

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian tutkimusosasto
Unioninkatu 40 A Helsinki 17

KOKONAISTEN PUIDEN ESIJUONTO KAKSIRUMPUVINTTURILLA
KÄYTÄVÄ- JA RIVIHARVENNUKSESSA

Laitteiden ja menetelmien kehittelyä sekä tuotoskoikeita

Pertti Harstela - Teemu Ruoste

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Tutkimus kuuluu osana Harvennuspuun korjuun
koneellistamistoimikunnan selvityksiin

Helsinki 1970

Tutkimus ilmestyy myöhemmin sarjassa Folia Forestalia.

SISÄLLYSLUETTELO

| | Sivu |
|---|------|
| Alkusanat | |
| 1. Johdanto | 1 |
| 2. Tutkimusolosuhteet ja -aineisto | 3 |
| 21. Tutkimusolosuhteet | 3 |
| 22. Tutkimusaineisto | 4 |
| 23. Aineiston käsittely | 6 |
| 3. Työmenetelmän ja -kaluston kehittäminen | 7 |
| 31. Vinssausmenetelmän kehittäminen | 7 |
| 311. Kokeiltujen menetelmien kuvaaminen | 7 |
| 312. Lasketut standardiajat ja niiden perusteella suoritettu menetelmien vertailu | 7 |
| 32. Kaluston kehittäminen | 15 |
| 321. Vintturi | 16 |
| 322. Vetovaijeri ja taittopyörät | 18 |
| 4. Tuotostutkimus | 19 |
| 41. Selittävät tunnuksot ja niiden ryhmittely | 19 |
| 42. Tuotoskokeet | 21 |
| 421. Työajan jakaantuminen | 21 |
| 43. Työvaiheet ja niiden vaikuttavat tekijät | 24 |
| 431. Palauttaminen | 24 |
| 432. Kiinnitys | 26 |
| 433. Vinssaus | 30 |
| 434. Irrotus | 30 |
| 435. Apuajat | 35 |
| 44. Tuotos ja siihen vaikuttavat tekijät | 35 |
| 441. Vinssatun puumäärän mukaiset tuotokset | 36 |
| 442. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaatuva puumäärä | 38 |
| 443. Kokonaistuotos | 40 |
| 45. Kustannusvertailua | 41 |
| 5. Tiivistelmä | 45 |
| Kirjallisuusluettelo | 48 |

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osaston työohjelmaan kuuluvat yhtenä osana Harvennuspuun korjuun koneellistamistoimikunnan eli ns. HAKO-toimikunnan toimeksiannosta suoritettavat tutkimukset ja kokeilut, jotka ovat koskettelleet mm. esijuontoa. Aikaisemmin on HAKO-toimikunnan monisteena ilmestynyt esijuontoa valikoivassa harvennuksessa koskeva selvitys "Kokeita harvennuspuun esikasauksesta maataloustraktorisoivitteisilla juontovarusteilla", jolle esillä oleva tutkimus on jatkoa.

Työn toteuttamisessa on yhteistyö Peltosalmen Konepajan kanssa ollut hyödyllistä. Mm. osa vintturiin tehdyistä muutoksista on suoritettu Peltosalmen Konepajalla, mistä esitän parhaat kiitokseni. Maastotyöt tehtiin metsäntutkimuslaitoksen Lapinjärven kokeilualueessa. Ylimetsänhoitaja Kauko L u o m a n, aluemetsänhoitaja Kari I k ä v a l k o n ja metsäteknikko Arvo V a r m o l a n myötämellinen suhtautuminen auttoi suuresti työn onnistumista. Myös mainitsen kiitollisena HAKO-toimikunnan johtoryhmän ja tutkijat, joiden kanssa tutkimuksen toteuttajilla on ollut mahdollisuus neuvotella.

Kirjoittajien kesken työ jakaantuu siten, että kandidaatti H a r s t e l a on suunnitellut ja johtanut tutkimuksen ja ylioppilas R u o s t e on suorittanut Harstelan johdolla ja valvonnassa aineiston käsittelyn sekä laatinut käsikirjoitusluonnoksen. Tutkimuksen suunnittelussa ja kenttätyövaiheessa ovat antaneet apuaan metsänhoitajat Esko A l a - H e i k k i l ä ja Matti A h o n e n. Maastoryhmän, johon kuuluivat metsäteknikko Tauno O i t t i n e n, kenttämestari Sauli T a k a l o, työnjohtaja Sakari E r h o l t z ja kenttäapulainen Markku H e i n o n e n, panos oli merkittävä työmenetelmän ja -kaluston kehittämisessä.

Käsikirjoituksen on lukenut metsänhoitaja Klaus R a n t a p u u,
laskentatöihin on osallistunut myös kauppat. yo. Tuula V e s a n -
m a a , piirokset on laatinut ylioppilas Marja-Riitta H u h t a l o
ja konekirjoituksen ovat tehneet rouva Aune R y t k ö n e n ja
neiti Raija S i e k k i n e n.

Esitän heille kaikilla kiitokseni.

Helsingissä toukokuun 22 päivänä 1970

Veijo Heiskanen

1. JOHDANTO

Harvennuspuun korjuun koneellistaminen on vaikeampaa kuin avohakkuiden muun muassa seuraavista syistä: puun koko ja hakkuukertymä pinta-alayksikköä kohti ovat pieniä sekä jäljelle jäävä puusto vaikeuttaa korjuuta. Kun koneiden liikkuminen puulta puulle alentaa tuntuvasti niiden tehoa ja on usein mahdotonta, on puiden siirtäminen ja kasaus koneellista käsittelyä varten korjuun avainkysymyksiä. Kokonaisten puiden ja runkojen kasaus miestyönä on katsottava liian raskaaksi työksi. Ratkaisuna siirtämisongelmaan on nykyisellä teknisellä tasolla esitetty mm. seuraavia koneellisia vaihtoehtoja: esijuonto vintturilla sekä siirtäminen nivelpuominosturilla tai teleskoopinosturilla. (H a k k a r a i n e n 1962). Ruotsissa on myös osin teoreettisin laskelmin osin käytännön kokein kokeiltu eräitä "rakennusnosturi-ideakoneita" sekä puhtaisiin geometrisiin harvennukseen sopivia kaatoterällä varustettuja "ideakoneita", joissa puu kaatuu suoraan koneen elimiin. (S j u n n e s o n 1969). Viimeksi mainitut koneet eivät tulle käytännössä kysymykseen vielä lähiaikoina.

Tässä tutkimuksessa edellä esitellyistä vaihtoehdoista käsitellään maataloustraktorisovitteisella vintturilla suoritettavaa esijuontoa. Vintturijuontoa ovat aikaisemmin tutkineet K a n t o l a (1964), H a a t a j a (1965), K a h a l a ja S a l m i n e n (1968), R y s ä (1969), H a a p a m ä k i ja H a a t a j a (1969) sekä A l a - H e i k k i l ä ja R u o s t e (1970). Viimeksimainittua ja Rysän tutkimusta lukuunottamatta em. tutkimuksissa vintturijuonto on ollut juontoketjun osana, eikä pelkän vintturoinnin tuotosta voi laskea. Rysä, Ala-Heikkilä ja Ruoste tutkivat runkojen ja rankojen juontoa palstatiien varteen 40 ... 60 m palstatievälillä. Lisäksi ovat norjalaiset S a m s e t ja B j a a n e s (1969) käyttäneet

vintturia yhdisteyssä käytävä- ja valikoivassa harvennuksessa siten, että käytävälle peruuttaneeseen traktoriin lastattiin laahuskuorma vintturilla. Vaikeassa maastossa kuitenkin puut vinsattiin ajouran varteen.

Koska karsinta on tekovaiheessa selvästi eniten aikaa vievä työvaihe ja sen koneellistaminen on myös korjuun rationalisoinnin avainkysymyksiä, päädyttiin tässä tutkimuksessa kokopuiden vinssaukseen. Valmiista kasoista karsintakone tai kokopuuhakkuri mahdollisesti voi suorittaa työn rationaalisesti.

Ala-Heikkilä ja Ruoste ovat todenneet, että kaato juontouralla nostanee vinssaustuotosta verrattuna tavalliseen suunnattuun kaatoon. Tuotoksen edelleen nostamiseksi ja jäävien puiden vaurioitumisen estämiseksi kokeiltiin käytävä- ja riviharvennusta, jotka harvennusmenetelminä sinänsäkin kuuluvat HAKO-toimikunnan tutkimusohjelmaan.

Tutkimuksessa käytettiin mahdollisimman pitkää vinssausmatkaa. Näin pyrittiin edullisessa tapauksessa vinssaamaan puut suoraan autotien varteen. Tällöin muu maastokuljetus jäisi pois, eikä vinssaus muodostaisi lisätyövaihetta ja -kustannusta korjuuketjuun.

Pyrkimyksenä oli kehittää tarkoituksenmukainen kalusto ja työmenetelmä ennen tuotostutkimusta, sekä samalla harjaannuttaa työntekijät ko. työhön. Näin menetellen tuotosluvut lienevät paremmin työmenetelmän käyttömahdollisuuksia kuvaavia, ja konepajateollisuus saa samalla viitteitä kaluston kehittämiseksi. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin selvittämään tuotokseen vaikuttavat vinssaus- ja puustotunnukset.

Käytäväharvennuksessa kaikki puut poistetaan systemaattisesti määrälevyiseltä käytävältä ja käytävien välistä metsä jätetään koskematta. Käytäväharvennukseseen voidaan, toisin kuin tässä tutkimuksessa, liittää valikoiva harvennus käytävien välistä. Riviharven-

nusta voidaan soveltaa viljelymetsiköihin, jolloin poistetaan esimerkiksi joka kolmas istutusrivi kuten tässä tutkimuksessa.

Todettakoon että mainitut harvennusmenetelmät ovat vasta kokeiluasteella. Niiden vaikutusta puuston kasvuun ja tuotokseen on mm. V u o k i l a (1969) selviteltyt nykyisen tietämyksen valossa.

2. TUTKIMUSOLOSUHTEET JA -AINEISTO

21. Tutkimusolosuhteet

Esikokeet kaluston ja työmenetelmän kehittämiseksi suoritettiin maastoltaan ja puustoltaan mahdollisimman homogeenisessa osassa leimikkoa. Näin eliminoitiin suurelta osin vertailua haittaava leimikkotunnusten vaihtelu. Samoin tuotoskokeet suoritettiin maastoltaan homogeenisessa leimikon osassa kokeiden suppeuden vuoksi. Luotettavan kuvan saamiseksi eri leimikkotunnusten vaikutuksesta tuotokseen tarvittaisiin tässä tutkimuksessa käytettyä huomattavasti suurempi aineisto. Tarkoituksena kuitenkin oli ensisijaisesti kehittää kalustoa ja menetelmää sekä suorittaa vain suunta-antavia kokeita tuotoksen mahdollisen suuruusluokan arvioimiseksi.

Maastotyöt tehtiin syksyllä lumettomalla ja sulalla maalla. Maasto oli verraten tasaista ja käytäväharvennusalueella kaltevuutta ei esiintynyt. Sen sijaan riviharvennusalueella maaston kaltevuus vinssaussuunnassa oli -15° . Kiviä ja mättäitä tutkimusalueella oli erittäin vähän, eikä haittaavaa alikasvosta esiintynyt. Koska puusto hakattiin pääasiassa vinssausuralta, kantoja oli runsaasti.

Puustotunnusten arvot hajontoineen käyvät ilmi oheisesta taulukosta.

Taulukko 1. Puustotunnusten keskiarvot- ja keskihajonnat käytävillä ja riveillä

| Leimikkotunnus | Käytäväharvennus | | Riviharvennus | |
|-----------------------------------|------------------|-------|---------------|-------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s |
| Runkoluku/ha | 1586 | 422.6 | 2040 | 533.1 |
| Kuutiomäärä, k-m ³ /ha | 123 | 32.3 | 91 | 24.0 |
| Puun keskikoko, dm ³ | 83 | 13.6 | 45 | 5.6 |
| Oksaisuusluokka | 3 | - | 3 | - |
| Puulajiprosentit: | | | | |
| Kuusi | 65 | 22.3 | 100 | - |
| Mänty | 5 | - | - | - |
| Koivu | 30 | - | - | - |

\bar{x} = keskiarvo

s = hajonta

Jäävä puusto oli rakenteeltaan samanlaista kuin hakattava puustokin käytävä- ja riviharvennuksesta johtuen. Oksaisuusluokka määritettiin työvaiheittaisten hakkuupalkkataulukoiden (11.3. - 31.12. 1969) mukaan.

22. Tutkimusaineisto

Tuotostutkimusaineisto käsitti aikatutkimukset 20 käytävän ja 7 rivin vinssauksesta. Käytävien pituus vaihteli 20...115 metriin ja niistä oli puolet 30.5 metriä ja toinen puoli viisi metriä leveitä. Rivien pituus oli yhtä 20 metrin riviä lukuunottamatta 80 m.

Aikatutkimukset suoritettiin ns. ryhmätyöntutkimusmenetelmää käyttäen (P u t k i s t o 1953) siten, että seuraavat työvaiheet eroteltiin:

1. Tehotyöaika

11. Siirtyminen juontouralle
12. Juonnon valmistelu
13. Palautusvaijerin asennus
14. Köyden vienti
15. Taakan kiinnitys
16. Vinssaus
17. Taakan irroitus
18. Muut

2. Yleiset ajat (syy)

3. Keskeytykset (syy)

Aikatutkija arvioi 20 m välein asetettujen merkkien perusteella vinssausmatkan sekä taakan kiinnitysmatkan. Kaadon yhteydessä puut numeroitiin sekä mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja joka viidennestä koepuusta kapeneminen ja pituus. Taakoittain merkittiin ylös vinssatut puut.

Oheisesta taulukosta käyvät ilmi tärkeimmät vinssausta koskevat tiedot.

Taulukko 2. Vinssaustunnusten keskiarvot ja hajonnat käytävillä ja riveillä.

| Tunnus | Käytäväharvennus | | Riviharvennus | |
|-------------------------------|------------------|-------|---------------|-------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s |
| Käytävän ja rivin pituus, m | 69 | 27.5 | 72 | 20.8 |
| Puita taakassa, kpl | 7 | 1.7 | 8 | 3.3 |
| Taakan koko, d-m ³ | 506 | 116.2 | 353 | 104.8 |

\bar{x} = keskiarvo

s = hajonta.

23. Aineiston käsittely

Kaluston ja menetelmän kehittelyn yhteydessä standardiajat laskettiin keskiarvoina suuntaa-antavien lukujen saamiseksi jo maastotöiden yhteydessä.

Tuotoskokeiden tuloksia analysoitaessa regressioanalyysillä selittävien tunnusten valinnan ja johtopäätöksien teon helpottamiseksi suoritettiin selittävien muuttujien ryhmittely pääkomponenttianalyysiä käyttäen.

Koska puustotunnuksissa oli selvää vaihtelua, laadittiin tuotokseen vaikuttavien puustotunnusten selvittämiseksi ja tulosten analysoinnin helpottamiseksi ennusteyhtälöt valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa käyttäen. Lähtökohtamuuttujat valittiin pääkomponenttianalyysin perusteella mielekästä selitystä silmällä pitäen.

3. TYÖMENETELMÄN JA -KALUSTON KEHITTÄMINEN

Ennen varsinaista tuotostutkimusta suoritettiin joukko alustavia kokeita. Niiden avulla pyrittiin kehittämään tuotostutkimusta varten mahdollisimman hyvä vinssausmenetelmä, joka sitten otettiin tuotostutkimuksen kohteeksi. Samalla saatiin arvokasta tietoa käytössä olevan vintturin ominaisuuksista. Tältä pohjalta tehtiinkin siihen yhteistyönä Peltosalmen Konepaja Oy:n kanssa lukuisia parannuksia.

Alustavat kokeet antoivat vintturin käyttäjälle ja apumiehelle mahdollisuuden harjaantua työmenetelmien ja vintturin käyttöön. Heidän esittämänsä huomautukset olivat suureksi hyödyksi vinssausmenetelmien ja -kaluston kehittämisessä.

Maastoltaan oli kokeiden suorittamisalue tasaista tuoretta kangasmaata; pääpiirteiltään samanlaista kuin lopullisen tuotostutkimuksen alue. Puusto oli kuitenkin keskimäärin kookkaampaa (n. 165 dm³/runko) ja kuutiomäärä (170 k-m³/ha) suurempi kuin tuotostutkimuksessa.

31. Vinssausmenetelmän kehittäminen

Kiinnitys- ja irroitusaikojen osuus tehollisesta työajasta riippuu oleellisesti siitä, kiinnitetäänkö puut vetovaijeriin yksitellen vai taakkoina. Jälkimmäistä tapaa käytettäessä on kiinnitys- ja irroitusaika yksikköä kohti pienempi kuin yksin puun kiinnitettäessä. Taakkojen kiinnittäminen edellyttää kuitenkin hekkuumiehen suorittamaa puiden siirtelyä. Tämä taas on varsin raskasta työtä, jonka suorittaminen kokonaisia puita vinssattaessa on tuskin käytännössä mahdollista.

Puiden kiinnitysmenetelmästä riippuu ratkaisevasti myös irroittamisen ja itse vinssauksen onnistuminen. Kiinnitystapa määrää osaltaan vinssattavan taakan muodon, joka taas vaikuttaa selvästi vinssauksen yhteydessä tapahtuvien keskeytysten määrään (taakan kiinnijuuttuminen ja irroittaminen).

311. K o k e i l t u j e n m e n e t e l m i e n k u v a a m i n e n

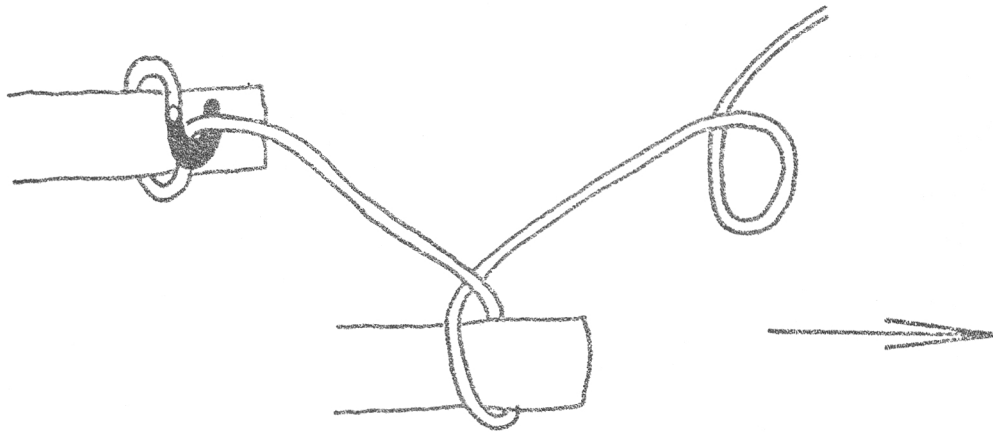
Parhaan menetelmän löytämiseksi kokeiltiin viittä erilaista esijuontomenetelmää. Kiinnitystapoina kokeiltiin puiden kiinnittämistä suoraan vetovaijeriin kuvan 1 a osoittamalla tavalla sekä erillisillä liukulukoilla (kuva 1 b). Muu menetelmien välinen vaihtelu koski vinssaustapaa (latva edellä, tyvi edellä) sekä latva edellä juonettaessa puun latvan käsittelyä (latva katkaistu ja lyhyeltä matkalta karsittu, latva katkaisematta ja karsimatta). Tyvi edellä juonettaessa kokeiltiin yhdessä menetelmässä juontosuppilon käyttöä vinssauksen helpottamiseksi ja taakkojen kiinnijuuttumisen estämiseksi. Kuvassa 1 esitetään esijuontomenetelmät piirroksina.

312. M e n e t e l m i e n v e r t a i l u s t a n d a r - d i a i k o j e n p e r u s t e e l l a

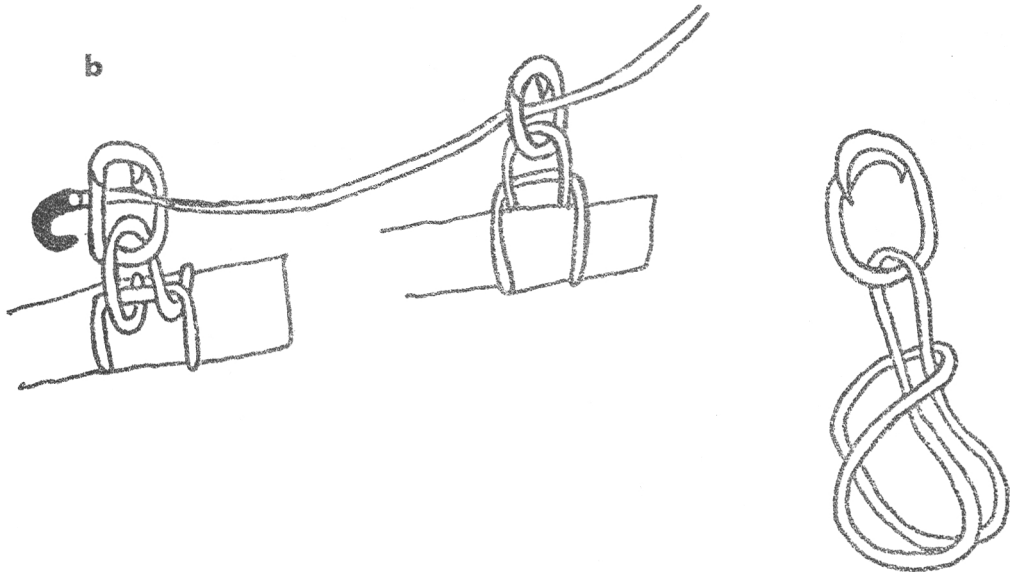
Alustavissa kokeissa vinssattiin kullakin menetelmällä kolme käytävää. Kustakin menetelmästä suoritettiin yksityiskohtainen aikatutkimus, jonka perusteella laskettiin eri menetelmille työvaiheittain keskimääräiset työajat esijuonnettua puuta kohden. Kaikki menetelmän kehittämistä varten tehdyt kokeet suoritettiin yhdellä,

Kuva 1. Puiden kiinnittäminen vetovaijeriin lenkeillä (a) ja liukulukoilla (b).

a

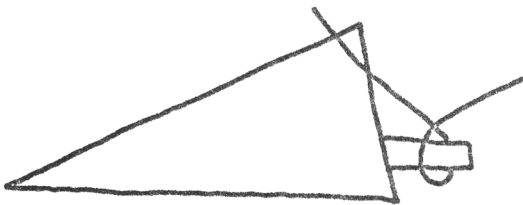


b

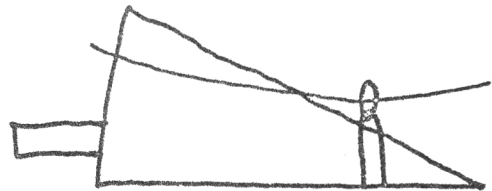


Kuva 2. Kaaviokuva kokeilluista esijuontomenetelmistä.

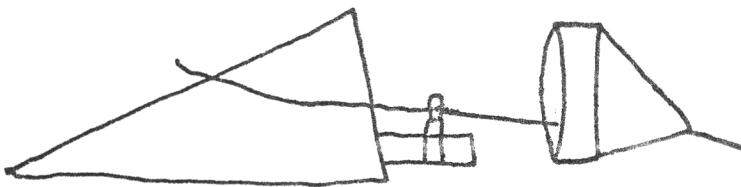
Menetelmä 1



Menetelmä 2



Menetelmä 3



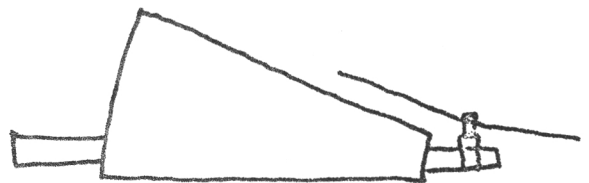
Menetelmä 4



Vinssaussuunta



Menetelmä 5



puusto- ja maasto-olosuhteiltaan yhtenäisellä palstalla, joten ko. olosuhteet eivät sanottavasti vaikuttaneet menetelmien standardiaikojen vaihteluun. Pienen aineiston tähden lasketut keskimääräiset ajat saattavat kuitenkin sisältää muista, satunnaisista tekijöistä johtuvaa vaihtelua. Kun laskettuja standardiaikoja tarkastellaan kriittisesti ja samalla otetaan huomioon maastotöiden aikana esiin tulleet näkökohdat, lienee menetelmän valitseminen varsinaiseen tuotostutkimukseen suoritettavissa.

Standardiajat on laskettu alustavien aikatuskimusten perusteella työvaiheittain. Huomioon on kuitenkin otettu vain ne työvaiheet, joiden ajanmenekkiin menetelmän valitsemisella on vaikutusta. Traktorin siirtymiseen ja vinssauksen valmisteluun sekä erilaisiin huoltotoimenpiteisiin kuuluva aika ei näin ollen ole laskelmissa mukana. Standardiajat työvaiheittain eri menetelmissä käyvät ilmi taulukosta 3.

Taulukko 3. Alustavien kokeiden perusteella lasketut standardiaika-arvot työvaiheittain eri menetelmiä käytettäessä.

- käytävän pituus 50 m
- taakkoja 4 kpl
- puita taakassa 6 kpl

| Työvaihe | Menetelmä | | | | |
|--------------------------|-----------|----------|-----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | cmin/puu | | | |
| Palautus | 11 | 8 | 13 | 8 | 8 |
| Kiinnitys lenkeillä | 66 | - | - | 40 | - |
| Liukulukot puihin | - | 37 | 58 | - | 40 |
| Liukulukot vaijeriin | - | 21 | 33 | - | 23 |
| Vinssaaminen | 7 | 7 | 9 | 4 | 7 |
| Taakan kiinnijuuttumiset | 41 | 22 | x | 10 | 37 |
| Irroittaminen | 55 | 66 | 57 | 28 | 48 |
| Yhteensä | 180 | 161 | 173 | 90 | 163 |

x = keskeytyksiä runsaasti

Vinssaus- ja palautusajat on otettu käsin tasoitetuilta käyriltä, joilla ajat on ilmaistu vinssaus- ja palautusmatkojen funktiona.

Palautusajan vaihtelut johtuvat siitä, että palautettava matka muodostuu lyhyemmäksi kun puut käytävällä kaadetaan vinssaussuuntaan. Palautusmatkassa on näin arvioitu voitettavan 10 m jokaista taakkaa kohden. Menetelmä 3 on sikäli erikoisasemassa, että käytetyn raskaan juontosuppilon takia ei vaijeria voitu palauttaa käsin vaan palauttaminen oli suoritettava palautusvaijerilla. Tämän asentamiseen kuuluva aika on kuitenkin siksi suuri, että vaikka itse palauttaminen on nopeampaa, muodostuu 50 metrin käytävälle laskettu standardiaika muita suuremmaksi.

Kiinnitysaikoja tarkasteltaessa on erikoisesti huomattava, että lenkeillä kiinnitettäessä sisältyy aikaan osittain myös vinssausta. Tämä johtuu siitä, että yhden puun tultua kiinnitetyksi antoi apumies merkin vintturin käyttäjälle tämän puun vinssaamiseksi seuraavan kiinnitettävän puun luo. Tällä tavoin saatiin taakka tiiviimmäksi kuin jos jokainen puu olisi kiinnitetty omalta kohdaltaan vaijeriin. Tämän kiinnitysmenetelmän etuna oli myös se, että apumies pystyi valvomaan, että jokainen kiinnitetty puu pysyi vaijerissa ja irtoamisen sattuessa uudelleen kiinnittäminen oli mahdollista. Heikkoutena oli vaijerin normaalia suurempi kuluminen, joskin tämä haitta pystyttiin myöhemmin melkein kokonaan eliminoimaan, kuten kaluston kehittämistyötä kuvaavassa kappaleessa selvitetään. Liukulukkojen käytön suurin etu oli, että vinssimiehen irroittaessa puita taakasta apumies saattoi kiinnittää liukulukot valmiiksi seuraavan taakan puihin.

Vinssausajan merkitys koko esijuonnon ajanmenekin kannalta on varsin vähäinen. Muihin työvaiheisiin, ennen kaikkea kiinnitykseen ja irroitukseen, kului näet suurin osa työajasta. On kuitenkin mielenkiintoista todeta, että eri menetelmiä käytettäessä muodostuu vinssausmatka eripituiseksi (kuva 3) ja näin ollen myös vinssausajoissa puuta kohti esiintyy melkoista vaihtelua.

Taakan kiinnijuuttumisia sattui tyvi edellä juonnettaessa niin tiheään, että tyvi edellä vinssaus osoittautui kesäolosuhteissa melkein mahdottomaksi. Huomattakoon lisäksi, että alustavat kokeet suoritettiin verraten helpossa ja tasaisessa maastossa.

Taakkojen irroittaminen maastoesteistä oli vaikeampaa liukulukkoja kuin vaijerilenkkejä käytettäessä. Liukulukkokiinnityksellä ovat puiden päät näet yhdessä tiiviissä kimpussa, minkä takia alimmaisten puiden törmätessä esimerkiksi kanton, joudutaan usein koko

taakka hajoittamaan sen irroittamiseksi. Lenkeillä kiinnitettäessä on taakan muoto sen sijaan pitkänomainen ja tavallaan porrastettu. Kiinnijuuttuneeseen puuhun päästään helposti käsiksi, eivätkä keskeytykset juuttumisten yhteydessä näin ollen muodostu kovinkaan pitkiksi.

Vinssaamisen helpottamiseksi käytettiin menetelmässä 3 juontosuppiloa. Aluksi esijuonto onnistuikin hyvin, mutta toisella käytävällä maaston epätasaisuudet aiheuttivat sen, etteivät puut pysyneet suppilon sisällä. Keskeytyksiä tällä käytävällä oli niin paljon, että ajanotto lopetettiin kokonaan ja luovuttiin tämän menetelmän jatkokokeiluista. Lasketuissa standardiajoissa ei siis menetelmän kohdalla esiinny yhtään keskeytysaikaa, vaikka sen osuus lopulta teki vinssaamisen täysin mahdottomaksi.

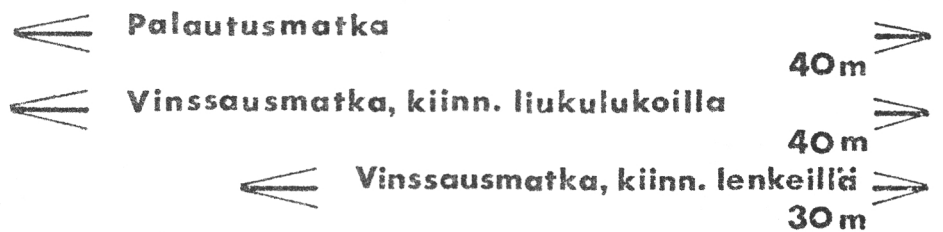
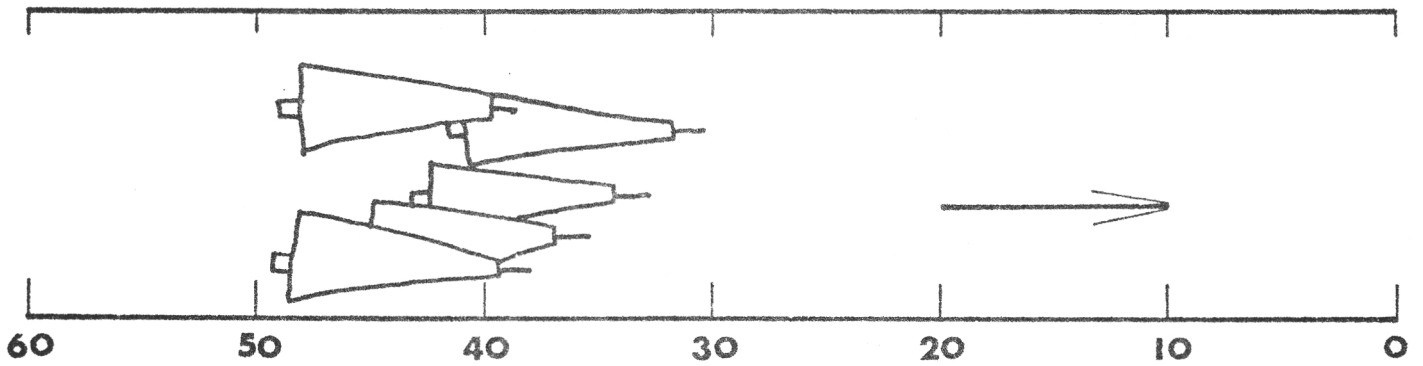
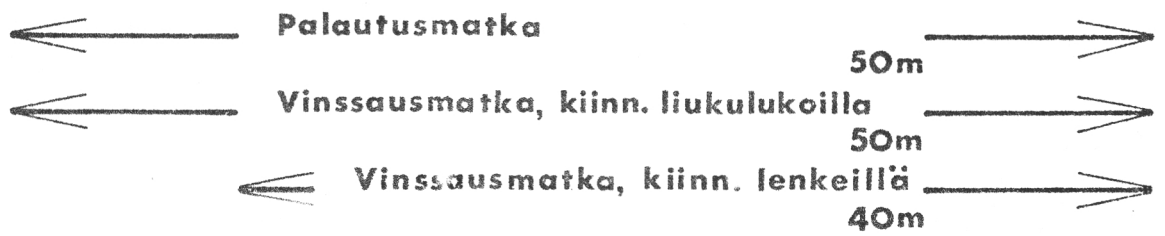
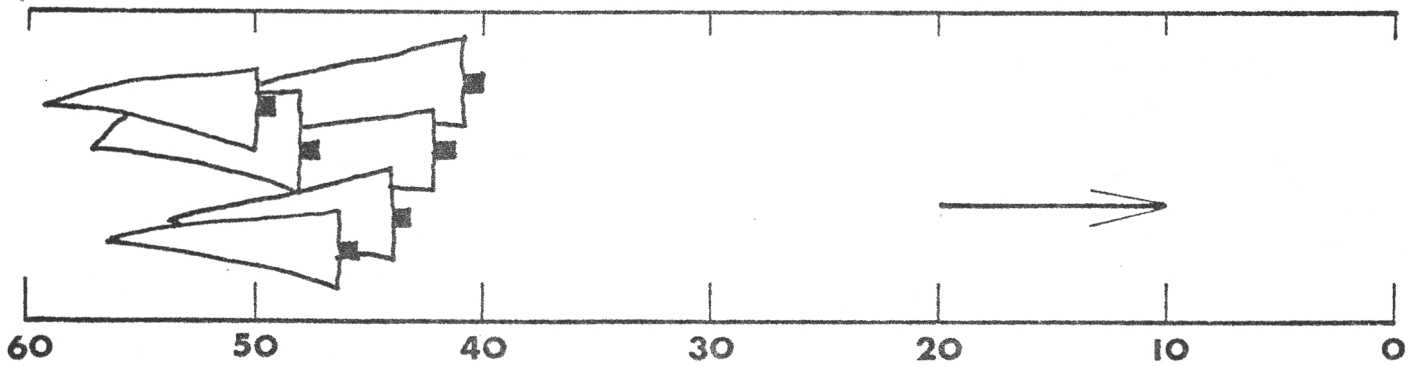
Taakan vinssaamisen jälkeen tapahtunut puiden irroittaminen oli kaikissa menetelmissä paljon aikaa vaativa työvaihe. Liukulukkojen irroittaminen oli varsin hankalaa, koska tällöin jouduttiin hajoittamaan vinssattu taakka puu puulta, jotta päästiin käsiksi seuraavaan lukkoon. Kaikkein vaikein oli tilanne menetelmässä 2, jossa katkaise-mattomien ja karsimattomien latvojen irroittamiselle aiheuttama haitta selvästi kuvastuu myös lasketussa standardiajassa. Yleensä ottaen irroittelu oli helpompaa ja nopeampaa lenkkikiinnitystä käytettäessä. Tosin menetelmässä 1 irroitteluaika on melko suuri, mutta tämä johtuu ensisijaisesti siitä, etteivät puut tyvi edellä vinssattaessa nousseet kovin hyvin kasan päälle. Tämä aiheutti vintturin käyttäjälle ylimääräistä selvittelytyötä, joka on laskettu mukaan kyseiseen aikaan. Suppilon avulla juonettaessa kului ylimääräisesti jonkin verran aikaa suppilon poistamiseen irroiteltavan taakan edestä.

Yhden puun esijuontoon kuluva keskimääräinen aika eri menetelmiä käytettäessä esitetään toimintakaaviona kuvassa 4. Siitä selviää myös työnjako vintturin käyttäjän ja apumiehen kesken. Samalla saadaan havainnollinen kuva menetelmien keskinäisistä edullisuussuhteista. Menetelmä 4 osoittautui selvästi parhaaksi, varsinkin kun lähinnä parasta menetelmää 3 kuvaavasta pylväästä puuttuvat taakan kiinnijuuttumisesta johtuvat keskeytykset kokonaan.

Tuotoskokeisiin valittiin näiden esikokeiden perusteella menetelmä 4. Puiden kaato, latvan käsittely ja puiden kiinnittäminen suoritettiin siis tuotoskokeissa seuraavasti:

- puut kaadettiin käytävälle vinssaussuuntaan
- puiden latvat katkaistiin ja käyttöosan latva karsittiin lyhyeltä matkalta kiinnittämisen ja irrottamisen helpottamiseksi.
- puut kiinnitettiin latvoistaan lenkeillä vetovaijeriin.

Kuva 3. Kaaviokuva puiden kaatosuunnan vaikutuksesta vinssaus- ja palautusmatkoihin käytettäessä lenkki- ja liukulukko-kiinnitystä.



32. Kaluston kehittäminen

321. V i n t t u r i

Kokeilun yhtenä tarkoituksena oli kehittää yhteistyönä valmistajan kanssa prototyyppivintturia mahdollisimman tarkoituksenmukaiseksi sekä kyseistä työtä että yleensä vinssausta varten. Tehtyjä muutoksia selostetaan lyhyesti seuraavassa, koska niillä lienee yleistä arvoa vinttureiden kehittelyä ajatellen.

Kuvassa 5 on esitetty tukijalkojen jatkaminen. Epätasaisella maalla pitkähköt jalat olivat tarpeen, koska traktorin ulosoton ja vintturin ketjupyörän välinen nivelakseli joutui helposti jyrkkään kulmaan, eikä kestänyt syntynyttä kuormitusta. Jalkojen maahan painumisen estämiseksi levitettiin niiden vastinpintoja. Levitys tehtiin sisäpuolelle tapaturmavaaran välttämiseksi.

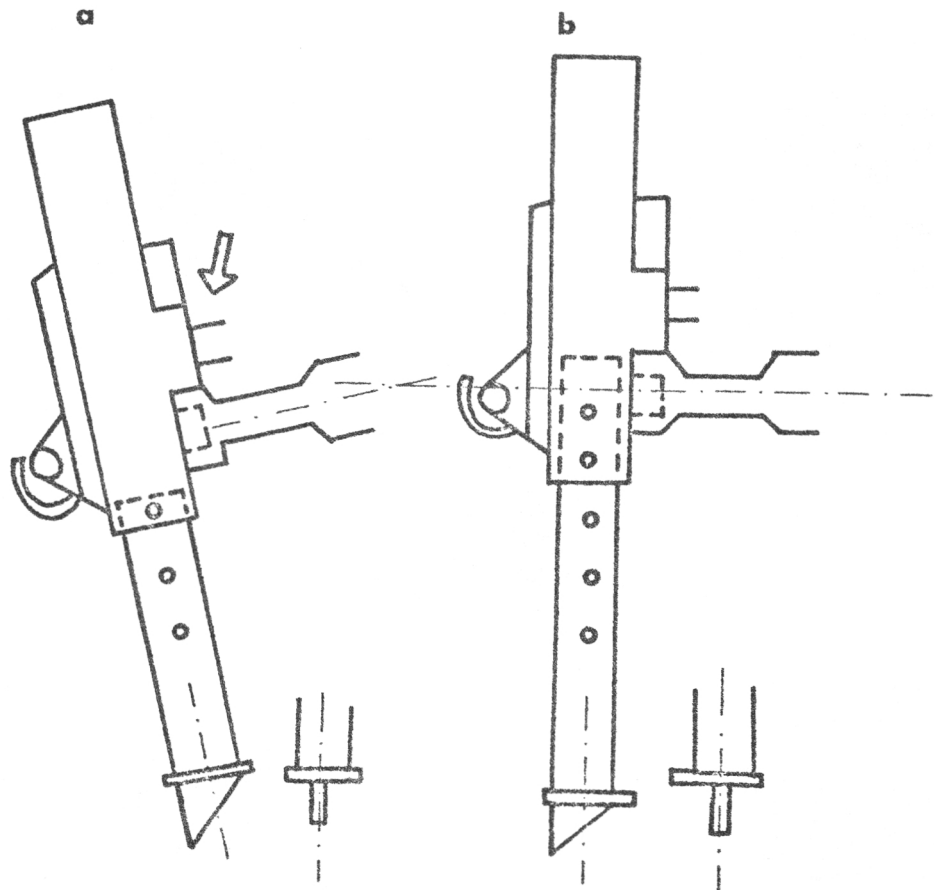
Toista rumpua käytettiin vain vaijerin palauttamiseen, jolloin siltä ei vaadita suurta vetovoimaa, vaan tärkeämpää on sen pyörimisnopeus. Palautusrummun välitystä nopeutettiin niin että se tuli n. kolme kertaa nopeammaksi (kuva 6).

Välityksen muuttamisen vuoksi ketjupyörä joutui entistä suuremmalle rasitukselle ketjun ja ketjupyörän välisen kosketuspinnan pienentyessä. Hampaat jouduttiinkin vaihtamaan vahvempiin. Voitaisiin myös ajatella ketjupyörän sijoittamista nykyistä sijaintia ylemmäksi (kuva 6 a), jolloin kosketuspinta suurensi.

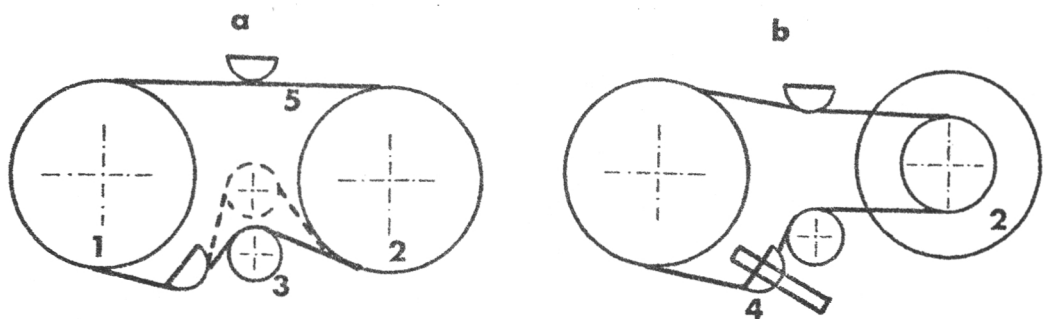
Ketjun löystyttyä alussa usein muutettiin ketjunkiristäjän rakennetta ja samalla se tehtiin helposti säädettäväksi. Kiristäjän sijoittaminen rumpujen yläpuolelle tekisi säätämisen vieläkin helpommaksi.

Osoittautui että työn kuluessa rumpujen jarruja jouduttiin kiristämään ja löysyttämään. Kun vaijeria puretaan jommalta kummalta rummulta, on kevyt jarrutus tarpeen, koska rumpu muuten vedon loputtua jatkaa pyörimistään vetäen löysällä olevan vaijerin takaisin rumpuun sykkyröiksi. Kun rumpua sen sijaan käytetään vinssaukseen, on jarrutus tarpeeton ja kuluttaa turhaan jarrujen kitkapintoja. (Taakkoja irroitettaessa yht'äkkäinen vedon loppuminen aiheutti myös rummun pyörimistä vastakkaiseen suuntaan. Tämä liike voitiin kuitenkin helposti pysäyttää kytkemällä rumpuun veto aivan lyhyeksi hetkeksi.) Palautettaessa vaijeria käsin helpottuu lisäksi työ, jos jarrutus voidaan säätää mahdollisimman kevyeksi. Jarrujen säätö muutettiin helposti ja nopeasti suoritettavaksi.

Kuva 5. Vintturin tukijalkojen jatkaminen, niiden vastiopintojen levittäminen sekä kiinnitysaisan vahvistetunliitoksen sijainti.



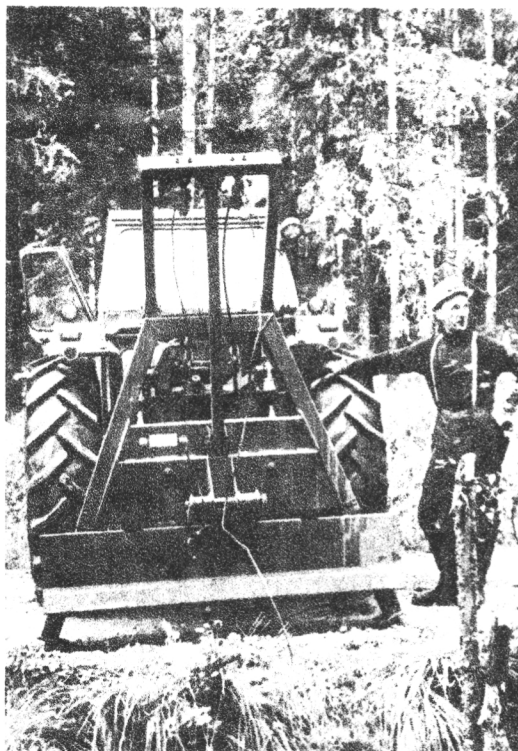
Kuva 6. Palautusrummun välityksen muuttuminen, ketjupyörän ja ketjunkiristäjän sijainti. Ketjupyörän vaihtoehtoinen sijoituskohta merkitty katkoviivoin.



- 1 VETORUMPU
- 2 PALAUTUSRUMPU
- 3 KETJUPYÖRÄ
- 4 KETJUNKIRISTÄJÄ
- 5 KETJU

Kuvassa 7 on esitetty vintturiin rakennetut vetopisteen korotus ja puskulevy. Ennen niiden rakentamista ensimmäisen taakan vinssaaminen kullakin käytävällä onnistui yleensä hyvin. Toinen taakka juuttui sen sijaan säännöllisesti edellisen taakan perään työntäen sen puita vinssin ja traktorin alle. Vinssatun taakan irreittelytyö mudestui näin erittäin hankalaksi ja hitaaksi. Mitä useampi taakka käytävältä juonnettiin sitä vaikeampi oli tilanne irreittelytyön osalta. Vetopisteen korotus helpotti huomattavasti taakkojen vinssaamista kasan päälle, mutta ei kokonaan poistanut haittaa, joka johtui puiden työntymisestä traktorin alle. Tämän vuoksi katsottiin tarpeelliseksi erikoisen suojalevyn rakentaminen vintturin tukijalkojen väliin. Samalla syntyi ajatus tämän rakenteen miteittämisestä niin, että sitä samalla voitaisiin käyttää palstatien tasaukseen.

Kuva 7. Vintturin vetopisteen korotus ja siihen asennettu puskulevy.



Varsinkin 5 metrin levyisillä käytävillä oli esijuonnettu puumäärä niin suuri, että vetopisteen korottamisesta huolimatta jouduttiin traktoria yleensä kerran siirtämään uuteen vinssausasemaan kasan muodostuessa edellisessä paikassa liian suureksi. Tämän vuoksi olisi voitu ajatella vetopiste rakennettavaksi niin, että sen siirtäminen sivusuunnassa olisi ollut mahdollista. Käsillä olevan tutkimuksen aikana ei tätä toimenpidettä kuitenkaan suoritettu.

Vintturiin asennettu hydraulikytkin toimi alustavien kokeiden aikana luotettavasti. Sähkökaapeliohjaus ei myöskään tuottanut hankaluuksia. Alustavissa kokeissa alettiin kuitenkin epäillä sen kannattavuutta verrattuna tavalliseen mekaaniseen hydraulikytkimen ohjaukseen. Sähkökaapeliohjauksen hinta on nimittäin varsin korkea, kun sen sijaan sillä saavutettavat edut kyseessä olevassa työssä verrattuna tavalliseen käsiohjaukseen ovat vähäiset. Radio-ohjauksen käyttö saattaa tulevaisuudessa olla sähkökaapeliohjausta kannattavampi, mikäli radio-ohjauslaitteiden toimintavarmuus nykyisestään paranee.

Vetopisteen korottamisen johdosta vintturin kiinnityksisoihin kohdistui niin suuri voima, että ne murtuivat liitoskohdastaan (kuva 5 a nuoli) ja liitokset jouduttiin vahvistamaan.

324. V e t o v a i j e r i j a t a i t t o p y ö r ä t

Tuotostutkimuksessa käytetty menetelmä edellytti puiden kiinnittämistä suoraan vetovaijeriin (vrt. kuva 1 a). Kiinnitystavasta johtui, että vetovaijeri joutui normaalia voimakkaamman rasituksen alaiseksi. Lenkkokohdista vaijeri nimittäin voimakkaan vedon vaikutuksesta litistyi ja murtui. Lopullinen katkeaminen tapahtui usein taakan törmätessä maastoesteeseen tai vinssauksen aloittamisen aiheuttamasta nykäisystä. Alun perin käytetty 8 mm:n teräsvaijeri katkesi usein ja joskus jouduttiin uusimaan koko vaijeri. Tästä syystä näytti kyseisen kiinnitysmenetelmän kannattavuus erittäin kyseenalaiselta. Koko vetovaijerin korvaaminen 10 mm:n teräsköydellä olisi nimittäin tehnyt palauttamisen raskaaksi ja rummulle mahtuvan vaijerin pituus olisi käynyt riittämättömäksi pisimmillä käytävillä.

Edellä esitetyistä syistä päädyttiin lopulta eräänlaiseen kompromissiratkaisuun. 8 mm:n varsinaiseen vetovaijeriin liitettiin 20 metriä 10 mm:n kiinnitysvaijeria (kuva 8 a). Käytännössä oli aikaisemmin todettu 8 mm:n vaijerin kestävän suoraa vetoa varsin hyvin,

mikäli siinä ei ennestään ole murtumakohtia. 10 mm:n teräsköysi lenkkikiinnityksessä osoittautui myös riittävän vahvaksi, eikä sen katkeamista alustavien kokeiden aikana sattunut kertaakaan. Vaijereiden liittämistapa selviää kuvasta 8 b.

Vaijereiden liitoskohta ei mahtunut kulkemaan alkuperäisen taittopyörän läpi. Tämä jouduttiinkin korvaamaan suuremmalla pyörällä, joka samalla rakennettiin huomattavasti edellistä tukevammaksi.

Käytännön vinssaustyössä osoittautuivat vaijerin jatkaminen ja taittopyörän levitys onnistuneiksi ratkaisuuksi. Vaijerin katkeamisia ei enää tapahtunut, vaan kuormituksen tultua liian suureksi sakkeli-liitos irtosi. Koko vaijeria ei siis jouduttu uusimaan, vaan selvitettiin nopeasti ja suhteellisen helposti uuden liitoksen tekemisellä. Liitos toimi siis eräänlaisena "varaventtiilinä". Vintturin vetovoima 4000 kp ei yleensä ollut vinssauksen "minimitekijä", vaan vaijerin kestävyys.

4. TUOTOSTUTKIMUS

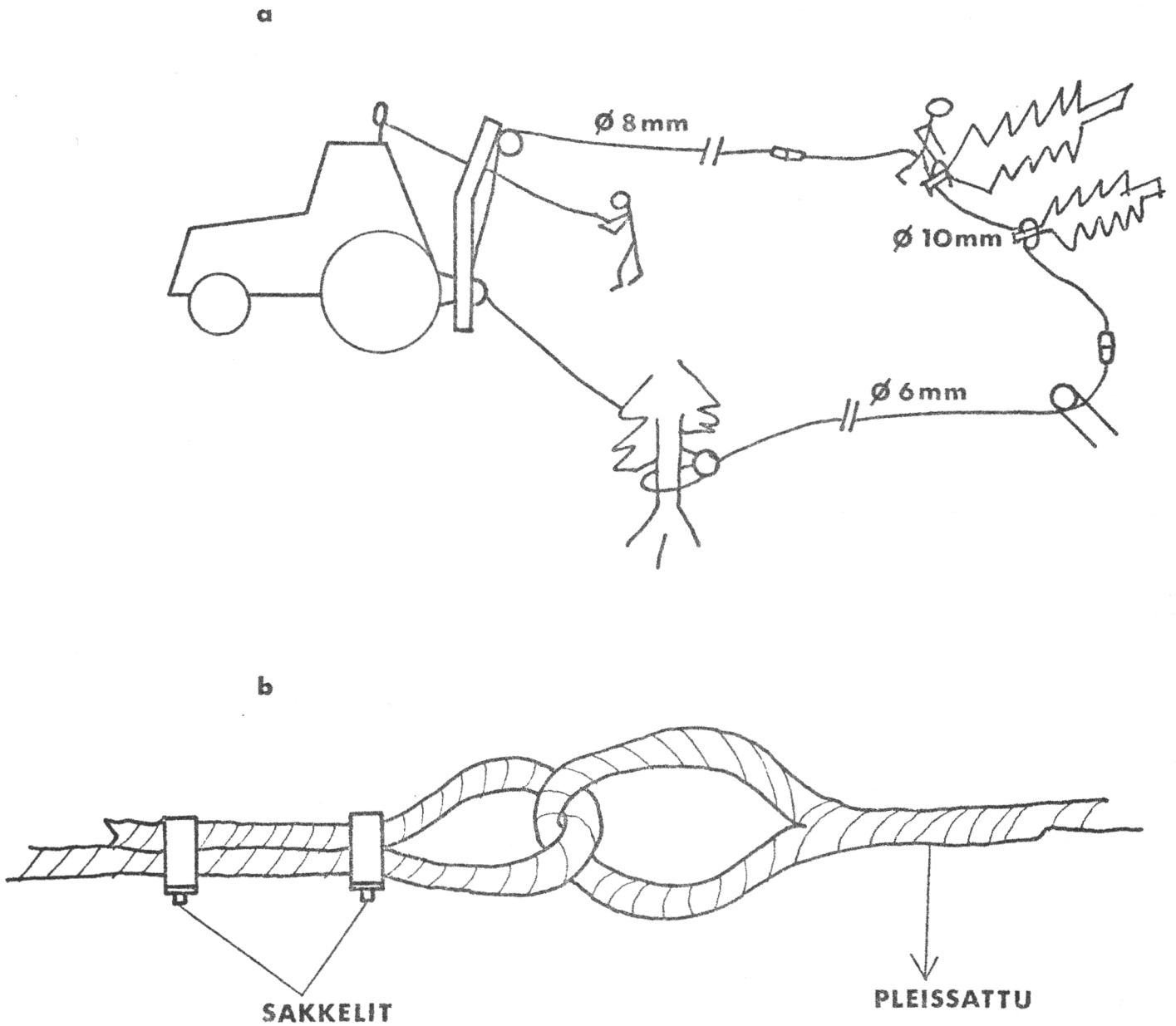
41. Selittävät tunnuksset ja niiden ryhmittely

Työaika ja tuotosta selittävinä tunnuksina voitiin käyttää vain oheisena esitettyjä puustotunnuksia kuten aikaisemmin on mainittu (vrt. s. 4). Selittävien muuttujien valinnan ja johtopäätöksien teon helpottamiseksi suoritettiin pääkomponenttianalyysi, joka lienee teoreettisesti paras tähän tarkoitukseen. Analyysillä pyrittiin ortogonaaliseen faktorirakenteeseen. Tunnetusti selittäjien keskinäiset korrelaatiot vaikuttavat regressioanalyysin tulosten tulkintaan, ja pyrkimällä selittäjien valinnassa mahdollisuuksien mukaan ortogonaalista rakennetta kohti, parannetaan mallin ennustearvoa muita näytteitä ajatellen. (vrt. esim. M ä k e l ä 1968, M a t t i l a 1968, H a r s t e l a 1970).

Analyysin ratkaisu oli seuraava. Mukaan faktoreihin on otettu itseisarvoltaan yli 0.30:n latauksen omaavat muuttujat.

| (1) "Puumäärä ja käytävän koko" -faktori | faktorilataus |
|--|---------------|
| Kokonaispuumäärä | 0.97 |
| Vinssattu puumäärä | 0.97 |
| Käytävän pituus | 0.93 |
| Taakkojen lukumäärä | 0.91 |
| Juontomatka | 0.83 |
| Käytävän leveys | 0.75 |
| Taakkojen keskikoko | 0.41 |

Kuva 8. Kaaviokuva työskentelyjärjestyksestä käytettäessä esijuontomenetelmää 4. Paksumman vaijerin käyttäminen kiinnityksessä. Vaijereiden liittämistapa näkyy kohdasta (b).



| | |
|-------------------------------|---------------|
| (2) "Puuston tiheys" -faktori | faktorilataus |
| Kuusen prosenttinen osuus | 0.89 |
| Puuston tiheys | 0.79 |
| Taakan keskikoko | 0.56 |
| Puiden keskikoko | 0.48 |
| (3) "Puiden koko" -faktori | |
| Puiden keskikoko | 0.79 |
| Keskimääräinen juontomatka | 0.46 |
| Taakkojen keskikoko | 0.36 |

Rakenteesta selviää, että käyttämällä puumäärää (1) tai taakkojen lukumäärää (1) tai käytävän kokoa (1), puuston tiheyttä (2) ja puiden kokoa (3) selittäjinä päästään niin lähelle ortogonaalista rakennetta, ettei minkään selittävän tunnuksen "selitysvoima" liene oleellisesti häipynyt toisen selittäjän vaihteluun.

Jos mallissa on kaksi tai useampi lataukseltaan suuri muuttuja samasta faktorista, on tuloksia tulkittaessa muistettava, että yhtä näistä selittäjistä muutettaessa täytyisi siis muuttaa muitakin samassa suhteessa, jotta mallin ennustearvo säilyisi mahdollisimman hyvänä.

42. Tuotoskokeet

421. Työajan jakaantuminen

Tuotostutkimuksen piiriin kuului 20 käytävää, joista puolet oli 3.5 metrin ja puolet 5.0 metrin levyisiä sekä seitsemän riviä. Työajasta oli keskeytysten osuus kerätyssä käytävääineistossa 19.2 %. Keskeytysten jakaantuminen eri aiheuttajaryhmiin selviää seuraavasta asetelmasta:

Asetelma 1. Keskeytysajan jakaantuminen aiheuttajaryhmittäin.

| | |
|---|---------|
| Korjaukset, huolto | 48.6 % |
| Taakkojen kiinnijuuttumiset | 19.4 % |
| Palautusvaijerin selvittämiset ja irtoamiset vetovaijerista | 16.6 % |
| Traktorin sammuminen ja kiinnijuuttuminen siirtämisen yhteydessä | 9.8 % |
| Tutkimuksen aiheuttamat keskeytykset | 5.6 % |
| Keskeytykset yhteensä | 100.0 % |

Keskeytysajoissa ei esiinny lainkaan lepoa, koska työ tutkimuksesta johtuen oli katkonaista. Toisaalta korjaukset ja huolto veivät prototyyppivintturista johtuen verraten paljon aikaa ja tutkimuksen aiheuttamia keskeytyksiä ei normaalitöissä esiintyisi. Lepoaikojen puuttuminen on lisäksi otettu huomioon päivätuotosta laskettaessa olettamalla työpäivän pituudeksi 6.5 tuntia.

Keskeytysaikojen osuudet eri käytävillä vaihtelivat huomattavasti. Syitä suureen vaihteluun ei voitu löytää, vaan näytti ilmeisesti, että se enemmänkin johtui sattumasta. Tämän vuoksi katsottiinkin realistiseksi lähtökohdaksi käyttää laskelmissa kullekin käytävälle yhtä suurta keskimääräistä keskeytysprosenttia, joksi tässä tutkimuksessa valittiin 20 %.

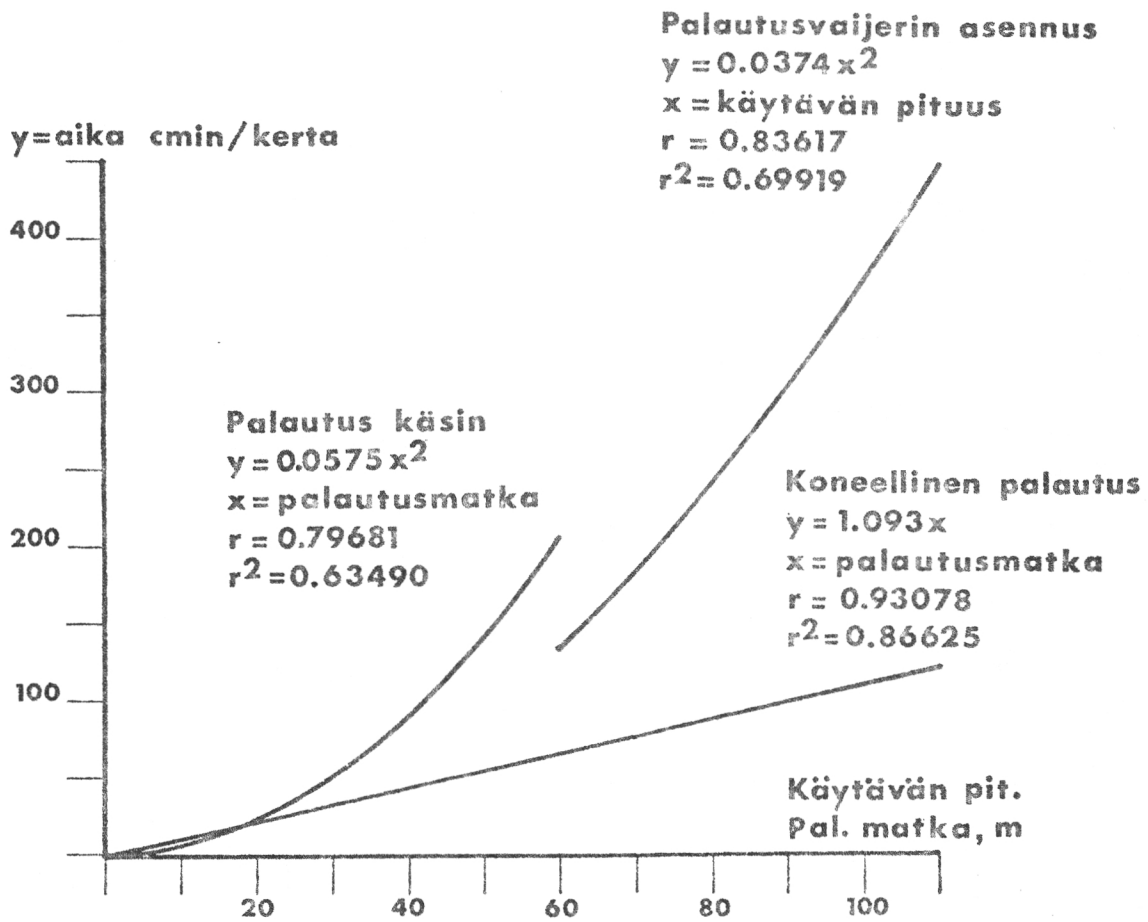
Kokonaistyöajasta oli 80 % tehoaikaa. Tehoaika jaoteltiin mahdollisimman tarkoin työvaiheisiin, joiden suhteellinen jakautuminen on esitetty asetelmassa 2.

Asetelma 2. Tehoajan suhteellinen jakautuminen eri työvaiheisiin.

| | |
|---|---------------|
| Traktorin siirtäminen käytävältä toiselle (= Siirtäminen) | 4.3 % |
| Vinssin laittaminen vinssauskuntoon (= Valmistelu) | 5.7 % |
| Vaijerin vienti kauimmaisen taakkaan tulevan puun luo (= Palautus) | 13.7 % |
| Puiden kiinnittäminen lenkeillä vetovaijeriin (= Kiinnitys) | 39.2 % |
| Taakan vinssaaminen (= Vinssaus) | 9.3 % |
| Puiden irrottaminen vetovaijerista (= Irrotus) | 27.8 % |
| <hr/> Tehoaika yhteensä | <hr/> 100.0 % |

Työvaiheiden suhteellisia osuuksia tarkasteltaessa voidaan havaita, että kiinnitys- ja irrotusaikojen osuus on yhteensä peräti 67 % tehoajasta. Näin siitä huolimatta, että kiinnitysmenetelmää kokeiltaessa oli päätavoitteena nopean ja helpon menetelmän valitseminen tuotostutkimukseen. Sekä kiinnitys että irrotus edellyttivät puiden käsittelyä yksitellen ja kun tässä tutkimuksessa näiden käsiteltävien yksiköiden keskikoko oli vain n. 80 dm³, muodostui kyseisten työvaiheiden osuus näin suureksi.

Kuva 9. Koneellisen ja käsinpalauttamisen ajanmenekkien riippuvuus palautettavasta matkasta sekä palautusvaijerin asentamiseen kuluneen ajan riippuvuus käytävän pituudesta.



Varsinaiseen vinssaukseen kului 9.3 % ja palauttamiseen 13.7 % tehoajasta. Kuten jo alustavien kokeiden yhteydessä todettiin, muodostui vinssausmatka systemaattisesti lyhemmäksi kuin palautusmatka, joten näiden työvaiheiden ajanmenekkien ero tuntuu varsin ymmärrettävältä.

Apuaikoihin lasketaan tässä tutkimuksessa kuuluviksi traktorin siirtäminen käytävältä toiselle sekä vinssin vinssauskuntoon laittaminen. Näihin kului tutkimuksessa yhteensä 10 % tehoajasta.

43. Työvaiheet ja niihin vaikuttavat tekijät

Työvaiheittaisen ajanmenekin riippuvuutta eri vinssaus- ja puustotekijöistä on tarkasteltu vain käytäväharvennuksessa rivien pienen lukumäärän vuoksi.

431. P a l a u t t a m i n e n

Esikokeissa saatujen tulosten perusteella vetovaijeri palautettiin viimeisen kuhunkin taakkaan tulevan puun luo tämän tutkimuksen puitteissa käsin alle 60 metrin käytävillä ja koneellisesti tätä suuremmilla käytäväpituuksilla.

Itse palautustapahtuman ajanmenekki riippui pääasiassa vain palautettavasta matkasta. Palautusvaijeria käytettäessä oli vaijerin vienti keskimäärin huomattavasti nopeampaa kuin käsin palautettaessa. Kuvasta 9 selviää, että koneellisessa palautuksessa palautusajan riippuvuus matkasta on lineaarinen, kun sen sijaan käsin palauttamisen ajanmenekin ja palautusmatkan välillä vallitsee käyräviivainen regressio.

Palautusajan menekkiä yhtä taakkaa kohden (cmin/taakka) kuvaavat seuraavat yhtälöt.

| | | |
|--|------|--------------|
| | R | Selvitysaste |
| $y = 0.0575x^2$ | 0.80 | 63.5 % |
| x = palautettava matka, m | | |
| y = palautus käsin (cmin/taakka): | | |
| R = korrelaatiokerroin | | |
| | R | Selvitysaste |
| $y = 1.093x$ | 0.93 | 86.6 % |
| x = palautettava matka, m | | |
| y = palautus koneellisesti (cmin/taakka) | | |
| R = korrelaatiokerroin | | |

Käsin palauttamisen kuvaajan käyräviivaisuus johtuu siitä, että mitä kauemmas apumies joutui vaijerin viemään sitä raskaammaksi palautustyö muodostui. Palautustyön raskaudesta oli osoituksena mm. se, että pitkillä vaijerin vetomatkoilla, esim. palautusvaijerin asennuksen yhteydessä, kohosi apumiehen pulssi välillä jopa yli 180 lyöntiin minuutissa. Yhtälön tarkastelussa on otettava huomioon, että se pitää tällaisenaan paikkansa vain alle 60 metrin palautusmatkoilla, koska tätä pitemmiltä matkoilta ei tässä tutkimuksessa tehty havaintoja.

Koneellisen palautuksen ajanmenekkiä lisää palautusvaijerin asentamiseen kulunut aika. Ennen kuin koneelliseen palauttamiseen voitiin ryhtyä, oli palautusvaijeri käsin vedettävä kahden taittopyörän kautta vinssattavalle käytävälle. Toisin sanoen esimerkiksi 60 metrin pituisella käytävällä apumies joutui vetämään palautusvaijeria n. 120 metriä, minkä jälkeen se kiinnitettiin vetovaijeriin ja koneellinen palautus voitiin aloittaa. Käytännössä asentamisen yhteydessä vintturin käyttäjä pystyi kuitenkin nopeuttamaan asennustyötä palauttamalla vetovaijeria käsin ja tulemalla näin vastaan apumiestä.

Harvennusmenetelmän luonteesta johtuen voitiin yhdellä palautusvaijerin asentamisella vinssata kaksi käytävää, joka oli varsin huomattava etu, kun ajatellaan koneellisen palautuksen kokonaisajanmenekkiä. Seuraava yhtälö kuvaa palauttamiseen ja palautusvaijerin asentamiseen keskimäärin kulunutta aikaa käytävää kohti laskettuna, kun oletetaan yhdellä palautusvaijerin asentamisella vinssattavaksi kaksi käytävää:

$$y = 0.0374x^2$$

| | | |
|--|------|--------------|
| | R | Selvitysaste |
| | 0.84 | 69.9 % |

x = käytävän pituus, m
y = palautus + palautusvaijerin asennusaika, cmin/käytävä
R = korrelaatiokerroin

Koska palautusvaijerin käyttöä ei kokeiltu alle 60 metrin käytäväpituuksilla, voidaan esitetyn yhtälön kuvaaja pitää käyttökelpoisena vain 60 metrin ja sitä pitemmillä käytävillä.

Kaikkia edellä esitettyjä yhtälöitä hyväksikäyttäen voidaan arvioida palautuksen kokonaisajanmenekkiä eri käytäväpituuksilla. Palautuskertojen lukumäärällä on tällöin varsin ratkaiseva merkitys samoin kuin kulloisellakin palautusmatkalla. Kuvasta 10 nähdään havainnollisesti sekä käsin palauttaminen että koneellisen palautta-

misen ajanmenekki, kun oletetaan, että jokaista käytävän 10 metriä kohden tarvitaan yksi palautuskerta alkaen kuitenkin 15 metristä. 60 metrin pituisella käytävällä olisi näin ollen palautuskertoja 5 ja vastaavat palautusmatkat, 15, 25, 35, 45 ja 55 m. Palautusaika olisi tässä tapauksessa käsin palautettaessa 420 cmin. Vastaava aika koneellisessa palautuksessa, kun myöskin palautusvaijerin asentamiseen kulunut aika on otettu huomioon, on 320 cmin. Palautusvaijerin käyttö on siis ollut edullista tämän pituisella käytävällä.

Lähtökohtana esitetty oletus perustuu koko tutkimuksen aineistosta laskettuun taakkatiheyden keskiarvoon, joka oli jokseenkin tarkoin 1 taakka käytävän 10 metriä kohden. Mikäli taakkoja vinssattaisiin suhteellisesti vähemmän, saattaisi käsin palauttaminen puhtaasti ajanmenekkiä silmälläpitäen tulla kysymykseen yli 60 metrin pituisilla käytävilläkin. Koska apumiehen työ muodostuu kuitenkin tällöin huomattavan raskaaksi, voitaneen tätä käytäväpituutta pitää käsin palauttamisen rajana. Tätä tukee myös se, että koneellisesti palautettaessa jää apumiehelle aikaa pienimpien vinssattavien puiden kassamiseen, joka puolestaan vaikuttaa kiinnittämisen ajanmenekkiä pienentävästi.

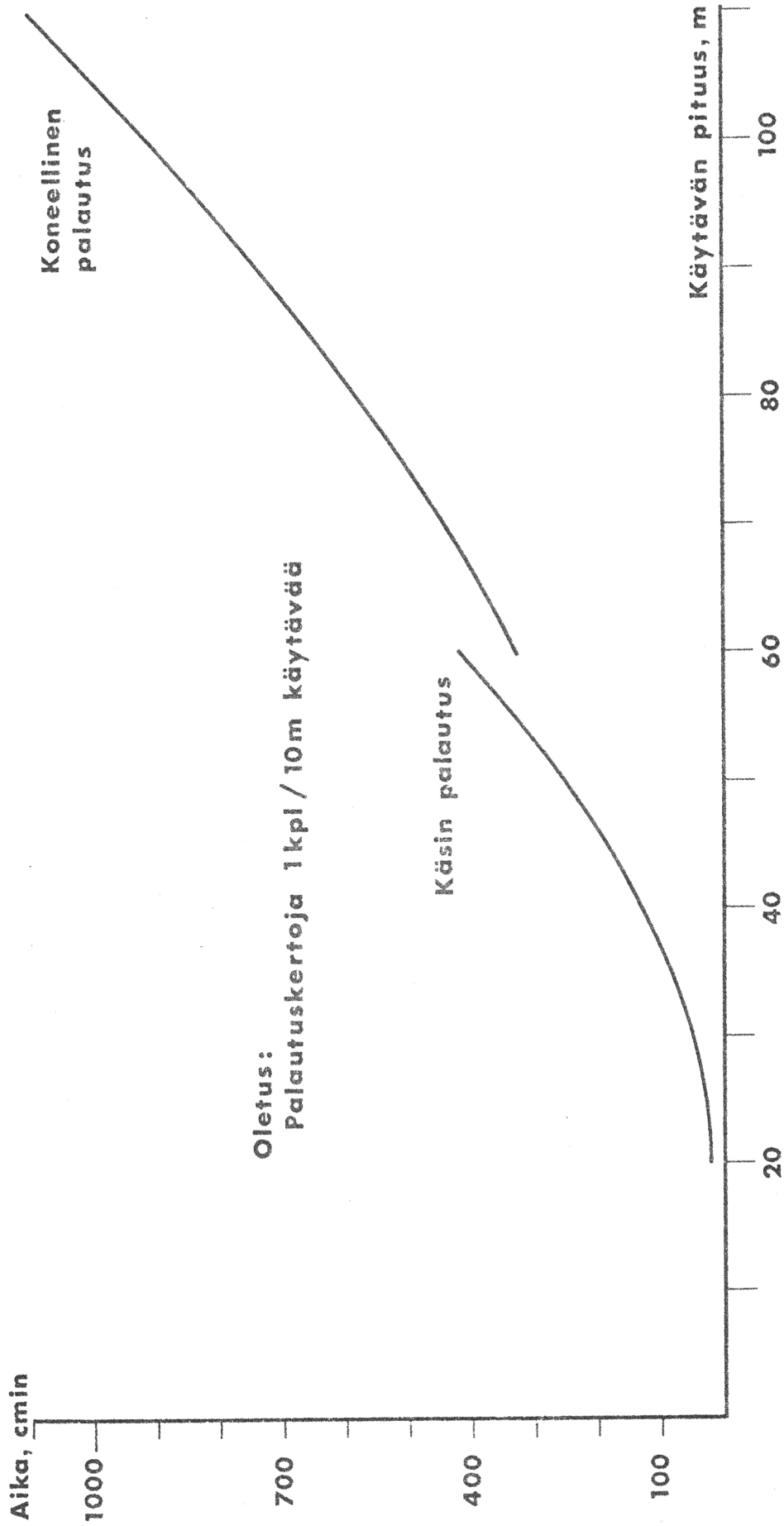
432. K i i n n i t y s

Vinssattavat puut kiinnitettiin suoraan vetovaijeriin pyöräyttämällä silmukka jokaisen puun latvaan. Yhden puun kiinnittämisen jälkeen antoi apumies merkin vinssin käyttäjälle kiinnitetyn puun vinssaamiseksi seuraavaksi taakkaan tulevan puun luo. Näin saatiin taakka suhteellisen tiiviiksi muodostelmaksi. Kun seuraavassa lähdetään lähemmin tarkastelemaan kiinnitysaikaa, huomattakoon, että siihen tällöin sisältyy myös edellä kuvattu kiinnittämisen yhteydessä tapahtunut vinssaus.

Kiinnitysajan menekkiin vinssattua puuta kohden vaikuttivat valikoivan regressioanalyysin viitteiden mukaan voimakkaimmin puiden keskikoko (dm^3/runko) ja puuston tiheys käytävällä (runkoa/ha). Näistä selittävästä tekijöistä esiintyy puiden keskikoko voimakkaalla latauksella (0.79) faktorissa 3. Puuston tiheydellä on faktorissa 2 lataus 0.79.

Tässä aineistossa oli puuston tiheyden ja rungon keskikoon välinen korrelaatio (0.19) siksi vähäinen, että se seuraavassa esitettävää regressioyhtälöä tarkasteltaessa voidaan jättää huomiomatta.

Kuva 10. Koneellisen ja käsin palautuksen kokonaisajamenekkien riippuvuus käytävän pituudesta.



Kiinnitysajan menekkiä vinssattua puuta kohden (cmin/puu) kuvaa yhtälö:

$$y = 13.506 + 0.00018 X_1 X_2$$

| | | |
|--|------|-------------|
| | R | Selitysaste |
| | 0.36 | 0.36 % |

X_1 = puiden keskikoko, dm³/runko

X_2 = puuston tiheys, runkoa/ha

y = kiinnitysaika, cmin/puu

Pieni selvitysaste merkitsee, että kiinnitysajan menekin suu-
resta hajonnasta on vain pieni osa saatu selitetyksi. Erehtymisen
riski tässä aineistossa edellä kuvattua yhtälöä käytettäessä oli
yli 10 %.

Kuvassa 11 on esitetty kiinnitysajan menekki puun keskikoon
funktiona, kun puuston tiheydelle on annettu arvot 800, 1700 ja
2600 runkoa/ha.

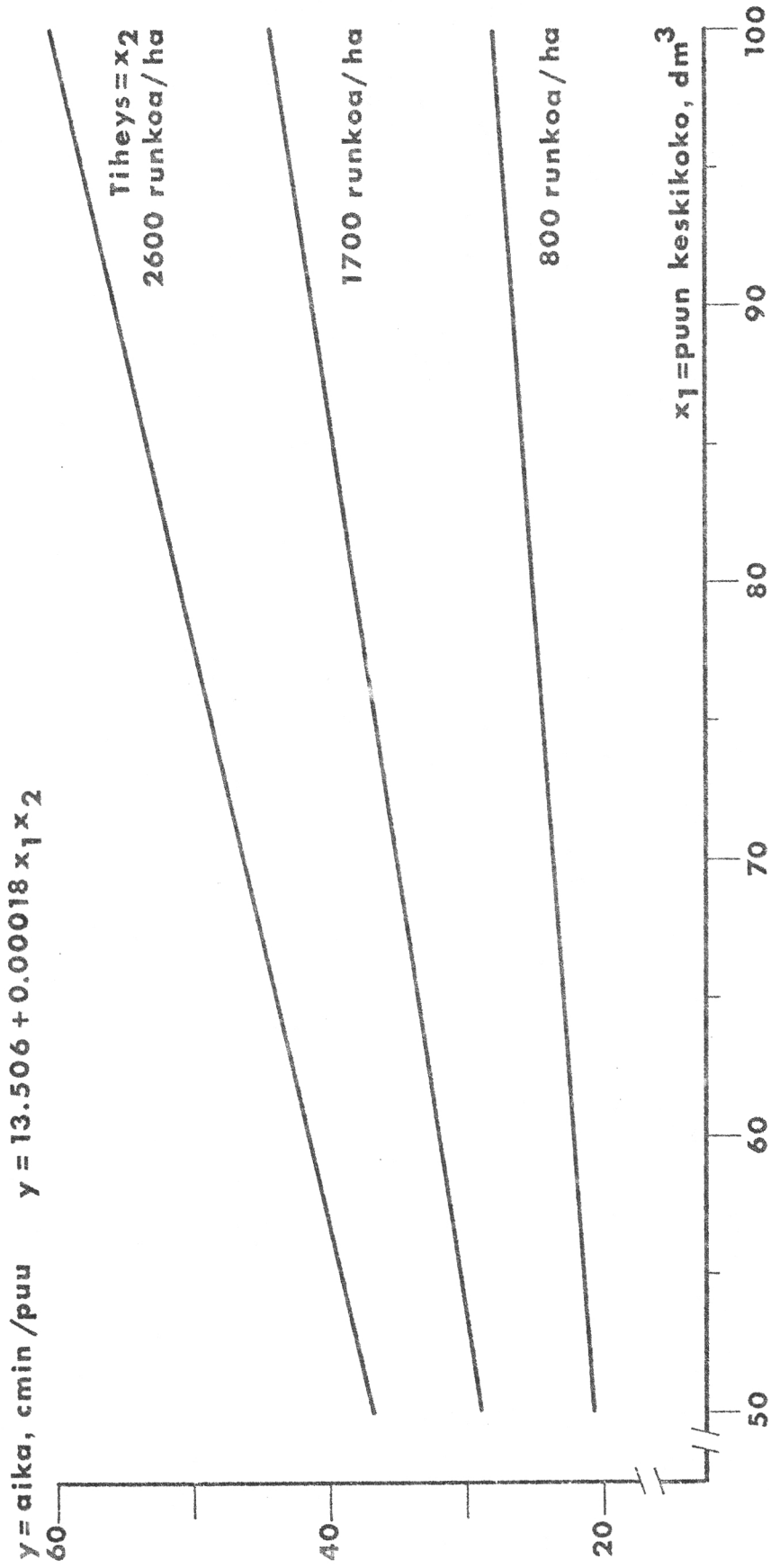
Puun keskikoon suuretessa kasvaa myös kiinnitysajan menekki
vinssattua puuta kohden. Tämä johtunee pääasiassa siitä, että apu-
mies saattoi siirtää pienien puiden latvoja yhteen ja kiinnittää ne
yhtenä nippuna vaijerilenkkiin, jolloin kiinnitysaika puuta kohden
pieneni. Lisäksi apumies joutui joskus nostamaan puun latvaa maasta
kiinnityksen aikana ja se suurilla puilla on hankalampaa kuin pie-
nillä.

Puuston tiheyden vaikutus on samansuuntainen: mitä tiheämpi
puusto sitä hitaampaa oli kiinnitys. Koska kiinnitykseen kuluu myös
sen yhteydessä tapahtuva vinssaus, voitaisiin olettaa, että harva
puusto lisäisi ajanmenekkiä. Näin ei kuitenkaan ole tapahtunut,
koska itse kiinnittäminen on sitä helpompaa mitä harvemmassa puita
on.

Jos puusto
käytävällä nimittäin oli tiheä, johtui siitä että kiinnitettävät
puut jouduttiin kaatamaan osittain päällekkäin, jolloin alimmaisten
puiden kiinnittäminen oli vaikeaa.

Tuotostutkimuksen aineistossa oli puiden koko keskimäärin 83
dm³ ja puuston tiheyden keskiarvo 1586 runkoa/ha. Kun nämä arvot si-
joitetaan esitettyyn yhtälöön saadaan y :n arvoksi 37 cmin/puu, joka
likimain on ollut kiinnittämisen keskimääräinen ajanmenekki tuotos-
tutkimuksessa.

Kuva 11. Kiinnityksen ajanmenekki puuta kohti puiden keskikoon ja puuston tiheyden funktiona.



433. V i n s s a u s

Vinssauksen ajanmenekkiin vaikuttavat samat tekijät kuin palautuksessa. Taakkakohtaiseen aikaan vaikuttaa näin ollen ratkaisevasti vinssausmatka. Seuraavasta yhtälöstä selviää vinssauksen ajanmenekki (cmin/taakka).

| | | |
|---------------|------|--------------|
| | R | Selvitysaste |
| $y = 1.857 x$ | 0.88 | 78.3 % |

x = vinssausmatka,
y = vinssausaika, cmin/taakka
R = korrelaatiokerroin

Keskimääräinen vinssausnopeus on ollut n. 0.9 m/s. Teoriassa pitäisi nopeuden olla likimain vakio, mikäli traktorin kierrosluku pidetään samana. Aineistossa havaittu vaihtelu johtuu osaltaan siitä, että aivan pienet keskeytykset on laskettu mukaan vinssausaikaan ja kierrosnopeus ei luonnollisesti ollut sama koko ajan.

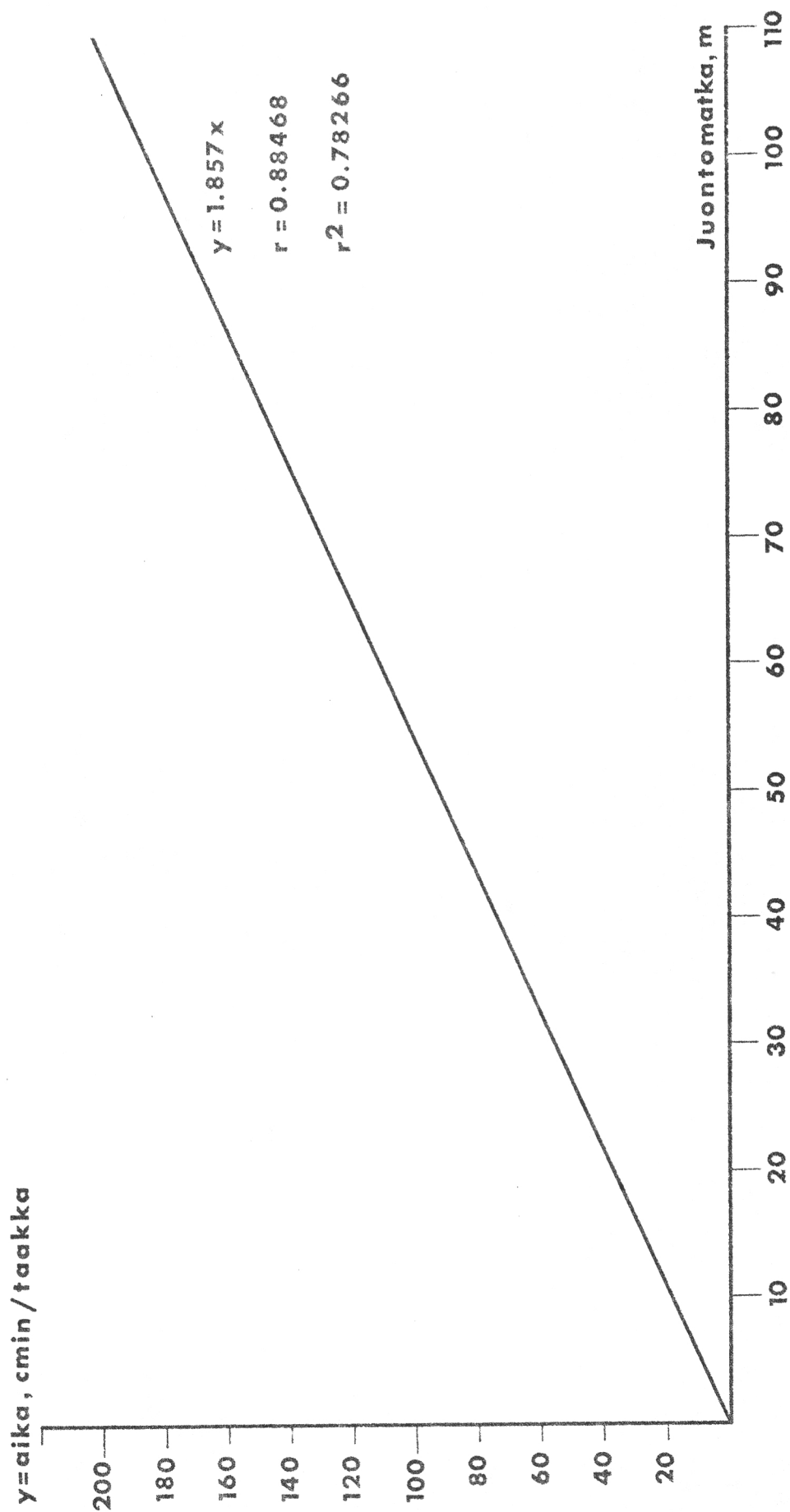
Kuvassa 12 on esitetty taakkakohtaisen ajan ja matkan keskeinen riippuvuus. Kuvasta 13 ilmenee vinssaukseen kulunut kokonaisaika, kun lähtökohtana on tutkimuksessa havaittu keskimääräinen taakkatiheys 1 taakka/10 m. On huomattava, että vinssausmatkat esijuontomenetelmästä johtuen keskimäärin jäävät n. 10 metriä lyhyemmiksi kuin vastaavat palautusmatkat. Kun palautukseen käsin kului 60 metrin käytävällä aikaa 420 cmin ja koneellisesti 320 cmin, oli vastaava ajanmenekki vinssauksessa kuvan 13 perusteella vain 230 cmin.

434. I r r o t u s

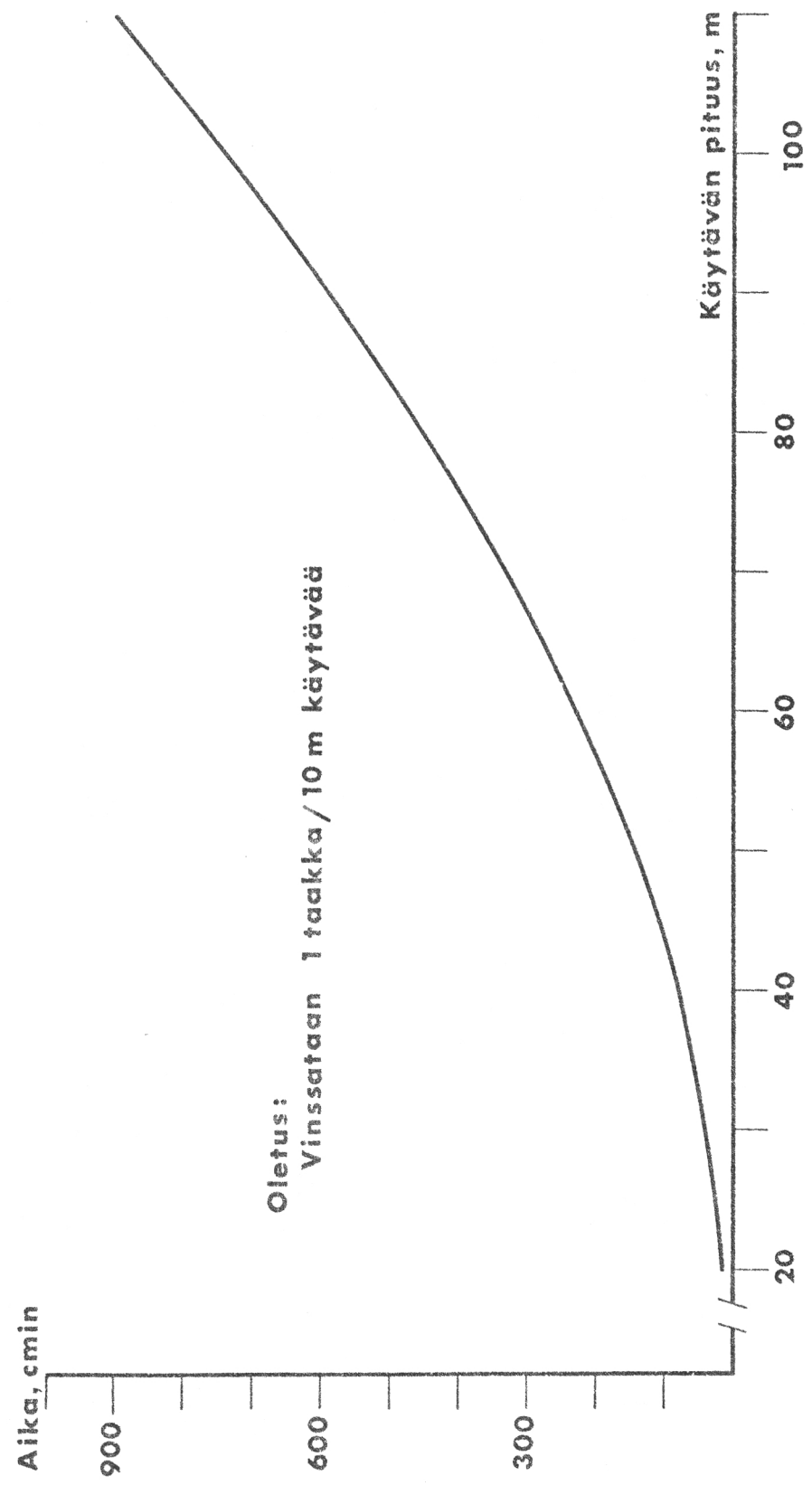
Puiden irrottamisen vetovaijerista suoritti vintturin käyttäjä. Kiinnitystavan vuoksi oli taakan muoto jonkin verran pitkänomainen, ts. irroteltavien puiden latvat eivät olleet samalla tasolla. Niinpä irrottamisen yhteydessäkin oli muutaman puun irrottamisen jälkeen vedettävä vinssillä seuraava puu ulottuville, mihin kuluva aika on tässä yhdistetty irrotusaikaan.

Irrotustyön suurimpana hankaluutena oli, että jokaisen vinssatun taakan ensimmäiset puut säännöllisesti pyrkivät painumaan jo juonnettujen puiden väliin ja niiden alle. Näin siitäkin huolimatta, että alustavien kokeiden yhteydessä huomattiin tässä epäkohta ja

Kuva 12. Vinssauksen ajanmenekki taakkaa kohti juontomatkan funktiona.



Kuva 13. Vinssauksen kokonaisajannenekki käytävän pituuden funktiona.



vetopisteen korotuksella saatiin tilannetta huomattavasti parannetuksi. Lisäksi muodostui irrotustyö yleensä sitä vaikeammaksi, mitä useampia puita käytävältä vinssatiin. Tämä johtui käytävän suulle juonnetun kasan suurentumisesta, mikä taas puolestaan vaikeutti taakojen nousemista kasan päälle. Koska puut juonnettiin karsimattomina, hidasti näiden suuri lukumäärä kasassa myös jokaisen yksityisen puun irrottamista.

Parhaiksi selittäjiksi irrotuksen ajanmenekille (cmin/puu) osoittautivat vinssattujen puiden lukumäärä käytävällä sekä puiden lukumäärä taakassa. Näiden keskinäinen korrelaatio oli varsin vähäinen (0.20). Käytävältä vinssattujen puiden lukumäärä vaihteli aineistossa 4-75 kpl/käytävä ja puiden lukumäärät taakoissa käytäväkohtaisina keskiarvoina 2-13 kpl/taakka.

Irrotusajan menekkiä vinssattua puuta kohden (cmin/puu) kuvaa yhtälö:

$$y = 30.500 + 0.122 x_4 - 1.197 x_5$$

| | | |
|--|------|--------------|
| | R | Selityssaste |
| | 0.50 | 25.0 % |

x_4 = vinssattujen puiden lukumäärä, kpl/käytävä

x_5 = puiden lukumäärä taakassa keskimäärin, kpl/taakka

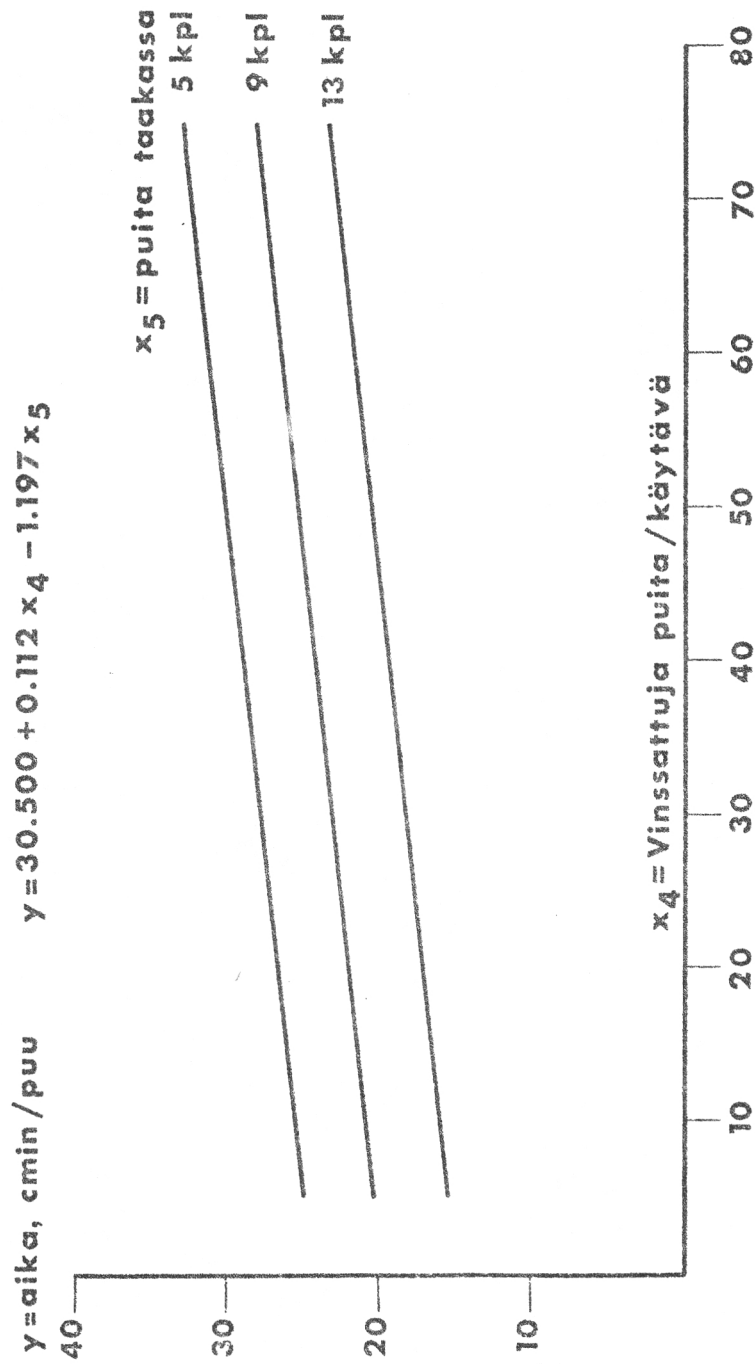
y = irrotusaika, cmin/puu

R = korrelaatiokerroin

Yhtälön selvitysaste osoittaa, että varsin suuri osa irrotusajan vaihtelusta jää siis selittämättä. Kerroiten merkitsevyys on kuitenkin niin suuri, että 5 %:n riskillä voidaan sanoa, että mallin antamien tulosten ja todellisten havaittujen arvojen välillä vallitsee tilastollinen riippuvuus.

Kuvassa 14 on piirretty regressiosuorat, jotka kuvaavat irrotusajan menekkiä käytävältä vinssattujen puiden lukumäärän funktiona yhden taakan sisältäessä keskimäärin 5, 9 ja 13 puuta. Kuvasta selviää havainnollisesti, että mitä useampia puita käytävältä vinssataan sitä suurempi on irrottamisen ajanmenekki puuta kohti. Toisaalta taas havaitaan, että puiden suuri lukumäärä taakassa pienentää ajanmenekkiä. Tämä johtunee siitä, että ensimmäisten puiden saaminen kasan päälle oli hankalinta ja loppuosa taakasta nousi helpommin. Tässä aineistossa oli irrottamisajanmenekki keskimäärin 27 cmin/puu. Tähän lukuun päästään kun sijoitetaan esitettyyn yhtälöön $x_4 = 33$ ja $x_5 = 6.19$, jotka ovat kyseisten muuttujien keskiarvot tuotostutkimuksen aineistossa.

Kuva 14. Irrotusajan menekki puuta kohti käytävältä vinssattujen puiden lukumäärän ja taakassa olevien puiden lukumäärän funktiona.



435. A p u a j a t

Apuaikoihin luetaan kuuluviksi vinssin vinssauskuntoon laittaminen ja traktorin siirtäminen käytävältä toiselle. Yhteensä näihin kuluneen ajan osuus tehoajasta oli 10 %.

Vinssauksen valmisteluun kuului vinssin sijoittaminen käytävän päähän mahdollisuuksien mukaan sellaiseen suuntaan, ettei sitä vinssauksen kestäessä olisi jouduttu siirtämään. Niinikään oli valittava riittävän kovapohjainen vinssausalusta, jotta välttyttiin tukijalkojen maahan painumisesta aiheutuva haitta. Säädettävien tukijalkojen laskemiseen kului myös osa valmisteluajasta. Kaiken kaikkiaan kului näihin toimenpiteisiin suurin piirtein yhtä suuri aika käytävää kohti, keskimäärin 196 cmin/käytävä. Kaikissa laskelmissa on käytetty tätä keskimääräistä valmisteluaikaa.

Traktorin siirtämisaika käytävältä toiselle jäi yleensä varsin pieneksi. Käytävien välinen etäisyys oli siksi pieni ja maasto tutkimuspalstalla niin tasainen, että siirtämisaikoihin vaikuttavia tekijöitä ei voitu tarkemmin analysoida. Niinpä tässäkin kunkin käytävän osalta on käytetty keskimääräistä siirtämisaikaa 145 cmin/käytävä.

Aputyövaiheiden yhteydessä ei vaikeuksia juuri esiintynyt siitäkään huolimatta, ettei peruskoneena käytetty maataloustraktori ollut varustettu maastokelpoisuutta parantavilla puoliteloloilla, jotka kylläkin vaikeammassa maastossa ja vaikeammassa olosuhteissa esimerkiksi talvella saattavat olla tarpeen.

44. Tuotos ja siihen vaikuttavat tekijät

Tuotoksia on laskettu sekä käytävä- että riviharvennuksissa. Sen sijaan tuotoksen riippuvuutta eri tekijöistä ei ole laskettu riviharvennuksessa aineiston pienen koon vuoksi. Esijuonnon tuotokset käytävillä vaihtelivat tässä tutkimuksessa 3.1 - 9.7 k-m³/t ja riveillä 2.1 - 3.4 k-m³/t. Ero tuotoksissa rivi- ja käytäväharvennuksen välillä johtui lähinnä pienemmästä rungon koosta riviharvennuksessa kuten jäljempänä osoitetaan. Tuotoksiin on laskettu mukaan myös se puumäärä, jota ei itse asiassa jouduttu siirtelemään, koska se saatiin osittain kasatuksi pelkästään suunnattua kaatoa hyväksi käyttäen. Huomattava on, että tämän puumäärän osuus kokonaispuumäärästä oli sitä suurempi mitä lyhyemmistä käytävistä oli kysymys. Tästä syystä lyhyiden käytävien tuotokset olivat systemaattisesti korkeam-

pia, mikäli tarkastellaan kokonaispuumäärää käytävällä eikä todellista vinssattua puumäärää. Kun suunnatun kaadon avulla näin saatava ylimääräinen tuotoslisä eliminoitiin, vaihtelivat tuotokset käytävillä 2.1 - 6.3 k-m³/t ja riveillä 1.9 - 2.2 k-m³/t.

Seuraavassa tarkastelussa on pyritty erottamaan liikutellun puumäärän mukaiset tuotokset ja suunnatun kaadon avulla saavutettava tuotoslisä sekä analysoimaan erikseen näihin vaikuttavia tekijöitä.

441. Vinssatun puumäärän mukaiset tuotokset käytävillä

Tuotokset on tässä tutkimuksessa laskettu kiintokuutiometreinä työtuntia kohden, ts. aikaan sisältyy myös keskeytysten osuus 20 %. Käytävittäin vaihtelivat tuotokset huomattavasti. Vaihtelun syiden selvittämiseksi käytettiin hyväksi valikoivaa regressioanalyysiä, jonka antamien viitteiden mukaan valittiin selittäviksi tekijöiksi kustakin pääkomponenttianalyysin faktorista yksi voimakkaan latauksen omaava muuttuja.

"Puumäärä ja käytävän koko" -faktorin muuttujista oli tuotosta parhaiten selittävä tekijä käytävän leveys (faktorilataus 0.75). Puuston tiheys esiintyy suurimmalla latauksellaan (0.79) faktorissa (2) ja puiden keskikoko (faktorilataus 0.79) faktorissa (3). Tuotoksen (k-m³/t) riippuvuutta näistä kolmesta tekijästä kuvaa yhtälö:

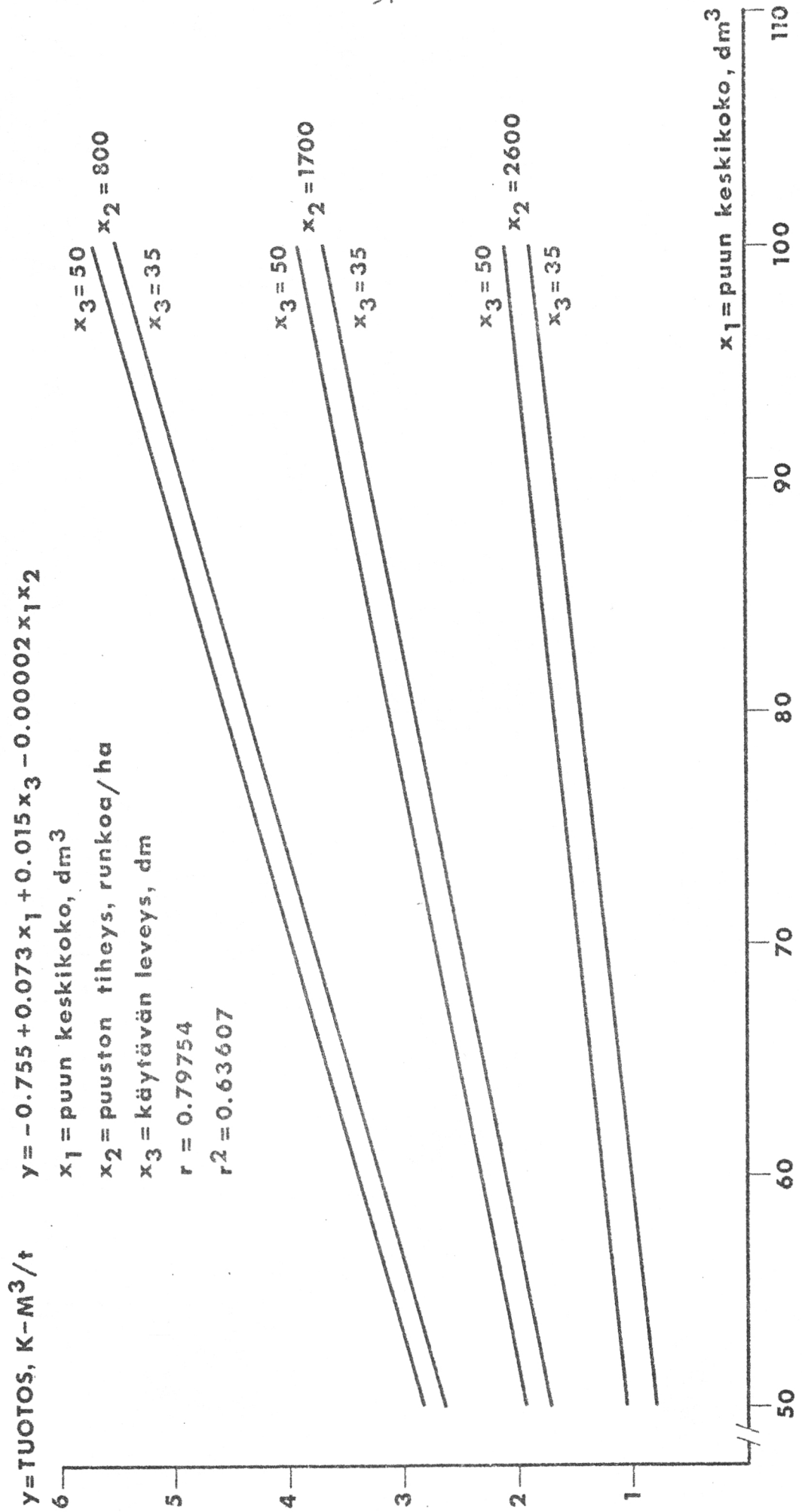
$$y = -0.75 + 0.073x_1 + 0.015x_3 - 0.00002x_1x_2$$

| | | |
|--|------|--------------|
| | R | Selvitysaste |
| | 0.80 | 63.6 % |

- x_1 = puiden keskikoko, dm³
- x_2 = puuston tiheys, runkoa/ha
- x_3 = käytävän leveys, dm
- y = tuotos, k-m³/t
- R = korrelaatiokerroin

Puun keskikoolla on tuotokseen nähden selvä vaikutus: mitä suurempia puita vinssataan sitä parempaan tuotokseen päästään. Havainnollisemman käsityksen antanee kuva 15, jossa on esitetty tuotoksen riippuvuus rungon keskikooosta, kun puuston tiheydelle on annettu arvot 800, 1700 ja 2600 runkoa/ha ja käytävän leveydelle tässä tutkimuksessa esiintyneet 35 ja 50 dm. Puun keskikoon merkitys onkin varsin ymmärrettävä, koska esijuontomenetelmän kiinnitys- ja irrotusvaiheissa puita käsitellään yksitellen.

Kuva 15. Vinssatun puumäärän mukaiset tuotokset puiden keskikoon, puuston tiheyden ja käytävän leveyden funktiona.



Puuston tiheydellä on tuotosta pienentävä vaikutus. Tämä johtuu pääasiassa kiinnittämisen hidastumisesta kun puut jouduttiin kaatamaan osittain päällekkäin. Viiden metrin levyisillä käytävillä päästään keskimäärin n. 0.25 k-m³ parempiin tuotoksiin kuin 3.5 metrin käytävillä.

Keskimääräisen käytäväleveyden oltua tutkimuksessa 4.25 m, puuston tiheyden 1586 runkoa/ha ja puiden keskikoon 83 dm³ saadaan vinssaustuotokseksi esitetyn yhtälön mukaan 3.76 k-m³/t.

Jos sijoitetaan käytäväharvennuksesta saatuun yhtälöön rivi-harvennuksessa esiintyneet muuttujien keskiarvot saadaan käytäväharvennuksen tuotokseksi 1.29 k-m³/t, kun vastaava tuotoksien keskiarvo riveillä oli 2.08 k-m³ (hajonta \pm 0.2 k-m³). Vinssaustuotos on siis tämän mukaan riveillä parempi kuin käytävillä.

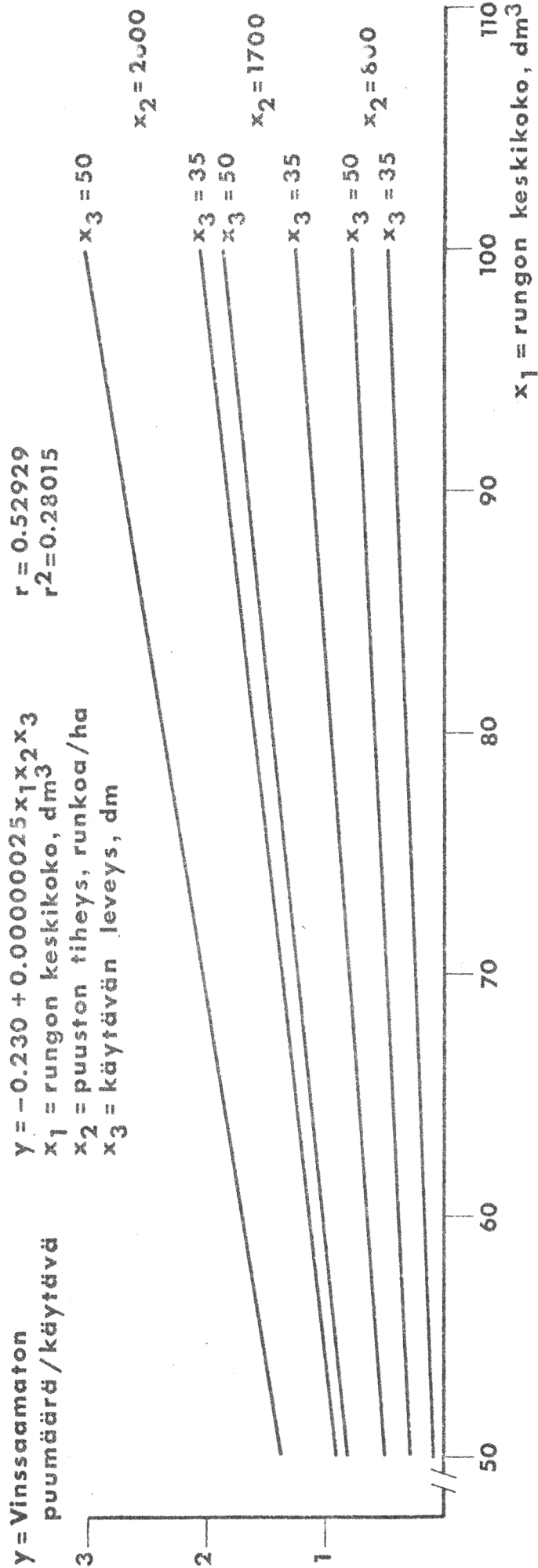
442. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaatuva puumäärä.

Suunnattua kaatoa hyväksikäyttäen voidaan vinssattavaa puumäärää pienentää. Kun puiden keskipituus oli tässä aineistossa 15-16 m, voidaan sanoa, että ainakin 10 metriä jokaisen käytävän alussa on sellaista aluetta, jolta vinssausta ei tarvitse suorittaa. Tällä alueella oleva puumäärä on riippuvainen puiden keskikokoosta, käytävän leveydestä ja puuston tiheydestä seuraavan yhtälön mukaan:

| | R | Selvitysaste |
|---|------|--------------|
| $y = - 0.230 + 0.00000025x_1x_2x_3$ | 0.53 | 28.0 % |
| x_1 = puiden keskikoko dm ³ | | |
| x_2 = puuston tiheys runkoa/ha | | |
| x_3 = käytävän leveys dm | | |
| y = suunnatulla kaadolla tien varteen kaadettu puumäärä, k-m ³ | | |
| R = korrelaatiokerroin | | |

Kuva 16 esittää vinssaamattoman puumäärän riippuvuutta puun keskikokoosta kun puuston tiheys ja käytävän leveys saavat eri arvoja. Käytävän leveyden vaikutus puumäärään on sitä voimakkaampi mitä tiheämpi on puusto ja mitä suurempi on puiden keskikoko. Tämä onkin luonnollista, koska käytävän leveys edustaa tavallaan pinta-alaa, jolta puut kaadetaan ja puuston tiheyden ja puiden keskikoon tulo taas merkitsee samaa kuin puustoisuuden tunnuksena usein käytetty suure k-m³/ha.

Kuva 16. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaadettu puumäärä puiden keskikoon, puuston tiheyden ja käytävän leveyden funktiona.



Suunnatun kaadon keskimääräinen "tuotoslisä" oli tässä tutkimuksessa n. 1.15 k-m³/käytävä ja 0.41 k-m³/rivi (hajonta \pm 0.35). Ero johtuu lähinnä puuston pienuudesta riviharvennusalueella.

443. K o k o n a i s t u o t o s

Kun tarkastellaan esijuonnon kokonaistuotosta, on todellisen vinssaustuotoksen lisäksi otettava huomioon myös suunnatun kaadon ansiosta kunkin käytävän suulle palsta- tai autotien varteen jatkokäsittelyä varten saatu puumäärä. Niinikään on otettava huomioon puut, jotka saadaan tielinjalta, mikäli uuden palstatien raivaaminen maastoon on käytäväharvennuksen suorittamiseksi tarpeen.

Kun suunnattu kaato otetaan laskelmissa huomioon edellä esitetyn yhtälön mukaan, mutta tielinjan puita ei, saadaan esijuonnon tuotokseksi käytävillä keskimäärin 4.110 k-m³/t, mikä merkitsee 6.5 tunnin työpäivänä n. 32 k-m³:n tuotosta. 5 metrin levyisillä käytävillä päästiin jonkin verran parempiin tuotoksiin kuin 3.5 metrin käytävillä. Riveillä keskimääräinen tuotos oli 2.48 k-m³/t. Tasoittamalla käytävien tuotokset vastaamaan rivien muuttujien keskiarvoa tuotos käytävillä oli 1.98 k-m³/t. Käytävän pituudella ja keskimääräisellä juontomatalla ei näyttänyt olevan juuri vaikutusta tuotoksiin. Tämä johtunee siitä, että kaiken kaikkiaan olivat esijuonnossa eniten aikaa vievät työvaiheet kiinnitys ja irrotus, joihin vaikuttavat tekijät samalla muodostuivat ratkaiseviksi myös tuotoksien kannalta. Lisäksi käytävän leveys korreloi verraten voimakkaasti käytävän pituuden kanssa, joten käytävän pituuden aiheuttama varianssi lienee osittain häipynyt käytävän leveyden aiheuttamaan.

Vintturilla suoritettava esijuontoa ovat aikaisemmin tutkineet Ala-Heikkilä ja Ruoste (1970) sekä Rysä (1969). Ala-Heikkilän ja Ruosteen tutkimus koskee karsittujen paperipuurunkojen ja rankojen esijuontoa talviolosuhteissa. Käytetty vinssausmenetelmä oli niissä samantapainen kuin käsillä olevassa tutkimuksessa. Harvennus suoritettiin tavallisena alaharvennuksena, ja rungot vinssattiin hajaltaan tai vinssausurilta palstatien varteen. Esijuonnon suoritti kahden miehen työryhmä ja kalustona tutkimuksessa oli puoliteloilla varustettu maataloustraktori sekä 1-rumpuinen FARMI-juontovinssi.

Rysä (1969) on tutkinut paperipuiden esijuontoa radiovintturilla hakkuumiehen kasaamina juontotaakkoina palstatien varteen.

Ala-Heikkilän ja Ruosteen selvityksessä vaihtelevat tuotokset 3.4 - 6.9 k-m³/tehotunti. Rysällä ovat vastaavat tuotokset 3.5 - 6.7 k-m³/t.

Tässä tutkimuksessa havaitut tehotuntia kohden lasketut liikutellun puumäärän mukaiset tuotokset käytävillä vaihtelivat 2.6 - 7.9 k-m³/t ja 3.8 - 9.0 k-m³/t, kun suunnatun kaadon vaikutus on keskimääräisenä otettu huomioon. Vinssattujen puiden keskikoko vaihteli jokseenkin samoissa rajoissa kuin edellä mainituissa vertailututkimuksissa. Voidaankin todeta, että tässä tutkimuksessa on päästy jonkin verran parempiin tuotoksiin kuin vertailun kohteina olevissa Rysän ja Ala-Heikkilän ja Ruosteen tutkimuksissa.

Samsetin ja Bjaanesin (1969) tutkimuksessa, jossa traktori peruutti käytävälle ja lastaus tapahtui vintturilla laahuskuormaksi, tuotokset riviharvennusta vastaavalla puun koolla oli keskimäärin vain 1.02 m³/tunti, mutta mainitussa tutkimuksessa keskijuontomatka oli 120 m ja juontotyön suoritti yksi mies.

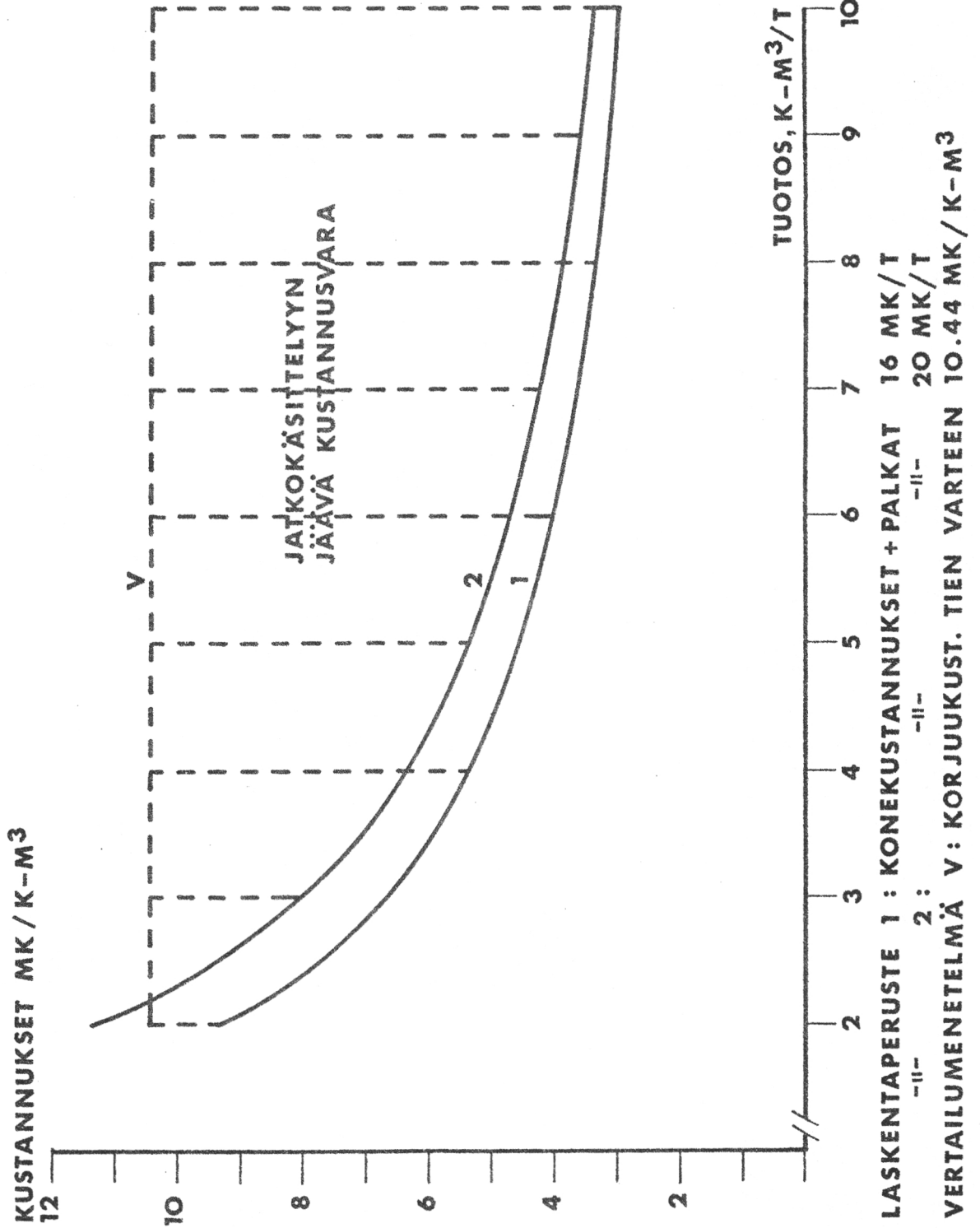
43. Kustannusvertailua

Hapamäen (1969) mukaan ovat muuttuvat käyttötuntikustannukset traktorille ja lisälaitteille mies mukaanlukien 9.68 mk/tunti. Hapamäen esittämillä perusteilla voidaan 3 vuoden kuoletusajalle laskea 3000 mk lisävarusteiden (vintturin hinta oli n. 2100 mk) korko- ja kuoletuskustannuksiksi 1200 käyttötunnin jälkeen n. 2.50 mk/tunti. Katetuottoajatteluun perustuen, jolloin traktorin kuoletusta ei oteta huomioon, voidaan käytetyn kaluston ja 2 miehen tuntikustannukseksi laskea 16 mk/tunti (1). Tällöin miehen tuntipalkka on sosiaalikustannuksineen Hapamäen esittämä 4 mk.

Pitkän tähtäyksen suunnittelussa ei kannattavuutta voine laskea katetuottoajatteluun tai vallitsevan käytännön epävarmoin perustein, vaan myös traktorin kuoletus lienee otettava huomioon. Toiseksi laskentaperusteeksi onkin otettu 20 mk/tunti (2) kustannus kahdelle miehelle ja tutkimuksessa käytetylle kalustolle.

Kuviossa 17 on esijuontokustannus kiintokuutiometriä kohti esitetty työntuotoksen funktiona edellä mainittuja kustannuslukuja käyttäen. Ottamalla laskentaperusteeksi 0.1 k-m³ rungon koko, joka vastannee keskimääräistä harvennuspuuta ja 1200 puuta hehtaarilla tiheys, päästään 5 m käytävillä 5.59 k-m³/käyttötunti ja 3.5 m käytä-

Kuva 17. Esijuontokustannusten riippuvuus tuotoksesta sekä vertailu miehen suorittaman palstatien varteen hakkuun kustannuksiin.



villä 5.02 k-m³/käyttötunti tuotoksiin. Luvut vastaavat 5 metrin käytävillä 2.86 mk/k-m³ (1) ja 3.58 mk/k-m³ (2) kustannuksia sekä 3.5 metrin käytävillä 3.19 mk/k-m³ (1) ja 3.99 mk/k-m³ (2) kustannuksia laskentaperusteesta riippuen.

Vinssauksen ansiosta välttytään tekomiehen suorittamalta kasaukselta ja karsinta- ja katkonta voidaan suorittaa koneellisesti tai korvata haketuksella. Koska vinssausetäisyys saattaa maastosta riippuen olla yli 100 metriä on mahdollista edullisissa tapauksissa välttyä myös muulta metsäkuljetukselta ja vinssata puut suoraan autotien varteen.

Oheisena suoritetaan taulukossa 4 kustannusvertailu käytetyn menetelmän ja teon palstatien varteen välillä. Tällöin ajatellaan puutavara valmistettavaksi noin 3 metriseksi ja tynkä karsituksi vähintään 0.4 k-m³ kasoihin palstatievälin ollessa 20...30 m. Jatkokuljetus ajatellaan suoritettavaksi metsätraktorilla. Tekomiehen suorittama kaato on sosiaalikuljettavaksi vuoden 1969 työvaihetak- san mukaan hinnoiteltu 0.90 mk:ksi/k-m³ ja tutkitussa menetelmässä siihen on lisätty 50 % latvan katkaisulisää. Karsinta on samoin perustein hinnoiteltu 4.000 mk:ksi /k-m³, 3:ssa oksaisuus- ja toisessa pituusluokassa katkonta 0.76 mk:ksi/k-m³ ja kasaus 1.75 mk:ksi/k-m³.

Metsäkuljetus on hinnoiteltu vuoden 1969 ohjemaksujen mukaan seuraavin perustein: Kuljetusmatka alle 100 metriä, maastoluokka II, tiheysluokka 1, tuore tavara. Taulukossa 4 on laskettu kustannukset tutkitulle menetelmälle 3.5 käytävillä kahta laskentaperustetta käyttäen, jotka on esitetty aikaisemmin tässä luvussa. Koska vinssausmatka edullisissa olosuhteissa saattaa olla yli 100 metriä, voidaan puut määrätapauksissa vinssatasuoraan autotien varteen. Tästä syystä laskelmissa tutkitun menetelmän kustannukset on laskettu ilman muuta metsäkuljetusta, mutta metsäkuljetuskustannus on otettu mukaan suluis- sa oleviin lukuihin.

Puiden käsittelyä suorittavan koneen täytyisi laskelman mukaan käsitellä esijuonnetut puut 5.89 mk:lla/kpm³ (5.09 mk:lla/k-m³), jotta tutkittu menetelmä yhdistettynä puiden koneelliseen jatkokäsittelyyn olisi vertailumenetelmän kanssa kilpailukykyinen. Kuviossa 17 on esitetty graafisesti kuinka suuri "kustannusvara" jää vertailumene- telmään nähden eri vinssaustuotoksilla (kaato hinnoiteltu kuten taulukossa 4 nähdään).

Taulukko 4. Kustannusvertailu tutkitun menetelmän ja teon palstati-
tien varteen (tynkäkarsittu n. 3 m) välillä.

| Työvaihe | A | | B | C |
|---|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------|
| | Tutkittu menetelmä | | Vertailu- menetelmä | |
| | Laskenta- peruste (1) | Laskenta- peruste (2) | | |
| | Kustannus mk/k-m ³ | | | |
| Kaato | 1.35 | 1.35 | | 0.90 |
| Karsinta | - | - | | 4.00 |
| Katkonta | - | - | | 0.76 |
| Kasaus | - | - | | 1.75 |
| Vinssaus ¹⁾ | 3.20 | 4.00 | | - |
| Metsäkuljetus | (3.03) | (3.03) | | 3.03 |
| Yhteensä | 4.55 (7.58) | 5.35 (8.38) | | 10.44 |
| Puiden jatkokä- sittelyyn jäävä "kustannusvara" | C - A 5.89 (2.89) | C - B 5.09 (2.06) | | |

Suluissa olevat luvut merkitsevät tapausta, jossa puuta ei
voida vinssata autotien varteen.

¹⁾Tuotokseksi oletettu 5.0 k-m³/käyttötunti.

Alle 0.1 k-m³ kokoisten puiden käsittelyssä voidaan nykyisillä
sarjavalmisteisilla karsija-katkojakoneilla tuskin päästä edes
10 k-m³:n tuntituotoksiin, joten jatkokäsittelyn kustannukset moni-
toimikoneella muodostuvat suuremmiksi kuin taulukon 4 mukaiset kus-
tannusvarat (5.89 ja 5.09 mk). Mikäli pystytään kehittämään erikoi-
sesti harvennuspuun korjuuseen soveltuva monitoimikone tai kokopuu-
hakkuri, joka käsittelee pienikokoista puuta esimerkiksi nippuina,
voi puiden jatkokäsittely tulla niin halvaksi, että esijuonto vint-
turilla ja puiden jatkokäsittely monitoimikoneella käytäväharvennuk-
sen yhteydessä muodostuu edullisemmaksi kuin hakkuumiehen suoritta-
ma perinteellinen palstati-
tien varteen hakkuu. Ennen kuin tällainen
kone on kehitetty, voivat käsitykset esijuonnon tarpeellisuudesta
ja sen suorittamistavoista täysin muuttua. Tällä hetkellä käytettä-
vissä olevin jatkokäsittelyvaihtoehtoin ei kokonaisten puiden esi-
juonto vintturilla kuitenkaan ole erityisen kannattavaa.

Esijuonnon kustannukset tässä tutkimuksessa laskettuna vaihto-
ehdon (1) mukaan olivat 2.86 - 3.19 mk/k-m³. R y s ä n (1969)

tutkimuksessa, jossa esijuonto suoritettiin radio-ohjatulla vintturilla, vaihtelivat kustannukset 1.70 - 3.60 mk/k-m³. A l a - H e i k k i l ä n ja R u o s t e e n (1970) tutkimuksessa esijuonnosta talviolosuhteissa olivat kustannukset selvästi edellisiä suuremmat (2.96 - 5.94 mk/k-m³). Todettakoon, että edellä mainitut vertailututkimukset eivät koskeneet kokopuiden vaan runkojen ja rankojen vinssausta.

Kaikkia esitettyjä kustannuksia täytyy kuitenkin pitää korkeina. Kustannusten alentamiseksi voitaisiin ajatella nyt tutkitussa esijuontomenetelmässä käytettäväksi radio-ohjattua vintturia. Tuotokset jäisivät ilmeisesti jonkin verran alahisemmiksi, mutta mikäli esijuonnon pystyisi suorittamaan yksi mies, alentuisivat lopulliset kustannukset melkoisesti. Toisaalta on radio-ohjatun vintturin käytössä otettava huomioon tapaturmanvaara sekä se tosiasia, että toistaiseksi on radio-ohjauslaitteiden toimintavarmuus ollut heikohko.

5. TIIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää harvennuspuun koneellista siirtämistä maataloustraktori-sovitteisella vintturilla. Puut juonnettiin kokonaisina palstatien varteen kasoihin, joista monitoimikone tai kokopuuahakkuri voi suorittaa niiden jatkokäsittelyn. Tutkimuksessa käytettiin mahdollisimman pitkää vinssausmatkaa. Näin puut pyrittiin vinssaamaan edullisessa tapauksessa suoraan autotien varteen. Harvennusmenetelmänä olivat käytävä- ja riviharvennus. Käytävien leveydet olivat 3.5 ja 5 metriä ja riveistä poistettiin joka kolmas (istutusväli 2 m).

Alustavien kokeiden yhteydessä kehitettiin yhdessä valmistajan kanssa prototyyppi-vintturia, pyrittiin löytämään paras työmenetelmä sekä harjaannutettiin miehet työhön. Tuotoskokeet suoritettiin maastoltaan tasaisessa leimikon osassa. Tärkeimmät puusto- ja vinssaustunnukset on esitelty taulukoissa 1 ja 2. Työajan menekkiin ja tuotokseen vaikuttavat tekijät selvitettiin valikoivan regressioanalyysin tekniikkaa soveltaen, käyttäen hyväksi muuttujien valinnassa pääkomponenttianalyysiä. Näin pyrittiin mahdollisimman korreloimattomiin muuttujiin ja täten helpottamaan tulosten tulkintaa ja parantamaan mallien ennustearvoa.

Parhaaksi työmenetelmäksi osottautui menetelmä 4 (kuva 2 ja 8). Siinä taakka kiinnitettiin vaijeriin tehdyillä lenkeillä senjälkeen,

kun puiden latvat oli katkaistu ja karsittu. Keskimäärin taakassa oli kuusi puuta. Palautusrummun käyttö oli ajanmenekin kannalta edullista yli 55 m pituisilla käytävillä edellyttäen, että yhdellä palautusvaijerin asennuksella vinssattiin kaksi käytävää.

Tutkimuksen aikana tehtiin vintturiin seuraavat korjaukset: Tukijalat pidennettiin, jotta nivelakseli saatiin suoraan ja niiden vastinpinnat levitettiin ja tehtiin tapaturmavaaran vuoksi vain sisäänpäin leveneviksi (kuva 5). Palautusrummun välitystä nopeutettiin ja rumpujen jarrut tehtiin helposti ja nopeasti säädettäväksi (käsin palautus helpottui) (kuva 6). Jotta puut eivät painuisi vintturin alle, se varustettiin puskulevyllä, ja vetopistettä korotettiin, koska puut eivät muuten nousseet aikaisemmin vinssattujen päälle (kuva 7). Vetoketjun kiristäjä muutettiin helposti säädettäväksi (kuva 6). Kiinnitysaisojen liitokset vahvistettiin (kuva 5, nuoli).

Vintturin hydraulikytkin ja sähkökaapeliohjaus toimivat luotettavasti, mutta sähkökaapeliohjaus ei kalleutensa vuoksi vastanne tarkoitustaan kyseisessä työssä. Vaijerin murtumisen estämiseksi kiinnitettiin vetovaijeriin paksumpi jatke, johon puut kiinnitettiin (kuva 8). Liitoskohta edellytti taittopyörien levitystä. Vetovoima (4000 kp) ei missään vaiheessa muodostunut työtä rajoittavaksi tekijäksi, vaan vetovaijerin kestävyys.

Työajan jakaantuminen käytäväharvennuksessa on esitetty asetelmassa 2. Siitä nähdään, että kiinnitys ja irrotus ovat vieneet 67 % tehoajasta. Keskeytykset on jaoteltu ryhmiin asetelmassa 1. Tehotyöajan menekki eri työviaheissa on esitetty niihin vaikuttaneiden tekijöiden funktiona regressioyhtälöinä luvussa 43 käytäväharvennuksen osalta. Yhtälöitä on havainnollistettu kuvissa 9...14. Pienestä aineistosta johtuen ei riviharvennuksesta esitetty em. riippuvuuksia.

Esijuonnon tuotokset vaihtelivat käytäväharvennuksessa 3.1 ... 9.7 k-m³/t ja riviharvennuksessa 2.1 - 3.4 k-m³/ha. Tällöin on laskettu mukaan myös se puumäärä, joka saatiin kasatuksi käytävien suulle pelkästään suunnattua kaatoa hyväksi käyttäen. Kun suunnatun kaadon osuus jätetään pois, vaihtelivat tuotokset käytävillä 2.1 ... 6.3 k-m³/t ja riveillä 1.9 - 2.2 k-m³/t. Riviharvennuksen pienempi tuotos johtuu lähinnä pienemmästä rungon koosta riviharvennusalueella.

Luvussa 441 on esitetty todella vinssatun puumäärän mukainen tuotos siihen merkitsevästi vaikuttaneiden tekijöiden funktiona ja riippuvuuksia on havainnollistettu kuvassa 15. Suunnatulla kaadolla käytävän suulle kaatunut puumäärä on esitetty samalla tavalla luvussa 442.

Tasoitamalla käytävien tuotokset vastaamaan riviharvennuksen muuttujien keskiarvoja tuotos käytävillä oli 1.98 k-m³/t kun taas riveillä tuotosten keskiarvo oli 2.48 k-m³/t. Vinssaustuotos riviharvennuksessa siis näyttää olevan suurempi kuin käytäväharvennuksessa.

Luvussa 43 on suoritettu kustannusvertailua siten, että on laskettu vertailumenetelmäksi taksojen mukainen tekokustannus palstatienvarteen n. 3 metrisenä tynkäkarsittuna ja likipituisena kuitupuuna ja siitä metsätraktorikuljetus välivarastoon. Vähentämällä esijuonto- ja kaatokustannus vertailumenetelmästä on saatu "kustannusvara", jolla puiden jatkokäsittelyn ja mahdollisen metsäkuljetuksen olisi tapahduttava, jotta tutkittu menetelmä olisi kilpailukykyinen vertailumenetelmän kanssa (kuva 17). Esijuontokustannus on laskettu kahdella tavalla: ns. katetuottoajattelun pohjalta, jolloin traktorin kuoletusta ei ole laskettu mukaan (1) ja laskien myös traktorille kuoletusta (2). Keskimääräislukuja käyttäen "kustannusvaraksi" jää 3.5 m:n käytävillä 2.06...5.89 mk/k-m³ riippuen laskentaperusteesta ja siitä voidaanko puut vinssata suoraan autotien varteen.

Tutkittu työmenetelmä on miestyövaltainen (n. 0.05...0.06 miestyöpäivää/k-m³) verrattuna esim. miehen suorittamaan kasaukseen tai metsätraktorikuljetukseen, ja erityisesti vaijerin vetäminen on raskasta työtä. Tosin miestyövaltaisuutta voitaneen vähentää radio-ohjatun vintturin käytöllä.

Kasatutu puut voitaisiin käsitellä monitoimikoneella (ja mahd. oksahakkurilla) tai kokopuuhakkurilla. Pienen rungon koon vuoksi koneella tulee olla suuri käsittelynopeus tai sen on käsiteltävä puut nippuina. Edelleen sen on pystyttävä työskentelemään ahtaalla palstatiella ja mieluummin käsittelemään tiehen nähden poikkisuunnassa olevia puita.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Ajouran varresta kourakasoista tapahtuvan pinotavarankuljetuksen ohjemaksut Etelä-Suomessa. Palkkausalue 3 ja 4. 1.2.1970 alkaen.
- ALA-HEIKKILÄ, E. ja RUOSTE, T. 1970. Kokeita harvennuspuun esikasauksesta maataloustraktorisovitteisilla juontovarusteilla. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.
- HAAPAMÄKI, A. ja HAATAJA, P. 1969. Tutkimus eräistä maataloustraktorin käyttöön perustuvista puunkorjuumenetelmistä väljennyshakkuussa. Työtehoseuran julkaisuja n:o 137. Helsinki.
- HAATAJA, P. 1965. Kolmen miehen puunkorjuumenetelmä maataloustraktorin vintturilla juonnettaessa. Työtehoseuran julkaisuja n:o 108. Helsinki.
- HAKKARAINEN, A.E. 1969. Harvennusemetsien puunkorjuun erityisongelmia. Metsälehti 46. Helsinki.
- HARSTELA, P. 1970. Talviolosuhteiden vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun tekoon. Käsikirjoitus. Helsinki.
- KAHALA, M. ja SALMINEN, J. 1968. Paperipuiden runkoina korjuu harvennusleimikoissa. Metsätehon tiedotus 272. Helsinki.
- KANTOLA, M. 1964. Maataloustraktorin vintturin varassa suoritettavaan juontoon perustuva yhden miehen puunkorjuumenetelmä. Työtehoseuran julkaisuja n:o 103. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja n:o 163. Helsinki.
- MATTILA, S. 1968. Tilastotiede II. Kauppakorkeakoulu. Helsinki.
- MÄKELÄ, J. 1968. Puunkorjuun tuottavuuteen vaikuttavat tekijät maatilametsätaloudessa. Työtehoseuran julkaisuja 124. Helsinki.

- PUTKISTO, K. 1953. Tutkimuksia puutavaran vedestä nostosta. Metsätehon julkaisu 30. Helsinki.
- RYSÄ, M. 1969. Tutkimus paperipuurunkojen esijuonnosta harvennushakkuualalla. Metsäteknologian laudaturtyö.
- SAMSET, I. ja BJAANES, H. 1969. Full tree strip thinning. Thinning and Mechanisation, IUFRO Meeting. Stockholm.
- SJUNNESSON, S. 1968. Några synpunkter på den tekniska utvecklingen. Ska vi gallra?. Stockholm.
- Työvaiheittaiset hakkuupalkat. Palkkausalue 4. 11.4.-31.12.1969.

