmiin tekon verrattuna palstatiiden etäisyyden funktiona. Leimattujen runkojen käyttöosan keskipituus 8 m. Pölkkyjä 30 kpl/p-m³.

Fig 27. The piling and crosswise-stacking moving distance in the preparation of 2-metre logs alongside the strip road lengthened in comparison with that for preparation in dispersed storages, as a function of the distance between the strip roads. The average length of the utilisable part of marked stems was 8 m. Number of logs 30 per piled cu. m.



Kuva 28. Pinoamis- ja ristikoimismatkan lisääntyminen 2-m tavarapalstatiin varteen teossa hajasijaintisiin varastomuodostelmiin tekon verrattuna varastomuodostelmien koon funktiona. Leimattujen runkojen käyttöosan keskipituus 8 m. Pölkkyjä keskim. 30 kpl/p-m³.

Fig 28. The piling and crosswise-stacking moving distance in the preparation of 2-metre logs alongside the strip road lengthened in comparison with that for preparation in dispersed storages, as a function of the size of the storage formations. The average length of the utilisable part of marked stems was 8 m. Average number of logs 30 per piled cu. m.

tältä työmaalta määritettyjen tekijöiden mukaan edellä esitetyllä tavalla lasketut matka-arvot.

Teoreettisesti laskettujen pinoamis- ja ristikoimismatkojen voidaan todeta melko tarkoin vastaavan mitattuja, kun otetaan huomioon, että mittaus suoritettiin 50 cm tarkkuudella tasaavaa pyörästystä käyttäen.

Taulukko 11. Palstatie-etäisyyden lisääntymisen teoreettinen vaikutus 2-m pölkkyjen siirtämismatkan eron lisääntymiseen. Varastomuodostelman suuruus 1 p-m³.

Table 11. The theoretical effect of lengthened distance between strip roads on the increase in the difference of the moving distance for piling 2-metre logs. Size of the storage 1 piled cu. m.

Palstatie-etäisyyden muuttuminen, m Changing of the distance between strip roads, m.	Leimikon tiheysluokka Density class of the stand marked for cutting		
	3.	2.	1.
	Matkan lisääntyminen, m/10 m Increase in moving distance, m. per 10 m.		
50→60	1.25	1.97	2.08
40→50	0.35	1.51	2.03
30→40	-1.44	0.55	1.49
20→30	-5.55	-1.95	-0.97

Käytännön kannalta on kuitenkin tärkeintä, antavatko kaavat hakkuumenetelmien siirtämismatkojen eroiksi virheellisiä arvoja. Kysymystä on vaikea ratkaista, koska täysin vastaavilta palstoilta ei ole olemassa mittausaineistoa. Jos oletetaan, että hakkuumiehet tasoittavat leimikon tiheyden aiheuttamat hakkuupalstojen erot pinojen ja ristikoiden koolla siten, että ne harvemmassa leimikossa tehdään pienemmiksi, voidaan palstojen 1. ja 3. sekä 2. ja 4. matka-arvojen eroa verrata keskenään. Palstat näet olivat sekä muodoltaan että muilta ominaisuuksiltaan sängen lähellä toisiaan. Lisäksi hakkuumies oli sama. — Paperi- ja kaivospuun ristikoimismatkan pitenemiseksi palstatienvarteen teossa saadaan 1. ja 3. palstan vertailun perusteella mittaustulosten mukaan 3.0 m ja kaavojen avulla laskemalla 2.6 m. Vastaavat arvot palstojen 2. ja 4. perusteella ovat mittaustulosten mukaan 0.4 m ja kaavojen mukaan 1.1 m. Halkojen pinoamismatkan lisääntyminen (palstojen 1. ja 3. vertailu) olisi mittaustulosten mukaan 3.2 m ja kaavojen mukaan laskemalla 3.0 m. Voitanee siis pitää todennäköisenä, että kaavojen mukaan laskettu pinoamis- ja ristikoimismatkojen lisääntyminen palstatienvarteen teossa hajajaintisiin varastomuodostelmiin tekoon verrattuna (taulukko 10) vastaa likimain todellisuutta. Niin ikään voitaneen pitää ilmeisenä, että laskettaessa palstatienvarteen teon aiheuttamaa työmenekin lisääntymistä kaavojen mukaan teoreettisesti laskettujen pinoamis- ja ristikoimismatkojen perusteella saadaan likimain todellisuutta vastaavia arvoja.

Pinoamis- ja ristikoimismatkan vaikutuksen selvittämiseksi pölkkyjen siirtelyaikaan on em. Sotkamon tutkimustyömaan aikatutkimusaineiston perusteella laadittu näiden tekijöiden välinen korrelaatiotaulukko

Taulukko 12. Sotkamossa v. 1950 mitatut sekä ko. työmaalla määritettyjen tekijöiden mukaan teoreettisesti lasketut pinoamis- ja ristikoimismatkat.

Table 12. The piling and crosswise-stacking moving distances measured in 1950 in Sotkamo and calculated theoretically according to factors determined on the work site in question.

Selitys Explanation	Palstatienvarteen teko Preparation alongside strip road		Hajapinoihin ja ristikoille teko Preparation of dispersed piles and crosswise-stacks			
	Paperi- ja kaivospuu Pulpwood and pitprops	Halot Fuelwood	Paperi- ja kaivospuu Pulpwood and pitprops	Halot ¹ Fuelwood		
	Palstan n:o — Strip, No.					
	1.	2.	1.	3.	4.	3.
Palstan pinta-ala, ha — Area of strip, ha.	0.57	0.76	0.57	0.43	0.60	0.43
Leimikon tiheys, p-m ³ /ha — Density of the stand marked for cutting, piled cu. m. per ha.	32.1	22.5	61.6	24.7	16.5	44.9
Leimattujen runkojen käyttöosan keskim. pituus, m — Average length of the utilisable part of marked stems, m.	5.52	4.50	8.00	5.92	4.52	8.20
Pinojen ja ristikoiden keskim. suuruus, p-m ³ — Average size of piles and crosswise-stacks, piled cu. m.	2.60	1.70	3.51	1.20	1.10	1.61
Pölkkyjen keskim. järeys, kpl/p-m ³ — Average size of logs, logs per piled cu. m.	34.7	22.2	61.8	31.0	23.7	61.9
Palstatienvarteen keskim. etäisyys, m — Average distance between strip roads, m.	33.5	30.4	33.5			
Laskettu keskim. pinoamis- ja ristikoimismatka, m — Calculated average piling and crosswise-stacking moving distance, m.	7.4	7.2	5.7	4.8	6.1	2.7
Mitattu keskim. pinoamis- ja ristikoimismatka, m — Measured average piling and crosswise-stacking moving distance, m.	7.7	7.2	5.9	4.7	6.8	2.7
Ero ±, m — Difference ±, m.	-0.3	±0.0	-0.2	+0.1	-0.7	±0.0
Ero ±, % — Difference ±, %	-3.9	±0.0	-3.4	+2.1	-10.3	±0.0

¹ Siirretty halkomattomina. — Moved unsplit.

(ks. liite 1, s. 307), jonka luokkakeskiarvot on esitetty tasoitettuna kuvassa 29 (s. 97).

Sekä korrelaatiotaulukko että kuvaaja ovat laaditut kaikkien siirreltyjen pölkkyjen keskiarvojen perusteella niiden pituudesta ja järeydestä riippumatta. Erot eri järeytluokkien ja pituusluokkien välillä osoittautuivat näet siksi pieniksi, ettei niitä näin pienen aineiston puitteissa saatu selvästi näkyviin. Tasoitetut siirtelyn tehotyöajan arvot eri matkoilla 1 p-m³ kohden laskettuina nähdään taulukosta 13.

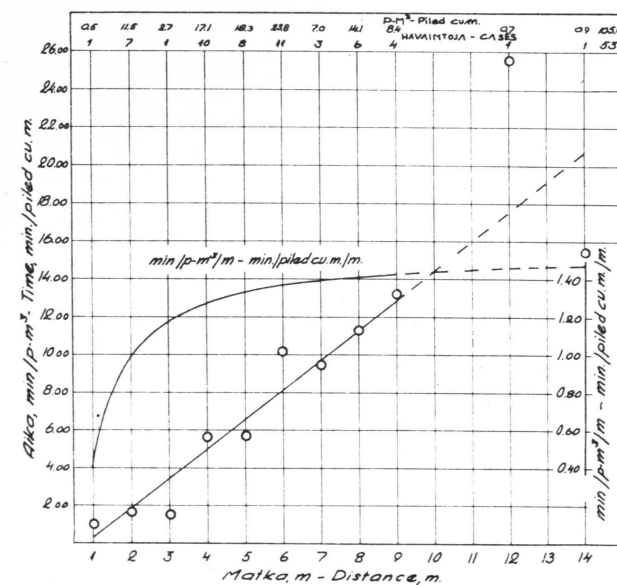
Matkan ja ajan välillä näyttää ainakin esiintyneiden matka-arvojen puitteissa vallitsevan suoraviivainen riippuvuussuhde, joten pinoamis- ja ristikoimisetäisyyden lisääntyminen yhdellä metrillä lisää tehotyöajan menekkiä aina saman verran, nim. keskimäärin n. 1.6 min/p-m³. Jos keskeytysadanneksena tehotyöajasta käytetään 12, kuten Sotkamon kokeilutyömaan mukaan näyttäisi sopivalta, saadaan metrin pinoamis- ja ristikoimismatkan lisääntymisen aiheuttamaksi kokonaisajanmenekin keskim. lisääntymiseksi n. 1.8 min/p-m³.

Taulukko 13. Pölkkyjen siirtelyn tehotyöajan riippuvuus matkasta Sotkamon tutkimuksissa.

Table 13. The dependence of the productive work time in moving logs on the distance covered in the Sotkamo investigations.

Matka, m — Distance, m.												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tehotyöaika, min/p-m ³ — Productive work time, min./piled cu. m.												
0.40	1.96	3.52	5.08	6.64	8.20	9.76	11.32	12.88	14.44	16.00	17.56	19.12
Tehotyöaika, min/p-m ³ /m — Productive work time, min./piled cu. m./m.												
0.40	0.98	1.17	1.27	1.33	1.37	1.39	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47

Vertailun vuoksi mainittakoon, että saksalaisen PLOUDAN (1935) mukaan siirtelymatkan lisääntyminen 15 m:stä 45 m:iin lisää mäntyhalkojen ollessa kysymyksessä tehotyöaikaa (reiner Arbeitszeit ohne Zuschläge) 9.00 min/p-m³, eli 0.30 min/p-m³/m. Pölkkyt olivat siirtelyn aikana osittain hakkuumiehen olkapäällä, osittain toisessa kainalossa. — Vaikka maasto PLOUDAN esittämässä tapauksessa on ilmeisesti ollut helpompaa kuin metsämaasto Suomessa, tulos viittaa siihen, ettei Sotkamosta saatu aika-arvo ole ainakaan liian pieni.



Kuva 29. Pölkkyjen siirtelyn (ilman latomista) tehotyöajan riippuvuus pinoamis- ja ristikoimismatkasta Sotkamon kokeilutyömaalla.

Fig. 29. The dependence of the productive work time of moving logs (without piling) on the piling and crosswise-stacking moving distance, at the experimental work site at Sotkamo.

Jos edelleen oletetaan pinoamis- ja ristikoimismatkan lisääntyvän palstatienväliin teossa hajapinoihin ja -ristikoille tekoon verrattuna eri palstatienväliä käytettäessä enintään taulukossa 10 (s. 92) esitetyt määrät, saadaan hakkuutyön keskimääräisen ajanmenekin lisääntymisen enimmäisarvoiksi taulukossa 14 (s. 98) esitetyt luvut.

Mainittakoon, että Sotkamon kokeilutyömaalla, jossa keskimääräinen palstatienväli oli n. 32 m pinotavaraa palstatienväliin tehtäessä, keskim. ajanmenekin lisääntyminen hajapinoihin ja -ristikoille tekoon verrattuna oli n. 2.2 min/p-m³.

Pinoamis- ja ristikoimismatkan pitenemisen aiheuttama ajanmenekin lisääntyminen on tietenkin riippuvainen tavaran mitoista, tilavuuspainosta, maastosta ja käytetystä työmenetelmästä. Näiden seikkojen yksityiskohtainen analysointi ei käytettävissä olevan aineiston puitteissa ole mahdollista eikä käsillä olevan tutkimuksen tavoitteiden kannalta tarpeellista.

Taulukko 14. Teoreettiseen pinoamis- ja ristikoimismatkan lisääntymiseen perustuva 2-m pinotavaran palstatiin varteen teon työajanmenekin lisääntyminen keskeytyksiin hajasijaintisiin varastomuodostelmiin tekoon verrattuna eri palstatiin-ettäisyyksiä käytettäessä. Runkojen käyttöosan keskipituus 8 m. Pölkkyjä keskim. 30 kpl/p-m³.

Varastomuodostelmien keskisuuruus 1 p-m³.

Table 14. The increase in the expenditure of work time, inclusive of interruptions, when preparing 2-metre cordwood alongside the strip road, based on the theoretical lengthening of the piling and crosswise-stacking moving distance, as compared with the preparation of dispersed timber storages, using different distances between strip roads. The average length of the utilisable part of the stems was 8 m. Average number of logs 30 per piled cu. m. Average size of storage 1 piled cu. m.

Palstateiden ettäisyys, m Distance between strip roads, m.	Leimikon tiheysluokka Density class of the stand marked for cutting		
	12 p-m ³ /ha 12 piled cu. m. per ha.	22 p-m ³ /ha 22 piled cu. m. per ha.	37 p-m ³ /ha 37 piled cu. m. per ha.
	Ajanmenekin lisääntyminen, min/p-m ³ Increase in time expended, min./piled cu. m.		
20	18.50	7.30	2.89
30	8.79	3.89	2.77
40	6.27	4.85	5.37
50	6.88	7.49	8.93
60	9.07	10.94	12.57

3. Työajan menekki tukkien teossa

Tukkien levälleen tekoon traktori-metsäkuljetuksen käyttö ei aiheuta varsinaisesti muutoksia. Tosin hakkuumiesten on käytettävä suunnattua kaatoa ja valittava kaatosuunta siten, että juontoreitti palstatiin varteen on esteetön, mutta näiden tekijöiden ajanmenekkiä lisäävä vaikutus lienee merkityksetön. Tehtävistään tietoiset hakkuumiehet ovat maassamme näet käyttäneet aina suunnattua kaatoa. Sen sijaan alueilla, joilla on käytetty »hakkuu rekeen autettuna»-menetelmää, työmenekki pienenee, koska kuormauksen avustamistyötä ei tarvita.

Työajan menekin vähentymiseksi on MAKKONEN (1950, s. 68) saanut 9 j³ runkosuuruusluokan, 2. oksaisuusluokan, 2. tiheysluokan ja 1. vikaisuusluokan ollessa kysymyksessä Pohjois-Suomen olosuhteissa n. 29 % kuorellisten mäntytukkien hakkuutyössä ja n. 26 % kuorellisten kuusitukkien hakkuutyössä »rekeen autettuna»-hakkuutapaan verrattuna. Palkkataksojen mukaan (SOSIAALIMINISTERIÖN... 1955, ss. 33–34) »levälleen hakkuu» on »rekeen autettuna» hakkuuta 24...30 % halvempaa ja siis työmenekki vastaavasti pienempi.

4. Työajan menekki pinotavaran kuormaamisessa palstatiin varresta

Varsinainen kuormaus

TEHOTYÖAIKA

Varsinaiseen kuormaukseen on luettu kuuluviksi kaikki muut kuorman valmistamiseksi tarpeelliset työt paitsi kuormausajoa eli traktorin siirtymistä tiellä. — Osa näihin töihin kuuluvista ajoista, nimittäin taulukossa 15 esitetyt, on sellaisia, ettei kuormattava tavaralaji sen paremmin kuin tavarain määräkään vaikuta sanottavasti niiden suuruuteen.

Taulukko 15. Varsinaisen kuormauksen vakioajat kuormaa kohden ilman keskeytyksiä (2A_{kt}) Kornissa ja Ristimäensalossa palstatiin varteen tehdyn pinotavaran kuormauksen ollessa kysymyksessä.

Table 15. Standard times per load of interruption-free loading proper (2A_{kt}) when loading cordwood prepared alongside the strip road at Korn and Ristimäensalo.

Traktori Tractor	Kuormia, kpl Loads	Työn suunnittelu Planning of work	Kuormauksen valmistelu Preparation of loading	Kuorman järjestely ja sitominen Arrangement and tying of load	Yhteensä Total (2 A _{kt})
Korni					
FEGP	27	0.06	—	—	0.06
FOMP	5	1.48	0.80	5.12	7.40
VVO	20	0.56	1.95	1.36	3.87
Yht. ja keskim. — Total and average ..	52	0.39	0.82	1.01	2.22
Ristimäensalo					
DVB	5	3.43	—	0.61	4.04
FEGP	4	1.20	—	1.36	2.56
NUF	1	—	—	0.46	0.46
Yht. ja keskim. — Total and average ..	10	2.20	—	0.90	3.10
Korni ja/and Ristimäensalo, keskim. — average					
Yht. ja keskimäärin — Total and average ..	62	0.68	0.69	0.99	2.36

Niitä voidaan pitää *kuormaa kohden* käytännöllisesti katsoen *vakioina* ja niiden osuus kuormattua kuutioyksikköä kohden on siis sitä pienempi, mitä suuremmasta kuormasta on kysymys.

Kuorman järjestelyajan olettaisi riippuvan kuorman suuruudesta, mutta kokeilutyömailta esiintyneiden kuorman suuruuksien ollessa kysymyksessä ei näiden välillä voitu todeta minkäänlaista korrelaatiota. Erot ajoissa eri traktoreiden kohdalla johtuvat pääasiallisesti rekien erilaisuudesta sekä työntekijöiden taidon ja ritteliäisyyden vaihteluista. Esim. työn suunnitteluun on Kornin työmaalla Fordsonin miehistöltä kulunut lähes kolme kertaa niin paljon aikaa kuin Volvon miehistöltä ja viimeksi mainitulta lähes 10 kertaa niin paljon kuin parhaan taidon omaavalla Fergusonin miehistöltä. — *Työn edistymisen kannalta voidaan mainittujen aikojen (A_{kt}) summan katsoa olevan keskimäärin 1.18 min/kuorma ilman keskeytyksiä* (työryhmän aikaa).

Ennen kuin pölkkyjen siirtäminen tien vieressä olevista pinoista ja ristikoista rekeen voidaan aloittaa, on lumi, mikäli sitä on runsaasti, poistettava niiden päältä ja mahdollisesti kiinni jäätyneet pölkkyt irroiteltava.

Lumityön ajanmenekkiin vaikuttavat lumen laatu ja määrä sekä pinojen ja ristikoiden korkeus. Ajanmenekin voidaan olettaa tietyn lumen-syvyyden ja laadun vallitessa olevan vakio pinon tai ristikon yläpinnan pinta-alayksikköä kohden. Toisin sanoen kuutioyksikköä kohden laskettu aika olisi sitä pienempi, mitä korkeammasta (enemmän puutavaraa sisältävästä) pinosta tai ristikosta on kysymys.

Pölkkyjen irroittelun ajanmenekki riippuu kuutioyksikköä kohden laskettuna sekä kiinni jääntymisen määrästä että pölkkyjen koosta. Yleensä vain pinoissa olevien pölkkyjen ylimmät ja alimmat kerrokset pääsevät jääntymään, harvemmin koko pino. Ristikoidun tavaran jääntyminen on erittäin vähäistä. Kuta pienempiä kiinni jäätyneet pölkkyt ovat, sitä suuremmaksi pitäisi ajanmenekin kuutioyksikköä kohden muodostua.

Ristimäensalossa, jossa tavara oli puolipuhdasta ja ristikoitua, lumen poistoa sen paremmin kuin pölkkyjen irroittelua ei ollut. — Kornissa kului näihin töihin keskimäärin aikaa ilman keskeytyksiä 614.5 p-m³ sisältävän aineiston mukaan seuraavasti:

Lumen poisto	0.07 miesmin/p-m ³
Pölkkyjen irroittelu	0.85 »
Yhteensä ($2B_t$)	0.92 miesmin/p-m ³

Aineiston suppeuden vuoksi ajanmenekin riippuvuutta eri tekijöistä ei voida osoittaa. — *Työryhmän ajankäytön kannalta voidaan näihin töihin*

(B_t) laskea kuluvaiksi keskimäärin 0.46 min/p-m³ ilman keskeytyksiä olosuhteissa, joissa lumen syvyys on 70...100 cm.

Pölkkyjen pinosta ja ristikoista rekeen siirtämiseen kuluva aika riippuu pääasiallisesti pölkkyjen koosta, tilavuuspainosta, kuorinta-asteesta, siirtokorkeudesta ja siirtoetäisyydestä. Puuttumatta yksityiskohtaisemmin mainittuihin riippuvuussuhteisiin esitetään taulukossa 16 pölkkyjen siirtämisen keskimääräinen miestyöajan menekki kokeilutyömailta 2-m tavaran osalta. Lukuja arvosteltaessa on otettava huomioon, että Kornissa tavara oli kuorimatonta ja pinoissa ja sen keskim. järeys oli 25 kpl/p-m³, Ristimäensalossa puolipuhdasta ja ristikoilla, järeydeltään 39 kpl/p-m³.

Taulukko 16. 2-m tuoreiden pölkkyjen pinoista ja ristikoista traktorirekeen siirtämiseen kuluva keskim. aika ilman keskeytyksiä ($2C_{kt}$) Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 16. The average interruption-free time consumed in moving 2-metre green logs from piles and crosswise-stacks into a tractor sleigh ($2C_{kt}$) at Korn and Ristimäensalo.

Selitys Explanation	Aineisto, p-m ³ Material, piled cu. m.	Aika, miesmin/p-m ³ Time, man-min. per piled cu. m. ($2C_{kt}$)
Korni, 2 miestä — 2 men	159.4	7.72
» , 3 » — 3 »	189.8	6.53
Korni, yht. ja keskim. — total and average	349.2	7.07
Ristimäensalo, 2 miestä — 2 men		
Siirtoetäisyys: 50 cm	36.9	6.04
Moving distance: 150 cm	35.6	6.91
250 cm	2.6	10.38
yli — over 250 cm	1.9	8.95
Ristimäensalo, yht. ja keskim. — total and average	77.0	6.66
Korni ja/and Ristimäensalo, yht. ja keskimäärin — total and average	426.2	7.00

Yleensä voitiin todeta ajanmenekin pienenevän tiettyyn rajaan asti pölkkyjen järeyden suuretessa (vrt. VUORISTO 1935). Niin ikään siirtokorkeuden ja siirtoetäisyyden pienentyminen vähentävät ajanmenekkiä, viimeksi mainittu kuitenkin niin, että työskentelyn kannalta liian pieni etäisyys — alle 50 cm — lisää ajanmenekkiä. Siirtoetäisyyden ja -korkeuden vaihtelut pölkkyjen palstalien varresta kuormauksessa ovat suhteellisen pieniä, edelliset tavallisesti 30...500 cm ja jälkimmäiset +30...—160

cm. Keskiarvot Kornissa olivat 82 cm ja —68 cm sekä Ristimäensalossa 114 cm ja —58 cm. Siirtokorkeus ei pääse muodostumaan suureksi sen vuoksi, että kuorman ylimpiin kerroksiin pölköt otetaan pinojen tai ristikoiden päältä. Traktorilla on näet mahdollisuus siirtyä tarpeen mukaan palstatiellä eteenpäin.

MAKKOSEN (1956, s. 71) mukaan 2-m puolipuhaiden ja kuorimattomien paperipuiden ristikolta hevosrekeen siirtämisaika on keskim. 6.41 min/p-m³ n. 120 cm siirtoetäisyyden ollessa kysymyksessä (siirtoetäisyys muunneltu vastaamaan käsillä olevissa tutkimuksissa käytettyä mittaustapaa). Hevosrekeen kuormaus olisi tämän mukaan joutuisampaa kuin traktorirekeen kuormaus, siitä huolimatta että edellisessä tapauksessa pölköt joudutaan kääntämään reen pituussuuntaan.

Puolipuhdas tavara on mahdollisesti hieman joutuisampaa kuormata kuin kuorimaton. Kuta suurempi on pölkkyjen tilavuuspaino, sitä raskeampaa on niiden siirtely ja sitä suurempi on ilmeisesti myös ajanmenekki.

Pölkkyjen siirtämisaikaan näyttää vaikuttavan myös se, miten kauan kuormasta voidaan yhtäjaksoisesti suorittaa, eli samasta paikasta kuorimattavan puutavaran määrä. — Kornin ja Ristimäensalon aineistojen keskiarvojen mukaan kuorimattavan tavaran määrä vaikuttaa ajanmenekkiin taulukossa 17 esitetyllä tavalla.

Kuutioyksikköä kohden lasketun ajanmenekin pienentyminen tavaramäärän kasvaessa johtuu osittain siitä, että pienien erien ollessa kysymyksessä aikahavaintojen tekijän on vaikeata saada kuormauksen vakioaikoja

Taulukko 17. Samasta paikasta kuorimattavan puutavaran määrän vaikutus 2-m pölkkyjen traktorirekeen siirtämiseen kuluvaan keskim. aikaan ilman keskeytyksiä (2C_{kt}) Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 17. Effect to the quantity of timber to be loaded from a single spot on the average interruption-free time consumed in moving 2-metre logs into a tractor sleigh (2C_{kt}) at Korn and Ristimäensalo.

Puutavaran määrä, p-m ³ — Quantity of timber, piled cu. m.									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
Aika, miesmin/p-m ³ — Time, man-min./piled cu.m.	8.47	7.80	7.21	6.72	6.30	5.98	5.71	5.50	5.40
Suhde — Ratio	109	100	92	86	81	77	73	71	69

ja pölkkyjen irroitteluaikoja täysin erilleen pölkkyjen rekeen siirtämisajoista. Osittain siihen vaikuttaa kuormaaajien työskentelyvauhdin muuttuminen.

Työryhmältä kului 2-m tuoreiden paperipuupölkkyjen siirtämiseen palstatiien varresta traktorirekeen (C_{kt}) keskim. 3.50 min/p-m³ ilman keskeytyksiä.

KESKEYTYKSET

Varsinaisen kuormauksen aikana sattuneiden keskeytysten kokonaismäärä oli Kornissa 1.39 miesmin/p-m³ ja Ristimäensalossa 0.91 miesmin/p-m³ sekä kummankin työmaan keskiarvona 1.32 miesmin/p-m³. — Traktoreittain ja syiden mukaan laskettuina keskeytysajat olivat taulukon 18 mukaiset.

Taulukko 18. Varsinaisen kuormauksen aikana sattuneiden keskeytysten jakaantuminen traktoreittain eri syiden kesken.

Table 18. The breakdown by tractors of the interruptions occurring during loading proper according to cause.

Traktori Tractor	Aineisto, p-m ³ Material, piled cu. m.	Lepo Rest	Odotus Waiting	Korjaus Repair	Muu syy Other reason	Yht. Total	% tehoyö- ajasta % of productive work time
Korni							
FEGP	159.0	0.02	0.02	0.04	—	0.08	0.9
FOMP	59.4	0.78	0.10	0.28	—	1.16	34.7
VVO	232.5	1.74	0.33	0.27	—	2.34	30.2
Yht. ja keskimäärin Total and average .	450.9	1.01	0.19	0.19	—	1.39	18.7
%		72	14	14	—	100	
Ristimäensalo							
DVB	40.2	0.92	0.18	—	0.06	1.16	16.0
FEGP	26.0	0.58	—	—	—	0.58	8.5
NUF	10.8	0.80	—	—	—	0.80	13.2
Yht. ja keskimäärin Total and average .	77.0	0.79	0.09	—	0.03	0.91	13.2
%		87	10	—	3	100	
Korni ja/and Ristimäensalo							
Yht. ja keskimäärin Total and average .	527.9	0.98	0.18	0.16	0	1.32	18.0
%		74	14	12	0	100	

Varsinaisen kuormauksen tehotyöajasta laskettuna *keskeytysaika* oli Kornissa keskim. n. 19 % ja Ristimäensalossa n. 13 % sekä *kummankin työmaan keskiarvona* n. 18 %. — Rajankäynti varsinaisen kuormauksen aikana sekä kuormausajon aikana sattuneiden keskeytysten välillä on vaikeata, koska esim. lepäämisen tarve ei johdu pelkästään siitä työvaiheesta, jonka kuluessa siihen on käytetty aikaa. — Keskeytysaikoja on pidettävä pikemmin suurina kuin pieninä, koska pääosa työstä suoritettiin aikapalkalla. Ilmeisesti keskeytysaikojen suuri vaihtelu pienenee totumuksen suureutuessa.

Kuormausajo

KUORMAUSAJOMATKA

Aikaisemmin on jo todettu (s. 36) kuormausajomatkan kokonaispituudeksi palstatiesilmukan pituus. Palstatiesilmukan pituuden on puolestaan todettu riippuvan palstateiden etäisyydestä, palstojen syvyydestä, teiden mutkittelusta sekä siitä, millaisessa kulmassa palstatiet yhtyvät varsitiehen (vrt. s. 36). — Jos palstateiden suunta on kohtisuorassa varsitiehen suuntaa vasten ja ne ovat suoria, saadaan teoreettisiksi kuormausajomatkan pituuksiksi taulukossa 19 esitetyt arvot.

Taulukko 19. Kuormausajomatkan (S_k) teoreettinen pituus eri palstatie-etäisyyksiä ja palstojen syvyyksiä käytettäessä.

Table 19. The theoretical length of the loading-hauling distance (S_k) for different distances between strip roads and different strip depths.

Palstojen syvyys, m Depth of strips, m.	Teiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.						
	20	30	40	50	60	70	80
	Kuormausajomatka, m — Loading-hauling distance, m.						
300	640	660	680	700	720	740	760
500	1 040	1 060	1 080	1 100	1 120	1 140	1 160
700	1 440	1 460	1 480	1 500	1 520	1 540	1 560
900	1 840	1 860	1 880	1 900	1 920	1 940	1 960

Palstojen syvyyden lisääntyminen lisää voimakkaasti kuormausajomatkaa. Sen sijaan palstatie-etäisyyden kasvu 10 m portaissa vaikuttaa siihen peräti vähän.

Kun liikenne on ajoradan lopullinen kovettaja, *palstatiet ovat sitä parempia, mitä syvempiä palstat ovat ja mitä suurempi on palstateiden etäisyys*. Pitkän kuormausajomatkan kuljetustuotosta alentava vaikutus kompensoituu siis tiettyyn rajaan asti suuremmilla kuormilla ja nopeammalla kuormausajolla.

Kuormausajomatka on aina vähintään puolet ja enintään kuormausajomatka vähennettynä keräysajomatkalla tyhjänä ajoa (vrt. s. 36). Keskimääräisen teoreettisen kuormauksen tyhjänäajomatkan laskemiseksi on s. 36 esitetty kaava (11) ja kuormattuna-ajomatkan pituuden laskemiseksi kaava (10).

Jos kysymyksessä on esim. 30 m palstatie-etäisyys, 500 m palstojen syvyys, 1. tiheysluokan leimikko ja 10 p-m³ kuormat, jakaantuu kuormausajomatka keskimäärin seuraavasti:

Tyhjänäajomatka (a_1)	n. 748 m	71 %
Keräysajomatka (b_1)	» 95 »	9 »
Kuormattuna-ajomatka (c_1)	» 217 »	20 »
Kuormausajomatka yht.	n. 1 060 m	100 %

Kokeilutyömaiden kuormausajomatkan jakaantuminen on esitetty seuraavassa asetelmassa:

	Korni		Ristimäensalo	
Tyhjänäajomatka (a_1)	889 m	68 %	351 m	50 %
Keräysajomatka (b_1)	183 »	14 »	259 »	37 »
Kuormattuna-ajomatka (c_1)	235 »	18 »	91 »	13 »
Kuormausajomatka yht.	1 307 m	100 %	701 m	100 %

Kornin jakaantuminen vastaa likimain teoreettisesti laskettua, mutta Ristimäensalon jakaantuminen poikkeaa siitä huomattavasti teiden heikon kunnan vuoksi.

TEHOTYÖAIKA

Kun kuormausajoaika on riippumaton kuljetettavan tavaran lajista, seuraavassa ajoaika-analyysissä ei ole rajoitettu käsittelemään pelkästään palstateiden varresta tavaraa ajaneita traktoreita, vaan tavaraa valmistuspaikalta rekeen juontaneet traktorit on myös otettu mukaan.

Keskimääräinen kuormausajon tehotyöaika Kornin ja Ristimäensalon kokeilutyömailta on traktoreittain esitetty taulukossa 20 (s. 106).

Taulukko 20. Keskimääräinen kuormausajoaika ilman keskeytyksiä (H_{kat}) traktoreittain Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 20. Average interruption-free loading-hauling time (H_{kat}) by tractors at Korn and Ristimäensalo.

Traktori Tractor	Aineisto — Material			Kuormaus- ajoaika, min/100 m Loading- hauling time, min./100 m. H_{kat}	Kuormaus- ajonopeus, km/t Loading- hauling speed, km./hour
	Kuormia, kpl Loads	Matka yht., m Total distance, m.	Matka, m/kuorma Distance, m./load		
Korni					
FEGP	21	26 492	1 262	1.02	5.88
FOMP	4	5 064	1 266	1.50	4.00
FOMD ¹	10	12 786	1 279	2.08	2.88
VVO	20	27 523	1 376	1.01	5.94
Yht. ja keskimäärin — Total and average	55	71 865	1 307	1.06 ²	5.66 ²
Ristimäensalo					
DVB	4	3 122	781	1.30	4.62
FAM	3	1 616	539	1.39	4.32
FEGP	4	2 297	574	1.84	3.26
FEGD	9	5 314	590	1.73	3.47
FOMD	12	10 454	871	2.04	2.94
NUF	1	463	463	2.12	2.83
STR	2	1 253	627	1.65	3.64
Yht. ja keskimäärin — Total and average	35	24 519	701	1.80	3.33

Kornissa aika oli matkayksikköä kohden huomattavasti pienempi kuin Ristimäensalossa. Selityksenä on työmaan palstateiden parempi kunto, joka puolestaan johtui runsaammasta lumesta ja suuremmasta liikenteestä (palstateiden etäisyys ja palstojen syvyys suurempia).

Kornista kerätyn aineiston perusteella ei ole mahdollista laskea erikseen tyhjänäajon, keräysajon ja kuormattuna-ajon ajanmenekkiä matkayksikköä kohden. — Ristimäensalossa ajanmenekki 100 m kohden oli taulukon 21 mukainen (s. 107).

¹ Ilman puolitelaketjuja. — Without half-tracks.

² Ilman FOMD traktoria. — Without FOMD tractor.

Taulukko 21. Kuormauksen tyhjänäajon (H_{at}), keräysajon (H_{bt}) ja kuormattuna-ajon (H_{ct}) tehoyöaika traktoreittain Ristimäensalossa.

Table 21. The productive work time of driving unloaded (H_{at}), collecting-driving (H_{bt}) and hauling loaded (H_{ct}) included in the loading, by tractors, at Ristimäensalo.

Traktori Tractor	Tyhjänäajo- aika Driving time unloaded (H_{at})		Keräysajo- aika Collecting- driving time (H_{bt})		Kuormattuna- ajoaika Hauling time loaded (H_{ct})		Keskimäärin Average (H_{kat})	
	min/ 100 m	Suhde Ratio	min/ 100 m	Suhde Ratio	min/ 100 m	Suhde Ratio	min/ 100 m	Suhde Ratio
DVB	1.20	77	1.60	68	1.11	76	1.30	72
FAM	1.32	85	2.05	88	1.37	93	1.39	77
FEGP	1.44	92	2.31	99	1.30	88	1.84	102
FEGD	1.66	106	2.03	87	1.43	97	1.73	96
FOMD	1.31	84	2.68	115	1.88	128	2.04	113
NUF	1.00	64	2.87	123	1.84	125	2.12	118
STR	1.20	77	1.88	80	1.35	92	1.65	92
Keskimäärin — Average ..	1.56	100	2.34	100	1.47	100	1.80	100
Suhde — Ratio	100		150		94		115	

Traktoreiden väliset ajoaikojen erot johtuvat osittain niiden kulkureiteiksi sattuneiden palstateiden kunnan erilaisuudesta, osittain kuljettajista. Traktoreiden rakenteellinen erilaisuus ei sanottavasti ole niihin syynä.

Keräysajossa nopeus on alhaisin, koska yhtämittäisesti ajatut matkat ovat lyhyitä. Traktorin vauhti ei ehdi kiihtyä, ennen kuin on uudelleen pysähdyttävä kuorman lisäämiseksi. Aikaan sisältyy myös traktorin käynnistämisaika, minkä osuus on sitä suurempi, mitä lyhyemmästä matkasta on kysymys. Käynnistämistä ei kuitenkaan suoritettu jokaisen pysähtymiskerran yhteydessä, vaan ainoastaan silloin, kun kuormattavaa tavaraa oli samalla paikalla runsaahkosti.

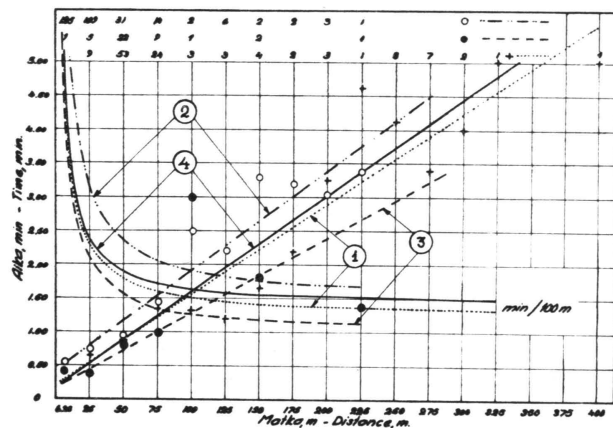
Tyhjänä- ja kuormattuna-ajoajan välinen ero on suhteellisen pieni. Lumen vähyyden vuoksi jouduttiin näet ajamaan likimain yhtä varovaisesti. Lisäksi tyhjänäajon nopeutta alensi se, että kuljettaja suunnitteli sen aikana vastaista työtä. — Kornissa voitiin yleishavaintona todeta tyhjänäajonopeus palstateilla huomattavasti kuormattuna-ajonopeutta suuremmaksi.

Ajoradan kunnolla näyttää olevan erittäin voimakas vaikutus tyhjänäajoaikaan, keräysajoaikaan ja kuormattuna-ajoaikaan. Vertailua saman työmaan puitteissa sen vaikutuksen selvittämiseksi ei kuitenkaan aineis-

tojen perusteella voida suorittaa. Sen sijaan kuormausajoaikojen erot Kornissa ja Ristimäensalossa antavat siitä vakuuttavan käsityksen. Ajanmenekki 100 m kohden Ristimäensalossa oli keskimäärin n. 70 % suurempi kuin Kornissa, kuten jo aikaisemmasta on ilmennyt.

Edellä on niin ikään mainittu matkan pituudella olevan vaikutus ajo-aikaan. Esimerkkeinä tästä on liitteessä 2 (s. 307) esitetty tyhjänäajoajan ja -matkan, liitteessä 3 (s. 308) keräysajoajan ja -matkan sekä liitteessä 4 (s. 308) kuormattuna-ajoajan ja -matkan välinen korrelaatiotaulukko. Ne on laadittu Ristimäensalosta kerättyjen havaintojen perusteella.

Keskimääräisen kuormausajoajan ja -matkan välinen riippuvuus kaikkien traktoreiden keskiarvona ilmenee liitteestä 5 (s. 308). Korrelaatiotaulukoiden luokkakakeskiarvot on esitetty tasoitettuna kuvassa 30, josta myös ilmenevät aika-arvot eri matkoilla 100 m kohden. — Ajanmenekki näyttää olevan matkan suoraviivainen funktio. Matkayksikköä kohden aika on johonkin rajaan asti sitä pienempi, mitä pitemmästä ajomatkasta on kysymys. — Jos palstatiet ovat kunnossa (riittävästi lunta), tyhjänäajonopeudella on mahdollisuus muodostua huomattavan suureksi, koska matka on aina suhteellisen pitkä (ks. s. 36).



Kuva 30. Kuormauksen tyhjänäajoajan (1), keräysajoajan (2), kuormattuna-ajoajan (3) sekä keskimääräisen kuormausajoajan (4) riippuvuus ajomatkasta Ristimäensalossa kaikkien traktoreiden keskiarvoina ilman keskeytyksiä.

Fig. 30. The dependence of the time of (1) driving unloaded, (2) collecting-driving, (3) hauling loaded, and (4) average loading-hauling time on the driving distance at Ristimäensalo, average for all tractors, without interruptions.

Tasoitettujen ajanmenekkiarvot Ristimäensalosta on myös esitetty taulukossa 22.

Keräys- ja kuormattuna-ajoaikoihin vaikuttaa ainakin teoreettisesti myös kuorman suuruus (paino). Kokeilutyömailta kerätty aineisto ei kuitenkaan anna mahdollisuuksia sen selvittämiseen.

KESKEYTYKSET

Kuormausajon aikana sattuneiden keskeytysten määrä ja niiden vaatima aika osoittautui kummallakin työmaalla huomattavan suureksi.

Ristimäensalosta on keskeytysten määrät ja ajat laskettu erikseen tyhjänäajon, keräysajon ja kuormattuna-ajon osalta. Kornin aineiston käsittelyssä oli tyydyttävä kuormausajon keskiarvoihin.

Taulukko 22. Keskimääräinen kuormauksen tyhjänäajon (H_{at}), keräysajon (H_{bt}) ja kuormattuna-ajon (H_{ct}) tehotyöaika eri ajomatkoilla kaikkien traktoreiden keskiarvoina Ristimäensalossa.

Table 22. Average productive work time of driving unloaded (H_{at}), collecting-driving (H_{bt}) and hauling loaded (H_{ct}) included in loading over different driving distances, as a mean for all tractors at Ristimäensalo.

Matka, m Distance, m.	Tyhjänäajo- aika Driving time unloaded (H_{at})		Keräysajo- aika Collecting- driving time (H_{bt})		Kuormattuna- ajoaika Hauling time loaded (H_{ct})		Keskimäärin Average (H_{kat})	
	min.	min./ 100 m	min.	min./ 100 m	min.	min./ 100 m	min.	min./ 100 m
(6.25)	0.33	5.28	0.51	8.16	0.34	5.44	0.33	5.28
25	0.57	2.28	0.79	3.16	0.52	2.08	0.58	2.32
50	0.88	1.76	1.16	2.32	0.77	1.54	0.93	1.86
75	1.19	1.59	1.53	2.04	1.01	1.35	1.28	1.71
100	1.51	1.51	1.89	1.89	1.26	1.26	1.63	1.63
150	2.13	1.42	2.63	1.75	1.76	1.17	2.32	1.55
200	2.76	1.38	3.36	1.68	2.25	1.13	3.01	1.51
250	3.38	1.35					3.71	1.48
300	4.00	1.33					4.40	1.47
350	4.62	1.32					5.08	1.45
400	5.24	1.31					5.76	1.44

verrattuna. Em. työmaalla osoittautui keräysajon aikana sattuneiden keskeytysten vaatima aika yli 3.5-kertaiseksi ja kuormattuna-ajon aikana sattuneiden keskeytysten vaatima aika n. kolminkertaiseksi tyhjänäajon keskeytysaikaan verrattuna. Tämä johtuu siitä, että tyhjä reki saadaan suhteellisen nopeasti irroitetuksi, jos se juuttuu kiinni, mutta kuormattu reki joudutaan usein joko kokonaan tai ainakin osittain purkamaan. — Eri traktoreiden keskeytysajoissa oli sangen huomattavia eroja. Kornissa Fergusonin keskeytysaika oli pienin, kuten ko. traktorin keskeytystiheyskin. Suurimmaksi tämä aika muodostui ilman puolitelaketjuja liikennöineelle Fordson Majorille. Ristimäensalossa eroja eri traktoreiden välillä ei voida osoittaa kalusteroista selvästi johtuviksi, vaan olennaisimpana syynä lienee kuljettajien taidon erilaisuus.

Tehotyöajasta laskettuna keskeytysten vaatima aika on melkoisen suuri. Kuormausajon keskim. keskeytyssadannes oli Kornissa n. 25, Ristimäensalossa n. 123 ja kummankin työmaan keskiarvona n. 61. Ristimäensalon tyhjänäajon keskeytyssadannes oli n. 63, keräysajon sadannes n. 156 ja kuormattuna-ajon sadannes n. 199.

Keskeytysten syyt ilmenevät taulukosta 25 (s. 113), johon on laskettu keskeytysaikojen suhteellinen jakaantuminen eri syiden kesken kummaltakin työmaalta.

Kornissa tien kapeus, joka osittain johtuu eräillä palstateilla käytetystä 2.4 m raivausleveydestä, osittain lumen tiivistämisestä muita kapeammalla Fergusonilla, on ollut suurin keskeytysten aiheuttaja. Kun puuhunkin tarttuminen on tavallaan tien kapeudesta johtuvaa, tämän syyn aiheuttamaksi voidaan lukea ainakin 63 % keskeytysajasta. Ristimäensalossa taas lumen puute ja sen johdannaiset, tien korjaus sekä reen särkyminen ja korjaus (yht. n. 64 %) ovat tärkeimmät keskeytysten aiheuttajat.

Keskeytysajoista on siis huomattava osa sellaisia, jotka eliminoituvat, jos palstatiet raivataan riittävän leveiksi, lumen tiivistämiseen käytetään raideleveydeltään suurinta traktoria, joka tiellä tulee liikennöimään (tai pienemmällä traktorilla tiivistetään ajorata traktorin leveyttä suuremmaksi), ja kysymyksessä on alue, jonka lumensyvyys ajokauden aikana on vähintään 30 cm. — Kuormausajon työmaiden keskiarvoina lasketut keskeytyssadannekset antavat näin ollen tulevia käytännön työmaita ajatellen virheellisen kuvan. Ilmeisesti lähinnä oikea kuva saadaan Kornin työmaan urakkapalkalla työskennelleestä Fergusonista (jonka leveyttä vastaavaksi palstateiden ajorata oli rakennettu). Sen mukaan kuormausajon keskeytysaika olisi 8.8 % tehotyöajasta.

Taulukko 25. Kuormausajossa sattuneiden, matkayksikköä kohden laskettujen keskeytysten suhteellinen jakaantuminen eri syiden kesken Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 25. The proportional distribution, per unit of distance, of the interruptions occurring in the loading-hauling operation, by the causes, at Kornii and Ristimäensalo.

Keskeytyksen syy Reason for interruption	Korni ¹	Ristimäensalo			Keskim. ¹ Average	
	Keskim. Average	Tyhjänä- ajo Driving unloaded	Keräys- ajo Collecting- driving	Kuor- mattuna- ajo Hauling loaded		Keskim. Average
		Aineisto, ajo-m — Material, haulage m.				
	59 097	12 275	8 970	3 274	24 519	83 616
	Osuus, % — Proportion, %					
Tien korjaus — Road repairs..	4	34	14	25	20	17
Tien kapeus — Narrowness of road	44	—	—	—	—	10
Lumen puute — Lack of snow	—	3	48	53	39	31
Puuhun tarttuminen — Stuck against a tree	19	—	1	3	1	5
Puolitelaketjujen korjaus — Repairing half-tracks	7	1	0	2	1	2
Traktorin huolto — Tractor maintenance	4	3	0	—	1	1
Reen särkyminen ja korjaus — Sleigh breakage and repair ..	—	20	1	—	5	5
Kuorman korjaus — Adjustment of load	0	—	2	1	1	1
Vaatteiden nouto — Fetching clothes	—	—	0	10	2	1
Telojen luistaminen — Slipping of wheels	—	—	12	0	7	5
Toisen traktorin odottaminen — Waiting for another tractor ..	4	—	—	0	0	0
Sivuutus — Passing	—	6	—	—	1	1
Tukijalk. käsittely — Handling of props	—	—	4	—	2	2
Suunnittelu — Planning	0	19	10	0	11	8
Lepääminen — Rest	7	8	8	6	8	7
Muu — Other	11	6	—	—	1	4
Yhteensä — Total	100	100	100	100	100	100

¹ Ilman Kornin FOMD traktoria. — Without Kornii's FOMD tractor.

Kokonaistyöajan menekin laskeminen kuormattaessa palsttien varteen tehtyä pinotavaraa

LASKUMENETELMÄ

Edellisen perusteella on palsttien varteen tehdyn pinotavaran kuormauksen kokonaistyöajan menekin eli työmaa-ajan laskemiseksi laadittu seuraava polynomiyhtälö, joka, samoin kuin myös myöhemmin esitettävät polynomiyhtälöt, edellyttää, että kysymyksessä on lineaarifunktio.

$$(14) \quad T_k = 1.18 [A_{kt} + n (B_t + C_{kt})] + 1.088 (H_{kat} S_k) \text{ min/kuorma,}$$

jossa

- T_k = kuormauksen työmaa-aika, min/kuorma,
 A_{kt} = varsinaisen kuormauksen vakioaika (työn suunnittelu + kuormauksen valmistelu + kuorman järjestely ja sitominen), min/kuorma,
 B_t = lumen luonti + pölkkyjen irroittelu, min/p-m³,
 C_{kt} = pölkkyjen siirtäminen kuormaan, min/p-m³,
 H_{kat} = keskim. kuormausajon tehotyöaika, min/100 m,
 S_k = keskim. kuormausajomatka, 100 m/kuorma,
 n = kuorman suuruus, p-m³.

Jos kuormausajon työmaa-aika eli termin $1.088 (H_{kat} S_k)$ arvo halutaan laskea tarkemmin, sen sijasta voidaan käyttää termiä $1.088 (H_{at} a_1 + H_{bt} b_1 + H_{ct} c_1)$, jossa

- H_{at} = kuormauksen tyhjänaajon tehotyöaika, min/100 m,
 H_{bt} = kuormauksen keräysajon tehotyöaika, min/100 m,
 H_{ct} = kuormauksen kuormattuna-ajon tehotyöaika, min/100 m,
 a_1 = kuormauksen tyhjänaajomatka, 100 m/kuorma,
 b_1 = kuormauksen keräysajomatka, 100 m/kuorma,
 c_1 = kuormauksen kuormattuna-ajomatka, 100 m/kuorma.

Kertoimet yhtälössä johtuvat keskeytysajoista. Varsinaisen kuormauksen keskeytyssadanneksena on käytetty Kornin ja Ristimäensalon keskiarvoa ja kuormausajon keskeytyssadanneksena Kornin Fergusonin mukaista arvoa.

ESIMERKKI LASKUMENETELMÄN SOVELTAMISESTA

Oletetaan, että keskim. kuorman suuruus on 10 p-m³, että keskim. kuormausajomatka on 1 060 m (palstateiden etäisyys 30 m ja palstojen

syvyys 500 m, taulukko 19, s. 104), että leimikko on 1. tiheysluokkaa, että tavara on keskim. 2 p-m³ suuruisissa pinoissa (ks. taulukkoa 17, s. 102) ja että kuormauksen tyhjänaajon, keräysajon ja kuormattuna-ajon tehotyöajat vastaavat David Brown traktorin Ristimäensalosta määritettyjä arvoja (taulukko 21, s. 107). Kun keskim. keräysajomatka on tällöin 95 m, tyhjänaajomatka 748 m ja kuormattuna-ajomatka 217 m (ks. s. 105), saadaan kuormauksen työmaa-ajaksi

$$T_k = 1.18 [1.18 + 10 (0.46 + 3.36)] + 1.088 (1.20 \cdot 7.48 + 1.60 \cdot 0.95 + 1.11 \cdot 2.17) \sim 61 \text{ min/kuorma.}$$

Vastaavalla tavalla voidaan kuormauksen työmaa-aika laskea eri palstatie-etäisyyden ja palstojen syvyyden, erikokoisten keskikuormien jne. ollessa kysymyksessä.

5. Työajan menekki tukkien juontamisessa ja kuormaamisessa

Juontaminen

JUONTOMATKA

Juontamiseen on luettu kuuluviksi kaikki ne toimenpiteet, jotka on suoritettava hakkuumiesten valmistamien tukkien saamiseksi palstateiden välimaastosta siihen paikkaan, palstateiden reunan läheisyyteen, josta kuormaan nosto alkaa.

Teoreettinen juontomatka saadaan lasketuksi kaavan (6) (s. 34) avulla, jos juontaminen tapahtuu kohtisuoraan tien suuntaa vasten ja puut on kaadettu juontosuuntaan. Jos hinaussuunta on 45° kulmassa tiehen nähden, on käytettävä kaavaa (7) (s. 34). Käytännössä näiden kaavojen antamat matka-arvot ovat yleensä ääriarvoja. Lähinnä kokeilutyömailla suoritettujen mittausten mukaiset matkat saadaan käyttämällä em. kaavojen keskiarvoa. Uudeksi kaavaksi tulee:

$$(15) \quad E = \frac{(b - s)^2}{2b} 1.2071$$

Kaava antaa matkan tien keskiviivaan ja se edellyttää puut kaadetuiksi hinaussuuntaan sekä sakset kiinnitettyiksi tukin lähinnä tietä olevaan päähän.

Kun kuormaan nosto myöhemmin esitetyissä laskutoimituksissa kat-

sotaan alkavaksi tien reunan kohdalta, eri pituisten tukkien keskim. juontomatkoja esittävässä taulukossa 26 (s. 117) on otettu sen matkaa lyhentävä vaikutus huomioon. — Juontomatkan pituuden riippuvuus palstatie-etaisyydestä ja tukkien pituudesta ilmenee myös kuvasta 31.

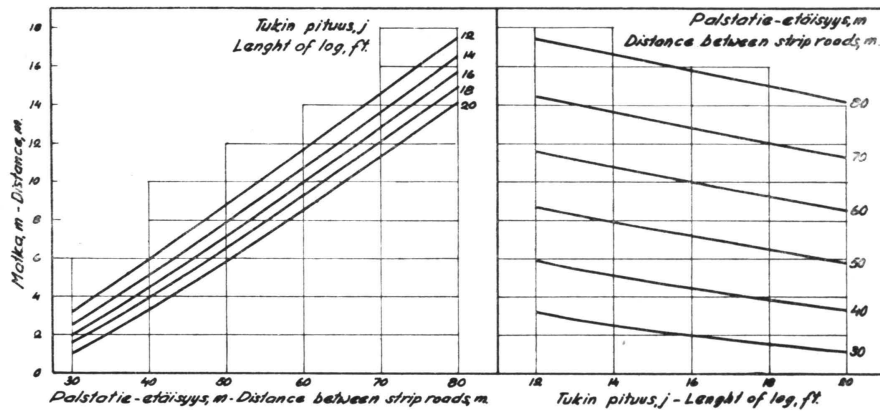
Tukkien keskipituus oli Kornissa 16.3 j, palstateiden keskietäisyys 60 m ja keskim. juontomatka 9.9 m. Taulukon 26 mukaan saadaan näiden tekijöiden perusteella juontomatkaksi 10.4 m (pölkkyjä 1.6 kpl/runko). Pelkosenniellä ja Kolarissa mitattu keskim. juontomatka oli 11.7 m. Näiltä työmailta määritettyjen tekijöiden mukaan laskemalla saadaan matkaksi 11.4 m. Edellä esitetyn laskutavan voidaan siis katsoa antavan riittävän tarkkoja tuloksia.

Jos tarkastelun kohteeksi valitaan 16 j pituiset tukit, joita saadaan keskim. 1.8 kpl rungosta, voidaan todeta palstatie-etaisyyden suurenemisen 10 m:llä pidentävän juontomatkaa 2.5...3.0 m:llä.

Suuremmitta virheitä voidaan saksien vientimatkana käyttää samaa matka-arvoa kuin hinaus- eli juontomatkana.

TEHOTYÖAIKA

Juonnon tehotyöaika muodostuu työn edistymisen kannalta saksien tai teräsköyden pään hinattavan taakan pään luo vientiajasta, taakan kiinnittämisaajasta, taakan hinaamisajasta sekä taakan irroittamisajasta

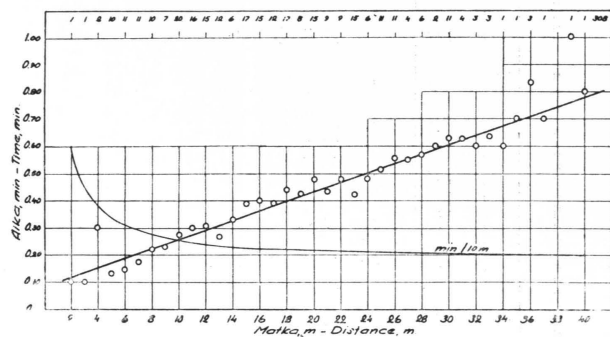


Kuva 31. Tukkien teoreettisesti lasketun juontomatkan riippuvuus palstateiden etäisyydestä ja tukkien pituudesta. Tukkeja 1.8 kpl/runko.

Fig. 31. The dependence of the theoretically calculated log skidding distance on the distance between the strip roads and the length of the logs. Number of logs 1.8 per stem.

Taulukko 26. Kaavan (15) mukaan lasketut eri pituisten tukkien juontomatkat (l_{sh}) palstatiin reunaan eri palstatie-etaisyyksiä käytettäessä. Table 26. The skidding distances (l_{sh}) for logs of different lengths, calculated according to formula (15), to the edge of the strip road, for different distances between strip roads.

Pölkkyjä, kpl/ runko Logs per stem	Palstateiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.																													
	30				40				50				60				70				80									
	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20					
1.0	4.3	3.8	3.3	2.9	2.4	7.1	6.6	6.0	5.5	5.0	10.1	9.5	8.9	8.3	7.8	13.0	12.4	11.8	11.2	10.6	16.0	15.4	14.7	14.1	13.5	19.0	18.3	17.7	17.1	16.5
1.2	4.0	3.5	3.0	2.5	2.1	6.9	6.2	5.7	5.1	4.5	9.8	9.1	8.5	7.9	7.2	12.7	12.0	11.4	10.7	10.1	15.7	14.9	14.3	13.6	12.9	18.7	17.9	17.3	16.6	15.9
1.4	3.7	3.2	2.7	2.1	1.7	6.5	5.9	5.3	4.6	4.1	9.4	8.7	8.0	7.3	6.7	12.3	11.6	10.9	10.2	9.5	15.3	14.5	13.8	13.0	12.4	18.2	17.5	16.8	16.0	15.3
1.6	3.5	2.9	2.3	1.8	1.4	6.2	5.5	4.9	4.2	3.7	9.1	8.3	7.6	6.9	6.3	12.0	11.2	10.4	9.7	9.0	14.9	14.1	13.3	12.6	11.8	17.9	17.1	16.3	15.5	14.7
1.8	3.2	2.5	2.0	1.6	1.1	5.9	5.1	4.5	3.9	3.3	8.7	7.9	7.2	6.5	5.8	11.6	10.7	10.0	9.3	8.5	14.5	13.6	12.8	12.1	11.3	17.5	16.6	15.8	15.0	14.1
2.0	2.9	2.3	1.7	1.3	0.8	5.5	4.8	4.1	3.5	2.8	8.3	7.5	6.7	6.0	5.3	11.2	10.3	9.5	8.7	7.9	14.1	13.2	12.4	11.5	10.6	17.1	16.2	15.3	14.4	13.5
2.2	2.7	2.0	1.5	1.0	0.6	5.3	4.5	3.7	3.1	2.5	8.0	7.2	6.3	5.5	4.8	10.9	10.0	9.1	8.2	7.4	13.8	12.8	11.9	11.0	10.1	16.8	15.8	14.8	13.8	12.9
2.4	2.4	1.7	1.2	0.8	0.4	4.9	4.1	3.4	2.8	2.1	7.7	6.7	5.9	5.2	4.4	10.5	9.5	8.6	7.8	7.0	13.4	12.4	11.4	10.6	9.6	16.4	15.3	14.3	13.4	12.4
2.6	2.1	1.5	1.0	0.6	0.3	4.6	3.8	3.1	2.4	1.8	7.3	6.4	5.5	4.8	4.0	10.2	9.2	8.2	7.3	6.5	13.0	12.0	11.0	10.0	9.1	16.0	14.9	13.8	12.8	11.9
2.8	1.9	1.3	0.8	0.4	0.2	4.4	3.5	2.8	2.1	1.6	7.1	6.1	5.2	4.4	3.6	9.9	8.8	7.8	6.9	6.0	12.7	11.6	10.6	9.6	8.6	15.7	14.5	13.4	12.4	11.3
3.0	1.7	1.1	0.6	0.3	0.1	4.1	3.3	2.5	1.8	1.3	6.7	5.8	4.8	4.0	3.3	9.5	8.5	7.4	6.5	5.6	12.4	11.3	10.1	9.1	8.2	15.3	14.1	12.9	11.9	10.8
3.2	1.5	0.9	0.5	0.2	—	3.8	2.9	2.2	1.6	1.1	6.4	5.4	4.5	3.7	2.9	9.2	8.1	7.1	6.1	5.2	12.0	10.8	9.8	8.7	7.7	14.9	13.6	12.6	11.4	10.4
3.4	1.3	0.8	0.4	0.1	—	3.5	2.7	2.0	1.3	0.8	6.1	5.1	4.2	3.3	2.6	8.8	7.7	6.7	5.7	4.8	11.6	10.5	9.4	8.3	7.3	14.5	13.3	12.1	10.9	9.9



Kuva 32. Teräsköyden pään vientiajan riippuvuus matkasta. Ristimäensalon työmaan Ferguson.

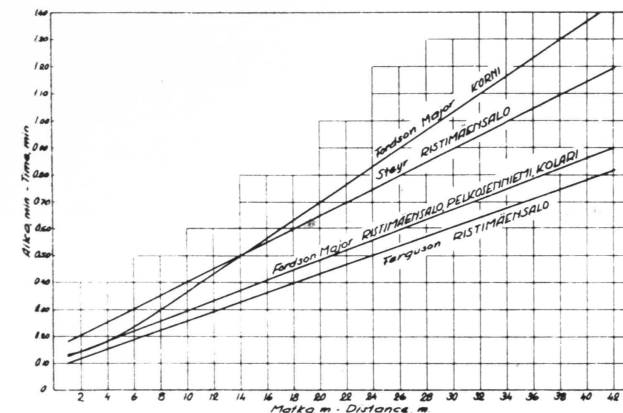
Fig. 32. The dependence on the distance of the time required for moving the end of the steel wire. The Ferguson of the Ristimäensalo work site.

silloin kun on kysymys pelkästä juonnosta. Jos juonnon jälkeen seuraa kuormaan nosto, taakan irroitus on tietenkin luettava kuormauksen teho-työaikaan kuuluvaksi.

Saksien ja teräsköyden pään vientiaika on riippumaton siitä, juonne-taanko pinotavararankoja vai tukkeja. Ajanmenekkiin vaikuttavat sen sijaan vintturin rakenne (miten keveästi köysi purkautuu vintturin rumulta), kuormauslaitteen rakenne (miten monen taittopyörän kautta teräsköysi joutuu kulkemaan, miten suurina ovat taittopyörien halkaisijat ja miten jyrkkien kulmien kautta köysi joudutaan vetämään), vientimatkan pituus, maaston vaikeusaste, lumen syvyys sekä apumiehen taitavuus ja yritteliäisyys.

Aluksi tarkastellaan ajan ja matkan välistä korrelaatiota. Liitteessä 6 (s. 309) on esimerkkinä esitetty sitä kuvaava korrelaatiotaulukko Ristimäensalon Fergusonin ja Fordson Majorin yhdistetyn aineiston perusteella. Kuvassa 32 on näyte korrelaatiotaulukon luokkakeskiarvojen tasoituksesta ja kuvassa 33 (s. 119) on verrattu eri traktoreiden tasoitettuja kuvaajia keskenään. — Edellisten perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

1. Saksien ja teräsköyden pään vientiaika suurenee suoraan verrannollisesti vientimatkan suuretessa. Ajanmenekki matkayksikköä kohden on lyhyillä matkoilla huomattavan korkea, mutta alentuu matkan pidentyessä, kunnes se muodostuu matkayksikköä kohden suunnilleen vakioksi.



Kuva 33. Saksien ja teräsköyden pään vientiajan riippuvuus matkasta. Eri traktoreiden vertailu.

Fig. 33. The dependence on the distance of the time required for moving the tongs and the end of the steel wire. Comparison between different tractors.

2. Vinttureiden ja kuormauslaitteiden rakenne näyttää vaikuttavan ajanmenekkiin siten, että Kornissa kokeillun, varsinaisesti vain kuormaukseen tarkoitetun laitteen ollessa kysymyksessä aika on 14 m pitimmillä matkoilla suurin. Sitä lyhyemmällä matkoilla Steyr traktorin Joutsu kuormauslaitteen ajanmenekki on vieläkin suurempi. Nopeimmin on viety Ristimäensalon Fergusonissa olleen kuormauslaitteen teräsköyttä, mikä ko. työmaan Fordson Major traktorin köyden vientiaikaan verrattuna johtune apumiehen paremmuudesta. — Ristimäensalossa kokeillut kuormauslaitteet oli kaikki valmistettu kotimaassa ja pyritti saamaan sekä juontoon että kuormaukseen soveltuviksi.
3. Maaston vaikeusasteella ei kokeilutyömailla esiintyneiden vaihte-luiden puitteissa todettu olevan vaikutusta ajanmenekkiin. Maaston täytyy ilmeisesti olla erittäin vaikeakulkuista, ennen kuin sen vaikutus alkaa tuntua.
4. Lumi, jos sitä on yli 40...50 cm, vaikeuttaa saksien ja teräsköyden pään vientiä. Haitta on sitä suurempi, mitä syvempi on lumipeite. Tästä antaa lähinnä kuvan Ristimäensalon Ferguson traktoria ja täyteaineiston Fordson Majoria koskevien kuvaajien vertaaminen. Eri traktoreista huolimatta vintturit olivat samaa tyyppiä. Risti-

mäensalossa oli lunta 25...30 cm, mutta Pelkosenniemen ja Kolarin työmailla aineiston keruun ajankohtana n. 90 cm. — Apumiehen liikkuminen on erittäin vaikeata, jos lumi on kovaa. Pehmeän lumen hidastava vaikutus on vähäisempää. Jonkin verran liikkumista helpottaa, jos hangella on karsittuja oksia ja muita hakkuutähteitä. Niin ikään sitä helpottavat aikaisemmin juonnettujen taakojen hankeen painamat ja pakkasen kovettamat urat.

Taulukko 27. Saksien ja teräsköyden päävientiaika ilman keskeytyksiä (F_{st}) eri matkoilla Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 27. The interruption-free time expended on the moving of the lifting tongs and the end of the steel wire (F_{st}), for different distances, at Korn and Ristimäensalo.

Matka, m Distance, m.	Korni		Ristimäensalo					
	FOMD		FEGD		FOMD ¹		Keskim. Average	
	Aika — Time							
	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m
2	0.15	0.75	0.12	0.60	0.14	0.70	0.11	0.55
3	0.17	0.57	0.14	0.47	0.16	0.53	0.13	0.43
4	0.19	0.48	0.15	0.38	0.18	0.45	0.15	0.38
5	0.21	0.42	0.17	0.34	0.20	0.40	0.17	0.34
6	0.24	0.39	0.19	0.33	0.22	0.37	0.19	0.32
7	0.27	0.39	0.21	0.30	0.24	0.34	0.21	0.30
8	0.30	0.38	0.22	0.28	0.26	0.33	0.23	0.29
9	0.34	0.37	0.24	0.27	0.28	0.31	0.25	0.28
10	0.37	0.37	0.26	0.26	0.29	0.29	0.27	0.27
11	0.40	0.36	0.28	0.25	0.31	0.28	0.29	0.26
12	0.43	0.36	0.29	0.24	0.33	0.28	0.31	0.26
14	0.50	0.36	0.33	0.24	0.37	0.26	0.35	0.25
16	0.57	0.35	0.36	0.23	0.41	0.26	0.39	0.24
18	0.62	0.35	0.40	0.22	0.45	0.25	0.43	0.24
20	0.70	0.35	0.43	0.22	0.48	0.24	0.48	0.24
24	0.83	0.35	0.50	0.21	0.56	0.23	0.56	0.23
28	0.96	0.34	0.57	0.20	0.62	0.23	0.64	0.23
32	1.10	0.34	0.64	0.20	0.71	0.22	0.72	0.23
36	1.23	0.34	0.71	0.20	0.78	0.22	0.80	0.22
40	1.36	0.34	0.78	0.20	0.86	0.22	0.88	0.22

¹ Pelkosenniemen ja Kolarin FOMD:llä samat aika-arvot. — Times the same with the FOMD tractor at Pelkosenniemi and Kolari.

Ristimäensalon ja täyteaineiston Fordson Majoreita koskevat kuvaajat yhtyvät. Ilmeisesti niiden osoittamia arvoja voidaan pitää keskimääräisinä runsaslumisille alueille. Fergusonia koskevan kuvaajan arvot lievävät tyypillisiä, jos lunta on alle 50 cm. Ristimäensalon Fergusonia ja Fordson Majoria koskevien kuvaajien keskiarvo antanee kuvan keskimääräisistä aika-arvoista.

Kornin sekä Ristimäensalon Fergusonia ja Fordson Majoria koskevat tasoitettut aika-arvot on esitetty taulukossa 27 (s. 120).

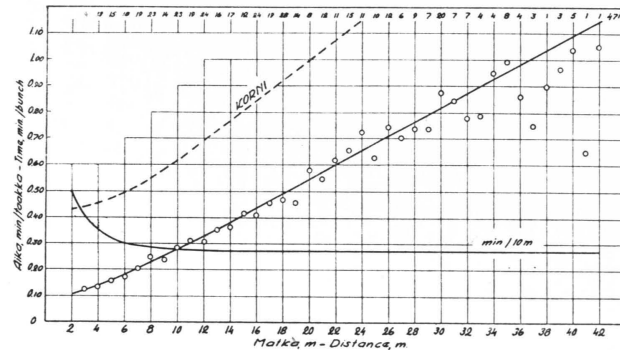
Taakan kiinnittämiseen (D_{kt}) eli saksien kiinnittämiseen hinattavan tukin päähän kului Kornissa aikaa 0.01...0.75 min/tukki ja Pelkosenniellä sekä Kolarissa 0.05...0.34 min/tukki. Keskiarvoja, joiksi edellisessä tapauksessa 471 havainnon perusteella saatiin 0.12 min/tukki ja jälkimmäisessä tapauksessa 243 havainnon perusteella 0.07 min/tukki, voitaneen pitää vakioina taakkaa kohden. Kummankin työmaan yhteenlaskettujen havaintojen perusteella saadaan keskiarvoksi 0.10 min/tukki.

Taakan hinausajaksi ei taakan koolla sen paremmin kuin tavaralajilakaan osoittautunut olevan mitään vaikutusta kokeilutyömailla esiintyneiden taakankokojen ja tavaralajien ollessa kysymyksessä. Ajanmenekki tietyllä juontomatalla on näin ollen kuutioyksikköä kohden sitä pienempi, mitä kookkaampia taakat ovat.

Hinausajan analysoinnissa voidaan siis rajoittaa tarkastelemaan sen riippuvuutta matkasta ja maastosta. — Liitteessä 7 (s. 309) on esitetty näyte ajan ja matkan välisestä korrelaatiosta Ristimäensalon työmaalta. Kuva 34 (s. 122) on näyte korrelaatiotaulukon luokkakeskisarvojen tasoituksesta. Tässä tapauksessa on kysymyksessä Ristimäensalon Fordson Majoria ja Fergusonia koskeva, yhdistetty hinausajaksi-aineisto. Vertailun vuoksi samaan kuvaan on piirretty Kornin työmaan keskimääräisen hinausajan kuvaaja, joka ko. työmaalla kokeillun vintturin hitaudesta johtuen on huomattavasti korkeammalla kuin Ristimäensalosta laadittu kuvaaja.

Hinausaika lisääntyy matkan kasvaessa aluksi ehkä loivasti, mutta vähitellen jyrkemmin. 12...14 m matkasta alkaen ajan ja matkan välinen riippuvuus näyttää yleensä olevan suoraviivainen. Matkayksikköä kohden laskettuna ajanmenekki on lyhyillä matkoilla suhteellisen korkea pienentyen matkan kasvaessa aluksi jyrkästi ja sitten yhä loivemmin, kunnes se vähitellen muuttuu matkayksikköä kohden vakioksi. Vakioksi aika muodostuu sitä lyhyemmällä matkalla, mitä helpompi on maasto.

Teoreettisesti pitäisi hinausajan lyhyillä matkoilla olla matkayksikköä kohden pienempi kuin pitkällä, koska silloin rummulla oleva teräsköysi-



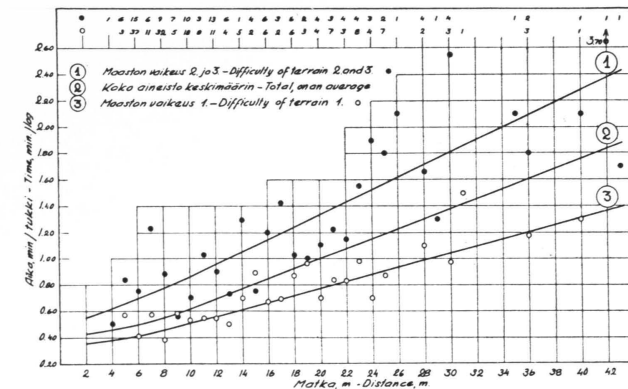
Kuva 34. Taakan hinausajan riippuvuus hinausmatkasta Ristimäensalon työmaalla. Fordson Major ja Ferguson traktoreiden keskiarvo. Hinaus kuormauksen yhteydessä. Kuormauslaitteet: molemmissa Suomessa valmistettu Record, edellinen varustettu suurella, jälkimmäinen pienellä vintturilla.

Fig. 34. The dependence of the bunch towing time on the towing distance at the Ristimäensalo work site. Average of the Fordson Major and Ferguson tractors. Towing in connection with loading. Loading equipment: both furnished with a Record of Finnish make, the former with a large, the latter with a small winch.

määrä on suurempi. Käytännössä ilmiöllä ei kuitenkaan ole merkitystä, koska teräsköysi on rummulla 2...3 kerroksessa, jos se on jakaantunut tasaisesti. Lisäksi lyhyillä matkoilla aikatutkijan on suhteellisesti vaikeampi saada »hinauksen aloittamiseen kuluva kiinteätä aikaa» samoin kuin pieniä keskeytyksiä erilleen tehotyöajasta kuin pitkillä matkoilla.

Jos aikatutkijalla olisi mahdollisuus erottaa kaikki keskeytykset hinauksen tehotyöajasta, ajan pitäisi olla riippumaton siitä, suoritetaanko hinaus erillään kuormauksesta vaiko sen yhteydessä samoin kuin siitä, mitä vaikeusluokkaa maasto edustaa. Osa keskeytyksistä sisältyy kuitenkin tehotyöaikaan ja siitä johtuu, että *hinaus erillään kuormauksesta on hitaampaa kuin kuormauksen yhteydessä*. Palstateiden reunaan kertyvät em. tapauksessa pölkkykasa, mikä hidastaa hinausta, koska hinattavien pölkkyjen päät pyrkivät kiilautumaan aikaisemmin juonnettujen pölkkyjen väleihin. Jos kuormauksesta erillään olevaa juontoa suoritetaan harvassa leimikossa, jossa taakkoja ei ole välttämätöntä vetää päällekkäin palstatien varteen, hinausajoilla ei ilmeisesti ole olennaista eroa. Saattaapa ajanmenekki muodostua pienemmäksi kuin kuormauksen yhteydessä tapahtuvassa hinauksessa, jos kuljettaja käyttää runsaampaa kaasutusta.

Maaston vaikeuden ei myöskään pitäisi vaikuttaa hinausaikaan, jos



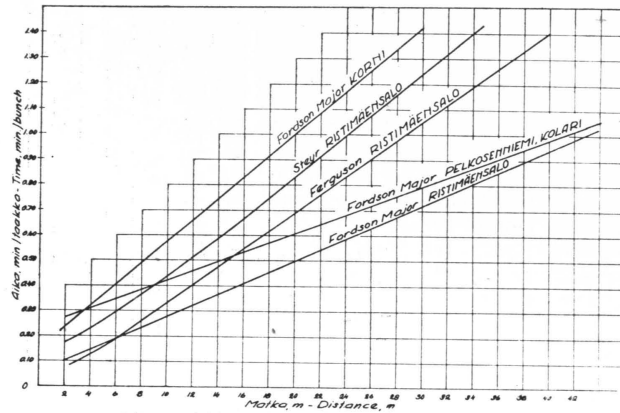
Kuva 35. Taakan hinausajan riippuvuus hinausmatkasta ja maaston vaikeudesta Kornin työmaalla. Traktori: Fordson Major. Kuormauslaite: Ruotsissa valmistettu, suurella vintturilla varustettu Record.

Fig. 35. The dependence of the bunch towing time on the towing distance and terrain difficulty at the Kornin work site. The tractor: Fordson Major. Loading device: Swedish-made Record furnished with a large winch.

kaikki lyhyetkin keskeytykset olisi kyetty erottamaan tehotyöajasta. Kuormauksen yhteydessä tapahtuvassa hinauksessa voitiin sen kuitenkin todeta vaikuttavan tehotyöaikaan sekä Kornissa (kuva 35) että Ristimäensalossa. 2. ja 3. maastovaikeusluokan välille ei tosin saatu eroa, mikä johtuu osittain maastoluokittelun subjektiivisuudesta, osittain 3. vaikeusluokkaan luettujen havaintojen vähyydestä, mutta sen sijaan ero 1. ja 2. luokan välillä on selvä. 2. ja 3. maastovaikeusluokan tapaukset yhdistettiin aineiston käsittelyn yhteydessä samaksi luokaksi. — Pelkosenniemen ja Kolarin työmailla ei juonnon kannalta esiintynyt olennaisia maaston vaikeuden vaihteluita.

Aineiston pohjalla ei ole pääteltävissä, vaikuttavatko lumen laatu ja syvyys hinauksen tehotyöaikaan. Tosin Pelkosenniemenellä ja Kolarissa, missä lunta oli n. 90 cm, ajat lyhyillä matkoilla olivat huomattavasti suurempia kuin vähälumisella Ristimäensalon työmaalla, mutta kun pitkillä matkoilla (yli 40 m) ajanmenekki oli pienempi, ei eroa ilmeisesti voida katsoa lumesta johtuvaksi.

Verrattaessa eri traktoreiden hinausaikoja (kuva 36, s. 124) voidaan todeta Kornin Fordson Majorin ajat 3.5 m pitimmillä matkoilla suurimmiksi. Sitä lyhyemmilläkin matkoilla sen ajat ovat suurempia kuin Ristimäensalossa kokeiltujen traktoreiden. Verraten suurina olivat hinausajat myös Ristimäensalon Steyrillä, varsinkin yli 9 m matkoilla. Alhaisimmat



Kuva 36. Taakan hinausajan keskimääräinen riippuvuus hinausmatkasta kokeilutyömailla. Eri traktoreiden vertailua.

Fig. 36. The average dependence of the bunch towing time on the towing distance at experimental work sites. Comparison between different tractors.

keskimääräiset aika-arvot saavutti Ristimäensalon Fordson Major. — Aikaerot eri traktoreiden välillä johtuvat osittain kuormauslaitteiden rakenteesta, osittain kuljettajien erilaisuudesta. Rakenteellisesti, lähinnä normaalinopeuden puolesta, muista poikkeavia olivat Steyrin Joutsa kuormain ja Kornin Fordson Majorin Record kuormauslaite. Muut voidaan tässä mielessä katsoa samaan ryhmään kuuluviksi, joten niiden aikaerot johtuvat pääasiallisesti erilaisesta kaasutuksesta.

Korrelaatiotaulukoissa esiintyvät muutamat erittäin lyhyet hinausajat pitkäköillä hinausmatkoilla johtunevat niin ikään runsaasta kaasutuksesta ja osittain siitä, että teräsköysi ei ole kiertynyt vintturin rummulle tasaisesti vaan toiseen laitaan, jolloin nopeuteen vaikuttava rummun halkaisija on tullut suuremmaksi.

Satunnaisesti esiintyvät erittäin suuret aika-arvot puolestaan johtuvat tehotyöaikaan jääneistä, hinauksen aikana sattuneista lyhyistä keskeytyksistä.

Taakan suunnalla hinaussuuntaan nähden ei osoittautunut olevan vaikutusta hinauksen tehotyöaikaan. Sen sijaan se ilmeisesti vaikuttaa hinauksen aikana sattuvien keskeytysten määrään ja pituuteen, kuten tuonnempaan esitetään.

Tasoitettujen hinausaika-arvojen eri hinausmatkoilla Kornin, Ristimäensalon sekä Pelkosenniemen ja Kolarin työmailta on esitetty taulukossa 28 (s. 125).

Taulukko 28. Taakan hinausaika ilman keskeytyksiä (F_{ht}) eri matkoilla ja maaston eri vaikeusluokissa Kornissa, Ristimäensalossa sekä Pelkosenniemellä ja Kolarissa. Ristimäensalon arvot FOMD ja FEGD traktoreiden keskiarvoja. Hinaus kuormauksen yhteydessä.

Table 28. The interruption-free bunch towing time (F_{ht}) over different distances and in different terrain difficulty classes at Kornin, Ristimäensalo, and Pelkosenniemi and Kolari. The Ristimäensalo values are averages for FOMD and FEGD tractors. Towing in connection with loading.

Matka, m Distance, m.	Korni					Ristimäensalo					Pelkosenniemi ja/ Kolari			
	Maaston vaikeusluokka — Terrain difficulty class													
	1.		2. ja 3.		Keskim. Average	1.		2. ja 3.		Keskim. Average	Keskim. Average			
	Aika — Time													
	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m	min.	min./ 10 m
2	0.36	1.80	0.55	2.75	0.43	2.15	0.10	0.50			0.10	0.50	0.27	1.35
3	0.37	1.23	0.58	1.93	0.44	1.47	0.12	0.40			0.12	0.40	0.29	0.97
4	0.38	0.95	0.61	1.53	0.46	1.15	0.14	0.35			0.14	0.35	0.31	0.78
5	0.39	0.78	0.65	1.30	0.47	0.94	0.16	0.32			0.16	0.32	0.33	0.66
6	0.41	0.68	0.69	1.15	0.49	0.82	0.18	0.30			0.18	0.30	0.35	0.58
7	0.43	0.61	0.73	1.04	0.52	0.74	0.20	0.29			0.20	0.29	0.37	0.53
8	0.46	0.58	0.77	0.96	0.55	0.69	0.23	0.29	0.29	0.36	0.23	0.29	0.39	0.49
9	0.48	0.53	0.81	0.90	0.58	0.64	0.25	0.28	0.32	0.36	0.25	0.28	0.41	0.46
10	0.51	0.51	0.86	0.86	0.62	0.62	0.28	0.28	0.35	0.35	0.28	0.28	0.42	0.42
11	0.54	0.49	0.91	0.83	0.66	0.60	0.30	0.28	0.37	0.34	0.30	0.28	0.44	0.40
12	0.56	0.47	0.96	0.80	0.69	0.58	0.32	0.27	0.40	0.33	0.33	0.28	0.46	0.38
14	0.61	0.44	1.05	0.75	0.77	0.55	0.37	0.26	0.45	0.32	0.38	0.27	0.50	0.36
16	0.67	0.42	1.15	0.72	0.85	0.53	0.42	0.26	0.51	0.32	0.44	0.27	0.53	0.33
18	0.72	0.40	1.24	0.69	0.92	0.52	0.47	0.26	0.56	0.31	0.49	0.27	0.57	0.32
20	0.77	0.39	1.34	0.67	1.00	0.50	0.52	0.26	0.61	0.31	0.55	0.27	0.61	0.31
24	0.88	0.37	1.52	0.63	1.16	0.48	0.61	0.25	0.72	0.30	0.66	0.27	0.68	0.28
28	0.99	0.35	1.71	0.61	1.30	0.46	0.71	0.25	0.83	0.30	0.77	0.27	0.76	0.27
32	1.10	0.34	1.90	0.59	1.46	0.45	0.80	0.25	0.93	0.29	0.87	0.27	0.83	0.26
36	1.20	0.33	2.09	0.58	1.60	0.44	0.89	0.25	1.04	0.29	0.98	0.27	0.90	0.25
40	1.31	0.33	2.28	0.57	1.76	0.44	0.99	0.25	1.15	0.29	1.09	0.27	0.98	0.25

Kuormauksesta erillinen hinaus jätetään tässä yhteydessä tarkemmin käsittelemättä, koska se osoittautui hitaaksi ja epätaloudelliseksi työmenetelmäksi.

KESKEYTYKSET

Juonnon keskeytystiheydelle ja -ajoille on ominaista sattumanvaraisuus. Juontomatkan pituuden olettaisi vaikuttavan keskeytyksiin siten, että pitkillä matkoilla niitä olisi sattunut runsaammin kuin lyhyillä. Käytettävissä olevan aineiston puitteissa ei tällaista lainmukaisuutta kuitenkaan ollut havaittavissa, joten keskeytystiheys ja -ajat on voitu laskea keskiarvoina juonnettua taakkaa kohden juontomatkaista riippumatta. — Keskeytystiheys oli taulukon 29 mukainen.

Taulukko 29. Juonossa sattuneiden, juonnettua taakkaa kohden laskettujen keskeytysten lukumäärä traktoreittain Kornissa, Ristimäensalossa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa. Juonto kuormauksen yhteydessä.

Table 29. The number per bunch skidded of interruptions in the skidding, by tractors, at Korni, Ristimäensalo, and Pelkosenniemi and Kolari. Skidding in connection with loading.

Traktori Tractor	Korni	Ristimäensalo	Pelkosenniemi ja/and Kolari	Keskim. Average
	Keskeytyksiä, kpl/taakka — Interruptions per bunch			
FAM	—	0.4	—	0.4
FEGD	—	0.4	—	0.4
FOMD	0.3	0.5	0.2	0.3
STR	—	0.7	—	0.7
Keskimäärin — Average	0.3	0.6	0.2	0.4

Keskeytystiheys osoittautui Ristimäensalossa jonkin verran suuremmaksi kuin Kornissa siitä huolimatta, että pääosa em. työmaasta oli paljaasihakkausalueella, kun sen sijaan Kornissa oli kysymyksessä harvenushakkaus. Syynä saattaa olla, että rankanippu on läpimitaltaan tukkia suurempi ja siten myös alttiimpi tarttumaan esteisiin. Lisäksi on ilmeistä, että lumen puute lisää keskeytysten määrää. Osittain tästä johdetaan Pelkosenniemen ja Kolarin alhainen keskeytystiheys.

Keskeytysajat taakkaa kohden laskettuina on esitetty traktoreittain taulukossa 30 (s. 127). Keskeytysten syiden suhteellinen osuus keskeytysajoista ilmenee taulukosta 31 (s. 128).

Taakkaa kohden laskettu keskeytysten vaatima keskim. aika osoittautui Ristimäensalossa lähes kaksinkertaiseksi Korniin verrattuna. Pelkosenniellä ja Kolarissa aika oli pienempi kuin Kornissa, mikä johtuu pääasiallisesti siitä, että kokeilutyömailla käytetyissä kuormauslaitteissa todetut rakenteelliset virheet oli korjattu sarjavalmisteisissa laitteissa

Taulukko 30. Juonossa sattuneiden, juonnettua taakkaa kohden laskettujen keskeytysten vaatima aika Kornissa, Ristimäensalossa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa. Juonto kuormauksen yhteydessä.

Table 30. The time per bunch skidded lost on interruptions in the skidding, at Korni, Ristimäensalo, and Pelkosenniemi and Kolari. Skidding in connection with loading.

Traktori Tractor	Korni				Ristimäensalo				Pelkosenniemi ja/and Kolari			
	Aineisto, taakkoja, kpl Material, bunches, units		Keskeytysaika Interruption time		Aineisto, taakkoja, kpl Material, bunches, units		Keskeytysaika Interruption time		Aineisto, taakkoja, kpl Material, bunches, units		Keskeytysaika Interruption time	
	min/ taakka min./ bunch	% tehotyö- ajasta % of productive work time	min/ taakka min./ bunch	% tehotyö- ajasta % of productive work time	min/ taakka min./ bunch	% tehotyö- ajasta % of productive work time	min/ taakka min./ bunch	% tehotyö- ajasta % of productive work time	min/ taakka min./ bunch	% tehotyö- ajasta % of productive work time	min/ taakka min./ bunch	% tehotyö- ajasta % of productive work time
FAM	—	—	—	—	26	0.14	10.2	—	—	—	—	—
FEGD	—	—	166	0.44	166	0.44	43.2	—	—	—	—	—
FOMD	—	16.8	445	0.39	445	0.39	23.5	464	0.09	464	0.09	11.4
STR	—	—	37	0.62	37	0.62	30.3	—	—	—	—	—
Yht. ja keskim. — Total and average..	—	16.8	674	0.40	674	0.40	28.2	464	0.09	464	0.09	11.4

Taulukko 31. Juonossa sattuneiden, juonettua taakkaa kohden laskettujen keskeytysaikojen suhteellinen jakaantuminen eri syiden kesken Kornissa, Ristimäensalossa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa.

Table 31. The proportional distribution per bunch skidded of the interruption times occurring in the skidding between the different causes, at Korn, Ristimäensalo, and Pelkosenniemi and Kolari.

Keskeytyksen syy Reason for interruption	Korni	Ristimäensalo	Pelkosenniemi ja/ and Kolari	Keskim. Average
	Aineisto, taakkoja, kpl Material, bunches, units			
	454	674	464	1 592
	Osuus, % — Proportion, %			
Tarttuminen — <i>Gripping</i>	18	35	11	26
Hinausreitit raivaus — <i>Clearing the towing route</i>	5	0	33	4
Taakan hajoaminen — <i>Disintegration of bunch</i>	—	0	—	0
Hakkuutähteiden poisto — <i>Removal of felling waste</i>	—	3	—	4
Taakan irtoaminen — <i>Working loose of a bunch</i>	5	5	11	4
Kuormauslait. korjaus — <i>Repairing the loading device</i>	40	—	—	19
Muu kunnostaminen — <i>Other reconditioning</i>	—	10	—	0
Suunnittelu — <i>Planning</i>	9	7	33	12
Taakka reen alle — <i>The bunch getting under the sleigh</i>	—	13	—	8
Muu huolimattomuus — <i>Other carelessness</i>	—	0	12	0
Lepääminen — <i>Resting</i>	5	20	—	15
Odotus — <i>Waiting</i>	5	7	0	8
Muu syy — <i>Other reason</i>	13	0	—	0
Yhteensä — <i>Total</i>	100	100	100	100

(mm. kääntyvän puomin päässä oleva taittopyörä korvattu riippuvalla taittopyörällä).

Eri traktoreiden aikaerot Ristimäensalossa aiheutuivat todennäköisesti miesten taitavuuden ja juontopaikkojen erilaisuudesta eivätkä siis kaluston erilaisuudesta.

Keskeytykset jaettiin syiden mukaan neljään ryhmään, jonka jälkeen laskettiin kunkin syyryhmän suhteellinen osuus keskeytystiheydestä ja -ajasta. Tarkkaa rajankäyntiä siitä, mihin ryhmään eri syyt kuuluvat, on vaikea suorittaa, mutta esitetyllä tavalla on kuitenkin mahdollisuus saada karkea kuva asiasta.

Syyryhmien suhteellinen osuus keskeytystiheydestä oli seuraava:

Syyryhmä	Korni	Ristimäensalo	Pelkosenniemi ja Kolari
Maastosta johtuvat	55 %	47 %	29 %
Kalustosta »	15 »	9 »	15 »
Kuljettajan taitamattomuudesta tai huolimattomuudesta johtuvat .	12 »	24 »	52 »
Muusta johtuvat	18 »	20 »	4 »
Yhteensä.....	100 %	100 %	100 %

Keskeytysajasta laskettuina saadaan niiden osuudeksi:

Syyryhmä	Korni	Ristimäensalo	Pelkosenniemi ja Kolari
Maastosta johtuvat	23 %	37 %	44 %
Kalustosta »	45 »	15 »	11 »
Kuljettajan taitamattomuudesta tai huolimattomuudesta johtuvat .	9 »	20 »	45 »
Muusta johtuvat	23 »	28 »	0 »
Yhteensä.....	100 %	100 %	100 %

Kalustosta johtuvien keskeytysaikojen osuus on huomattavasti vähäisempi jo Ristimäensalossa Korniin verrattuna, mutta erityisesti Pelkosenniellä ja Kolarissa. — Maastosta johtuvien keskeytysten osuus keskeytysten lukumäärästä on erittäin suuri ja ajastakin huomattava. Perussyynä tähän on toisaalta hakkuumiesten virheellinen kaatosuunta, toisaalta se, että traktorinkuljettaja on valinnut väärän juontoreitin. Kuten aikaisemmin (s. 55) on esitetty, hakkuumiesten tehtävänä oli kaataa puut (ja koota pinotavararankataakat) siten, että palstatielle on esteetön hinausreitti. Suhteellisen harvoissa metsissämme on tähän hyvät mahdollisuudet. Annetusta määräyksestä huolimatta — ehkäpä tehtävän uutuuden vuoksi — virheitä ilmeni runsaasti, kuten Kornista koottu taulukko 32 (s. 130) osoittaa. Varmuudella voidaan sanoa, että kaikki yli 5 m hinausmatkan etäisyydellä olleet, tien suuntaiset tukit oli valmistettu virheellisesti kaadetuista rungoista. Niiden osuus oli n. 19 % kaikista Kornissa hinatuista tukeista. Voidaan kuitenkin väittää, ettei kaatosuunta, varsinkaan puiden ollessa lumisia, ole täysin hakkuumiesten määrättävissä. Tämä pitää epäilemättä paikkansa. Hakkuumiehille jää kuitenkin aina tietyissä rajoissa mahdollisuus kaatosuunnan valintaan, ja nämä rajat ovat

niin väljät, että tien suuntainen kaato on täysin vältettävissä. Siihen viittaa mm. tien suuntaisten pölkkyjen täydellinen puuttuminen 30 m pitimmillä hinausmatkoilla.

Taulukko 32. Eri juontomatkoilta hinattujen pölkkyjen suunta palstatiin suuntaan nähden ennen hinausta Kornissa.

Table 32. The pre-towing lie of logs towed over different skidding distances in relation to the direction of the strip road, at Kornsi.

Hinausmatka, m Towing distance, m.	Pölkkyjen suunta palstatiin suuntaan nähden Lie of logs in relation to the direction of the strip road			
	Kohtisuorassa At right angles	Vinossa Oblique	Tien suunnassa In the direction of road	Yhteensä Total
Määrä, % — Quantity, %				
1... 5	11	9	80	100
6...10	39	24	37	100
11...15	45	23	32	100
16...20	49	38	13	100
21...25	46	28	26	100
26...30	69	19	12	100
31...35	50	50	—	100
36...40	60	40	—	100
41...45	100	—	—	100
Keskim. — Average	33	21	46	100

Missä määrin virheellisesti kaadettujen puiden juontotyössä on enemmän keskeytyksiä kuin oikein kaadettujen, riippuu hinausreitistä maastosta. Jos taakka pääsee esteettä kääntymään hinaussuuntaan ja reitti on oikein valittu, juonto käy yhtä helposti kuin oikein kaadetuista puista valmistettua tavaraa juonettaessa. Saattaapa pieni kulma taakan suunnan ja sen hinaussuunnan välillä olla eduksikin, koska silloin mahdollisesti kiinni jäätyneet pölkkyt irtoavat helpommin. Väärä kaatosuunta merkitsee kuitenkin yleensä keskeytysaikojen lisääntymismahdollisuutta sekä pitempää hinausmatkaa.

Taakan suunta hinaussuuntaan nähden ja maaston vaikeus kytkeytyvät toisiinsa keskeytyksiä aiheuttavina tekijöinä tavalla, jonka selvittäminen aineiston puitteissa ei ole mahdollista. Voidaan kuitenkin pitää varmana, että vaikeassa maastossa keskeytystiheys on suurempi ja keskey-

tyksiin kuuluva aika pitempi kuin helpossa. Niin ikään on varmaa, että Ristimäensalon maastosta aiheutunut suuri keskeytysmäärä johtuu huomattavalla osalla siitä, että n. puolella tutkimusten kohteena olleesta alueesta hakkuumiehet erehtyivät kuormattuna-ajosuunnasta ja kaatoivat puut sen mukaisesti väärään suuntaan.

Kuljettajan taitamattomuuden ja huolimattomuuden syyksi luettujen keskeytysten määrä vaihtelee eri traktoreiden osalta huomattavasti. Vaikka työ oli kaikille uutta, todistavat tämän syyryhmän alhaiset sadannekset esim. Kornin Fordson Majorin ja Ristimäensalon Fergusonin kuljettajien ollessa kysymyksessä, että harkinnalla ja nopealla reagoinnilla selvittää maaston vaikeuksista tyydyttävästi suhteellisen vähäisenkin harjaantumisen jälkeen.

Keskeytysaikojen osuus juonnon tehotyöajasta oli Kornissa keskimäärin n. 17 %, Ristimäensalossa n. 28 % sekä Pelkosenniemen ja Kolarin työmailla n. 11 %. Varsinkin kahta ensiksi mainittua sadannesta on pidettävä suurina. Pelkosenniemen ja Kolarin sadannes vastanee pikemminkin tulevien työmaiden tasoa, tai saattaa sadannes pienentyä vielä siitäkin.

Tiivistelmänä juonnon keskeytysajoista voidaan todeta seuraavaa:

1. Keskeytysajat ovat kokeilutyömailla olleet todennäköisesti suurempia, kuin miksi ne työntekijöiden harjaantumisen ja sarjavalmisteen kuormauslaitteiden käyttöön oton jälkeen muodostuvat.

2. Juontomatkan pituuden ja keskeytysaikojen suuruuden välinen riippuvuus oli kokeilutyömailla sangen heikko.

3. Ilmeisesti pinotavararankataakkoja juonettaessa keskeytysajat vaikeassa maastossa muodostuvat hieman suuremmiksi kuin tukkeja juonettaessa, koska läpimitaltaan suuremmalla rankataakalla on mahdollisuudet takertua useammin ja pahemmin esteisiin kuin yhden pölkyn muodostamalla tukkitaakalla.

4. Maaston vaikeudella on epäilemättä vaikutus keskeytysaikojen suuruuteen, mutta sen selvittämistä vaikeuttavat puiden kaatosuunnan sekä hinausreitistä valinnassa tehdyt virheet. Ilmeisesti runsas lumi pienentää keskeytysaikoja vaikeassa maastossa.

5. Ellei taakan suunta vastaa hinaussuuntaa, lisääntyy keskeytysaika maastossa, jossa taakka ei pääse esteettä kääntymään hinaussuuntaan.

6. Sekä hakkuumiesten että traktorin miehistön taitavuuden ja keskeytysaikojen suuruuden välillä on ilmeisesti sangen voimakas riippuvuus.

Kuormaus

VARSINAINEN KUORMAUS

Tehotyöaika

Tukkien varsinaisen kuormauksen käsite on täysin analoginen pinotavaran kuormauksen käsitteen kanssa (ks. s. 99). Niin ikään tukkien kuormauksen tehotyöaikaan sisältyy eräitä yleisluonteisia aikoja, joita voidaan pitää keskimäärin vakioina kuormaa kohden. Ne ovat siis käytännöllisesti katsoen riippumattomia kuorman suuruudesta ja niiden osuus kuormattua kuutiyksikköä kohden on sitä pienempi, mitä suurempia kuormista tehdään. Lukuun ottamatta kuorman järjestelyä ne ovat myös riippumattomia kuljetettavasta tavaralajista, mutta kun reen varusteet tavarantuon pituussuuntaisen kuormaustavan vuoksi ovat toiset kuin lyhyttä pinotavaraa ajettaessa, ajat on esitetty erillään viimeksi mainituista taulukossa 33.

Taulukko 33. Varsinaisen kuormauksen vakioajat ilman keskeytyksiä ($2A_{kt}$) tukkien ja pinotavararankojen kuormauksen ollessa kysymyksessä Kornissa, Ristimäensalossa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa.

Table 33. Interruption-free standard times of loading proper ($2A_{kt}$) for loading logs and cordwood long logs at Korn, Ristimäensalo, and Pelkosenniemi and Kolar.

Traktori Tractor	Kuormia, kpl Loads, units	Työn suunnittelu Planning the work	Kuormauksen valmistelu Preparation for loading	Kuorman järjestely ja sitominen Tying and arranging the load	Yhteensä Total ($2A_{kt}$)
Aika ilman keskeytyksiä, miesmin/kuorma Interruption-free time, man-min./load					
Korn					
FOMD	14	0.26	4.62	5.33	10.21
Ristimäensalo					
FEGD	9	0.80	6.99	16.31	24.10
FOMD	12	0.24	0.26	14.39	14.89
STR	2	3.00	0.75	13.41	17.16
Yht. ja keskim. — Total and average	23	0.70	2.94	15.05	18.69
Pelkosenniemi ja/and Kolar					
FOMD	14	0.95	10.24	3.26	14.45
Korn, Ristimäensalo sekä Pelkosenniemi ja Kolar, keskim. Korn, Ristimäensalo, and Pelkosenniemi and Kolar, average					
Yht. ja keskim. — Total and average	51	0.65	5.40	9.15	15.20

Vakioaikojen suuruuteen vaikuttaa rekiä tarkoituksenmukainen rakenne. Ellei sivupylväiden korkeutta voida lisätä samassa tahdissa kuin kuorma kasvaa, kuormauksen valmistelu- ja järjestelyajat muodostuvat suuriksi. Ristimäensalon Fergusonin ja Fordson Majorin muita suuremmat ajat saavat tästä selityksensä. — Tavaraa reeni pituussuuntaan kuormattaessa vakioajat ovat melkoisesti suurempia kuin poikittain kuormattaessa. Niin ikään saattaa pinotavararankojen järjestely kuormassa olla hieman hitaampaa kuin tukkien. Ero lienee kuitenkin pieni.

Työn edistymisen kannalta voidaan kuormauksen vakioaikojen (A_{kt}) laskea vaativan työryhmän aikaa keskim. 7.60 min/kuorma, mikä on n. 6.4-kertainen verrattuna pinotavaran kuormauksen vakioaikaan (vrt. taulukko 15, s. 99).

Kuormausaikaan sisältyy myös sellaisia aikoja, joita voidaan pitää käytännöllisesti katsoen vakioina kuormattua taakkaa kohden. Ne ovat siis kuutiyksikköä kohden sitä suurempia, mitä pienempiä kuormattavat taakat ovat ja kuormaa kohden laskettuina sitä suurempia, mitä useampia taakkoja kuormaan nostetaan, eli mitä suurempia kuormat ovat. — Nämä ajat, joita seuraavassa kutsutaan taakoittaisiksi vakioajoiksi, on traktoreittain ja työmaittain koottu taulukkoon 34.

Taulukko 34. Taakoittaiset vakioajat ilman keskeytyksiä (D_{st} ja D_{it}) tukkien kuormauksen ollessa kysymyksessä Kornissa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa.

Table 34. Interruption-free standard times per bunch (D_{st} and D_{it}) for loading logs at Korn, and Pelkosenniemi and Kolar.

Traktori Tractor	Taakkoja, kpl Bunches	Saksien siirto Transferring the tongs (D_{st})	Saksien irroitus Detaching the tongs (D_{it})	Yhteensä Total
Aika ilman keskeytyksiä, min./taakka Interruption-free time, min./bunch				
Korn				
FOMD	454	0.14	0.09	0.23
Pelkosenniemi ja/and Kolar				
FOMD	562	0.08	0.08	0.16
Korn sekä Pelkosenniemi ja Kolar, keskim. Korn, and Pelkosenniemi and Kolar, average				
Yht. ja keskim. — Total and average ..	1 016	0.11	0.08	0.19

Saksia ei ole tarpeen aina siirtää. Tietä lähellä olevat samoin kuin ne kauempana olevat taakat, joiden esteisiin tarttumisesta ei ole pelkoa, juonetaan ja kuormataan niin, että sakset kiinnitetään valmiiksi siihen kohtaan, joka on kuormaan noston kannalta edullisin.

Taakan irroitus toistuu tietenkin jokaisen taakan kohdalla. Saksien ollessa kysymyksessä aika on lyhyt, koska irroitus käy narusta nykäisemällä.

Tukkien kuormaannosto-aika osoittautui kuormauskorkeudesta riippumattomaksi, sillä kaikki tukit jouduttiin nostamaan »lakipisteen» kautta.

Kuormausetäisyyden keskimääräinen vaikutus ajanmenekkiin ilmenee Kornin sekä Pelkosenniemen ja Kolarin aineistojen perusteella laadituista korrelaatiotaulukoista (liitteet 8 ja 9, s. 309) ja näiden taulukoiden luokkakeskisarvojen tasoituskäyristä (kuva 37, s. 135). Aikojen hajonta eri etäisyysluokissa on huomattavan suuri. Kun se Pelkosenniellä ja Kolarissa on hieman pienempi kuin Kornissa, voidaan syyksi olettaa em. työmaiden miesten parempi ammattitaito.

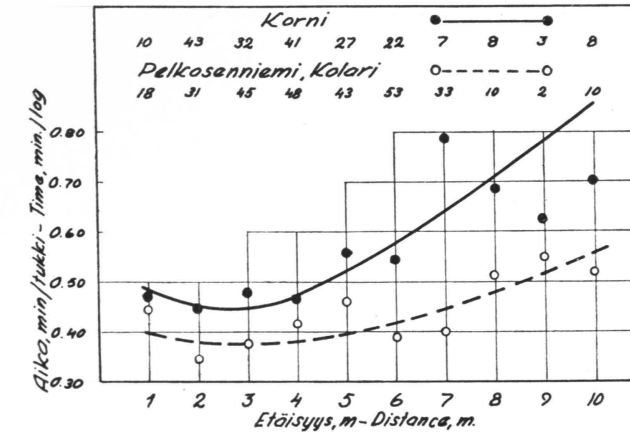
Ajanmenekin kuvaajissa on 2...3 m kuormausetäisyydellä minimipiste, joten nämä etäisyydet näyttäisivät olevan ko. aineistojen mukaan edullisimpia kuormaan noston kannalta. Reen läheisyydessä olevien tukkien suurempi kuormaannosto-aika hieman kauempana oleviin verrattuna johtuneet tukkien ohjaamisen vaikeutumisesta.

Kuormausetäisyyden suureneminen on Kornissa lisännyt keskim. ajanmenekkiä voimakkaammin kuin Pelkosenniellä ja Kolarissa. — Jos 2 m kuormausetäisyyden ajanmenekkiarvo merkitään kummassakin tapauksessa suhdeluvulla 100, saadaan eri etäisyyksien ajanmenekkiarvoille taulukossa 35 esitetyt suhdeluvut.

Taulukko 35. Kuormausetäisyyden suhteellinen vaikutus tukkien kuormaannoston keskim. tehotyöaikaan (F_{kt}) Kornissa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa.

Table 35. The relative effect of the loading distance on the average productive work time for lifting logs onto the load (F_{kt}) at Korn, and Pelkosenniemi and Kolari.

Työmaa Work site	Kuormausetäisyys, m — Loading distance, m.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Suhteellinen kuormaannosto-aika Relative time of lifting onto the load									
Korni	107	100	100	104	118	129	142	158	176	191
Pelkosenniemi ja/and Kolari	105	100	100	100	105	111	118	126	137	147

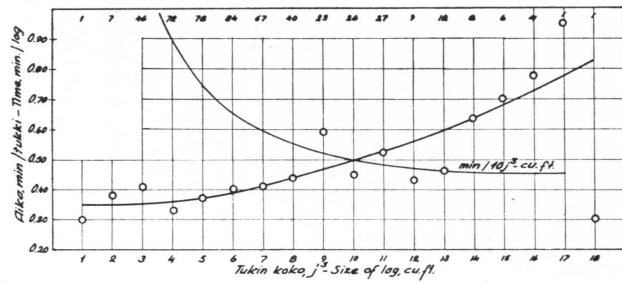


Kuva 37. Tukkien keskimääräisen kuormaannostoajan riippuvuus kuormausetäisyydestä Kornissa (ylempi piirros) sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa (alempi piirros).
Fig. 37. The dependence of the average log-onto-load lifting time on the loading distance at Korn (upper), and at Pelkosenniemi and Kolari (lower).

Pelkosenniellä ja Kolarissa kuljettajat lisäsivät etäisyyden suurenessa vintturirummun kierroksia runsaammalla kaasutuksella tasoittaen siten etäisyyden vaikutusta ajanmenekkiin. Lisäksi näillä työmailla käytetyt, sarjavalmistetut kuormauslaitteet olivat muutenkin nopeampia kuin Kornissa kokeiltu, kuten jo aikaisemmasta on ilmennyt.

Toinen kuormaan noston varteen otettava työvaikeustekijä on tukkien koko. Näyte sen ja keskimääräisen kuormaannostoajan välisestä korrelaatiosta on esitetty liitteessä 10 (s. 310). Ajanmenekin hajonta eri tukinsuuruusluokissa on tässäkin tapauksessa huomattavan suuri ja jälleen Kornissa suurempi kuin Pelkosenniellä ja Kolarissa.

Keskimääräinen ajanmenekki näyttää 3...4 j³ pienempiä tukkeja nostettaessa pysyvän tukkia kohden likimain samana, mutta suurenevan sen jälkeen — aluksi hitaasti ja vähitellen voimakkaammin — tukkien koon suurenessa, kuten Pelkosenniemen ja Kolarin tasoitettu kuvaaja (kuva 38, s. 136) osoittaa. Kuutioyksikköä kohden laskettu ajanmenekki on pienikokoisia tukkeja kuormattaessa huomattavan suuri, mutta pienenee 7...8 j³ tukinkokoon asti jyrkästi ja siitä eteenpäin hitaammin, kunnes se 13...16 j³ tukinsuuruusluokissa muodostuu suunnilleen vakioksi. 16 j³ suuremmat tukit alkavat olla pienellä vintturilla varustetun kuormauslaitteen käytön kannalta jo hankalia, joten keskimääräinen, kuutioyksikköä kohden laskettu ajanmenekki ilmeisesti alkaisi jälleen suurentua tätä raja-arvoa



Kuva 38. Tukkien keskimääräisen kuormaannostoajan riippuvuus tukkien koosta Pelkosenniemiellä ja Kolarissa.

Fig. 38. The dependence of the average log-onto-load lifting time on the log size, at Pelkosenniemi and Kolari.

kookkaampien tukkien kuorman noston ollessa kysymyksessä. Suurella vintturilla varustetun kuormauslaitteen nostoajanmenekin kuvaajan (Korni) minimipiste lienee n. 18...20 j³ suuruusluokkien kohdalla.

Tukkien koon suureneminen on Pelkosenniemiellä ja Kolarissa lisännyt kuormaannostoaikaa keskimäärin voimakkaammin kuin Kornissa, kuten seuraavasta, suhteellista ajanmenekkiä valaisevasta taulukosta 36 ilmenee. 5 j³ tukin kuormaannosto aika on kummassakin tapauksessa merkitty suhdeluvulla 100.

Taulukko 36. Tukkien koon suhteellinen vaikutus tukkien kuormaannoston keskim. tehotyöaikaan (F_{kt}) Kornissa sekä Pelkosenniemiellä ja Kolarissa.

Table 36. The relative effect of log size on the average productive work time for lifting logs onto the load (F_{kt}) at Korni, and Pelkosenniemi and Kolari.

Työmaa Work site	Tukin koko, j ³ — Log size, cu.ft.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Suhteellinen kuormaannosto aika Relative time of lifting onto the load													
Korni	92	92	94	98	100	102	110	116	122	127	135	141	149	155
Pelkosenniemi ja/and Kolari	95	95	95	97	100	105	111	119	127	135	143	151	162	173

Ilmiö johtuu Kornissa kokeillun kuormauslaitteen suuremmasta nostokyvystä. Tukkien koon ja kuormausetäisyyden vaikutus kuormaannosto aikaan kytkeytyy läheisesti yhteen. Kuten kookkaampia tukit ovat, sitä enemmän kuormausetäisyyden suureneminen lisää ajanmenekkiä ja päinvastoin.

Tukkien kuormaannoston tasoitetut aika-arvot on esitetty taulukossa 37.

Keskimääräinen kuormaannosto aika oli Kornissa 0.53 min/tukki sekä Pelkosenniemiellä ja Kolarissa 0.42 min/tukki, eli vm. työmailla 21 % pienempi. — KANTOLAN (1954, s. 51) mukaan tukkien nosto Record kuormauslaitteella autokuorman vaatii aikaa keskim. 0.22 min/tukki saksien irroitusaika mukaan luettuna. Kuormausetäisyys on hänellä ollut todennäköisesti tuntuvasti pienempi kuin käsillä olevassa tutkimuksessa. — Mainittakoon, että KANTOLAN mukaan tukkien autoon nostoajan kuvaaja on suora.

Taulukko 37. Eri kokoisten tukkien keskim. kuormaannostoajat ilman keskeytyksiä (F_{kt}) Kornissa sekä Pelkosenniemiellä ja Kolarissa. Traktori FOMD. Kuormauslaitteet: Kornissa Ruotsissa valmistettu, suurella vintturilla varustettu Record, Pelkosenniemiellä ja Kolarissa kotimainen, pienellä vintturilla varustettu Record.

Table 37. The average interruption-free times for lifting different-sized logs onto the load (F_{kt}) at Korni, and Pelkosenniemi and Kolari. Tractor FOMD. Loading equipment: At Korni, a Record made in Sweden and furnished with a large winch; at Pelkosenniemi and Kolari, a domestic Record with a small winch.

Tukin koko, j ³ Log size, cu. ft.	Korni										Pelkosenniemi ja/and Kolari	
	Kuormausetäisyys, m — Loading distance, m.											
	1.5	2.5	4.5	6.5	Keskim. Average	Keskim. Average						
	Kuormaannosto aika — Time of lifting onto the load											
	min/tukki min./log	min/10 j ³ min./10 cu.ft.	min/tukki min./log	min/10 j ³ min./10 cu.ft.	min/tukki min./log	min/10 j ³ min./10 cu.ft.	min/tukki min./log	min/10 j ³ min./10 cu.ft.	min/tukki min./log	min/10 j ³ min./10 cu.ft.	min/tukki min./log	min/10 j ³ min./10 cu.ft.
1	0.37	3.70	0.35	3.50	0.38	3.80	0.47	4.70	0.47	4.70	0.35	3.50
3	0.42	1.40	0.41	1.37	0.45	1.50	0.56	1.87	0.48	1.60	0.35	1.17
5	0.47	0.95	0.46	0.92	0.51	1.02	0.66	1.32	0.51	1.02	0.37	0.74
7	0.52	0.74	0.51	0.73	0.58	0.83	0.75	1.07	0.56	0.80	0.41	0.59
9	0.58	0.64	0.56	0.62	0.66	0.73	0.86	0.96	0.62	0.69	0.47	0.52
11									0.69	0.63	0.53	0.48
13									0.76	0.58	0.60	0.46
15									0.83	0.55	0.68	0.45
17											0.78	0.46
Keskim. — Average	0.46		0.44		0.49		0.62		0.53		0.42	

Tiivistelmänä kuormaan noston tehotyöajasta voidaan edellisen perusteella esittää seuraavaa:

1. Kuormauskorkeudella ei tukkien koneellisessa traktorirekeen kuormauksessa ole olennaista vaikutusta ajanmenekkiin.

2. Kuormausetäisyys vaikuttaa ajanmenekkiin siten, että aivan reen vieressä olevat tukit ovat hitaampia kuormata kuin hieman kauempana olevat (nostopaikan ahtaus). Edullisin etäisyys on n. 3 m. Etäisyyden pidentyessä siitä kuormaannosto-aika suurenee. Suureneminen on sitä voimakkaampaa, mitä kookkaampia tukit ovat.

3. Tukkien koon suurentuminen lisää tukkia kohden laskettua kuormaannosto-aikaa. 3...4 j³ pienempien tukkien kuormaannosto-aikojen ero on kuitenkin erittäin vähäinen, mutta suurempiin tukkien kokoluokkiin siirryttäessä ajanmenekki alkaa kasvaa, aluksi hitaasti, mutta vähitellen voimistuen.

4. Kuutiokyksikköä kohden lasketut kuormaannostoajat ovat tiettyyn rajaan asti sitä pienempiä, mitä kookkaampia tukit ovat. Suuruusraja ei käytettävissä olevan aineiston perusteella ole tarkasti määritettävissä, mutta lienee pienellä vintturilla varustettua kuormauslaitetta käytettäessä n. 16 j³ ja suurella vintturilla varustetulla kuormauslaitteella kuormattaessa n. 18...20 j³.

5. Taakan suunnan vaikutus kuormaannosto-aikaan on vähäinen. Tien suuntaiset tukit saattavat olla hieman edullisempia kuin vinossa tai kohtisuorassa tietä vasten olevat — erityisesti jos kuormaannostopaikka on ahdas tukkien reen suuntaiseksi kääntämisen kannalta.

6. Sekä juonnon että kuormaannoston kannalta olisi ilmeisesti eduksi, jos käytettäisiin hakkuutapaa »rekeen autettuna», koska silloin hakkuumiehet ottaisivat paremmin vintturijuonnon vaatimukset huomioon. Lisäksi traktoria kohden voisi silloin ko. työvaiheiden aikana olla kaksi apumiestä, mutta varsitiellä ajon kuljettaja voisi suorittaa yksinään.

Keskeytykset

Varsinaisen kuormauksen keskeytystiheys on tuntuvasti pienempi kuin juonnon, mutta myös kuormauksessa keskeytykset ovat sattumanvaraisia. Tukkien koon ja keskeytystiheyden välillä ei osoittautunut olevan riippuvuutta eikä myöskään koon ja keskeytysajan välillä. — Keskeytysten lukumäärä kuormattua tukkia kohden laskettuna oli Kornissa 0.06 sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa 0.10. Kuormattujen tukkien lukumäärällä painotetuksi keskiarvoksi saadaan 0.08 kpl/tukki.

Keskimääräisiksi keskeytysajoiksi saatiin seuraavat:

Korni (454 tukkia)	0.06 min/tukki
Pelkosenniemi ja Kolari (562 tukkia)	0.05 »

Varsinaisen kuormauksen tehotyöajasta lasketuiksi keskeytysadanneksiksi saadaan sekä Kornin että Pelkosenniemen ja Kolarin aineiston perusteella n. 7.

Keskeytysajat johtuivat taulukossa 38 esitetystä syistä.

Keskeytysten syistä kiintyy Kornin osalta huomio erityisesti kuormauslaitteen korjaukseen (50 % ajasta). Kornin kuormauslaitte oli tarkoitettu alun perin muuhun kuin tämääntapaiseen työhön, kuten jo aikaisemmin on mainittu. Kun Pelkosenniemen ja Kolarin kuormauslaitteiden kääntyvän puomin päässä oleva taittopyörä oli riippuva, kuormauslaitteesta johtuvat keskeytykset jäivät vähäisiksi. Vm. työmailla voidaan keskeytysajasta lukea ainakin 40 % kuormajien taittamattomuudesta tai huolimattomuudesta johtuvaksi.

On mahdollista, että keskeytysajat pienenevät kokeilutyömailla määritetyistä. Suuremmitta virheitä voitaneen kuitenkin *tukkien varsinaisen kuormauksen keskeytysadanneksena käyttää 6.8* (Pelkosenniemen ja Kolarin arvo).

Taulukko 38. Varsinaisessa kuormauksessa sattuneiden, kuormattua tukkia kohden laskettujen keskeytysaikojen suhteellinen jakaantuminen eri syiden kesken Kornissa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa.

Table 38. The relative distribution per loaded log of interruptions occurring in loading proper between the different causes, at Korni, and Pelkosenniemi and Kolari.

Keskeytyksen syy Reason for interruption	Korni	Pelkosenniemi ja/ and Kolari	Keskim. Average
	Aineisto, tukkeja, kpl Material, logs, units		
	454	562	1 016
	Osuus, % — Proportion, %		
Kuormauslaitt. korjaus — <i>Repairing the loading device</i>	50	20	29
Taakka reen alle — <i>The bunch getting under the sleigh</i>	—	20	14
Pudonneen pölkyn kuorm. — <i>Re-loading a dropped log</i>	33	—	14
Muu huolimattomuus — <i>Other carelessness</i>	0	20	14
Lepääminen — <i>Resting</i>	0	20	14
Odotus — <i>Waiting</i>	17	20	15
Yhteensä — <i>Total</i>	100	100	100

KUORMAUSAJO

Tukkien kuormausajomatkan pituus riippuu samoista tekijöistä kuin pinotavaran (ks. s. 104).

Kuormausajoaika keskeytyksineen on niin ikään riippumaton siitä, mitä tavaralajia traktorilla kuljetetaan. Tästä syystä tukkien kuormausajoaika siihen vaikuttavine tekijöineen on käsitelty jo aikaisemmin (ks. ss. 105—113) palstatien varteen tehdyn pinotavaran kuormausajoa analysoitaessa.

Kokonaistyöajan menekin laskeminen tukkien juontamisessa ja kuormaamisessa

LASKUMENETELMÄ

Tukkien juontamisen ja kuormaamisen työmaa-ajan laskemiseksi on edellä esitetyn perusteella laadittu seuraava polynomiyhtälö:

$$(16) \quad T_{jk} = 1.068 [A_{kt} + n(D_{st} + F_{kt} + D_{it})] + 1.114 n [D_{kt} + l_{sh}(F_{st} + F_{ht})] + 1.088 (H_{kat} S_k) \text{ min/kuorma,}$$

jossa

- T_{jk} = juonnon ja kuormauksen työmaa-aika, min/kuorma,
 A_{kt} = varsinaisen kuormauksen vakioaika (työn suunnittelu + kuormauksen valmistelu + kuorman järjestely ja sitominen), min/kuorma,
 D_{kt} = tukin kiinnitysaika, min/tukki,
 D_{st} = saksien siirtoaika kuormaan nostossa, min/tukki,
 D_{it} = saksien irroitus aika, min/tukki,
 F_{kt} = tukin kuormaannostoaika, min/tukki,
 F_{st} = saksien vientiaika hinattavan tukin pään luo, min/tukki/m,
 F_{ht} = tukin hinausaika, min/tukki/m,
 l_{sh} = keskim. juontomatka, m/tukki,
 H_{kat} = keskim. kuormausajon tehotyöaika, min/100 m,
 S_k = keskim. kuormausajomatka, 100 m/kuorma,
 n = kuorman suuruus, tukkeja kpl.

Työryhmään edellyttää yhtälö kuuluvaksi kaksi miestä. Jos kuormausajon työmaa-aika halutaan laskea tarkemmin, se voidaan suorittaa samalla tavalla kuin pinotavaran kuormausta käsiteltäessä (s. 114) on esitetty.

ESIMERKKI LASKUMENETELMÄN SOVELTAMISESTA

Oletetaan, että kysymyksessä on esim. 300 j³ tukki kuorman kuormaaminen, että tukkien keskikuutio on 5 j³, niiden keskipituus 18 j ja että niitä on valmistettu keskim. 1.2 kpl runkoa kohden ja että palstateiden keskim. etäisyys on 60 m ja palstojen syvyys 500 m. Keskim. juontomatka (l_{sh}) on tällöin 10.7 m (ks. taulukkoa 26, s. 117) ja keskim. kuormausajomatka (S_k) 1 120 m (ks. taulukkoa 19, s. 104). Juonnon ja kuormauksen työmaa-ajaksi saadaan tällöin:

$$T_{jk} = 1.068 [7.60 + 60(0.11 + 0.47 + 0.08)] + 1.114 \cdot 60 [0.10 + 10.7(0.026 + 0.040)] + 1.088 \cdot 1.80 \cdot 11.2 \sim 126 \text{ min/kuorma.}$$

6. Työajan menekki pinotavaran purkamisessa

Varsinainen purkaminen

TEHOTYÖAIKA

Varsinaiseen purkamiseen on luettu kuuluviksi kaikki muut kuorman purkamiseksi ja kaluston tyhjänäajokuntoon valmistamiseksi suoritettavat työt paitsi purkamisajoa. — Osa purkamistyöhön kuuluvista ajoista on vastaavalla tavalla kuin kuormauksessa sellaisia, että niitä voidaan pitää keskim. vakioina kuormaa kohden. Nämä ajat on koottu taulukoon 39 (s. 142).

Pälkäneellä kysymyksessä oli nippuina purkaminen, minkä johdosta ajanmenekki oli huomattavasti suurempi kuin muilla työmailla. Purkamisen valmisteluun luettiin tällöin kuuluviksi pudotuskiskojen nouto ja paikoilleen asettaminen, nipun pyöristäjien kaataminen, perä- ja välipyöväiden poistaminen sekä reen nykäisy eteenpäin nippujen alas liukumisen helpottamiseksi. Tyhjänäajon valmisteluun kuuluivat reen ajokuntoon laittaminen sekä pudotuskiskojen poistaminen ja niputtamiseen nippulankojen sitominen.

Vakioaikojen erot Kornin ja Ristimäensalon työmailla johtuvat vastaavalla tavalla kuin varsinaisen kuormauksen vakioaikojen erot pääasiallisesti rekiä erilaisuudesta ja kuljettajien erilaisesta taidosta ja yritteliäisyydestä.

Taulukko 39. Varsinaisen purkamisen vakioajat kuormaa kohden ilman keskeytyksiä ($2A_{pt}$) pinotavaran purkamisen ollessa kysymyksessä Kornissa, Ristimäensalossa ja Pälkäneellä.

Table 39. Interruption-free standard times per load of unloading proper ($2A_{pt}$) when unloading cordwood at Kornii, Ristimäensalo, and Pälkäne.

Traktori Tractor	Kuormia, kpl Loads, units	Työn suunnittelu Planning the work	Purkamisen valmistelu Preparation for un- loading	Tyhjänäajan valmistelu Preparation for driving unloaded	Niputtamis- työt Bundling work	Yhteensä Total ($2A_{pt}$)
Kornii						
FEGP	24	0.70	—	0.03	—	0.73
FOMP	6	3.10	—	0.11	—	3.21
VVO	17	1.24	0.04	0.05	—	1.35
Yht. ja keskim. Total and average	47	1.20	0.02	0.05	—	1.27
Ristimäensalo						
DVB	5	0.88	—	1.01	—	1.89
FEGP	4	—	0.76	0.46	—	1.22
NUF	1	1.85	—	0.66	—	2.51
Yht. ja keskim. Total and average	10	0.63	0.30	0.75	—	1.68
Kornii ja Ristimäensalo, keskim. Kornii and Ristimäensalo, average						
Yht. ja keskim. Total and average	57	1.10	0.05	0.18	—	1.34
Pälkäne						
FOMD	14	—	2.62	3.28	22.82	28.72

Työn edistymisen kannalta voitaneen keskim. vakioaikana (A_{pt}) kuormaa kohden käyttää 0.67 min ilman keskeytyksiä (työryhmän aikaa), ellei niputetun tavaran purkaminen ole kysymyksessä. Jos tavara puretaan nippuina, vastaava työryhmän aika on 14.36 min/kuorma.

Pölkkyjen purkamisaika kuormasta riippuu niiden koosta, tilavuuspainosta, kuorinta-asteesta, siirtokorkeudesta, siirtoetäisyydestä sekä siitä, onko kysymyksessä purkaminen pinon, heittopinon vaiko röykkiöön. Nippuina purkaminen ei ilmeisesti riipu em. tekijöistä, vaan ajanmenekki

on tietyn nippulukumäärän ollessa kysymyksessä keskim. vakio kuormaa kohden nippujen koosta riippumatta.

Käytettävissä olevien aineistojen puitteissa ei ole mahdollista analysoida yksityiskohtaisesti mainittujen tekijöiden vaikutusta ajanmenekkiin, vaan on tyydyttävä taulukossa 40 esitettyihin, keskimääräisiin, 2-m kuusipaperipuuta koskeviin lukuihin. Kornissa tavara oli kuorimatonta ja Ristimäensalossa puolipuhdasta, kuten aikaisemmin on mainittu. Pälkäneen tavara oli puolipuhdasta ja kuivaa.

Taulukko 40. 2-m pinotavaran reestä siirtämiseen kuluva aika ilman keskeytyksiä ($2C_{pt}$) Kornissa, Ristimäensalossa ja Pälkäneellä.

Table 40. The interruption-free time expended on moving 2-metre cordwood from the sleigh ($2C_{pt}$), at Kornii, Ristimäensalo, and Pälkäne.

Työmaa Work site	Työryhmässä miehiä Men in the work team	Varastomuodostelma Storage	Aineisto, p-m ³ Material, piled cu.m.	Aika, mies- min/p-m ³ Time, man-min./ piled cu.m.
Kornii	2	Pino — Pile	143.5	5.59
Kornii	3	Pino — Pile	250.0	4.94
Kornii, keskim. — Kornii, average		Pino — Pile	393.5	5.17
Ristimäensalo	2	Heittopino — Loose pile	72.2	3.04
Pälkäne	2	Nippu — Bundle	218.4	0.16

Purkamiskorkeuden ja -etäisyyden vaihtelut olivat sekä Kornissa että Ristimäensalossa vähäiset. Keskim. purkamiskorkeus oli edellisellä työmaalla -12 cm ja jälkimmäisellä +13 cm. Keskim. purkamisetäisyydet olivat vastaavasti 54 cm ja 97 cm.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että MAKKOSEN (1956, s. 105) mukaan 2-m puolipuhdasta paperipuun hevosreestä varastopinoon siirtämiseen (siirtoetäisyys 2 m) kuluu aikaa keskim. 5.72 miesmin/p-m³ ja 2-m kuorimattoman paperipuun siirtämiseen 6.81 miesmin/p-m³.

Yleensä tuotos miestä kohden tämänkaltaisissa töissä on sitä pienempi, mitä suurempi on työryhmä. Syynä siihen, että miesaika Kornissa kolmen miehen purkaessa on alhaisempi kuin kahden miehen, johtunee miesten erilaisuudesta.

Kahden miehen työryhmältä voidaan suuremmista virheistä laskea kuluva tuoreiden 2-m paperipuupölkkyjen reestä pinon siirtämiseen aikaa (C_{pt})

keskim. 2.59 min/p-m³ ja reestä heittopinoon siirtämiseen 1.52 min/p-m³ ilman keskeytyksiä. — Jos kysymyksessä on nippuina purkaminen, vastaava aika on keskim. 0.08 min/p-m³.

Niputtamattoman tavarankuormituksen purkamisaikaa on ilmeisesti mahdollisuus tuntuvasti pienentää, jos reki varustetaan kippilaitteella, jos käytetään kallistuskoroketta, tai jos kuorma vedetään sen alle asetetun, toisesta päästään ankkuroidun teräsköyden avulla alas (vrt. TUOVINEN 1950).

KESKEYTYKSET

Varsinaisen purkamisen aikana sattuneiden keskeytysten yhteismäärä oli Kornissa keskim. 0.20 miesmin/p-m³, Ristimäensalossa 0.41 miesmin/p-m³ ja Pälkäneellä 0.44 miesmin/p-m³. Kahden em. työmaan kuutiomäärillä painotetuksi keskiarvoksi saatiin 0.23 miesmin/p-m³. — Pisin keskeytysaika johtui lepäämisestä, kuten taulukko 41 (s. 145), jossa keskeytysajat on eritelty syittäin ja traktoreittain, osoittaa.

Keskeytysajat vaikuttavat pituudeltaan tyypillisiltä tämänluonteisille töille. Keskimääräinen, tehotyöajasta laskettu keskeytyssadannes oli Kornissa n. 4, Ristimäensalossa n. 9, näiden kummankin työmaan keskiarvona 4.3 sekä Pälkäneellä n. 20.

Purkamisajo

Purkamisajomatkan jakaantuminen kuormattuna-ajon, tyhjennysajon ja tyhjänäajon kesken (ks. s. 10) vaihtelee paikallisista olosuhteista riippuen. Eräissä tapauksissa paluutie varsitielle on tuntuvasti lyhyempi kuin se reitti, jota kuorma on kuljetettava varastoalueella purkamispaikalle. Toisissa tapauksissa tilanne saattaa olla päinvastainen. Matkoihin vaikuttavat varastoalueen muoto ja varastoteiden suunnittelu tuntuvasti. Keskimäärin voitaneen kuormattuna- ja tyhjänäajomatkoja pitää kuitenkin yhtä suurina. — Tyhjennysajomatkan pituus on 0 sellaisissa tapauksissa, joissa kuorma voidaan purkaa yhteen paikkaan, kuten mm. kokeilutyömailla pääasiallisesti tapahtui. Joskus on kysymys vain muuttamista metreistä, jos rekeä nykäistään eteenpäin siirtokorkeuden pitämiseksi mahdollisimman edullisena tai nippujen alas liukumisen helpottamiseksi. Huomion arvoiseksi tyhjennysajomatka muodostuu ilmeisesti ainoastaan silloin, kun purkamisen yhteydessä on suoritettava tavarankuormituksen lajittelua (eri tavaralajit puretaan eri paikkoihin).

Purkamisajomatka kuormaa kohden jakaantui kokeilutyömailla keskim. seuraavasti:

	Korni		Ristimäensalo		Pälkäne	
Kuormattuna-ajomatka (c ₂)	130 m	45 %	250 m	46 %	340 m	50 %
Tyhjennysajomatka (b ₂)	0 »	0 »	0 »	0 »	0 »	0 »
Tyhjänäajomatka (a ₂)	160 »	55 »	290 »	54 »	340 »	50 »
Yht.	290 m	100 %	540 m	100 %	680 m	100 %

Taulukko 41. Varsinaisessa purkamisessa sattuneiden, purettua p-m³ kohden laskettujen keskeytysaikojen jakaantuminen traktoreittain eri syiden kesken Kornissa, Ristimäensalossa ja Pälkäneellä.

Table 41. The distribution by tractors of interruption times per unloaded piled cu.m. occurring in unloading proper, by the different causes, at Korni, Ristimäensalo, and Pälkäne.

Traktori Tractor	Aineisto, p-m ³ Material, piled cu.m.	Lepo	Odotus	Korjaus	Muu	Yhteensä	% teho- työajasta % of productive work time
		Rest	Waiting	Repairing	Other	Total	
miesmin/p-m ³ — man-min./piled cu.m.							
Korni							
FEGP	224.0	0.09	—	0.01	—	0.10	1.7
FOMP	74.9	0.11	—	0.10	—	0.21	3.4
VVO	257.0	0.19	—	0.08	0.03	0.30	5.9
Yht. ja keskim. — Total and average ..	555.9	0.14	—	0.05	0.01	0.20	3.6
%		70	—	25	5	100	
Ristimäensalo							
DVB	40.2	0.32	—	—	—	0.32	5.6
FEGD	34.0	0.52	—	—	—	0.52	15.2
NUF	10.8	0.43	—	—	—	0.43	8.7
Yht. ja keskim. — Total and average ..	85.0	0.41	—	—	—	0.41	8.7
%		100	—	—	—	100	
Korni ja Ristimäensalo, keskim. — Korni and Ristimäensalo, average							
Yht. ja keskim. — Total and average ..	640.9	0.18	—	0.04	0.01	0.23	4.3
%		78	—	18	4	100	
Pälkäne							
FOMD	218.4	0.03	0.30	0.04	0.07	0.44	20.4
%		7	68	9	16	100	

Kun tyhjennysajo oli erittäin vähäistä, sen tehotyöaika sisällytettiin aineistoa käsiteltäessä purkamisen valmistelu-aikaan ja sen aikana sattuneet keskeytykset varsinaisen purkamisen keskeytysaikoihin.

Varastotiet kokeilutyömailla vastasivat kunnoltaan varsiteitä. *Purkamisen kuormattuna- ja tyhjänäajon ajanmenekissä* ei tästä syystä voitu todeta olennaista eroa varsitiellä ajon ajanmenekkiin verrattuna. — Keskimääräisinä tehotyöaikoina voidaan näin ollen käyttää kokeilutyömaiden olosuhteita vastaavissa tapauksissa seuraavia (vrt. s. 154):

Purkamisen kuormattuna-ajo.....	0.570 min/100 m
Purkamisen tyhjänäajo	0.429 » »
Keskimäärin	0.484 » »

Vastaavalla tavalla voidaan suuremmitta virheitä käyttää purkamisajon *keskeytyssadanneksina* samoja lukuja kuin varsitiellä ajossa (vrt. s. 169). Tehotyöajasta laskettuina sopivat keskim. sadannekset ovat ilmeisesti seuraavat:

Purkamisen kuormattuna-ajo	4.3 %
Purkamisen tyhjänäajo	3.4 »
Keskimäärin	4.0 »

Kokonaistyöajan menekin laskeminen pinotavaran purkamisessa

LASKUMENETELMÄ

Vastaavalla tavalla kuin kuormaamisesta on myös purkamisesta laadittu edellä esitetyn perusteella polynomiyhtälö, jonka mukaan voidaan laskea purkamisen työmaa-aika. Se on seuraava:

$$(17) \quad T_p = 1.043 (A_{pt} + n C_{pt}) + 1.040 I_{pat} S_p \text{ min/kuorma.}$$

Yhtälössä

- T_p = purkamisen työmaa-aika, min/kuorma,
 A_{pt} = varsinaisen purkamisen vakioaika (työn suunnittelu + purkamisen valmistelu + tyhjänäajon valmistelu), min/kuorma,
 C_{pt} = pölkkyjen siirtäminen kuormasta varastomuodostelmaan, min/ $p\text{-m}^3$,
 I_{pat} = keskimääräinen purkamisajon tehotyöaika, min/100 m,
 S_p = keskimääräinen purkamisajomatka, 100 m/kuorma,
 n = kuorman suuruus, $p\text{-m}^3$.

Yhtälö soveltuu tässä muodossa ainoastaan niputtamattoman pinotavaran purkamisajan laskemiseen tapauksissa, joissa työryhmään kuuluu kaksi miestä. Jos kysymyksessä on nippuina purkaminen, varsinaisen purkamisen keskeytyssadanneksena on 4.3 sijasta käytettävä 20.4. Lisäksi on huomattava, että tässä tapauksessa yhtälö edellyttää kuormasta muodostettavaksi kolme nippua ja kuormien keskisuuruudeksi 15.6 $p\text{-m}^3$. Nippujen purkamisen ajanmenekki on näet keskim. vakio kuormaa kohden, kuten aikaisemmin on mainittu, joten purkamisaika kuutioyksikköä kohden on sitä pienempi, mitä kookkaampia kuormat ovat ja päinvastoin.

Purkamisajon osuus voidaan, jos niin halutaan, laskea tarkemmin samalla tavalla kuin kuormausajosta on esitetty (ks. s. 114).

ESIMERKKEJÄ LASKUMENETELMÄN SOVELTAMISESTA

Oletetaan kuormien keskisuuruudeksi 10 $p\text{-m}^3$, 2-m tuore tavara purettavaksi pinoon ja purkamisajomatkan pituudeksi 500 m. Purkamisen työmaa-ajaksi saadaan tällöin:

$$T_p = 1.043 (0.67 + 10 \cdot 2.59) + 1.040 \cdot 0.484 \cdot 5 \sim 30 \text{ min/kuorma.}$$

Toisena esimerkkinä voidaan olettaa tapaus, jossa pinotavara puretaan nippuina ja kuormien suuruus on aikaisemmin mainittu 15.6 $p\text{-m}^3$. Pälkäneen olosuhteita vastaavien tapausten purkamisen työmaa-ajaksi saadaan:

$$T_p = 1.204 (14.36 + 15.6 \cdot 0.08) + 1.04 \cdot 0.484 \cdot 6.8 \sim 22 \text{ min/kuorma.}$$

7. Työajan menekki tukkien purkamisessa

Varsinainen purkaminen

TEHOTYÖAIKA

Purkamisen tehotyöaikaan sisältyvät, kuormaa kohden kuluvat »vakioajat» poikkeavat tukkien kuljetuksen ollessa kysymyksessä vastaavista pinotavaran purkamisen vakioajoista (vrt. s. 142) sen vuoksi, että reessä käytetään sivupylväillä varustettuja tukkipankkoja, ja kuorman sitomistapa on erilainen. Em. aikoja, jotka on koottu taulukkoon 42 (s. 148), voidaan sen sijaan pitää keskimäärin vakioina kaiken rekeen pituussuuntaan kuormatun puutavaran kuljetuksen ollessa kysymyksessä.

Kolarissa purkamisen valmisteluajaksi sisältyi aluspuiden laitto; muilla työmailla aluspuut oli laitettu paikoilleen varastomiehen toimesta ennakoita.

Työn edistymisen kannalta työryhmän keskim. purkamisen vakioaika (A_{pt}) ilman keskeytyksiä on edellisen perusteella 4.05 min/kuorma.

Tukkien reestä siirtämiseen kuluva aika riippuu työryhmän suuruudesta, kuorman suuruudesta, pölkkyjen koosta ja tilavuuspainosta, siirtoetäisyydestä sekä siirtokorkeudesta. Lisäksi ajanmenekkiin vaikuttaa, millaiseen varastomuodostelmaan pölkkyt puretaan. — Kornissa pölkkyt purettiin useampikerroksisiin kasoihin, joissa kerrosten väliinkin aseteltiin telapuut. Kolarissa ne purettiin ilman välitelöjä oleviin kasoihin.

Taulukko 42. Varsinaisen purkamisen vakioajat kuormaa kohden ilman keskeytyksiä ($2A_{pt}$) pinotavararankojen ja tukkien purkamisen ollessa kysymyksessä Kornissa, Ristimäensalossa ja Kolarissa.

Table 42. Interruption-free standard times per load for unloading proper ($2A_{pt}$) when unloading cordwood long logs and logs at Korn, Ristimäensalo, and Kolari.

Traktori Tractor	Kuormia, kpl Loads, units	Työn suunnittelu Planning the work	Purkamisen valmistelu Preparation for unloading	Sivupyv. käsittely Handling the side poles	Tyhjänäajan valmistelu Preparation for driving unloaded	Yhteensä Total ($2A_{pt}$)
		Aika ilman keskeytyksiä, miesmin/kuorma Interruption-free time, man-min./load				
Korni						
FOMD	12	0.22	1.57	—	—	1.79
Ristimäensalo						
FEGD	7	0.36	6.99	0.11	3.93	11.39
FOMD	11	—	3.99	0.93	2.65	7.57
STR	2	—	4.70	—	1.56	6.26
Yht. ja keskim. — Total and average	20	0.13	5.11	0.55	2.99	8.78
Kolari						
FOMD	6	—	8.48	5.65	4.23	18.36
Korni, Ristimäensalo sekä Kolari, keskim. — Korn, Ristimäensalo, and Kolari, average						
Yht. ja keskim. — Total and average	38	0.14	4.52	1.19	2.24	8.10

Kornissa purkamistyöhön osallistui kolme miestä, Kolarissa kaksi. Keskimääräinen siirtokorkeus oli Kornissa +44 cm ja Kolarissa +70 cm sekä keskimääräinen siirtoetäisyys Kornissa 302 cm ja Kolarissa 350 cm.

Keskimääräiset pölkkyjen reestä siirtämisen tehotyöajat on työmaittain kerätty taulukkoon 43.

Taulukko 43. Tukkiin keskimääräinen traktorireestä siirtämiseen kuluva aika ilman keskeytyksiä ($2C_{pt}$) Kornissa ja Kolarissa.

Table 43. The interruption-free average time expended on moving logs from the tractor sleigh ($2C_{pt}$), at Korn and Kolari.

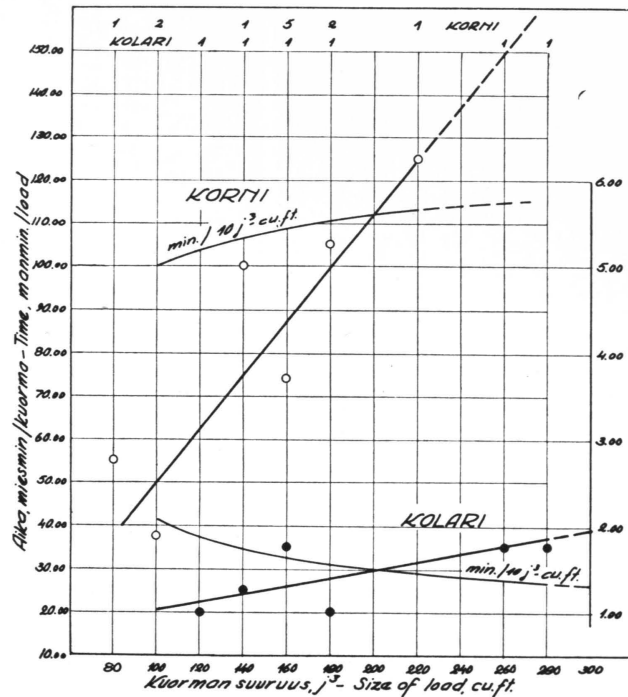
Työmaa Work site	Työryhmässä miehiä Men in the work team	Varasto- muodostelma Storage	Aineisto, j ³ Material, cu.ft.	Aika, mies- min/10 j ³ Time, man-min./ 10 cu.ft.
Korni	3	Telakasa Pile of cross logs	1 826	5.11
Kolari	2	Kasa — Stack	1 157	1.48

Kornin suuri ajanmenekki Kolariin verrattuna johtuu epädullisemmasta varastoimistavasta ja siirtokorkeudesta, pölkkyjen pienemmästä koosta (tukkiin keskikuutio Kornissa 4.3 j³ ja Kolarissa 6.7 j³) sekä siitä, että työ suoritettiin aikapalkalla, kun sen sijaan vm. työmaalla käytettiin urakkapalkkausta. Lisäksi purkamiseen osallistunut kolmas mies oli varsinaisesti työryhmään kuulumaton (varastomies) ja työskenteli tästä syystä vajaatehoisesti.

MAKKOSEN (1956, s. 98) mukaan kahdelta mieheltä kuluu 4 j³ kuori-mattomien tukkiin hevosreestä telakasaan purkamiseen ja vierittämiseen (siirtoetäisyys 1.3 + 2.6 = 3.9 m) aikaa keskim. 2.80 miesmin/10 j³ ja 6 j³ tukkiin purkamiseen ja vierittämiseen 2.00 miesmin/10 j³.

Käytettävissä olevien aineistojen puitteissa ei ole mahdollista tehdä yksityiskohtaista analyysiä eri tekijöiden vaikutuksesta pölkkyjen reestä siirtämisen ajanmenekkiin. Ainoa tekijä, jonka vaikutus käy selvästi ilmi, on kuorman suuruus. Miestyöajan menekki kuutioyksikköä kohden näyttää olevan välitelättömiin kasoihin purettaessa sitä pienempi, mitä suurempia kuormat ovat, kuten kuva 39 (s. 150) osoittaa.

Tasoitettujen siirtämisaika-arvot kuutioyksikköä kohden laskettuina erisuurten kuormien purkamisen ollessa kysymyksessä on koottu taulukkoon 44 (s. 150).



Kuva 39. Tukkien reestä varastokasaan siirtämisen tehotyöajan riippuvuus kuorman suuruudesta Kornissa ja Kolarissa.

Fig. 39. The dependence on load size of the productive work time of moving the logs from the sleigh onto the storage stack, at Kornii and Kolarii.

Taulukko 44. Tasoitetut tukkien traktorireestä siirtämiseen kuluvat ajat ilman keskeytyksiä ($2C_{pt}$) kuutioryksikköä kohden eri kokoisten kuormien purkamisen ollessa kysymyksessä Kornissa ja Kolarissa.

Table 44. Adjusted interruption-free times, per cubic unit, expended on moving logs from the tractor sleigh ($2C_{pt}$) when unloading loads of different sizes, at Kornii and Kolarii.

Kuorman suuruus, j^3 Size of load, cu.ft.	Kornii	Kolari	Kornii	Kolari
	Aika, miesmin./10 j^3 Time, man-min./10 cu.ft.		Suhde — Ratio	
100	5.00	2.06	100	100
140	5.35	1.72	107	83
180	5.54	1.56	111	76
220	5.67	1.45	113	70
260	5.77	1.37	115	67
300		1.31		64

Kun sivupylväät tai karhulukko laukaistaan, vierii sitä suurempi osa pölkyistä itsestään alas, mitä kookkaampi on kuorma. Miesvoimin siirrettävien pölkköjen osuus jää näin ollen suurilla kuormilla purettaessa vähäisemmäksi kuin pienillä ollessa kysymyksessä. Suurten kuormien edullisuus tulee sitä selvemmin näkyviin, mitä vähemmän pölkköjä joudutaan reestä purkamisen jälkeen varastoimisen takia siirtämään. Kornin työmaalla, jossa pölkyt purettiin yksitellen, kuorman suureneminen on kuitenkin suurentanut kuutioryksikköä kohden laskettua purkamisaikaa. Sen sijaan Kolarissa kuorman suureneminen esim. 100 j^3 :sta 200 j^3 :aan on pienentänyt tätä aikaa n. 27 %:lla.

Pölkköjen koon suureneminen pienentää todennäköisesti tiettyyn raajaan asti kuutioryksikköä kohden laskettuja siirtämisaikoja.

Kun työryhmään kuuluu yleensä kaksi miestä, työn edistymisen kannalta työryhmältä kuluu pölkköjen reestä varastokasaan siirtämiseen (C_{pt}) puolet taulukossa 44 esitetyistä ajoista, siis esim. 300 j^3 :n tukki-kuormia välitellettömään kasaan purettaessa 0.66 min/10 j^3 .

KESKEYTYKSET

Varsinaisen purkamisen aikana sattuneisiin keskeytyksiin kuluneet ajat on traktoreittain ja työmaittain koottu taulukkoon 45 (s. 152), josta myös ilmenee keskeytysaikaisten prosentuaalinen osuus tehotyöajasta laskettuna.

Tärkein keskeytysten aiheuttaja on miesten levon tarve, mikä on hyvin ymmärrettävissä käsin tapahtuvan purkamistyön raskauden vuoksi.

Tehotyöajasta laskettuna näyttää varsinaisen purkamisen keskeytysadannes vaihtelevan n. 1...9. Keskimääräisenä sadanneksena voitaneen tukkien purkamisen ollessa kysymyksessä käyttää 6.1.

Purkamisajo

Tukkien kuljetuksessa purkamisajomatkan pituus ja purkamisajon ajanmenekki noudattavat samoja lainmukaisuuksia kuin pinotavaran kuljetuksen purkamisajon ollessa kysymyksessä (ks. s. 10 ja s. 144). — Toisin sanoen keskimääräisenä purkamisajojen tehoyöaikana kokeilutyömaiden varsiteitä kunnoltaan vastaavilla varastoteilla voitaneen käyttää 0.484 min/100 m ja keskimääräisenä purkamisajon keskeytysadanneksena 4.0.

Taulukko 45. Varsinaisessa purkamisessa sattuneiden, purettujen tukkien kuutioyksikköä kohden laskettujen keskeytysaikojen jakaantuminen eri syiden kesken Kornissa ja Kolarissa.

Table 45. The distribution of interruption times occurring in unloading proper, per cubic unit of the logs unloaded between the different causes, at Korn and Kolar.

Traktori Tractor	Aineisto, j ³ Material, cu.ft.	Lepo Rest	Korjaus Repairing	Yhteensä Total	% tehotyö- ajasta % of productive work time
Korni					
FOMD	1 826	0.04	0.01	0.05	9.2
%		80	20	100	
Kolari					
FOMD	1 157	0.03	—	0.03	1.2
%		100		100	
Korni ja Kolari, keskim. — Korn and Kolar, average					
Yht. ja keskim. — Total and average	2 983	0.04	0.01	(0.04) 0.05	6.1
%		80	20	100	

Kokonaistyöajan menekin laskeminen tukkien purkamisessa

LASKUMENETELMÄ

Edellä esitetyn perusteella on tukkien traktorireestä purkamisen työmaa-ajan laskemiseksi laadittu seuraava polynomiyhtälö:

$$(18) \quad T_p = 1.061 (A_{pt} + n C_{pt}) + 1.040 I_{pat} S_p \text{ min/kuorma,}$$

jossa

T_p = purkamisen työmaa-aika, min/kuorma,

A_{pt} = varsinaisen purkamisen vakioaika (työn suunnittelu + purkamisen valmistelu + sivupylväiden käsittely + tyhjänäajon valmistelu), min/kuorma,

C_{pt} = pölkkyjen siirtäminen kuormasta varastomuodostelmaan, min/10 j³,

I_{pat} = keskimääräinen purkamisajon tehotyöaika, min/100 m,

S_p = keskimääräinen purkamisajomatka, 100 m/kuorma,

n = kuorman suuruus, 10 j³.

ESIMERKKI LASKUMENETELMÄN SOVELTAMISESTA

Oletetaan, että kysymyksessä on 300 j³ suuruisen tukki kuorman purkaminen välitelattomaan kasaan ja että purkamisajomatkan pituus on 1 000 m. Työmaa-ajaksi saadaan tällöin:

$$T_p = 1.061 (4.05 + 30 \cdot 0.66) + 1.040 \cdot 0.484 \cdot 10 \sim 30 \text{ min/kuorma.}$$

8. Työajan menekki varsitiellä ajossa

Tehotyöaika

Kuormattuna- ja tyhjänäajon tehotyöaikaan voitiin seuraavien tekijöiden olettaa vaikuttavan:

- Traktorin teknilliset ominaisuudet (moottorin teho, kiihtyvyys, vaihteiden määrä ja nopeudet eri vaihteilla, vrt. s. 42).
- Kuljettajan taitavuus (kyky käyttää hyväksi traktorin ominaisuuksia kulloisenkin tilanteen vaatimalla tavalla).
- Vetävien telaketjujen tai pyörien sekä tien pinnan välisen kitkan suuruus, joka riippuu osittain traktorin, osittain tien ominaisuuksista (vrt. s. 44).
- Liukumiskitkan suuruus, joka riippuu mm. reen ominaisuuksista, kuorman bruttopainosta, tien ominaisuuksista jne. (vrt. s. 40).
- Tien ominaisuudet, kuten ajoradan kiinteys, tasaisuus ja leveys, mutkaisuus ja kaltevuussuhteet (vrt. s. 38).
- Ajomatkan pituus.

Näistä tekijöistä esiintyy käytännössä miltei rajaton määrä eri kombinaatiomahdollisuuksia, joten yksityiskohtaisen analyysin suorittaminen kunkin tekijän osuudesta ajoaikaan eri tapauksissa on ylivoimainen tehtävä, eikä se tämän tutkimuksen tavoitteiden kannalta ole tarpeenkaan. Seuraavassa tyydytäänkin vain pääsuuntaviivoihin.

Eri traktoreiden keskimääräiset kuormattuna- ja tyhjänäajoajat 1 km matkaa kohden kummaltakin työmaalta on esitetty taulukossa 46 (s. 154).

Lukuja arvosteltaessa on muistettava, että Kornin työmaalla kokeiltu Fordson Major Diesel oli vailla puolitelaketjuja, mikä oli syynä muita hitaampaan ajoon. Puolitelaketjujen puute ei sinänsä vaikuta ajoaikaan, jos ajorata on kyllin leveä, kiinteä ja tasainen. Tätä osoittavat Ristimäen salon työmaalla ilman puolitelaketjuja liikennöineitten Farmallin ja Nuffieldin ajoajat (huom. lumen vähäisyys). Ajokauden alkuvaiheessa polannetie on kuitenkin pehmeä. Lisäksi Kornin varsitie oli suhteellisen ka-

Taulukko 46. Keskimääräinen kuormattuna- (J_{ct}) ja tyhjänäajon (J_{at}) tehoyöaika traktoreittain 1 km matkaa kohden Kornin ja Ristimäensalon varsitiellä.

Table 46. The average productive work time by tractors hauling loaded (J_{ct}) and driving unloaded (J_{at}) per km. unit, on the main haulage road at Kornin and Ristimäensalo.

Traktori Tractor	Aineisto Material		Kuormattuna-ajo Hauling loaded (J _{ct})		Tyhjänäajo Driving unloaded (J _{at})		Keskimäärin Average (J _{act})	
	Kuormia, kpl Loads, units	Ajo-km Haulage km.	min/km min./km.	km/t km./hour	min/km min./km.	km/t km./hour	min/km min./km.	km/t km./hour
Korni								
FEGP	29	197	9.66	6.21	4.37	13.73	6.02	9.97
VVO	20	118	8.80	6.82	3.81	15.75	5.32	11.28
FOMP	6	33	9.36	6.41	3.49	17.19	5.08	11.81
FOMD ¹	14	84	8.72	6.88	6.89	8.71	7.69	7.80
Yht. ja keskim. Total and average	69	432	9.31	6.44	4.07	14.74	5.66	10.60
Ristimäensalo								
FAM	2	22	4.37	13.73	3.48	17.24	3.87	15.50
STR	2	23	4.73	12.68	3.72	16.13	4.16	14.42
FEGD	8	70	4.96	12.10	4.63	12.96	4.79	12.53
DVB	9	71	5.02	11.95	3.54	16.95	4.15	14.46
FOMD	13	143	5.74	10.45	4.62	12.99	5.12	11.72
NUF	9	75	6.67	9.00	4.66	12.88	5.48	10.95
FEGP	5	49	7.18	8.36	3.82	15.71	4.98	12.05
Yht. ja keskim. Total and average	48	453	5.70	10.53	4.26	14.08	4.84	12.40

pea. Pelkillä pyörillä liikkuva traktori suistuu helpommin tieltä kuin telaketjuilla liikkuva. Suistumisvaara teki kuljettajan varovaiseksi, mikä ilmeni hitaana ajona. Samalla työmaalla petrolimoottorilla varustetun Fordson Majorin muita huomattavasti parempi tyhjänäajonopeus puolestaan johtuu lyhyestä kokeiluajasta. Traktori näet oli liikenteessä vain »hyvän kelin» aikana. — Ajoaikojen erot eri traktoreiden välillä johtuvat ilmeisesti pääasiassa muista tekijöistä kuin traktoreiden rakenteellisista eroista.

¹ Ilman puolitelaketjuja, ei ole mukana työmaan keskiarvossa. — Without half-tracks, not included in the average for the work site.

Ajoajat matkayksikköä kohden näyttävät vaihtelevan eri tienosilla huomattavasti. Syynä on tien laadun vaihtelu. Yksityskohtaisemman kuvan saamiseksi tienosat on ryhmitetty tien pohjan mukaan ja laskettu ajoaikojen keskiarvot näitä ryhmiä kohden. Saadut absoluuttiset arvot selviävät taulukosta 47 ja suhteelliset arvot kuvasta 40 (s. 156).

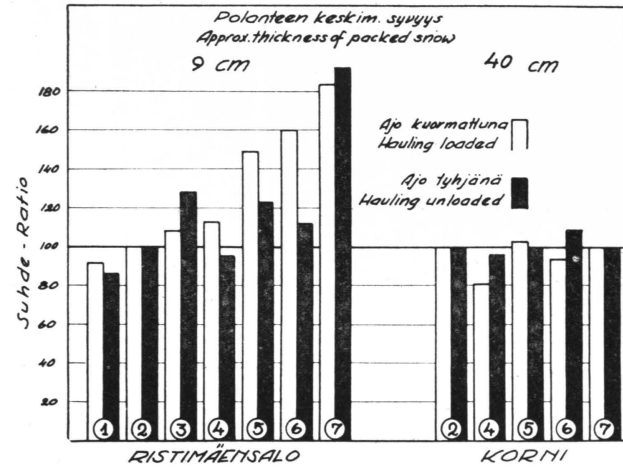
Taulukko 47. Tien sijainnin keskimääräinen vaikutus 1 km kohden laskettuun kuormattuna- ja tyhjänäajon tehoyöaikaan Kornin ja Ristimäensalon varsitiellä.

Table 47. The average effect of the location of the road on the productive work time hauling loaded and driving unloaded per km. unit, on the main haulage road at Kornin and Ristimäensalo.

Tienosan sijainti Location of the road section	Korni		Ristimäensalo	
	Kuormattuna-ajo Hauling loaded	Tyhjänäajo Driving unloaded	Kuormattuna-ajo Hauling loaded	Tyhjänäajo Driving unloaded
	Keskim. ajoaika, min/km Average hauling time, min./km.			
Neva — Wet treeless sphagnum bog	—	—	4.79	3.36
Räme — Wet pine-peat moor	8.00	3.84	5.84	3.70
Jää — Ice	—	—	5.57	5.00
Kylätie — Village road	9.83	4.01	5.18	3.91
Pelto — Field	9.22	4.36	8.29	4.38
Korpi — Wet spruce-peat moor	9.84	4.00	9.55	7.50
Kangas — Heathy woodland	10.09	4.03	7.73	4.81
Keskimäärin — Average	9.55	4.07	5.78	4.02

Tyhjänäajoaika on kummallakin työmaalla ollut keskimäärin miltei sama, mutta kuormattuna-ajoaika oli Kornissa n. 65 % suurempi kuin Ristimäensalossa. Tähän ovat erityisesti vaikuttaneet puolitelaketjujen puuttuminen Fordson Major Diesel traktorista sekä ajoradan kapeus aukeilla tien osilla, kuten jo aikaisemmin on mainittu. Lisäksi siihen ovat olleet syinä kuljettajien tottumattomuus ja se, että ainoastaan Ferguson traktori ajoi tavaraa urakalla.

Tien sijaintimaastolla eli tien pohjan laadulla ei Kornissa näytä olevan sanottavaa vaikutusta ajoaikaan. Sen sijaan Ristimäensalossa erot ovat huomattavat. Selityksenä on polannekerroksen syvyys, joka Kornissa oli riittävä peittämään pohjan epätasaisuudet, mutta Ristimäensalossa riittämätön. Viimeksi mainitulla työmaalla aika näyttää olevan sitä pienempi, mitä tasaisempi on pohja. Jäällä ajo kuormattuna on tosin vaatinut n. 28 % enemmän aikaa ja tyhjänä n. 8 % enemmän aikaa kuin



Kuva 40. Tien sijainnin suhteellinen vaikutus kuormattuna- ja tyhjänäajoaikaan Kornissa ja Ristimäensalossa. — 1. neva. — 2. kylätie. — 3. jää. — 4. räme. — 5. kangas. — 6. pelto. — 7. korpi.

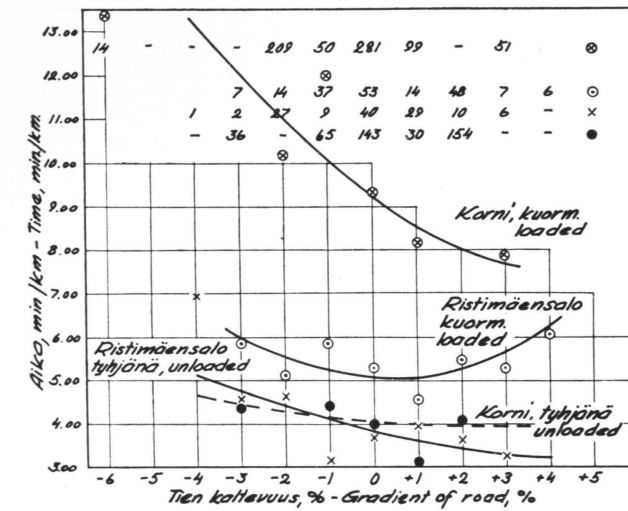
Fig. 40. The relative effect of the location of the road on the work time of hauling loaded and driving unloaded, at Kornin and Ristimäensalo. — 1. Wet treeless sphagnum bog. — 2. Village road. — 3. Ice. — 4. Wet pine-peat moor. — 5. Heathy woodland. — 6. Field. — 7. Wet spruce-peat moor.

kylätiellä olevalla tien osalla, mutta se ei johdu tien pohjasta, vaan osittain liukumiskitkaa suurentaneesta juoksulumesta, osittain jäälle nousseesta vedestä. Kuormattuna-ajoaika pellolla olevalla tien osalla olisi epäilemättä ollut tällä työmaalla pienempi, jos lumi olisi riittänyt peittämään kynnöksen.

Tien kaltevuuden vaikutuksen selvittämiseksi ryhmiteltiin eri tienosilla käytetyt ajoajat näiden tienosien kaltevuussuhteiden mukaan. 1 km kohden käytettyjen ajoaikojen ja kaltevuuden väliset korrelaatiot ilmenevät liitteistä 11 ja 12 (s. 310).

Hajonta korrelaatiotaulukoissa on sängen suuri, koska aineiston pienuuden vuoksi pelkän kaltevuuden vaikutusta ei ole voitu pelkistää muista ajoaikaan vaikuttavista tekijöistä. — Kaltevuusluokkien aikakeskiarvot on tästä huolimatta pyritty tasoittamaan silmävaraisesti kuvassa 41 (s. 157). Kornin työmaalta laaditut kuvaajat antavat kaltevuuden vaikutuksesta sikäli oikeamman kuvan, että tien pohjan laatu ei siinä määrin pääse vaikuttamaan aikoihin kuin Ristimäensalossa.

Voidaan kuitenkin pitää varmana, että kaltevuus vaikuttaa voimak-



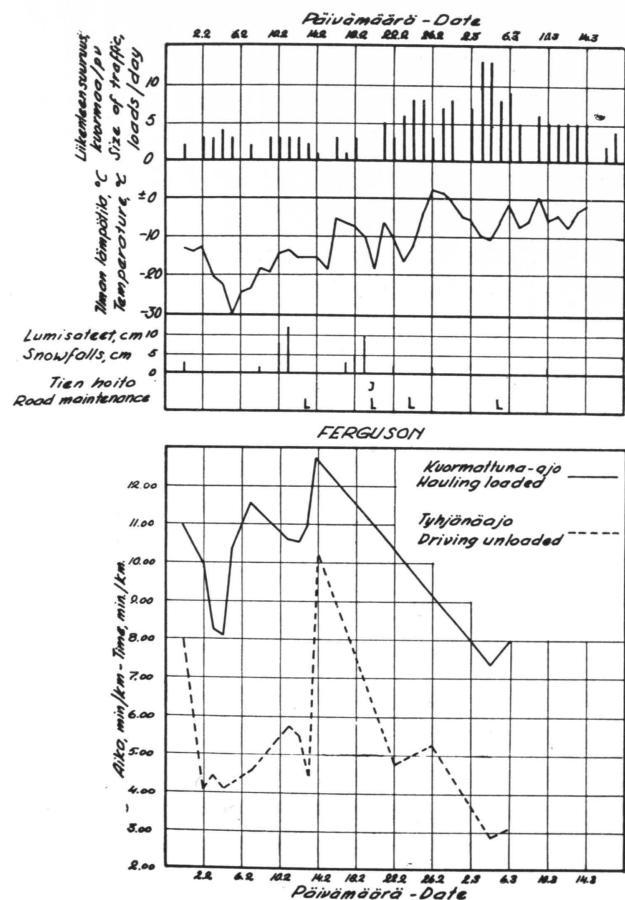
Kuva 41. Tien kaltevuuden keskim. vaikutus 1 km kohden laskettuun kuormattuna- ja tyhjänäajon tehetyöaikaan Kornin ja Ristimäensalon varsiteillä.

Fig. 41. The average effect of road gradient on the productive work time of hauling loaded and driving unloaded, on the main haulage road at Kornin and Ristimäensalo.

kaammin kuormattuna- kuin tyhjänäajoaikaan ja että vaikutus on sitä voimakkaampi, mitä suurempi on kaltevuus. Ylämäessä ajo on luonnollisesti hitaampaa kuin tasaisella ja alamäessä. Jos alamäen jyrkkyys on huomattava, ajoaika muodostuu tietystä kaltevuusrajaista (kuormattunaajossa ehkä n. 4...5 %) alkaen suuremmaksi kuin tasaisella. Traktoria on näet tieltä suistumis- ja kaatumisvaaran vuoksi jarrutettava sekä jarruilla että hidasta vaihdetta käyttämällä. Lisäksi ajan suurenemiseen vaikuttaa alamäkien mahdollinen hiekoittaminen (jota tosin kokeilutyömailla ei ollut tarpeellista käyttää).

Ilman lämpötilan, lumisateiden, tienhoitotoimenpiteiden ja kuljettajien ammattitaidon lisääntymisen vaikutuksen selvittämiseksi ajoaikoihin on laadittu kuva 42 (s. 158), josta ilmenevät Kornin Fergusonin 1 km kohden laskettujen ajon tehetyöaikojen päivittäiset vaihtelut ajokauden aikana samoin kuin liikenteen suuruuden ja ilman lämpötilan vaihtelut sekä sade- ja tienhoitopäivät.

Kornista on havaittavissa 10.—11. 2. sattuneen voimakkaan lumisateen (yht. n. 20 cm uutta lunta) suurentaneen huomattavasti tyhjänäajon tehetyöaikaa. 13. 2. suoritetun lanauksen jälkeen tyhjänäajoaika on suu-



Kuva 42. 1 km kohden lasketut Kornin Fergusonin kuormattuna- ja tyhjänäajon tehotyöajat päivittäisinä keskiarvoina sekä liikenteen suuruus, ilman lämpötilä, sateet ja tienhoitotoimenpiteet eri päivinä ajokauden aikana. — L = lanaus. J = jyräys.

Fig. 42. The productive work times, calculated per km. unit, of hauling loaded and driving unloaded of the Ferguson tractor used at Korni, in terms of daily averages, and the volume of traffic, the air temperature, precipitation, and road maintenance work on different days during the haulage season. — L = dragging. J = rolling.

rin (14. 2.), mutta pienenee sen jälkeen jatkuvasti aina 4. 3. asti. Kuormattuna-ajoaikojen vaihtelut ovat pienemmät, mutta sama suunta on havaittavissa.

Ristimäensalosta ajoaikojen vaihteluissa ei ole todettu yhtä selvää suuntaa, koska lumen niukkuus ajoradalla häyttasi jatkuvasti liikennettä.

Maaliskuun alkupäivinä satanut, tosin vähäinen lumimäärä näyttää kuitenkin lyhentäneen ajoaikoja.

Vaikuttaa siltä, että matkayksikköä kohden lasketut ajoajat lyhenivät kevättä kohti. Syinä ovat kuljettajien ammattitaidon lisääntyminen ja ajoradan parantuminen liikenteen johdosta. — Ilman lämpötilan ja ajoradan välillä ei sen sijaan näytä olevan välitöntä riippuvuutta. Korniassa tosin oli havaittavissa, että kova pakkanen lisää vetokitkan ja liukumiskitkan välistä suuruuseroa ja tekee siten mahdolliseksi ylittää täydellä kuormalla sellaisia nousuja (6 %), jotka leudolla ilmalla ovat liian suuria. Lisäksi ajorata on sitä kovempi ja kiinteämpi, mitä kovempi on pakkanen. — Päivälämpötilan kohoaminen lämpöasteiden puolelle keväällä sulattaa polanteen pintaa ja saattaa siten jossakin määrin alentaa ajoradan kuntoa ja vastaavasti ajonopeutta.

Lumisateet lisäävät ajoaika sitä enemmän, mitä runsaammin löysää lunta kertyy ajoradalle. Lumisateiden jälkeen suoritettu lanaus suurentaa niin ikään väliaikaisesti ajoaika. Suurentuminen on sitä lyhytaikaisempi, mitä vähemmän irtolunta ajoradalla on ennen lanausta ollut ja mitä runsaammin lanauksen jälkeen tiellä liikennöidään. Poikkeuksena ovat kuitenkin tapaukset, joissa lumen niukkuus on ennen sadetta ollut ajoajan minimitekijä (Ristimäensalo). — Pelkkää ajonopeutta ajatellen polannetien auraaminen hoitotarkoituksessa olisi ilmeisesti lanausta edullisempi, koska sen vaikutus tien kuntoon on nopeampi kuin lanauksen ja liikenteen, mutta kuljetuksen taloudellisuuden kannalta lanaaminen puoltaa paikkaansa erityisesti aukealla olevilla tien osilla.

Pahimmankaan lumimyrskyn ajaksi liikennettä varsitiellä ei saisi keskeyttää, koska tie silloin pysyy suhteellisen kauan vajaakuntoisena ja ajoajat pysyvät vastaavasti suurina.

Ennen kuormattuna-ajon tehotyöajan ja kuorman suuruuden välisen riippuvuuden tarkastelua on syytä kiinnittää huomiota tekijöihin, joista kuorman suuruus riippuu. Aikaisemmin on käsitelty kysymystä traktorin vetokyvyn (s. 44) ja sääolosuhteiden (s. 40) kannalta yleisesti.

Vetokykyyn on todettu taka-akselin kuormittamisella olevan huomattava vaikutus. Taka-akselin kuormitukselle puolestaan asettaa rajan takarenkaiden kestävyys. — Renkaiden kuormituskestävyys ei kuitenkaan suoranaisesti määrää kuorman maksimisuuruutta, koska reenin jalak-sia yhdistävän pankon sijoituskohta lavaan nähden samoin kuin puoliperävaunun akselin kiinnityskohta voidaan valita sellaisiksi, ettei kestävyysrajaa ylitetä. Esim. 11 × 36" renkailla varustetun Fordson Majorin taka-akselilla voidaan sallia 2 440 kg kuormitus, jos renkaissa on 1.27 ilma-

kehän paine (Skog 1955). Kun traktorin omasta painosta on taka-akselin varassa n. 1 400 kg, kuormauslaite painaa n. 190 kg ja kuljettaja n. 85 kg, merkitsee tämä sitä, että kuorman bruttopainosta saisi taka-akselin varassa olla n. 765 kg. Jos traktorissa on puolitelaketjut, kuormitus saa olla jonkin verran suurempi, koska osa taka-akselin kuormituksesta jakaantuu »apupyörien» kannettavaksi. Kuinka paljon suurempi kuormitus voidaan sallia, on toistaiseksi selvittämättä.

Kysymys kuorman maksimisuuruudesta muotoutuu tällöin kysymykseksi siitä, riittääkö em. akselipaino puolitela- tai kitkaketjut huomioon otettuina synnyttämään riittävän vetokitkan (vrt. s. 44) kuorman saamiseksi liikkeelle. Puolireet on yleensä konstruoitu siten, että traktori vetää lavan kuormineen ensin liikkeelle, ja se hilaketjujen kiristyttyä, tempaa jalakset mukaansa. Näin ollen olisi tunnettava vetokitkan ja lavan sekä jalaksia yhdistävän pankon kosketuskohdan liukumis- tai vierimiskitkan (joissakin reissä käytetään kosketuskohdissa rullia) välinen suuruusero. Jälleen ollaan kysymyksessä, josta toistaiseksi riittävät tiedot puuttuvat.

Jos oletetaan, ettei liikkeelle lähdön vaikeus määräisi kuorman maksimisuuruutta tietyn tyyppisellä ja kokoisella traktorilla, päädytään siihen, että se riippuu tien huonoimmasta osasta. Huonoimpana osana voi olla liian suuri ylämäki, harvemmin alamäki, pehmeä ajoradan kohta, johon traktori helposti kaivautuu, taikka kuoppainen, kivikkoinen tai kannokoinen tien osa, jonka polannekerros on riittämätön peittämään mainittuja esteitä. Yleensä tien huonoin osa sijaitsee metsässä, palstateiden osuudella. Huonoimman tien osan vaikutusta kuorman suuruuteen koskevat tiedot ovat niin ikään puutteellisia. Tosin on voitu todeta, että suurin ylämäki, mistä traktorit keskim. selviävät täydellä rekikuormalla, on n. 4 % (Korni), ellei tiessä sillä kohdalla ole muita haitallisia tekijöitä. — Kysymyksen selvittämistä vaikeuttaa kuljettajan asennoituminen tiellä oleviin vaikeuksiin ja kyky välttää niitä. Jos esim. kuljettaja ajaa traktorin niin pahoin kiinni, että kuorma on irti pääsemiseksi purettava, hän todennäköisesti kuljettaa sen jälkeen traktorin kuljetuskyvyn kannalta liian pieniä kuormia kiinni juuttumisen pelossa sekä sen vuoksi, että pienemmän kuorman purkamisen ja uudelleen kuormaaminen on nopeampaa kuin suuren. Kuorman suuruuteen vaikuttaa myös palkkauksen järjestely. Jos kuljetus suoritetaan aikapalkalla (kuten huomattavalta osalta kokeilutyömailla tapahtui), kuljettaja esim. ruoka-ajan lähestyessä jättää kuorman vajaaksi ehtiäkseen ajoissa ruokailuun.

Edellä esitetyistä syistä kuorman suuruuskysymystä on tässä vaiheessa tyydyttävä tarkastelemaan kuljetettujen kuormien suuruusvaihteluiden puitteissa.

Aikaisemmasta on ilmennyt, että ilman lämpötila kuvastaa toisaalta kitkan suuruutta, toisaalta tien kuntoa. — Liitteessä 13 (s. 310) on esitetty kuorman suuruuden ja ilman lämpötilan välinen korrelaatio Kornista.

Sen perusteella saattaisi olettaa, että kovalla pakkasella on lievästi kuorman kokoa alentava vaikutus. Kun otetaan huomioon ne monet tekijät, joista kuorman suuruus riippuu, sekä taulukoissa esiintyvä suuri hajonta, päädytään siihen, että ilman lämpötilalla ei ilmeisesti ole sanottavaa vaikutusta kuorman kokoon. Tulos on siis päinvastainen kuin hevoskuljetuksessa, jossa vetäjä on kuorman painoon nähden suhteellisesti heikompi.

Keskimääräiset kuorman suuruudet sekä maksimikuormat on kokeilutyömailta esitetty traktoreittain taulukossa 48 (s. 162). — Pinotavaran keskim. paino oli punnitusten mukaan 584 kg/p-m³ ja tukkien 32 kg/j³ (Korni).

Ajattaessa tavaraa traktorilla välivarastosta kuormat ovat olleet yleensä suurempia. ARNKILIN (1951) mukaan A. Ahlström Osakeyhtiön työmaalla Sukevalla eri traktoreilla kuljetettujen kuormien koot olivat taulukossa 49 (s. 163) esitettyä suuruusluokkaa. Kuormien painot on laskettu olettaen sahatukkien tilavuuspainoksi 32 kg/j³ ja kuivan pinotavaran painoksi 400 kg/p-m³.

Syyt kokeilutyömaiden pienempiin kuormiin ovat helposti osoitettavissa. Kuljettajilla ei ollut aikaisempaa tottumusta puutavaran traktori-kuljetuksessa, kun sen sijaan Sukevalla on useana vuotena aikaisemminkin suoritettu traktorikuljetuksia. Toiseksi Sukevalla käytetty urakkapalkkaus on vaikuttanut asiaan. Kolmanneksi Kornin aukeilla paikoilla olevien tien osien ajorata oli tiivistetty liian kapeaksi (vrt. s. 53) ja Ristimäensalossa lumen puute häytti kuormitusta. — On todennäköistä, että palstateilta alkavassa kuljetuksessa kuormat ajan mittaan muodostuvat samansuuruisiksi kuin välivarastosta ajossa.

Kuorman suuruuden ja matkayksikköä kohden lasketun keskimääräisen kuormattuna-ajon tehotyöajan välistä riippuvuussuhdetta valaisee liite 14 (s. 310), joka on laadittu Ristimäensalosta.

Vaikka kuvassa olevan korrelaatiotaulukon ajoaikoihin on vaikuttamassa muitakin tekijöitä kuin kuorman suuruus, osoittavat ne kuitenkin, että tällä tekijällä ei kokeilutyömaiden olosuhteissa ja esiintyneissä kuor-

Taulukko 48. Traktoreiden nettokuormien suuruudet Kornissa, Ristimäensalossa sekä Pelkosenniellä ja Kolarissa tutkimusten aikana.

Table 48. The size of the net tractor loads at Korn, Ristimäensalo, and Pelkosenniemi and Kolari during the investigations.

Traktori Tractor	2-m tuore pinotavara — 2-metre green cordwood								Pinotavararanka ¹ Cordwood long log			
	Korni				Ristimäensalo				Ristimäensalo			
	Kuormien nettosuuruus — Net size of loads											
	maks. maximum		keskim. average		maks. maximum		keskim. average		maks. maximum		keskim. average	
	p-m ³ piled cu.m.	kg	p-m ³ piled cu.m.	kg	p-m ³ piled cu.m.	kg	p-m ³ piled cu.m.	kg	p-m ³ piled cu.m.	kg	p-m ³ piled cu.m.	kg
DVB ...	—	—	—	—	15.0	8 760	10.5	6 132	9.6	5 606	7.2	4 205
FAM ...	—	—	—	—	—	—	—	—	12.4	7 242	8.2	4 789
FEG	13.5	7 884	10.1	5 898	11.0	6 424	8.7	5 081	13.8	8 059	8.1	4 730
FOM ...	15.5	9 052	12.3	7 183	—	—	—	—	15.4	8 994	9.7	5 665
NUF ...	—	—	—	—	19.0	11 096	10.1	5 898	17.3	10 103	10.3	6 015
STR	—	—	—	—	—	—	—	—	9.3	5 431	6.5	3 796
VVO	20.0	11 680	12.6	7 358	—	—	—	—	—	—	—	—
Keskim. Average			10.8	6 307			9.9	5 782			9.0	5 256
	Tukit — Logs											
	Korni ²				Pelkosenniemi				Kolari			
	j ³ cu.ft.	kg	j ³ cu.ft.	kg	j ³ cu.ft.	kg	j ³ cu.ft.	kg	j ³ cu.ft.	kg	j ³ cu.ft.	kg
FOM ...	198	6 336	136	4 352	404	12 928	367	11 744	282	9 024	230	7 360

mansuuruusluokissa ole keskimäärin ollut olennaista vaikutusta kuormatuna-ajokaan. Suurikokoinen kuorma hidastaa ajoa ilmeisesti vain tapauksissa, joissa on kysymys sellaisesta suuruusluokasta, että se traktorin vetokyky ja tien laatu huomioon otettuina pakottaa käyttämään hitaampaa vaihdetta.

¹ Muunnettu vastaamaan 2-m pinotavaraa suhteella 1 k-m³ = 1.37 p-m³. — Converted to 2-metre cordwood at 1 solid cu.m. = 1.37 piled cu.m.

² Traktori alikuormitettuna puolitelaketjujen puuttumisen vuoksi. — Tractor under-loaded because of the absence of half-tracks.

Taulukko 49. Traktoreiden nettokuormien suuruudet välivarastosta kuljetuksessa Sukevalla talvella 1951.
Table 49. The sizes of the net tractor loads hauled from the intermediate storage at Sukeva in winter 1951.

Traktori Tractor	Kuorelliset sahatukit — Unbarked softwood logs						Kuiva pinotavara — Seasoned cordwood					
	Kuormat keskim. Loads on an average			Suurimmat — Largest			Kuormat keskim. Loads on an average			Suurimmat — Largest		
	j ³ cu.ft.	kg		j ³ cu.ft.	kg		p-m ³ piled cu.m.	kg		p-m ³ piled cu.m.	kg	
DVB	—	—	—	—	—	—	16...17	6 400...6 800	18	7 200	—	
FOM	320...350	10 240...11 200	380...400	12 160...12 800	—	—	20...24	8 000...9 600	28...31	11 200...12 400	—	
FEG	240...250	7 680... 8 000	300	9 600	—	—	16	6 400	19	7 600	—	
STR	300...330	9 600...10 560	380	12 160	—	—	—	—	—	—	—	

Yhteenvedona ajon tehotyöajasta voidaan edellisen perusteella todeta:

1. Matkayksikköä kohden laskettu ajoaika riippuu ratkaisevasti siitä ajoaikaan vaikuttavasta tekijästä, joka kulloinkin on minimissä. Kun minimissä oleva tekijä vaihtuu useasti, vieläpä saman ajokerran aikana, on vaikeata osoittaa selvää riippuvuutta tietyn tekijän ja ajoajan välillä. — Jos esim. tie on hyvä ja kysymyksessä on ajo tyhjänä, traktorin teknillinen maksiminopeus on tavallisesti minimitekijä.
2. Useimmiten tien laatu tai kunto on minimitekijänä. — Tien ominaisuuksista ajoradan kiinteys ja tasaisuus riippuvat polanteen syvyydestä ja ilman lämpötilasta. Tien pohjan epätasaisuuksia peittämään riittämätön polanteen syvyys pidentää sekä kuormattuna että tyhjänäajoaika. Kun polannekerros on riittävä, ei sen syvyyden lisääntyminen ilmeisesti aiheuta enää muutoksia ajoaikoihin. Ilman lämpötilan laskiessa polanneajoradan kiinteys lisääntyy. Ajoaika ilmeisesti lyhentyä ajoradan kiinteiden kasvaessa tiettyyn rajaan asti (lämpötila n. -18°C), jonka jälkeen tämä tekijä ei enää aiheuta muutoksia. Tien kaltevuuden vaikutus on kuormattuna-ajokaan suurempi kuin tyhjänäajoaikaan. Ajamenekki on ylämäessä suurempi kuin tasaisella ja loivassa alamäessä ja sitä suurempi, mitä jyrkempi ylämäki on. Sikäli kuin pienestä aineistosta voi päätellä, ajoaika on pienin loivassa (n. $+1...+4\%$) alamäessä, mutta suurenee alamäen jyrkkyyden lisääntyessä.
3. Kuorman suuruuden vaikutus kuormattuna-ajokaan on keskim. kuormansuuruusluokkien ollessa kysymyksessä suhteellisen vähäinen lukuun ottamatta tien osia, joilla traktorin vetokyvyn parantamiseksi tai ajoradalla pysymiseksi on pakko käyttää hitaita vaihteita.
4. Sangen tuntuva vaikutus ajoaikoihin on ilmeisesti kuljettajan ammattitaidolla ja kyvyllä arvioida tilanne oikein.
5. Kuljetettava puutavaralaji ei sellaisenaan vaikuta ajoaikoihin, mutta kuorman nettopainolla ja sen jakaantumisella ajoneuvossa on vaikutuksensa (kuorman suuruuskysymys, kohta 3).
6. Ilmeisesti ajomatkan piteneminen vaikuttaa matkayksikköä kohden laskettuun ajoaikaan lyhentävästi (vrt. Kornin, keskim. 3.2 km, ja Ristimäensalon, keskim. 6.4 km).
7. Keskimääräisenä varsitiellä ajon tehotyöaika (J_{act}) (kuormattuna- (J_{ct}) ja tyhjänäajon (J_{at}) keskiarvo) voitaneen käyttää 4.84 min/km.

Keskeytykset

Varsitiellä ajon aikana sattuu luonnollisesti aina myös keskeytyksiä. Kokeilutyömailla niitä oli tavallista runsaammin, koska kokemukset sekä teiden rakentamisesta että kuljetusten suorittamisesta olivat puutteellisia.

Keskeytysten määrät on laskettu erikseen tyhjänä- ja kuormattuna-ajon osalta. Indikaattorina on käytetty sekä keskeytystiheyttä 10 km matkaa kohden että niihin kuluvaan aikaan samaa matkayksikköä kohden.

Keskeytystiheys kummaltakin työmaalta sekä kuormattuna- että tyhjänäajon osalta on esitetty taulukossa 50.

Kummankin työmaan keskimääräisen keskeytystiheyden välillä on sangen vähän eroa, ellei laskelmissa oteta huomioon ilman puolitelakettuja Kornin työmaalla ajanutta Fordson Major Diesel traktoria. Kuten luonnollista, keskeytystiheys on kuormattuna-ajon aikana ollut suurempi kuin tyhjänäajon aikana.

Keskeytysaikojen pituudet on esitetty traktoreittain taulukossa 51 (s. 166). — Keskimääräisten keskeytysaikojen jakaantuminen eri syiden kesken ilmenee taulukosta 52 (s. 167).

Taulukko 50. Varsitiellä ajossa sattuneiden, 10 km ajomatkaa kohden laskettujen keskeytysten lukumäärä Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 50. The number of interruptions per 10 km. haul occurring in hauling on the main haulage road at Kornin and Ristimäensalo.

Traktori Tractor	Korni	Ristimäensalo	Korni	Ristimäensalo
	Kuormattuna-ajo Hauling loaded		Tyhjänäajo Driving unloaded	
	Keskeytyksiä, kpl/10 km Interruptions per 10 km.			
DVB	—	3.1	—	2.8
FEGP	2.5	2.1	2.0	2.0
FEGD	—	4.6	—	4.2
FOMP	3.3	—	0.9	—
FOMD	4.0	1.4	5.0	3.1
NUF	—	3.1	—	2.8
STR	—	3.8	—	2.0
VVO	3.1	—	2.9	—
Keskim. — Average	2.8 ¹	3.0	2.3 ¹	2.2

¹ Ilman FOMD traktoria. — Without FOMD tractor.

Taulukko 51. Varsitiellä ajossa sattuneiden, 10 km ajomatkaa kohden laskettujen keskeytysten vaatima aika Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 51. The time per 10 km. haul consumed by interruptions in hauling on the main haulage road, at Korn and Ristimäensalo.

Traktori Tractor	Kuormattuna-ajo Hauling loaded			Tyhjänäajo Driving unloaded			Keskimäärin Average	
	Aineisto, ajokm Material, haulage km.	Keskeytysaika Interruption time		Aineisto, ajokm Material, haulage km.	Keskeytysaika Interruption time		Keskeytysaika Interruption time	
		min/ 10 km	% teho- työajasta % of pro- ductive work time		min/ 10 km	% teho- työajasta % of pro- ductive work time	min/ 10 km	% teho- työajasta % of pro- ductive work time
Korni								
FEGP	93.34	26.50	27.4	69.05	4.60	10.5	17.19	23.2
FOMP	18.43	20.20	21.6	11.34	8.10	23.2	15.60	21.9
FOMD	34.98	32.80	37.6	28.51	32.40	47.0	32.60	41.3
VVO	65.47	9.40	10.7	58.15	14.00	36.8	11.56	25.6
Ristimäensalo								
DVB	36.00	9.80	19.5	17.90	1.60	4.5	7.08	15.7
FEGP	29.30	3.70	5.2	19.60	2.00	5.2	3.01	5.2
FEGD	58.50	13.90	28.0	23.80	6.90	14.9	11.87	24.5
FOMD	84.40	11.10	19.3	57.60	2.00	4.3	7.41	14.0
NUF	6.10	3.70	5.5	5.00	1.90	4.1	2.89	5.0
STR	13.10	7.40	15.6	10.00	0.50	1.3	4.41	10.3

Syiden tarkastelu paljastaa ne puutteet ja virheet, joita kokeilutyömaiden järjestelyssä esiintyi, sekä kaluston rakennetta koskevat heikkoudet. — Kornin työmaalla sattuneista keskeytyksistä olisi ilmeisesti varsitiien oikealla mitoittamisella ja rakentamisella, jos aikaisempaa kokemusta olisi ollut, voitu välttää

- tien kapeudesta,
- puuhun kiinni ajosta,
- ajoradan väärästä sivukaltevuudesta sekä
- polanteelta ajosta johtuvat.

Sivuutuspaikkojen rakentaminen aukeilla paikoilla sijaitseville tien osille olisi todennäköisesti lyhentänyt odotus- ja sivuutusaikoja. Niin ikään kuljettajien tottumuksen lisääntyminen on omiaan vähentämään keskeytysaikoja.

Ristimäensalossa, jossa ajo lumen puutteen vuoksi tapahtui erittäin vaikeissa ja tavallisuudesta poikkeavissa olosuhteissa, olisi myös osa kes-

Taulukko 52. Varsitiellä ajossa sattuneiden, matkayksikköä kohden laskettujen keskeytysten suhteellinen jakaantuminen eri syiden kesken Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 52. The proportional distribution, per unit of distance, of the interruptions occurring in the hauling and driving operation on the main haulage road, by the causes, at Korn and Ristimäensalo.

Keskeytyksen syy Reason for interruption	Korni ¹		Ristimäensalo	
	Kuormat- tuna-ajo Hauling loaded	Tyhjänä- ajo Driving unloaded	Kuormat- tuna-ajo Hauling loaded	Tyhjänä- ajo Driving unloaded
	Aineisto, ajokm — Material, haulage km.			
	177.24	138.54	227.40	133.90
	Osuus, % — Proportion, %			
Tien korjaus — Road repairs	16	5	0	—
Tien kapeus — Narrowness of road	2	—	—	—
Lumen puute — Lack of snow	—	—	35	3
Tien pehmeys — Softness of road	4	—	—	—
Ylämäki — Uphill	8	—	—	—
Puuhun tarttuminen — Stuck against a tree	—	6	—	—
Polanteelta ajo — Driving off from the roadway	28	—	—	—
Polttoaineen täydennys — Fuel addition	—	38	—	—
Puolitelaketjujen korjaus — Repairing half-tracks	—	—	36	0
Traktorin huolto — Tractor maintenance	6	3	1	3
Vetokoukun korjaus — Draught hook repairs	—	—	1	—
Jäähdytysveden kiehuminen — Cooling water boiling	—	8	—	2
Renkaan puhkeaminen — Break of tire	—	—	4	—
Reen särkyminen ja korjaus — Sleigh breakage and repairs	1	—	2	21
Kuorman korjaus — Adjustment of load	6	—	1	—
Työvälineen putoaminen — Dropping a tool	—	1	1	4
Toisen traktorin odottaminen — Waiting for another tractor	25	22	4	12
Muu odotus — Other waiting	4	10	0	5
Sivuutus — Passing	—	7	4	12
Työnjohtajan keskeytys — Interruption by foreman	—	—	1	—
Kuljettajan vaihto — Changing the driver	—	—	—	1
Suunnittelu — Planning	—	—	3	36
Lepääminen — Rest	—	—	5	—
Muu — Other	0	—	2	1
Yhteensä — Total	100	100	100	100

¹ Ilman FOMD traktoria — Without FOMD tractor.

keytyksistä voitu välttää. Sellaisia olivat mm. osa rekikaluston ja puolitelaketjujen prototyypin heikkoudesta johtuvista pysähtymisistä. Tiestä johtuvat keskeytykset olisivat todennäköisesti jääneet erittäin vähäisiksi, jos lunta olisi ollut 15...20 cm enemmän.

Kuormattuna-ajon aikana on keskeytyksiin Kornissa kulunut matkayksikköä kohden keskim. yli kaksi kertaa ja Ristimäensalossa yli neljä kertaa niin paljon aikaa kuin tyhjänäajon aikana.

Keskeytysten syyt on jaettu neljään ryhmään ja laskettu näiden syyryhmien suhteellinen osuus keskeytysten kokonaismäärästä taulukkoon 53 (s. 170). Rajankäynti siitä, mihin ryhmään mikin syy on luettava, on tietenkin vaikeata. Esim. polanteelta ajo saattaa johtua joko ajoradan ka-peudesta taikka kuljettajan taitamattomuudesta tai huolimattomuudesta. Tästä huolimatta ryhmittely selventää käsitystä vältettävissä olevista keskeytysajoista.

Voidaan todeta, että kuormattuna-ajon aikana sattuneista keskim. keskeytysajoista on kummallakin työmaalla johtunut huomattava osa (58 ja 33 %) tiestä. Työmaiden varsitiet erosivat toisistaan huomattavasti, kuten aikaisemmin on esitetty. Kornissa oli lumen syvyys tavallista suurempi, kun se Ristimäensalossa oli tavallista pienempi. Kornin varsitiellä ajon 54 keskeytystapauksesta sattui 39 eli 72 % pääasiallisesti aukealla olevilla tien osilla 8–12, joiden ajorata oli aluksi tiivistetty samaan leveyteen kuin metsän suojaamilla tien osilla. Juoksulunta kertyi ajoradalle pitäen sen pinnan pehmeänä ja lisäksi häivyttäen kantavan polanteen ja pehmeän lumen rajan. Kuljettajat joutuivat näin ollen arvioimaan ajoradan sijainnin. Kun aukeitten osien ajorata levitettiin kuljetuksen loppuvaiheessa, tiestä johtuvat keskeytykset myös niiden osalta loppuivat.

Ristimäensalosta on jo aikaisemminkin esitetty, että tien pohjan epätasaisuuksista osa ulottui ajoradan pintaan asti, mikä varsinkin ajokauden alku- ja loppuvaiheessa aiheutti sekä kiinni ajoja että kaluston särkymisiä.

Kalustosta johtuvia keskeytyksiä kuormattuna-ajossa oli Kornissa sangen vähän, kun sen sijaan niiden osuus Ristimäensalossa oli lähes neljännes yhteenlasketusta keskeytysajasta. Kalustovaurioita pyrittiin korjailemaan osittain tyhjänäajonkin aikana, mikä ilmenee tämän keskeytysryhmän suuresta osuudesta (50 ja 29 %). — Kalustovaurioita sekä kaluston korjaukseen ja huoltoon kuluvia aikoja on ilmeisesti mahdollisuus pienentää, jos iltaisin suoritetaan tarpeelliset huoltotarkastukset ja -toimenpiteet. Jos traktorin omistaja on itse kuljettajana, hän tuntee vastuuta kalustostaan ja pitää sen kunnossa. Tästä johtuneen Kornissa Fer-

guson traktorin kaluston syyksi katsottavien keskeytysaikojen vähäisyys. — Mikäli kuljettajat ovat erikseen palkattuja, on ilmeisesti välttämätöntä, että työnjohto valvoo huoltotöiden suorituksen.

Varsitiellä sattuneiden keskeytysten kokonaisajasta lankeaa kuormattuna-ajon osalle n. kaksi kolmannesta kummallakin työmaalla ja tyhjänäajon osalle vain n. kolmannes.

Jos verrataan kummankin työmaan keskim. keskeytysaikoja toisiinsa, voidaan todeta kuormattuna-ajon aikana sattuneiden keskeytysaikojen summan olevan Kornissa lähes kaksinkertainen Ristimäensaloon verrattuna ja tyhjänäajoajan keskeytysten summan olevan yli kolminkertainen viimeksi mainittuun verrattuna. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että pak-sulta polannekerrokselta suistumisen jälkeen joudutaan kauemmin työskentelemään ajoneuvon palauttamiseksi ajoradalle (Kornissa 5.30 min/10 km). Lisäksi sivuutuspaikkojen puute aiheutti Kornissa, jossa sivuuttaminen ilman niitä oli erittäin työlästä, sekä kuormattuna- että tyhjänäajon aikana huomattavia keskeytyksiä (Kornissa »toisen traktorin odotus» kuormattuna keskim. 4.79 min/10 km ja tyhjänä 1.92 min/10 km). — Kummallakin työmaalla johtuu osa odotus- ja sivuutusajoista kokeita seuraamaan suuntautuneista retkeilyistä, joiden vaikutusta aineistosta ei ole kyetty eliminoimaan.

Tehotyöajasta laskettu keskim. kuormattuna-ajon keskeytysaika oli Kornissa n. 21 % ja Ristimäensalossa n. 20 %. Tyhjänäajon keskeytysaika oli edellisellä työmaalla n. 22 % ja jälkimmäisellä n. 6 %.

Jos keskeytysajoista vähennetään tapaukset, jotka varmuudella voidaan osoittaa lumen puutteesta, teiden virheellisestä rakentamisesta, puutteellisesta tai virheellisesti konstruoidusta kalustosta taikka kuljettajien ammattitaidon puutteesta johtuviksi, samoin kuin traktorin sellaisiin huoltotöihin kuluvat ajat, jotka normaalisesti suoritetaan majoituspaikassa, päästään todennäköisesti keskeytysadanneksiin, jotka paremmin vastaavat tulevilta työmailta odotettavissa olevia arvoja. Näin saadut varsitiellä ajon keskeytysadannekset tehdyöajasta laskettuina ovat seuraavat:

Kuormattuna-ajo	4.3 %
Tyhjänäajo	3.4 »
Keskimäärin	4.0 »

Taulukko 53. Varsitiellä ajossa sattuneiden, matkayksikköä kohden laskettujen keskeytysten jakaantuminen syyryhmiin ja syyryhmien suhteellinen osuus keskeytysten määrästä ja ajasta Kornissa ja Ristimäensalossa.

Table 53. The distribution, per unit of distance, of the interruptions occurring in the hauling and driving operation on the main haulage road into causal groups, and the relative proportional occurrence of these groups in the number and length of the interruptions, at Korn and Ristimäensalo.

Syyryhmä Causal group	Korni	Risti- mäen- salo	Keskim. ¹ Average ¹	Korni	Risti- mäen- salo	Keskim. ¹ Average ¹
	Kuormattuna-ajo Hauling loaded			Tyhjänäajo Driving unloaded		
	Osuus keskeytysten määrästä, % Proportion of the number of interruptions, %					
Tiestä johtuvat — Due to road	34	14	24	9	6	7
Kalustosta johtuvat — Due to equipment	21	25	24	26	27	26
Kuljettajan taitamattomuudes- ta tai huolimattomuudesta johtuvat — Due to haulier's lack of skill and carelessness	14	14	14	13	37	26
Muusta johtuvat — Due to other reasons	31	47	38	52	30	41
Yhteensä — Total	100	100	100	100	100	100
	Osuus keskeytysajasta, % Proportion of the length of interruptions, %					
Tiestä johtuvat — Due to road	58	33	47	10	4	9
Kalustosta johtuvat — Due to equipment	7	46	23	50	29	45
Kuljettajan taitamattomuudes- ta tai huolimattomuudesta johtuvat — Due to haulier's lack of skill and carelessness	6	5	6	1	41	10
Muusta johtuvat — Due to other reasons	29	16	24	39	26	36
Yhteensä — Total	100	100	100	100	100	100

¹⁾ Ilman Kornin FOMD traktoria — Without Korn's FOMD tractor.

Kokonaistyöajan menekin laskeminen varsitiellä ajossa

LASKUMENETELMÄ

Kuten jo edellisestä on ilmennyt, varsitiellä ajon työmaa-aika muodostuu kuormattuna- ja tyhjänäajon tehotyöajoista sekä keskeytyksistä, eli yhtälön muodossa esitettynä:

$$(19) \quad T_a = 1.043 \cdot J_{ct} S + 1.034 \cdot J_{at} S \quad \text{min/kuorma,}$$

jossa

$$\begin{aligned} T_a &= \text{varsitiellä ajon työmaa-aika, min/kuorma,} \\ J_{ct} &= \text{kuormattuna-ajoaika varsitiellä, min/km/kuorma,} \\ J_{at} &= \text{tyhjänäajoaika varsitiellä, min/km/kuorma,} \\ S &= \text{leimikon keskim. ajomatka varsitiellä, km.} \end{aligned}$$

Jos ajon tehotyöaikana halutaan käyttää kuormattuna- ja tyhjänäajon keskiarvoa, yhtälö saa muodon:

$$(20) \quad T_a = 2.080 \cdot J_{act} S \quad \text{min/kuorma,}$$

jossa

$$J_{act} = \text{tyhjänä- ja kuormattuna-ajon tehotyöaikojen keskiarvo, min/km/kuorma.}$$

ESIMERKKI LASKUMENETELMÄN SOVELTAMISESTA

Oletetaan, että varsitiellä ajomatka on keskim. 6 km. Työmaa-ajaksi saadaan tällöin:

$$T_a = 2.080 \cdot 4.84 \cdot 6 \sim 60 \quad \text{min/kuorma.}$$

9. Ajokerta-ajan laskeminen

Laskumenetelmä

Ajokerta-aika (T_{akp}) koostuu kuormauksen (T_k) (palstatiin varten tehty pinotavara) tai juonnon ja kuormauksen työmaa-ajasta (T_{jk})

(levälleen tehdyt tukit), purkamisen työmaa-ajasta (T_p) sekä varsitiellä ajon työmaa-ajasta (T_a), eli yhtälön muodossa lausuttuna:

$$(21) \quad T_{akp} = T_k + T_p + T_a \text{ (palstatien varteen tehty pinotavara)}$$

tai

$$(22) \quad T_{akp} = T_{jk} + T_p + T_a \text{ (levälleen tehdyt tukit)}$$

Aikaisemmin on esitetty, miten näiden yhtälöiden eri jäsenten arvot saadaan lasketuiksi.

Esimerkkejä laskumenetelmän soveltamisesta

Oletetaan, että kysymyksessä on 2-m tuoreen pinotavaran kuljetus, että sen kuormaamisen työmaa-aika on s. 115 esitetyn esimerkin mukainen, että sen purkamisen työmaa-aika on s. 147 esitetyn esimerkin mukainen ja että keskim. varsitiellä ajomatka on 10 km. Ajokerran työmaa-ajaksi saadaan tällöin:

$$T_{akp} = 60.51 + 30.23 + 2.080 \cdot 4.84 \cdot 10 \sim 191 \text{ min/kuorma,}$$

eli n. 3 t 11 min/kuorma. Kun keskikuorma tässä tapauksessa on 10 p-m³, on työryhmän kokonaisajanmenekki 19.1 min/p-m³. — Ajokerta-ajasta on kuormauksen osuus 32 %, purkamisen osuus 16 % ja varsitiellä ajon osuus 52 %.

Oletetaan toiseksi tapaus, jossa on kuljetettava vintturijuontoa varten levälleen tehtyjä tukkeja, joiden juonnon ja kuormaamisen työmaa-aika on s. 141 esitetyn esimerkin mukainen ja purkamisen työmaa-aika s. 153 olevan esimerkin mukainen (purkaminen välitelattomaan kasaan, kuorman keskisuuruus 300 j³). Keskiajomatoksi varsitiellä voidaan tässä tapauksessa olettaa 6 km. Ajokerran työmaa-ajaksi saadaan:

$$T_{akp} = 126.23 + 30.33 + 59.95 \sim 217 \text{ min/kuorma,}$$

eli 3 t 37 min/kuorma, mikä tekee 7.2 min/10 j³. — Tässä tapauksessa on juonnon ja kuormauksen osuus 58 %, purkamisen osuus 14 % ja varsitiellä ajon osuus 28 % työmaa-ajasta.

VI Laskelmia hakkuun ja traktorikuljetuksen koordinoimiseksi

1. Kustannusten laskeminen koordinoitua varten

Aikaisemmin on useassa yhteydessä (esim. s. 11) todettu puun korjuun osatöiden riippuvuus toisistaan. Tarkastelemalla osatöitä kokonaisuuden näkökulmasta, koordinoimalla ne, on mahdollisuus löytää kullekin niistä edullisin suoritustapa.

Koordinoinnille voidaan asettaa erilaisia tavoitteita. Jos työvoimasta on puutetta, luonnollisesti etsitään ratkaisuja, joiden vaatima työvoiman menekki on mahdollisimman pieni. Jos pääomien puute on tuotannon minimitekijä, tavoitteena saattaa olla mahdollisimman vähän investointeja kysyvien menetelmien löytäminen. — Seuraavassa koordinoitua ei kuitenkaan suoriteta varsinaisesti työvoimakysymyksen sen paremmin kuin investointitarpeenkaan kannalta, vaan pyritään löytämään ratkaisuja, joihin turvautumalla *kustannukset hakattua ja kuljetettua puutavaran kuutioyksikköä kohden saadaan minimiin*. Tämä tavoite on valittu sen vuoksi, että sekä työn että pääoman osuus tulisivat huomioon otetuiksi ja että saataisiin pohja tuonempana tehtäville eri metsäkuljetusmenetelmien taloudellisuusvertailuille (ks. s. 200).

Käsillä olevan aihepiirin puitteissa koordinoitavatavoitteet voidaan rajoittaa seuraaviksi:

1. Koska pinotavaran palstatien varteen teossa hakkuukustannukset ovat yleensä sitä suuremmat mutta tiekustannukset ja kuormausajokustannukset sitä pienemmät, mitä suurempaa palstatie-etäisyyttä käytetään, olisi löydettävä edullisin palstatie-etäisyys näiden tekijöiden yhteenlaskettujen kustannusten kannalta.
2. Koska tukkien juontokustannukset ovat sitä suuremmat, mutta tiekustannukset ja kuormausajokustannukset sitä pienemmät, mitä

harvempi on palstatieverkko, olisi löydettävä edullisin palstatie-
etäisyys näiden tekijöiden yhteenlaskettujen kustannusten kan-
nalta.

Edellisten lisäksi voitaisiin esittää myös muita aihepiiriin liittyviä
koordinoitavien, kuten edullisimman pinon tai ristikon koon löytä-
minen pinotavaran palstatien varten teon ja traktorirekeen kuormauksen
kannalta, edullisimman traktorikuorman koon löytäminen eri ajomat-
koille, edullisimman työryhmän suuruuden määrittäminen eri olosuhteissa
jne. Niihin ei kuitenkaan tässä yhteydessä puututa.

Hakkuun ja kuljetuksen koordinoimien tarpeellisuutta on selvimmän
tietävästi korostanut ja sellaisen suorittamisessa huomioon otettavia nä-
kökohtia eritellyt MATTSSON MÅRN (1946, ss. 1—3). — Metodisesti koordi-
nointi voidaan suorittaa eri tavoin. SUNDBERG (1952—53, ss. 19—21) on
käyttänyt kustannusyhtälön minimiarvon etsimisessä ko. yhtälön deri-
voitua. Maksimi- ja minimitehtäviä voidaan ratkaista myös graafisesti.
Seuraavassa tyydytäänkin v.m. menetelmään, koska se on havainnollinen
ja antaa tulokset riittävällä tarkkuudella.

Ennen koordinoimien suorittamista on laskettava siinä huomioon otet-
tävien töiden kustannukset ja niiden riippuvuus eri tekijöistä.

Kustannukset tietenkin muuttuvat, jos työssä tarvittavien laitteiden
hinnat, kestävyys, vuotuinen käyttötuntimäärä jne. muuttuvat. Niin
ikään työntekijöiden reaali-palkan muuttuminen aiheuttaa niihin muutok-
sia. Esitettyjä kustannuksia, jotka pohjautuvat v:n 1955 hinta- ja palkka-
tasoon, on näin ollen pidettävä esimerkkeinä ja suoritettua koordinoimien
menetelmänä, jota soveltamalla voidaan saadut tulokset muuntaa perus-
teiden muututtua uusia perusteita vastaaviksi.

Traktorikaluston käyttökustannusten laskeminen

Traktorityö kuuluu niihin töihin, joiden taksat ovat maassamme val-
tiovallan säännöstelytoimenpiteiden ulkopuolella. Kun ko. töistä ei myös-
kään ole työmarkkinajärjestöjen välisiä työehtosopimuksia, taksat muo-
dostuvat käytännössä »kysynnän ja tarjonnan lain» mukaan. Kokeilujen
perusteella kehitetty traktori-metsäkuljetusmenetelmä on niin uusi, ettei
mitään »käytännön taksojakaan» ole olemassa, joten ainoaksi keinoksi jää
traktorikaluston käytöstä aikayksikössä aiheutuvien kustannusten kalky-
lointi ja sen jälkeen työn hinnoittaminen siihen kuluvaan ajan ja aikayk-
sikkökustannusten perusteella.

Traktorikalustosta aiheutuvat kustannukset riippuvat useista teki-
jistä, kuten vuotuisesta käyttötuntimäärästä, ostohinnasta, huollon hy-
vyydestä jne. Kun seuraavassa tehdään ko. kustannuksia koskevat kalk-
kyylit, ne on pyritty laatimaan samojen suuntaviivojen mukaisesti kuin
esim. autojen käyttökustannuksia laskettaessa (esim. STATENS BILTRA-
FIKNÄMND 1952) ja niin varovaisesti, että aikayksikkökustannusten pitäisi
olla riittävän suuret kaluston omistajan kannalta. Toisin sanoen *traktori-
kuljetuksen käyttömahdollisuuksista saatavan kuvan ei pitäisi olla liian opti-
mistinen tämänkään tekijän perusteella.*

Traktorin käyttötuntikustannuksia laskettaessa valitaan tyyppitrak-
toriksi dieselmoottorilla varustettu, n. 2.2 tn painoinen kone, jonka olet-
taan maksavan renkaineen puolireen vetoon soveltuvalla vetokoukulla
varustettuna 420 000: — mk.¹

Traktorin käyttötunteina määritetty elinikä on sitä suurempi, mitä
tehokkaammin konetta käytetään. GLÄSERIN (1951) mukaan voidaan ras-
kaille, metsätöissä käytettäville koneille laskea iäksi 10 000 t, jos korjaus-
kustannukset elinaikana ovat 60 % ilman renkaita olevan traktorin kuo-
letuskustannuksista. Keskiraskaille koneille (moottorin teho 20...30 hv)
hän on laskenut iäksi 7 500 t. DE MÉGILLE (1954b, s. 110) käyttää »Pilot
Committee on Logging Techniques and Training of Forest Workers'in»
suositusten mukaisesti yli 30 hv dieselpyörätraktoreille 10 000 t ja vas-
taavaa tyyppiä oleville, alle 30 hv traktoreille 7 000 t kuoletusaikaa. Jos
traktorit työskentelevät metsässä erittäin vaikeissa olosuhteissa, aikaa
pitäisi hänen mukaansa kuitenkin pienentää 20 %. Varaosa- ja korjaus-
kustannuksiksi hän on kuoletusaikana olettanut em. »Pilot Committeeen»
suositusten mukaisesti niin ikään 60 % ilman renkaita olevan traktorin
tuntia kohden lasketuista kuoletuskustannuksista (s. 116). — REINIKAINEN
(1954, s. 60) laskee traktorin iäksi 6 000 t, jos sitä käytetään 600 t/v ja
varaosa- ja korjauskustannukset ovat 30: — mk/t. — Edellisen perus-
teella voitaneen 6 000 t ikää pitää metsäkuljetukseen käytettävälle trak-
torille sopivana ja olettaa käyttötuntimäärän olevan keskim. 600 t/v, jos
varaosa- ja korjauskustannukset lasketaan GLÄSERIN ja DE MÉGILLEN
esittämällä tavalla.

Kuoletuskustannuksia laskettaessa käytetään seuraavassa yleisesti hy-
väksyttyä menetelmää, jossa ilman renkaita olevan traktorin hankinta-
hinnasta vähennetään romuarvo (jälleenmyyntiarvo), jonka oletetaan ole-
van 10 % edellisestä, ja siten saatu summa jaetaan käyttöiän tuntimäärällä.

¹ Esim. Fordson Major Diesel maksaa nykyisin (v. 1955) 401 100: — mk ja siihen
soveltuva vetokoukku 8 700: — mk.

Renkaiden iäksi voidaan olettaa 6 000 käyttötuntia (vrt. DE MÉGILLE, 1954b, s. 115) ja niiden hinnaksi 77 500: — mk traktoria kohden (liikevaihtoverovapaat uuden traktorin ollessa kysymyksessä). — Koron suuruudeksi oletetaan 8 % ja korkokustannukset lasketaan alenevasta pääomasta.

Polttoaineen kulutus riippuu paitsi moottorityypistä ja sen hevosvoimamäärästä myöskin moottorin kuormitusasteesta sekä siitä, miten suuren osan työajasta kone on käynnissä. Kuljetustyössä, jossa moottorin keskimääräinen kuormitusaste on verraten alhainen ja paluuajo suoritetaan ilman kuormaa, polttoaineen kulutus on suhteellisen pieni. Eräällä Pohjois-Suomen työmaalla, jossa n. 2.2 tn dieseltraktoreilla ajettiin puutavaraa välivarastosta, traktoreiden todettiin kuluttaneen 2 268 työtunnin aikana keskim. 2.09 ltr/t (PARTANEN 1955). Kulutuksen alhaisuus johtui osittain myös siitä, että työajaksi luettiin sekin aika, jolloin traktorit seisoivat kuormaus- ja purkamispaikoilla. Traktoreiden käytöstä Matkun kartanossa suoritetuissa vertailukokeissa (SIPILÄ-UOTILA 1954, ss. 641—669) Fordson Major dieseltraktoreiden todettiin kuluttaneen siirtotyössä kuormattuna-ajon aikana (kuorma 5 860 kg) 4.56 ltr/t kaasuoiljyä. Kuljetus suoritettiin perävaunulla lämpimänä vuodenaikana.

Koska moottorin käynnissäoloaika ja siis myös keskimääräinen polttoaineen kulutus vaihtelevat suuresti eri ajomatkoilla, seuraavissa laskelmissa on polttoainekustannukset otettu huomioon vain sinä aikana, jolloin moottori on käynnissä. Näin saadaan eri ajomatkojen traktorikuljetuskustannukset oikeampaan suhteeseen keskenään. Keskimääräiseksi polttoaineen kulutukseksi on tällöin traktorin liikkeellä ollessa oletettu 4 ltr/t, jonka pitäisi tyhjänäajo huomioon otettuna olla tyyppitraktorille täysin riittävä. Traktorin suorittaessa juonto- ja kuormaustyötä, joissa moottorin kuormitusaste on alhaisempi kuin ajon aikana, polttoaineen kulutukseksi on oletettu 3.07 ltr/t. Kaasuöljyn hinnaksi on oletettu 21: 50 mk/ltr.¹

Voiteluaineen kulutukseksi oletetaan 0.25 ltr/t (vrt. esim. SIPILÄ-UOTILA 1954, s. 657) ja sen hinnaksi 110: — mk/ltr.

Edellisten lisäksi aiheutuu vielä kustannuksia säilytyksestä, mahdollisesta vakuutuksesta, rekisteröimisestä jne. Tämänäyttypisten kustannusten suuruudeksi arvioi REINIKAINEN (1954, s. 60) 4 000: — mk/v. Seuraavassa oletetaan niiden nousevan 8 000: — mk:aan/v.

Traktorin kuljetus työmaalle on niin ikään otettava kustannustekijänä

¹ Hinta (1955) esim. Jyväskylässä 21: — mk/ltr.

huomioon. Kuljetuskustannukset riippuvat luonnollisesti kuljetusmatkan pituudesta, kuljetusreitien laadusta sekä aikayksikköä kohden laskettuina siitä, miten kauan työtä riittää samalla työmaalla. — Koska traktoreita on yleensä saatavissa työmaiden läheisyydestä ja kuljetus kestää samalla paikalla tavallisesti useita päiviä, keskimääräisinä kustannuksina voitaneen käyttää 10: — mk/t. — Tullessaan työmaalle traktori tuo muassaan myös reen ja muut tarvittavat varusteet, joten niiden osalta kuljetuskustannusten huomioon ottaminen erikseen on tarpeetonta.

SOSIAALIMINISTERIÖN PALKKAOSASTO (1955) on julkaissut metsäpalkka-
taulukot, joissa on ilmaistu työpäivää kohden lasketut metsätöiden urakka-
normit. Ne vaihtelevat eri palkkausalueilla 1 020: —...1 160: — mk/pv. Traktorin kuljettajan ja apumiehen palkkakustannusten pohjaksi valitaan seuraavassa Länsi- ja Itä-Suomen palkkausalueella käytetty normi 1 020: — mk/pv. Jos metsätöissä työpäivän pituudeksi oletetaan 6.5 t, saadaan urakkatyön tuntipalkaksi sen mukaan 157: — mk. Sitä käytetään apumiehen palkkana. Traktorin kuljettajan työ voidaan katsoa enemmän ammattitaitoa vaativaksi kuin metsätyö yleensä, minkä vuoksi kuljettajalle sopivaksi urakkapalkaksi on valittu 170: — mk/t.

Edellisten perusteella saadaan tyyppitraktorin käyttötuntikustannuksiksi seuraavat:

Kiinteät kustannukset:

Pääoman kuoletus	51: 38 mk/t	
Korot	33: 32 »	
Säilytys, vakuutus yms.	13: 35 »	98: 05 mk/t

Muuttuvat kustannukset:

Varaosat, korjaukset, huolto	30: 83 mk/t	
Polttoaine (ajon aikana)	86: — »	
Voiteluaine	27: 50 »	
Renkaat	12: 92 »	
Kuljetukset työmaalle	10: — »	167: 25 »
Kuljettajan palkka		170: — »
		<u>Yhteensä 435: 30 mk/t</u>

Mainittakoon, että REINIKAINEN (1954, s. 61) on laskenut petrolimoottorilla varustetun, 400 000: — markan hintaisen traktorin, jonka polttoaineen kulutus on tuntuvasti suurempi kuin dieseltraktorin, käyttötuntikustannuksiksi 429: 95 mk/t. — Traktorityön kustannuksia laskettaessa pyöristetään käyttötuntikustannukset seuraavassa 440: — mk:aan.

Polanneajoradan valmistustyössä ja polannetiellä liikennöitäessä tarvittavat puolitelaketjut maksavat tyyppitraktoriin valmistajasta ja rakenteesta riippuen 159 000:—...199 000:— mk, jos ne ostetaan traktorin kanssa samanaikaisesti. Mikäli ne hankitaan erikseen, joudutaan maksamaan liikevaihtovero, jolloin niiden hinta on 198 000:—...237 000:— mk. Seuraavassa oletetaan hinnaksi 200 000:— mk. — Puolitelaketjujen iäksi lasketaan Kanadassa (esim. SUNDBERG 1950) 30 000 ajokm, mikä vastaa n. 2 500 t, jos keskim. ajonopeudeksi oletetaan 12 km/t. Jos käyttötunneiksi lasketaan myös ne tunnit, jolloin traktori seisoo kuormauksen ja purkamisen aikana, puolitelaketjujen ikä olisi pitempi. Kun puolitelaketjujen Suomessa valmistettu kumihihna ei vastaa lujuudeltaan kanadalaista, sopivaksi kuoletusiäksi oletetaan 2 000 t ja korjauskustannusten nousevan kuoletusaikana 50 %:iin hankintahinnasta. (On todennäköistä, että puolitelaketjujen rakenne kehittyy nykyistä kestävämmäksi ja hinnat halpenevat käytön yleistyessä.) Mainittakoon, että valittu korjauskustannussumma riittää esim. kumihihnojen uusimiseen kolme kertaa kuoletusaikana. Ellei puolitelaketjujen romuarvoa oteta huomioon, saadaan edellisen perusteella käyttötuntikustannuksiksi 333 t/v käyttöajan mukaan:

Pääoman kuoletus	100:— mk/t
Korot	28:— »
Korjaukset	50:— »
Yhteensä	178:— mk/t

Pinotavararankojen ja tukkien juonto- ja kuormaustyössä tarvittava kuormaustaite maksaa vinttureineen traktorin kanssa samanaikaisesti hankittuna (ilman liikevaihtoveroa) n. 182 000:— mk ja erikseen ostettuna n. 227 000:— mk (liikevaihtoveroineen). Käyttöiäksi voidaan olettaa 6 000 t (vrt. DE MÉGILLE 1954 b, s. 111) ja korjauskustannuksiksi 50 % kuoletuskustannuksista. Jos vuotuinen käyttötuntimäärä on 400 t ja korko 8 %, saadaan käyttötuntikustannuksiksi 227 000:— mk hankintahinnan mukaan olettamalla romuarvoksi 10 % ostohinnasta seuraavat:

Pääoman kuoletus	34:05 mk/t
Korot	26:32 »
Korjaukset ja huolto	17:03 »
Yhteensä	77:40 mk/t

Myöhemmin esitettävissä laskutoimituksissa käytetään pyöristettyä summaa 80:— mk/t. — Kuormaustaite on suunnilleen saman hintainen eri painoluokan traktoreille.

Traktorireen hinnaksi ilman tukkipankkoja ja laukaistavia sivupylväitä voidaan olettaa 100 000:— mk, iäksi 3 000 t, jos korjauskustannukset ovat kuoletusaikana keskim. 50 % kuoletuskustannuksista, ja vuotuiseksi käyttötuntimääräksi 300 t. Reen romuarvo on verraten vähäinen, joten sitä ei ole tarpeellista ottaa huomioon kuoletuskustannuksia laskettaessa. — Edellisen perusteella saadaan seuraavat käyttötuntikustannukset:

Pääoman kuoletus	33:33 mk/t
Korot	14:67 »
Korjaukset	16:67 »
Yhteensä	64:67 mk/t

Kotona valmistetun reen, jollaisia valtaosa traktorireistä toistaiseksi on, käyttötuntikustannukset ovat keskim. edellä esitettyjä halvemmat. — Myöhemmissä laskutoimituksissa käytetään pyöristettyjä kustannuksia 65:— mk/t. Jos traktori on 1.1 tn painoluokkaa, reki on hieman halvempi ja sen käyttötuntikustannukset ovat n. 60:— mk/t.

Tukkien ja pinotavararankojen kuljetuksessa tarvittavien, laukaistavilla sivupylväillä varustettujen pankkojen hinta on enintään 50 000:— mk liikevaihtoveroineen. Jos niiden iäksi ja vuotuiseksi käyttötuntimääräksi oletetaan samat kuin traktorireelle ja korjauskustannuksiksi 25 % kuoletuskustannuksista, saadaan ilman romuarvon huomioon ottamista niille seuraavat käyttötuntikustannukset:

Pääoman kuoletus	16:67 mk/t
Korot	7:33 »
Korjaukset	4:17 »
Yhteensä	28:17 mk/t

Summa voidaan pyöristää 30:— mk:aan/t. Pankot sivupylväineen ovat suunnilleen saman hintaiset kaikenkokoisiin traktorirekiin.

Ottamalla huomioon eri tehtävien vaatimat varusteet sekä työryhmän rakenteen vaihtelut samoin kuin erot polttoaineen kulutuksessa saadaan edellä esitettyjen premissien mukaan lasketuksi traktoriyön hinta aikayksikköä kohden. Näin lasketut luvut on esitetty taulukossa 54 (s. 180), johon on myös laskettu vastaavien suuntaviivojen mukaisesti aikayksikkökustannukset 330 000:— mk hintaiselle, petrolimoottorilla varustetulle, 1.1 tn painoiselle traktorille.

Taulukko 54. Traktorityön hinta aikayksikköä kohden erilaisissa metsäkuljetukseen liittyvissä tehtävissä.

Table 54. The cost of time unit of tractor work in various tasks associated with forest haulage.

Kysymyksessä oleva työ keskeytykset mukaan luettuina <i>The job in question inclusive of interruptions</i>	Työryhmässä miehiä <i>Men in the work team</i>	Traktorin suuruusluokka, tn — <i>Tractor size class, tons</i>							
		1.1		2.2		1.1		2.2	
		Tietyöt <i>Road work</i>		Pinotavaran kuljet. <i>Hauling of cordwood</i>		Tukkien kuljetus <i>Hauling of logs</i>			
		Työssä tarvittavat välineet — <i>Equipment needed for the job</i>							
		Traktori + puolitelaketjut <i>Tractor + half-tracks</i>		Traktori + puolitelaketjut + reki <i>Tractor + half-tracks + sleigh</i>		Traktori + puolitelaketjut + reki + tukkipankot + kuormauslaite <i>Tractor + half-tracks + sleigh + log bunks + loading device</i>			
Työryhmän kustannukset varusteineen, mk/min <i>Costs of the work team with equipment, Fmks./min.</i>									
Lumen tiivistäminen — <i>Packing the snow . . .</i>	1	9: 71	10: 30	—	—	—	—	—	—
Lanaus — <i>Drag-grading</i>	2	12: 33	12: 92	—	—	—	—	—	—
Juonto — <i>Skidding . . .</i>	2	—	—	—	—	13: 83	15: 50	—	—
Varsinainen kuormaus — <i>Loading proper . .</i>	2	—	—	11: 33	13: 67	13: 83	15: 50	—	—
Kuormausajo — <i>Load-ing-hauling</i>	2	—	—	13: 33	14: —	14: 67	15: 83	—	—
Varsi tiellä ajo — <i>Haul-ing and driving on the main haulage road . .</i>	2	—	—	13: 33	14: —	14: 67	15: 83	—	—
Varsinainen purkamisen — <i>Unloading proper</i>	2	—	—	11: 33	13: 67	13: 17	14: 40	—	—
Purkamisajo — <i>Unload-ing-hauling</i>	2	—	—	13: 33	14: —	14: 67	15: 83	—	—

Myöhemmin esitettävissä koordinointi- (ss. 188—195) ja kustannusvertailulaskelmissa (ss. 200—224) käytetään traktorityölle mainitun taulukon aikayksikkökustannuksia.

Esimerkkinä siitä miten edellä esitettyjen premissien pohjalla lasketut traktorityön kustannukset jakaantuvat työpalkkojen, traktorin ja lisävarusteiden kesken, esitetään seuraava, 2.2 tn dieseltraktoria koskeva asetelma, joka edellyttää kysymyksessä olevan pinotavararankojen tai tukkien ajon palsta- tai varsi tiellä.

Traktori	270: —	mk/t	28 %
Puolitelaketjut	178: —	»	19 »
Kuormauslaite vinttureineen . .	80: —	»	8 »
Reki	65: —	»	7 »
Tukkipankot	30: —	»	3 »
Kuljettaja	170: —	»	18 »
Apumies	157: —	»	17 »
Yhteensä n.	950: —	mk/t	100 %

Traktorin osuus on siis vain n. 28 %, lisävarusteiden n. 37 % ja palkkakustannusten n. 35 %.

Tiekustannusten laskeminen

Tiekustannukset muodostuvat tien pohjan raivauskustannuksista, polanneajoradan valmistuskustannuksista talvella sekä ajoradan hoitokustannuksista.

S. 81 on esitetty arvioitu tien pohjan raivaamisen työmenekki eri maastovaikeusluokissa tiekm kohden. Raivauskustannuksiksi saadaan seuraavat:

1. tien pohjan raivausvaikeusluokka	1 t	à 157: —	157: —	mk/km
2. » » »	14 »	» 157: —	2 198: —	»
3. » » »	27 »	» 157: —	4 239: —	»

Kustannukset, joihin ei sisälly sellaisten tiealueilla olleiden puiden hakkuukustannuksia, joista valmistetaan puutavaraa, on seuraavissa laskelmissa pyöristetty ylöspäin 200: —, 2 500: — ja 5 000: — mk:ksi/km.

Kun tunnetaan pinta-alayksikköä kohden tuleva palstatiemäärä (taulukko 1, s. 35), saadaan lasketuiksi palstatieverkon raivauskustannukset/ha ja kun tunnetaan pinta-alayksiköltä korjattava puutavaramäärä, saadaan lasketuiksi vastaavat kustannukset hakattavaa ja kuljetettavaa kuutioyksikköä kohden. Näin lasketut kustannukset on pinotavaran osalta esitetty taulukossa 55 (s. 182).

Kun *palstatieverkko on tarkoitettu pysyväksi*, sen perustamisesta aiheutuvia kustannuksia ei olisi tarpeellista kuolettaa yhden hakkuun aikana korjattavalla puutavaramäärällä, kuten tässä yhteydessä on tehty.

Polanneajoradan rakentamisen työmenekki on esitetty ss. 82—88. Sen voidaan olettaa olevan keskimäärin riippumaton maaston vaikeu-

Taulukko 55. Palstatieverkon raivaamisesta aiheutuvat kustannukset palstatiien pohjan eri raivausvaikeusluokissa ja eri palstatie-etäisyyttä käytettäessä. Palstojen syvyys 500 m.

Table 55. The costs incurred in clearing the strip road network for the different clearing difficulty classes of the strip road beds and for different distances between strip roads. Depth of the strips 500 m.

Palstatiien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed	Palstateiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.					
	30	40	50	60	70	80
	Raivauskustannukset, mk/ha — Clearing costs, Fmks./ha.					
1	71:—	54:—	44:—	37:—	33:—	29:—
2	883:—	675:—	550:—	468:—	408:—	363:—
3	1 766:—	1 350:—	1 100:—	936:—	816:—	726:—
P-m ³ /ha Piled cu.m./ha.	Raivauskustannukset, mk/p-m ³ — Clearing costs, Fmks./piled cu.m.					
Palstatiien pohjan 1. raivausvaikeusluokka — 1st clearing difficulty class of the strip road bed						
12	5:92	4:50	3:67	3:08	2:75	2:42
22	3:23	2:45	2:00	1:68	1:50	1:32
37	1:92	1:50	1:19	1:00	0:89	0:78
52	1:37	1:04	0:85	0:71	0:63	0:56
67	1:06	0:81	0:66	0:55	0:49	0:43
82	0:87	0:66	0:54	0:45	0:40	0:35
Palstatiien pohjan 2. raivausvaikeusluokka — 2nd clearing difficulty class of the strip road bed						
12	73:58	56:25	45:83	39:00	34:00	30:25
22	40:14	30:68	25:00	21:27	18:55	16:50
37	23:86	18:24	14:86	12:65	11:03	9:81
52	16:98	12:98	10:58	9:00	7:85	6:98
67	13:18	10:07	8:21	6:99	6:09	5:42
82	10:77	8:23	6:71	5:71	4:98	4:43
Palstatiien pohjan 3. raivausvaikeusluokka — 3rd clearing difficulty class of the strip road bed						
12	147:17	112:50	91:67	78:00	68:00	60:50
22	80:27	61:36	50:00	42:55	37:09	33:00
37	47:73	36:49	29:73	25:30	22:05	19:62
52	33:96	25:96	21:15	18:00	15:69	13:96
67	26:36	20:15	16:42	13:97	12:18	10:84
82	21:54	16:46	13:41	11:41	9:95	8:85

desta. Kustannuksiksi tiekm kohden saadaan 2.2 tn dieseltraktoria käytettäessä:

Lumen tiivistäminen polanteeksi	68.25 min/km	à 10:30	702:98 mk/km
Peruslanaus	62.49 »	» 12:92	807:37 »
Yhteensä 1 510:35 mk/km			

Näillä kustannuksilla pitäisi olla mahdollisuus saada ajorata myös palstateilla tyydyttävään kuntoon siitä huolimatta, että perustiivistämisen jälkeen jouduttaisiin tiivistämisaajo ja lanaus lumisateiden vuoksi uusi maankin. — Ajoradan valmistamisesta aiheutuvat kustannukset on palstatieverkon osalta laskettu hehtaaria ja p-m³ kohden taulukkoon 56.

Palstateilla ei yleensä tarvita tienhoitotoimenpiteitä, joten palstatieverkosta aiheutuvat kokonaiskustannukset saadaan laskemalla raivauskustannukset ja polanneajoradan valmistamiskustannukset yhteen.

Taulukko 56. Palstateiden polanneajoradan valmistamisesta aiheutuvat kustannukset eri palstatie-etäisyyttä käytettäessä laskettuina pinta-alayksikköä ja pinotavaran kuutiyksikköä kohden. Palstojen syvyys 500 m. Kustannukset pyöristetty 1 510 mk:ksi/km.

Table 56. The costs of preparing the packed-snow roadway of the strip roads for different distances between strip roads, calculated per unit of area and cubic unit of cordwood. Depth of the strips 500 m. Costs rounded off to 1 510 Fmarks per km.

Palstojen syvyys, m Depth of strips, m.	Palstateiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.					
	30	40	50	60	70	80
	Polanneajoradan valmistaminen, mk/ha Preparation of the packed-snow roadway, Fmks./ha.					
500	533:—	408:—	332:—	282:—	246:—	219:—
Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.	Polanneajoradan valmistaminen, mk/p-m ³ Preparation of the packed-snow roadway, Fmks./piled cu.m.					
12	44:42	34:00	27:67	23:50	20:50	18:25
22	24:23	18:55	15:09	12:82	11:18	9:95
37	14:41	11:03	8:97	7:62	6:65	5:92
52	10:25	7:85	6:38	5:42	4:73	4:21
67	7:96	6:09	4:96	4:21	3:67	3:27
82	6:50	4:98	4:05	3:44	3:00	2:67

Vastaavalla tavalla saadaan lasketuiksi palstatieverkon perustamisesta ja polanneajoradan rakentamisesta aiheutuvat kustannukset leimikon eri tiheysluokissa tukkien hakkuun ja kuljetuksen ollessa kysymyksessä. Vm. kustannukset on esitetty taulukossa 57.

Edellä esitettyjä tiekustannuksia laskettaessa ei ole otettu huomioon tienrakennus- ja hoitokalustosta (jyrä ja lana) aiheutuvia kustannuksia, koska ne ovat suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin hevostalviteitä rakennettaessa ja toiseksi, koska niiden merkitys kustannustekijöinä on

Taulukko 57. Palstatiien pohjan raivaamisesta ja polanneajoradan valmistamisesta aiheutuvat kustannukset eri palstatie-etiäisyyttä käytettäessä laskettuina tukkien kuutiokkoota kohden. Palstojen syvyys 500 m.

Table 57. The costs of clearing the strip road beds and of preparing the packed-snow roadway for different distances between strip roads, calculated per cubic unit of the logs. Depth of the strips 500 m.

Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.	Palstatiiden etiäisyys, m — Distance between strip roads, m.					
	30	40	50	60	70	80
Tiekustannukset, mk/10 j ³ — Road costs, Fmks./10 cu.ft.						
Palstatiien pohjan 1. raivausvaikeusluokka — 1st clearing difficulty class of the strip road bed						
240	25:17	19:25	15:67	13:29	11:63	10:33
440	13:73	10:50	8:55	7:25	6:34	5:64
740	8:16	6:24	5:08	4:31	3:77	3:35
1 040	5:81	4:44	3:62	3:07	2:68	2:38
1 340	4:51	3:45	2:81	2:38	2:08	1:85
1 640	3:68	2:82	2:29	1:95	1:70	1:51
Palstatiien pohjan 2. raivausvaikeusluokka — 2nd clearing difficulty class of the strip road bed						
240	59:00	45:13	36:75	31:25	27:25	24:25
440	32:18	24:61	20:05	17:05	14:86	13:23
740	19:14	14:64	11:92	10:14	8:84	7:86
1 040	13:62	10:41	8:48	7:21	6:29	5:60
1 340	10:57	8:08	6:58	5:60	4:88	4:34
1 640	8:63	6:60	5:38	4:57	3:99	3:55
Palstatiien pohjan 3. raivausvaikeusluokka — 3rd clearing difficulty class of the strip road bed						
240	95:79	73:25	59:67	50:75	44:25	39:38
440	52:25	39:95	32:55	27:68	24:14	21:48
740	31:07	23:76	19:35	16:46	14:35	12:77
1 040	22:11	16:90	13:77	11:71	10:21	9:09
1 340	17:16	13:12	10:69	9:09	7:93	7:05
1 640	14:02	10:72	8:73	7:43	6:48	5:76

vähäinen. Niin ikään siltojen ja rumpujen rakennuskustannukset samoin kuin mäkien hoitokustannukset on jätetty huomioon ottamatta. Työnjohtokustannuksia ei myöskään ole sisällytetty laskelmiin, koska niiden voidaan olettaa olevan samaa suuruusluokkaa kuin hevostalviteitä suunniteltaessa ja rakennettaessa.

Hakkuukustannusten laskeminen

Hakkuutyöstä on koordinoinnin kannalta tarpeellista tuntea ainoastaan ne kustannusten muutokset, jotka traktori-metsäkuljetus aiheuttaa.

Pinotavaran hakkuun ollessa kysymyksessä olisi näin ollen tiedettävä, missä määrin traktoripalstateiden varteen teko on hajasijaintisiin varastomuodostelmiin tekoon verrattuna kalliimpaa. — Jos jälleen valitaan esimerkiksi leimikko, jonka runkojen keskim. käyttöosan pituus on 8 m, tavaralajiksi keskijäretydeltään 30 kpl/p-m³ oleva 2-m paperipuu ja pinojen ja ristikoiden kooksi 1 p-m³, saadaan hakkuukustannusten lisääntyminen lasketuksi hinnoittamalla taulukossa 14 (s. 98) esitetyt, palstatiien varteen teon aiheuttamat lisäajanmenekkiarvot. — Tuloksiksi saadaan taulukosta 58 ilmenevät luvut.

Niiden mukaan näyttäisi pelkkien hakkuukustannusten kannalta 1. ja 2. tiheysluokassa (37 p-m³/ha ja 22 p-m³/ha) n. 30 m palstatie-etiäisyys

Taulukko 58. 2-m pinotavaran palstatiien varteen teosta aiheutuva hakkuukustannusten lisääntyminen hajasijaintisiin varastomuodostelmiin hakkuuseen verrattuna. Leimattujen runkojen käyttöosan keskipituus 8 m. Pölkkyjä 30 kpl/p-m³. Varastomuodostelmien suuruus 1 p-m³. Urakkapalkanormi 1 020: — mk/pv.

Table 58. The increase in the felling costs of preparing 2-metre cordwood alongside the strip road in comparison with felling in dispersed storages. The average length of the utilisable part of marked stems was 8 m. Number of logs 30 per piled cu.m. The size of the storages 1 piled cu.m. Piece wage norm 1 020 Fmarks per day.

Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.	Palstatiiden etiäisyys, m — Distance between strip roads, m.							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Hakkuukustannusten lisääntyminen, mk/p-m ³ Increase in felling costs, Fmks./piled cu.m.								
12	48:47	23:03	16:43	18:03	23:76	32:93	41:63	51:30
22	19:13	10:19	12:71	19:62	28:66			
37	7:57	7:26	14:07	23:40	32:93			
52	3:62	6:89	15:72	25:91	36:42			
67		7:47	17:11	27:43	37:78			
82		8:12	17:84	28:17	38:51			

edullisimmalta, mutta 3. tiheysluokassa (12 p-m³/ha) n. 40 m. Kustannuslisäyksen kasvaminen pinta-alayksiköltä kertyvän puutavaramäärän lisääntyessä esim. 50 ja 60 m tie-etäisyyksiä käytettäessä johtuu pölkkyjen keräysalueen muuttumisesta kapeammaksi ja pitemmäksi, eli siis epäedullisemmaksi hajasijaintisen pinon tai ristikon keräysalueeseen verrattuna. Jos tiheissä leimikoissa pinot ja ristikot tehdään 1 p-m³ suuremmiksi, kustannukset pienenevät edellä esitetyistä.

Kun käytettävissä ei ole tietoja, mitkä ovat pinojen ja ristikoiden keski-suuruudet palstatiin varteen ja hajasijaintisiin muodostelmiin pinotavaraa eri tiheysluokan leimikoista tehtäessä (ovat hakkuumiesten määrättävissä), koordinoitua suoritettaessa on pakko turvautua edellä esitettyihin, teoreettisiin arvoihin. — Näiden puolustukseksi on lisäksi sanottava, etteivät ne anna ainakaan liian edullista kuvaa palstatiin varteen teosta eivätkä traktorikuljetuksesta.

Alueilla, joilla *tukit* on totuttu hakkaamaan levälleen, traktorikuljetuksen käyttö ei aiheuta mitään muutoksia niiden hakkuukustannuksiin. Sen sijaan alueilla, joilla käytetään hakkuutapaa »rekeen autettuna», säädetään näiden kahden hakkuutavan välinen taksojen ero, joka Länsi- ja Itä-Suomen palkkausalueen taksojen mukaan on 2:19...4:04 mk/j³.

Juontokustannusten laskeminen

Juontokustannukset saadaan lasketuiksi hinnoittamalla ko. työvaiheen tietyissä olosuhteissa määritetyt ajanmenekkiarvot taulukkoon 54 (s. 180) lasketuilla traktorityön aikayksikkökustannuksilla. — Jos traktori on 2.2 tn suuruusluokkaa (traktorityö palkkakustannukset mukaan luetuina 15:50 mk/min), saadaan taulukossa 26 (s. 117) esitettyjen juontomatka-arvojen ja yhdistetyn Pelkosenniemen ja Kolarin ajanmenekkiarvojen (taulukot 27 ja 28) perusteella tukkien juontokustannuksiksi (saksien vienti, saksien kiinnitys sekä hinaus keskeytyksineen) taulukon 59 (s. 187) arvot.

Taulukon arvot on saatu laskemalla kustannukset ensin tukkia kohden ja muuntamalla ne sitten 10 j³ kohden. Tapauksissa, joissa keskim. juontomatka on 0 m, kustannuksissa on otettu huomioon ainoastaan taakan kiinnitys keskeytyksineen. Keskeytysaikana on käytetty 11.4 % tehotyöajasta (vrt. s. 127).

Kuten taulukosta 59 ilmenee, juontokustannukset on laskettu ainoastaan 16 jalan pituisille tukeille. Jos tukkien keskipituus on suurempi, juontokustannukset ovat halvemmat lyhyemmän juontomatkan johdosta (suunnattu kaato).

Taulukko 59. Eri kokoisten, 16 j pituisten tukkien juontokustannukset (saksien vienti, saksien kiinnitys sekä hinaus keskeytyksineen) eri palstatie-etäisyyksiä käytettäessä laskettuna tukkien kuutioyksikköä kohden. Traktorityö 15:50 mk/min.

Table 59. The skidding costs of 16 ft. logs of different sizes (moving the lifting tongs, attaching the lifting tongs and towing with interruptions) for different distances between strip roads, calculated per cubic unit of logs. Tractor work 15.50 Fmarks per minute.

Tukkien keskikuutio, j ³ Mean volume of logs, cu.ft.	Palstatiiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.						
	30	40	50	60	70	80	90
Juontokustannukset, mk/10 j ³ — Skidding costs, Fmks./10 cu.ft.							
Tukkeja 1.0 kpl/runko — 1.0 logs per stem							
3.14	30:89	36:59	42:68	48:73	54:75	60:99	67:07
4.28	22:66	26:85	31:31	35:75	40:16	44:74	49:21
5.59	17:35	20:55	23:97	27:37	30:75	34:26	37:67
7.07	13:72	16:25	18:95	21:64	24:31	27:09	29:79
8.73	11:11	13:16	15:35	17:53	19:69	21:94	24:12
Tukkeja 1.8 kpl/runko — 1.8 logs per stem							
3.14	28:18	33:44	39:08	44:97	50:86	57:04	62:99
4.28	20:68	24:53	28:67	32:99	37:31	41:85	46:21
5.59	15:83	18:78	21:95	25:26	28:57	32:04	35:38
7.07	12:52	14:85	17:36	19:97	22:59	25:33	27:98
8.73	10:14	12:03	14:05	16:17	18:29	20:52	22:66
Tukkeja 2.6 kpl/runko — 2.6 logs per stem							
3.14	26:05	30:41	35:51	41:21	47:07	52:87	58:92
4.28	19:11	22:31	26:05	30:23	34:53	38:79	43:22
5.59	14:63	17:08	19:95	23:15	26:44	29:70	33:09
7.07	11:57	13:51	15:77	18:30	20:91	23:48	26:17
8.73	9:37	10:94	12:77	14:82	16:93	19:01	21:19

Kuutioyksikköä kohden laskettuina kustannukset ovat tietenkin sitä halvemmat, mitä kookkaampia tukit ovat. Saksien vientiaika, taakan kiinnitysaika sekä hinausaika tietyllä matkalla osoittautuivat näet riippumattomiksi tukkien koosta, kuten aikaisemmin (ks. s. 121) on esitetty.

Tukkien teon ja traktorikuljetuksen koordinoitilaskelmissa ei ole tarpeellista kiinnittää huomiota kuormaannostokustannuksiin, koska niillä ei ole vaikutusta edullisimman palstatie-etäisyyden määrittämisessä. Kuormaannostokustannukset esitetään tästä syystä myöhemmin (s. 217).

2. Pinotavaran palstatienvarteen teon ja traktorikuljetuksen koordinoiminen

Kun tiedot siitä, missä määrin liikenteen suureneminen palstateilla ja tavaramäärän lisääntyminen palstatienvarteen pituusyksikköä kohden suurentavat pinotavarakuormia ja parantavat kuormausajonopeutta (ks. ss. 104–109), ovat puutteellisia, jätetään ko. seikat huomioon ottamatta pinotavaran palstatienvarteen teon ja traktorikuljetuksen kannalta edullisinta palstatie-etäisyyttä etsittäessä. Niin ikään jätetään vaille huomiota, että palstatiet eivät ole aivan suoria vaan mutkittelevat. Mutkittelun määrä näet vaihtelee maastosta riippuen, ja vaikka se lisää pinta-alayksikölle tulevaa tiemäärää, se toisaalta halventaa tien raivauskustannuksia.

Yhteenlasketut palstatiEVERKON perustamisesta ja polanneajoradan valmistamisesta sekä traktoripalstateiden varteen hakkuun lisätyöstä hajajaintisiin muodostelmiin hakkuuseen verrattuna aiheutuvat kustannukset on laskettu taulukkoon 60 (s. 189). Kustannukset palstatie-etäisyyden funktiona on esitetty graafisesti kuvassa 43 (s. 190). Käytettyjen laskuperusteiden mukaiset minimikustannukset ovat leimikon eri tiheysluokissa ja maaston raivausvaikeuden eri luokissa saavutettavissa suunnilleen taulukossa 61 (s. 191) esitettyjä palstatie-etäisyyksiä käytettäessä.

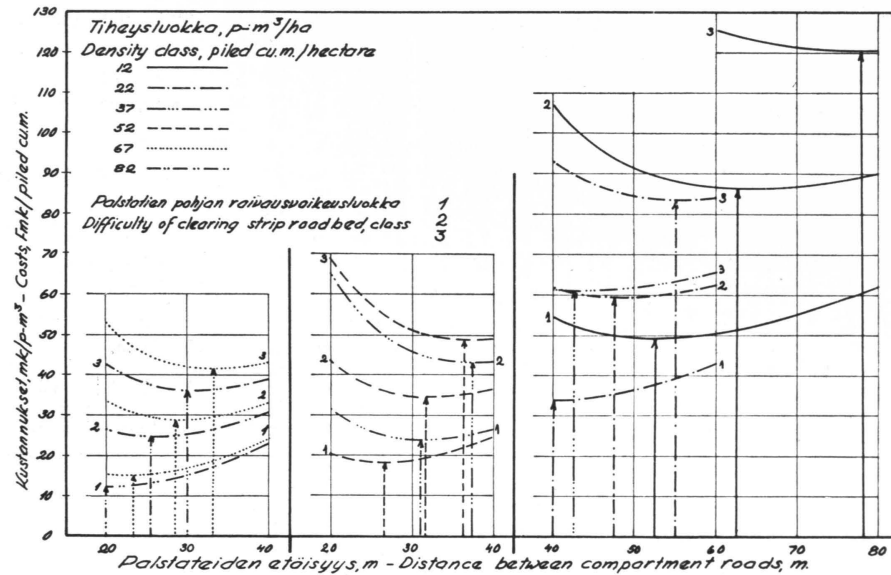
Taulukon 61 arvojen tarkastelu antaa aiheen seuraaviin johtopäätöksiin:

1. Kuta runsaammin puutavaraa kertyy pinta-alayksiköltä, sitä pienempi tulee palstatie-etäisyyden olla minimikustannuksiin pääsemiseksi.
2. Kun palstatiEVERKKO on tarkoitettu pysyväksi, leimikon tiheyden sijasta kysymystä voidaan tarkastella metsän boniteetin kannalta ja todeta, että *kuta parempi metsätyyppi on, sitä pienempi tulee palstatie-etäisyyden olla.*
3. Kuta vaikeampi maasto on palstateiden pohjien raivaamisen kannalta, sitä suurempi tulee tietyssä leimikon tiheysluokassa (tietyllä boniteetilla) palstatie-etäisyyden olla.
4. Koska raivauskustannukset ovat sitä suuremmat, mitä perusteellisemmin raivaus on suoritettava, ja raivauksen perusteellisuus puolestaan riippuu ko. alueen lumen runsaudesta ajokauden aikana, palstatie-etäisyyden tulee olla sitä suurempi, mitä vähälumisemällä alueella palstatienvarteen tehdyn pinotavaran traktorikuljetusta suoritetaan.

Taulukko 60. Yhteenlasketut palstatiEVERKON perustamisesta, polanneajoradan valmistamisesta sekä palstatienvarteen teon lisätyöstä aiheutuvat kustannukset pinotavaran kuutioyksikköä kohden eri olosuhteissa. Leimattujen runkojen käyttöosan keskipituus 8 m. Tavara 2-m. Pölkkyjä 30 kpl/p-m³. Varastomuodostelmien suuruus 1 p-m³.
Palstojen syvyys 500 m.

Table 60. The combined total of the costs of making the strip road network foundation, preparing the packed-snow roadway, and the additional work of preparing cordwood alongside the strip road, per cubic unit in different conditions. The average length of the utilisable part of the marked stems was 8 m. The cordwood length was 2 metre. 30 logs per piled cu.m. The size of the storages 1 piled cu.m. Depth of the strips 500 m.

Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.	Palstateiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Yhteenlasketut kustannukset, mk/p-m ³ — Combined costs, Fmks./piled cu.m.								
Palstatienvarteen pohjan 1. raivausvaikeusluokka 1st clearing difficulty class of the strip road bed								
12	122:56	73:37	54:93	49:37	50:34	56:18	62:30	69:97
22	59:54	37:65	33:71	36:71	43:16			
37	31:68	23:59	26:60	33:56	41:55			
52		18:51	24:61	33:14	42:55			
67		16:49	24:01	33:05	42:54			
82		15:49	23:48	32:96	42:40			
Palstatienvarteen pohjan 2. raivausvaikeusluokka 2nd clearing difficulty class of the strip road bed								
12	222:22	141:03	106:68	91:53	86:26	87:43	90:13	95:13
22	113:90	74:56	61:94	59:71	62:75			
37	64:90	45:53	43:34	47:23	53:20			
52		34:12	36:55	42:87	50:84			
67		28:61	33:27	40:60	48:98			
82		25:39	31:05	39:13	47:66			
Palstatienvarteen pohjan 3. raivausvaikeusluokka 3rd clearing difficulty class of the strip road bed								
12	330:56	214:62	162:93	137:37	125:26	121:43	120:38	122:47
22	172:99	114:69	92:62	84:71	84:03			
37	101:01	69:40	61:59	62:10	65:85			
52		51:10	49:53	53:44	59:84			
67		41:79	43:35	48:81	55:96			
82		36:16	39:28	45:83	53:36			



Kuva 43. 2-m pinotavaran palsttien varteen teon lisätyöstä, palstatieverkon perustamisesta sekä polanneajoradan valmistamisesta aiheutuvat kustannukset leimikon eri tiheysluokissa ja palsttien pohjan eri raivausvaikeusluokissa palstatie-etäisyyden funktiona. Runkojen käyttöosan keskipituus 8 m. Pölkkyjä 30 kpl/p-m³. Varastomuodostelmien suuruus 1 p-m³. Palstojen syvyys 500 m.

Fig. 43. The costs of the additional work of preparing 2-metre cordwood alongside the strip road, making the strip road network foundation and preparing the packed-snow roadway, in the different stand density classes and in the different clearing difficulty classes of the strip road bed, as a function of the distance between the strip roads. Average length of the utilisable part of the stems was 8 m. Number of logs 30 per piled cu.m. Size of storages 1 piled cu.m. Depth of strips 500 m.

Koska traktorikuljetuksen kannalta harva tieverkko on edullisempi kuin tiheä, vaikka ko. seikka ei edellä suoritetussa koordinoinnissa otetakaan huomioon, näyttäisi siltä, että hyvillä metsätyypeillä ja helpossa maastossa tai runsaslumisella alueella 30...40 m, keskinkertaisilla metsätyypeillä ja keskinkertaisessa maastossa 40...60 m ja huonoilla metsätyypeillä ja vaikeasti raivattavassa maastossa tai vähälumisella alueella 50...80 m tie-etäisyys olisi soveliaint¹.

¹ Tekijän tiedossa on, että prof. IVAN KLEMENCIC on v. 1939 julkaissut Sarajevossa kroatiankielisen väitöskirjan, joka käsittelee liikenneverkon optimitehyyttä metsässä. Tätä kirjaa ei kuitenkaan ole löytynyt Suomen kirjastoista eikä sen tekijälle lähetettyyn tiedusteluun ole saatu vastausta. — Käsillä olevissa tutkimuksissa ei näin ollen ole voitu käyttää hyväksi KLEMENCICIN esittämää teiden optimitehyyden laske- mismenetelmää eikä muitakaan hänen tutkimustuloksiaan.

Taulukko 61. Palstatie-etäisyydet, joita käytettäessä palstatieverkon perustamisesta, polanneajoradan valmistamisesta sekä 2-m pinotavaran palsttien varteen teon lisätyöstä aiheutuvat kustannukset ovat minimissä.

Table 61. Distances between strip roads for which the costs of making the strip road network foundation, preparing the packed-snow roadway and the additional work of preparing 2-metre cordwood alongside the strip road are at a minimum.

Palsttien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed	Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.					
	12	22	37	52	67	82
	Edullisin palstatie-etäisyys, n. m The most favourable distance between strip roads, m., about					
1	53	40	31	27	23	21
2	63	48	38	32	28	26
3	78	57	44	37	33	30
	Edullisinta palstatie-etäisyyttä vastaavat palstatieverkon perustamisesta, polanneajoradan valmistamisesta sekä palsttien varteen teon lisätyöstä aiheutuvat kustannukset, mk/p-m ³ . The costs of preparing the strip road foundation, preparing the packed-snow roadway, and the additional work of preparing cordwood alongside the strip road, when using the most favourable distance between strip roads, Fmks./piled cu.m.					
1	49:30	33:71	23:59	18:30	15:00	12:30
2	86:20	59:40	43:20	34:20	28:70	24:90
3	120:80	83:70	61:00	48:70	41:60	36:20

Koska sekä palstateiden raivaus että pinotavaran teko palstateiden varteen tapahtuvat miestyönä, palkkatasossa aiheutuvat muutokset eivät sanottavasti muuta edellä esitettyä kuvaa edullisimmasta tie-etäisyydestä. Tosin polanneajoradan valmistuskustannuksista on huomattava osa kalustokustannuksia, mutta ko. talvitöiden osuus on 1. palsttien pohjan raivausvaikeusluokkaa lukuun ottamatta verraten vähäinen kokonaiskustannuksista. — Kalustokustannusten voidaan olettaa ajan mittaan halpe- nevan palkkakustannuksiin verrattuina, joten muutokset — jos sellaisia tapahtuu — suosivat ilmeisesti hieman edellä esitettyä tiheämpää palsta- tieverkkoa.

Palstateiden optimitehyyttä ei kuitenkaan voida ratkaista yksin- omaan pinotavaran palsttien varteen teon ja tiekustannusten kannalta, vaan on otettava huomioon myös talvella tehtyjen pinotavaranrankojen sekä tukkien vintturijuonnon ja traktorikuljetuksen tie-etäisyydelle aset- tamat vaatimukset. Niitä on tukkien osalta käsitelty ss. 192—195.

3. Tukkien teon, vintturijuonnon sekä traktorikuljetuksen koordinoiminen

Tukkien vintturijuonto ja traktorikuljetus edellyttävät suunnatun kaadon käyttöä, kuten aikaisemmin on mainittu. Hakkuumiesten on siis kaadettava puut niin, että juontomatka muodostuu mahdollisimman lyhyeksi ja että pölköt voidaan hinata mahdollisimman esteetöntä reittiä. — Tavanomaiseen »levälleen hakkuuseen» ei näin ollen tule olennaisia muutoksia.

Koska juonto ja kuorma suoritetaan pölkky kerrallaan ja ajanmoneksi näissä töissä on kuutioyksikköä kohden yleensä sitä pienempi, mitä kookkaampia pölköt ovat, olisi tietenkin etu, jos tukit voitaisiin valmistaa mahdollisimman pitkiä. Sahaustekniset seikat määräävät kuitenkin tukkipuurunkojen apteeraustavan (ks. esim. RÖNKANEN 1950), joten metsäkuljetuksessa on tyydyttävä sen sanelemaan pölkyn pituuksiin.

Eräissä tapauksissa tukkeja hevosilla kuljetettaessa kuljetusteknisien seikkojen vuoksi kookkaat sahapuurungot on kuitenkin katkottu lyhyemmiksi pölkkyiksi, kuin mikä olisi toivottavaa. Näin on tapahtunut Pohjois-Suomessa, jossa hakkuumiehet suorittavat apterauksen ja auttavat tukit rekeen. Koska konevoimalla saadaan raskaatkin tukit suhteellisen helposti kuorman ja niiden »oikomistyö» on tarpeetonta, traktorikuljetus saattaa merkitä tukkien keskipituuden suurentumista. — Tällaisia havaintoja onkin jo voitu tehdä Pelkosenniemen ja Kolarin työmailla.

Kun tukkien hakkuukustannukset ovat riippumattomia palstateiden etäisyydestä, niihin ei ole tarpeellista kiinnittää huomiota edullisinta palstatie-etäisyyttä juonnon ja traktorikuljetuksen kannalta etsittäessä. Sen sijaan olisi löydettävä tie-etäisyydet, joita käytettäessä yhteenlasketut tie- ja juontokustannukset ovat kuutioyksikköä kohden alhaisimmat. Seuraavassa rajoitutaan tarkastelemaan tapausta, jossa tukkien keskipituus on 16 jalkaa ja niitä on valmistettu keskim. 1.8 kpl rungosta. Yhteenlasketut tiekustannukset (taulukko 57, s. 184) ja juontokustannukset (taulukko 59, s. 187) kuutioyksikköä kohden ilmenevät taulukosta 62 (s. 193).

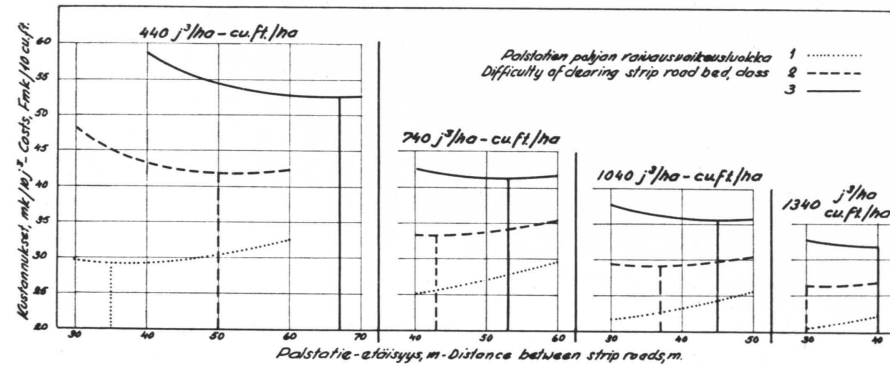
Sijoittamalla kustannusarvot koordinaatistoon (kuva 44, s. 194) voidaan minimikustannusten todeta sattuvan suunnilleen taulukossa 63 (s. 194) esitettyjen palstatie-etäisyyksien kohdalle.

Aikaisemmin (s. 190) on esitetty edullisinta palstatie-etäisyyttä koskevat yleisjohtopäätökset. Ne saavat vahvistusta myös tukkien traktorikuljetuksen kannalta edullisimmista palstatie-etäisyyksistä. Lisäksi

Taulukko 62. Yhteenlasketut palstatieverkon perustamisesta, polanneajoradan valmistamisesta sekä tukkien vintturijuonnosta aiheutuvat kustannukset tukkien kuutioyksikköä kohden eri olosuhteissa. Tukkien keskipituus 16 j. Tukkeja keskimäärin 1.8 kpl/runko.

Table 62. The combined costs per cubic unit of the logs incurred in different conditions in making the strip road network foundation, preparing the packed-snow roadway and winch-skidding the logs. Average length of the logs 16 ft. 1.8 logs per stem on an average.

Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu. ft./ha.	Palstateiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.																				
	30	40	50	60	70	80	90														
	Tukkien keskipituus, j ³ — Mean volume of logs, cu. ft.																				
8.7	5.6	3.1	8.7	5.6	3.1	8.7	5.6	3.1	8.7	5.6	3.1										
	Yhteenlasketut kustannukset, mk/10 j ³ — Combined costs, Fmks./10 cu. ft.																				
	Palstatiepohjan 1. raivausvaikeusluokka — 1st clearing difficulty class of the strip road bed																				
440	23: 87	29: 56	41: 91	22: 53	29: 28	43: 94	22: 60	30: 50	47: 63	23: 42	32: 51	52: 22	24: 63	34: 91	57: 20	26: 16	37: 68	62: 68	27: 75	40: 47	68: 08
740	18: 30	23: 99	36: 34	18: 27	25: 02	39: 68	19: 13	27: 03	44: 16	20: 48	29: 57	49: 28	22: 06	32: 34	54: 63	23: 87	35: 39	60: 39	25: 69	38: 41	66: 02
1 040	15: 95	21: 64	33: 99	16: 47	23: 22	37: 88	17: 67	25: 57	42: 70	19: 24	28: 33	48: 04	20: 97	31: 25	53: 54	22: 90	34: 42	59: 42	24: 81	37: 53	65: 14
	Palstatiepohjan 2. raivausvaikeusluokka — 2nd clearing difficulty class of the strip road bed																				
440	42: 32	48: 01	60: 36	36: 64	43: 39	58: 05	34: 10	42: 00	59: 13	33: 22	42: 31	62: 02	33: 15	43: 43	65: 72	33: 75	45: 27	70: 27	34: 61	47: 33	74: 94
740	29: 28	34: 97	47: 32	26: 67	33: 42	48: 08	25: 97	33: 87	51: 00	26: 31	35: 40	55: 11	27: 13	37: 41	59: 70	28: 38	39: 90	64: 90	29: 77	42: 49	70: 10
1 040	23: 76	29: 45	41: 80	22: 44	29: 19	43: 85	22: 53	30: 43	47: 56	23: 38	32: 47	52: 18	24: 58	34: 86	57: 15	26: 12	37: 64	62: 64	27: 72	40: 44	68: 05
	Palstatiepohjan 3. raivausvaikeusluokka — 3rd clearing difficulty class of the strip road bed																				
440	62: 39	68: 08	80: 43	51: 98	58: 73	73: 39	46: 60	54: 50	71: 63	43: 85	52: 94	72: 65	42: 43	52: 71	75: 00	42: 00	53: 52	78: 52	42: 07	54: 79	82: 40
740	41: 21	46: 90	59: 25	35: 79	42: 54	57: 20	33: 40	41: 30	58: 43	32: 63	41: 72	61: 43	32: 64	42: 92	65: 21	33: 29	44: 81	69: 81	34: 20	46: 92	74: 53
1 040	32: 25	37: 94	50: 29	28: 93	35: 68	50: 34	27: 82	35: 72	52: 85	27: 88	36: 97	56: 68	28: 50	38: 78	61: 07	29: 61	41: 13	66: 13	30: 87	43: 59	71: 20



Kuva 44. Esimerkki yhteenlaskettujen palstateiden perustamis-, polanneajoradan valmistamis- ja tukkien juontokustannusten riippuvuudesta käytetystä palstatie-etäisyydestä. Tukkien keskipituus 16 j ja keskikuutio 5.59 j³. Tukkeja 1.8 kpl/runko.

Fig. 44. An example of the dependence on the distance between the strip roads used of the total costs incurred in making the strip road foundations, preparing the packed-snow roadway and skidding the logs. Average length of logs 16 ft. and mean volume 5.59 cu.ft. Number of logs 1.8 per stem.

Taulukko 63. Palstatie-etäisyydet, joita käytettäessä palstatieverkon perustamisesta, polanneajoradan valmistamisesta sekä pituudeltaan 16 j tukkien vintturijuonnosta aiheutuvat kustannukset ovat minimissä.

Table 63. The distances between strip roads for which the costs of making the strip road network foundation, preparing the packed-snow roadway and winch-skidding 16 ft. logs are at a minimum.

Palstatiien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed	Leimikon tiheys, j³/ha — Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.								
	440			740			1 040		
	Tukkien suuruus, j³ — Mean log size, cu.ft.								
	8.7	5.6	3.1	8.7	5.6	3.1	8.7	5.6	3.1
	Edullisin palstatie-etäisyys, n. m The most favourable distance between strip roads, m., about								
1	45	35	< 30	35	< 30	< 30	30	< 30	< 30
2	65	50	40	52	43	30	44	37	< 30
3	85	67	52	65	53	40	55	45	35
	Edullisinta palstatie-etäisyyttä vastaavat tie- ja juontokustannukset, mk/10 j³ The road and skidding costs for the most favourable distance between strip roads, Fmks./10 cu.ft.								
1	22:40	29:00		17:80			16:00		
2	33:00	42:00	58:00	25:90	33:40	45:30	22:40	29:10	
3	42:00	52:60	71:60	32:50	41:20	57:20	27:80	35:60	50:00

on huomattava, että kuta kookkaampia tukit keskimäärin ovat, sitä suurempaa palstatie-etäisyyttä kannattaa käyttää muuten vastaavissa olosuhteissa.

Tukkileimikon tiheysluokka 440 j³/ha vastaa likimain pinotavaraleimikon tiheysluokkaa 22 p-m³/ha. Jos näissä luokissa verrataan pinotavaran ja tukkien kuljetuksen kannalta edullisinta palstatie-etäisyyttä ja oletetaan tukkien keskiuuruudeksi 5.59 j³, voidaan todeta tukkien kannalta edullisimman palstatie-etäisyyden olevan yleensä hieman suurempi kuin palstatiien varten tehdyn pinotavaran kuljetuksen kannalta. Poikkeuksena on kuitenkin palstatiien pohjan 1. raivausvaikeusluokka, jossa mainitun kokoisten tukkien kuljetus näyttäisi edellyttävän pienempiä palstatie-etäisyyksiä.

$$820 = \frac{3(X + 1300)}{100} + \frac{4(X + 1300)}{100}, \text{ josta}$$

$$X = 10\,414 \text{ kg}$$

Ottaen huomioon, että 1.1 tn traktorin vetokyky on pienempi ja että sen puolireki painaa n. 900 kg, saadaan vastaavalla tavalla laskien ko. painoluokan traktoreille kuorman keskiuuruudeksi 7 671 kg.

Jos kysymyksessä on tuore pinotavara, joka painaa 584 kg/p-m³, sekä sahatukit, jotka painavat 32 kg/j³, saataisiin kuutiyksiköissä ilmaistujen kuormien suuruuksiksi em. painoluokan traktoreille seuraavat:

Traktori 2.2 tn	17.8 p-m ³	pinotavaraa tai	325 j ³	tukkeja
» 1.1 »	13.1 »	»	» 240 »	»

Varovaisuussyistä oletetaan seuraavissa vertailuissa 2.2 tn traktorin kuormien keskiuuruudeksi vain 16 p-m³ tuoretta pinotavaraa tai 300 j³ tukkeja sekä 1.1 tn traktorin kuormien keskiuuruudeksi 10 p-m³ tuoretta pinotavaraa tai 220 j³ tukkeja. — Kuvan saamiseksi siitä, mitä kuorman suuruus vaikuttaa kuljetustehoon, on 2.2 tn painoluokan traktorille laskettu päivätuotos pinotavaran osalta myös alikuormitusta eli 10 p-m³ kuormia käytettäessä.

Traktorikuljetuksen ajanmenekkiarvojen puolesta vertailulaskelmiin on otettu kaksi tapausta, joista toisessa (tapaus 1) oletetaan keskeytysaikojen pienentyneen niillä ajoilla, jotka todennäköisesti eliminoiduvat ammattitaidon ja kaluston kehityttyä sekä urakkapalkkauksen tultua käytäntöön, ja toisessa (tapaus 2) keskeytysajat oletetaan samansuuruisiksi kuin kokeilutyömailla keskimäärin. — Vertailulaskelmissa käytetyt ajanmenekkiarvot sekä muut tekijät on esitetty taulukossa 64 (s. 198). Purkamisajoa ei tässä yhteydessä ole eritelty, koska ajonopeus varastoteillä on yleensä osoittautunut samaksi kuin varsitiellä ja kuormat puretaan useimmiten yhteen paikkaan.

Työryhmään on oletettu kuuluvaksi kaksi miestä ja leimikko 1. tai 2. tiheysluokkaa olevaksi.

Näiden perusteiden mukaan lasketut kuljetustuotokset keskim. 6.5 t työpäivänä on esitetty eri ajomatkoille taulukossa 65 (s. 201), johon myös merkitty hevoskuljetuksen keskimääräiset, palkkataksojen¹ mukaiset päivittäiset tuotokset lumitiellä.

¹ Sosiaaliministeriön ilmoittama päiväpalkanormi urakkatyössä jaettu yksikköpalkalla ja oletettu, että siten saatava päivätuotos edellyttää 6.5 t työpäivää.

VII Traktorikuljetuksen vertailua muihin kuljetuslajeihin

Vastauksen saamiseksi kysymykseen, onko traktori-metsäkuljetus kokeilutyömailla kehitetyn menetelmän mukaisesti käytäntöön sovellettuna kilpailukykyinen traditionaalisen hevos- ja autokuljetuksen kanssa, on suoritettava sekä kuljetustuotoksen että taloudellisuuden vertailuja näiden kuljetuslajien kesken. Lisäksi tarvitaan vertailua muihin koneellisiin metsäkuljetusmenetelmiin, jotta voitaisiin päätellä, olisiko niistä mahdollisesti jokin edullisempi.

1. Vertailua traditionaaliseen hevos- ja autokuljetukseen

Kuljetustuotoksen vertailua

Kun traktorikuljetuksen tuotos riippuu sängen voimakkaasti kuormien suuruudesta ja toisaalta niiden suuruusvaihtelut olivat kokeilutyömailla huomattavat, on aluksi ratkaistava, miten kookkaaksi voidaan olettaa ajokauden keskimääräisen kuorman muodostuvan. Kokeilutyömaiden keski-kuormia ei voida sellaisinaan käyttää, koska niiden kokoon ovat vaikuttaneet mm. teiden rakentamisessa tehdyt virheet, kuljettajain puutteellinen tietämys traktoreiden kuormittamismahdollisuuksista jne. — Kuorman suuruuskysymystä on näin ollen tarkasteltava teoreettisesti.

Puolitelaketjuilla varustetun, 2.2 tn painoluokkaa olevan traktorin vetokyvyksi lumiajoradalla, jos puolireessä oleva kuorma lisää taka-akselipainoa, voidaan varovaisesti laaditussa laskelmassa olettaa 820 kgf (vrt. SÖDERLUND—FRIEBERG 1954).

Ajokauden keskim. liukumisvastukseksi lumiajoradalla voidaan olettaa 3 % kuorman bruttopainosta (vrt. s. 39, ks. VUORISTO—HALLENBERG 1937, ERIKSSON 1949). — Jos lisäksi oletetaan, että varsitien suurin nousu kuormattuna-ajosuunnassa on enintään 4 %, saadaan kaavaa (13) apuna käyttäen ja ottaen huomioon, että traktorin puolireki ko. painoluokan traktoriin painaa n. 1 300 kg, kuorman nettopainon laskemiseksi seuraava yhtälö:

Taulukko 64. Kuljetustuotoksen vertailulaskelmissa käytetyt traktorikuljetuksen eri työvaiheiden ajanmenekkiarvot sekä muut tekijät.

Table 64. The times of the different work phases of tractor haulage and other factors employed in the comparative calculations of hauling efficiency.

Selitys Explanation	Pinotavara — Cordwood		Tukit — Logs	
	Tapaus 1 Case 1	Tapaus 2 Case 2	Tapaus 1 Case 1	Tapaus 2 Case 2
	Ajanmenekkiarvo tai muu tekijä Time consumption figure or other factor			
Palstateiden etäisyys, m — Distance between strip roads, m.	40	40	40	40
Palstojen syvyys, m — Depth of strips, m.	500	500	500	500
Kuormausajomatka (S_k), 100 m — Loading-hauling distance (S_k), 100 m.	10.8	10.8	10.8	10.8
Purkamisajomatka (S_p), 100 m — Unloading-hauling distance (S_p), 100 m.	0.0	0.0	0.0	0.0
Juontomatka (l_{sh}), m — Skidding distance (l_{sh}), m.	—	—	4.5	4.5
Kuorman suuruus (n), p-m ³ /kuorma — Load size (n), piled cu.m./load.	10 ja 16	10 ja 16	—	—
Kuorman suuruus (n), tukk./kuorma — Load size (n), log/load.	—	—	39.4 53.7	39.4 53.7
Tukkien pituus, j — Length of logs, ft. ...	—	—	16	16
Tukkien keskikuutio, j ³ — Mean volume of logs, cu.ft.	—	—	5.59	5.59
JUONTO JA KUORMAUS — SKIDDING AND LOADING				
Vars. kuormauksen vakioaika (A_{kt}), min/kuorma — Standard time of loading proper (A_{kt}), min./load.	1.18	1.18	7.60	7.60
Lumen luonti ja pölkkyjen irroittelu (B_t), min/p-m ³ — Clearing the snow and detaching the logs (B_t), min./piled cu.m. ...	0.46	0.46	—	—
Pölkkyjen latominen kuormaan (C_{kt}), min/p-m ³ — Onto-load-piling of logs (C_{kt}), min./piled cu.m.	3.50	3.50	—	—
Taakan kiinnitys (D_{kt}), min/taakka — Fastening the bunch (D_{kt}), min./bunch.	—	—	0.10	0.10
Saksien siirto (D_{st}), min/taakka — Transferring the tongs (D_{st}), min./bunch. ...	—	—	0.11	0.11
Saksien irroitus (D_{it}), min/taakka — Detaching the tongs (D_{it}), min./bunch.	—	—	0.08	0.08

Selitys Explanation	Pinotavara — Cordwood		Tukit — Logs	
	Tapaus 1 Case 1	Tapaus 2 Case 2	Tapaus 1 Case 1	Tapaus 2 Case 2
	Ajanmenekkiarvo tai muu tekijä Time consumption figure or other factor			
Saksien vienti (F_{st}), min/taakka/m — Moving the tongs (F_{st}), min./bunch/m.	—	—	0.036	0.043
Taakan hinaus (F_{ht}), min/taakka/m — Towing the bunch (F_{ht}), min./bunch/m.	—	—	0.033	0.072
Taakan nosto kuormaan (F_{kt}), min/taakka — Onto-load-lifting of bunch (F_{kt}), min./bunch.	—	—	0.46	0.46
Kuormausajoaika (H_{kat}), min/kuorma/100 m — Loading-hauling time (H_{kat}), min./load/100 m.	1.06	1.38	1.06	1.38
Juonnon keskeytyssadannes — Interruption-per-cent of skidding.	—	—	11.4	16.8
Vars. kuorm. keskeytyssadannes — Interruption-per-cent of loading proper.	18.0	18.0	6.8	6.8
Kuormausajon keskeytyssadannes — Interruption-per-cent of loading-hauling. ...	8.8	25.4	8.8	25.4
PURKAMINEN — UNLOADING				
Vars. purkamisen vakioaika (A_{pt}), min/kuorma — Standard time of unloading proper (A_{pt}), min./load.	0.67	0.67	4.05	4.05
Pölkkyjen siirtäminen kuormasta (C_{pt}), min/p-m ³ tai min/10 j ³ — Moving logs from the load (C_{pt}), min./piled cu.m. or min./10 cu.ft.	1.52	1.52	0.73 0.66	0.73 0.66
Varsinaisen purkamisen keskeytyssadannes — Interruption-per-cent of unloading proper.	4.3	4.3	9.9	9.9
VARSITIELLÄ AJO — HAULING AND DRIVING ON THE MAIN HAULAGE ROAD				
Ajo (J_{act}), min/kuorma/ed.tak.km — Hauling and driving (J_{act}), min./load/both ways km.	9.68	11.32	9.68	11.32
Ajon keskeytyssadannes — Interruption-per-cent of hauling and driving.	4.0	20.0	4.0	20.0

Taulukko 66. 2-m tuoreen pinotavaran traktori- ja hevoskuljetuksen taloudellisuuden vertailussa traktorikuljetuksen kustannuksiin sisällytetyt palstatiiden raivaamisesta, polanneajoradan valmistamisesta sekä pinotavaran palstatiiden varteen teon lisätyöstä aiheutuvat kustannukset sekä näitä kustannuksia vastaavat palstatie-etäisyydet. Traktorikuljetuksessa palstojen syvyys 500 m.

Table 66. The costs of clearing strip roads, preparing the packed-snow roadway and the additional work of preparing the cordwood alongside the strip road included in the cost of tractor haulage for a comparison of the economy of the tractor and horse haulage of 2-metre green cordwood. Also, the distances between strip roads corresponding to these costs. In tractor haulage the depth of the strips 500 m.

Kustannustekijä Cost factor	Palstatiiden pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed								
	1.			2.			3.		
	Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.								
	12	22	37	12	22	37	12	22	37
	Vertailussa käytetty palstatie-etäisyys, m Distance between strip roads used in the comparison, m.								
	50	40	30	60	40	40	80	60	40
	Lisäkustannukset, mk/p-m ³ — Additional costs, Fmks./piled cu.m.								
Tien pohjan raivaus Clearing the road bed	3: 67	2: 45	1: 92	39: 00	30: 68	18: 24	60: 50	42: 55	36: 49
Ajoradan valmistus Preparing the roadway	27: 67	18: 55	14: 41	23: 50	18: 55	11: 03	18: 25	12: 82	11: 03
Hakkuukustann. lisääntyminen — Increase in felling costs	18: 03	12: 71	7: 26	23: 76	12: 71	14: 07	41: 63	28: 66	14: 07
Yhteensä — Total	49: 37	33: 71	23: 59	86: 26	61: 94	43: 34	120: 38	84: 03	61: 59

Leimikon tiheyden ei tällöin ole oletettu vaikuttavan kuormauskustannuksiin.

Taulukon 67 (s. 203) luvut osoittavat kuorman koon vaikutuksen sekä kuormaamis- että purkamiskustannuksiin sangen vähäiseksi tietyn tyyppi- traktorin ollessa kysymyksessä. Traktortyyppien välillä oleva kustannusero on huomattava. Kun polttoainekustannuksia ei kuormauksen ja purkamisen aikana ole luettu traktorin käyttötuntikustannuksiin, pienikokoisempi, petrolimoottorilla varustettu traktori on halvempien pääomakustannustensa vuoksi tässä työvaiheessa tietenkin edullisempi.

Taulukko 67. Eri kokoisten pinotavarakuormien kuormaamis- ja purkamiskustannukset ilman kuorma- ja purkamisajokustannuksia. Kuorma- ja purkamisajon varresta. Purkamisen heittopinoon. Tavara tuoretta, 2-m.

Table 67. The loading and unloading costs of cordwood loads of different sizes excluding loading-hauling and unloading-hauling costs. Loading from alongside the strip road. Unloading into a loose pile. 2-metre green cordwood.

Kustannustekijä Cost factor	Pinotavara — Cordwood		
	Traktorin suuruusluokka, tn Tractor size class, tons		
	1.1	2.2	
	Kuorman suuruus, p-m ³ Load size, piled cu.m.		
	10	10	16
	Kustannukset, mk/p-m ³ Costs, Fmks./piled cu.m.		
Kuormaaminen — Loading	54: 50	65: 75	65: 07
Purkaminen heittopinoon — Unloading into a loose pile	18: 81	22: 69	22: 28
Yhteensä — Total	73: 31	88: 44	87: 35

Kuormaajokustannuksia laskettaessa on jälleen erotettu kaksi tapaus, joista ensimmäisessä on keskeytyksistä vähennetty eliminoitavissa olevat ajat (tapaus 1). Toisessa (tapaus 2) ovat kaikki keskeytykset mukana ja ajoajaksikin on valittu epäedullisempi tapaus (ks. taulukkoa 64, s. 198).

Palstatiiden pohjan raivausvaikeusluokka ja leimikon tiheys vaikuttavat välillisesti kuormaajokustannuksiin, koska kuormaajomatka on niistä riippuvainen. Palstatiiden silmukkaa kohti tulevien ajokertojen määrä, joka osittain vaikuttaa polanneajoradan kuntoon ja siten myös ajoaikaan ja kuorman suuruuteen, on niin ikään riippuvainen niistä. Vm. seikka ei seuraavassa kuitenkaan ole otettu huomioon.

Kuormaajokustannuksiksi kuutioyksikköä kohden on saatu taulukossa 68 (s. 204) esitetyt arvot.

Palstatiiden pohjan raivausvaikeusluokan samoin kuin leimikon tiheysluokan vaikutus (ajomatka) kuormaajokustannuksiin on heikko tietyn kokoisien kuorman, tietyn tyyppi- traktorin ja tietyn tavaralajin ollessa kysymyksessä. Kun helposti raivattavassa maastossa ja tiheässä leimikossa käytetään tiheämpää palstatieverkkoa, kuormaajomatka on lyhyempi ja kustannukset siis hieman halvemmat. — Kustannusten erot eri traktori-

Taulukko 68. Kuormausajokustannukset palstatiin varteen tehdyn tuoreen pinotavaran traktorikuljetuksessa.

Table 68. Loading-hauling costs in the tractor haulage of green cordwood prepared alongside the strip road.

Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.	Pinotavara — Cordwood					
	Palstatiin pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed					
	1.		2.		3.	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1.		2.		1.	
	Kuormausajokustannukset, mk/p-m ³ Loading-hauling costs, Fmks./piled cu.m.					
	Kuorma 16 p-m ³ , traktori 2.2 tn Load 16 piled cu.m., tractor 2.2 tons					
12	11:10	16:66	11:31	16:96	11:71	17:56
22	10:90	16:35	10:90	16:35	11:31	16:96
37	10:69	16:05	10:90	16:35	10:90	16:35
	Kuorma 10 p-m ³ , traktori 2.2 tn Load 10 piled cu.m., tractor 2.2 tons					
12	17:77	26:66	18:09	27:13	18:73	28:10
22	17:44	26:17	17:44	26:17	18:09	27:13
37	17:11	25:68	17:44	26:17	17:44	26:17
	Kuorma 10 p-m ³ , traktori 1.1 tn Load 10 piled cu.m., tractor 1.1 tons					
12	16:92	25:38	17:22	25:83	17:84	26:75
22	16:61	24:91	16:61	24:91	17:22	25:83
37	16:29	24:45	16:61	24:91	16:61	24:91

tyyppien välillä ovat huomattavat, jos kuormat tehdään niiden vetokykyä vastaaviksi (esim. 2.2 tn dieseltraktorilla tuoretta tavaraa 16 p-m³ ja 1.1 tn petrolitraktorilla 10 p-m³). Dieseltraktorin pienemmät polttoainekustannukset ja ko. traktorikoon suurempi kuormankuljetuskyky halventavat tuntuvasti kuormausajokustannuksia. Ero muuttuu kuitenkin päinvastaiseksi ja pieneksi, jos suurikokoista traktoria alikuormitetaan (10 p-m³ tuoretta tavaraa). — Kuorman koolla on siis huomattava merkitys kuutiokilometriä kohden laskettujen kuormausajokustannusten kannalta. — Palstateiden kunto, ajotottumus ja traktorikaluston tarkoituksenmukaisuus vaikuttavat niin ikään voimakkaasti tämän vaiheen kustannuksiin (vrt. tapauksia 1 ja 2).

Purkamisajokustannuksia ei tässä yhteydessä käsitellä erikseen, vaan oletetaan niiden olevan matka- ja kuutiokilometriä kohden samansuuruiset kuin varsitiellä ajossa.

Varsitiellä ajon kustannukset on laskettu p-m³/km kohden ja niistä käytetään seuraavassa nimitystä km-korotus. Vastaavalla tavalla kuin edellä on erotettu kaksi tapausta, joista ensimmäinen vastaa ajo- ja keskeytysaikojen puolesta eräänlaista »normaalitasoa» ja toisessa on otettu mukaan kaikki kokeilutyömaiden tämän työn osalla sattuneet »häiriöt». — Kustannukset on esitetty taulukossa 69.

Km-korotuksista ilmenevät suurikokoisen ja dieselmoottorilla varustetun traktorin edut selvästi. Tyyppitraktoreiden vetokykyä vastaavia kuormia kuljetettaessa suuremman traktorin km-korotukset ovat 30...34 % alhaisemmat kuin pienemmän. Jos suurta traktoria alikuormitetaan taulukossa esitetyllä tavalla, kummankin traktorin km-korotus on likimain sama. — Suuren traktorin edut tulevat sitä selvemmin näkyviin, mitä pitemmästä ajomatka on kysymys.

Laskemalla yhteen kuutiokilometriä kohden lasketut palstatiekustannukset ja palstatiin varteen teon lisäyöstä aiheutuvat kustannukset (taulukko 66, s. 202), kuormaus- ja purkamiskustannukset (taulukko 67, s. 203) sekä kuormausajokustannukset (taulukko 68, s. 204) saadaan traktorikuljetuksen peruskustannukset, jotka vastaavat hevoskuljetukseen verrattessa 0...250 m ajomatkan (1/2 palstojen syvyydestä = 250 m) kustannuksia. — Ne on laskettu taulukkoon 70 (s. 206).

Taulukko 69. Varsitielläajokustannukset (km-korotukset) tuoreen pinotavaran traktorikuljetuksessa.

Table 69. Hauling and driving costs on the main haulage road (km.-increases) in the tractor haulage of green cordwood.

Traktori Tractor	Pinotavara — Cordwood			
	Kuorman suuruus, p-m ³ — Load size, piled cu.m.			
	10		16	
	Tapaus 1 Case 1	Tapaus 2 Case 2	Tapaus 1 Case 1	Tapaus 2 Case 2
	Km-korotus, mk/p-m ³ Km.-increase, Fmks./piled cu.m.			
1.1 tn — tons	13:42	18:11	—	—
2.2 tn — tons	14:09	19:02	8:81	11:87

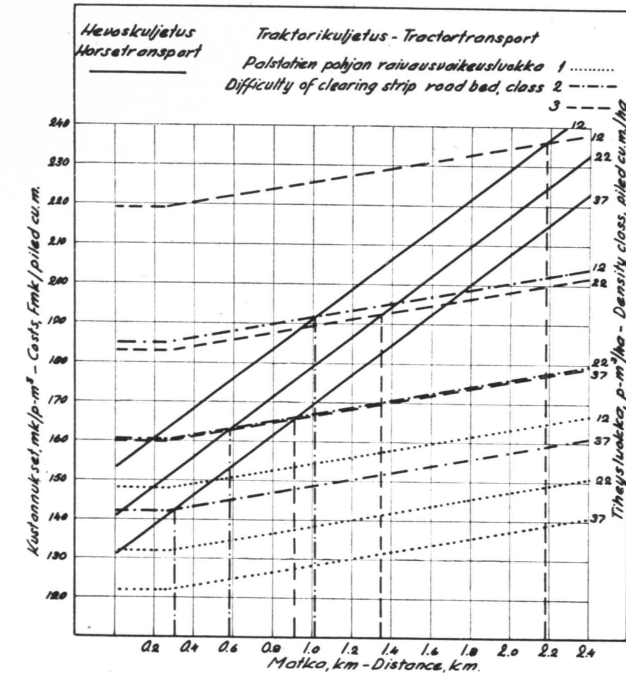
Taulukko 70. Palstatiin varteen tehdyn 2-m tuoreen pinotavaran traktorikuljetuksen peruskustannukset palstatiekustannukset ja hakkuukustannusten lisääntyminen mukaan luettuina.

Table 70. The basic costs of the tractor haulage of 2-metre green cordwood prepared alongside the strip road, including the strip road costs and the increase in felling costs.

Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.	Pinotavara — Cordwood					
	Palstatiin pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed					
	1.		2.		3.	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	Traktorikuljetuksen peruskustannukset, mk/p-m ³ Basic costs of tractor haulage, Fmks./piled cu.m.					
	Kuorma 16 p-m ³ , traktori 2.2 tn Load 16 piled cu.m., tractor 2.2 tons					
12	148:—	153:—	185:—	191:—	219:—	225:—
22	132:—	137:—	160:—	166:—	183:—	188:—
37	122:—	127:—	142:—	147:—	160:—	165:—
	Kuorma 10 p-m ³ , traktori 2.2 tn Load 10 piled cu.m., tractor 2.2 tons					
12	156:—	164:—	193:—	202:—	228:—	237:—
22	140:—	148:—	168:—	177:—	191:—	200:—
37	129:—	138:—	149:—	158:—	167:—	176:—
	Kuorma 10 p-m ³ , traktori 1.1 tn Load 10 piled cu.m., tractor 1.1 tons					
12	140:—	148:—	177:—	185:—	212:—	220:—
22	124:—	131:—	152:—	160:—	175:—	183:—
37	113:—	121:—	133:—	142:—	152:—	160:—

Taulukon 70 sekä km-korotustaulukon (taulukko 69) perusteella saadaan lasketuiksi traktorikuljetuksen kokonaiskustannukset eri ajomatkoilla. Kun niitä verrataan hevoskuljetuskustannuksiin (kuva 45, s. 207), voidaan todeta traktorikuljetus edellä esitettyjen premissien ollessa voimassa hevoskuljetusta halvemmaksi taulukossa 71 (s. 208) esitettyjä matka-arvoja pitemmillä matkoilla.

Varsinaiset traktorikuljetuskustannukset (ilman palstatiekustannuksia ja hakkuukustannusten lisääntymistä) ovat kaikissa leimikon tiheysluokissa sekä palstatiin pohjan raivausvaikeusluokissa alhaisemmat kuin hevoskulje-



Kuva 45. Esimerkki 2-m tuoreen pinotavaran traktorikuljetuskustannusten vertaamisesta hevoskuljetuskustannuksiin. Traktori varustettu dieselmoottorilla ja 2.2 tn painoluokkaa. Ajokauden keski kuorma traktorilla 16 p-m³. Tapaus 1. — Traktorikuljetuskustannuksiin sisältyvät palstatiin varteen teon lisätyöstä ja palstatiin aiheutuvat kustannukset. — Hevoskuljetuskustannukset Länsi- ja Itä-Suomen lumitietaksojen mukaan ilman tiekustannuksia.

Fig. 45. An example of the comparison of the tractor haulage costs of green 2-metre cordwood with the costs of horse haulage. The tractor had a diesel engine, weight 2.2 tons. The average tractor load of the haulage season was 16 piled cu.m. Case 1. — The costs of tractor haulage include the costs of the additional work in preparing cordwood alongside the strip road and of making the strip roads. The costs of horse haulage are according to the snow road rates of Western and Eastern Finland, excluding road costs.

tuskustannukset. Traktorikuljetuksen perusmaksu (0...250 m kuljetusmatka) pysyttelee näet epäedullisemmankin laskutavan (tapaus 2) mukaan tuoreen pinotavaran ajon ollessa kysymyksessä alle 117:— mk/p-m³, vaikka kuormat olisivat traktorin vetokyvyn kannalta vajaitakin (2.2 tn traktorilla 10 p-m³). Vastaavan tavaralajin hevoskuljetus maksaa 1. tiheysluokan leimikosta 139:— mk/p-m³ ja 3. tiheysluokan leimikosta 161:— mk/p-m³ 200 m ajomatkalta.

Taulukko 71. Raja-arvot, joita pitemmillä matkoilla palstatiin varten tehdyn tuoreen pinotavaran traktorikuljetus, palstatiekustannukset ja hakkuukustannusten lisääntyminen mukaan luettuina on hajasijaintisista muodostelmista tapahtuvaa hevoskuljetusta halvempaa leimikon eri tiheysluokissa.

Table 71. The limit values for the distances above which the tractor haulage of green cordwood prepared alongside the strip road, including the strip road costs and the increase in felling costs, is cheaper than horse haulage from dispersed storages in different forest density classes.

Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.	Traktori 1.1 tn Tractor 1.1 tons		Traktori 2.2 tn Tractor 2.2 tons			
	Kuorman suuruus, p-m ³ — Load size, piled cu.m.					
	10		10		16	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Matkan rajapituus, n. m Limit of hauling distance, m., about						
Palstatiin pohjan 1. raivausvaikeusluokka 1st clearing difficulty class of the strip road bed						
12	0	0	70	330	0	0
22	0	0	0	180	0	0
37	0	0	0	180	0	0
Palstatiin pohjan 2. raivausvaikeusluokka 2nd clearing difficulty class of the strip road bed						
12	820	1 370	1 510	2 300	1 020	1 340
22	280	720	960	1 620	580	840
37	0	320	600	1 150	300	500
Palstatiin pohjan 3. raivausvaikeusluokka 3rd clearing difficulty class of the strip road bed						
12	2 260	3 080	2 960	4 110	2 180	2 620
22	1 220	1 860	1 920	2 800	1 350	1 680
37	700	1 220	1 340	2 080	910	1 180

Jos varsinaisiin traktorikuljetuskustannuksiin lisätään ainoastaan pinotavaran palstatiin varten teon lisätyöstä aiheutuvat kustannukset (ei siis palstatiesta aiheutuvia kustannuksia), traktorikuljetuskustannukset pysyvät jatkuvasti kaikilla ajomatkoilla ja kaikissa leimikon tiheysluokissa hevoskuljetuskustannuksia alhaisempina.

Koska palstatieverkko traktoriliikennettä varten on tarkoitettu pysyväksi, herää kysymys, millaiseksi traktorikuljetuksen taloudellisuus muo-

dostuu sen jälkeen, kun tienpohjaverkko on jo kuoletettu? — Tällöin varsinaisiin traktorikuljetuskustannuksiin on hevoskuljetukseen vertaamiseksi lisättävä palstatiin varten teon lisätyön kustannusten ohella ainoastaan polanneajoradan valmistuskustannukset. Ko. tavalla suoritettu vertailu osoittaa traktorikuljetuksen sille edullisemman laskutavan mukaan (tapaus 1) käytännöllisesti katsoen kaikilla matkoilla ja kaikissa tiheysluokissa hevoskuljetusta halvemmaksi, jos kuormat tehdään traktoreiden vetokykyä vastaaviksi. — Palstatiin pohjaverkon kunnossapito vaatii kuitenkin vuosien mittaan hieman työtä, joten oikeamman vastauksen edellä esitettyyn kysymykseen antanevat palstatiin pohjan 1. raivausvaikeusluokan mukaiset matka- ja kustannusarvot.

Kuten edellä olevasta on ilmennyt, traktorikuljetuksella on tietyissä olosuhteissa mahdollisuudet kustannusten säästöihin hevoskuljetukseen verrattuna. Edellä esitettyjen premissien mukaan laskemalla on taulukon 72 (s. 210) koottu todennäköisesti saavutettavissa oleva prosentuaalinen kustannusten säästö eräillä ajomatkoilla. Esitetyistä raja-arvoista korkeammat sadannekset on laskettu traktorikuljetukselle edullisemman (tapaus 1) ja alhaisemmat sille epäedullisemman laskutavan (tapaus 2) mukaan. Traktorikuljetuskustannuksiin sisältyvät kaikki palstatiekustannukset samoin kuin hakkuutyön lisäkustannukset. Jos tarkastelun kohteeksi valitaan 1. tiheysluokan leimikko (37 p-m³/ha), koska sitä harvemmat leimikot ovat nykyisen hakkuutavan vallitessa verraten poikkeuksellisia, voidaan todeta, että keskiajomatkoilla (2 000 m) traktorikuljetuksella pitäisi olla mahdollisuus saavuttaa palstatiin pohjan 1. raivausvaikeusluokassa vähintään 26 %, 2. raivausvaikeusluokassa vähintään 16 % ja 3. raivausvaikeusluokassa vähintään 8 % kustannusten säästö, jos ajettava tavara on tuoretta. — Edellytyksenä tietenkin on, että traktorikuljetustaksat muodostuvat käytännössä edellä esitettyjen perusteiden mukaisiksi. Siihen pitäisi olla mahdollisuuksia, koska traktoreiden määrä on jatkuvasti suurentumassa ja hevosten määrä vähentymässä.

Traktori- ja hevoskuljetuskustannusten suhde ei eri pinotaveralajien ollessa kysymyksessä ilmeisesti sanottavasti muutu edellä esitetystä. Niin ikään suhde on eri palkkausalueilla suunnilleen sama, koska kustannustekijät muuttuvat kummankin kuljetuslajin osalta likimain samassa suhteessa.

Käytössä olevat lumi- ja jäätien hevoskuljetustaksat ovat 1 km ajomatkaan asti samat, joten jäätien käyttö ei lyhyillä ajomatkoilla muuta edellä esitettyä kuvaa kustannusten suhteesta. Pitemmillä ajomatkoilla jäätien km-korotus hevoskuljetuksessa on alhaisempi kuin lumitien, mutta

Taulukko 72. Tuoreen pinotavaran traktorikuljetuksella eri ajomatkoilla ja leimikon eri tiheysluokissa todennäköisesti saavutettavissa oleva prosentuaalinen kustannusten säästö lumitiellä tapahtuvaan hevoskuljetukseen verrattuna. Traktorikuljetuksen kustannuksiin sisältyvät tavaran palstatiin varteen teon lisätyöstä sekä palstateistä aiheutuvat kustannukset. Varsitiekustannuksia ei ole otettu huomioon.

Table 72. The percentual saving in costs over horse-haulage on a snow road that can probably be achieved through tractor-hauling green cordwood over different hauling distances and in different density classes of the stand marked for cutting. The costs of tractor haulage include the costs of the additional work in preparing the timber alongside the strip road and of making the strip roads. The main haulage road costs have not been taken into consideration.

Matka, m Distance, m.	1.1 tn petr.-traktori 1.1 tons kerosene tractor			2.2 tn dies.-traktori 2.2 tons diesel tractor		
	Kuorman suuruus, p-m ³ — Load size, piled cu.m.					
	10			16		
	Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.					
	12	22	37	12	22	37
Säästö, n. % — Saving, %, about						
Palstatiin pohjan 1. raivausvaikeusluokka 1st clearing difficulty class of the strip road bed						
200	8...13	12...17	13...19	5... 8	8...11	9...12
400	10...15	14...19	15...21	8...11	11...15	12...16
600	13...18	16...21	18...23	11...14	14...18	15...19
800	14...20	18...23	19...25	13...16	16...20	17...21
1 000	15...21	19...25	20...27	15...19	18...22	20...24
2 000	21...29	25...32	26...35	24...29	27...32	29...34
3 000	26...34	29...37	30...39	31...36	34...39	35...41
4 000	29...38	32...41	33...43	35...41	38...44	39...45
5 000	32...41	35...43	36...45	39...45	42...48	43...49
Palstatiin pohjan 2. raivausvaikeusluokka 2nd clearing difficulty class of the strip road bed						
200	—	—	0... 4	—	—	—
400	—	0... 1	1... 8	—	—	0... 2
600	—	0... 4	4...10	—	0... 1	2... 6
800	—	1... 7	6...13	—	0... 4	4... 9
1 000	0... 2	3... 9	8...15	—	2... 7	8...12
2 000	5...13	12...19	16...25	7...13	14...19	19...25
3 000	12...20	18...26	22...31	16...22	22...28	27...33
4 000	17...26	22...31	26...36	23...29	28...34	32...38
5 000	21...30	26...35	29...39	28...34	33...39	37...43
Palstatiin pohjan 3. raivausvaikeusluokka 3rd clearing difficulty class of the strip road bed						
800	—	—	0... 1	—	—	—
1 000	—	—	0... 4	—	—	0... 1
2 000	—	1... 9	8...16	—	4... 9	11...16
3 000	0... 7	9...17	15...23	4... 9	14...19	20...25
4 000	6...14	15...23	20...29	12...18	21...27	26...32
5 000	11...20	19...28	24...33	18...24	27...32	32...37

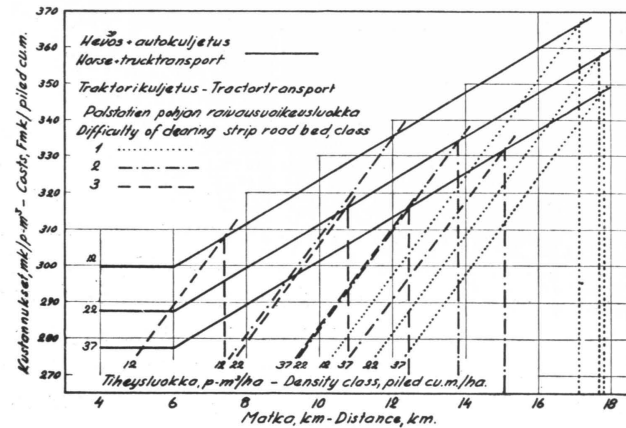
tuntuvasti suurempi kuin traktorikuljetuksen. Kun lisäksi otetaan huomioon, että hoidettu jäätie on melkoisesti traktoripolannettietä kalliimpi, traktorikuljetuksen kannattavuus säilyy jäätieellä tapahtuvaan hevoskuljetukseen verrattuna hyvänä myös yli 1 km pituisilla matkoilla.

Edellä esitetyn, traktorilla saavutettavissa olevan välittömän kustannussäästön lisäksi on pinotavaran samoin kuin tukkien traktorikuljetuksen taloudellisuutta hevoskuljetuksen taloudellisuuteen verrattaessa otettava huomioon myös mahdollinen välillinen kustannussäästö. Koneellisen kuljetuksen käyttö vähentää kääppä- ja tallitilojen tarvetta samoin kuin huoltokuljetuksia erämaaseutujen työmailla. Välillinen säästö saattaa muodostua huomattavan suureksi, kun otetaan huomioon, että esim. Perä-Pohjolassa lasketaan yhden miehen majoituksen ja talvisesongin huollon maksavan työnantajalle keskim. n. 50 000: — mk ja yhden hevosen majoituksen ja huollon n. 15 000: —...20 000: — mk (SIMOLA 1954). Yksi traktori saattaa kahden vuoron ajossa korvata kymmenenkin hevosta. — Traktorit eivät tarvitse talleja, joskin suurilla työmailla on syytä järjestää kaikille traktoreille yhteinen huoltotalli, johon mahtuu samanaikaisesti yksi tai pari konetta.

Pinotavaran traktorikuljetuskustannusten vertaamiseksi *autokuljetuskustannuksiin* on viimeksi mainittuihin lisättävä tavaran hakkuualueelta välivarastoon keräämisestä aiheutuvat kustannukset. Vertailu rajoitetaan tapauksiin, joissa keskim. hevosajomatka välivarastoon on 1 km sekä tavara 2-m kuusipaperipuuta. Autokuljetuskustannuksina käytetään ns. Kuopion ohjetaksoja, jotka VALPAS (1954, s. 44) on esittänyt. Tavara oletetaan purettavaksi heittopinoon.

Esittämättä tässä yhteydessä eri ajomatkojen markkamääräisiä kustannuksia voidaan traktorikuljetus todeta yhdistettyä hevos- ja autokuljetusta halvemmaksi palstatiekustannukset ja palstatiin varteen teon lisätyöstä aiheutuvat kustannukset huomioon otettuina, mutta ilman varsitiekustannuksia taulukossa 73 (s. 214) esiintyviä raja-arvoja lyhyemmillä matkoilla.

Syytä siihen, että traktorikuljetus on sängen pitkilläkin matkoilla yhdistettyä hevos- ja autokuljetusta halvempaa, on välivarastoinnin ja tavaran uudelleen kuormauksen eliminoituminen sekä kalliin hevoskuljetuksen korvautuminen halvemmalla kuljetusmenetelmällä. — Pitkillä matkoilla traktorikuljetus tulee kuitenkin käytännössä sängen harvoin kysymykseen, sillä huomattava osa ajosta tapahtuu tavallisesti silloin yleisiä tietä pitkin. Yleiset tiet ovat yleensä mäkisyytensä ja hiekoituksen vuoksi traktoriliikenteelle soveltumattomia.

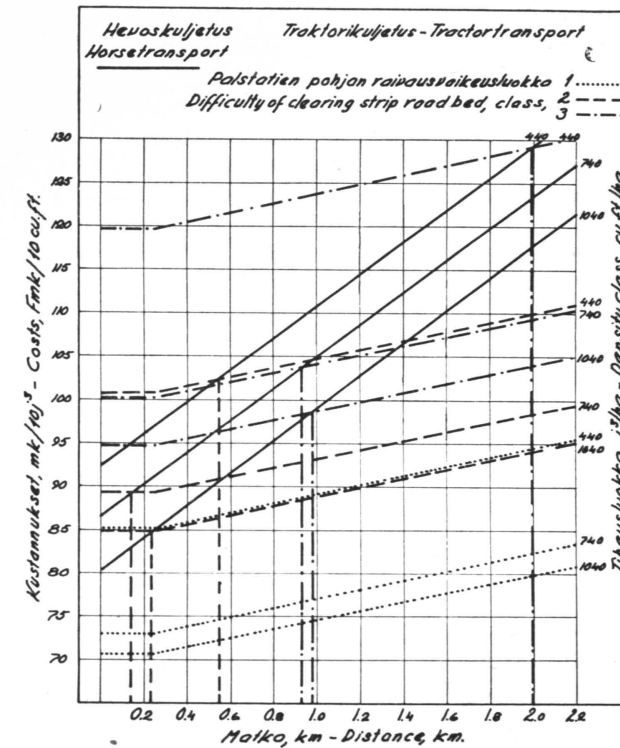


Kuva 46. Esimerkki tuoreen 2-m pinotavaran traktorikuljetuskustannusten vertaamisesta yhdistettyihin hevos- ja autokuljetuskustannuksiin. Traktori varustettu petroli-moottorilla ja 1.1 tn painoluokkaa. Ajokauden keskikuorma traktorilla 10 p-m³. Tapaus 1. — Traktorikuljetuskustannuksiin sisältyvät palstalien varteen teon lisätyöstä ja palstateistä aiheutuvat kustannukset. — Hevosajomatka hajasijaintisista varastomuodostelmista välivarastoon 1 km. Purkaminen heittopinoon. Kaikki kustannukset ilman varsitiekustannuksia.

Fig. 46. An example of the comparison of the tractor haulage costs of green 2-metre cordwood with the costs of combined horse and truck haulage. The tractor had a kerosene engine, and the weight of the tractor was 1.1 tons. The average tractor load of the haulage season was 10 piled cu.m. Case 1. — The costs of tractor haulage include the costs of the additional work in preparing the timber alongside the strip road and of making the strip roads. The horse haulage distance from dispersed storages to the intermediate storage was 1 km. Unloading into a loose pile. All costs exclude main haulage road costs.

Traktorikuljetuksella näyttää olevan mahdollisuus lyhyehköillä matkoilla huomattavaan kustannusten säästöön yhdistettyyn hevos- ja autokuljetukseen verrattuna, kuten taulukkoon 74 (s. 215) lasketut esimerkit osoittavat. Jos tarkastelun kohteeksi otetaan 1. tiheysluokan leimikosta tapahtuva kuljetus, säästö on palstalien pohjan 1. raivausvaikeusluokassa esim. 8 km matkalla tuoretta tavaraa kuljetettaessa vähintään 10...24 % ja 2. raivausvaikeusluokassa vähintään 3...17 %. Myös 3. raivausvaikeusluokassa saadaan 2.2 tn painoista traktoria käytettäessä säästöä ainakin 11 % (traktorille epäedullisemmän laskutavan mukaan).

Kuten aikaisemmin on mainittu, kustannusvertailussa ei ole otettu huomioon varsitiekustannuksia. Auratun autotalvitien rakennus- ja hoitokustannukset ovat vähintään viisinkertaiset, mutta keskimäärin todennäköisesti kymmenkertaiset traktoripolannetien kustannuksiin verrattuna



Kuva 47. Esimerkki levälleen tehtyjen tukkien traktorikuljetuskustannusten vertaamisesta hevoskuljetuskustannuksiin. Traktori varustettu dieselmoottorilla ja 2.2 tn painoluokkaa. Ajokauden keskikuorma traktorilla 300 j³. Tapaus 1. — Traktorikuljetuskustannuksiin sisältyvät palstateistä aiheutuvat kustannukset. Hevoskuljetuskustannukset Länsi- ja Itä-Suomen lumitietaksojen mukaan ilman tiekustannuksia.

Fig. 47. An example of the comparison of the tractor haulage costs of logs prepared scattered with the costs of horse haulage. The tractor had a diesel engine and the weight of the tractor was 2.2 tons. The average tractor load of the haulage season was 300 cu.ft. Case 1. — The tractor haulage costs include the costs of making the strip roads. The horse haulage costs are according to the snow road rates of Western and Eastern Finland, excluding road costs.

(ks. ss. 79—88, vrt. PUTKISTO 1952a). Jos varsitiekustannukset otetaan myös huomioon, traktorikuljetus on talvitiellä suoritettavaan yhdistettyyn hevos- ja autokuljetukseen verrattuna kilpailukykyinen taulukossa 73 (s. 214) esitettyjä raja-arvoja pitemmilläkin matkoilla, ja säästämahdollisuudet ovat edellä esitettyjä suuremmat.

Varsitiekustannukset mukaan luettuina traktorikuljetus on yhdistettyyn hevos- ja autokuljetukseen verrattuna sitä edullisempää, mitä pie-

Taulukko 73. Raja-arvot, joita lyhyemmillä matkoilla tuoreen pinotavaran traktorikuljetus, pinotavaran palstatiin varteen teon lisätyöstä aiheutuvat kustannukset ja palstatiekustannukset mukaan luettuina, on yhdistettyä hevos- ja autokuljetusta halvempaa. Varsitiekustannuksia ei ole otettu huomioon.

Table 73. The limit values for the distances below which the tractor haulage of green cordwood, including the costs of the additional work of preparing the cordwood alongside the strip road and the strip road costs, is cheaper than combined horse and truck haulage. Main haulage road costs have not been taken into consideration.

Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.	Traktori 1.1 tn Tractor 1.1 tons		Traktori 2.2 tn Tractor 2.2 tons			
	Traktorikuorman suuruus, p-m ³ Size of tractor load, piled cu.m.					
	10		10		16	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1	2	1	2	1	2
	Matkan rajapituus, n. km Limit of hauling distance, km., about					
	Palstatiin pohjan 1. raivausvaikeusluokka 1st clearing difficulty class of the strip road bed					
12	17.1	9.9	13.7	8.0	36.7	19.4
22	17.6	10.3	14.2	8.3	37.7	20.0
37	17.8	10.3	14.3	8.3	37.9	20.0
	Palstatiin pohjan 2. raivausvaikeusluokka 2nd clearing difficulty class of the strip road bed					
12	12.1	6.9	9.2	5.4	27.2	12.7
22	13.8	7.9	10.7	6.1	30.6	15.1
37	15.1	8.6	11.8	6.8	32.6	16.5
	Palstatiin pohjan 3. raivausvaikeusluokka 3rd clearing difficulty class of the strip road bed					
12	7.4	4.6	5.3	(3.6)	16.4	7.0
22	10.8	6.1	8.0	4.9	24.6	11.2
37	12.4	7.1	9.7	5.7	28.1	13.4

nemmän puutavaramäärän kuljettamisesta on kysymys. — Jos esim. varsitiin pituus on 7 km ja sen kustannukset autotalvitiiksi rakennettuna 60 000: — mk/km eli yhteensä 420 000: — mk/km, tiekustannukset ovat 500 p-m³ kuljetuksen ollessa kysymyksessä 840: — mk/p-m³ ja 5 000 p-m³ kuljetuksen ollessa kysymyksessä 84: — mk/p-m³. Em. tapauksessa auton käyttö on puutavaramäärän pienuuden vuoksi todennäköisesti kannatta-

Taulukko 74. Tuoreen pinotavaran traktorikuljetuksella eri ajomatkoilla ja leimikon eri tiheysluokissa todennäköisesti saavutettavissa oleva prosentuaalinen kustannusten säästö yhdistettyyn hevos- ja autokuljetukseen verrattuna ilman varsitiekustannuksia. Traktorikuljetuksen kustannuksiin sisältyvät pinotavaran palstatiin varteen teon lisätyöstä sekä palstatiin varteen aiheutuvat kustannukset. Hevosajomatka välivarastoon 1 km. Purkamisen heittopinoon.

Table 74. The percentual saving in costs that can probably be achieved through tractor-hauling green cordwood over different distances and through different density classes of the stand marked for cutting, compared with combined horse and truck haulage, excluding main haulage road costs. The costs of tractor haulage include the costs of the additional work of preparing the cordwood alongside the strip road and of making the strip roads. Horse haulage distance to the intermediate storage 1 km. Unloading into a loose pile.

Matka, km Distance, km.	1.1 tn petr.-traktori 1.1 tons kerosene tractor			2.2 tn dies.-traktori 2.2 tons diesel tractor		
	Kuorman suuruus, p-m ³ — Load size, piled cu.m.					
	10			16		
	Leimikon tiheys, p-m ³ /ha Density of stand marked for cutting, piled cu.m./ha.					
	12	22	37	12	22	37
	Säästö, n. % — Saving, %, about					
	Palstatiin pohjan 1. raivausvaikeusluokka 1st clearing difficulty class of the strip road bed					
4	28...37	31...39	32...41	34...40	37...43	38...44
8	8...22	10...24	10...25	21...30	24...33	24...34
12	0...11	0...13	0...14	13...25	15...27	15...28
16	0... 2	0... 4	0... 4	5...20	7...22	7...23
20	—	—	—	0...16	0...18	0...19
24	—	—	—	0...12	0...13	0...14
28	—	—	—	0... 8	0... 9	0...10
32	—	—	—	0... 4	0... 5	0... 5
36	—	—	—	0... 1	0... 2	0... 2
	Palstatiin pohjan 2. raivausvaikeusluokka 2nd clearing difficulty class of the strip road bed					
4	16...24	21...30	24...34	21...27	27...33	31...37
8	0...10	0...15	3...18	9...19	14...24	17...27
12	—	0... 4	0... 7	2...14	6...18	9...22
16	—	—	—	0...10	0...14	1...17
20	—	—	—	0... 6	0...10	0...13
24	—	—	—	0... 3	0... 7	0... 9
28	—	—	—	—	0... 3	0... 5
32	—	—	—	—	—	0... 1
	Palstatiin pohjan 3. raivausvaikeusluokka 3rd clearing difficulty class of the strip road bed					
4	4...13	13...22	18...27	10...16	19...25	24...30
8	—	0... 7	0...12	0... 8	7...16	11...21
12	—	—	0... 1	0... 4	0...11	3...16
16	—	—	—	—	0... 7	0...11
20	—	—	—	—	0... 4	0... 8
24	—	—	—	—	0... 1	0... 4

matonta. Vastaavan pituisen traktoripolannetien kustannukset ovat n. 6 000: — mk/km eli 42 000: — mk. Kuutiokymppiä kohden laskettuina ne olisivat pienemmällä työmaalla 84: — mk/p-m³ ja suuremmalla 8:40 mk/p-m³. — *Traktorikuljetus tekee siis mahdolliseksi myös pienten puutavaramäärien koneellisen kuljetuksen, joita aurattujen talviteiden kustannusten kalteuden vuoksi ei maassamme ole aikaisemmin kannattanut kuljettaa moottori-ajoneuvoilla.*

TUKIT

Tukkien traktori- ja hevoskuljetuksen taloudellisuutta seuraavassa verrattaessa oletetaan tukit tehdyiksi levälleen, niiden keskipituudeksi 16 j ja keskikuutioksi 5.59 j³ sekä niitä valmistetuiksi 1.8 kpl rungosta. Hevoskuljetuksen kustannuksina käytetään samoin kuin aikaisemminkin Länsi- ja Itä-Suomen palkkausalueen lumitiellä ajon taksoja (SOSIAALIMINISTERIÖN... 1955) ilman tiekustannuksia.

Traktorikuljetuksessa rajoitetaan tarkastelemaan 2.2 tn painoluokan koneella suoritettujen kuljetusten kustannuksia. Kuorman keskipituudeksi ajokauden aikana oletetaan aikaisemmin mainittu 300 j³. — Vertailussa käytetyt palstatie-etäisyydet, traktorikuljetuksen kustannuksiin sisällytetyt, palstalien pohjan raivaamisesta ja polanneajoradan valmistamisesta aiheutuvat kustannukset sekä juonto-, kuormaus- ja purkamiskustannukset ilman kuormausajokustannuksia (tapaukset 1 ja 2) ilmenevät taulukosta 75 (s. 217).

Palstatiekustannukset on saatu taulukosta 57 (s. 184). Juontamis-, kuormaamis- ja purkamiskustannuksia laskettaessa on käytetty taulukossa 64 (s. 198) esitettyjä työnmenekkiarvoja. Traktoriyön hinnoittelu puolestaan perustuu tässä, kuten aikaisemminkin kustannusvertailussa, taulukossa 54 (s. 180) esitettyihin lukuihin.

Vertailussa käytetyt traktorikuljetuksen kuormausajokustannukset ja varsitielläajokustannukset (km-korotus) ilmenevät taulukosta 76 (s. 218).

Yhdistämällä taulukoiden 75 ja 76 kustannusluvut saadaan tukkien traktorikuljetuksen peruskustannukset, joihin siis sisältyvät palstalien pohjan raivauskustannukset, polanneajoradan valmistuskustannukset sekä juonto-, kuormaus-, purkamis- ja kuormausajokustannukset. Ne on vertailussa käytetyn tyyppitraktorin (2.2 tn) osalta esitetty taulukossa 77 (s. 218).

Taulukko 75. Tukkien traktori- ja hevoskuljetuksen taloudellisuuden vertailussa traktorikuljetuksen kustannuksiin sisältyvät, palstalien raivaamisesta ja polanneajoradan valmistamisesta aiheutuvat kustannukset sekä juonto-, kuormaus- ja purkamiskustannukset ilman kuormausajokustannuksia, ja näitä kustannuksia vastaavat palstatie-etäisyydet. Traktori 2.2 tn. Kuorma 300 j³.

Table 75. The costs of clearing the strip roads and preparing the packed-snow roadway included in the costs of tractor haulage, in the comparison of the economy of tractor and horse haulage of logs, and the costs of skidding, loading and unloading without loading-hauling costs, and the distances between strip roads corresponding to these costs. Tractor 2.2 tons. Load 300 cu.ft.

Kustannustekijä Cost factor	Palstalien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed								
	1.			2.			3.		
	Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.								
	440	740	1 040	440	740	1 040	440	740	1 040
Vertailussa käytetty palstatie-etäisyys, m Distance between strip roads used in the comparison, m.									
40	30	30	50	40	40	70	50	50	
Kustannukset, mk/10 j ³ — Costs, Fmks./10 cu.ft.									
Tien pohjan raivaus ja polanneajoradan valmistus — Clearing the strip road bed and preparing the packed-snow roadway ...	29:28	23:99	21:64	42:00	33:42	29:19	52:71	41:30	35:72
Tapaus 1 — Case 1									
Juonto ja kuormaus Skidding and loading	36:66	30:04	30:04	39:67	36:66	36:66	47:52	39:67	39:67
Purkaminen — Unloading	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58
Yhteensä — Total .	49:24	42:62	42:62	52:25	49:24	49:24	60:10	52:25	52:25
Tapaus 2 — Case 2									
Juonto ja kuormaus Skidding and loading	43:47	39:98	39:98	47:00	43:47	43:47	53:24	47:00	47:00
Purkaminen — Unloading	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58	12:58
Yhteensä — Total .	56:05	52:56	52:56	59:58	56:05	56:05	65:82	59:58	59:58

Taulukko 76. Tukkien traktori- ja hevoskuljetuksen taloudellisuuden vertailussa käytetyt traktorikuljetuksen kuormausajo- ja varsitielläajokustannukset. Traktori 2.2 tn. Kuorma 300 j³.

Table 76. The costs of loading-hauling and hauling and driving on the main haulage road included in tractor haulage, used in the comparison of the economy of the tractor and horse haulage of logs. Tractor 2.2 tons. Load 300 cu.ft.

Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.	Palstatiien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed					
	1.		2.		3.	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Kuormausajokustannukset, mk/10 j ³ Loading-hauling costs, Fmks./10 cu.ft.						
440	6:57	9:86	6:69	10:05	6:93	10:41
740	6:45	9:68	6:57	9:86	6:93	10:05
1 040	6:45	9:68	6:57	9:86	6:93	10:05
Km-korotus, mk/10 j ³ Km.-increase, Fmks./10 cu.ft.						
	5:31	7:17	5:31	7:17	5:31	7:17

Taulukko 77. Tukkien traktorikuljetuksen peruskustannukset palstatiekustannukset mukaan luettuina. Traktori 2.2 tn. Kuorma 300 j³.

Table 77. The basic costs of the tractor haulage of logs, inclusive of strip road costs. Tractor 2.2 tons. Load 300 cu.ft.

Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.	Palstatiien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed					
	1.		2.		3.	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Traktorikuljetuksen peruskustannukset, mk/10 j ³ Basic costs of tractor haulage, Fmks./10 cu.ft.						
440	85:09	95:19	100:94	111:63	119:74	128:94
740	73:06	86:23	89:23	99:33	100:24	110:93
1 040	70:71	83:88	85:00	95:10	94:66	105:38

Myös tukkien traktorikuljetuksen peruskustannukset vastaavat 0...250 m ajomatkan kustannuksia. — Lisäämällä peruskustannuksiin varsitiellä ajosta aiheutuvat kustannukset (purkamisajomatkaksi on oletettu 0 km) saadaan traktorikuljetuksen kustannukset eri matkoilla. — Vertaamalla niitä hevoskuljetuksen kustannuksiin (esim. kuva 47, s. 213) voidaan traktorikuljetus todeta hevoskuljetusta halvemmaksi esitettyjen premisien ollessa voimassa taulukosta 78 ilmeneviä raja-arvoja pitemmillä matkoilla (s. 220).

Matkan rajapituuksia tarkasteltaessa kiintyy huomio siihen, että niiden arvot 740 j³/ha tiheysluokassa ovat systemaattisesti pienimmät ja 1 040 j³/ha luokassa suurimmat, vaikka arvojen pitäisi pienentyä leimikon tiheyden kasvaessa. Tiekustannusten osuus on näet kuutioyksikköä kohden sitä pienempi, mitä tiheämpi leimikko on. Mainittu ilmiö johtuu siitä, että Sosiaaliministeriön hevosajotaksoissa ei ole käytetty leimikon tiheyteen perustuvaa ajovaikeuden luokittelua sellaisenaan, vaan luokkina ovat »hyvä metsä», »keskikertainen metsä» ja »huono metsä». Taulukon vertailussa puolestaan on »hyvän metsän» oletettu lähinnä vastaavan tiheysluokkaa 1 040 j³/ha, »keskinkertaisen metsän» tiheysluokkaa 740 j³/ha ja »huonon metsän» luokkaa 440 j³/ha. — Samasta syystä johtuva säännöttömyys ilmenee myös tuonnempana esitettävässä traktorikuljetuksen ja yhdistetyn hevos- ja autokuljetuksen kustannusten vertailussa (matkan raja-arvot taulukossa 80, s. 223).

Taulukon 78 arvojen perusteella on pääteltävissä, että niiden laskemisessa käytettyjen premissien ollessa voimassa *levälleen tehtyjen tukkien traktorikuljetus palstatiekustannukset mukaan luettuina on lumitiellä tapahtuvaa hevoskuljetusta halvempaa hevoskuljetuksen keskiajomatkoilla.*

Vastaavalla tavalla kuin pinotavaran osalta myös tukkien osalta on laskettu traktorikuljetuksella todennäköisesti saavutettavissa oleva prosentuaalinen kustannusten säästö hevoskuljetukseen verrattuna (taulukko 79, s. 221). Säästöksi ilman varsitiekustannuksia näyttäisi muodostuvan 2 km ajomatalla palstatiien pohjan 1. raivausvaikeusluokassa leimikon tiheydestä ja laskutavasta (tapaukset 1 ja 2) riippuen 17...33 %, 2. raivausvaikeusluokassa 4...20 % ja 3. raivausvaikeusluokassa 0...12 %.

Mitä tulee tukkien traktori- ja hevoskuljetuksen kustannusten suhteisiin eri palkkausalueilla ja jäätietä hevoskuljetuksessa käytettäessä, ne ovat suunnilleen samat kuin pinotavaran kuljetusta verrattaessa on esitetty.

Myös tukkien traktorikuljetusta on verrattu *yhdistettyyn hevos- ja autokuljetukseen.* Levälleen tehdyt tukit on vm. tapauksessa oletettu hevosilla

kerätyiksi 1 km matkalta väliavarastoon autoihin kuormattaviksi. Hevoskuljetuksen kustannuksina on käytetty jälleen Sosiaaliministeriön Länsi- ja Itä-Suomen palkkausalueen taksoja (SOSIAALIMINISTERIÖN . . . 1955) ja autokuljetuksen kustannuksina em. Kuopion ohjetaksoja (VALPAS 1954, s. 44). Tukit on oletettu puretuiksi välitelattomaan kasaan.

Kustannuksia verrattaessa (esim. kuva 48, s. 222) saadaan rajapituuksiksi, joita lyhyemmällä matkoilla traktorikuljetus palstatiekustannukset mukaan luettuina mutta ilman varsitiekustannuksia on yhdistettyä hevos- ja autokuljetusta halvempaa, taulukossa 80 (s. 223) esitetyt arvot.

Taulukon arvojen mukaan tukkien traktorikuljetus näyttäisi yhdistettyyn hevos- ja autokuljetukseen verrattuna olevan kannattavaa tuntuvasti pitemmällä matkoilla kuin pinotavaraa kuljettaessa. Tämä johtuu siitä, että vertailussa käytetty tukkien autokuljetustaksa pohjautuu kuormauksen osalta aikaan, jolloin käsinkuormaus oli vallitsevana. Sen sijaan tukkien kuormaus traktorirekeen tapahtuu koneellisesti ja sen kustannukset on saatu kuormauslaitteen käyttökustannusten hinnoittelulla, kuten aikaisemmasta on ilmennyt. — Jos varsitiekustannukset, jotka autotalvi-

Taulukko 78. Raja-arvot, joita pitemmällä matkoilla levälleen tehtyjen tukkien traktorikuljetus palstatiekustannukset mukaan luettuina on lumitiellä tapahtuvaa hevoskuljetusta halvempaa leimikon eri tiheysluokissa. Traktori 2.2 tn. Traktorin kuorma 300 j³. Varsitiekustannuksia ei ole otettu huomioon.

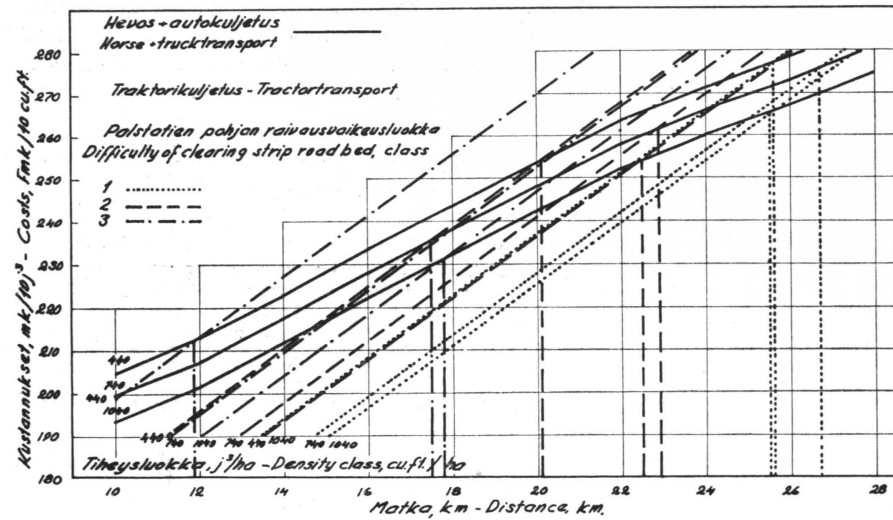
Table 78. The limit values for the distances above which the cost of the tractor haulage of logs prepared scattered, inclusive of the strip road costs, is cheaper than horse haulage on a snow road, in the different density classes of the stand marked for cutting. Tractor 2.2 tons. Tractor load 300 cu.ft. The main haulage road costs have been disregarded.

Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.	Palstatien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed					
	1.		2.		3.	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Matkan rajapituus, n. m Limit of hauling distance, m., about						
440	0	160	550	1 530	1 990	3 100
740	0	0	140	960	930	1 970
1 040	0	170	230	1 130	980	2 020

Taulukko 79. Tukkien traktorikuljetuksella eri ajomatoilla ja leimikon eri tiheysluokissa todennäköisesti saavutettavissa oleva prosentuaalinen kustannusten säästö lumitiellä tapahtuvaan hevoskuljetukseen verrattuna. Traktorikuljetuksen kustannuksiin sisältyvät palstateistä aiheutuvat kustannukset. Varsitiekustannuksia ei ole otettu huomioon.

Table 79. The percentual saving in costs probably achievable through tractor haulage of logs over different hauling distances and density classes of the stand marked for cutting, in comparison with horse haulage on a snow road. The costs of tractor haulage include the costs of making the strip roads. The main haulage road costs have been disregarded.

Ajomatka, m Distance, m.	Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.		
	1 040	740	440
	Säästö, n. % — Saving, %, about		
Palstatien pohjan 1. raivausvaikeusluokka 1st clearing difficulty class of the strip road bed			
200	1...16	5...19	1...11
400	4...19	7...21	4...13
600	6...21	9...23	6...16
800	8...23	11...25	7...18
1 000	10...25	13...27	9...20
2 000	18...32	20...33	17...27
3 000	25...37	25...38	22...32
4 000	28...41	29...42	26...37
5 000	32...44	33...45	30...40
Palstatien pohjan 2. raivausvaikeusluokka 2nd clearing difficulty class of the strip road bed			
200	—	0... 1	—
400	0... 3	0... 4	—
600	0... 5	0... 7	0... 1
800	0... 8	0... 9	0... 4
1 000	0...10	0...11	0... 5
2 000	8...20	9...20	4...15
3 000	16...26	16...27	11...22
4 000	21...32	21...32	17...27
5 000	25...36	25...36	21...32
Palstatien pohjan 3. raivausvaikeusluokka 3rd clearing difficulty class of the strip road bed			
1 000	0... 1	0... 1	—
2 000	0...12	0...11	0... 0
3 000	8...20	8...19	0... 9
4 000	14...26	14...25	6...16
5 000	19...31	19...30	12...21



Kuva 48. Esimerkki levälleen tehtyjen tukkien traktorikuljetuskustannusten vertaamisesta yhdistettyihin hevos- ja autokuljetuskustannuksiin. Traktori varustettu dieselmoottorilla ja 2.2 tn painoluokkaa. Ajokauden keskikuorma traktorilla 300 j³. Tapaus 2. — Traktorikuljetuskustannuksiin sisältyvät palstatiekustannukset. — Hevosajomatka väliyarastoon 1 km. Purkamisen välitelattomaan kasaan. Kaikki kustannukset ilman varsitiekustannuksia.

Fig. 48. An example of the comparison of the tractor haulage costs of logs prepared scattered with costs of combined horse and truck haulage. The tractor had a diesel engine, and the weight of the tractor was 2.2 tons. The average tractor load of the haulage season was 300 cu.ft. Case 2. — The tractor haulage costs include the strip road costs. Horse haulage distance to the intermediate storage was 1 km. Unloading onto a stack without cross logs. All costs exclude main haulage road costs.

teiden ollessa kysymyksessä ovat tuntuvasti suuremmat kuin traktoreille rakennettuja polannevarsiteitä käytettäessä (vrt. s. 214), otetaan huomioon, traktorikuljetuksen kannattavuusraja siirtyisi vieläkin pitemmille matkoille.

Taulukkoon 81 (s. 224) on laskettu, miten suureksi traktorikuljetuksella saavutettavissa oleva, todennäköinen, prosentuaalinen säästö eräillä ajomatkoilla muodostuisi. — Jos tarkastelun kohteeksi valitaan esim. 8 km ajomatka, voidaan säästökseen todeta palstatiemateriaalin raivausvaikeusluokasta, leimikon tiheysluokasta sekä laskutavasta (tapaukset 1 ja 2) riippuen 7...41 %. Edellytyksenä tietenkin on, että laskuissa käytetyt premissit ovat voimassa.

Taulukko 80. Raja-arvot, joita lyhemmillä matkoilla levälleen tehtyjen tukkien traktorikuljetus palstatiekustannukset mukaan luettuina on yhdistettyä hevos- ja autokuljetusta halvempaa. Traktori 2.2 tn. Traktorin kuorma 300 j³. Varsitiekustannuksia ei ole otettu huomioon.

Table 80. The limit values for the distances under which the tractor haulage of logs prepared scattered, inclusive of the strip road costs, is cheaper than combined horse and truck haulage. Tractor 2.2 tons. Tractor load 300 cu.ft. The main haulage road costs have been disregarded.

Leimikon tiheys, j ³ /ha Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.	Palstatiemateriaalin raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed					
	1.		2.		3.	
	Tapauksen n:o — Case, No.					
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Matkan rajapituus, n. km Limit of hauling distance, km., about						
440	51.8	25.6	46.1	20.1	39.3	11.7
740	54.3	26.7	48.5	22.9	44.5	17.5
1 040	52.7	25.5	27.9	22.5	44.3	17.8

* * *

Edellä esitetyn kustannusvertailun perusteella voidaan tehdä se johtopäätös, että sekä pinotavaran että tukkien traktorikuljetus tutkimushypoteesina esitettyjen työkonstruktioiden mukaisesti järjestettynä on taloudellisessa mielessä kilpailukykyinen sekä traditionaalisen hevoskuljetuksen että tietyissä olosuhteissa tapahtuvan yhdistetyn hevos- ja autokuljetuksen kanssa ja että traktorikuljetus on alhaisen tiekustannusten vuoksi sovellettavissa myös suhteellisen pienten metsälöiden puutavaran kuljetukseen.

Taulukko 81. Tukkien traktorikuljetuksella eri ajomatkoilla ja leimikon eri tiheysluokissa todennäköisesti saavutettavissa oleva prosentuaalinen kustannusten säästö yhdistettyyn hevös- ja autokuljetukseen verrattuna. Traktorikuljetuksen kustannuksiin sisältyvät palstateistä aiheutuvat kustannukset. Traktori 2.2 tn. Traktorin kuorma 300 j³. Varsitiekustannuksia ei ole otettu huomioon.

Table 81. The percentual saving in costs probably achievable through tractor haulage of logs over different hauling distances and density classes of the stand marked for cutting, in comparison with combined horse and truck haulage. The costs of tractor haulage include the costs of making the strip roads. Tractor 2.2 tons. Tractor load 300 cu.ft. The main haulage road costs have been disregarded.

Matka, km Dis- tance, km.	Palstatien pohjan raivausvaikeusluokka Clearing difficulty class of the strip road bed								
	1.			2.			3.		
	Säästö, n. % — Saving, %, about								
	Leimikon tiheys, j ³ /ha — Density of stand marked for cutting, cu.ft./ha.								
	440	740	1 040	440	740	1 040	440	740	1 040
4	37...46	40...51	40...51	29...38	33...42	33...43	20...28	27...36	28...37
8	24...37	27...41	26...40	16...29	20...32	20...33	7...19	14...27	14...27
12	16...31	18...35	16...34	8...23	11...27	11...27	0...14	6...21	6...22
16	11...28	13...31	11...31	4...21	7...24	6...24	0...13	2...19	2...20
20	7...25	8...28	7...28	0...19	3...22	2...22	0...11	0...17	0...18
24	2...22	4...25	2...24	0...16	0...19	0...19	0...10	0...15	0...15
28	0...19	0...22	0...21	0...13	0...16	0...16	0... 7	0...12	0...12
32	0...16	0...19	0...18	0...11	0...13	0...13	0... 5	0...10	0...10
36	0...13	0...15	0...14	0... 8	0...10	0... 9	0... 2	0... 6	0... 6
40	0...10	0...12	0...11	0... 5	0... 7	0... 7	—	0... 4	0... 4

2. Vertailua muihin koneellisiin metsäkuljetusmenetelmiin

Kun seuraavassa suoritetaan kokeilutyömailla kehitetyn traktorikuljetusmenetelmän vertailua muihin koneellisiin metsäkuljetusmenetelmiin, valitaan vertailukohteiksi sellainen pyörätraktorikuljetus, jossa »koneella ajetaan kannolle asti», sekä vastaavalla tavalla järjestetty telaketjutraktorikuljetus. Lisäksi tarkastellaan Norjassa kehitetyn traktorivintturilla juontomenetelmän suhdetta siihen. — Varsinaiseen köysikuljetukseen sen paremmin kuin erikoisajoneuvoilla tapahtuvaan kuljetukseenkaan ei puututa, koska niiden taloudellisuus oloissamme on monestakin syystä kyseenalainen.

Vertailun suorittamista vaikeuttaa, että riittävin olosuhdetunnuksin ilmaistuja tuotos- ja kustannuslukuja on vaikea tavoittaa.

Mitä tulee hevosen korvaamiseen tavaran hakkuualueelta keräämistyössä pyörä- tai telaketjutraktorilla, kirjoittaa LEIJONHUFVUD (1954) siitä seuraavaa: »... Vad då beträffar möjligheten för den ordinära hjultraktorn att fylla hästens uppgifter i fråga om kortare transporter, kan man säga, att traktorn är framkomlig endast i lättare terräng på barmark eller vid obetydligt till måttligt snödjup. Framkomligheten ökar med förbättrade gripanordningar på hjulen med halvbandutrustningar och med anordningar, som möjliggör överflyttande av en del av lasten på traktorns drivande hjul. Vid betydande snödjup kunna endast bandtraktorer och helbandförsedda hjultraktorer taga sig fram... Man kan sålunda konstatera att endast en del av kortvägtransporterna kunna övertagas av hjultraktorer... Då studierna gällt en jämförelse mellan häst och traktor under typiska norrländska förhållanden såväl på barmark som i normalt snödjup, har en vanlig hjultraktor icke kunnat användas. Vi ha i stället använt en liten bandtraktor av märket Cletrac OC 3... Som väntat är, kan traktorn per tidsenhet köra fram mera virke än hästen, men den gör det icke lika ekonomiskt. Om kostnaden för häst och karl sättes till 50: — kr per dag, blir traktorkörning på barmark ca 35 % dyrare än hästkörning per volymenhet.

Då de hjultraktorer, som i allmänhet användas inom jordbruket, äro något billigare än ifrågavarande bandtraktor och något snabbare, är det möjligt, att det ekonomiska resultatet med en hjultraktor hade blivit något gynnsammare. Vintertid hade emellertid en sådan traktor icke varit användbar. För vintertransport visar motsvarande kalkyl, att traktorn blev ca 75 % dyrare.»

Edellä esitetty perustuu SDA:n Ruotsissa suorittamiin tutkimuksiin ja koskee menetelmiä, joissa traktoreiden liikennöimiseksi ei metsään ole tehty palstateitä eikä hakkuutyötä järjestetty traktorikuljetuksen vaatimuksia silmällä pitäen.

Kun Norrlannissa puut lajeiltaan ja dimensioiltaan ovat samoja kuin meillä, lumiolosuhteet suunnilleen vastaavat ja erot maastossakin suhteellisen vähäisiä (Norrlanti jonkin verran mäkisempää), mainitut tulokset ovat ilmeisesti vertailukelpoisia myös Suomen olosuhteissa. — Jos otetaan huomioon, että traktoreiden käyttötuntikustannukset alhaisempien korkokustannusten johdosta ovat Ruotsissa ilmeisesti pienemmät kuin maassamme ja että hevöskuljetuksen suhteelliset kustannukset Ruotsissa tuskin ovat halvemmat kuin meillä, voidaan pitää todennäköisenä, että palstatieverkon käyttöön perustuva, kokeiluissa kehitetty traktori-metsäkulje-

tusmenetelmä on ainakin taloudellisessa mielessä edullisempi kuin Ruotsissa käytetyt menetelmät.

Norjalainen Isachsenin traktorivintturi (ks. SAMSET 1955) on kaksirumpuinen ja se on tarkoitettu sekä juontoon että kuormaukseen. Teräsköysi voidaan palauttaa koneellisesti, joten apumiehen ei ole tarpeellista kulkea taakantekopaikan ja traktorin sijaintipaikan väliä. Kun teräsköysi ohjautuu traktorin takaosaan sijoitetun, 5 m korkuisen tornin päässä olevan taittopyörän kautta, taakan pää on ainakin huomattavan osan juontomat-kasta ilmassa. Laitteella voidaan tehdä laahuskuorma traktorin omaan juontorekeen, mutta sen pääasiallinen käyttö kuormaustyössä rajoittunee kuitenkin muiden ajoneuvojen kuormaukseen. Maksimijuontomat-kaksi käytännössä ilmoitetaan n. 80 m.

Isachsenin laitteilla saavutetuista tuotosarvoista sen paremmin kuin niiden käytön kustannuksistaakaan ei ole käytettävissä tietoja. — Etuina käsillä olevissa tutkimuksissa kokeiltuihin juonto- ja kuormauslaitteisiin verrattuna voidaan pitää seuraavia:

— Toimintasäde on suurempi, joten palstatietiheys voi olla pienempi (maksimi palstatie-etäisyys 160 m). Tästä on hyötyä erityisesti sulan maan aikana tapahtuvassa kuljetuksessa (polanneteitä ei voida rakentaa kesällä) sekä vaikeassa maastossa, jossa tien pohjan raivaaminen tulee kalliiksi.

— Apumiehen työskentely on kevyempää, koska teräsköyden vientimatkat (vientie pääköydestä sivuille) ovat yleensä lyhyitä.

— Edellyttäen traktorin ankkuroiduksi paikoilleen kerralla kuljettavat taakat vintturin suuremmasta vetokyvystä johtuen voivat olla suurempia.

Haitoiksi on katsottava, että laitteen asentaminen juontopaikalla vie ennen työn aloittamista joukon aikaa, että kuljetuksen organisaatio on raskaampi, koska se hyvin onnistuakseen edellyttää todennäköisesti vaihtoja, että laite ei sovellu yleiskuormaimeksi ja että sen hinta on runsaasti yli kaksinkertainen puheena olevissa kokeiluissa käytettyihin laitteisiin verrattuna.

Kun puntaroidaan edellä esitettyjä etuja ja haittoja, päädytään siihen, että maassamme saattaa olla olosuhteita, joissa kannattaa käyttää Isachsenin menetelmää (juonto sulan maan aikana vaikeassa maastossa ja tiheissä leimikoissa), mutta että yleisratkaisuna ilmeisesti käsillä olevien tutkimusten yhteydessä kehitetty menetelmä on taloudellisempi. Luotettava vertailu voidaan kuitenkin suorittaa vain rinnakkain tehtävillä käytännön kokeilla.

VIII Traktorikuljetuksen suhde puun kasvatukseen

1. Palstatieverkon vaikutus

Metsälön puun tuotannon ja sen tuottaman puun korjuumenetelmän välillä on tunnetusti riippuvuussuhde. Voimakkaimpana tuotantoon vaikuttaa hakkuutapa, mutta käytetty metsäkuljetusmenetelmäkään ei ole vailla merkitystä.

Esitetty traktori-metsäkuljetusmenetelmä ei aiheuta hakkuutoimintaan puun tuotannon kannalta olennaisia muutoksia. Sen sijaan menetelmälle välttämättömän palstatieverkon luomisen voi olettaa alentavan puun tuotantoa, koska osa metsämaasta joutuu ainakin näennäisesti tie-maaksi.

Edellä on esitetty (s. 35) teoreettisesti lasketut palstatiemäärät hehtaaria kohden eri tie-etäisyyksiä ja palstojen syvyyksiä käytettäessä. Jos teiden leveytenä käytetään 3 m, saadaan tiealueitten suhteelliseksi osuudeksi metsälön pinta-alasta taulukossa 82 (s. 228) näkyvät määrät.

Luvut näyttävät suurilta. — Edellä on kuitenkin todettu, että kokonaiskustannusten kannalta teiden optimietäisyys on 30...70 m leimikon tiheydestä, metsän boniteetista, teiden raivausvaikeudesta tai käytetystä hakkuutavasta riippuen, joten tiealuesadannes pysyy rajoissa 4...11. Toiseksi tiealuesadannokset ovat vain pinta-alan osuutta ilmaisevia lukuja, mutta ne eivät sano mitään mahdollisesta puun tuotannon vähenemisestä.

On myös huomattava, että pinta-alanmenetyksen merkitys on luonnollisesti sitä vähäisempi, mitä huonommasta boniteetista on kysymys. — Sekä kuljetus- että tienraivausteknillisten seikkojen vuoksi tiet pyritään sijoittamaan juuri puun tuotannon kannalta arvottomimpiin kohtiin (aukiot, suojuotit, silokalliot), joten tuotannon menetys — jos sellaista on — on varmuudella em. sadanneksia pienempi.

Edullisin ajankohta traktorikuljetuksen vaatiman palstatieverkon rai-

Taulukko 82. Tiealueiden suhteellinen osuus metsälön pinta-alasta eri palstatie-etaisyyksiä ja palstojen syvyyksiä käytettäessä. Tieaukon leveys 3 m.

Table 82. The relative proportion of road areas in the area of the forest enterprise when using different distances between strip roads and different strip depths. Breadth of the road opening 3 m.

Palstojen syvyys, m Depth of strips, m.	Palstateiden etäisyys, m Distance between strip roads, m.					
	30	40	50	60	70	80
	Tiealueet, % pinta-alasta Grounds occupied by the roads, % of the total forest enterprise					
300	11.0	8.5	7.0	6.0	5.3	4.7
500	10.6	8.1	6.6	5.6	4.9	4.4
700	10.4	7.9	6.4	5.4	4.7	4.2
900	10.3	7.8	6.3	5.3	4.6	4.1

vaamiseen on ilmeisesti metsikön perustamis- tai taimiston perkausvaiheessa (vrt. s. 82). Raivauskustannukset jäävät silloin nähtävästi mahdollisimman alhaisiksi, kannot ennättävät todennäköisesti lahota alueelta ennen ensimmäistä ajokautta ja puun tuotannossa ei tapahdu teoreettistaakaan menetyksiä. — Paljaaksihakkausalueilla ei myöskään tapahdu mitään menetyksiä ja menetys on erittäin vähäinen myös vajaatuottoisissa ja hakkuilla pilatuissa metsissä.

Saksassa, jossa käytetään pysyvää palstatieverkkoa, ei sikäläisten metsäammattimiesten (esim. GLÄSER) mukaan palstateilla katsota olevan puun tuotantoa alentavaa vaikutusta, ellei tieaukon leveys ylitä 4 m:iä. Teiden reunapuiden juuristo voi näet käyttää tiemaata hyväkseen ja niiden latvukset ilmatilaa, joten näiden puiden nopeutuva kasvu korvaa ainakin osan näennäisestä pinta-alan menetyksestä.

Samaan tulokseen on tultu Tanskassa, jossa käytetään autokuljetuksessa sivuteiden etäisyytenä 400 m (PETERSEN 1953).

Norjassa KLEM (1953) on selvittänyt istutusetäisyyden vaikutusta kuusi-puun laatuun. Kokeissa käytettiin 1.3 m, 1.5 m, 2 m, 3 m ja 3.5 m etäisyyksiä. Boniteetti oli hyvä. — Hän toteaa mm. seuraavaa: »I bestandenes første år vil kvaliteten av trærne innen de forskjellige planteavstander bli dårligere med økende planteavstand inntil bestandene slutter seg. Etter at alle bestand har sluttet seg vil en i alle planteavstander som her er undersøkt meget nær få den samme vedkvalitet, både med hensyn på årringbredde, kvistmengde og volumvekt. Jo lengere tid bestandene blir behandlet med full produksjon for øye, desto mer vil kvaliteten mellom

planteavstandene jevne seg ut» (s. 496). »Dimensjonene for samme alder øker raskt med stogende planteavstand» (s. 497). Näyttää siis siltä, ettei teistä johtuvalla reunuspuiden kasvuetaisyyden suurenemisella ole sanottavaa merkitystä puiden laatuun edes hyvällä metsätyypillä kasvavissa viljelyskuusikoissa.

Suomessa SIREN (1953) on käsitellyt pysyvän palstatieverkon ja metsänhoidon suhteita. Hänen mielestään metsänhoidolliset seikat eivät aseta esteitä palstateiden raivaamiselle, vaan pikemminkin on odotettava, että pysyvä tieverkko johtaa entistä intensiivisempään metsänhoitoon. — Täysin luotettavasti kysymys olisi ratkaistavissa ilmeisesti vain vertailevilla tutkimuksilla samanlaisissa metsiköissä, joista toiset olisivat ilman teitä ja toiset teillä varustettuja.

2. Traktorikuljetuksen kasvavalle metsälle aiheuttamat vauriot

Yleisen käsityksen mukaan koneellinen metsäkuljetus kohtelee sääli-mättömästi kasvavaa metsää. Tällaisen mielikuvan syntymiseen lienevät syynä amerikkalaisista puunkorjuumenetelmistä esitetyt kuvaukset.

Asian selvittämiseksi laskettiin Kornista, jossa kysymyksessä oli hoidetun metsän harvennushakkuu, kaikki vintturilla juonnon, kuormauksen ja ajon aikana vaurioituneet puut ja samalla merkittiin muistiin vaurioitumisen syy ja suuruus. Mukaan otettiin kaikki tapaukset, vaikka lievimillä niistä tuskin on käytännöllistä merkitystä puiden elintoiminnoille.

Käytetty vaurioiden luokittelu oli seuraava:

1. = Kuoressa naarmuja
2. = Kuori särkynyt puun pintaa myöten.
Vaurion pinta-ala alle 10 cm².
3. = Kuori särkynyt puun pintaa myöten.
Vaurion pinta-ala 10...20 cm².
4. = Kuori särkynyt puun pintaa myöten.
Vaurion pinta-ala yli 20 cm². Puu kaadettu.

Ajon aikana sattuneiden vaurioiden jakaantuminen eri suuruusluokkiin ja eri kokoisten puiden osalle selviää taulukosta 83 (s. 230).

Suurin osa vaurioista tavattiin pienikokoisissa puissa (n. 63 % D_{1,3} alle 6"). Suuruudeltaan 2. ja 3. luokkaan kuuluvat vauriot olivat yleisim-

Taulukko 83. Traktorilla ajon kasvavalle metsälle aiheuttamat vauriot vaurioiden suuruusluokittain ja niiden jakaantuminen erikokoisten puiden osalle Kornissa.

Table 83. The damage caused to growing forest by tractor haulage, by damage size classes, and its distribution between different-sized trees, at Kornii.

D _{1,3} ° BHD., inches	Vaurion suuruusluokka — Size class of damage								Yhteensä Total	
	1.		2.		3.		4.		kpl number	%
	kpl number	%	kpl number	%	kpl number	%	kpl number	%		
2	2	9	9	17	4	7	3	10	18	11
3	4	17	11	21	13	23	5	17	33	21
4	3	13	9	17	11	19	8	28	31	19
5	3	13	7	14	6	10	4	14	20	12
6	2	9	8	15	8	14	5	17	23	14
7	5	22	5	10	7	12	3	10	20	13
8	2	9	2	4	—	—	1	4	5	3
9	1	4	1	2	5	9	—	—	7	4
10	1	4	—	—	2	4	—	—	3	2
13	—	—	—	—	1	2	—	—	1	1
Yhteensä — Total ...	23	100	52	100	57	100	29	100	161	100
%	14		32		36		18		100	

Taulukko 84. Traktorilla ajon kasvavalle metsälle aiheuttamien vaurioiden syyt Kornissa.

Table 84. Causes of the damage inflicted by tractor haulage to the growing forest, at Kornii.

Vaurion syy Cause of damage	Palstatiet Strip roads		Varsitie Main haulage road		Yhteensä Total	
	kpl number	%	kpl number	%	kpl number	%
Teräsköyden kiinnitys — Fastening the steel wire	12	8	2	13	14	9
Liian jyrkkä kaarre tiessä — Too sharp a bend in the road	57	40	11	69	68	42
Liian leveä reki — Too broad a sleigh	44	30	2	12	46	29
Muu — Other reason	32	22	1	6	33	20
Yhteensä — Total	145	100	16	100	161	100
%	90		10		100	

piä (n. 68 %). Merkityksettömiä naarmuja löytyi n. 14 %:ssa niistä puista, joihin kuljetus oli jättänyt jälkiä.

Vaurioiden syiden analysointi, joka on esitetty taulukossa 84 (s. 230), osoittaa, että valtaosa niistä on johtunut ammattitaidon puutteesta tai muusta, vältettävissä olevasta syystä.

Varsitiellä vaurioita ei ole sattunut paljoakaan ja silloinkin niihin on ollut syynä pääasiassa kaarteitten liian suuri jyrkkyys käännyttäessä palstateilta pätielle. Kaarteitten liiallinen jyrkkyys on muutenkin yleisin syy. Se on helposti poistettavissa oikealla tien suunnittelulla.

Teräsköyden kiinnitys kasvaviin puihin traktorin irti vetämiseksi vintturin avulla on myös syy, joka on täysin eliminotavissa. Ensinnäkin kantavan polannekerroksen rakentaminen riittävän leveäksi ja kaikkien traktoreiden varustaminen puolitelaketjuilla vähentää kiinnijuuttumisvaaraa. Toiseksi tapauksissa, joissa teräsköysi on kiinnitettävä puuhun, voidaan käyttää puun ympärillä esim. säkeillä pehmustettua silmukkaa, jollainen ei pureudu kuoren läpi.

Volvo- traktorin vetämä ruotsalainen tukkireki oli mitoitettu välivastosta ajoa varten ja oli siitä syystä leveämpi muita tiellä käytettyjä rekiä. Sen tiliin voitiin lukea viides osa kaikista vaurioitumistapauksista. Kun mikään syy ei pakota käyttämään näin leveitä rekiä, voidaan tämänkin vaurioryhmän eliminotumista pitää mahdollisena.

»Muiden» ryhmään kuuluvista syistä on tärkein tukin rekeennostopai-kan ahtaus, joka puolestaan on aiheutunut tukkipuun väärästä kaato-suunnasta. Toisin sanoen puu on kaadettu sellaiseen suuntaan, että traktorin on ollut hinaamista ja kuormausta varten pakko pysähtyä paikkaan, missä likimain tietä vasten kohtisuorassa saapuvan puun kääntäminen reen suuntaiseksi on tuottanut vaikeuksia. Tässä työssä aiheutetut vauriot ovat olleet yleensä lieviä ja niiden määrä ilmeisesti vähenee hakkuu-miesten ja traktorinkuljettajien tottumuksen lisääntyessä.

Taakan hinaaminen vintturilla palstatielle aiheutti todettavasti vain 7 puun lievän vaurioitumisen. Hinausreitille mahdollisesti sattunutta pientä taimistoa suojasi lumipeite. Lisäksi taakan pää kohoaa hinauksen aikana ilmaan, kun teräsköysi on ohjattu kuormausrakenteen kääntyvän puomin päässä olevan taittopöyrän kautta.

Niiden puiden lukumäärä, joissa hakkuualueella oli havaittavissa vaurioitumisen jälkiä, oli 3.4 kpl/ha. Palstatiekilometriä kohden laskettuna ko. puita oli 17.8 kpl.

Kun jokainen pölkyn, traktorin tai reen kolhaisu kasvavaan puuhun merkitsee samalla häiriötä kuljetukselle ja mahdollista vauriota myös ka-

lustolle, kuljetuksen ja metsänhoidon intressit käyvät käsi kädessä teiden rakentamiseksi ja töiden suorittamiseksi niin, ettei vaurioita aiheuteta. — Mikäli vaurioita sattuu, osa niistä kohdistuu todennäköisesti sellaisiin puuyksilöihin, joiden poistaminen metsänhoidollisessa mielessä olisi suotavaa.

Puutavaran metsäkuljetuksen aiheuttamista vaurioista ei kirjallisuudesta löydy paljoakaan selvityksiä. Varmaa kuitenkin on, että myös hevoskuljetus jättää jälkensä metsään. Talvella sen aiheuttamat vauriot eivät ole selvinä näkyvissä, mutta läpi lumen tunkeutuvat hevosen kaviot eivät voi olla rikkomatta taimistoa ajettaessa pölkyltä pölkylle ja pinolta pinolle.

HOOKEE (1953) on USA:ssa, Michiganin valtiossa selviteltyt Allis Chalmers HD-5 telaketjutraktorilla suoritetun juonnon aiheuttamia vaurioita. Hän vertaa keskenään kahta menetelmää, joista toisessa on käytetty »sulkyä» ja puut on kuljetettu runkoina (tree-length job) ja toisessa traktori on kuljettanut valmiita tukkeja kolmen juontosaksen avulla laahaamalla (log-length job). Edellisessä tapauksessa oli alueella vanhaa lehtipuumetsää 9 988 bd.ft./acre, josta korjattiin 60 %, ja jälkimmäisessä tapauksessa Hemlock-kuusi- ja lehtipuumetsää 6 320 bd.ft./acre, josta korjattiin 50 %. Kun vaurioituneita puita laskettaessa HOOKEE otti huomioon vain $D_{1.3} 4''$ ja sitä suuremmat puut, hän totesi pystyvän jääneistä puista vaurioituneiksi runkoina juonossa 14.8 % ja tukkeina juonossa 20.6 %. Hehtaaria kohden laskettuna tämä merkitsee edellisessä tapauksessa 51.5 puuta ja jälkimmäisessä tapauksessa 38.7 puuta, eli vähintään 11...15-kertaisia vaurioita kokeilutyömailla käytettyyn menetelmään verrattuna. — Mainittakoon, että Venäjällä (esim. KOROLEFF 1952, GLÄSER 1953) on alettu juontaa puita karsimattomina, ilmeisesti mm. vaurioiden vähentämiseksi.

IX Tulosten luotettavuuden tarkastelua

Saatujen tulosten luotettavuuden kannalta on syytä tarkastella, mitä virhemahdollisuuksia käytetty tutkimusmenetelmä sisältää.

Aineistoa kerättäessä virhemahdollisuuksia piilee sekä mittauksien että luokittelujen suorittamisessa. — Ajanmittauksissa on tietyn työrupeaman osa-aikojen summan kontrolloimiseksi määritetty tavallisella kellolla yhtenäisaika, kuten jo aikaisemmin on sanottu (ks. s. 65). Virhetoleranssina käytetään aikatutkimuksissa tavanomaista 3 %:ia (esim. ARO 1945, s. 31). Kun aineiston keruuseen osallistuneet aikatutkijat olivat koulutettuja, mikään osa aikatutkimusmateriaalista ei ylittänyt tätä rajaa. Tämä kontrolli ei kuitenkaan paljasta niitä virheitä, joita sisältyy yhtenäisajan jakaantumissa osa- eli vaiheaikoihin. Usein työvaiheiden vaihtumishetki on siksi epäselvä, että ajanottaja joutuu käytännössä subjektiivisen näkemyksensä mukaan määrittelemään rajakohdan. Niin ikään lyhyitä keskeytyksiä on käytetyillä ajanmittausvälineillä mahdollisuus saada tarkoin erilleen tehollisesta työajasta, kuten ajanmenekkituloksia selostettaessakin on mainittu. Näistä seikoista johtuu tietenkin virhemahdollisuus kokonaisajanmenekin rakenteessa, mutta kokonaisajanmenekki sellaisenaan pysyy ilmeisesti oikeana. Jos esim. taakan kuormaannosto aika tulisi systemaattisesti liian lyhyeksi, se merkitsisi seuraavan työvaiheen, taakan irroittamisajan, muodostumista liian pitkäksi. Kaikki käytetty aika on siis laskelmissa mukana. Lisäksi on otettava huomioon, että aikatutkimusaineistot ovat usean aikatutkijan keräämiä, joten on mahdollista, että yhden ajanottajan tiettyyn suuntaan johtava systemaattinen virhe kompensoituu toisen ajanottajan päinvastaiseen suuntaan tekemällä systemaattisella virheellä. Tämä ei kuitenkaan ole numeerisesti todistettavissa.

Toinen, tulosten kannalta olennaisempi virhemahdollisuus on siinä, että »täydellistä aikatutkimusaineistoa», joka sisältäisi aikahavainnot kaikkien työntekijöiden kaikesta ajasta koko työkauden ajalta, on käy-

tännöllinen mahdottomuus kerätä. — Jos esim. jokin traktori, vaikkapa reen särkymisen vuoksi, joutuu muutamaksi päiväksi keskeyttämään kuljetustyön, tämä keskeytysaika sisältyy vain pieneltä osalta traktorikuljetuksen keskeytysaikoihin. Lopputulosten, kustannusvertailujen, kannalta on kuitenkin huomattava, että esimerkin mukaisista keskeytyksistä aiheutuvat kustannukset on luettu kaluston korjaus- ja huoltokustannuksiin kuuluviksi, joten ne myös työajanmenekkiarvoihin sisällytettynä tulisivat kahteen kertaan huomioon otetuiksi. Virhemahdollisuus on kuitenkin siinä, ovatko oletetut korjaus- ja huoltokustannukset sopivan suuruiset peittämään myös tämantapaisista keskeytyksistä aiheutuvat kustannukset. — Käsillä olevat tutkimukset eivät voi antaa tähän kysymykseen vastausta.

Edellisen kaltainen tapaus on sellainen, jossa traktorit joutuvat keskeyttämään ajotyönsä teiden kehnon kunnan vuoksi. Tällaisia keskeytyksiä ei »normaalitapauksissa» saisi sattua, koska tienhoitotoimenpiteiden tehtävänä on pitää ajorata jatkuvasti liikennöitävässä kunnossa ja koska liikenne on polaneteiden tärkein hoitotoimenpide. Kustannusten kannalta siis tiekustannukset ovat »venyvä tekijä». Ilmeisesti käytetty tiekustannusasteikko ei ole riittävä ottamaan huomioon poikkeuksellisen vaikealumisista talvia varsinkaan silloin, kun polanneajoradan valmistamiseen joudutaan vasta syvän lumen aikana. On kuitenkin huomattava, että vaikeissa lumiolosuhteissa myös muiden metsäkuljetusmenetelmien kustannukset nousevat, joten kuljetuskustannusten suhteiden muutokset eri menetelmien välillä jäävät vähäisiksi. Lisäksi kuljetustyötä varten hankittuja traktoreita voidaan käyttää tienhoitotehtäviin, joten ne eivät joudu työttömiksi. Jos liikenne varsitiellä käy ylivoimaisen vaikeaksi, keskeytysaikana traktorit voivat tukkien kuljetuksen ollessa kysymyksessä juontaa vinttureilla tavaraa palstateiden varsille.

Paitsi ajanmittauksiin myös työvaikeustekijöiden määritykseen samoin kuin työtulosten mittauksiin sisältyy virhemahdollisuus. Tämäkään ei valitettavasti ole matemaattisesti kontrolloitavissa. On vain toivottava, että aineiston kerääjät ovat saamansa koulutuksen ja jatkuvan ohjauksen ja valvonnan johdosta suorittaneet tehtävänsä riittävällä huolellisuudella.

Eräät aineistoa kerätessä käytetyt luokittelut ovat perustuneet subjektiiviseen harkintaan (hyvä, keskinkertainen, huono jne.). Vaikka tällaisissa tapauksissa annetuista ohjeista huolimatta ollaan huomattavassa määrässä luokittelijan näkemyksen varassa, virhemahdollisuus lopputulosten kannalta lienee melko vähäinen. Eri luokkia kohden lasketut aika-arvot on katsottava näissä tapauksissa vain suuntaa antaviksi, kuten työ-

ajanmenekkitulosten esittelystä on ilmennyt. — Koordinoinneissa ja kustannusvertailuissa on operoitu yleensä eri luokkien keskiarvoilla.

Hakkuuseen, juontoon ja tiellä tapahtuvaan kuljetukseen liittyvien matkojen pituudet on täytynyt ratkaista teoreettisten laskelmien avulla. Kuten aikaisemmasta on ilmennyt, teoreettiset matkat eivät ota mahdollista mutkittelua huomioon. Matkan pituuden laskemismenetelmä on kuitenkin sekä hakkuuseen että juontoon liittyvissä kuljetuksissa ollut kontrolloitavissa käytännössä suoritettujen mittauksien avulla (ks. s. 95 ja s. 116) ja, kuten tulokset ovat osoittaneet, teoreettinen laskutapa on ollut riittävän oikea ainakin kontrolloitavissa olevissa tapauksissa. — Mitä matkan ja sitä vastaavan ajan väliseen suhteeseen tulee, on huomattava, että esim. teräsköyden pään ja saksien vientimatalla on tarkoitettu kohtisuoraa matkaa taakan pään luo eikä siis sitä matkaa, jonka apumies todella on kulkenut. Tästä johtuu, että aika mitattua matkayksikköä kohden tulee suuremmaksi kuin todella kuljettua matkayksikköä kohden, mikä tietenkin lisää teoreettisen laskutavan luotettavuutta. — Kuormaus- ja purkamisajossa sekä varsitiellä ajossa aika on kuitenkin täytynyt määrittää todella kuljettua matkaa kohden. Purkamisajon ja varsitiellä ajon osalta tästä ei aiheudu virhettä, mutta sen sijaan kuutioyksikköä kohden laskettuihin kuormausajon ja palstateiden rakentamisen työmenekkiarvoihin sisältyy tietyn suuntainen virhe, joka vaikuttaa myös kustannuksiin. Jos palstateiden mutkittelun määrä maaston vaikeuden sekä metsän laadun ja tiheyden funktiona olisi voitu ratkaista, virhe olisi saatu eliminoituksi. Siihen aineisto on kuitenkin riittämätön. Palstateiden mutkittelun huomiotta jättämisen merkitys lopputulosten luotettavuuteen nähden lienee kuitenkin melko vaatimaton.

Aineistoa käsiteltäessä saattaa myös laskutoimituksissa sattua virheitä. Milloin laskujen luonteen puolesta graafinen kontrolli on ollut mahdollinen, sitä on aina käytetty.

Keskiarvosarjojen silmävarainen tasoitus on subjektiivinen, kuten aikaisemmin on mainittu. Kun luokkien keskiarvopisteet painolukuineen on piirroksissa merkitty näkyviin, lukijalla on mahdollisuus itse kontrolloida tasoitusten suoritustapa.

Tietty virhe aiheutuu myös siitä, että eräät tasoituskuvaajat ovat käyriä ja kuitenkin kokonaistyöajan menekin laskemiseksi esitetyt polynomiyhtälöt edellyttäisivät suoraviivaista riippuvuutta. Kuvaajien käyryys on kuitenkin yleensä verraten vähäinen ja lisäksi tietyn työmaan puitteissa jakaantumissarja harvoin ulottuu kuvaajan koko alueelle tai laitatapauksien painavuus niiden vähäisen lukumäärän vuoksi on keski-

arvoa laskettaessa pieni. Näistä syistä ko. virhemahdollisuuden vaikutus lopputuloksiin jäänee niin ikään pieneksi. — Tähän viittaavat myös niiden laskelmien tulokset, jotka on suoritettu polynomiyhtälöiden avulla laskettujen työmaa-aikaarvojen vertaamiseksi vastaaviin primaarimateriaalin keskiarvoihin.¹

Koordinointilaskelmissa samoin kuin taloudellisuusvertailuissa käytettyä *kustannuslaskentaa* vastaan voidaan tietenkin myös tehdä muistutuksia. Traktorityön kustannuksethan perustuvat huomattavalta osalta olettamuksiin, joiden todenperäisyys ei ole todistettavissa. Niissä on kuitenkin pyritty varovaisuuteen, jotta traktorikuljetuksesta saatava kuva ei muodostuisi liian optimistiseksi. — Vertailukohteina olleiden hevos- ja autokuljetuksen kustannuksia laskettaessa on käytetty ohjetaksoja. Toinen tie olisi ollut hevos- ja autotyön hinnoittaminen samaan tapaan kustannustekijöiden pohjalla kuin traktorityössäkin on tehty. Tämä tuskin olisi johtanut luotettavampiin tuloksiin, koska kustannustekijöissä olisi jouduttu myös niiden osalta lukuisiin olettamuksiin. Lisäksi on otettava huomioon, että puutavaran hankkijan kannalta käytännön taksa on realiteetti. — Elleivät traktorikuljetuksen taksat vielä lähiaikoina muodostu niistä suoritettujen kustannuslaskelman osoittamalle tasolle, useat argumentit viittaavat siihen, että ainakin ajan mittaan ne saattavat asettua mainitulle tasolle. Traktoreiden tarjonta näet tulee ilmeisesti olemaan metsäkuljetukseen suurempi kuin niiden kysyntä, ja toiseksi kalustokustannukset ilmeisesti halpenevat nykyisistä valmistussarjojen suuretessa ja uusien, entistä parempien konstruktioiden ilmaantuessa markkinoille.

Johtopäätösten luotettavuuden kannalta on olennaista, missä määrin niiden perustana oleva numeromateriaali on riittävän virheetöntä ja missä määrin saatuja tuloksia voidaan yleistää. Virhekysymystä on käsitelty jo edellä. — Tulosten yleistämiskysymyksen analysoimiseksi ei ole käytettävissä todennäköisyyslaskelmien suomaa mahdollisuutta, kuten jo aikaisemmin (s. 69) on mainittu. Kysymyksessähän ovat mitattujen koekoiden antamat tulokset, joita aika-arvojen osalta on käytetty tilastomaattisten odotusarvojen korvikkeina. Aineiston riittävydestäkään ei tästä syystä ole tehtävissä mitään varmoja päätelmiä. On kuitenkin ilmeistä, että erityisesti traktoriteiden raivaamisen ja polanneajoradan valmistamisen työmenekistä tarvittaisiin lisäselvittelyjä, samoin pinotavaran teosta palstatien varten. — Yleistämisestä voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

¹ Vertailulaskelmat ovat nähtävissä Metsätehon arkistossa Helsingissä.

1. Saadut tulokset ovat oikeita ainoastaan niiden laskemisessa käytettyjen premissien ollessa voimassa.
2. Kun laskupremissejä vastaavia olosuhteita tapaa maastamme muualtakin kuin tutkimusten suorittamiseksi järjestetyiltä työmailta, näissä olosuhteissa traktorikuljetusta esitetyllä tavalla sovellettaessa tulosten pitäisi olla käyttökelpoisia. — Olettamussarjat perustuvat tapauksiin, joita käytännössä todella esiintyy.
3. Kun kokeiluihin osallistunut työvoima on ollut tottumaton traktorikuljetuksessa esiintyviin tehtäviin, käytetty kalusto kehittymätöntä ja puutteellista, tienrakennustekniikassa on tehty virheitä eikä työmaiden yleisorganisaatiokaan ole ollut paras mahdollinen, traktorikalusto ei muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ole ollut kuljettajien omaa ja huomattava osa työstä kokeilujen aikana on suoritettu aikapalkalla (urakkapalkkauksen kannustava vaikutus puuttunut), saatuja tuloksia on katsottava eräänlaisiksi raja-arvoiksi, joita parempiin tuloksiin on mahdollisuus päästä. — Tätä ei ole kuitenkaan käsiteltävä niin, että jonkun työnantajan ensimmäinen yritys soveltaa menetelmää käytäntöön antaisi jo parempia tuloksia, vaan siten, että tulokset ovat keskimäärin parempia sen jälkeen, kun ko. traktorikuljetusmenetelmä mahdollisesti on muodostunut traditionaaliseksi. Miten kauan siihen tarvitaan aikaa, ei kuulu tämän esityksen puitteissa selvittäviin kysymyksiin.

Tulosten »raja-arvoluonne» on myös vastapainona aineiston keruussa ja käsittelyssä mahdollisesti sattuneille virheille.

Traktorikuljetusta on jo ehditty soveltaa myös käytäntöön kokeilutyömailta kehitetyssä muodossa. Eri puolilta maata saadut kokemukset (Putkisto 1956b) vahvistavat tehtyjen johtopäätösten luotettavuutta.

X Traktorikuljetuksen käytännöllisistä mahdollisuuksista

1. Olosuhteet, joissa traktorikuljetus tulee kysymykseen

Kokeilujen pohjalla kehitetty traktorikuljetusmenetelmä vaatii onnistuakseen tietyntylaiset olosuhteet.

Ensimmäinen edellytys on, että paikkakunnalla on talvisin riittävästi *lunta* polanneteiden rakentamiseksi ja yleensä rekikuljetuksen suorittamiseksi. Lumen vähimmäissyvyys ajokauden alkuvaiheessa voidaan pitää 20...25 cm, sillä traktoriteiden raivauskustannukset saattavat muutoin muodostua kohtuuttoman korkeiksi tasaisia kangas- ja suomaita lukuun ottamatta. — Lumen runsaus on ilmeinen etu traktorikuljetukselle, jos polanneajoradan perustamistyöt on suoritettu riittävän ajoissa. Tavaran kerääminen hevosella hakkuualueelta syvässä lumessa on näet erittäin työlästä ja vaatii usein pinoille ja ristikoille menevien teiden aukaisemisen lapiomalla tai pölkkyjen kantamisen rekeen. Vintturijuonto sen sijaan menestyy syvässä hangessa miltei paremmin kuin vähän lumen aikana. Tosin teräsköyden pään vienti hinattavan taakan luokse on raskaampaa, mutta pahimmat taakan hinausta vaikeuttavat esteet ovat lumen alla. Jos tavara on hakattu palstateiden varsille, ainoat runsaan lumen tuomat haitat ovat lisääntyneet tienhoitotyöt, pinojen ja ristikoiden puhdistustyöt sekä suurentunut kuormauskorkeus (ajorata korkealla pinojen ja ristikoiden pohjaan verrattuna), mutta samat haitat koskevat myös hevoskuljetusta. Näin ollen traktorikuljetuksen kilpailukyky hevoskuljetukseen verrattuna on ilmeisesti runsaslumisilla alueilla parempi kuin vähälumisilla.

Aikaisemmasta on ilmennyt, että traktori-rekikuljetus edellyttää myös suhteellisen helppoa *maastoa*. Palstateiden välinen maasto saa tosin olla vaikeakulkuista — pinotavaran palstatien varteen teosta ja tukkien koneellisesta juonnosta saatava säästö on ilmeisesti sitä suurempi, mitä vai-

keampaa tavaran kerääminen hakkuupaikalta on hevosella — mutta palstatiet ja varsitie on saatava niin sijoitetuiksi, että jyrkät ylämäet kuormattuna-ajosuunnassa vältetään. Suurimpana nousuna, jonka yli traktori kykenee vetämään täyden kuorman, voidaan pitää keskim. n. 4 % (vrt. s. 45). Palstateiden perillä nousut saavat olla suurempiakin, koska niiden takaa voidaan ottaa pohjakuorma, jota myöhemmin täydennetään (vrt. s. 56). Koska myös hevoskuljetus on herkkä nousuille ja kuormat sitä pienempiä, mitä jyrkempien mäkien yli niitä joudutaan vetämään, 4 % ylämäen ei tarvitse merkitä suurinta traktoriliikenteelle sallittua nousua. Ratkaisevaa on, miten vajailla kuormilla tapahtuvan traktorikuljetuksen kustannukset suhtautuvat vastaavissa olosuhteissa suoritettun hevoskuljetuksen kustannuksiin. Kysymystä olisi mahdollista analysoida teoreettisesti, mutta tulosten luotettavuus olisi kyseenalainen, sillä vain kokemusperäiset luvut antavat tämäntapaisista seikoista reaalisen kuvan. — Suurin sallittu nousu riippuu myös ajomatkan pituudesta siten, että kuta pitempi matka on, sitä tärkeämpää on kuljettaa täysiä kuormia. Lyhyillä matkoilla ajokertojen lukumäärää lisäämällä on mahdollisuus kompensoida kuorman vaatimatonta kokoa. — Jos traktori on varustettu vintturilla, sen avustamana voidaan ylittää huomattavan jyrkkiäkin nousuja (todennäköisesti n. 10...12 %). Vinssaus vaatii kuitenkin oman aikansa, joten se lisää ajokerta-ajan pituutta ja kustannuksia. Pitkillä ajomatkoilla (yli 10 km) sen käyttö lienee kuitenkin kannattavampaa kuin vajailla kuormilla ajo.

Maapohjan tasaisuus on tietenkin eduksi traktorikuljetukselle, niin kuin kaikelle muullekin kuljetukselle. Kun ko. menetelmässä traktorit liikennöivät yksinomaan teillä, tasaisuutta vaaditaan vain niiltä. Ajoradan tasaisuus puolestaan on saavutettavissa tiettyyn rajaan asti polanteen avulla, joten tässäkin suhteessa traktorikuljetus on verraten kilpailukykyinen hevoskuljetuksen kanssa. Kivikkoinen, kannokkoinen ja kuoppainen maasto vaatii tietenkin runsaasti työtä teiden raivausvaiheessa ja jossakin — toistaiseksi tuntemattomassa vaikeusasteessa — on raja, mistä alkaen palstatieverkon luominen traktoreille saattaa tulla kohtuuttoman kalliiksi. Suurin osa metsämaastostamme on todennäköisesti kuitenkin traktorikuljetukselle soveltuvaa.

Maapohjan pehmeys ei vaikeuta traktorikuljetusta, vaan on pikemminkin sille eduksi, koska vesiperäisillä mailla teiden raivauskustannukset jäävät alhaisiksi. Lisäksi tiet voidaan ohjata suoraan aukeiden soiden yli, kun ne niissä kuljetuslajeissa, joiden edellytyksenä on aurattu talvitie,

joudutaan kierrättämään kinostumisen välttämiseksi suojaisia paikkoja myöten taikka suojaamaan suhteellisen kalliilla kinostimilla.

Vesistöjen ylittäminen paikoissa, jotka vaativat siltojen rakentamista, saattaa traktoria käytettäessä olla kalliimpaa kuin hevoskuljetuksessa, koska silloilta vaaditaan suurempaa kantavuutta. Autokuljetukseen verrattuna vaatimukset ovat suunnilleen samat. Niin ikään jäällä liikennöitäessä sen vahvuuden tulee olla suunnilleen yhtä suuri kuin autoliikenteen ollessa kysymyksessä. Milloin jää on vahvistettava keinollisesti, vahvistuskustannukset ovat yleensä suuremmat kuin hevoskuljetuksessa.

Traktorikuljetus tulee siis kysymykseen suunnilleen vastaavissa ilmastollisissa ja maasto-olosuhteissa kuin hevosvetoinen rekikuljetus. Vähälumisilla alueilla (Etelä- ja Lounais-Suomi) saattavat kuitenkin teiden rai-vauskustannukset, varsinkin vaikeassa maastossa, nousta niin korkeiksi, että muut menetelmät ovat edullisempia.

Jos palstatieverkon perustamiskustannukset halutaan kuolettaa yhdellä tai parilla hankinnalla, pinta-alayksiköltä kertyvän puutavaramäärän pitäisi olla niin runsas, etteivät tiekustannukset rasita kohtuuttomasti kuutioyksikköä kohden laskettuja kuljetuskustannuksia. Toisin sanoen traktorikuljetusta ei ole käytettävä olosuhteissa, joissa leimikot ovat harvoja ja puut pienikokoisia. Missä kannattavuusraja sijaitsee, on ratkaistava tapaus kerrallaan, koska esim. pitkillä ajomatkoilla palstatiekustannusten osuus kuljetuksen kokonaiskustannuksista on pienempi kuin lyhyillä ja lisäksi traktorikuljetuksen kannattavuus muihin kuljetuslajeihin verrattuna parempi.

Yleensä olosuhteet, joissa *kuljetusmatka* on pitkäkö, ovat traktorikuljetukselle soveliaita. Optimimatkat ovat n. 3...10 km (vrt. ss. 200—224). Erityisesti tapauksissa, joissa tavara jouduttaisiin muutoin keräämään hevosella välivarastoon ja kuljettamaan siitä edelleen talvitietä myöten autolla, traktorit ovat paikallaan, koska *traktorikuljetus eliminoi välivarastoinnin ja uudelleen kuormauksen* ja sille sovelias *polannetie on kustannuksiltaan paljon autotalvitietä halvempi*.

Työmaan suuruus ei traktori metsäkuljetuksen käytön kannalta ole niin ratkaiseva kuin muun moottoroidun puutavaran kuljetuksen ollessa kysymyksessä. Tekijät, jotka määräävät, miten pienen puutavaramäärän koneellinen kuljetus on kannattavaa, ovat tiekustannukset ja koneellisen kaluston siirtokustannukset työmaalle. Traktoripolannetie maksaa matkayksikköä kohden vain 5...20 % auratun moottoritalvitien kustannuksista (vrt. s. 214). Kaluston (traktorit varusteineen) siirtokustannukset jäävät niin ikään vähäisiksi, koska traktoreita on yleensä saatavissa työ-

maiden läheisyydestä. — *Traktoreita voidaan siis käyttää myös maatala-metsälöiden puutavaran kuljetuksessa*, vaikka niistä kertyvät puutavaramäärät ovat yleensä suhteellisen pieniä. Tätä ei kuitenkaan ole ymmärrettävä niin, että traktoriin tarvittavat lisävarusteet kannattaisi hankkia pienikokoisten maatilametsälöiden omia kuljetustehtäviä varten, vaan siten, että *kalustolla, jolle on saatavissa riittävästi vuosittain työtä* (vrt. ss. 174—181), *kannattaa kuljettaa myös pienikokoisten työmaiden puutavaraa*, jos traktorikuljetukselle ovat muut edellytykset olemassa.

2. Traktorikuljetuksen kehittämismahdollisuudet

Traktorikuljetus nykyisessä muodossaan rajoittuu talviteille, sillä yleiset tiet ovat rekikuljetukselle liian mäkisiä ja lisäksi ne ovat useasti hiekoitettuja. Jos reki voitaisiin korvata *perävaunulla*, traktorikuljetusta voitaisiin käyttää verraten mäkisilläkin teillä (mäet voitaisiin hiekoittaa vetokitkan lisäämiseksi) ja talviteiltä alkanut kuljetus voisi tarvittaessa jatkua yleisellä tiellä. Onko tämä käytännössä mahdollista riippuu siitä, saadaanko polannetiet riittävän halvoin kustannuksin kestämaan tavallisen perävaunun aiheuttama kuormitus, tai saadaanko konstruoiduksi riittävän halpa, telaketjuilla varustettu perävaunu.

Vesistöalueilla, joilla käytetään nippu-uittoa, on saavutettu huomattavia kustannussäästöjä siten, että autokuljetuksesta uittoon tuleva tavara on niputettu jo auton lavalla. Jotta traktorikuljetuksessakin saavutettaisiin sama etu, olisi kehitettävä menetelmiä *puutavaran niputtamiseksi traktorin reessä* ja näiden nippujen pudottamiseksi jälle. Reen poikisuuntaan kuormatun pinotavaran osalta kysymys on jo ratkaistu (vrt. s. 141), mutta pituussuuntaan kuormatun tavaran, kuten tukkien osalta olisi suoritettava kokeiluja. Nipun pudottamiseksi voitaneen käyttää kallistuskoroketta, jonka päälle toinen jalaksista ajetaan, sivulle kaatavalla kipillä varustettua rekeä taikka nipun pyöräyttämistä reestä sivulta vetävän teräsköyden avulla.

Jotta tukkien hakkuu voitaisiin suorittaa lumettomana tai vähälumisena aikana, olisi selvitettävä:

- voidaanko lumeen hautautuneet tukit juontaa vintturilla hangen läpi,
- miten tukit olisi merkittävä, että ne löytyisivät hangen alta,

- missä määrin saksien kiinnittäminen hängen alla olevaan tukkiin on hitaampaa ja kalliimpaa eri lumensyvyyksissä kuin hängen päällä olevaan sekä
- millaiseksi muodostuu hängen alle jätettyjen tukkien tilavuuspaino ja miten tukit säilyvät pilaantumiselta.

Traktoreiden varusteissa olisi myös koko joukko parantamisen varaa. Puuttumatta tässä yhteydessä kysymykseen yksityiskohtaisemmin mainittakoon erityisesti puolitelaketjujen ja rekien heikkous sekä rekien veto-laitteet.

3. Traktorikuljetuksen soveltaminen käytäntöön

Traktorikuljetuksella on mahdollisuus päästä tyydyttäviin tuloksiin vasta sen jälkeen, kun työmaan yleisorganisaatiossa, polanneteiden rakentamisessa ja hoidossa sekä kuljetuksen käytännöllisessä suorittamisessa on saavutettu riittävä ammattitaito. Jotta »harjoitteluaijana» ei jouduttaisi suurempiin kustannuksiin kuin muita kuljetusmenetelmiä käytettäessä, traktori-metsäkuljetusta olisi sovellettava aluksi vain sille mahdollisimman edullisissa olosuhteissa. Olisi siis pyrittävä löytämään työmaita, joilla pinta-alayksiköltä hakattavat puutavaramäärät ovat suuria ja kuljetusmatkat »ylipitkiä» hevoskuljetukselle, mutta »alipitkiä» autokuljetukselle (3...10 km). Teiden sijaintimaaston tulisi olla helposti raivattavissa ja sellaisissa paikoissa, joissa aurattujen talviteiden aukipito tulee kalliiksi. Niin ikään on eduksi, jos kuormattuna-ajosuunnassa ei ole sanottavia ylämäkiä ja traktorit pääsevät lähtemään palstateilta myötämaahan.

Olosuhteissa, joissa traktorikuljetus vähentää kämppä- ja tallitilojen tarvetta, näin saatava välillinen kustannusten säästö pystyy peittämään melko runsaatkin, harjoittelukaudesta aiheutuvat ylimääräiset kustannukset. Erityinen merkitys traktorikuljetuksella arvatenkin on juuri erämaaseutujen työmailla, missä hankintatoiminnan aloittaminen vaatii huomattavia perusinvestointeja kämppäyhdyksunnan rakentamiseksi ja myöhemmässä vaiheessa kämppien siirtämiseksi. Traktorityömaalla voidaan hakkuumiehistö kuljettaa traktoreilla aamuisin melko pitkiäkin matkoja metsään ja iltaisin kämpälle, joten hankintaa voidaan samasta pisteestä käsin suorittaa tuntuvasti suuremmalla säteellä kuin koneellistamattomalla työmaalla.

Traktorikuljetuksen menestymiselle on sängen tärkeätä, että traktorit lisävarusteineen ovat kuljettajien omaisuutta, koska ne eivät muutoin

tule kunnolla huolletuiksi. Kun lisävarusteet ovat kalliita, tarvittaneen työnantajien tukitoimenpiteitä (esim. luototusta), jotta traktorinomistajat kykenisivät niitä riittävästi hankkimaan.

4. Traktorikuljetus maatilatalouden kannalta

Maatalouden töiden koneellistamisen suurimpia vaikeuksia olosuhteisamme, joissa viljelmät ovat pieniä, on saada koneille riittävästi työtä. Kun vuotuinen käyttötuntimäärä on vähäinen, kiinteät kustannukset lisäävät voimakkaasti käyttötuntikustannuksia ja tekevät koneellisen työn taloudellisuuden koneellistamattomaan verrattuna monessa tapauksessa kyseenalaiseksi. Erityisesti tämä koskee traktoreita niiden suuren pääoma-arvon takia. On olemassa raja, jota pienemmille viljelmille traktoria ei kannata lainkaan hankkia omia maataloustehtäviä varten. Jos traktorilla suoritetaan myös tilan metsäkuljetukset, vuotuinen käyttötuntimäärä kasvaa ja samalla traktorin hankinta astetta pienemmillekin tiloille käy kannattavaksi.

Traktoreiden keskimääräinen käyttötuntimäärä maataloudessa arvioidaan meillä 250...300 t/v (esim. SUOMELA 1955). Jos traktori-metsäkuljetus yleistyy, se voi tarjota työtä 350...600 t/v tähän työhön tehokkaasti käytetyille traktoreille, eli siis enemmän kuin maatalous. Edellytyksenä kuitenkin on, että *traktorilla suoritetaan oman tilan ulkopuolella puutavaran kuljetusta*, samaan tapaan kuin aikaisemmin hevosilla. Poikkeuksena tietenkin ovat suurtilat, joiden omissa metsissä riittää työtä koko ajokaudeksi. — Traktorin käyttötuntimäärän kohoaminen 300 t:sta/v 900 t:iin/v alentaa ilman kuljettajan palkkaa laskettuja käyttötuntikustannuksia n. 15 % nykyisen korkokannan (8 %) vallitessa.

Paitsi maatalouden koneellistamismahdollisuuksien paranemista traktori-metsäkuljetuksella on myös muuta merkitystä maatilataloudelle. Eräillä tiloilla pidetään varsinaisen maataloustarpeen lisäksi hevosta tai hevosia talviansioiden hankkimiseksi puutavaran kuljetustyössä. Jos traktorilla on saavutettavissa sama ansiomahdollisuus, voidaan näistä, useinkin heikkotehoisesti käytetyistä hevosista luopua. Niiden rehuntuotantoon käytetty peltopinta-ala, joka on n. 1...1.5 ha/hevonen, vapautuu silloin leipäviljan tuotantoon tai karjatalouden käyttöön.

On kuitenkin huomattava, ettei maamme kaikille maataloustraktoreille tule riittämään puutavaran kuljetustyötä.

XI Tiivistelmä tutkimustuloksista

1. Tutkimusmenetelmä

Kun tutkimusmenetelmän kehittäminen käsillä olevan kaltaisia tutkimuksia varten asetettiin erääksi tutkimusten tavoitteeksi, seuraavassa esitetään aluksi tiivistelmä sitä koskevista tuloksista.

1. Puun korjuutöiden rationalisoinnissa ei yleensä voida tyytyä tarkastelemaan vain jonkin tietyn työn suoritustapaa, vaan on kiinnitettävä huomiota suunniteltujen muutosten vaikutukseen koko korjuuprosessiin, koska jokaisen työn suoritustavalla on tietty vaikutus ainakin välittömästi sitä seuraavaan työhön, mutta useasti koko työketjuun.
2. Jos tavoitteena on uuden, entisistä huomattavasti poikkeavan työmenetelmän kehittäminen, on käytettävissä olevien premissien pohjalta ennakoitava suunniteltava paras mahdollinen työkonstruktio menetelmään sisältyvien töiden suorittamiseksi. Mikäli menetelmään sisältyvät työt koostuvat sellaisista työvaiheista, joista aikaisemmin on suoritettu siinä määrin aikatutkimushavaintoja, että vaiheajojen keskiarvoja voidaan pitää tilastomatematiisina odotusarvoina, uuden menetelmän työmenekkiarvot on useassa tapauksessa mahdollista laskea synteettisesti. Näin saatavuttava tarkkuus ei ehkä riitä uuden menetelmän palkkaperusteiden määräämiseen, mutta riittänee kuitenkin osoittamaan, onko valittu työkonstruktio »linkelpoinen».
3. Kun metsätyöntutkimuksemme ei toistaiseksi ole suorittanut ajanmenekin peruskartoitusta odotusaika-arvojen määrittämiseksi, olisi siihen tässä mielessä vastaisuudessa pyrittävä. — Tämä edellyttää työn jakamista sellaisiin vaiheisiin, että vaiheajat ovat »suurimpia yhteisiä tekijöitä» useille metsätöiden aikarakennel-

mille. Toisin sanoen vaiheajat olisivat eräänlaisia »standardiarvoja», jotka voidaan siirtää siitä aikarakennelmasta, jossa niiden suuruus on määritetty, uuteen aikarakennelmaan samaan tapaan kuin tiilet voidaan purkaa vanhasta rakennuksesta ja rakentaa niistä uusi.

4. Jos uuden työkonstruktion työmenekin määrittämiseksi ja konstruktion kehittämiseksi ei ole käytettävissä em. »standardiaikoja» joko ajanmenekin peruskartoituksen puuttumisen tai työkonstruktion työvaiheiden uutuuden vuoksi, työkonstruktion sisältyvistä töistä joudutaan suorittamaan aikatutkimuksia.
5. Uuden työkonstruktion töihin kohdistuvalla aikatutkimuksella ei voida määrittää eri työvaiheiden odotusarvoja ennen kuin tästä konstruktiosta on muodostunut traditionaalinen. Määritettyjä aika-arvoja joudutaan tästä syystä usein käyttämään »standardiaikojen» korvikkeina, mikä edellyttää erittäin kriittillistä suhtautumista niihin.
6. Vain työmenekin suhteiden selvittämiseen tähtäävää aikatutkimusta ei uuden työkonstruktion kehittämisessä ja sen elinkelpoisuuden selvittämisessä voida käyttää, jos konstruktio koostuu useista erilaisista töistä tai jos konstruktion sisältyy konetyötä. Kokonaistyöajan menekin laskeminen edellyttää näet »absoluuttisia» aika-arvoja ja konstruktion käyttökelpoisuuden indikaattorina käytetään yleensä siitä aiheutuvia kustannuksia. Lisäksi lihastyö ja konetyö on saatava yhteismitalliseksi, mikä tapahtuu parhaiten kummankin työpanoksen hinnoittamisella. Suhdelukuja ei voida hinnoittaa.
7. Aikatutkimusten tehtävänä on selvittää tällöin kokonaistyöajan menekin lisäksi työkonstruktion sisäiset lainmukaisuudet.
8. Uuteen työkonstruktion kohdistuvassa aikatutkimuksessa on syytä kiinnittää erityistä huomiota keskeytysaikoihin ja niiden syihin. — Tällöin voidaan aika- ym. mittaustulosten sekä työvaikeustekijöiden muistiin merkitsemisessä käyttää tekijän ryhmätyöntutkimusmenetelmää, joka yhdistää menetelmätutkimuksen ja aikatutkimuksen ns. hukka-aikatutkimus mukaan luettuna samanaikaisesti tapahtuviksi. Lisäksi yksi aikatutkija voi samalla kertaa mitata verraten yksityiskohtaisesti työryhmän usean jäsenen ajankäytön rakenteen.
9. Uudesta työkonstruktiosta suoritettujen aikatutkimusten tulosten yleispätevyyttä arvioitaessa ei voida käyttää tilastomatematiik-

- kaa apuna, koska aineistoa ei ole saatu otoksena, vaan kysymyksessä ovat olleet mitatut kokeet.
10. Yleispätevyys on arvioitavissa vain työkonstruktion sovellutusolosuhteiden ja soveltumiseen vaikuttavien muiden tekijöiden tuntemuksen avulla. Tällöin on otettava huomioon, että työkonstruktiota tutkimusmielessä kokeiltaessa yleensä tehdään sekä työn organisoimisessa että sen suorittamisessa siinä määrin virheitä, käytetty kalusto on siksi puutteellista ja työn nopeus siksi alhainen, että kokeista määritetyt ajanmenekkiarvot sekä niistä johdetut kustannukset ovat yleensä tuntuvasti suuremmat, kuin miksi ne muodostuvat työmenetelmän muututtua traditionaaliseksi. — Tästä voidaan tehdä se johtopäätös, että kokeiden mitauksilla tavoitetaan yleensä eräänlainen raja-arvo, joka todennäköisesti ylitetään työkonstruktiota riittävän kauan käytäntöön sovellettaessa. Toisin sanoen, jos uusi työkonstruktiomittausu-
lostien mukaan on käyttökelpoinen tietyissä olosuhteissa, tähän päätelmään sisältyy useasti melkoinen varmuustekijä.
 11. Lukuun ottamatta keskilukuja tilastomatematisilla tunnuksilla on tällaisissa tapauksissa merkitystä ainoastaan aineiston rakenteen kuvaajina.
 12. Hakkuuseen liittyvän kuljetuksen, juonnon ja kuormausajon matkat on mahdollista laskea teoreettisesti. Näiden matkojen laske-
miseksi johdetut kaavat (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11) ja (15) on esitetty sivuilla 31, 32, 33, 34, 36 ja 115.
 13. Jonkin useasta työvaiheesta koostuvan työn kokonaistyöajan-
menekin laskemiseksi voidaan laatia polynomiyhtälöitä, joiden muuttuvien jäsenten eri olosuhteita vastaavat aika-arvot on mahdollista taulukoida. Yhtälöitä käytetään niin, että eri jäsenille valitaan taulukoista kulloinkin kysymyksessä olevia olosuhteita vastaavat arvot, jotka sijoitetaan yhtälöön. — Esimerkkeinä tällaisista polynomiyhtälöistä ovat yhtälöt (14), (16), (17), (18), (19), (20), (21) ja (22), jotka on esitetty sivuilla 114, 140, 146, 152, 171 ja 172.
 14. Tarkastelemalla puun korjuun osatöitä kokonaisuuden näkökul-
masta, koordinoimalla ne, on mahdollisuus löytää kullekin niistä edullisin suoritustapa. Koordinoinnille voidaan asettaa erilaisia tavoitteita, kuten mahdollisimman vähän työvoimaa vaativien ratkaisujen etsiminen tai mahdollisimman vähän investointeja kysyvien ratkaisujen tavoittelemine. Tavallisesti kuitenkin pyri-

- tään löytämään ratkaisuja, joiden avulla tuotosta kohden laske-
tut kustannukset saataisiin minimiin.
15. Metsäkuljetuksen ollessa kysymyksessä koordinoitilaskelmilla on löydettävä lähinnä hakkuutyön, teiden sijoittamisen ja tietöiden sekä varsinaisen kuljetuksen edullisin suoritustapa.
 16. Työmenekkiä tai kustannuksia koskevissa koordinoitilaskelmissa on tavallisesti kysymys »maksimi- ja minimitetävästä», joka voidaan ratkaista joko matemaattisesti tai graafisesti. — Esimerkkejä vm. menetelmästä ovat pinotavaran palstatien varteen teon ja traktorikuljetuksen koordinointi (ss. 188—191) sekä tukkien teon, vintturijuonnon ja traktorikuljetuksen koordinointi (ss. 192—195).
 17. Uuden työkonstruktion käyttökelpoisuuden ratkaisemiseksi voidaan sen työntutkimuksilla määritettyjä tuotosarvoja ja niistä johdettuja kustannuksia verrata traditionaalisten menetelmien entuudestaan tunnettuihin vastaaviin arvoihin.

2. Traktorikuljetus

Tutkimusten käytännöllisenä tavoitteena on ollut oloihimme soveltu-
van, myös taloudellisessa mielessä hevoskuljetuksen kanssa kilpailukykyi-
sen, maatalouspyörätraktoria käyttävän metsäkuljetusmenetelmän kehit-
täminen, joka soveltuu jatkuvaan ja lisääntyvään puun tuotantoon täht-
täävien metsänkäsittelytapojen vaatimuksiin, niveltyy kitkattomasti
puun korjuun työketjuun aiheuttamatta muiden töiden osalta kohtuutto-
mia lisäkustannuksia ja on sovellettavissa myös suhteellisen pienten metsä-
löiden (maatilametsälöt) puutavaran kuljetukseen. — Tutkimukset rajoit-
ettiin koskemaan 2-m tuoreen kuusipaperipuun, sahatukkien ja pinota-
vararangan kuljetusta. Vm. puutavaralajia koskevia tuloksia on käsillä
olevassa julkaisussa esitetty vain muiden puutavaralajien kuljetusta täy-
dentäviltä osilta.

Tutkimustavoitteiden saavuttamiseksi päädyttiin kokeilemaan työ-
konstruktiota, joissa traktoreiden liikennöimistä varten raivattiin met-
sään palstatieverkko, teiden ajorata valmistettiin talvella lunta tiivistä-
mällä, pinotavara tehtiin ennakolta palstateiden varteen kuljetusta odotta-
maan ja traktorit varustettiin puolitelaketjuilla lumen tiivistämisajoa ja
polanneteillä liikennöimistä varten, puolireellä puutavaran kuljetusta var-
ten sekä vintturilla ja puominosturityyppisellä kuormauslaitteella tukkien

ja pinotavararankojen juontamiseksi ja kuormaamiseksi. — Saaduista tutkimustuloksista voidaan tiivistelmänä esittää seuraavaa:

1. Palsttien pohjan raivaamisen miestyömenekki ilman niiden puisten poistotyötä, joista voidaan valmistaa puutavaraa, vaihtelee tiealueen maaston vaikeusasteesta riippuen 1...27 t/km seuduilla, joiden lumen syvyys ajokauden alkaessa on vähintään 30 cm. Keskiarvo lienee n. 12 t/km. — Jos raivausvaikeus jaetaan kolmeen luokkaan, miestyön menekki olisi niissä:

Raivausvaikeusluokka	1.	2.	3.
Miestyön menekki, t/km	1.0	14.0	27.0

2. Lumen tiivistäminen polanneajoradaksi vaatinee keskim. yhden edestakaisen ajon puolitelaketjuilla varustetulla traktorilla ilman jyrää ja yhden edestakaisen ajon jyrän kanssa, ellei lumen syvyys ole 50 cm suurempi. Ajanmenekki on tällöin yhteensä n. 68 min/km.
3. Ajoradan tasoittaminen pyörätraktorin vetämällä lanalla vaatii todennäköisesti aikaa enintään n. 62 min/km.
4. Polanneteiden hoitaminen suoritetaan lanaamalla, jota ei palstasteilla kuitenkaan yleensä ole tarpeellista tehdä. Varsiteillä lanaus vaatinee ajokauden aikana keskim. n. 96 min/km.
5. Pinotavaran hakkuun lisätyö, joka on suoritettava pölkkyjen siirtämiseksi hajasijaintisiin varastomuodostelmiin keräämisen sijasta palsttien varteen, riippuu leimattujen runkojen keskipituudesta, pölkkyjen pituudesta ja järeydestä, leimikon tiheydestä, varastomuodostelmien suuruudesta, käytetystä palstatie-etäisyydestä sekä hakkuualueen maastosta. — Jos leimattujen runkojen käyttöosan keskipituus on 8 m, niistä valmistetaan 2-m kuusipaperipuita, joita on keskim. 30 kpl/p-m³, ja ne kootaan 3 m levyisen traktoripalsttien varteen 1 p-m³ suuruisiin varastomuodostelmiin, lisätyö on palstatie-etäisyydestä (30...60 m) ja leimikon tiheydestä (12...37 p-m³/ha) riippuen 2.77...12.57 min/p-m³.
6. Tukkien levälleen tekoon traktori-metsäkuljetuksen käyttö ei aiheuta olennaisia muutoksia. Alueella, jolla käytetään tukkien tekoa »rekeen autettuna», kuorimattomien tukkien teon työmenekki vähentyy metsän laadusta ja keskirungon suuruudesta riippuen ilmeisesti n. 24...30 %.

7. Palsttien varteen tehdyn pinotavaran kuormausaika koostuu varsinaisesta kuormausajasta ja kuormausajoajasta. — Varsinaiseen kuormausaikaan sisältyvät kuormaa kohden käytetty vakioaika (työn suunnittelu, kuormauksen valmistelu, kuorman järjestely ja sitominen), jonka keskim. suuruus osoittautui olevan 2.36 miesmin/kuorma (eli työryhmän aikaa 1.18 min/kuorma) ilman keskeytyksiä, lumen poisto- ja pölkkyjen irroittelu-aika, joiden summa oli keskim. 0.92 miesmin/p-m³ (0.46 min/p-m³ työryhmän aikaa) ilman keskeytyksiä olosuhteissa, joissa lumen syvyys oli 70...100 cm, sekä pölkkyjen pinoista tai ristikoista rekeen siirtämisaika. Vm. aika riippuu pääasiallisesti pölkkyjen koosta, tilavuuspainosta, kuorinta-asteesta, siirtokorkeudesta ja siirtoetäisyydestä. Lisäksi siihen vaikuttavat työryhmän suuruus sekä samasta paikasta kuormattavan puutavaran määrä. Keskimäärin kului kokeilutyömailla 2-m tuoreen kuusipaperipuun siirtämiseen palsttien varresta traktorirekeen 7.00 miesmin/p-m³ (3.50 min/p-m³ työryhmän aikaa) ilman keskeytyksiä.

Varsinaisen kuormauksen tehotyöajasta laskettu keskeytysdannes kummankin kokeilutyömaan keskiarvona oli 18.

Kuormausajomatkan pituus on sama kuin palsttiesilmukan pituus. Se riippuu käytetystä palstatie-etäisyydestä ja palstojen syvyydestä sekä teiden mutkittelusta. Keskim. kuormausajomatkan vaihteli kokeilutyömailla n. 700...1300 m.

Kuormausajoaika matkayksikköä kohden on riippumaton kuljetettavan tavaran lajista, mutta siihen vaikuttavat palsttien kunto, kerralla ajatun matkan pituus sekä tietyistä rajasta alkaen myös kuorman suuruus. — Keräysajossa nopeus on alhaisin, koska yhtämittaisesti ajatut matkat ovat lyhyitä. Jos ajorata on huonokuntoinen, ero kuormattuna- ja tyhjänäajonopeuden välillä on ilmeisesti vähäinen. Hyvällä tiellä sen sijaan tyhjänäajonopeus on suurempi. — Keskimääräinen kuormausajoaika vaihteli kokeilutyömailla 1.06...1.80 min/100 m ilman keskeytyksiä.

Tehotyöajasta laskettu keskim. kuormausajon keskeytysdannes oli n. 25...123. — Keskeytysajasta oli Kornissa palstteiden tieaukon kapeuden (2.4 m) aiheuttamaa n. 44 % ja puuhun tarttumisen aiheuttamaa n. 19 %. Ristimäensalon keskeytyksistä johtui lumen puutteesta n. 64 %. — Kun oikealla teiden rakentamisella sekä lumimäärän riittäessä huomattava määrä kes-

keytyksistä eliminoituu, muodostunee keskeytyssadannes n. 8.8:ksi tehotyöajasta (Kornin Ferguson).

Kuormauksen kokonaistyöajan menekin laskemiseksi laadittu polynomiyhtälö (ks. s. 114) antaa esim. 10 p-m³ pinotavarakuorman kuormaamisajaksi n. 61 min.

8. Tukkien juontomatka on sitä pitempi, mitä suurempi on palstaiden etäisyys, mitä lyhyempiä ovat tukit ja mitä lyhyempi on tukkipuurunkojen käyttöosan pituus. Esim. 16 j tukkien, joita on keskim. valmistettu 1.8 kpl rungosta, keskim. juontomatka palstaiden reunaan on n. 4.5 m, jos palstaiden etäisyys on 40 m ja n. 10 m, jos palstaiden etäisyys on 60 m (huom. suunnattu kaato).

Saksien tai teräsköyden pään vientiaika on riippumaton juonnettavasta tavaralajista, mutta se suurenee suoraviivaisesti matkan suurenessa. Lyhyillä matkoilla se on matkaysikköä kohden huomattavan korkea, mutta alentuu matkan pidetessä, kunnes muodostuu suunnilleen vakioiksi. — Maaston vaikeusasteella ei todettu olevan tähän aikaan vaikutusta, mutta sen sijaan aikaerot eri traktoreiden välillä olivat joko vinttureiden rakenteen erilaisuudesta tai työntekijöiden erilaisuudesta johtuen huomattavat. — Lumi, jos sitä on yli 40...50 cm, osoittautui työtä hidastavaksi, erityisesti kovana. — 10 m matkalla voidaan teräsköyden vientiä katsoa kuluvan aikaa keskim. 0.27 min ilman keskeytyksiä.

Saksien hinattavan tukin päähän kiinnittämisaikaa, keskim. 0.10 min/tukki, voidaan pitää vakiona tukkia kohden.

Taakan hinausaikaan ei taakan koolla sen paremmin kuin tavaralajillakaan todettu olevan vaikutusta kokeilutyömailla esiintyneiden taakankokojen ja tavaralajien ollessa kysymyksessä. Ajanmenekki on näin ollen tietyllä matkalla kuutioyksikköä kohden sitä pienempi, mitä kookkaampia tukit ovat. — Hinausaika lisääntyy matkan kasvaessa, aluksi ehkä loivasti, mutta vähitellen jyrkemmin, kunnes 12...14 m matkasta alkaen ajan ja matkan välinen riippuvuus näyttää yleensä olevan suoraviivainen. — Hinaus erillään kuormauksesta osoittautui hitaammaksi kuin kuormauksen yhteydessä. — 10 m matkalla voidaan hinaukseen laskea kuluvan keskim. aikaa 0.42 min/tukki ilman keskeytyksiä. Aikaerot eri traktoreiden välillä olivat huomattavia, mihin ovat syynä vinttureiden erilainen nopeus ja työskentelytavan erilaisuus.

Juonnon keskeytysaikojen suuruuden ja juontomatkan pituu-

den välillä ei osoittautunut olevan selvää riippuvuutta. Ilmeisesti pinotavararankoja juonnettaessa keskeytysajat vaikeassa maastossa muodostuvat jonkin verran suuremmiksi kuin tukkien ollessa kysymyksessä. Maaston vaikeusasteella on todennäköisesti vaikutus sekä keskeytystiheuteen että keskeytysaikojen pituuteen, mutta sen selvittämistä vaikeuttivat puiden kaatosuunnan ja hinausreitien valinnassa tehdyt virheet. — Ellei taakan suunta vastaa hinaussuuntaa, lisääntyy keskeytysaika maastossa, jossa taakka ei esteettä pääse kääntymään hinaussuuntaan.

Juonnon tehotyöajasta lasketut keskim. keskeytyssadannekset, n. 11...17, tulevat ilmeisesti pienentymään työntekijöiden ammattitaidon lisääntyessä.

9. Tukkien kuormauksen ollessa kysymyksessä kuormaa kohden kuluva vakioaika (työn suunnittelu, kuormauksen valmistelu, kuorman järjestely ja sitominen), jonka keskim. suuruudeksi muodostui 15.20 miesmin/kuorma (7.60 min/kuorma työryhmän aikaa) ilman keskeytyksiä, on n. 6.4-kertainen verrattuna pinotavaran kuormauksen vastaavaan aikaan.

Kuormattua taakkaa kohden keskim. vakioiksi osoittautuivat saksien siirtoaika tukin päästä sen painopisteeseen sekä saksien irroitus aika kuormaan noston jälkeen. Edelliseen kului ilman keskeytyksiä keskim. 0.11 min/tukki ja jälkimmäiseen 0.08 min/tukki.

Tukkien kuormaannosta aika osoittautui kuormauskorkeudesta riippumattomaksi, koska kaikki taakat nostettiin »lakipisteeseen» kautta. Kuormausetäisyys näyttää vaikuttavan ajanmenekkiin siten, että aivan reeni vieressä olevat tukit ovat hitaampia kuormata kuin hieman kauempana olevat (kuormauspaikan aiheutus). Edullisin etäisyys on n. 3 m. Etäisyyden pidentyessä siitä aika suurenee, ja suureneminen on sitä voimakkaampaa, mitä kookkaampia tukit ovat. — Jos tukkien koko on n. 3...4 j³, kuormaannosta aika on tietyllä etäisyydellä keskim. suunnilleen vakio tukkia kohden, mutta tukinkoon suurentuessa ajanmenekki alkaa kasvaa, aluksi hitaasti, mutta vähitellen voimistuen. Kuutioyksikköä kohden lasketut ajat ovat n. 16...20 j³ tukinkokoon asti sitä pienempiä, mitä kookkaampia tukit ovat (raja riippuu kuormauslaitteen rakenteesta). — Taakan suunnan vaikutus kuormaannosta aikaan on vähäinen. Tien suuntaiset tukit saattavat olla hiekan joutuisampia kuormata kuin muut. — Esim. 6 j³ tukin

kuormaannosto vaatii keskim. 0.39 min ilman keskeytyksiä (Pelkosenniemi ja Kolari).

Sekä juonnon että kuormaannoston kannalta olisi ilmeisesti eduksi, jos käytettäisiin hakkuutapaa »rekeen autettuna», koska silloin hakkuumiehet ottaisivat paremmin vintturijuonnon vaatimukset huomioon ja lisäksi ko. työvaiheiden aikana traktorin kohden voisi olla kaksi apumiestä, mutta varsitiellääajon kuljettaja voisi suorittaa yksinään.

Varsinaisen kuormauksen tehotyöajasta lasketuksi keskim. keskeytyssadannekseen muodostui n. 7. Suurin keskeytysten aiheuttaja oli ensimmäisellä kokeilutyömaalla teräsköyden irtoaminen kääntyvän puomin päässä olevalta taittopyörältä (50 %).

Tukkien juontamisen ja kuormaamisen työmaa-ajan laskemiseksi laaditun polynomiyhtälön avulla (ks. s. 140) saadaan esim. 300 j³ tukkikuorman vaatimaksi ajaksi n. 126 min/kuorma.

10. Pinotavaran purkamisen vakioajaksi todettiin keskim. 1.34 miesmin/kuorma (työryhmän aikaa 0.67 min/kuorma) ilman keskeytyksiä, jos pölkyt purettiin yksitellen ja 28.72 miesmin/kuorma (14.36 min/kuorma työryhmän aikaa), jos tavara niputettiin lavalla ja purettiin nippuina kippaamalla. — Pölkköjen reestä pinon siirtäminen vaati aikaa keskim. 5.17 miesmin/p-m³ (2.59 min/p-m³ työryhmän aikaa) ilman keskeytyksiä, heittopinon siirtäminen 3.04 miesmin/p-m³ (1.52 min/p-m³ työryhmän aikaa) ja niputettuna purkaminen 0.16 miesmin/p-m³ (0.08 min/p-m³ työryhmän aikaa).

Tehotyöajasta lasketuksi pinotavaran purkamisen keskim. keskeytyssadannekseen muodostui n. 4...20.

Purkamisajomatka vaihteli eri työmailla 290...680 m. — Varastotiet vastasivat kunnoltaan varsiteitä ja tästä johtuen purkamisajonopeus vastasi kutakuinkin varsitiellääajon nopeutta.

Pinotavaran purkamisen työmaa-ajan laskemiseksi laadittua polynomiyhtälöä (ks. s. 146) käyttämällä saatiin 10 p-m³ suurista kuormaa kohden kuluva ajaksi n. 30 min, kun pölkyt purettiin pinon.

15.6 p-m³ suuruisen kuorman niputtaminen ja nippuina purkaminen vaati keskim. aikaa n. 22 min/kuorma.

11. Tukkien purkamisessa vakioaika oli keskim. 8.10 miesmin/kuorma (4.05 min/kuorma työryhmän aikaa) ilman keskeytyksiä.

Tukkien siirtäminen reestä väliteloilla varustettuun, kolmikieroksiseen kasaan vei aikaa 5.11 miesmin/10 j³ ja välitelattomaan

kasaan siirtäminen 1.48 miesmin/10 j³ ilman keskeytyksiä. Suuren kuorman purkaminen osoittautui kuutioyksikköä kohden joutuisammaksi kuin pienen.

Keskimääräisenä tukkien ja pinotavaran varsinaisen purkamisen tehotyöajasta laskettuna keskeytyssadannekseen voitaneen käyttää n. 6.

Tukkien purkamisen työmaa-ajan laskemiseksi laadittua polynomiyhtälöä (ks. s. 152) käyttämällä saadaan esim. 300 j³ tukkikuormaa kohden kuluva ajaksi n. 30 min, jos pölkyt puretaan välitelattomaan kasaan.

12. Matkayksikköä kohden laskettu varsitiellääajon tehotyöaika riippuu ratkaisevasti siitä ajoaikaan vaikuttavasta tekijästä, joka kulloinkin on minimissä. Kun minimissä oleva tekijä vaihtuu usein, vieläpä saman ajokerran aikana, on vaikeata osoittaa riippuvuutta tietyn tekijän ja ajoajan välillä. — Useimmiten tien laatu tai kunto on minimitekijä. Tien ominaisuuksista ajoradan kiinteys ja tasaisuus riippuvat polanteen syvyydestä ja ilman lämpötilasta. Tien pohjan epätasaisuuksia peittämään riittämätön polannekerros pidentää sekä kuormattuna- että tyhjänäajoaika. Kun polannekerros on riittävä, ei sen syvyyden lisääntyminen aiheuta ilmeisesti enää muutoksia ajoaikoihin. Ilman lämpötilan laskiessa polanneajoradan kiinteys paranee. Ajoaika näyttää lyhentyvän tiettyyn rajaan asti (lämpötila n. -18° C) ajoradan kiinteyden lisääntyessä, jonka jälkeen tämä tekijä ei enää aiheuta muutoksia. Tien kaltevuuden vaikutus on kuormattuna-ajoaikaan suurempi kuin tyhjänäajoaikaan. Ajanmenekki on ylämäessä suurempi kuin tasaisella ja loivassa alamäessä ja sitä suurempi, mitä jyrkempi ylämäki on. Sikäli kuin aineistosta voidaan päätellä, ajoaika on loivassa alamäessä (n. +1...+4 %) pienin, mutta suurenee alamäen jyrkkyyden kasvaessa.

Kuorman suuruuden vaikutus kuormattuna-ajoaikaan on keskim. kuormansuuruusluokkien ollessa kysymyksessä suhteellisen vähäinen lukuun ottamatta tien osia, joilla traktorin vetokyvyn parantamiseksi tai ajoradalla pysymiseksi on pakko käyttää hitaita vaihteita. Kuljettajan ammattitaidolla ja kyvyllä arvioida tilanne oikein on ilmeisesti sängen voimakas vaikutus ajoaikaan. Ajoaika on sen sijaan riippumaton kuljetettavasta tavaralajista, mutta kuorman painon jakaantuminen ajoneuvossa vaikuttaa siihen. Ilmeisesti ajomatkan piteneminen vaikuttaa matkayksikköä

kohden kuluvaan ajoaikaan lyhentävästi. Niin ikään ajoaika lyhentyy tiettyyn rajaan asti kevättä kohden.

Suuremmitta virheitä voitaneen keskimääräisenä varsitiellä ajon tehotyöaikana (kuormattuna- ja tyhjänäajon keskiarvona) käyttää 4.84 min/km.

Tehotyöajasta laskettu keskeytyssadannes kuormattuna-ajossa varsitiellä vaihteli n. 20...21 ja tyhjänäajossa n. 6...22. — Jos keskeytyksistä vähennetään varmuudella vältettävissä olevat tapaukset, kuormattuna-ajon keskeytyssadannes pienentyisi 4.3:een, tyhjänäajon 3.4:ään ja keskim. sadannes n. 4:ään.

Varsitiellä ajon kokonaistyöajan menekin laskemiseksi laadittu yhtälön (ks. s. 171) avulla saadaan esim. 6 km ajomatalla työmaa-ajaksi n. 60 min/kuorma.

13. Ajokerta-aika koostuu kuormauksen tai juonnon ja kuormauksen työmaa-ajasta, purkamisen työmaa-ajasta ja varsitielläajon työmaa-ajasta (ks. s. 172). — Esim. 10 p-m³ suuruisen pinotavara-kuorman ajokerran työmaa-ajaksi saadaan 10 km ajomatalla (ks. s. 172) n. 191 min eli n. 19 min/p-m³. Ajokerta-ajasta on tässä tapauksessa kuormauksen osuus 32 %, purkamisen 16 % ja varsitielläajon 52 %.
14. Hakkuun ja traktorikuljetuksen koordinoimiseksi kustannusten kannalta jouduttiin laskemaan traktorikaluston käyttökustannukset, tiekustannukset, hakkuukustannusten muutokset tavanomaisiin hakkuutapoihin verrattuina sekä juontokustannukset. — Kustannukset laskettiin v:n 1955 hinta- ja palkkatason mukaan.

Varovaisesti suoritettun arvioinnin mukaan saatiin traktorikaluston käyttökustannuksiksi seuraavat:

Traktori (2.2 tn, diesel)	270: — mk/t	28 %
Puolitelaketjut	178: — »	19 »
Kuormauslaite vinttureineen . . .	80: — »	8 »
Reki	65: — »	7 »
Tukkipankot	30: — »	3 »
Kuljettaja	170: — »	18 »
Apumies	157: — »	17 »
Yhteensä n.	950: — mk/t	100 %

Palstateiden raivaamiskustannuksiksi saatiin raivaamisen työmenekin hinnoittamisella:

1. tien pohjan raivausvaikeusluokka	200: — mk/km
2. » » »	2500: — »
3. » » »	5000: — »

Polanneajoradan valmistuskustannuksiksi saatiin vastaavalla tavalla laskien n. 1 510: — mk/km.

Pinotavaran palsttien varteen teon lisätyön aiheuttama hakkuukustannusten lisääntyminen osoittautui vaihtelevan palstatie-etàisyydestä (30...80 m) ja leimikon tiheydestä (12...82 p-m³/ha) riippuen n. 7...42: — mk/p-m³, ollen esim. 1. tiheysluokassa (37 p-m³/ha) ja 40 m palstatie-etàisyyttä käytettäessä n. 14: — mk/p-m³.

Kuorimattomien tukkien levälleen teon kustannukset ovat ilmeisesti n. 22...40: — mk/10 j³ halvemmat kuin »rekeen autetuna» teon kustannukset.

Juontokustannuksiksi saatiin esim. 5.59 j³ suuruisia, 16 j pituisia tukkeja (1.8 kpl/runko) juonnettaessa n. 22: — mk/10 j³, jos palstatie-etàisyys on 50 m.

15. Koordinoinnilla pyrittiin ratkaisemaan hakkuun ja traktorikuljetuksen kannalta edullisin palstatie-etàisyys. Tällöin todettiin seuraavaa.

Kuta runsaammin puutavaraa kertyy pinta-alayksiköltä, sitä pienempi tulee palstatie-etàisyyden olla minimikustannuksiin pääsemiseksi.* Kun palstatieverkko on tarkoitettu pysyväksi, leimikon tiheyden sijasta kysymystä voidaan tarkastella metsän boniteetin kannalta ja todeta, että kuta parempi metsätyyppi, sitä pienempi tulee palstatie-etàisyyden olla. — Kuta vaikeampaa maasto on palsttien pohjan raivaamisen kannalta, sitä suurempi tulee palstatie-etàisyyden olla. — Koska raivauskustannukset ovat sitä suuremmat, mitä perusteellisemmin raivaus joudutaan suorittamaan ja raivaamisen perusteellisuus puolestaan riippuu seudun lumisuhteista ajokauden aikana, palstatie-etàisyyden tulee olla niin ikään sitä suurempi, mitä vähälumisemmalla alueella traktorikuljetusta käytetään. — Ottamalla huomioon myös palsttien kunnon riippuvuus liikenteen suuruudesta näyttäisivät seuraavat palstatie-etàisyydet edullisimmilta:

Hyvät metsätyypit ja helppo maasto tai run-	
sasluminen alue	30...40 m
Keskinkertaiset metsätyypit ja maastot . . .	40...60 »
Huonot metsätyypit ja vaikeasti raivattava	
maasto tai vähälumisen alue	50...80 »

16. Traktorin kuljetustuotos on yhdessä työvuorossa n. 4...5 kertainen hevosen kuljetustuotokseen verrattuna.
17. Traktorikuljetuksen työajan menekin hinnoittamiseen perustuvien, palstatiekustannuksilla ja mahdollisilla hakkuun lisäkustannuksilla lisättyjen traktorikuljetuskustannusten vertaaminen käytännön taksojen mukaan laskettuihin hevospeljetuskustannuksiin osoittaa sekä tuoreen pinotavaran että tukkien traktorikuljetuksen kustannuksiltaan hevospeljetusta halvemmaksi hevospeljetuksen keskiajomatkoilla (n. 2 km) käytettyjen laskuperusteiden ollessa voimassa.
18. Traktorikuljetus on niin ikään hevospeljetusta halvemmän metsäkuljetuksen ja tavaran välivarastossa tapahtuvan uudelleen kuormauksen eliminoitumisen sekä halpojen varsitiekustannusten johdosta yhdistettyyn hevospel- ja autokuljetukseen verrattuna edullinen kuljetusmuoto verraten pitkilläkin ajomatkoilla.
19. Alhaisten tiekustannustensa vuoksi traktorikuljetus on sovellettavissa myös suhteellisen pienten metsälöiden (maatilametsälöt) puutavaran kuljetukseen.
20. Kokeilutyömailla kehitetty traktori-metsäkuljetusmenetelmä on olosuhteissamme todennäköisesti ainakin taloudellisessa mielessä edullisempi kuin köysiratakuljetus sekä sellaiset pyörä- ja telaketjutraktorikuljetukset, joissa traktoreiden liikennöimistä varten ei rakenneta palstateita.
21. Traktorikuljetusta käyttämällä on erityisesti erämaaseuduilla mahdollisuus saavuttaa hevospeljetukseen verrattuna myös välillistä säästöä alentuneiden kämppä-, talli- ja huoltokustannusten muodossa.
22. Metsäpinta-alan menettäminen tiemaaksi pysyvää palstatieverkkoa käytettäessä on näennäistä, eikä tieverkko alenna olennaisesti puun tuotantoa. — Tietä reunustavien puiden kasvuetäisyyden suurenemisella ei ilmeisesti ole sanottavaa merkitystä puiden laatuun edes hyvillä metsätyypeillä kasvavissa viljelyskuusikoissa.
23. Traktorikuljetuksen kasvaville puille aiheuttamien vaurioiden inventoiminen ja niiden syiden analysointi osoittaa, että vauriot olivat verraten vähäisiä ja että niistä huomattava osa johtui ammattitaidon puutteesta tai muusta, vältettävissä olevasta syystä. Varmuudella voidaan sanoa, että menetelmä, jossa traktorit liikennöivät yksinomaan tiellä, vaurioittaa metsää vähemmän kuin ne

- menetelmät, joissa koneellisella välineellä pyritään ajamaan »kannolle asti».
24. Traktori-metsäkuljetuksen käytäntöön soveltaminen esitettyssä muodossa edellyttää, että on lunta polanneajoradan rakentamiseksi (vähimmäissyvyys lieene n. 20...30 cm), että on pakkasta, joka kovettaa ajoradan, että palstatiet saadaan sijoitetuiksi suhteellisen helppoon maastoon ja ettei varsiteillä ole jyrkkiä ylämäkiä (4 % suurempia nousuja olisi vältettävä) kuormattuna-ajosuunnassa. — Jos palstatiekustannukset halutaan kuolettaa yhdellä tai parilla hankinnalla, pinta-alayksiköltä kertyvän puutavaramäärän tulisi olla mahdollisimman runsas (mieluiten yli 30 p-m³/ha). Optimikuljetusmatkat menetelmälle ovat n. 3...10 km.
 25. Traktorikuljetuksen kehittämiseksi olisi kokeiltava mm. lumettomana aikana valmistetun, lumen alle jätetyn puutavaran vintturijuontoa, koska silloin hakkuu voitaisiin myös tukkien osalta suorittaa sen työmenekin kannalta edullisimpana ajankohtana sekä perävaunujen käyttöä reen sijasta, koska siten saataisiin traktoreiden mäennousukyky paremmaksi. — Traktoreiden varusteissa, erityisesti puolitelaketjuissa, reissä ja rekien vetolaitteissa on runsaasti parantamisen varaa.
 26. Traktorikuljetusta olisi aluksi sovellettava käytäntöön olosuhteissa, jotka ovat sille mahdollisimman edulliset. Siten voidaan välttää »harjoitteluaikana» muita menetelmiä mahdollisesti kalliimmiksi nousevat kustannukset.
 27. Traktoreiden käyttö puutavaran kuljetukseen lisää niiden vuotuista käyttötuntimäärää ja siten alentaa kaiken traktorityön kustannuksia myös maataloudessa. On kuitenkin huomattava, että kaikille maataloustraktoreille ei maassamme tule riittämään puutavaran kuljetustyötä ja että keskikokoisille ja pienille tiloille ei kannata pelkästään omasta metsästä kertyvän puutavaran kuljettamista varten hankkia metsäkuljetuksen edellyttämiä traktorin lisävarusteita.

Kirjallisuusluettelo — References

- ALAVA, T. E. 1950. Rautatiekäsikirja. Ohjeita rautatietä käyttäville liikennöitsijöille. Kouvola.
- ALFTAN, BERTIL VON 1943. Johdatus työntutkimukseen. Helsinki.
- ANDERSON, ARVID 1953. Hästbrist i skogen. Skogsägaren nr 6. Stockholm.
- ARNKIL, J. E. 1951. Kokemuksia puutavaran kuljetuksesta pyörätraktoreilla (Summary: Experiences on haulage of timber by wheel tractors). MT 65. Helsinki.
- ARO, PAAVO 1931. Tavallisimpien suomalaisten pinopuutavaran pinotiheys (Referat: Über den Festgehalt der wichtigsten Finnischen Schichtholzsortimente). MTJ 14,5. Helsinki.
- 1945. Työajan jaottelu metsätoissa. MJ 1. Helsinki.
- ARVIDSON, BIRGER 1955. Traktorvägen i småskogsbruket. Särtryck ur Skogsägaren nr 3, 4, 5. Stockholm.
- BENNETT, W. D. 1955. Cable yarding developments in eastern Canada. Canadian Pulp and Paper Association. Woodlands Section. Index No. 1466 (6—8—g). Annual Meeting Release No. 6. Montreal.
- BROWN, NELSON C. 1949. Logging. The principles and methods of harvesting timber in the United States and Canada. New York—London.
- COLLET, M. H. 1949. Harvesting the forest crop in southern U.S.A. United Nations scientific conference on the conservation and utilization of resources. Improvements in logging techniques in the United States. United Nations. IP. Moniste.
- COX, W. K. 1935. The use of diesel tractors on road construction and logging operations in eastern Canada. Canadian Pulp and Paper Association. Montreal.
- DOLOGOLOV, N. P. — PETROV, P. E. 1950. Traktornaja trelevka hlistov s kronoj. Lesnaja Promyshlennostj 5. Moskva.
- ERACHTIN, D. D. 1950. Metodyulutschenija eksploatazii lesowoznych ledjanych dorog. Lesnaja Promyshlennostj 10. Moskva.
- ERIKSSON, RUNE 1949. Medens friktion mot snö och is (Summary: Friction on runner upon snow and ice). NST I ja III. Stockholm.
- 1952. Vägbanan ur transportsynpunkt (Summary: The roadbed from the transportation point of view). NST II. Stockholm.
- ERKKILÄ, E. E. Ks. OSARA, N. A., PÖNTYNEN, V., ERKKILÄ, E. E. 1948.
- FRIEBERG, BENGT. Ks. SÖDERLUND, JOHN A., och FRIEBERG, BENGT 1954.
- FRITZ, EMANUEL 1937. Tractor advantages in the redwood region. Journal of Forestry. Vol. XXXV. No. 10. Washington.
- FÖRSTER, G. R. 1885. Das forstliche Transportwesen. Wien.
- GIBSON, M. C. 1953. Small tractor use in pulpwood logging. Pulpwood Annual. New York.
- GLATZ, J. 1947. Mariabrunner Abseil — und Rückemaschine. Sonderdruck aus den Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt. 44. Heft. Mariabrunn.
- GLÄSER, H. 1951. Das Rücken des Holzes. München.
- 1953. Mechanisierung des Holzeinschlags durch Rücken ganzer Bäume. Holz-Zentralblatt Nr. 102. Stuttgart.
- GRANVIK, BROR-ANTON 1949. Tutkimuksia moottoriajoneuvojen käyttömahdollisuuksista järeän puutavaran vetäjinä sekä autovarsiteiden rakentamisesta ja hoidosta (Summary: Investigations into possible use of motor vehicles for haulage of large-size timber and into building and maintenance of main truck haulage roads). Työtehoseuran julk. 53. Helsinki.
- GUDIM, ÅGE 1953. Taubaner og taubanedrift i Norge og Mellom-Europa. Tidsskrift for Skogbruk, Hefte 11 og 12. Oslo.
- HAFNER, FRANZ 1952. Die Praxis des neuzeitlichen Holtztransportes. Wien.
- HALLENBERG, HARRY. Ks. VUORISTO, ILMARI — HALLENBERG, HARRY 1937.
- HEDEGÅRD, BO 1952. Motorers effekt och dragkraft — några grundläggande begrepp. NST II. Stockholm.
- 1955. Traktorn i skogen. Maskinteknik i jord och skog 2. Stockholm.
- HEISKANEN, VEIJO — KANTOLA, MIKKO 1950. Ehdotus puutavaran kuljetuksen jaotelluksi (Summary: Proposal for new classification in timber cutting and transports). MA 3—4. Helsinki.
- HELANDER, A. BENJ. 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo.
- 1948. Suomen metsätalouden historia. Porvoo—Helsinki.
- Hevosmiehen kalenteri 1956. Helsinki.
- HOOKE, LELAND W. 1953. Logging damage: Tree-length skidding vs log-length skidding. Michigan. Moniste.
- HÅKANSSON, HARALD 1910. Kraft- och transportfrågor vid skogsafverkning. Uppsala.
- ILON, BENGT 1953. Utdrivning av gallringsvirke med lätt brandtraktor. Skogen 6. Stockholm.
- JALAVA, MATTI 1949. Puun mekaanis-teknillisiä ominaisuuksia. Tapion taskukirja. Kahdestoista painos. Helsinki.
- JONSON, IVAN 1945. Virkeskärning med »skogstraktor». Skogen 13. Stockholm.
- Kainuun Metsätyöntajat 1951. Suositus pinotavaran palstatien varteen teko- ja ajopalkoiksi. Kajaani. Moniste.
- Kansanhuoltoministeriön asettama traktoritoimikunta 1942. Traktorikuljetusopas. Helsinki.
- KANTOLA, MIKKO 1954. Kuorellisten havusahatukkien kuormaus. Helsinki.
- Ks. HEISKANEN, VEIJO — KANTOLA, MIKKO 1950.
- KAUFMANN, GEORG VON 1954. Zubringen von Holz im Hochgebirge mit Drahtseilen. München.
- KELTIKANGAS, V. Ks. SAARI, E., KELTIKANGAS, V., ja VUOTI, E. 1939.
- KLEM, GUSTAV G. 1953. Planteavståndens virkning på granvirkets kvalitet (Summary: The influence of spacing spruce quality). Vollebekk.
- KOLPE, OLOF 1953 a. Om virkeskärning med hjultraktor. Skogen 1. Stockholm.
- 1953 b. Synpunkter på traktordrivning med hjultraktor. Skogen 8. Stockholm.

- KOROLEFF, A. 1952. Logging mechanization in the U.S.S.R. Montreal.
- KORUNOV, M. M. — SHTSHENNIKOV, P. M. 1950. Isuttjennie tjavovyih usilii traktorov KT-12 pri raslitšnik sposobah trelevki lesa. Lesnaja Promyshlennostj 12. Moskva.
- KURIN, N. V. Ks. SYTSHEV, L. E. — KURIN, N. V. 1950.
- LASSILA, I. 1930. Työtieteellisiä tutkimuksia metsätyöstä. I. Pinopuun teko (Summary: Studies on efficiency of labour in forest work. I. Preparation of piled wood). AFF 36.2. Helsinki.
- LEIJONHUVUD, AXEL C:SON 1943. Några erfarenheter av traktorn i skogsbruket. I. Skogen 6. II. Skogen 8. Stockholm.
- 1950. Erfarenheter från traktordrift vid ett norrländskt skogföretag. SST 1. Stockholm.
- 1954—1955. Häst eller traktor i skogen? Hästen 10/1954—1/1955. Stockholm.
- 1955. Den snöpackade vägen. III Fältförsök och praktisk tillämpning (Summary: The compact snow road. III Outdoor experiments and practical application). SST 4. Stockholm.
- LESKINEN, SAKARI 1949. Tutkimuksia moottoroidusta puutavaran kuljetuksesta Saarijärvellä 1949. MT 38. Helsinki. Moniste.
- 1950 a. Tutkimuksia moottoroidusta puutavaran kuljetuksesta Kivijärvellä 1949. MT 44. Helsinki. Moniste.
- 1950 b. Auto ja telaketjuauto puutavaran kuljetuksessa Posiolla. MT 34. Helsinki. Moniste.
- 1951. Moottoroidusta rekikuljetuksesta Viitasaarella talvella 1950. MT 56. Helsinki. Moniste.
- Ks. PUTKISTO, KALLE — LESKINEN, SAKARI 1949.
- LINDBERG, J. W. 1927. Todennäköisyyslasku ja sen käyttö tilastotieteessä. Helsinki.
- LINDFORS, JARL 1956. Metsäteollisuuden puuraaka-aineen kaukokuljetukset vuosina 1953 ja 1954. Suomen Puutalous 2, 3, 4 ja 5. Helsinki.
- LUNDBERG, GUSTAF, och SCHAGER, NILS 1921. Erfarenheter rörande virkeskörning med traktorer. Sveriges Skogsägareförbunds cirkulär 8. Stockholm.
- LÖNNROTH, ERIK 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. AFF 30. Helsinki.
- MAKKONEN, OLLI 1950. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön (Summary: Practical application of the results of time studies in logging). MJ 25. Helsinki.
- 1954. Metsätöiden vertailevan aikatutkimuksen periaate (Summary: The principle of comparative time studies in forest work). MJ 32. Helsinki.
- 1956. Puutavaran hevospeljetus. Työntutkimus (Summary: Horse haulage of timber. Work study). MJ 33. Helsinki.
- MATTSSON MÄRN, L. 1945. Skogsarbetsstudier i Sverige. MJ 1. Helsinki.
- 1946. Transportoperationerna och deras samspel vid vinteravverkning med häst i Norrland. SDAM 25. Stockholm.
- MCCOLL, B. J. 1950. Recent developments in mechanical logging. Pulp and Paper Magazine of Canada. Woodlands Review. April. Ottawa.

- MÉGILLE, X. B. de 1954 a. Choosing tractors for logging. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Joint Working Party on logging techniques and training of forest workers. Geneva. Moniste.
- 1954 b. Report on forestry criteria and equipment of tractors. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Joint Working Party on logging techniques and training of forest workers. Geneva. Moniste.
- Metsätöiden palkkaperusteet. Komitean mietintö 1946. Helsinki.
- NENZELL, GUSTAF 1945. Något om tidsstudier och deras utförande vid Föreningen Skogsarbetens arbetsstudieavdelning (SDA). MJ 1. Helsinki.
- OHLSÉN, BÖRJE 1954. Lunning av hela trädlängder. Skogen 8. Stockholm.
- ORLOV, S. F. 1949. Perspektiviyi rasvitija tjavovyih mašin dja besrelsovogo lesotransporta. Lesnaja Promyshlennostj 5. Moskva.
- OSARA, N. A. 1952. Metsä- ja puutaloutemme tulevaisuuden kaavailua. Talouspolitiikan perusohjelma. Komitean mietintö 1954. Liite 5. Helsinki.
- PÖNTYNE, V., ERKKILÄ, E. E. 1948. Suomen puun käyttö ja metsätase (Summary: Wood utilization and forest balance in Finland). MTJ 36.4. Helsinki.
- PARDE, KJELL 1941. Virkesdrivning med hjultraktor. Skogen 5. Stockholm.
- PETERSEN, B. H. 1953. Skovtransporter av træe paa hjul og i forening dermed vejnetets oplægning. Föredrag och diskussionsinlägg vid den internordiska kongressen i skogsarbetsstudie- och samarbetsfrågor i Falun den 3—5 mars 1953. Stockholm. Moniste.
- PETROV, P. E. Ks. DOLOGOLOV, N. P. — PETROV, P. E. 1950.
- PLoudA, K. 1935. Das Rücken von Brennhölzern. Eberswalde.
- PROTANSKIJ, B. B. — SYROMJATNIKOV, S. A. 1951. Lesoeksploatsija. Moskva.
- PUTKISTO, KALLE 1949. Vanerikoivujen kasaamisesta II. MT 28. Helsinki.
- 1950 a. Moottoritalviteistä ja niiden rakentamisesta. MT 52. Helsinki. Moniste.
- 1950 b. Moottoroitu puutavaran kuljetus. Metsäteknologia. Helsinki.
- 1950 c. Moottoroidusta puutavaran rekikuljetuksesta. Metsätehon luontopäivät 27.—29. 11. 1950. Eripainos MA 12. Helsinki.
- 1951 a. Vanerikoivujen kasaamisen aiheuttamasta vetovastuksesta (Summary: On the drag in piling of veneer birches). MT 63. Helsinki.
- 1951 b. Puutavaranhakkuiden järjestelystä kuljetuksen kannalta. Julkaisematon käsikirjoitus. Metsäteho. Helsinki.
- 1952 a. Metsäautotie vaiko moottoritalvitie? (Summary: Forest truck road or winter road for motor vehicles?). MT 83. Helsinki.
- 1952 b. Moottoritalviteiden rakennus ja hoito. Metsätehon oppaita. Helsinki.
- 1952 c. Polannetie (Summary: The »packed-snow» road). MT 69. Helsinki.
- 1952 d. Puutavaran kuorinnalle ja siirrettäville kuorimakoneille asetettavista vaatimuksista ja eräitä kuorimakonetyppejä (Summary: Barking of timber and transportable barking machines). MT 77. Helsinki.
- 1952 e. Maataloustraktoreiden käyttömahdollisuuksista puutavaran kuljettajina (Summary: On the potential uses of agricultural tractors on timber transport). MT 72. Helsinki.
- 1953 a. Hevospolannetie (Summary: The »packed-snow» road for horse-haulage). MT 89. Helsinki.
- 1953 b. Tutkimuksia puutavaran vedestä nostosta (Summary: Investigations into the lifting of timber from water). MJ 30. Helsinki.

- 1954 a. Pienpuutavaran siirtelyn koneellistaminen (Summary: Mechanization of the moving of small timber). MT 108. Helsinki.
- 1954 b. On the study of team work. Proceedings of the 11.th congress of the international union of forest research organisations — Rome 1953. Firenze.
- 1955 a. Tillfälliga vägar vintertid. Förhandlingar vid möte med de nordiska utskotten för vägarnas underhåll och trafikens upprätthållande om vintern i Rättvik den 31 jan. — 2 febr. 1955. Nordiska Vägtekniska Förbundets svenska utskott för vinterväghållning. Moniste. Stockholm.
- 1955 b. Ajatuksia puutavaran valmistuksen ja metsäkuljetuksen koneellistamisesta (Summary: On the mechanisation of timber preparation and forest haulage). MT 114. Helsinki.
- 1956 a. Hinausvastus juonettaessa puutavaraa traktorivintturilla (Summary: Towing resistance in the skidding of timber by tractor winch). MT 121. Helsinki.
- 1956 b. Kokemuksia pyörätraktoreiden käytöstä puutavaran kuljetuksessa talvella 1954—1955. Metsätehon vain jäsenille tarkoitama tiedoitus 1/1956. Helsinki. Moniste.
- LESKINEN, SAKARI 1949. Tutkimuksia moottoroidusta puutavaran kuljetuksesta Posiolla talvella 1949. MT 30. Helsinki. Moniste.
- PÖNTYNEN, V. Ks. OSARA, N. A., PÖNTYNEN, V., ERKKILÄ, E. E. 1948. REINIKAINEN, A. 1954. Traktorikirja. Helsinki.
- ROITTO, W. E. 1939. Puutavaran autokuljetuksesta (Holzabfuhr mit Lastkraftwagen). Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja XII. Helsinki.
- RONKANEN, A. J. 1950. Puutavaran hevosajo. Metsäteknologia. Helsinki.
- RYDBO, FOLKE, och TALTS, HELMUT 1954. Maskinell lunning — aktuella rationaliseringssträvanden. Skogen 22. Stockholm.
- RÄSÄNEN, A. A. 1930. Puiden kaato ja ajo. Maa ja metsä. Metsätalous 3. Porvoo.
- SAARI, EINO 1934. Puun käyttö Suomessa (Summary: Wood utilization in Suomi (Finland)). MTJ 14.1. Helsinki.
- KELTIKANGAS, V., ja VUOTI, E. 1939. Kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheys ja kuorimishukka. MA 1. Helsinki.
- SAMSET, IVAR 1951 a. Tømmertransport. Intrykk fra en studietur i Nord-Amerika 1950. Oslo.
- 1951 b. Jordbrukstraktor på snøpakket vei. Skogeieren 10—11. Oslo.
- 1953. Hjultraktorn vid tømmertransport på snøføre. Föredrag och diskussion-inlägg vid den internordiska kongressen i skogsarbetsstudie- och samarbetsfrågor i Falun den 3—5. Mars 1953. Stockholm. Moniste.
- 1955. Isachsens lunnevinsj. Rapport fra NSR samarbeidsmøte og ekskursjoner 23.—26. mai 1955. Vollebekk. Moniste.
- SCHAGER, NILS. Ks. LUNDBERG, GUSTAF, och SCHAGER, NILS 1921.
- SEPPÄNEN, O. 1939. Puutavaran autokuljetuksesta ja sen merkityksestä valtion metsätaloudessa. Eripainos metsänhoitajien jatkokursseilla 1938 pidetystä esitelmästä. Helsinki.
- 1949. Vesitse kuljetus. Puutavarakaupan käsikirja I. Helsinki.
- SHTSHENNIKOV, P. M. Ks. KORUNOV, M. M. — SHTSHENNIKOV, P. M. 1950.
- SILVÄN, LAURI — TAIVAINEN, O. A. 1952. Metsämiehen tieoppi. Helsinki.

- SIMMONS, FRED C. 1949. Harvesting the forest crops in the northeast and the Lake States. United Nations scientific conference on the conservation and utilization of resources. Improvements in logging techniques in the United States. United Nations. IP. Moniste.
- 1951. Northeastern loggers handbook. United States Department of Agriculture. Handbook 6. Washington.
- SIMOLA, PAULI 1950. Pinotavaran teko palstatien varteen (Summary: Making of cordwood into piles along logging roads). MT 51. Helsinki.
- SIPILÄ, MARTTI — UOTILA, P. J. 1954. Traktorin käytön vertailu kynnössä, äestyksessä ja siirtotyössä. Teho 10—11. Helsinki.
- SIRÉN, GUSTAF 1953. Pysyvä palstatieverkko ja metsänhoito (Summary: A permanent network of haulage roads and silviculture). MT 93. Helsinki.
- SJÖQUIST, GÖSTA 1946. Traktordrift i lantbruk och skogsbruk. Göteborg.
- Skogbrukets og Skogindustrienes forskningsforening 1953. Traktordoninger. Informasjon 22. Oslo.
- SOHLMAN, S. A. 1925. Auto metsätalouden palveluksessa. Ylipainos Tapio 1. Lahti.
- SOOM, E. 1950. Rückaufwand und Wegabstand. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 10/11. Zürich.
- Sosiaaliministeriön Palkkaosasto 1955. Metsätyöpalkkataulukot. Länsi- ja Itä-Suomi. Helsinki.
- Statens Biltrafiknämnd 1952. P.M. den 13/6 1952 med förslag till nya tariffer för beställningstrafik för godsbefordran. Stockholm. Moniste.
- STEINLIN, H. 1951. Der Rückrolli Rohr. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 11. Bern.
- 1952. Der »Unimog«-Diesel, ein Vielzweckfahrzeug. Forstwirt 7—8. Aarau.
- 1954. Einige Möglichkeiten zur Bringung des Holzes aus dem Bestand an den Abfuhrweg unter schwierigen Geländebedingungen. Holz 48. Rüslikon.
- und Zehntner, K. 1953. Untersuchungen zur Verbesserung des Holztransportes im Gebirge. I. Mitteilung. Sonderabdruck aus den »Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen«. XXIX. Band, 1. Heft. Zürich.
- und ZEHNTNER, K. 1954. Untersuchungen zur Verbesserung des Holztransportes im Gebirge. II. Mitteilung. Sonderabdruck aus den »Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen«. XXXI. Band, 1. Heft. Zürich.
- SUNDBERG, ULF 1949. Lunning med traktor. Skogen 5—6. Stockholm.
- 1950. Kanadensisk bandutrustning till hjultraktor. SDA Aktuell information av intern natur 28. Stockholm.
- 1952. Något om hjul- och bandtraktorer för virkestransporter vintertid. NST II. Stockholm.
- 1953. Studier i skogsbrukets transporter (Summary: A study of timber transportation). SDAM 48. Stockholm.
- SYROMJATNIKOV, S. A. Ks. PROTANSKIJ, B. B. — SYROMJATNIKOV, S. A. 1951.
- SYTSHEV, L. E. — KURIN, N. V. 1950. O tragovejih ماشینah dlja besrelsovogo lesos-transporta. Lesnaja Promyshlennostj 12. Moskva.
- SÄLLFORS, TARRAS 1945. Teollisuuden työntutkimukset. Helsinki.

- SÖDERLUND, JOHN A, och FRIEBERG, BENGT 1954. Hjultraktorn i transportarbete. En teoretisk utredning. MSAM 1. Stockholm.
- SÖDERSTRÖM, G. V. 1953. Något om drivningarnas organisation vid hopkörning med bandtraktor Oliver OC 3. NST I. Stockholm.
- TAIVAINEN, O. A. Ks. SILVÄN, LAURI — TAIVAINEN, O. A. 1952.
- TALTS, HELMUT. Ks. RYDBO, FOLKE, och TALTS, HELMUT 1954.
- TONKELL, I. 1933. Miten puutavaran kuljetusta parannetaan. Karjalan metsätöiden kokeiluasema ja Karellesin teknillisen propagandan sektori. Leningrad.
- TOWNSEND, C. R. 1937. The motor truck in woods operations. Montreal.
- TUOVINEN, ARNO 1949. Autoniputuksesta. MT 23. Helsinki.
- 1950. Puutavaran rantavarastojen talviniputuksesta (Summary: Shore storage site bundling of timber in winter). MJ 24. Helsinki.
- UOTILA, P. J. Ks. SIPILÄ, MARTTI — UOTILA, P. J. 1954.
- WACKERMAN, A. E. 1949. Harvesting timber crops. New York — Toronto — London.
- VALPAS, V. V. 1954. Puutavaran kaukokuljetus. Puutavarakaupan jatkokurssi 1/2. Helsinki.
- Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos 1950. Koeselostus 49. Helsinki.
- WIDEGREN, E. H. Ks. WIDEGREN, K. A. och E. H. 1919.
- WIDEGREN, K. A. och E. H. 1919. Transportbana för skogsdrift system Widegren. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Häft 6—8. Stockholm.
- WINKELMANN, H. G. 1943. Der Seilkran Wyssen (Le téléphérique Wyssen). Separatabdruck aus »Der Holzmarkt« 19. Wien.
- VUORISTO, ILMARI 1935. »Kappalepaljouden laki» (Referat in deutscher Sprache, betrifft das »Stückmassengesetz»). Suomen Paperi- ja Puutavara-lehti 11. Helsinki.
- — HALLENBERG, HARRY 1937. Talviajotiet. Porvoo — Helsinki.
- VUOTI, E. Ks. SAARI, E., KELTIKANGAS, V., ja VUOTI, E. 1939.
- WÖRTHER, ERNST 1953. Das »Motormuli». Österreichs Forst- und Holzwirtschaft 6. Wien.
- VÖRY, JAAKKO 1954. Eräiden metsätöiden aikatutkimusaineistojen analyysiä (Summary: Analysis of the time study materials of some forest jobs). MJ 31. Helsinki.
- ZEHNTNER, K. Ks. STEINLIN, H. und ZEHNTNER, K. 1953 ja 1954.

Muut lähteet — Other Sources

- JANSSON, S. 1953. Kuljetustyön osuus maatalouden traktorityöstä. Suullinen tiedonanto.
- LAAKSONEN, YRJÖ V. 1950. Hevosten määrä kaupallisen puutavaran kuljetuksessa. Suullinen tiedonanto.
- PARTANEN, LEO 1955. Pyörätraktoreiden polttoaineen kulutus eräällä Veitsiluoto Oy:n työmaalla. Metsäteholle lähetetty kirjelmä.
- REINIKAINEN, ALPO 1953. Hevos- ja traktorityön tuotoksen suhde maataloudessa. Suullinen tiedonanto.
- SIMOLA, YRJÖ 1954. Työnantajan maksettavien miesten ja hevosten majoitus- ja huoltokustannusten suuruus Perä-Pohjolassa. Suullinen tiedonanto.
- SKOG, T. 1955. Fordson Major traktorin taka-akselin kuormitus. Suullinen tiedonanto.
- SUOMELA, SAMULI 1954. Maataloutemme traktorintarve. Suullinen tiedonanto.
- 1955. Arvio maataloustraktoreiden keskimääräisestä käyttötuntimäärästä Suomessa. Suullinen tiedonanto.

Lyhennyksiä ja symboleja — Abbreviations and symbols

AFF	= Acta forestalia fennica
MA	= Metsätaloudellinen Aikakauslehti
MJ	= Metsätehon julkaisu
MSAM	= Mellersta Sveriges Skogsarbetsstudier, Meddelande
MT	= Metsätehon tiedoitus
MTJ	= Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu
NST	= Norrlands Skogsvårdsförbunds tidskrift
SDA	= Föreningen Skogsarbetens och Kungl. Domänstyrelsens Arbetsstudieavdelning
SDAM	= SDA, Meddelande
SF	= Silva Fennica
SST	= Svenska Skogsvårdsföreningens tidskrift

* * *

ALC	= Allis Chalmers B
DVB	= David Brown Super Cropmaster
FAM	= Farmall BMD
FEGD	= Ferguson TE-F (dieselmoottorilla — with diesel motor)
FEGP	= Ferguson TE-D20 (petrolimoottorilla — with kerosene motor)
FOMD	= Fordson Major (dieselmoottorilla — with diesel motor)
FOMP	= Fordson Major (petrolimoottorilla — with kerosene motor)
NUF	= Nuffield DM 4
STR	= Steyr 180
VVO	= Volvo T 33

* * *

E	= Yhden pölkyn tai taakan keskim. kuljetusmatka hakkuualueelta keräyskeskukseen
E_{90°	= Yhden pölyn tai taakan keskim. kuljetusmatka hakkuualueelta keräyspaikkaan tapauksissa, joissa kuljetusreitti on kohtisuorassa palsttien suuntaa vasten
E_{45°	= Muuten sama kuin edellinen, mutta kuljetusreitti on 45° kulmassa palsttien suuntaa vasten
L	= Hakkuualueen kaikkien pölkkyjen keräämiseksi kuljettava kokonaismatka (meno + paluu)

L_s	= Varsitien pituus palsttien yhtymäkohtaan
S	= Leimikon keskimääräinen kuljetusmatka varsitiellä
S_k	= Kuormausajomatka
S_p	= Purkamisajomatka
a_1	= Kuormauksen tyhjänäajomatka
a_2	= Purkamisen tyhjänäajomatka
b_1	= Kuorman keräysajomatka
b_2	= Kuorman tyhjennysajomatka
c_1	= Kuormauksen kuormattuna-ajomatka
c_2	= Purkamisen kuormattuna-ajomatka
l	= Pölkkyjen keskipituus
l_s	= Saksien tai teräsköyden pään vientimatka
l_h	= Taakan hinausmatka
l_{sh}	= Juontomatka
ln	= Luonnollinen logaritmi
e	= Keräysalueen osan kaikkien pisteiden etäisyys keräyskeskuksesta
A	= Palstojen syvyys
a	= Keräysalueen sivu
b	= Keräysalueen sivu, $\frac{1}{2}$ palstateiden kohtisuorasta etäisyydestä
A_{kt}	= Varsinaisen kuormauksen vakioaika
A_{pt}	= Varsinaisen purkamisen vakioaika
B_t	= Lumen luonti- ja pölkkyjen irroittelu-aika
C_{kt}	= Pölkkyjen siirtämisaika kuormaan
C_{pt}	= Pölkkyjen siirtämisaika kuormasta
D_{kt}	= Taakan kiinnitysaika (saksien kiinnitysaika pölkkyyn)
D_{it}	= Taakan irroitus-aika (saksien irroitus-aika pölkystä)
D_{st}	= Saksien tai teräsköyden pään siirtoaika kuormaannostossa
F_{ht}	= Taakan hinausaika
F_{kt}	= Taakan (tukin) kuormaannostoaika
F_{st}	= Saksien tai teräsköyden pään vientiaika
H_{at}	= Kuormauksen tyhjänäajoaika
H_{bt}	= Kuorman keräysajoaika
H_{ct}	= Kuormauksen kuormattuna-ajoaika
H_{kat}	= Kuormausajoaika
I_{at}	= Purkamisen tyhjänäajoaika
I_{bt}	= Kuorman tyhjennysajoaika
I_{ct}	= Purkamisen kuormattuna-ajoaika
I_{pat}	= Purkamisajoaika
J_{at}	= Tyhjänäajoaika varsitiellä
J_{ct}	= Kuormattuna-ajoaika varsitiellä
J_{act}	= Keskim. ajoaika varsitiellä
T_a	= Varsitiellä ajon työmaa-aika
T_{akp}	= Ajokerran työmaa-aika
T_{jk}	= Juonnon ja kuormauksen työmaa-aika
T_k	= Kuormauksen työmaa-aika
T_p	= Purkamisen työmaa-aika

N	= Hakkuualueen kaikkien pölkkyjen lukumäärä
M	= Hakkuualueen keräyskeskusten (pinojen, ristikoiden jne.) lukumäärä
z	= Hakkuualueen pinta-ala
s	= Rungon käyttöosan pituus
n	= Rungon käyttöosasta valmistettujen pölkkyjen lukumäärä; kuorman suuruus (pölkkyjä kpl, p-m ³ jne.)
n.	= Noin
V	= Kuorman suuruus kuutioyksikköinä (p-m ³ , j ³ jne.)
v	= Rungon käyttöosan keskikuutio
W	= Yhdeltä palstalta kertyvä puutavaramäärä
P	= Nousuvastus mäessä, kgf
Q	= Kuorman bruttopaino, kg
a	= Mäen kaltevuus, %
r	= Kierrosluku
D _{1,3}	= Rinnankorkeusläpimitta

Investigations of the Use of Wheel Tractors for the Forest Transport of Timber

Techno-Economic Analysis

Summary in English

I Introduction

The harvesting of timber, the principal product of forests, consists of a series of successive jobs which are customarily broken down into two main groups: the preparation of timber species, i.e. *felling*, and the *transport* of the timber species prepared. However, the dividing line between the groups is not conclusive since felling always includes also some degree of transport; for instance, there is *directed felling*, the moving of the prepared logs in the forest (piling, crosswise-stacking) in order to facilitate storage or haulage proper, etc.

Haulage proper is divided up according to the distance of haul into *short-distance and long-distance haulage*. To the best of our knowledge, no distance limit has been laid down for differentiation purposes, but the end of horse haulage is usually regarded as the point of termination of short-distance transport. However, as motor vehicles are now used also over distances formerly the job of horse haulage, the above classification is no longer as definite as formerly. Forest haulage here means *the transport of timber, manually, by gravitation or mechanically, in a forest or starting from a forest, taking place either totally or partly without the help of permanent roads and generally over a relatively short hauling distance*.

The concept of haulage always covers loading and unloading. If the load cannot be collected from one spot or unloaded at one spot the transport vehicle must move in connection with the loading and unloading operations. In the following this moving will be included in loading and unloading; in the former case we shall refer to *loading-hauling* and in the latter case *unloading-hauling*. — The transport of a completed load along a route used by all or several transport vehicles of the working site is called in the following *hauling loaded on the main haulage road*; the movement of an empty vehicle from the unloading storage along the main haulage road to the felling lot is called *driving unloaded on the main haulage road*; in speaking of the two phases together we shall use the joint term *hauling on the main haulage road*. — In certain cases it is expedient to divide loading-hauling, which in forest transport operations is generally

carried out initially on very rough roadless ground or on strip roads poorer in condition than the main haulage road, into *driving unloaded, collecting-driving, and hauling loaded* (See Fig. 3, p. 37). The unloading-hauling can be divided correspondingly into hauling loaded, *unloading-driving* and driving unloaded.

If the timber to be loaded is not lying in the immediate vicinity of the route used by the vehicle it must be moved to within reach of the vehicle. This haulage, when the distance is short, is called *moving*; *winch skidding* is one type of moving.

* * *

The total of the jobs associated with the harvesting of timber depends on very many factors such as the properties of the stand in question, its location vis-à-vis the site at which the timber will be processed or used, the types of timber involved, the type, quality and location of the available transport routes, and the season in which the work is done. — *The manner of execution of each job has a certain effect at least on the job immediately succeeding it, and often on the whole series of jobs. — In trying to rationalise a certain job of the work series the study cannot be limited to scrutiny of only the job in question. Also to be taken into account is the effect of the changes planned on the process as a whole.*

1. The necessity of mechanising forest transport

Horse-drawn forest transport, excluding loading, unloading and road costs, per cubic unit of distance is in Finland about 6 times as expensive as motor transport and about 30 times dearer than rail transport. There is consequently every reason to try and mechanise forest transport, if it has the effect of reducing costs.

Another argument for examining the facilities for the mechanisation of forest transport is the fact that the «tractorialisation» of agriculture is leading to a reduction in the number of horses (Fig. 1, p. 14). It is obvious that at least a regional shortage of horses will begin to be felt in Finland for the forest transport of timber within the next few years unless a rapid increase in the breeding of foals can be achieved through adjustment of wage rate schedules, by propaganda or by some other means. If the present trend continues the mechanisation of forest transport will sooner or later become an absolute necessity.

2. Various mechanisation facilities

The demand of forest transport for horses can also be reduced through other measures than mechanisation. Such measures are e.g. increasing the transport operations connected with felling, improvement of the condition of horse-haulage roads, shortening horse-haulage distances by clearing and by building floatways, and lengthening the haulage season by increasing forest transport during the snowless period. However, their effect has been slight in several instances when they have been implemented and, furthermore, their profitability and applicability to the general labour force situation may be questionable.

A fairly frequently employed expedient for reducing the need of horses is the partial mechanisation of transport. This generally means in practice that horse work is limited to the collection of timber from the felling area and its movement to the intermediate storage (skidding) from where it is taken further by motor vehicle or other mechanised equipment. — This involves in practice the construction of roads suitable for mechanised transport leading to the intermediate storages. — The permanent road, today generally a forest motor road, is so expensive to construct that it enters into question only in the forest transport of large quantities of timber and in cases where the road has many other uses. The progress of motor winter roadbuilding technique and of motor vehicles has made possible the motorised collection of even fairly small lots of timber from intermediate storages, but this is still not feasible at the majority of working sites.

One prerequisite for partly mechanised forest transport is a relatively long haul for the transport medium in question as re-loading at the intermediate storage otherwise places an immoderate burden on the transport costs per cubic unit. There is no precise distance limit of universal applicability, but approx. 5...6 km. has been considered the lower limit for truck transport in Finland.

Although it is generally possible by partly mechanised methods to bring about a considerable reduction in the need of horses, horse haulage distances are so short in Finland (the average distance weighted with the quantity of timber is today perhaps 2.5 km. at the most) that partial mechanisation solves only a part of the problem. Methods involving total mechanisation are needed, i.e. methods by which animal power is completely displaced and the chief driving source is mechanical power. It should be possible in Finnish conditions to use mechanical methods economically also for shorter distances than 5 km. — Possible that can be considered are cable transport, tracked transport or wheeled vehicle transport or their various combinations.

The inter-connection between transport and the road is reflected clearly in the problem of mechanising forest transport. The better the road the better the possibilities of employing standard motor vehicle models and the greater the efficiency achieved. Conversely, use has to be made of special vehicles capable of negotiating rough topography but expensive in price. Their transport efficiency is the lower the poorer the route travelled. As forestry is generally obliged to pay for a considerable proportion of the roads it needs, it is necessary in the harvesting of timber to look for solutions involving the minimum total of road and transport costs. However, it is impossible to build a road to each stump, and so the first phase of forest transport must always be performed in roadless ground as has already been pointed out.

3. A survey of earlier experiments and investigations connected with the tractor-drawn forest transport of timber

Earlier experiments and investigations (mentioned in the bibliography) connected with tractor-drawn forest transport have usually been concerned, in Finland as in other countries, either with skidding or with intermediate storage transport. It seems that there has been no investigation into the combination of these two operations for execution by one and the same transport medium. Equally lacking are studies aimed at coordinating the phases of felling, roadbuilding and tractor transport.

4. Object of the present analysis

The aim of these investigations has been to find a method of mechanised forest transport suitable for Finnish conditions and competitive with horse transport also in the *economic* respect. The method should also meet the following requirements:

1. The mechanical traction should be provided by an agricultural wheel tractor so that its use could be shared with agriculture.
2. Transport must be smoothly dovetailed into the other steps in the work of timber harvesting, and it must not cause immoderate additional costs for the other jobs.
3. The method must also be applicable to the timber transport of relatively small forest enterprises (farm forest enterprise).
4. The method must not reduce the timber production of the forest enterprise; it must consequently be compatible with forest management methods aiming at sustained and increasing production of wood.

An endeavour has been made to develop the investigation method, to make it suitable for the solution of research objects like those mentioned in the foregoing.

The investigations were limited to 2-metre unbarked and partly-barked spruce pulpwood which will be called *cordwood* in the following, unbarked *softwood logs* and 4-, 6-, 8-, and 10-metre lengths which will be called *cordwood long logs*.

However, it was not considered advisable to introduce here the results concerning the tractor transport of cordwood long logs, except in so far as they illustrate the working time consumed in the transport of other types of timber.

II Basic factors of the work expended on forest transport

1. Type of timber

Volume weight and need of space, depending on the type of timber, are the principal factors affecting transport. In addition to the species of timber and its growth rate, volume weight depends above all on the degree of dryness of the type of timber. For example, green spruce pulpwood, according to JALAVA (1949), may weigh 44...68 % more than half-clean timber seasoned in the forest. It naturally eases the transport problem if the extra weight can be eliminated through seasoning at as early a phase as possible. The longer, the thinner, the more finely tapering, the more poorly branched and the more crooked the timber, the greater the space it occupies per solid cu.m. Green timber is generally so heavy that the space problem does not usually become a minimising factor in transport. If, again, the timber is dry but cut into longer lengths it will be necessary either to have relatively large-sized transport media which usually involves additional purchase costs or complications in haulage, or to make the loads high which means lengthening the average loading time at least as far as manually loaded timber is concerned.

In addition to the total space requirement, the length of the type of timber also has an effect on the question of how effectively the loading space of a transport unit, especially a universal-purpose transport unit, can be utilised. Timber cut into standard lengths is generally more favourable in this respect than timber cut into varying lengths.

The length of the timber, if it exceeds the length for which the transport unit is built, may prove a very irritating problem. Excessive length is also a disadvantage at bends along the route.

2. Transport distance

The distance in transport associated with felling

If we assume a felling area is divided into squares of equal size, into the centres of which the timber is assembled (Fig. 2, Drg. 1, p. 31), and if the location of marked trees in the felling area is a random one and each log is moved separately to the centre, the combined shortest total distance (L) (outward journey and return) to be covered in order to assemble all the logs (N) of the felling area (z sq.m.) in the centres (M units per z sq.m.) can be calculated from the following formula (cf. PUTKISTO 1949):

$$(1) \quad L = 0.765 N \sqrt{\frac{z}{M}} \text{ metres.}$$

If the site of the centre is so chosen that it contains one ready-placed log, the formula obtains the form:

$$(2) \quad L = 0.765 (N-M) \sqrt{\frac{z}{M}} \text{ metres.}$$

If the length of the utilisable part of marked trees is s metres and they are felled towards the assembling centre, and if they can be collected there so that the utilisable part is moved in one piece by grasping it at the end closest to the centre, we write formula (1) as follows:

$$(3) \quad L = 2 \left[0.383 \sqrt{\frac{z}{M}} - \frac{s}{2z} (2z - \pi s^2) \right] N \text{ metres.}$$

If the middle of the utilisable part is grasped, s must be replaced in formula (3) by $\frac{s}{2}$, and if the centre contains one old log N must be replaced by (N - M).

If n units of logs are made of the utilisable part, each with an average length of l m., s must be replaced by a figure to be obtained from the expression below:

$$\frac{s + (s-1) + (s-2) + \dots + (s-n)}{n}$$

Next let us assume a situation (Fig. 2, Drg. 2, p. 31) in which the assembling area is a rectangle, the timber being collected at the centre of one of its sides. If the length of this side is denoted by a (e.g. a half of the vertical distance of the strip roads) we can calculate the average distance to the centre (E), disregarding the directed felling, by means of the formula:

$$(4) \quad E = \frac{1}{3} \left[\frac{1}{2} \sqrt{a^2 + 4b^2} + \frac{b^2}{a} \ln \left(\frac{a + \sqrt{a^2 + 4b^2}}{2b} \right) + \frac{a^2}{8b} \ln \left(\frac{2b + \sqrt{a^2 + 4b^2}}{a} \right) \right] \text{ metres.}$$

Given a situation in which N logs are collected in M centres (piles, crosswise-stacks, etc.), the trees are felled towards the centres each of which contains one old log, the length of the utilisable part of the trees is s metres, and the tree is grasped for collection at the middle point of the utilisable part, we obtain as the combined total distance (L) (outward journey and return) moved in collecting all the logs:

$$(5) \quad L = 2(N - M)E - \frac{0.5s}{4ab} (4ab - \pi 0.25 s^2) \text{ metres.}$$

The formula can be applied to a stand marked for cutting which is irregular in shape by converting the area of each assembling centre into a rectangle the depth and width of which are determined by measuring. The distance is then calculated for each area separately.

In calculating the length of the journey by the formulas given above, the following points must be noted:

- the stems or logs felled need not be evenly distributed in the felling area but in a random manner;
- the distance value obtained is an *expectation value* which in practice is better the greater the number of logs to be transported and the more random their location in the felling area;
- the number of logs arriving at the assembling centres need not be equally large at all centres;
- the distance value obtained presupposes that the timber is transported to the assembling centre by the shortest route so that in cases where the route is circuitous the coefficient of circuitousness must be determined empirically and the distance value obtained theoretically be multiplied by it (cf. PUTKISTO 1949, SUNDBERG 1953);
- if the logs are of different lengths and we wish to take into consideration the effect of directed felling, the distances should be calculated separately for different length classes if an accurate result is required; however, with the length classes used in practice the error due to the use of the average length is insignificant, which can easily be proved;
- it is assumed that the same route (outward journey = return journey) is used for both the outward and inward journey.

Skidding distance

The formulas (1, 2, 3, 4, and 5) introduced above for the calculation of the distance are also applicable to skidding if the working method satisfies the relevant conditions (e.g. stacking of trees that have been allowed to lie and season as felled with tops intact, waterside stacking, etc.). Other situations also occur in skidding, and the following deserve mention:

It is assumed that the trees are felled at right angles to the direction (that of the strip road) of one side of the area and that they are also moved in this direction to the road (Fig. 2, Drg. 3, p. 31). The average vertical distance (E_{90°) can be calculated, taking directed felling into consideration, from the following formula:

$$(6) \quad E_{90^\circ} = \frac{(b - s)^2}{2b} \text{ metres.}$$

Formula (6) gives a minimum distance. It is not always possible to fell the trees at right angles to the direction of the road, nor always to tow them to the road in this direction. As the extreme value of the distance we can take in practice the case in which the trees are felled at 45° to the direction of the road and are dragged to the road in this direction (Fig. 2, Drg. 4, p. 31). The average distance can be calculated from formula (7):

$$(7) \quad E_{45^\circ} = \frac{(b - s)^2}{2b} \sqrt{2} \text{ metres.}$$

In applying formulas (6) and (7) the same reservations are valid as were put concerning the distance of the transport in connection with felling.

The distance in road-borne transport

Where a permanent road exists it is used in the transport operation and the journey is determined by the road length used. If on the other hand a road — whether permanent or temporary — must be constructed for the transport operation it is possible to influence the length of the journey. The first question in the transportation of timber is how long the distance will be for different strip road densities in the area of the stand marked for cutting. The topography is assumed to permit the construction of strip roads that are quite straight, and it is also assumed that the forest area being worked has the shape of a rectangle. Using different strip road densities, we obtain for the number of strip roads per ha. the figures given in Table 1 (p. 35) (measured from one road centre line to another), taking into account the increase in the journey caused by the circuitous route from one strip road to another.

In addition to its dependence on the density of the road network which determines the quantity of timber accumulated alongside the roads from a stand representing a certain density and size class the driving distance on the strip road to haul a certain quantity of timber depends on the quantity of timber to be transported at a time and on whether and to what extent it is necessary when driving unloaded to use a circuitous route prior to beginning loading.

The total loading-hauling distance (S_k) is generally the length of the «loop» of the strip road. If the distance between the strip roads is $2b$ m. and the depth of the strips A m., the total journey (Fig. 3, p. 37) per load, disregarding the circuitousness of the road, is:

$$(8) \quad S_k = 2A + 4b \text{ metres.}$$

If the strip roads do not meet the main haulage road at right angles but at 45° , S_k must be multiplied by $\sqrt{2}$.

The proportion of the collecting-driving distance (b_1) in the journey (S_k) can be calculated from the formula

$$(9) \quad b_1 = \frac{VA}{vn} \text{ metres, in which}$$

N = the number of marked stems in the area $\frac{A \cdot b}{2}$, units;

v = the mean volume of the above-mentioned stems, solid cu.m. or piled cu.m. or cu.ft., and

V = load size, solid cu.m. or piled cu.m. or cu.ft.

The average theoretical hauling-loaded distance (c_1) of the loading operation will be obtained from the formula:

$$(10) \quad c_1 = 0.5A + b - 0.5b_1 \text{ metres.}$$

The average theoretical driving-unloaded distance (a_1) of the loading operation is now:

$$(11) \quad a_1 = 1.5A + 3b - 0.5b_1 \text{ metres.}$$

The above method of calculation gives very schematic lengths of journey and can be applied only in cases where the vehicle can be loaded from the strip road. If the vehicle must be driven «right up to the stump» or the timber must be collected from dispersed spots the distances in question can be obtained only by empirical means (the question of the coefficient of circuitousness).

The haul at the unloading storage (S_p) is the sum total of the hauling-loaded distance (c_2) on the storage road, the load unloading-driving distance (b_2), and the driving unloaded (a_2). Its length depends on the type of timber, the manner of storing, the extent of the storage area in relation to the quantity of the timber to be transported, and on the quality of the storage area. — The unloading-hauling distance is easy to determine in each individual situation but a theoretical, universally applicable conformity to law is difficult to indicate, and, indeed, generally need not be considered because of the shortness of the journey.

3. Topography

The topography over which timber is carried through the forest affects very decidedly the length of the transport distance (circuitous route), the type of transport to be used, the load size (rest friction, gliding friction, rolling friction, gradient, etc.), and driving speed. It is likewise a decisive factor in the work expenditure on building the roads needed for forest transportation.

4. Season and weather conditions

Air temperature, wind and rain also affect the work expended on forest transport. They influence firstly the choice of the type of transport; e.g. in the snowless period sleigh transport rarely enters into the question. Secondly, they affect the length of the haul either by shortening it (e.g. the construction of winter roads straight across water systems or swampy regions) or by lengthening it (for instance, existing ruts produced by traffic are often used in the winter instead of the shortest way). — The rest, gliding and rolling frictions depend on air temperature and, in the winter, on the quality of the snow.

Furthermore, weather conditions influence the traffickability of all roads and this influence grows in inverse proportion to the permanent nature of the road. The work expended on road construction in general and on winter roadbuilding in particular is decisively influenced by the weather.

III The technical suitability of wheel tractors for timber transport

1. Travelling speed

The wheel tractor models in current use usually have 4...7 forward gears, which means that changes in driving speed are considerable and this particularly in the range 2.5...23.0 km. per hour when driving at normal RPM. This must be regarded as an advantage for timber transport as the condition of the route usually varies considerably. The rapid, so-called «road gear» is especially for driving unloaded.

2. Tractive and braking ability

Motor output as such is generally not decisive for the tractive power of the tractor. What is an important consideration is how much of the theoretical output is utilisable in the draw hook. The capacity utilisable in the draw hook depends, when driving on a snow-covered road and when in motion in general, on the difference between the drawing friction (= rest friction) between the driving wheels and the ground and the gliding friction of the sleigh or the rolling friction of the trailer. In starting, the load size generally depends on the difference between the drawing friction of the driving wheels and the ground and the rest friction of the sleigh runners or the trailer wheels and the ground. Every measure to increase the drawing friction without increasing the gliding or rolling friction improves the tractive ability of the vehicle and consequently increases the load size up to a certain limit.

The efficiency in the draw hook of the most common wheel tractors, as stated by the manufacturers, varies from 20 to 40 HP.

Braking ability, too, is governed by friction. As the driving speed of tractors is relatively low compared with trucks and the forest topographies in which tractors are principally used in Finland are fairly level, braking power seldom presents any problem.

3. Manoeuvrability

The ground clearance of agricultural tractors is generally 22...40 cm., their centre of gravity is relatively low, and the track gauge of most models adjustable within the 122...170 cm. limits. They have a small turning radius when using steering brakes, usually 2.66...3.66 m. However, when towing a loaded sleigh or trailer the minimum turning radius needed is about 20...25 m. Furnished with friction chains, the wheel tractors are capable of travelling in soft snow some 50 cm. in depth. — The maximum gradient that can be tackled by a tractor pulling a loaded sleigh depends on the reserve of tractive power available to set the load in motion, i.e. the power with which the tractor overcomes the rest friction. — It has been found in general that this reserve suffices to pull a full sleigh load up a 4 % gradient.

However, the general manoeuvrability of wheel tractors is very limited off roads. Even if the going in the forest is so easy that it is passable in the technical sense for traffic, tyres may burst on sharp stumps and stones, causing a considerable economic loss.

4. The possibility of using additional equipment

From the standpoint of timber transport it should be noted that various types of additional equipment (friction chains, half-tracks, special draw hooks, loading device with winch, etc.) obtainable for tractors offer some advantages.

IV Investigation method and material

In starting to search for a solution to the object of the investigation (see p. 272) it was found that no working site existed which would give the required material directly. No statistical method based on samples could consequently be considered and it was necessary to establish experimental working sites at which the jobs were set up for performance in a certain manner. In other words, the working hypothesis made was that the jobs set up as the basis of the experiments would lead as regards costs to the finding of a method of forest transport by tractor competitive with horse haulage. The aim was to prove the validity of the hypothesis and at the same time to study the internal conformity to law of the work set up. Hence scale experiments were organised and used as a basis to calculate both the output and the costs incurred in producing it as functions of different factors. The output and cost figures were then compared with the corresponding known values of the *traditional* methods.

1. General report of the jobs set up as the basis of the experiments

Construction of roads and organisation of felling for tractor transport

Two experimental working sites proper were organised, one in the winter of 1952—1953 at KORNÍ farm in Eastern Finland and the other the winter of 1953—1954 at RISTIMÄENSALO farm in Central Finland. Supplementary material was collected from

working sites at PELKOSENNIEMI and KOLARI in North Finland in the winter of 1954—1955. Roads at the two latter working sites had been built and the transport work organised according to the example of previous experimental working sites. Supplementary material was also obtained from Western Finland, PÄLKÄNE, during the 1954—1955 winter; at Pälkäne the tractor loads were unloaded in bundles.

As it was obvious that the tractor is economically incapable of competing with the horse if used to collect the timber »direct from the stump» as the horse does, an endeavour was made to find a method by which the tractors could operate solely on the road.

One method had previously been successfully introduced in Finland for the rationalisation of the felling and horse hauling of cordwood. According to it, a strip road network staked out by the foremen was cleared in the forest in connection with the felling operations before the arrival of winter; fellers piled or crosswise-stacked to await haulage the logs prepared by them alongside the strip roads. We decided to experiment with a similar strip road network (see Figs. 4, p. 50 and 5, p. 51) for tractor transport. However, making the strip roads into ploughed winter motor roads would have been too expensive, and so we experimented with preparing the driveway by packing the snow. Roads of this type had previously been constructed for crawler tractors in both Sweden (LEIJONHUFVUD 1943) and Finland (KAJAANI Oy) and for half-tracked wheel tractors in Canada (SUNDBERG 1950) and Norway (SAMSET 1951). The roadbed may be left fairly rough in the clearing phase (see Fig. 6, p. 52) as the unevennesses are covered by a thick snow cover during the hauling season. Packed-snow roads are consequently very cheap.

For both the snow-packing operation (see Fig. 7, p. 53) and traffic proper the wheel tractors were fitted with half-tracks (see Fig. 18, p. 60). Open road lengths were packed by the tractor making one track beside another in the snow. On parts of the road leading through forest the centre of the road was packed by rolling (Fig. 8, p. 54). When the packed snow had been hardened by frost the driveway was levelled by drag-grading (Fig. 9, p. 54 and Fig. 10, p. 55). The traffic-technical properties of the packed-snow driveway (see Figs. 11, p. 55, 23, p. 70, 25, p. 77, and 26, p. 78), e.g. its durability, were also studied but the results are not being published in this connection.

In order to have the timber within reach of the tractors operating on the strip roads the felling operations were organised in the following manner.

1. Cordwood was prepared in advance alongside the strip roads (the Korni experimental working site, a part of the Ristimäensalo experimental site, see Fig. 12, p. 56);
2. As the work of preparing timber alongside the strip road is obviously too heavy for the fellers in winter when there is snow on the ground, cordwood long logs were prepared instead of short cordwood of standard lengths; they were first prepared dispersed and then assembled by the fellers into skidding bunches of 0.020...0.688 solid cu.m. for winch skidding (part of the Ristimäensalo working site);
3. The logs were made dispersed (Korni, Pelkosenniemi and Kolari) for winch skidding.

In all three cases directed felling was used to shorten the haul connected with felling (piling, crosswise-stacking, preparation of skidding bunches) or the skidding distance.

Tractor transport

For traffic on packed-snow roads the tractors were furnished with half-tracks (with certain exceptions), as mentioned previously, and for the transport of cordwood and logs they were supplied with half-sleighs (see Figs. 15, p. 58, 16, p. 59, and 19, p. 61) (some experiments were also made with half-trailers). For hauling logs and cordwood long logs, they were supplied for the skidding and loading phases with a boom-crane type winch-operated loading device (see Figs. 17 and 18, p. 60) powered by the tractor itself. The working team consisted of a driver and assistant. The cordwood was both loaded (Fig. 14, p. 58) and unloaded (Fig. 16, p. 59) manually (an exception was the Pälkäne working site where unloading in bundles was used).

2. Making time observations and other measurements, and the classifications employed

For a work study it is generally recommended that a method study be performed first and only then the time study (cf. for instance SÄLLFORS 1945). However, in the present case the time study was also needed to evolve the working methods.

It has been advisable in certain instances to introduce through time studies concerned with forest operations only the proportional expenditure of time for different conditions and different work difficulty factors (e.g. MAKKONEN 1954). However, it has not been possible in the situation in question here to use a time study aimed only at ratios. The whole under review consists of several jobs (felling, road work, transport) the »absolute» work expenditure on which and its fluctuations as the function of different factors must be known. Otherwise it is impossible to ascertain the work expenditure on the whole and to make cost comparisons. It was also mentioned above that manual work and mechanical work (share of capital) must be reduced to compatible values by pricing them. The ratios cannot be priced.

If the distribution of work into phases in the time study is performed so that the phases, from the standpoint of the objectives of the study, constitute the smallest »component parts» of the »overall structure» of the work, and if observations are made of the time spent on performing the phases to the extent that the means of the phase times can be regarded as mathematical expectation values, it is possible to calculate the work expenditure values of the new methods synthetically in many cases. In other words the phase times are in these circumstances »the maximum common factors» for the time structures in which the same work phases occur.

As the expectation values of time were not available in this case for use in determining the work expenditure and the work set-up partly because of the absence of basic charting of the work expenditure partly on account of the novelty of the jobs included in the set-up, it was necessary to use the time values determined by time studies as substitutes for the expectation values of time.

According to the principle stated above the work was divided into parts called »work phases» irrespective of their length or character. For individual work phases descriptive names have been employed, such as »towing the bunch», »lifting the bunch onto the load», etc. The division of working time employed will be clear from the in-

roduction to the investigation results. The general aim has been to separate productive working time (for which the name »interruption-free time» has been employed) and the interruptions which together constitute the working-site time.

The lengths of the phase times were measured with a normal time study stop watch by the method of return, to an accuracy of 1 cmin. (1/100 minute). The continuous time was measured simultaneously with an ordinary watch in order to control the accuracy with which the phase times were determined.

To enable one time study investigator to record the working time of the working team as a whole, the author's (PUTKISTO 1953b, 1954b) team work study method was employed in noting the time observations and work difficulty factors. A feature of this method, which combines in a way a method study and time study inclusive of the so-called waste-time study, is the use of symbols instead of names for the work phases (see Fig. 22, p. 66).

3. Treatment of the materials

The materials assembled from the different jobs were treated by work phases. The time observations of the most important phases were entered in the correlation tables and the graphs then drawn by eye on the bases of their class means. — The means employed were thus arithmetical averages which have been found to be better for forest work studies than other averages (cf. VÖRY 1954). — With the exception of these means, the symbols offered by statistical mathematics have not been calculated.

Owing to their great number it has not been possible to include in the present work more than a few specimens of correlation tables.

Only the mean has been calculated for the work phases which are incidental and consequently not correlated with any work difficulty factor.

The interruption times have been calculated in hundredths of the productive working times. The method is based on the hypothesis that a rectilinear dependence prevails between interruption time and productive working time.

Polynomial equations have been written for the calculation of progress of the work and of the working-site time of the part jobs of transport (loading, unloading, etc.). The working-site time in different conditions can be calculated from these equations by choosing from the time expenditure tables the time values of the different factors of the equation corresponding to the conditions in question.

4. Extent and nature of the materials

The number of tractor drivers on whose work time observations were made was 16 and that of assistants 19.

The tractors for the experiments were chosen to include the types and size classes most commonly used in agriculture. The following types were thus selected: Allis Chalmers B (ACL), David Brown Super Cropmaster (DVB), Farmall BHD (FAM), Ferguson TE-D 20 (FEGP), Ferguson TE-F (FEGD), Fordson Major furnished with both kerosene (FOMP) and diesel engine (FOMD), Nuffield OM 4 (NUF), Steyr 180 (STR), and Volvo T 33 (VVO). Time study was applied to a total of jobs done by 17 tractors.

Regarding the three types of loading device, it should be noted that the Record used at Korni and the Joutsa used at Ristimäensalo were originally constructed for tasks other than skidding. The number of sleigh types experimented with was 10 and that of half-tracks 7.

During the Korni experiments the weather was characterised by heavy snowfalls. At Ristimäensalo the principal feature was slight precipitation throughout the experiment; the absence of snow greatly hampered transport.

The basis of the time expenditure figures for the preparation of the packed-snow road is formed by the pilot material collected in 1952 at Pitäjänmäki and, in addition, time observations on the packing of snow and levelling the driveway for 34,229 metres of the total of roads. Main haulage roads accounted for 13,437 m. of this figure and strip roads 20,792 m. Fig. 24 (p. 75) introduces the longitudinal profiles of the main haulage roads at Korni and Ristimäensalo, and Fig. 25 (p. 77) specimens of the transverse profiles of the main haulage road at Korni. The distribution of road by the type of roadbed soil appears from Table 2 (p. 75).

The quantities of timber tractor-hauled from the forest during the time studies were as follows:

Working site	Cordwood	Cordwood long logs	Logs, number
Korni	1,619 piled cu.m.	— solid cu.m.	914
Ristimäensalo	2,425 » »	904 » »	—
Pelkosenniemi and Kolari	— » »	— » »	562
Pälkäne	218 » »	— » »	—
Total	4,262 piled cu.m.	904 solid cu.m.	1,476

At Korni the majority of the cordwood was green, unbarked 2-metre spruce pulpwood. The logs were unbarked, their mean volume was 4.3 cu.ft. and their average length 16.3 ft. The majority of the cordwood made alongside the strip road at Ristimäensalo was green, partly barked 2-metre spruce pulpwood. Of the number of cordwood long logs prepared for winch skidding 4-metre logs accounted for 51, 6-metre logs for 37, 8-metre logs for 10 and 10-metre logs for 2 %. Their average length was 5.2 m. and their mean volume 0.059 solid cu.m. The Pelkosenniemi and Kolari logs were also unbarked, their average length was 16.8 ft. and their mean volume 6.7 cu.ft. The cordwood of Pälkäne was 2-metre partly barked spruce pulpwood seasoned in the forest.

The total of the time study loads transported by tractor was 179 at Korni, 211 at Ristimäensalo, 14 at Pelkosenniemi and Kolari, and 14 at Pälkäne — in all 418.

The average drive on the main haulage road was 3.2 km. at Korni, 6.4 km. at Ristimäensalo, 7.7 km. at Pelkosenniemi, 13.5 km. at Kolari, and 5.1 km. at Pälkäne.

As in forest work studies in general, it has not been possible in this investigation either to obtain equally large time observation series for all jobs and work phases. An endeavour has therefore been made in connection with reporting the results to introduce, one case at a time, the number of observations on which it is based and the weights employed in calculating the averages.

Use has been made of the work study material (PUTKISTO 1951b) collected previously at Sotkamo on the preparation of cordwood alongside the strip road.

V Investigation results for the expenditure of working time

1. Working time expended on building a tractor road

Clearing

The work expended on clearing the foundations for the packed-snow roads according to the bookkeeping of working hours and the clearing difficulty symbols are given in Table 3 (p. 80).

According to the studies of clearing strip roads for horse haulage, the clearing of a tractor road in different difficulty classes calls for the following work outputs:

Clearing difficulty class	1.	2.	3.
Consumption of man labour, hour/km.	1.0	14.0	27.0

The figures do not include the removal of trees from which kinds of timber can be made. The clearing difficulty classification is as follows:

1. = Little or hardly any undergrowth.
2. = Fair amount of undergrowth and/or a fair amount of roadbed to be levelled.
3. = Dense undergrowth and/or plenty of roadbed to be levelled.

The work expenditure depends decisively on the location of the road through the terrain and on the snow conditions of the district. If the snow cover is deep rather rough clearing will do. Snow can be packed to about a half of its natural volume so that approx. 20...25 cm. of packed-snow is obtained from a snow cover of, say, 40 cm. Obstacles not covered by the packed-snow after drag-grading should be cut lower or removed.

It can probably be taken from the foregoing that the expenditure of man work in the clearing of packed-snow roads, in districts where the snow is not less than 30 cm. deep at the beginning of the transport season, varies with the degree of difficulty of the topography of the road area from 1 to 27 hours per km. The average is probably about 12 hours per km.

Building measures in the winter

In snow-packing driving with a half-tracked wheel tractor the interruption-free time expenditure was as given in Table 4 (p. 83). Interruptions and their causes appear in Table 5 (p. 85).

Snow-packing driving is relatively fast, and proceeds more quickly the smoother the roadbed. Scarcity of snow obviously slows down driving on the road sections running through forest. Snow over 50 cm. in depth probably has the same effect. For driving speed, the ideal depth is probably some 30 cm. When driving without a roller the driving speed is highest on the first trip but diminishes with the number of trips. This is due to the fact that virgin snow offers the skids a better grip than »milled» snow. Were the track allowed to harden sufficiently between trips the opposite would probably obtain. In the rolling operation the speed is considerably lower during the first trip than in driving without a roller. However, the speed increases during the following trips as resistance diminishes. The deeper the snow cover the longer is the time required for rolling.

Making a tractor road traffickable requires an average of one trip out and back without roller and another back and forth with roller, judging by the experience gained so far. The average total time expenditure inclusive of interruptions is about 68 minutes per km. When professional skill improves this time may be reduced.

The average interruption-free driving time on drag-grading driving to level the driveway was as stated in Table 6 (p. 86). The interruption times are given in Table 7 (p. 87). On the first trip the time expended on drag-grading was generally the minimum value as the drag blade cuts level only the most prominent bumps. On the following trips the blade cuts practically along its entire width and the traction resistance grows. Moreover, the snow is carried further by the blade since the number of hollows in the ground in which it might lodge is smaller. If there is insufficient snow after the packing to cover the unevennesses in topography the consumption of time becomes great. An increase in the quantity of snow thus diminishes the time expenditure on drag-grading up to a certain limit.

One drag-grading drive out and back seems in general to be sufficient to make the driveway traffickable. However, in cost calculations, introduced later, two return trips are assumed to be necessary. In these circumstances, the total work expended on drag-grading, inclusive of interruptions, would be about 62 minutes per km.

Road maintenance

Packed-snow roads for tractors are maintained by drag-grading. On strip roads, however, maintenance drag-grading proved unnecessary in the conditions prevailing at the experimental working sites. On the main haulage road the need for drag-grading depends on the length of the hauling season, the weather conditions during the hauling season, and the volume of traffic. If we take three months as the duration of the hauling season it is probably necessary to perform the drag-grading operation a maximum of six times. The work expenditure on maintenance drag-grading is about 96 minutes per km.

If some strip roads are not used for a long time so much snow may fall on their driveways that the snow-packing operation has to be repeated before traffic can be started again. However, this can be avoided if during snowfalls loads are fetched in turn from alongside different strip roads.

2. Working time expenditure on the preparation of cordwood alongside the strip road

In the present investigations the most interesting point is the extent to which the preparation of cordwood alongside the strip road increases the time expenditure on felling in comparison with preparing the corresponding kind of timber in dispersed formations. The changes in the time expenditure depend, for a given type of timber and stems of a certain size, solely on the changes in the piling or crosswise-stacking moving distance.

The distance the logs are moved to alongside the strip road can be calculated by applying formula (5) (p. 274). If we assume the average length of the utilisable part of stems marked for cutting to be 8 m., the length of the logs to be 2 m., and their volume to be 30 logs per piled cu.m., the theoretical moving distances obtained in stands of different densities for the collection of timber into different-sized storage formations are the figures given in Table 8 (p. 90). Directed felling has been taken into consideration here.

The theoretical distance for felling into scattered piles and crosswise stacks can be calculated by means of formula (3) (p. 273). It must be taken into consideration in this case that the location of a certain log is usually chosen as the site of the storage formation. If the size of the stems marked for cutting and the type of timber are the same as in the situation mentioned above (timber prepared alongside the strip road), we get the distances mentioned in Table 9 (p. 91). Table 10 (p. 92) compares the lengthening in the log moving distance when preparing the timber alongside the strip road with preparation in dispersed formations. The dependence of the lengthening of the moving distance on the distance between the strip roads is also illustrated in Fig. 27 (p. 93), and its dependence on the size of the pile or crosswise stack is illustrated in Fig. 28 (p. 93).

In storage formations of 1 piled cu.m., the lengthening of the distance between strip roads from 20 to 30 m. reduces in all density classes the difference between the piling and the crosswise-stacking moving distance (Table 11, p. 94). This is due to the fact that the lay-out of the collecting area eases storage formation. The increase in the distance between the strip roads from 30 to 40 m. makes the difference in the moving distance slightly greater in the 1st and 2nd density class but reduces it in the 3rd density class. The use of strip road spacing greater than 40 m. increases the difference in the moving distances more sharply and even more so when the road length and the stand density grow as well.

The above-mentioned distance values calculated by means of formulas have been checked by measurements on the ground. Table 12 (p. 95) gives the comparison between the theoretically calculated distance values and those measured on the ground. The table shows that theoretical calculation is sufficiently accurate for both the moving distances and the difference between the distances, at least in the cases that can be checked.

The log moving time (without piling) is dependent on the moving distance, for the Sotkamo material as shown by Fig. 29 (p. 97) and Table 13 (p. 96) (see also App. 1, p. 307). A rectilinear dependence seems to prevail between the moving distance and the time, at least within the range of the distance values introduced; every 1-m. increase

in the piling or crosswise-stacking distance leads to at least the same increase in the productive working time, viz. an average of about 1.6 minutes per piled cu.m. When we take into consideration the interruption times we obtain about 1.8 minutes per piled cu.m. as the increase in total time expenditure attributable to the 1-m. increase in the piling or crosswise-stacking moving distance.

Table 14 (p. 98) introduces the increase in working time expenditure, inclusive of interruptions, on the preparation of 2-metre cordwood alongside the strip road, based on the theoretical lengthening of the piling and crosswise-stacking moving distance, compared with the preparation of timber in dispersed storage formations, for different distances between strip roads.

3. Expenditure of working time on the preparation of logs

The use of tractor-drawn forest transport causes no essential changes in the preparation of dispersed logs. On the other hand, in districts where part of the loggers' work has been to assist the haulier with loading («preparation of timber assisted into sleigh»), the time expended on the jobs belonging to the logger under the wage rates system applied in Finland decreases by 24...30 %.

4. Expenditure of working time on loading of cordwood from alongside the strip road

Loading proper

Productive working time

All other jobs with the exception of loading-hauling, i.e. the progress of the tractor along the road, necessary for the making of the load have been included in loading proper. Some of these jobs, viz. the ones given in Table 15 (p. 99) (planning the work, preparing for loading, arranging the load, and tying it) may be regarded as practically constant per load. Their proportion per loaded cubic unit decreases inversely to size of load made. As regards the progress of the work, the sum (A_{kt}) of the constant times mentioned may be assumed to be an average of 1.18 minutes per load, excluding interruptions.

Before it is possible to start moving the logs into the sleigh from the piles and crosswise stacks by the roadside the snow on them, if there is much of it, must be removed, and possibly also frozen logs must be loosened. In a material of some 615 piled cu.m. the following figures were registered at Korni: 0.07 man-minutes per piled cu.m. were consumed in removing the snow and 0.85 man-minutes per piled cu.m. in loosening the logs, i.e. a total of 0.46 minutes per piled cu.m., excluding interruptions, in the progress of the work (time of the working team) (B_t).

The time expended on moving the logs into the sleigh (see Table 16, p. 101 and Table 17, p. 102) depends principally on the size, volume weight, degree of barking, moving height, and moving distance of the logs, and on the quantity of timber to be

loaded at a given spot. The time expenditure was generally found to diminish up to a certain limit as the log size increased (cf. VUORISTO 1935). Reducing the moving height and shortening the moving distance also decreases the time expenditure; but moving distance that is too short for effective loading work — under 50 cm. — increases the time expenditure. On an average the work team expended on the moving of 2-metre green pulpwood logs from alongside the strip road into a tractor sleigh (C_{kt}) 3.50 minutes per piled cu.m., excluding interruptions.

Interruptions

Interruptions occurring during loading proper are presented in Table 18 (p. 103). Their proportion of the productive working time averaged about 19 % at Korni, about 13 % at Ristimäensalo; the average for both working sites was about 18 %.

Loading-hauling

Loading-hauling distance

If the strip roads are straight and at right angles to the direction of the main haulage road, and if we take into consideration the fact that the tractor has to complete the strip road loop on its journey, we obtain as the theoretical length (S_k) of the loading-hauling distance, for different strip road spacings and strip depths, the values given in Table 19 (p. 104).

Productive working time

As the loading-hauling time is independent of the kinds of the timber to be hauled the analysis of the magnitude of this time has not been limited merely to the case of tractors hauling timber from alongside the strip road but has also taken into account tractors skidding timber into the sleigh from the preparation site.

The average productive loading-hauling working time at Korni and Ristimäensalo, by tractors, is given in Table 20 (p. 106) while Table 21 (p. 107) gives the productive working time, by tractors, of the driving unloaded (H_{at}) included in the loading operation, of collecting-driving (H_{bt}) and of hauling loaded (H_{ct}) at Ristimäensalo; Table 22 (p. 109) supplies the dependence of these times on the driving distance.

Loading-hauling is relatively slow work. The speed is affected sharply by the condition of the road. At Ristimäensalo, where the roads were bad because of a lack of snow, the time expenditure per unit of distance was about 70 % above the Korni figure. The longer the journey the tractor can cover without a stop, the quicker the driving. This is why collecting-driving is considerably slower than both hauling loaded and driving unloaded. The collecting-driving and hauling-loaded times are also affected, at least theoretically, by the load size (weight). The material collected from the experimental working sites does not, however, permit a clarification of this point.

Interruptions

The number of interruptions occurring during loading-hauling and the time they consumed were noticeably great at both working sites, as emerges from Tables 23 (p. 110), 24 (p. 111), and 25 (p. 113).

At Ristimäensalo the interruption frequency was about 8 times that at Korni; the principal reason was the lack of snow. The percentual interruption time of the average productive loading-hauling working time was about 25 at Korni and about 123 at Ristimäensalo. At the former working site at least 63 % of the interruption time could be attributed to the narrowness of roads (on some strip roads the width of the road clearance was 2.4 m.). At Ristimäensalo about 64 % of the interruption time could be attributed to the absence of snow.

The interruption percentage of the Ferguson tractor working at Korni at piece rates, the roads having been made to correspond to its width, was 8.8; this is more or less the expectation value.

Calculation of the total working time when loading cordwood prepared alongside the strip road

The calculation method

The following polynomial equation, based on the above, has been written for the calculation of the total working time expended on the loading of cordwood from alongside the strip road, i.e. the working site time:

$$(14) T_k = 1.18 [A_{kt} + n(B_t + C_{kt})] + 1.088 (H_{kat}S_k) \text{ min./load,}$$

in which

- T_k = the working site time for loading, min./load;
- A_{kt} = the standard time of loading proper (planning the work + preparing the loading + arranging and tying the load), min./load;
- B_t = clearing away the snow + loosening the logs, min./piled cu.m;
- C_{kt} = moving the logs onto the load, min./piled cu.m;
- H_{kat} = average productive loading-hauling working time, min./100 m;
- S_k = average loading-hauling distance, 100 m./load;
- n = load size, piled cu.m.

If we wish to calculate the working site time for loading-hauling, i.e. the value of the term $1.088 (H_{kat}S_k)$, more accurately it can be replaced by the term $1.088 (H_{at}a_1 + H_{bt}b_1 + H_{ct}c_1)$, in which

- H_{at} = the productive working time for driving unloaded in the loading operation, min./100 m;
- H_{bt} = the productive working time for collecting-driving, min./100 m;
- H_{ct} = the productive working time for hauling loaded in the loading operation, min./100 m;
- a_1 = the driving unloaded distance in the loading operation, 100 m./load;
- b_1 = the collecting-driving distance, 100 m./load;
- c_1 = the hauling-loaded distance in the loading operation, 100 m./load.

Example of the application of the calculation method

Let us take 10 piled cu.m. as the average load size, 1,060 m. as the average loading-hauling distance, 37 piled cu.m./ha. as the stand density, 2-metre green spruce pulpwood, stored in piles averaging 2 piled cu.m., as the kinds of timber, and a productive working time for driving unloaded, collecting-driving and hauling loaded that corresponds to the values determined at Ristimäensalo for the David Brown (Table 21, p. 107). Working as described on p. 114, we obtain as the working site time about 61 min./load.

5. Expenditure of working time on the skidding and loading of logs

Skidding

Skidding distance

All the measures to be performed to get the logs prepared by the loggers from the ground between the strip roads to the place, in the vicinity of the edge of the strip road, where the lifting onto the load will begin, are included in skidding.

The skidding distances, primarily in accordance with measurements at the experimental working sites, can be calculated by means of the following formula, an average of formulas (6) and (7) (p. 275):

$$(15) E = \frac{(b - s)^2}{2b} 1.2071$$

The skidding distances of logs of different lengths, for different strip road spacings, are given in Table 26 (p. 117) (see also Fig. 31, p. 116). The distances are calculated to the edge of the road (not to the median line as in the formula) since the lifting-onto-load has been regarded in the later calculations as beginning there.

The same value as is used for the load-towing or skidding distance can be employed without major errors as the moving distance of the tongs.

Productive working time

The time expended on fetching the tongs and the end of the steel wire is independent of whether the timber skidded is cordwood long logs or logs. The time expenditure is affected on the other hand by the construction of both the winch and the loading device, the length of the fetching distance, the degree of topographical difficulty, the snow depth, and the skill and enterprise of the assistant. The time increases rectilinearly when the distance is lengthened but it decreases per distance unit until it becomes roughly a constant (see App. 6, p. 309 and Figs. 32, p. 118 and 33, p. 119). Snow if over 40...50 cm. hampers the fetching (cf. the graphs for the Ristimäensalo Ferguson, and the Pelkosenniemi and Kolari Fordson Major). The adjusted time values for the Korni and Ristimäensalo Ferguson and Fordson Major are given in Table 27 (p. 120).

An average of 0.12 minutes per log was expended at Korni on fastening the bunch, i.e. gripping a log with the tongs; at Pelkosenniemi and Kolari the corresponding figure was 0.07 minutes per log. The average obtained for the combined observations of each working site was 0.10 minutes per log.

Bunch size, like the kinds of timber, seemed to have no effect on the bunch towing time. The time expenditure over a certain distance is thus smaller per cubic unit the larger the bunches.

App. 7 (p. 309) gives an example of the correlation between the time and the distance at the Ristimäensalo working site, Fig. 34 (p. 122) gives an example of the adjustment of the class averages of a correlation table, Fig. 35 (p. 123) the interdependence of the towing time and the distance in the different topographical difficulty classes at the Kornni working site, and Fig. 36 (p. 124) a comparison between the towing times of different tractors. Towing alone, separated from loading, proved slower than in connection with loading. The time differences between the different tractors were due partly to the structural differences of the loading devices, partly to their drivers. The towing time is relatively long per distance unit over short distances, diminishing sharply at first as the distance grows and then less and less steeply until it gradually becomes a constant.

The adjustment towing time values over different towing distances are given in Table 28 (p. 125).

Interruptions

The interruption frequency of skidding appears in Table 29 (p. 126), the time required by the interruptions in Table 30 (p. 127), and the causes of the interruptions and the proportion of the different causes in Table 31 (p. 128).

The proportion of interruption times in the productive skidding working time averaged approximately 17 % at Kornni, 28 % at Ristimäensalo, and 11 % at Pelkosenniemi and Kolari. The interruption times were obviously longer at the experimental working sites than after the workers have acquired practice.

The dependence of skidding distance on the magnitude of the interruption times proved very poor. In the skidding of cordwood long logs the interruption times obviously grow slightly in difficult topography compared with those in the skidding of logs. The degree of topographical difficulty probably has a marked influence on the length of interruption time but clarification of this point is complicated by the errors made in the direction-felling of the trees and in the choice of the towing route. Heavy snow reduces the interruption time in difficult topography. If the direction of the log does not coincide with the towing direction, the interruption time grows in topography where the log cannot swing freely into the towing direction. There is probably a pronounced dependence between the skill of the loggers and the tractor men and the magnitude of the interruption time.

Loading

Loading proper

Productive working time

The concept loading proper of logs is fully analogous with the concept loading of cordwood.

Standard time per load, presented in Table 33 (p. 132), is about 6.4 times the stand-

ard time for cordwood loading. As regards the time expenditure of the working team, 7.60 minutes per load may be regarded as the average interruption-free standard time (A_{kt}).

The times given in Table 34 (p. 133) (moving the tongs and detaching them) are the average standards per loaded bunch.

The time expended on lifting the logs onto the load is not dependent on the loading height as the logs must on the whole be lifted »through» the highest point. The average effect of the loading moving distance on the time expended on lifting logs onto the load appears from App. 8 and 9 (p. 309), Fig. 37 (p. 135) and Table 35 (p. 134). The dependence of the average onto-load lifting time on the log size is clear from Fig. 38 (p. 136) and from Table 36 (p. 136). The average onto-load lifting time of the logs was 0.53 minutes per log at Kornni, and 0.42 minutes per log at Pelkosenniemi and Kolari, excluding interruptions. The adjusted onto-load lifting times of different-sized logs are given in Table 37 (p. 137).

The effect of loading moving distance on time expenditure seems to be that logs quite close to the sleigh take longer to lift than logs slightly further away. The ideal distance is about 3 m. When the distance exceeds this figure the onto-load lifting time grows, and it continues to grow with log-size. Onto-load lifting times calculated per cubic unit are the smaller the larger the logs up to the log size class of some 16 cu.ft. when using a loading device furnished with a small winch, and up to the log size class of some 18..20 cu.ft. when using a loading device furnished with a big winch. The effect of the direction of the bunch on the onto-load lifting time is slight.

Interruptions

The interruption frequency of loading proper is smaller than that of skidding, but in loading too interruptions are of an occasional nature. There proved to be no interdependence between the log size and interruption frequency, nor between log size and interruption time. The number of interruptions was 0.06 per log at Kornni, and 0.10 per log at Pelkosenniemi and Kolari. The average interruption time was 0.06 minutes per log at the first-mentioned working site and 0.05 minutes per log at the other two. The causes of the interruptions are listed in Table 38 (p. 139).

The percentage of interruptions in the productive working time of loading proper averaged about 7 for Kornni and Pelkosenniemi and Kolari.

Loading-hauling

The loading-hauling time of logs and the factors affecting it has been treated previously in connection with the analysis of loading-hauling cordwood prepared alongside the strip road.

Calculation of the total expenditure of working time on the skidding and loading of logs

Calculation method

The following polynomial equation has been written, on the basis of the foregoing, for calculating the working site time expended on log skidding and loading:

$$(16) T_{jk} = 1.068 [A_{kt} + n(D_{st} + F_{kt} + D_{it})] + 1.114 n [D_{kt} + l_{sh}(F_{st} + F_{ht})] + 1.088 (H_{kat} S_k) \text{ min./load,}$$

in which

- T_{jk} = working site time for skidding and loading, min./load;
 A_{kt} = standard time for loading proper (planning the work + preparation of loading + arrangement and tying of load), min./load;
 D_{kt} = time spent on fastening the log, min./log;
 D_{st} = tong-transferring time in lifting onto load, min./log;
 D_{it} = tong-detaching time, min./log;
 F_{kt} = onto-load lifting time, min./log;
 F_{st} = time spent on fetching the tongs to the end of log to be towed, min./log/m;
 F_{ht} = time spent on towing the log, min./log/m;
 l_{sh} = skidding distance, m./log;
 H_{kat} = average productive loading-hauling working time, min./100 m;
 S_k = average loading-hauling distance, 100 m./load;
 n = load size, number of logs.

The equation assumes a two-man working team.

Example of the application of the calculation method

Let us take 300 cu.ft. as the average log load size, 5 cu.ft. as the mean volume of the logs, 18 ft. as their average length, and assume that an average of 1.2 logs have been prepared per stem and that the loading-hauling distance is about 1,120 m. Calculating as explained on p. 141, we now obtain about 126 minutes per load as the working site time for skidding and loading.

6. Expenditure of working time on the unloading of cordwood

Unloading proper

Productive working time

All jobs, with the exception of unloading-hauling, to discharge the load and to prepare the equipment for the driving unloaded, are included in unloading proper.

The standard times for unloading are given in Table 39 (p. 142). At Pälkäne the cordwood was unloaded in bundles. As regards the progress of the work, 0.67 minutes per load, excluding interruptions, can probably be used as the average standard time provided that there is no question of unloading bundled timber.

The time expended on moving logs from the sleigh into the storage is governed by the same factors as their onto-load moving time and, in addition, by the type of storage formation into which the logs are unloaded. The interruption-free time (C_{pt}) expended on moving 2-metre cordwood from the sleigh is given in Table 40 (p. 143). The time expended on unloading in bundles is obviously — when a certain number of bundles is in question — an average standard per load irrespective of the size of the bundles.

Interruptions

The interruption percentages in the productive working time on unloading proper were about 4 at Kornu, about 9 at Ristimäensalo, an average of 4.3 for these two working sites, and about 20 at Pälkäne. Table 41 (p. 145) lists the interruption times by tractors and the causes of the interruptions.

Unloading-hauling

Storage roads at the experimental working sites were similar in condition to the main haulage roads. The unloading-hauling time therefore corresponded to hauling time on the main haulage road and the interruptions to the interruptions in hauling on the main haulage road (see pp. 295—296).

Calculation of the total expenditure of working time on the unloading of cordwood

Calculation method

The working site time for unloading in different situations can be calculated by means of the following polynomial equation:

$$(17) T_p = 1.043 (A_{pt} + n C_{pt}) + 1.040 I_{pat} S_p \text{ min./load,}$$

in which

- T_p = working site unloading time, min./load;
 A_{pt} = standard time for unloading proper (planning the work + preparation of unloading + preparation of driving unloaded), min./load;
 C_{pt} = moving the logs from the load into the storage, min./piled cu.m.;
 I_{pat} = average productive working time for unloading-hauling, min./100 m;
 S_p = average unloading-hauling distance, 100 m./load;
 n = load size, piled cu.m.

The equation is applicable in this form only for calculating the working site time for unloading unbundled cordwood.

Examples of the application of the calculation method

Let us take it that 10 piled cu.m. is the average load size, that 2-metre green cordwood is unloaded into a pile and that the unloading-hauling distance is 500 m. The working site unloading time is then about 30 min./load (see p. 147).

Let us take 15.6 piled cu.m. (3 bundles) as the average load size and assume the Pälkäne conditions of unloading the timber in bundles. We then get a working site time of about 22 min./load (see p. 147).

7. Expenditure of working time on the unloading of logs

Unloading proper

Productive working time

The standard log unloading times proper are given in Table 42 (p. 148). As regards the progress of the work, the working team's average interruption-free standard unloading time (A_{pt}) is 4.05 min./load.

The average interruption-free time expended on moving the logs from the tractor sleigh (C_{pt}) has been calculated by working sites in Table 43 (p. 149). It must be noted that at Korni the logs were unloaded onto 3-storied cross-log stacks and at Kolari onto stacks without cross logs. The expenditure of man-working time per cubic unit seems to fall, when unloading onto a stack without cross logs, with increasing load size; this is clear from Fig. 39 (p. 150) and Table 44 (p. 150).

Interruptions

The times expended on interruptions during unloading proper have been assembled by tractors and working sites in Table 45 (p. 152). The interruption percentage in the productive working time seems to vary from 1.2 to 9.2. As an average percentage we can probably use 6.1.

Unloading-hauling

The average log unloading-hauling time corresponded at the experimental working sites to the hauling time on the main haulage road (0.484 min./100 m.), and the interruption percentage in the unloading-hauling corresponded to the interruption percentage in hauling on the main haulage road (4.0 %, see p. 296).

Calculation of the total expenditure of the working time on the unloading of logs

Calculation method

The working site log unloading time can be calculated by means of the following equation:

$$(18) \quad T_p = 1.061 (A_{pt} + n C_{pt}) + 1.040 I_{pat} S_p \text{ min./load,}$$

in which

- T_p = working site unloading time, min./load;
 A_{pt} = the standard unloading time proper (planning the work + preparing the unloading + handling the side poles + preparing the driving unloaded), min./load;
 C_{pt} = moving the logs from the load into the storage, min./10 cu.ft.;
 I_{pat} = average productive unloading-hauling working time, min./100 m;
 S_p = average unloading-hauling distance, 100 m./load;
 n = load size, 10 cu.ft.

Example of the application of the calculation method

Let us assume that the work in question is unloading a log load of 300 cu.ft. onto a stack without cross logs, and that the unloading-hauling distance is 1,000 m. We then obtain a working site time of about 30 minutes per load (see p. 153).

8. Expenditure of working time on hauling on the main haulage road

Productive working time

The average productive working times of different tractors for hauling loaded and driving unloaded, calculated per distance unit, appear from Table 46 (p. 154); the effect of the terrain through which the roads pass is given in Table 47 (p. 155) and Fig. 40 (p. 156), and the effect of the road gradient in Fig. 41 (p. 157) and App. 11 and 12 (p. 310).

The average load sizes and the maximum loads taken from experimental working sites by tractors are given in Table 48 (p. 162), and by way of a comparison with them the sizes of the loads transported from an intermediate storage at the working sites is given in Table 49 (p. 163). The correlation between air temperature and the load size is illustrated by App. 13 (p. 310) and the dependence of the hauling-loaded time on the load size by App. 14 (p. 310).

To summarise the productive hauling working time:

1. The hauling time calculated per journey depends decisively on the factor affecting the hauling time that is at a minimum on each particular occasion. As the factor at a minimum changes frequently, even during the same trip, it is difficult to indicate a distinct interdependence between a certain factor and the hauling time.
2. The quality or condition of the road is mostly a minimum factor. Of the road properties, the firmness and evenness of the driveway depend on the depth of the packed-snow and the air temperature. Packed-snow insufficiently deep to cover the unevennesses of the road bed lengthens both the hauling-loaded and the driving-unloaded time. With a sufficiently deep packed-snow layer an increase in its depth obviously causes no further changes in the hauling times. A fall in air temperature increases the firmness of the packed-snow driveway. The hauling time obviously decreases as the firmness of the driveway improves, up to a certain limit (temperature about -18° C); after this limit air temperature ceases to be an affecting factor. The road gradient has a greater effect on the hauling-loaded time than on the driving-unloaded time. Climbing takes more time than level going or going down a gentle slope, not to mention a steeper gradient. As far as can be judged from the material, hauling time is at a minimum on a gentle downward slope (about +1...+4 %) but increases with the steepness of the down gradient.
3. The effect of load size on the hauling-loaded time, for average load size classes, is relatively small except over road lengths where low gears have to be used to improve tractive power or to hold the vehicle on the driveway.
4. The driver's professional skill and his ability to assess the situation correctly obviously have a very pronounced effect on the hauling times.
5. The type of timber to be transported does not in itself affect the hauling time, but the net weight of the load and its distribution in the vehicle do (the question of load size, item 3).

6. Lengthening the hauling distance obviously has a shortening effect on the hauling time per journey. The hauling time likewise decreases to a certain limit towards the spring (see Fig. 42, p. 158).
7. It is probably possible without major inaccuracies resulting to use 4.84 minutes per km. as the average productive working time (J_{act}) (average of the hauling-loaded and driving-unloaded) for hauling on the main haulage road.

Interruptions

The frequency of interruptions in hauling on the main haulage road appears from Table 50 (p. 165), the length of the interruption times by tractors from Table 51 (p. 166), the average distribution of the interruption times, by different causes, from Table 52 (p. 167), and the distribution of interruptions by causal groups and the proportion each of these causal groups accounts for in the total of interruptions and in the total interruption time from Table 53 (p. 170).

The average interruptions in the hauling-loaded time as a percentage of the productive working time was about 21 at Korni and about 20 at Ristimäensalo. The driving-unloaded interruption percentage was about 22 at Korni and about 6 at Ristimäensalo. If we disregard interruptions which can be attributed with certainty to the absence of snow, faulty road construction, deficient or incorrectly constructed equipment, the drivers' lack of professional skill, and the times expended on maintenance work on the tractor that is normally done at the place of accommodation, the interruption percentage in hauling-loaded shrinks to 4.3, in driving-unloaded to 3.4, and in the average for both to 4.

Calculation of the total expenditure of working time on hauling on the main haulage road

Calculation method

The working site time for hauling on the main haulage road is the sum of the productive working times of hauling-loaded plus driving-unloaded plus the interruptions. This can be written as the following equation:

$$(19) T_a = 1.043 \cdot J_{ct} S + 1.034 \cdot J_{at} S \text{ min./load,}$$

in which

T_a = working site time for hauling on the main haulage road, min./load;

J_{ct} = hauling-loaded time on the main haulage road, min./km./load;

J_{at} = driving-unloaded time on the main haulage road, min./km./load;

S = average hauling distance in the stand on the main haulage road, km.

If we wish to use the average of the hauling-loaded and driving-unloaded times as the productive hauling working time, the equation is written:

$$(20) T_a = 2.080 J_{act} S \text{ min./load,}$$

in which

J_{act} = the average of the productive working times of driving-unloaded and hauling-loaded, min./km./load.

Example of the application of the calculation method

Taking 6 km. as the hauling distance on the main haulage road, we obtain as the working site time for hauling on the main haulage road about 60 minutes per load (see p. 171).

9. Calculation of time per trip

Calculation method

The time per trip (T_{akp}) consists of the working site times for loading (T_k) (cordwood made alongside the strip road) or skidding and loading (T_{jk}) (logs made dispersed), unloading (T_p) and hauling on the main haulage road (T_a), or, stated in the form of an equation:

$$(21) T_{akp} = T_k + T_p + T_a \text{ (cordwood made alongside the strip road)}$$

or

$$(22) T_{akp} = T_{jk} + T_p + T_a \text{ (logs made dispersed)}$$

We have already discussed how the different terms of these equations can be calculated.

Examples of the application of the calculation method

Let us assume the following: the timber to be transported is 2-metre green cordwood, the working site time expended on loading it is the same as in the example given on p. 115, the working site time expended on unloading it is the same as in the example given on p. 147, and the average hauling distance on the main haulage road is 10 km. From this, we get about 191 minutes per load as the working site time per trip (see p. 172). In this case, loading accounts for 32 % of the time per trip, unloading for 16 %, and hauling on the main haulage road for 52 %.

Now let us assume a situation where it is logs prepared dispersed that are to be transported: the working site time for skidding and loading them is the same as in the example on p. 141; the working site time for unloading them is the same as in the example on p. 153 (load 300 cu.ft.). If the average hauling distance on the main haulage road is 6 km., we obtain as the working site time for the return trip about 217 minutes per load. In this case skidding and loading account for 58 % of the time per return trip, unloading for 14 % and hauling on the main haulage road for 28 %.

VI Calculations for the co-ordination of felling and preparation and tractor haulage

1. Calculation of the costs of co-ordination

Different targets can be set for the co-ordination. In the present connection the aim has been to find ways in which costs per cut and transported cubic unit of timber can be reduced to their minimum. For this study, then, the objectives can be defined as:

1. Since the felling costs of preparing cordwood alongside the strip road generally grow and the road costs and the loading-hauling costs decrease as the distance between the strip roads used widens, the problem is to find the distance between the strip roads that represents the ideal from the standpoint of the combined costs of these factors.
2. Since the log skidding costs grow and the road and loading-hauling costs decrease as the distance between the strip roads used widens, the problem is to find the distance between the strip roads that represents the ideal from the standpoint of the combined costs of these factors.

Calculation of the operating costs of the tractor equipment

The tractor equipment operating costs employed in the co-ordination calculations, based on the wage and price level prevailing in Finland in 1955, are given in Table 54 (p. 180).

Calculation of road costs

The costs of clearing the strip roads, by the clearing difficulty classes of the strip road bed and by the different strip road spacings, are given in Table 55 (p. 182), and the costs of preparing the packed-snow driveway, for cordwood, in Table 56 (p. 183). The corresponding costs per cubic unit of the logs are given in Table 57 (p. 184).

Calculation of the felling and preparing costs

As regards co-ordination, all that need be known for felling work is the cost changes caused by tractor forest haulage.

The increase in the felling costs incurred in preparing cordwood alongside the strip road as compared with felling at scattered storages has been calculated in Table 58 (p. 185).

In the districts where it is customary to fell and prepare the logs dispersed, tractor transport causes no change in felling costs. In the areas where the felling method »assisted into sleigh» is employed the cost of felling is 2.19...4.04 marks per cu.ft. less than when using horse haulage.

Calculation of skidding costs

Skidding costs can be calculated by pricing the time expenditure values, determined for certain conditions of the work phase in question, by the time unit costs of tractor work calculated in Table 54 (p. 180). For a tractor of 2.2 tons the values in Table 59 (p. 187) are valid as costs of skidding 16 ft. logs over different distances between the strip roads.

2. The co-ordination with tractor transport of the preparation of cordwood alongside the strip road

Since we lack information on the extent to which widening the distance between strip roads by increasing the volume of traffic per strip road improves the condition of

the roads and the loading speed, this problem has been disregarded in the co-ordination calculations, which has the advantage of diminishing the error due to the assumption that the strip roads are straight.

The combined costs of making the strip road network foundation, preparing the packed-snow driveway, and the additional work of preparing the timber alongside the strip road, are given in Table 60 (p. 189). Fig. 43 (p. 190) also illustrates the costs as a function of the distance between the strip roads. Table 61 (p. 191) shows the distances between strip roads which reduce costs to a minimum and the costs corresponding to these spacings. The following conclusions may be drawn from this table:

1. The greater the quantity of timber accumulating from a unit of area, the shorter must the distance between the strip roads be to minimise costs.
2. When the network of strip roads is intended to be permanent the question can be surveyed from the standpoint of the stand quality class instead of stand density; in this case, the better the forest site type, the shorter should the distance between the strip roads be.
3. The more difficult the topography for clearing the strip road bed, the longer must the distance between the strip roads be in a certain stand density class (a certain stand quality class).
4. As the clearing costs grow with the degree of clearing, and as the degree of clearing in turn is dependent on the snow conditions of the district during the hauling season, the distance between the strip roads must be longer the smaller the quantity of snow in the district in which tractor transport is employed.

Taking into consideration also the dependence of the condition of the strip roads on the volume of traffic, it would seem that *a road spacing of 30...40 m. is the most suitable for good forest site types and in easy topography or in a district with much snow, 40...60 m. for middling forest site types and in middling topography, and 50...80 m. for poor forest site types and in ground difficult to clear or in a district with little snow.*

3. The co-ordination of log preparation, winch skidding, and tractor transport

As the log skidding and loading is done one log at a time and the time expended on these jobs per cubic unit is, up to a certain limit, smaller the bigger the logs, it would be an advantage to make the logs long. However, technical sawing considerations determine the manner in which the logs are cut into lengths and hence govern the log length and cannot be altered. Furthermore, very long logs are inconvenient in the correct loading of a half-sleigh. Since log felling costs are independent of the strip road spacing they can be disregarded in the co-ordination.

The combined costs of the road and of skidding logs of a mean length of 16 ft. appear in Table 62 (p. 193) and Fig. 44 (p. 194). The values introduced in Table 63 (p. 194) can be considered the ideal distances between strip roads for the values in Table 62. The ideal distances between strip roads are approximately the same as those for cordwood, which gives added force to the general conclusions already drawn regarding ideal strip road spacing. It must be noted, furthermore, that the larger the logs the greater the distance between strip roads that it is profitable to use.

VII Comparison of tractor transport with other types of transport

1. Comparison with traditional horse and truck transport

Comparison of transport capacity

By calculating according to the premisses given in Table 64 (p. 198) we obtain for tractor transport capacity the values in Table 65 (p. 201) assuming a 6.5-hour working day. A comparison between them and the horse haulage output figures in the same table shows that one tractor can do the work of an average of 4...5 horses in one-shift hauling.

Comparison of the economy

When comparing the economy of tractor forest transport with that of horse haulage, we must add to the costs of tractor-drawn forest transport road costs and the increase in felling costs in Table 66 (p. 202) when the timber in question is cordwood, and those in Table 75 (p. 217) when the timber is logs.

The costs of loading cordwood and unloading it into a loose pile, arrived at by pricing the time expenditure figures of Table 64 (p. 198) (see Table 54, p. 180), appear without loading-hauling and unloading-hauling costs in Table 67 (p. 203). The loading-hauling costs are calculated in Table 68 (p. 204) according to the same principle, and hauling costs on the main haulage road in Table 69 (p. 205). Taking these costs (see also Table 70, p. 206) into consideration and then comparing tractor transport costs with horse haulage costs at the prevailing rates (Fig. 45, p. 207), tractor transport is cheaper than horse haulage over longer distances than those given in Table 71 (p. 208).

The tractor transport costs proper of cordwood (excluding strip road costs and the increase in the cost of felling) are lower in all stand density classes and in all clearing difficulty classes of the strip road bed than the horse haulage costs. In comparison with horse haulage, with strip road costs and the increase in felling costs taken into consideration, *it should be possible over the average hauling distances of horse transport (about 2 km.) to achieve by tractor transport a minimum saving in costs of 26 % in the 1st clearing difficulty class of the strip road bed, a minimum saving of 16 % in the 2nd clearing difficulty class, and a minimum saving of 8 % in the 3rd clearing difficulty class, if the timber is green 2-metre spruce pulpwood* (see Table 72, p. 210). The prerequisite is naturally that the transport charges turn out to be consistent with the cost calculation conducted in the present investigation.

In addition to direct saving, indirect saving also can be achieved through tractor transport in certain instances. Tractors reduce the costs of billeting and feeding the workers in uninhabited districts.

In a comparison of the costs of the tractor forest transport of cordwood with truck transport it is necessary to add to the latter the costs of collecting the timber by horse from the felling area into the intermediate storage. The comparison will be limited in the following to a situation in which the horse haulage distance to the intermediate storage is 1 km. As will emerge from Table 73 (p. 214) and Fig. 46 (p. 212), the tractor is capable of competing with combined horse and truck haulage over fairly long hauling

distances even, thanks to the elimination of re-loading and to cheaper timber collecting work. The economy (see Table 74 p. 215), excluding main haulage road costs, would seem to be at least 10...24 % when transporting green cordwood on a journey of, say, 8 km. in the 1st clearing difficulty class of the strip road bed and the 1st stand density class.

If we take into consideration the main haulage road costs, tractor transport, because of its cheap road costs, is the more favourable in comparison with combined horse and truck haulage the smaller the quantity of timber to be transported. As road costs often govern the minimum timber lot that can be transported economically by motor vehicles, tractor transport may be used even at relatively small working sites.

A comparison of the tractor transport of logs with horse haulage (see Tables 75, p. 217, 76, p. 218, 77, p. 218, 78, p. 220, and 79, p. 221) shows that, inclusive of strip road costs, it is cheaper than horse haulage also over the average hauling distance of horse haulage (see also Fig. 47, p. 213). The saving over a hauling distance of 2 km., excluding main haulage road costs, would seem to be, depending on the stand density, 17...33 % in the 1st clearing difficulty class of the strip road bed, 4...20 % in the 2nd clearing difficulty class, and 0...12 % in the 3rd clearing difficulty class. Comparison with combined horse and truck transport (see Tables 80, p. 223 and 81, p. 224 and Fig. 48, p. 222) likewise points up the greater profitability of tractor transporting logs.

The conclusion to be drawn from the above cost comparison is that the *tractor transport of both cordwood and logs, organised according to the hypothetical set-up planned for research, is economically competitive with both traditional horse haulage and combined horse and truck haulage in certain conditions and that the low road costs of tractor haulage make it a practical proposition for timber transport in small forest enterprises.*

2. Comparison with other mechanised forest transport methods

The comparison with other mechanised forest transport methods is hampered by the fact that it is difficult to find sufficient symbols to record output and cost figures.

However, an endeavour has been made to compare the method evolved in the present investigations with the wheel and crawler tractor transport methods used in Sweden, employing for the latter the data provided by LEIJONHUFVUD (1954). The method developed in the experiments and based on the use of the strip road network is probably at least economically superior to the methods in which »an endeavour is made to drive the vehicle right up to the stump».

VIII Relationship between tractor transport and growing the tree

1. Effect of the strip road network

The forest land lost in the construction of a permanent strip road network (Table 82, p. 228) is obviously fairly insignificant for the wood production of the forest enterprise. The root system of the trees lining the road benefits from the road area and their crown canopy from the air space. The accelerated growth of these trees compensates roughly for the potential diminution in the volume of timber to be

raised per unit of area. If the road network is established in the stand-formation phase or the weeding phase of the seedling stand there is no necessity to reduce the number of stems that would otherwise be raised in the area. Moreover, it does seem that the increase in the spacing of the roadside trees has no appreciable importance for the quality of the trees, even in cultivated spruce stands on good forest site type (cf. KLEM 1953).

2. Damage caused to growing forest by tractor transport

At the experimental working site of Korni the growing trees damaged by tractor transport or winch skidding were counted and the extent of the damage classified (Table 83, p. 230). An analysis of the damage (Table 84, p. 230) proved that the cause in the majority of the cases was lack of professional skill or other avoidable reasons. It can be said with certainty that the method whereby the tractor operates solely on a road causes less damage than the methods involving an attempt to drive mechanised equipment »up to the stump».

IX Assessment of the reliability of the results

In the collection of material errors may arise in both the performance of the measurements and in the classifications. In time measurements the sum total of the part times is controlled by the continuous time recorded with an ordinary watch. 3 % was used as the margin of error. No material had to be rejected on these grounds.

This control does not, nevertheless, reveal the potential errors contained in the structure of the combined time. The moment at which work phases change is often so indefinite that, despite instructions, the time-study man is obliged in practice to decide on the dividing line subjectively.

The importance of potential classification errors for the results of the present analysis is slight since the averages for different classes have usually been employed in both the co-ordination calculations and the cost comparisons.

The lengths of the distances connected with felling, skidding and road transport have had to be decided by theoretical means. It has been possible to check the calculation method at least in the transport connected with both felling and skidding, showing the theoretical calculation to be sufficiently accurate. Disregard of the circuitousness of the strip roads causes a systematic error, but this could not be eliminated as the dependence of the circuitousness on the topographical difficulty and on the quality of the forest is not known. Disregard of the circuitousness is probably of no great significance for the reliability of the ultimate results as it is often possible in practice to build the roads straight and the factor is probably relatively minimal as a rule.

Objections can also be raised against the cost calculation method employed in the co-ordination calculations and in the economy comparisons. It was tried, however, although the basis was partly hypothetical, to calculate the costs of the tractor work as carefully as possible to avoid giving an over-optimistic picture of tractor transport.

As regards the reliability of the conclusions, the results are correct only provided that the premises employed in their calculation are valid. As conditions corresponding to the calculation premises are also encountered elsewhere than at the working sites organised for the investigations, the results ought to be practicable for tractor transport in the given circumstances. The labour participating in the experiments was unaccus-

tomed to the jobs of tractor transport, the equipment used was undeveloped and deficient, errors were made in the road building technique and the general organisation of the working sites was not optimal, the tractor equipment with a few exceptions was not the drivers' own, and a considerable part of the work at the experimental working sites was done at time rates (the spur of piece rates was lacking). Taking all these disadvantages into account, the results obtained must be regarded as some kind of limit values. Better results can be achieved if the tractor transport method in question is adopted. The »limit value nature» of the results also serves as a counterbalance for potential errors in the collection and treatment of the material.

X On the practical possibilities of tractor transport

1. Conditions in which tractor transport comes into question

A tractor forest transport method evolved on the basis of experiments presupposes, to be successful, snow for the construction of the packed-snow driveway (minimum depth about 20...25 cm.), frost to harden the driveway, the location of strip roads in relatively easy topography, and of the main haulage road along such points of the terrain as are gently sloping in the hauling-loaded direction (gradients over 4 % should be avoided on the main haulage road).

To amortise the strip road costs in one haul, the quantity of timber accumulating from one areal unit should be so great that the road costs do not strain the transport costs per cubic unit immoderately. The optimal transport distances for this method are about 3...10 km.

2. The possibilities of improving tractor transport

In order to improve tractor transport, experiments should be made with, for instance, the winch skidding of timber prepared during the snowless period and left under snow; this means that the felling could be done at the most favourable time as regards work expenditure.

There is also much room for improvement in the equipment of tractors. Mention may be especially of half-tracks and sleighs and the pulling devices of the sleighs.

3. Application of tractor haulage in practice

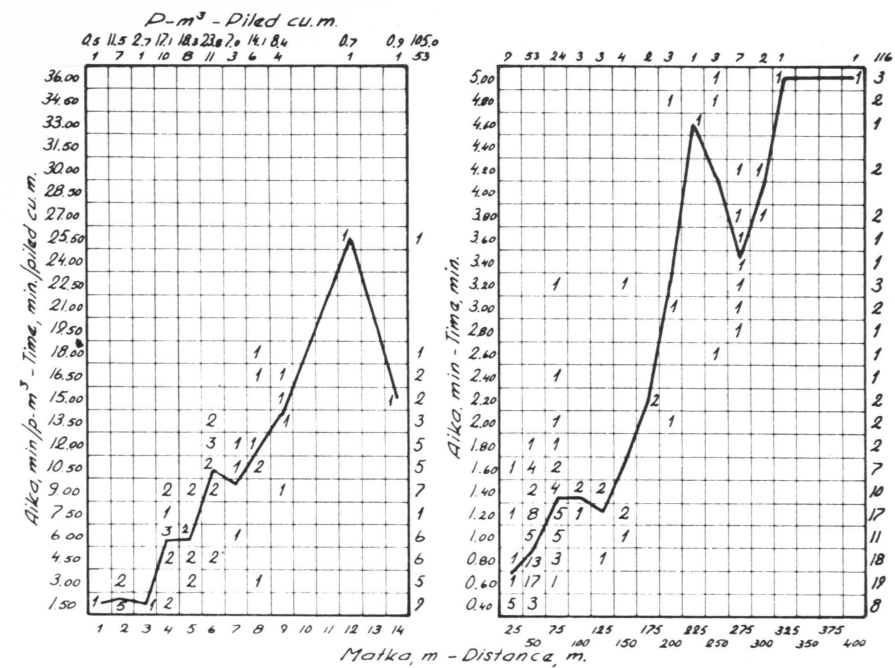
If the tractor forest transport method in question is to be applied in practice, conditions should first be chosen which favour it most. Costs possibly higher than those incurred by other methods could thus be avoided during the »training period».

4. Tractor transport from the standpoint of farm economy

The use of tractors for the transportation of timber increases the number of their utilisation hours per annum and thus reduces the costs of all tractor work also in farming. Raising the number of utilisation hours from, say, 300 to 900 hours per annum, disregarding the driver's wages, reduces the utilisation hour costs by about 15 % when the rate of interest is 8 %. A point to remember, however, is that there is not enough timber transport work for all the agricultural tractors in Finland.

Liitteet — Appendices

(Näytteitä korrelaatiotaulukoista — *Specimens of correlation tables*)

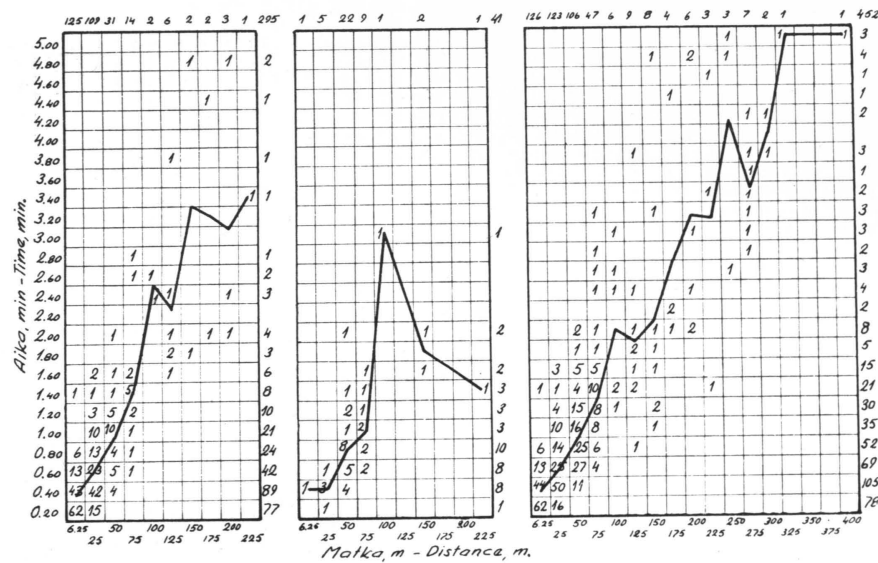


Liite 1 (vasemmalla). Pölkkyjen siirtelyn tehotyöajan (ilman latomista) ja pinoamis- ja ristikoimismatkan välinen korrelaatio Sotkamon tutkimustyömaalla.

App. 1 (Left). The correlation between the productive work time of moving the logs (without piling) and the piling and crosswise-stacking moving distance, at the Sotkamo work site.

Liite 2 (oikealla). Kuormauksen tyhjänäajoajan ja -matkan välinen korrelaatio Ristimäensalossa kaikkien traktoreiden keskiarvona.

App. 2 (Right). The correlation between the time and distance of driving unloaded in the loading operation at Ristimäensalo, average of all tractors.



Liite 3 (vasemmalla). Keräysajoajan ja -matkan välinen korrelaatio Ristimäensalossa kaikkien traktoreiden keskiarvona.

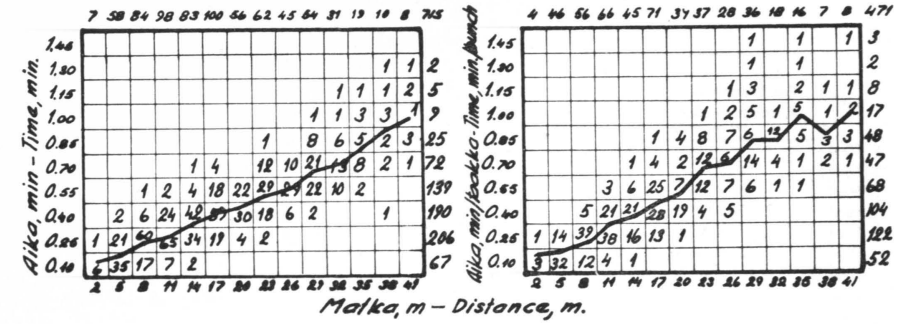
App. 3 (Left). The correlation between the collecting-driving time and distance at Ristimäensalo, average of all tractors.

Liite 4 (keskellä). Kuormauksen kuormattuna-ajoajan ja -matkan välinen korrelaatio Ristimäensalossa kaikkien traktoreiden keskiarvona.

App. 4 (Centre). The correlation between the time and distance of hauling loaded in the loading operation at Ristimäensalo, average of all tractors.

Liite 5 (oikealla). Keskimääräisen kuormausajoajan ja -matkan välinen korrelaatio Ristimäensalossa kaikkien traktoreiden keskiarvona.

App. 5 (Right). The correlation between the average loading-hauling time and distance at Ristimäensalo, average of all tractors.

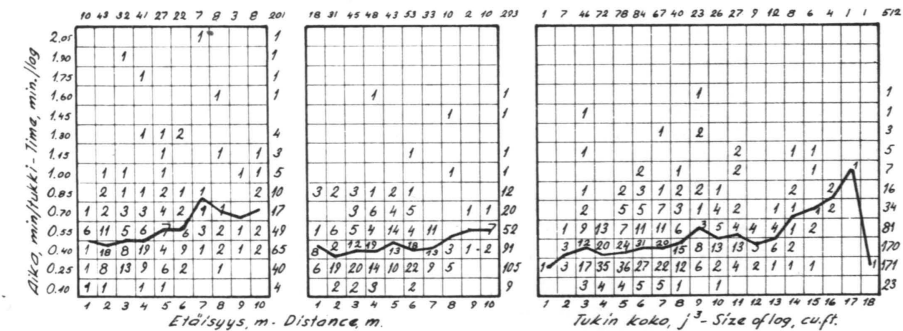


Liite 6 (vasemmalla). Teräsköyden pään vientiajan ja -matkan välinen korrelaatio Ristimäensalossa. Fordson Major ja Ferguson traktoreiden keskiarvo. Kuormauslaitteet: Suomessa valmistettu Record, edellisessä suuri, jälkimmäisessä pieni vintturi.

App. 6 (Left). The correlation between the time and distance of moving the end of the steel wire at Ristimäensalo. Average of Fordson Major and Ferguson tractors. Loading equipment: a Record manufactured in Finland, in the former case a big, in the latter a small winch.

Liite 7 (oikealla). Taakan hinausajan ja -matkan välinen korrelaatio Ristimäensalossa. Fordson Major ja Ferguson traktoreiden keskiarvo. Hinaus kuormauksen yhteydessä. Kuormauslaitteet: kummassakin Suomessa valmistettu Record, edellinen varustettu suurella, jälkimmäinen pienellä vintturilla.

App. 7 (Right). The correlation between the bunch towing time and distance at Ristimäensalo. Average of Fordson Major and Ferguson tractors. Towing in connection with loading. Loading equipment: in both a Record of Finnish make, the former furnished with a big, the latter with a small winch.



Liite 8 (vasemmalla). Tukkien keskimääräisen kuormaannostoajan ja kuormausetaisyysyden välinen korrelaatio Kornissa.

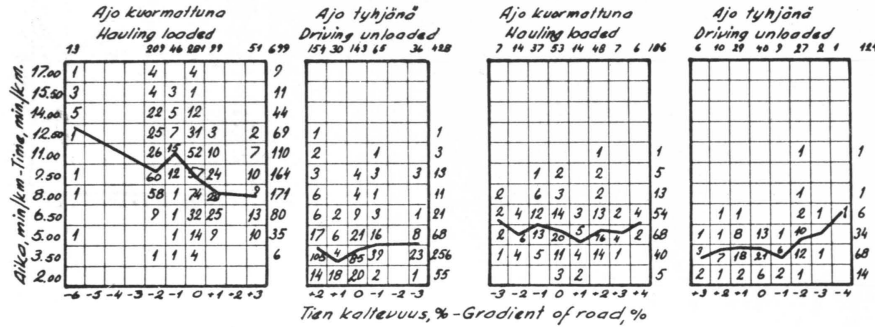
App. 8 (Left). The correlation between the average time spent in lifting the logs onto the load and the loading distance, at Kornii.

Liite 9 (keskellä). Tukkien keskimääräisen kuormaannostoajan ja kuormausetaisyysyden välinen korrelaatio Pelkosenniellä ja Kolarissa. Tapaukset, joissa kuormaannosto tapahtui ilman juontoa (sakset kiinnitettiin tukin painopisteeseen).

App. 9 (Centre). The correlation between the average time spent in lifting the logs onto the load and the loading distance, at Pelkosenniemi and Kolari. Situations in which the lifting-onto-load was done without skidding (the tongs being fastened at the centre of gravity of the log).

Liite 10 (oikealla). Tukkien keskimääräisen kuormaannostoajan ja tukkien koon välinen korrelaatio Pelkosenniellä ja Kolarissa.

App. 10 (Right). The correlation between the average onto-load lifting time and the log size, at Pelkosenniemi and Kolari.

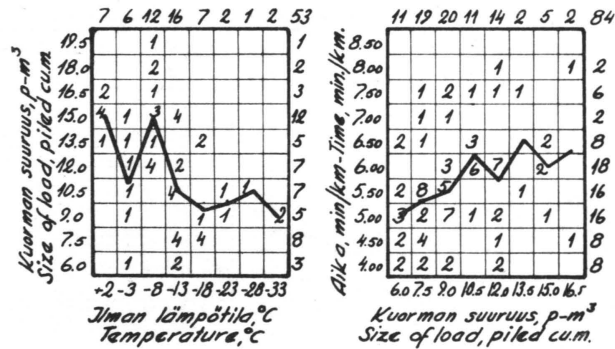


Liite 11 (vasemmalla). 1 km kohden lasketun kuormattuna- ja tyhjänäajoajan ja tien kaltevuuden välinen korrelaatio Kornin varsiella. Ajat Fergusonin, petrolimoottorilla varustetun Fordson Majorin sekä Volvon keskiarvoina.

App. 11 (Left). The correlation between the time, calculated per km. unit, spent in hauling loaded and driving unloaded, and the road gradient, on the main haulage road at Kornin. Averages of Ferguson, kerosene-engined Fordson Major, and Volvo tractors.

Liite 12 (oikealla). 1 km kohden lasketun kuormattuna- ja tyhjänäajoajan ja tien kaltevuuden välinen korrelaatio Ristimäensalon varsiella. Ajat kaikkien traktoreiden keskiarvoina.

App. 12 (Right). The correlation between time, calculated per km. unit, spent in hauling loaded and driving unloaded, and the road gradient, on the main haulage road at Ristimäensalo. Averages of all tractors.



Liite 13 (vasemmalla). Kuorman suuruuden ja ilman lämpötilän välinen korrelaatio Kornissa. Kuormien suuruudet kaikkien pinotavaraa ajaneiden traktoreiden mukaan.

App. 13 (Left). The correlation between the load size and the air temperature, at Kornin. Load sizes according to all tractors hauling cordwood.

Liite 14 (oikealla). Kuorman suuruuden ja varsiella kuormattuna-ajoajan välinen korrelaatio Ristimäensalossa.

App. 14 (Right). The correlation between the load size and the time spent in hauling loaded on the main haulage road, at Ristimäensalo.