

Metsäntutkimuslaitos

Metsäteknologian tutkimusosasto

3/1978

VÄLIVARASTOHAKETUS PROTOTYYPPIHAKKUREILLA

Algol monikäyttöhakkuri, TT 1500 T ja TT 1500 L

MARTTI SALAKARI, HANNU KALAJA, ERKKI SALO

Helsinki 20.8.1978

ALKUSANAT

Tutkimustyömaan suunnittelusta ja valvonnasta ovat vastanneet
mt. H. KALAJA ja tj. E. SALO. Tutkimusapulaisina ovat toimi-
neet T. JÄRVINEN ja T. NEVALAINEN.

Puhtaaksikirjoituksesta on huolehtinut rva A. RYTKÖNEN ja
piirroksista rva. L. MURONRANTA.

MARTTI SALAKARI

1. Johdanto	3
2. Tutkimuksen tarkoitus	3
3. Tutkimuksen suoritus	3
4. Tutkittujen kokopuuhakkureiden kuvaus ja tekniset tiedot	4
5. Koeolosuhteet	7
51. Varasto-olosuhteet	7
52. Kokopuupinot	7
53. Puustotiedot	8
6. Ajanmenekki ja työn tuotos	10
7. Tehotuntituotokseen vaikuttaneet tekijät	14
71. Koeolosuhteet	14
72. Katkaisuläpimitan vaikutus tehotuntituotokseen	16
73. Pinojen etukorkeuden vaikutus tehotuntituotokseen	18
74. Taakan koon vaikutus tehotuntituotokseen	20
75. TT 1500 T, syöttökulman vaikutus tehotuntituotokseen	22
8. Olosuhdetekijöiden vaikutus tuotostekijöihin	22
81. Taakkojen koon ja lukumäärän riippuvuus katkaisuläpimitasta	22
82. Taakkojen koon riippuvuus pinon etukorkeudesta	23
83. Kylkitiheyden vaikutus taakan kokoon	24
84. TT 1500 T, kouraisukorkeuden vaikutus taakkojen lukumäärään ja syöttökulman vaikutus taakkojen kokoon	26
85. Tyhjänäpyörimisaika	27
851. Tyhjänäpyörimisajan osuus tehoajasta	27
852. Taakan koon vaikutus tyhjänäpyörimisaikaan	28
853. Pinon korkeuden, kylkitiheyden ja syöttökulman vaikutus tyhjänäpyörimisaikaan	29
9. Kuljettajien työajan jakaantuma	30
91. Työajan jakaantuma	30
92. Katkaisuläpimitan ja pinon korkeuden vaikutus työajan jakaantumaaan	33
10. Kustannukset	38
11. Yhtälöt	39
12. Lähdeluettelo	42

1. JOHDANTO

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osastolla on jo usean vuoden ajan yhteistyössä SITRAn sekä metsä- ja konepajateollisuuden kanssa tutkittu ja kehitelty kokopuu-hakkureita.

Nykyään voi katsoa kokopuuhaketukseen perustuvien korjuuketjuten toiminnan jo vakiintuneen, vaikka osa Suomessa käytetyistä järeistä hakkureista onkin edelleen prototyypppejä. Tässä tutkituista hakkureista on aiemmin ilmestynyt seuraavat julkaisut: PAAVO SIMOLA 1976, TT VARASTOHAKKURI 1500 L (tutkimusseloste), PAAVO SIMOLA ja HANNU KALAJA 1976, TT VARASTOHAKKURI 1500 T (tutkimusseloste), MARKKU MELKKO 1977, ALGOL-MONIKÄYTTÖHAKKURI (Metsätehon Katsaus 12/1977), MARKKU MÄKELÄ ja SAULI TAKALO 1975, ALGOL HAKKURI (tutkimusseloste).

2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää tutkittujen prototyyppihakkureiden tuotokseen vaikuttavia tekijöitä (rakenteelliset ja olosuhdetekijät) ja antaa pohjaa niiden edelleen kehittämislle. Näiden hakkureiden perusteella rakennetut tuotantomallit eroavat prototyypeistä siinä määrin, etteivät tämän tutkimuksen tulokset ole yleistettävissä.

Esityksen havainnollistamiseksi on eri tekijöiden välisiä riippuvuuksia kuvaavat suorat piirretty näkyviin. Koska tutkimuksessa etsittiin vain eri tekijöiden vaikutustapaa ja koneiden välisiä eroja niiden suhteen olivat korrelaatio-suorat riittäviä. Suorien selitysaste on luonnollisesti pieni, mutta sen nostaminen vaatisi tähän tarkoitukseen turhan yksityiskohtaisen ja tarkan tutkimusmenetelmän.

3. TUTKIMUKSEN SUORITUS

Tutkimus suoritettiin Enso-Gutzeit Osakeyhtiön ja SITRAn Lyhytkiertopuun kasvatus ja käyttöprojektin yhteistyönä Juvalla tammi-helmikuussa 1977.

Tutkimustyömaan järjestelyistä vastasivat Enso-Gutzeit Oy:ssä MH I. KALLIO, MH V. PENTTINEN ja Tj. P. REIJONEN.

Hakkureista TT 1500 T ja TT 1500 L sekä hakkeen jatkokuljetuksesta vastasi urakoitsija P. SZEPAKIAK.

TT 1500 T:n kuljettajana toimi P. KUOKKANEN ja TT 1500 L:n J. PÄIVINEN sekä T. MALINEN. Algol monikäyttöhakkurin kuljettaja oli K. PAANANEN ja koneesta vastasi sen rakentaja Oy Algol Ab. Koneitten kuljettajat olivat verraten kokeneita hakkurinkuljettajia.

4. TUTKITTUJEN KOKOPUUHAKKUREIDEN KUVAUS JA TEKNISET TIEDOT

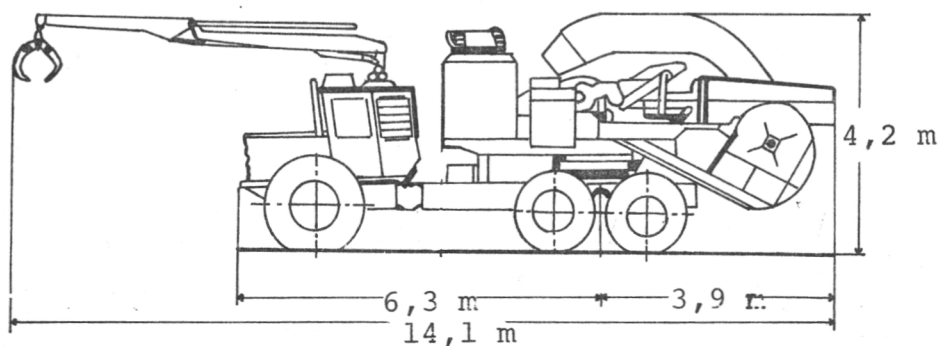
Algol monitoimihakkuri (kuva 1) on valmistunut vuonna 1976. Se on rakennettu 1975 alkuvuodesta valmituneesta, I-prototyypistä saatujen kokemusten perusteella (MÄKELÄ ja TAKALO 1975). Suunnittelun lähtökohtana on ollut kokopuuhakkuri, joka pystyy hakettamaan myös hakkuutähteitä. Kone soveltuu myös rankojen, suokantojen ja sahausjätteiden haketukseen. Varsinainen hakkuri on rumpuhakkuri. Algol-monikäyttöhakkuri on rakennettu käytetyn metsätraktorin alustalle kääntökehälle. Syöttöön käytetään metsätraktorin kuormainta. Vaikka kone onkin metsäkonealustansa vuoksi muita tutkittuja hakkureita maastokelpoisempi, se ei ole palstahaketuskelpoinen. Hakkurin tarkemmat tekniset tiedot on koottu taulukkoon 1 ja kuvaan 2.

TT 1500 L, joka tunnetaan myös nimellä Rötö, on vanhin tässä kuvatuista kokopuuhakkureista. Se rakennettiin alunperin hakettamaan karsittuja rankoja. V. 1976 kone muutettiin kokopuuhakkuriksi vaihtamalla siihen uusi syöttöpöytä. Se on ainut suomalainen järeä kokopuuhakkuri, joka tähän mennessä on edennyt prototyyppiasteelta myyntikoneeksi. Se on rakennettu käytetyn kuorma-auton alustalle. Voimanlähteenä on auton moottori. Hakkuri-osa on kiinteä. Syöttö tapahtuu pinon suuntaan eikä kohtisuoraan pinoja vasten kuten TT 1500 ja Algol hakkureilla. TT 1500 L:n tekniset tiedot selviävät taulukosta 1. Tiedot koskevat vain tutkittua konetta. Muut vastaavan tyyppin hakkurit poikkeavat siitä huomattavasti.

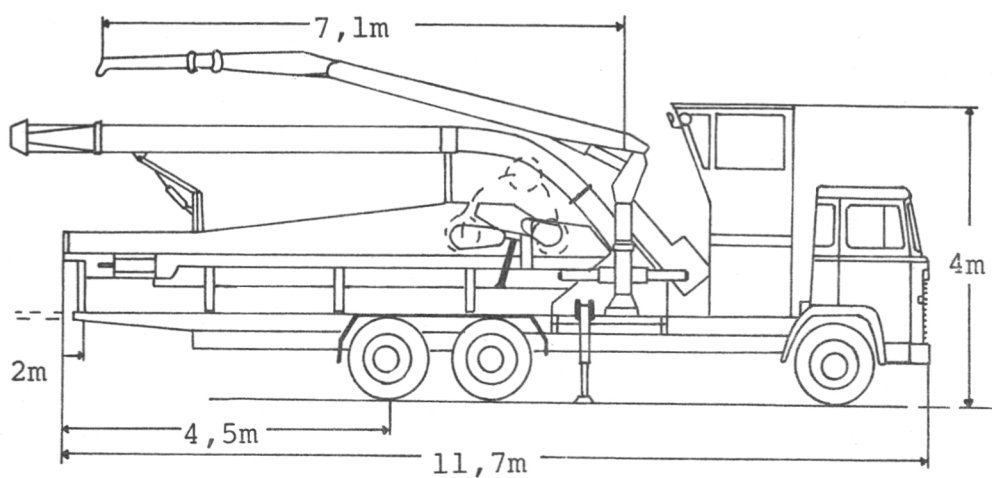
Taulukko 1. Valmistajien ilmoittamat hakkureitten tekniset tiedot

	Algol	TT 1500 L	TT 1500 T
P e r u s k o n e	Valmet 880 K käytetty	Scania LS 76, käytetty	Magirus Deutz 2-akselinen, käytetty
H a k k u r i	rumpuhakkuri Algol-Systemjenz	laikkahakkuri Bruks 1500	laikkahakkuri Rauma-Repola
- rummun halkaisija	600 mm		
- rummun leveys	800/1000 mm		
- laikan halkaisija	-	1500 mm	1500 mm
- terien lukumäärä	16/12 kpl	3 kpl	3 kpl
- pyörimisnopeus	-	10 r/s	10 r/s
- syöttöaukko	300x800/1000 mm	445x400 mm	445x400 mm
- hakkeen pituus	säädettävissä	säädettävissä	säädettävissä
S y ö t t ö - l a i t t e i s t o	kiinteä alakuljetin, korkeus suunnassa säädettävä yläkul- jetin, syöttö- rulla	kiinteä alakuljetin, yläpuolella 2 syöt- törullaa, ensimmäi- nen pystysuunnassa säädettävä	kiinteä alakuljetin, yläpuolella 2 syöt- törullaa, ensimmäi- nen pystysuunnassa säädettävä
- voimansiirto	mekaaninen ja hydraulinen	hydraulinen	hydraulinen
- alakuljettimen pituus	3500 mm	6000 mm	2500 mm
- yläkuljettimen pituus	1500 mm	-	-
V o i m a n - l ä h d e	erillismoottori	peruskoneen moottori	erillismoottori
- teho	257kW (n. 350 hv)	220 kW (n. 300 hv)	220 kW (300 hv)
K u o r m a i n	Cranab 4010, liukupuomi	Fiskars F 6000	Fiskars F 6000
H a k e t u s - o s a n			
k ä ä n t ö	270°	kiinteä	oikealle 120° vasemmalle 90°

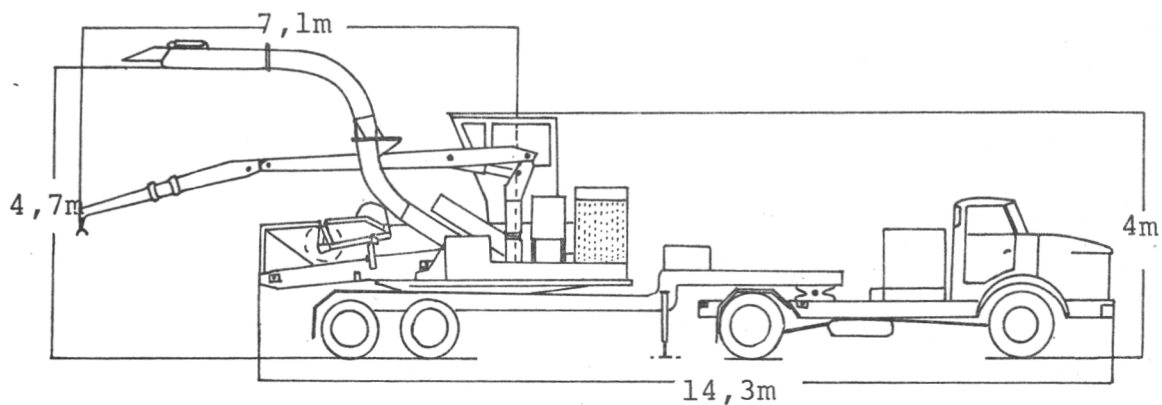
TT 1500 T on rakennettu vetävään puoliperävaunuun kääntökehälle. Työmaiden sisäiset ja väliset siirrot tehdään 2-akselivetoisella kuorma-autolla.



Kuva 1. Algol-monikäyttöhakkuri



Kuva 2. TT 1500 L kokopuuhakkuri



Kuva 3. TT 1500 T kokopuuhakkuri

5. KOEOLOSUHTEET

51. Varasto-olosuhteet

Algolin ja molempien TT-hakkureiden tutkimustyömaa oli Juvalla. Kasat oli sijoitettu molemmiin puolin lumilingolla aukaistua metsätietä n. 2 km:n matkalle. Metsätien pituus oli 4 - 5 km ja kantavuus kelirikkoaikaa lukuunottamatta hyvä. Sama koskee myös varastomuodostelmien pohjaa. Haketus suoritettiin 26.1. - 24.2., jolloin oli kuivaa pakkaslunta 30 - 40 cm. Varastokasat olivat 6 - 7 m:n päässä metsäautotiestä sen suuntaisissa muodostelmissa. Kasojen väli vaihteli 50 - 300 metriin. Kasojen edustat oli jätetty aukaisematta. Varaston tilat olivat hyvät.

52. Kokopuupinot

Algol ja TT-hakkureilla haketettujne pinojen keskimääräiset tiedot ja niiden vaihtelurajat ovat seuraavat:

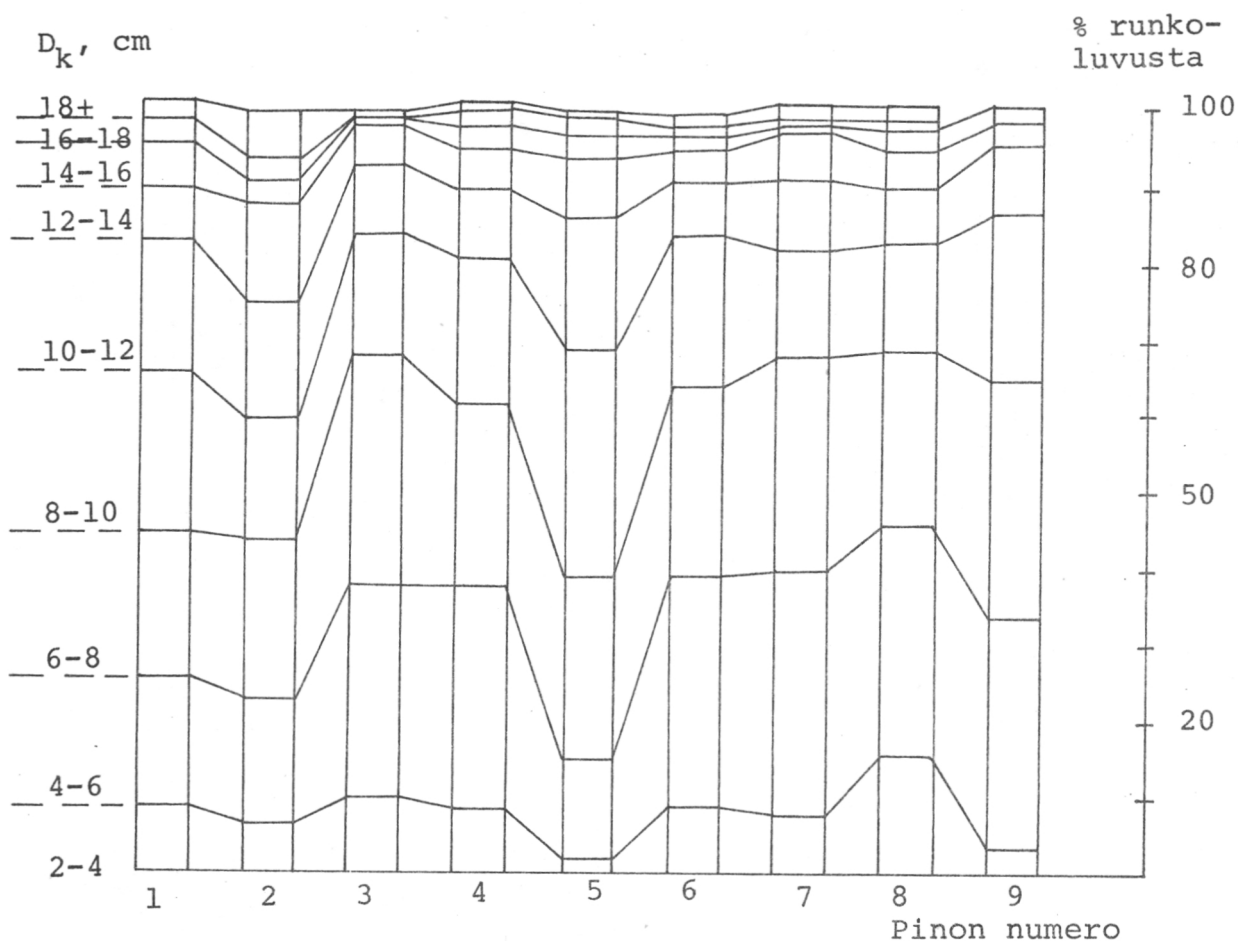
	Keskimäärin	Vaihteluväli
Kantoläpimitta	8,6 cm	7,3 - 9,7 cm
Pinot:		
- korkeus edestä	3,3 m	2,6 - 3,6 m
- korkeus takaa	1,2 m	0,8 - 1,5 m
- leveys	7,9 m	5,6 - 9,0 m
- pituus edestä	30,3 m	10,2 - 59,0 m
Kylkitiheys *)	0,339	0,275 - 0,407

*) Kylkitiheydellä tarkoitetaan kantoleikkauspinta-alojen suhdetta pinon koko etukyljen pinta-alaan.

Työmaan puut oli korjattu syksyllä ensiharvennusleimikoista. Liian pitkät puut oli katkottu kourasahalla metsäkuljetuksen yhteydessä. Pelkkien kantoleikkausten ja kantoleikkausten sekä katkaisuleikkausten keskimääräinen läpimitta ei ollut sama. Tässä tutkimuksessa onkin käytetty termiä k a t k a i s u l ä - p i m i t t a, joka sisältää pinon etukyljessä näkyvät kanto-leikkaukset ja katkaisuleikkaukset.

53. Puustotiedot

Kuvaan 5 on piirretty haketettujen puiden kantoläpimitan suhteellista jakautumaa kuvaavat pylväät. Rinnankorkeusläpimittajakautumaa ei kasoista selvitetty. Alueellta kerättiin kuitenkin muuta tarkoitusta varten koepuita, joiden perusteella rinnankorkeus- ja kantoläpimittojen riippuvuus on yhtälön $y = 0,759x - 0,057$ ($y = D_{1,3}$ mm ja $x = D_k$ mm) mukainen. Koko haketuserästä oli alle 10 cm:n kantoläpimitan osuus 77 %. Osuus vaihteli pinoittain välillä 60 - 87 %. Pinojen puulajijakautuma on taulukossa 2 ja puustotiedot taulukossa 3.



Kuva 4. Haketettujen puiden kantoläpimitan suhteellinen jakautuma.

Taulukko 2. Kokopuupinojen puulajijakauma

Pino n:o	% runkoluvusta		
	mä	ku	lhp
1	49	25	26
2	52	30	18
3	97	-	3
4	94	1	5
5	98	Δ	2
6	95	1	4
7	89	2	9
8	62	4	35
9 alku	92	2	6
Keskim.	81	7	12

Taulukko 3. Puustotiedot kasoittain

Pino n:o	D _k cm	D _{1,3} cm	h m	runko dm ³	oksa %	oksat dm ³	yhteensä dm ³
1	9,4	7,1	7,5	17,1	33	5,6	22,7
2	9,7	7,5	7,6	18,7	33	6,2	24,9
3	7,7	6,8	6,6	10,3	35	3,6	13,9
4	8,0	6,0	6,7	11,3	35	3,9	15,2
5	9,5	7,1	7,6	17,1	33	5,6	22,7
6	7,8	6,9	6,6	10,8	35	3,8	14,6
7	8,0	6,1	6,7	11,6	34	4,0	15,6
8	7,7	6,8	6,6	10,3	35	3,6	13,9
9	7,4	6,6	6,4	9,1	35	3,2	12,2
Keskim.	8,6	6,6	7,0	13,7	34	4,6	18,3

Kuten puustoa koskevista taulukoista voi todeta varsinkin pinojen 1 ja 2 puusto on kookkaampaa kuin muissa pinoissa. Pinoissa on myös sekapuuta huomattavasti enemmän kuin muissa. Vain pinossa 5 on puusto samankokoista kuin pinoissa 1 ja 2.

Algol-hakkurin aineisto on kerätty kasojen 1 ja 2 haketuksessa, TT 1500 L:n aineisto kasojen 1 ja 3 ja TT 1500 T suoritti loppujen kasojen haketuksen mukaanluettuna kasojen 1 ja ²toisilta hakettamatta jääneet loppuosat.

6. AJANMENEKKI JA TYÖN TUOTOS

Kaikkien hakkureitten ajanmenekki ja työn tuotos on laskettu taulukoihin 4 ja 5.

Taulukkoa 4 tarkasteltaessa on otettava huomioon seuraavaa:

- Algol monikäyttöhakkurin aikatutkimus on tehty seuraamalla kuormainta eikä hakevirtaa, joten työvaiheita ja niiden jakautumaa ei voi verrata muiden hakkureiden vastaaviin tuloksiin. Mittaustapojen ero johtuu Algolin rakenneratkaisuista. Se on sisäisellä seulalla varustettu rumpuhakkuri, joten hakepalaset viipyvät hakkurissa pitempään kuin laikkahakkureissa. Tämän vuoksi varsinaisen haketuksen loppumis- ja alkamisajankohtia ei voi luotettavasti määritellä.
 - Hakkeen kuljetuskapasiteetti jäi liian vähäiseksi ja haketuksessa syntyi pitkiä taukoja. Kokonaisaikaa ei siksi pystytty ottamaan aukottomasti. Käytännön työmailla on mm. Trelan D-60 kokopuuhakkurin käyttöaste vaihdellut välillä 50 - 75 %.
- Näiden hakkureiden käyttöaste vaihtelee todennäköisesti samoissa rajoissa, mikäli kaukokuljetus voidaan järjestää paremmin kuin tutkimustyömaalla.
- Algol monikäyttöhakkurin puhallus oli niin voimakas, että hakkeesta lensi keskimäärin $2,7 \text{ i-m}^3/\text{kuorma}$ yli laidan. Kyseinen erä on mukana tuotoksessa.

Taulukossa 5 on hakkureiden tuotokset eri yksiköissä laskettuna sekä hakkeen tuore- ja kuivapainot.

Taulukko 4. Ajanmenekki ja työn tuotos

Työvaihe (hakevirran mukaan)	TT 1500 T cmin/ i-m ³	TT 1500 L cmin/ i-m ³	Työvaihe (kuormaimen mukaan)	Algol cmin/ i-m ³	%
Syötön odotus			Odotus tyhjänä	7	6
kerrosten nosto	44	37	Kuormaus	84	74
Haketus	74	45	Syötön avustus	20	18
			Odotus taakan kanssa	1	1
Tehoaika	118	100	Tehoaika	115	100
Keskeytykset 10 %	13	21	Keskeytykset 10 %	13	
Käyttöaika	131	207	Käyttöaika	128	
Tuotos i-m ³ /h			Tuotos i-m ³ /h		
- tehoaika	50,81	32,30	- tehoaika		55,85
- käyttöaika	45,73	29,07	- käyttöaika		50,27

Taulukko 5. Hakkureiden tuore-, kuiva- sekä kiintokuutiometri
tuotokset tehotunnissa

Hake ja puusto	Yksikkö	TT 1500 T	TT 1500 L	Algol
Katkaisuläpimitta	cm	9,1	8,7	9,0
Hakkeen kuivapaino	kg/i-m ³	160	160	181
Hakkeen tuorepaino	kg/i-m ³	354	354	375
Haketta yhteensä	i-m ³	608	322	502
Tuotos				
tuoretta haketta	i-m ³ /h	50,81	32,30	55,85
tuoretta haketta	m ³ /h	21,85	13,89	24,02
tuoretta haketta	tn/h	17,99	11,43	20,94
kuivaa haketta	tn/h	8,13	5,17	10,11

Taulukon 5 luvut on saatu seuraavasti:

- Muunnettaessa i-m³:t m³:ksi on käytetty kerrointa 0,43.
- Hakkeen tuore- ja kuivapainot on saatu käyttämällä koetyö-
maalta otettujen koekuormien painotietoja koko työmaata
koskevinä. Myös katkaisuläpimitta (= etukyljestä mitattujen
kanto- ja katkaisuleikkausten keskiarvo) on koko työmaan
keskiarvo.
- TT 1500 L:n kuormista yhtään ei punnittu vaan on oletettu
sen hakkeen ominaisuudet samoiksi kuin TT 1500 T:llä.
- Punnittuja kuormia oli yhteensä kaksikymmentä. Tästä
huolimatta aiheuttivat tuotoserot, kasojen laatu yms. niin
paljon vaihtelua, ettei taulukon 5 lukuja voi pitää tarkkoina.

Jos haketustuotos lasketaan vain niille kuormille, joista tuo-
toksen lisäksi otettiin myös paino- ja haketiedot on Algol ja
TT 1500 T hakkureiden tuotos eri yksiköissä ilmaistuna taulukon 6
mukainen.

Taulukko 6. Algol monitoimihakkurin ja TT 1500 T:n tuore-
kuiva-, sekä m^3 -tuotokset tehotunnissa

Hake ja puusto	Yksikkö	TT 1500 T	Algol
Katkaisuläpimitta ^{*)}	cm	7,1	8,9
Hakkeen kuivapaino	kg/i- m^3	160	181
Hakkeen tuorepaino	kg/i- m^3	354	375
Haketta yhteensä	i- m^3	226	287
T u o t o s -			
l a j i			
tuoretta haketta	i- m^3 /h	52,38	51,72
tuoretta haketta	m^3 /h	22,52	22,24
tuoretta haketta	tn/h	18,56	19,41
kuivaa haketta	tn/h	8,38	9,36

^{*)} Katkaisuläpimitassa on mukana sekä kantoläpimitat, että pitkien puiden katkaisuleikkaus (latvaosan pinon etukylkeen jäävä tyviläpimitta).

Vertailtaessa taulukkojen 5 ja 6 eri sarakkeita voidaan todeta mm:

- Algol monikäyttöhakkuri puhalttaa hakkeen tiiviimpään kuin TT-hakkurit. Näin ollen pelkkä irtomittaan perustuva tuotoksen ilmoittamistapa verrattaessa eri koneita ei aina ole tarpeeksi luotettava.
- Tämän tutkimuksen aineiston perusteella Algol ja TT-hakkureiden hakkeen tiiviyseroja ei kuitenkaan voi sanoa varmaksi koska koko työmaata edustaviksi tarkoitettut hakenäytteet sattuivat puustoltaan erilaisiin kokopuupinoihin ja puun koon vaikutusta kokopuuhakkeen laatuun ei ole vielä varmistettu.
- Algol hakkurin tekemien kuormien suurempi kuutiometripaino johtuu suureksi osaksi voimakkaasta puhalluksesta, jonka vuoksi hakkeesta meni keskimäärin 2,7 i- m^3 yli lavan reunojen.

Kun hakevirtaa kokeeksi jarrutettiin torven päässä olevalla lipalla, hakkeen i-m^3 -paino putosi. Ilman lipan jarruvaikutusta se oli 389 kg/i-m^3 ja lippaa käytettäessä 360 kg/i-m^3 . Näyttää siltä, että hukkaantumisen supistamiseksi hakevirran voimaa on vähennettävä, mistä on seurauksena hakkeen kuutiometripainon lasku. Toinen mahdollisuus on käyttää umpilavoja, joista hake ei karkaa.

7. TEHOTUNTITUOTOKSEEN VAIKUTTANEET TEKIJÄT

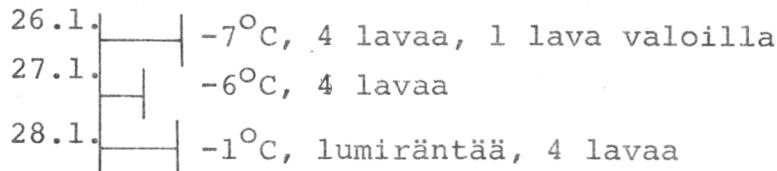
71. Koeolosuhteet

Kuvaan 5 on pylväillä kuvattu Algol- ja TT- hakkureiden tehotuntituotoksen päivittäinen vaihtelu. Pylväitten viereen on lisätty kuvaus kunakin päivänä vallinneista ulkoisista olosuhteista, koneitten toiminnassa sattuneet työtä hidastavat häiriöt sekä aikatutkimuksessa mukana oleva lavojen määrä.

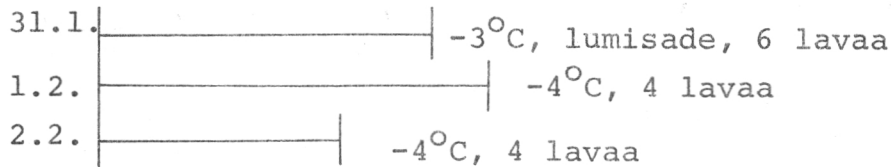
Kuvasta 5 ei näy olosuhdetekijä, joka todennäköisesti eniten vaikutti työn tuotokseen. Hakkeen kuljetusmatka näet oli pitkä ja tehtaan vastaanottokyky kyseisenä aikana rajoittunut, joten kuljetuskapasiteettia ei voitu mitoittaa koneiden tehoa vastaavaksi. Haketuksessa saattoi syntyä usean tunninkin taulko keskellä päivää, ja työskentelyrytmin epämääräisyys tuskin oli omiaan tuotosta kohottamaan.

TT 1500 T joutui hakettamaan myös piemeän aikaan. Valoilla haketus pudotti tehotuntituotosta keskimäärin $5,5 \text{ i-m}^3/\text{h}$.

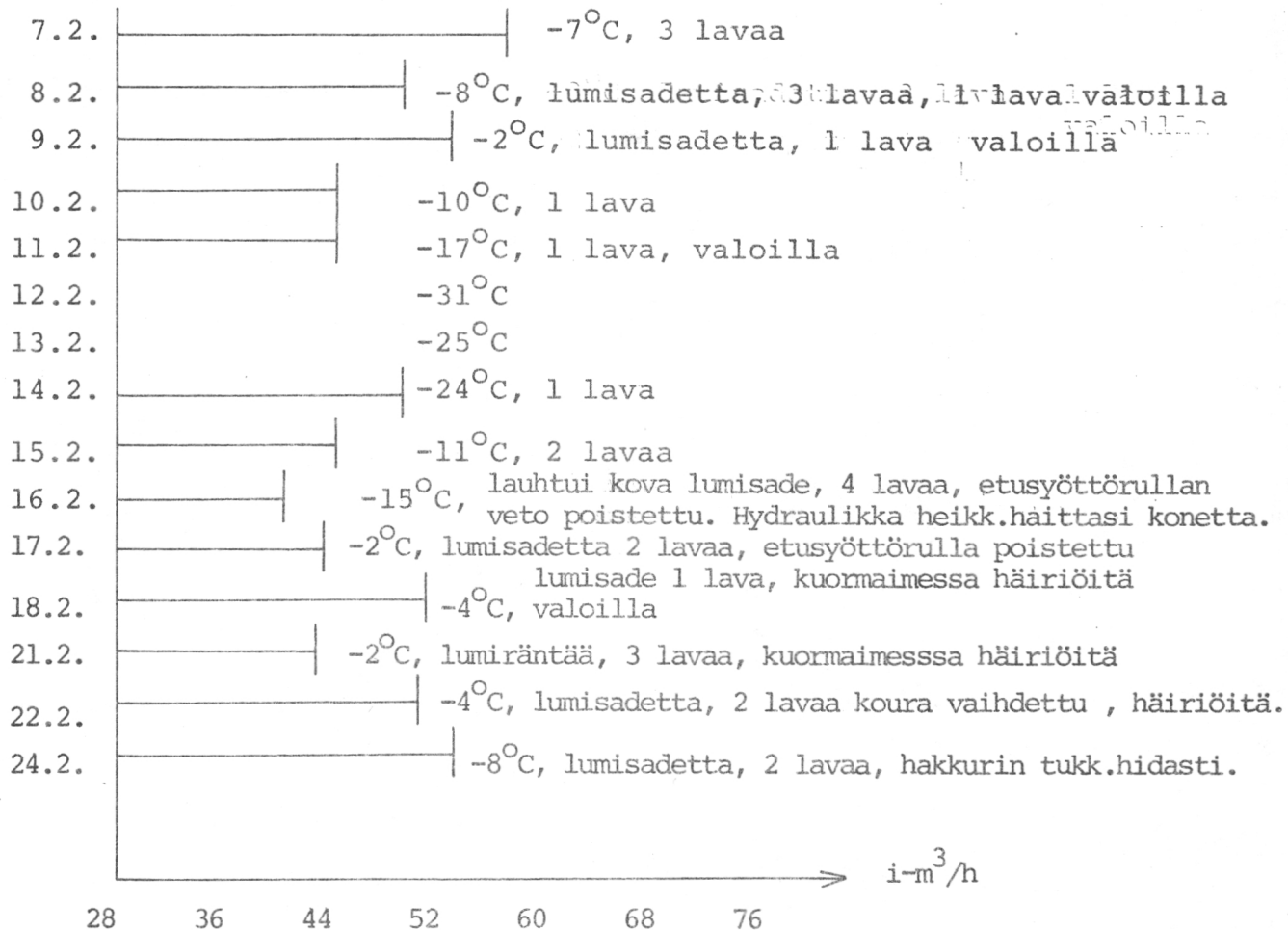
TT 1500 L



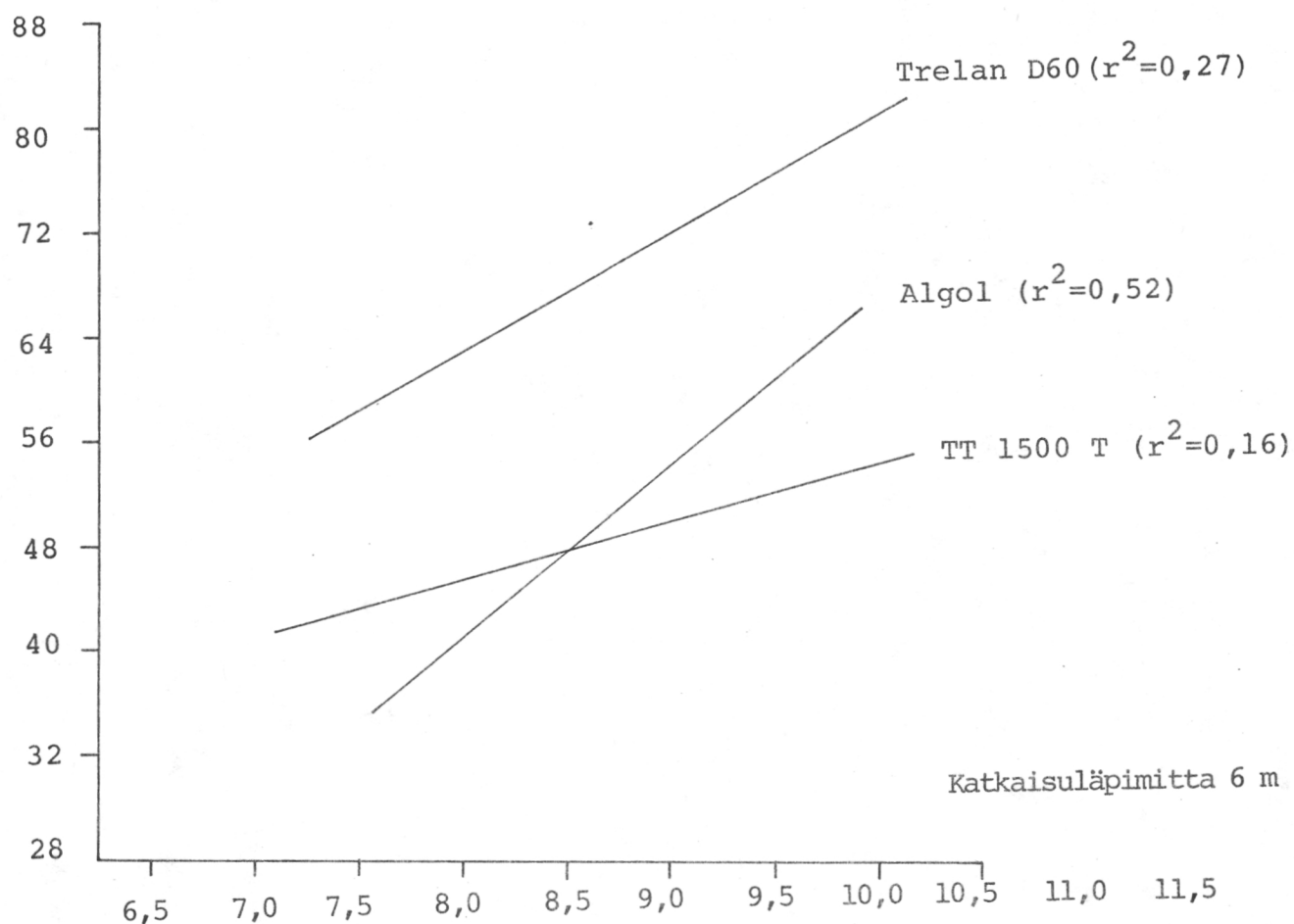
Algol



TT 1500 T



Kuva 5. Algol monikäyttöhakkuri ja TT-hakkurit, tehotuntituotoksen vaihtelu päivittäin, haketusolosuhteet ja aikatutkimusaineiston lavojen määrä

72. Katkaisuläpimitan vaikutus tehotuntituotokseen $i\text{-m}^3/\text{tehotunti}$ 

Kuva 6. Katkaisuläpimitan (= katkaistujen puiden latvaosan tyviläpimita ja katkaistujen ja katkaise mattomien kantoläpimita) vaikutus tehotuntituotokseen

Kuvan 6 lähtökohdat:

- Selittävänä muuttujana on käytetty katkaisuläpimittaa koska se antoi pelkkää kantoläpimittaa paremman selitysasteen (r^2). Kanto- ja katkaisuläpimitta keskiarvojen ero saattoikin haketus- kohdittain olla yli 1 cm ja katkaistujen puiden osuus myös vaihteli. Pelkän kantoläpimitan käyttö selittäjänä olisi aiheuttanut virheen.

Koska koneet olivat prototyyppisiä ja tuotoksen vaihtelut suuria ovat alle kootut koneiden ominaisuuksista tehdyt päätelmät vain suuntaa antavia.

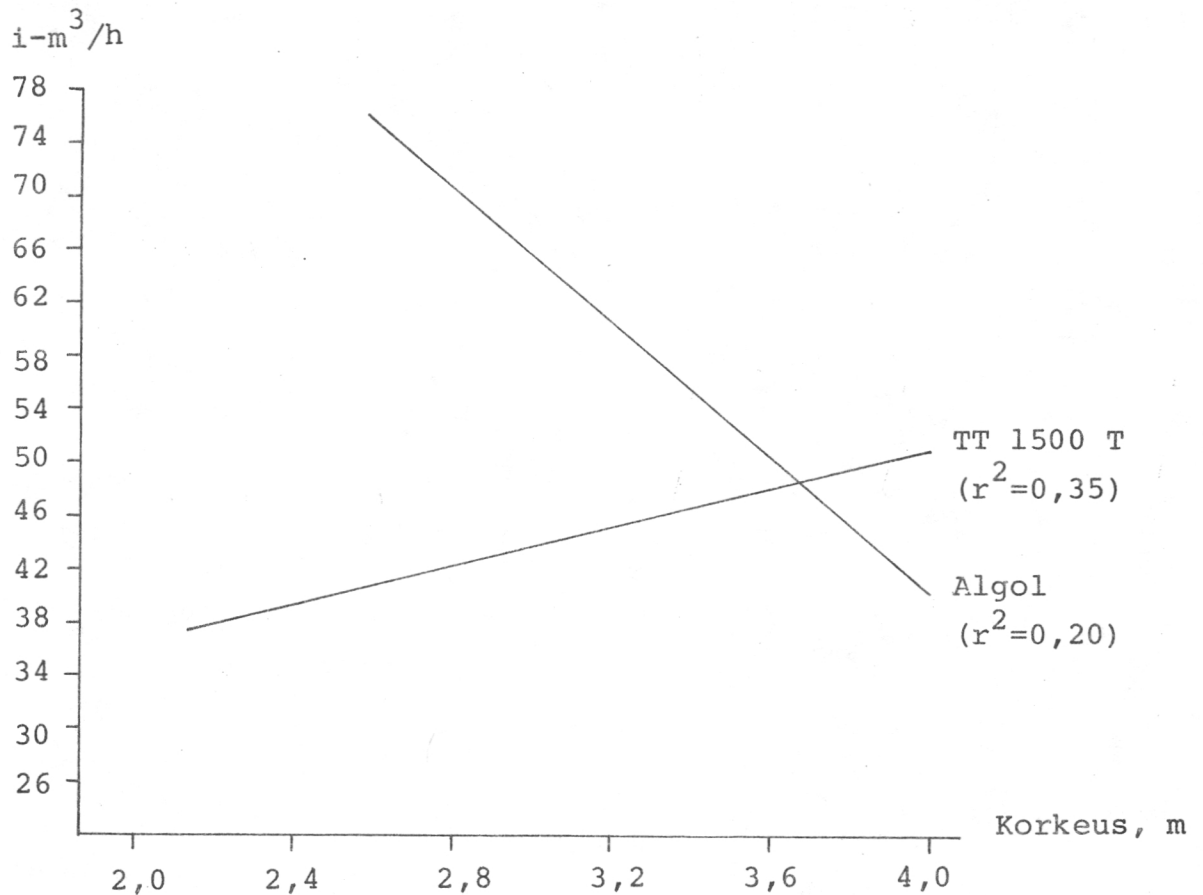
- TT_1500_L. Katkaisuläpimitan vaikutus ei näkynyt (liian pieni aineisto).
- Algol_monitoimihakkuri. Katkaisuläpimitan pieneneminen on pudottanut Algolin tuotosta nopeasti. Tämä saattaa johtua syöttölaitteiston rakenteesta, pitkät, suhteellisen tiiviit telamatot eivät ehkä saa pienistä ja oksikkaista puista yhtä varmaa otetta kuin syöttörullat.
- TT_1500_T. Läpimitan kasvu on vaikuttanut vähiten TT 1500 T:n tuotokseen. Koska toisen hakkurin kohdalla vaikutus on selvempi voi olettaa, että myös tämän hakkurin tulisi suhtautua puun koon kasvuun hiukan tuntuvammin. Tällainen vertailu on epävarma kun kyseessä on kaksi prototyyppiä, siksi kuvaan on laskettu myös vastaavan muuttujan vaikutus Trelan D-60 kokopuu hakkurin tuotokseen. Tulos tukee esitettyä olettamusta. Syöttölaitteistossa tai syöttölaitteiston ja kuormaimen toisiinsa niveltämisessä on ehkä kehittämisen varaa. Lähinnä tulevat mieleen seuraavat mahdollisuudet: Syöttölaitteiston alakuljetin on liian lyhyt tai syöttörullien sijoituksessa on toivomisen varaa, syöttölaitteisto tai hakkurin aukko on liian ahdas.

Myös kuormaimen sijoitus syöttölaitteistoon nähden voi olla väärä. Jos alakuljetin on liian lyhyt tai rullat väärin sijoitettu, pyrkivät puut koon kasvaessa keikahtelemaan pystyyn, koska syöttölaitteisto on suhteellisen korkealla. Jos taas syöttölaitteisto on ahdas jää puunippu suurilla puilla koneen tehoon nähden liian pieneksi. Kuormaimen suhteen on useitakin mahdollisuuksia ja lähinnä tulee mieleen ulottuvuus. Jos kuormain ei ulotu ottamaan nippua pinosta painopisteen kohdasta, niin puun koon kasvaessa pystyyn pyrkivän nipun siirto syöttölaitteistoon vaikeutuu.

73. Pinojen etukorkeuden vaikutus tehotuntituotokseen

Kokopuupinojen mitat luonnollisesti vaikuttavat haketustuotokseen. Tunnetusti vähäiset varastotilat yleensä rajoittavat pinojen pituutta, sensijaan ylöspäin on tilaa. TT-hakkureiden ja Algolin pinot ovat harvoin liian pitkiä. Yleinen käsitys on, että hakkurit suosivat korkeita pinoja, mitä matalampi pino sitä useampi siirto ja sitä enemmän joutuu hakettamaan monessakin suhteessa hankalaa kasan pohjaa. Tarkkaa vähimmäiskorkeutta ei kokopuupinolle voi antaa, mutta koneen on pystyttävä hakettamaan vähintään 40 i-m^3 (kontillinen) siirtymättä.

Tutkimustyömailla pyrittiin selvittämään myös pinon mittojen vaikutus tuotokseen. Havaittava vaikutus oli vain pinon etukorkeudella. Tulokset selviävät kuvasta 7.



Kuva 7. Pinon etukorkeuden vaikutus tehotuntituotokseen

Eri hakkureilla pinojen korkeus vaihteli seuraavasti:

Algol monitoimihakkuri 3,5 - 4,0 m

TT 1500 L 2,8 - 3,6 m

TT 1500 T 2,1 - 4,0 m

Kuvan 7 suorien ja muun havaintomateriaalin perusteella koneiden suhtautumisesta pinon korkeuteen voi tehdä seuraavat arviot:

- Algol monitoimihakkuri. Algol näyttää suhtautuvan pinon korkeuteen toisin kuin TT 1500 T eli korkeuden kasvaessa yli 3,0 metrin tuotos putoaa. Tämä voi johtua hakkurin ohjaamon

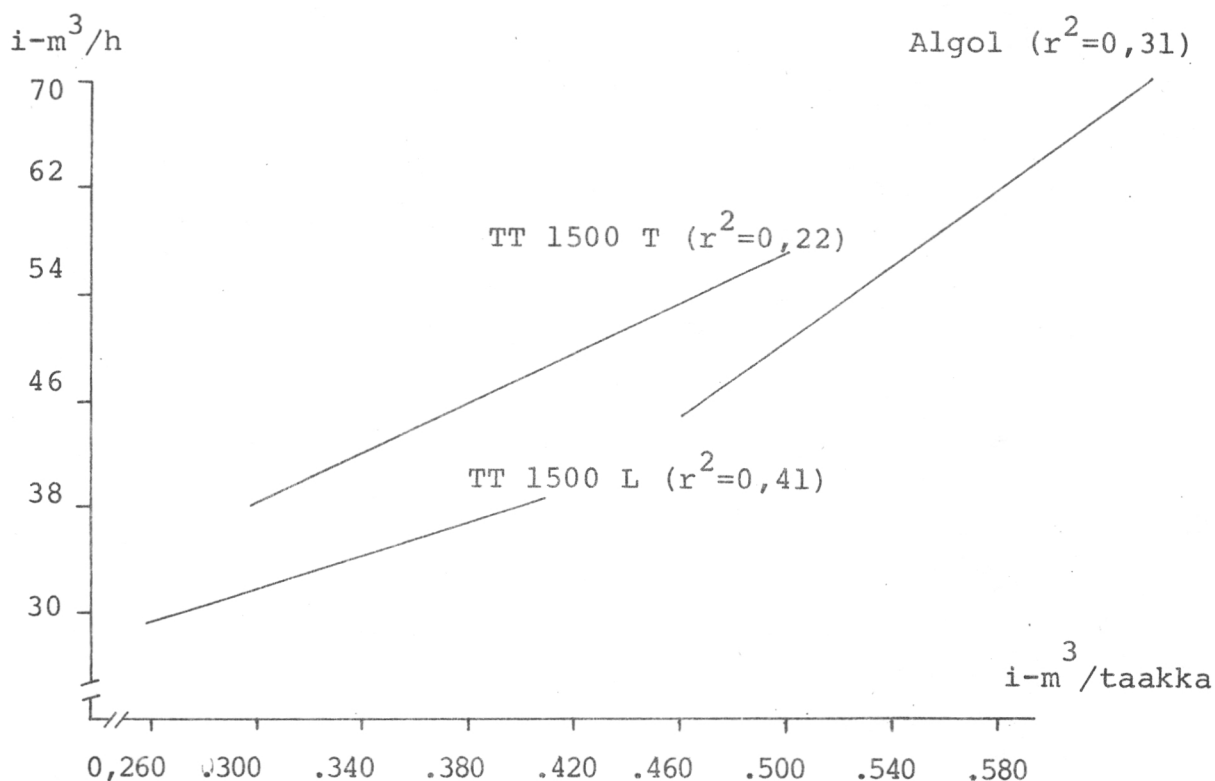
sijoituksesta. Ohjaamona toimii peruskoneen hytti, joka lähes 5 m pinoon nähden on matalalla ja syöttölaitteistoon nähden alaviistossa, suhteellisen kaukana siitä.

Koska hytin ja syöttölaitteiston suhde on tämä oli myös työs-kentelytapa eli etuperin siirtyminen väärä. Koneen olisi edettävä pinon vieressä takaperin koska muuten pinon kylki estää näkyvyyden kuormaimen kouran toimialueelle.

TT 1500 T:ssä ohjaamo on syöttöpöydän yläpuolella ja suhteel-lisen korkealla. Mainittakoon, että Trelan D-60 kokopuuhak-kuri suhtautuu pinon korkeuteen samoin kuin TT 1500 T.

- TT 1500 L, hakkurin suhtautumisesta pinon korkeuteen ei saatu luotettavaa kuvaa.
- TT 1500 T. Korkein kasa oli 4 m korkea ja hakkurin tuotos näyttää nousevan tasaisesti ainakin tähän asti. Käytännössä 4 m korkea pino voi olla ylärajan tuntumassa.

74. Taakan koon vaikutus tehotuntituotokseen



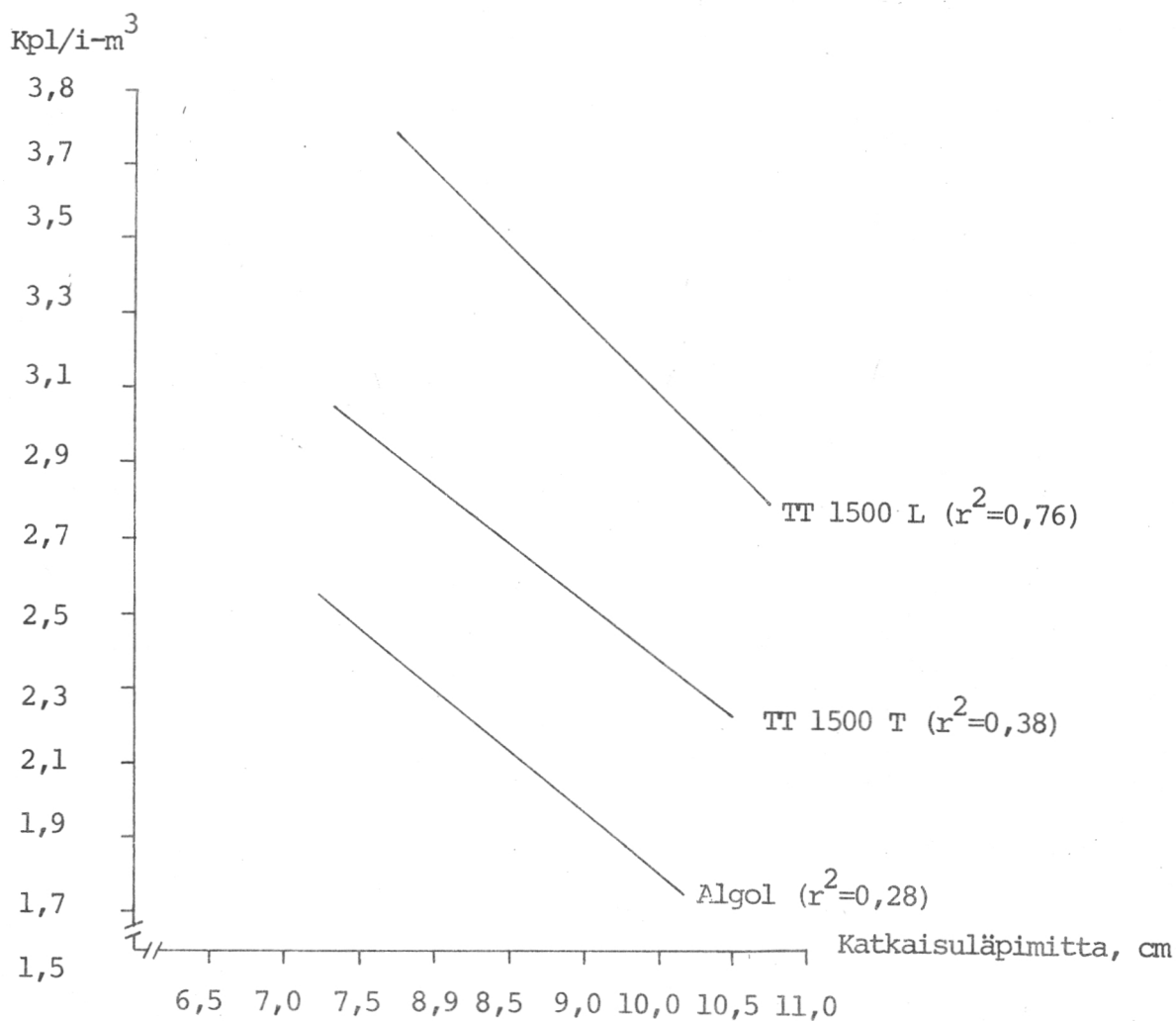
Kuva 8. Taakan koon vaikutus tehotuntituotokseen

Taakan koon vaikutus tuotokseen on itsestään selvä. Jokaisella koneella tuotos kasvaa tiettyyn rajaan asti taakan koon kasvaessa. Taakkojen keskikoot ja koon vaihtelut ovat seuraavassa asetelmassa.

Hakkuri	Keskimäärin $i\text{-m}^3/\text{taakka}$ (m^3/taakka)	Vaihtelurahat $i\text{-m}^3/\text{taakka}$ (m^3/taakka)
Algol	0,530 (0,228)	0,453-0,651 (0,195-0,280)
TT 1500 L	0,346 (0,149)	0,263-0,382 (0,113-0,164)
TT 1500 T	0,415 (0,178)	0,313-0,487 (0,135-0,209)

Kuvan 8 ja asetelman perusteella voi tehdä seuraavia päätelmiä.

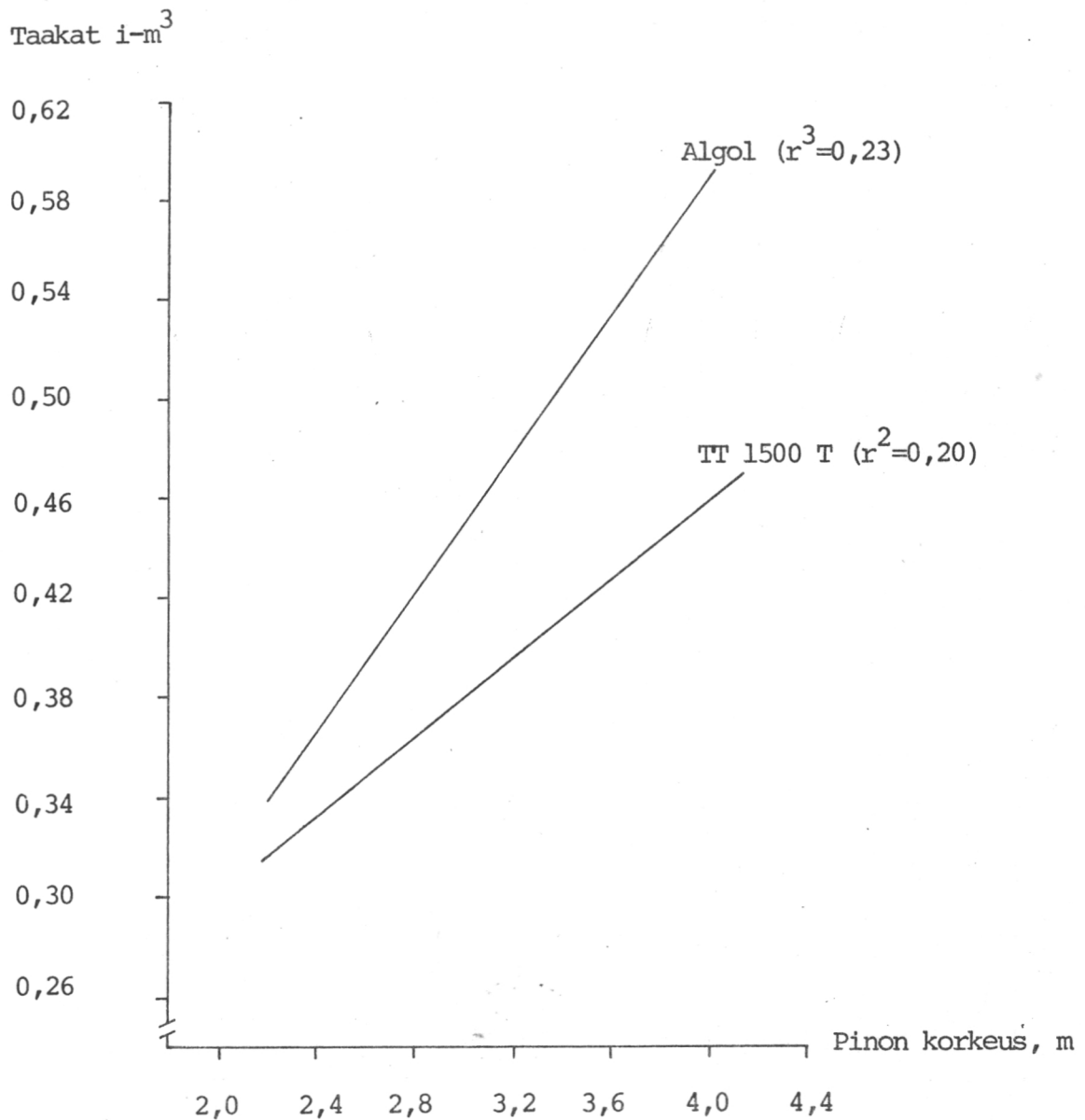
- Algol monitoimihakkuri. Taakan keskikoko oli Algolilla selvästi suurempi kuin muilla. Tämä johtuu kuitenkin osittain sen hakettamasta puustosta, joka myös oli keskikooltaan suurempaa kuin muilla. Hakkurin tuotos putoaa taakan koon pienehtessä nopeammin kuin muilla, ja tämä tukee aiemmin (kappale 62) esitettyä olettamusta, jonka mukaan syöttölaitteistossa on kehittämisen varaa koska pienillä puilla näyttää tuotos putoavan nopeasti.
- TT 1500 L. Taakan keskikoko on selvästi pienin. Koska koneen alkuperäinen moottoriteho on sama kuin TT 1500 T:llä ei pienille taakoille ole muuta selitystä kuin se, että kone ei enää ole täydessä kunnossa tai syöttölaitteisto rajoittaa taakan kokoa. Pieni taakan koko on luonnollisesti pudottanut tuotosta.
- TT 1500 T. Hakkurin teho on n. 50 hv vähemmän kuin Algolilla ja sama moottori käyttää myös kuormainta, kun taas Algolin kuormain saa voimansa peruskoneen moottorista. TT 1500 T häviää siis jonkinverran hakkurin käytössä olevassa voimassa. Tuntuu kuitenkin siltä, ettei voimanpuute ole syynä selvästi pienempään taakan keskikokoon. Pieni taakan keskikoko tukee jo aiemmin kappaleessa 62 esitettyä syöttölaitteiston, kuormaimen ja hakkurin aukon mitoituksen ja sijoituksen tarkistamishädotusta.



Kuva 10. Katkaisuläpimitan vaikutus taakkojen lukumäärään

82. Taakkojen koon riippuvuus pinon etukorkeudesta

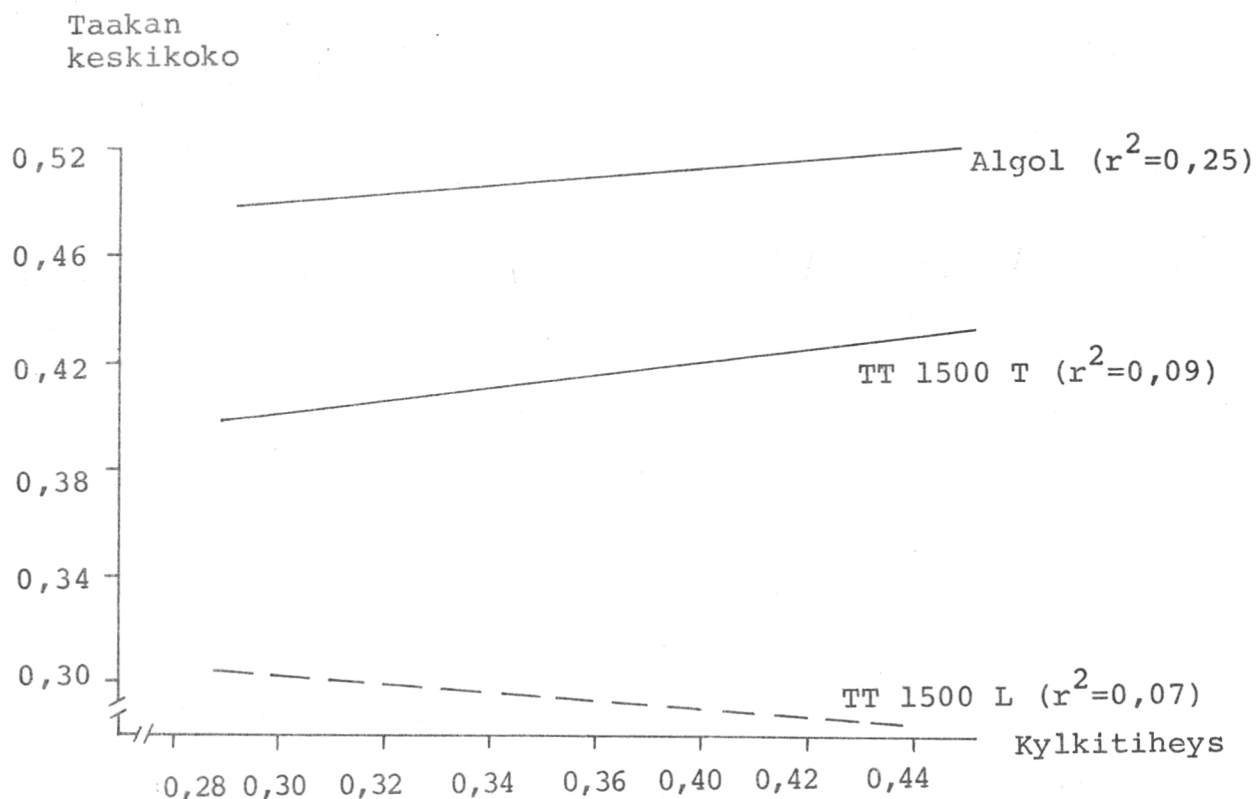
Kuvasta 11 havaitaan TT 1500 T ja Algol hakkureiden taakan koon kasvavan pinon korkeuden mukana. TT 1500 L:ää koskeva aineisto jäi tämän tekijän kohdalla liian pieneksi eikä sen perusteella voi tehdä luotettavia päätelmiä. Matalaa kasaa haketettaessa joudutaan kuormaamaan suhteellisesti enemmän kasan sekavaa pohjaa, ja tämä voi olla yksi syy taakkojen koon nousuun pinon ollessa korkeampi. Toinen voi olla rakenteellinen eli kuormaus on syystä tai toisesta ylhäältä helpompaa.



Kuva 11. Pinon korkeuden vaikutus taakan kokoon

83. Kylkitiheyden vaikutus taakan kokoon

Juvalla haketetuista pinoista selvitettiin etukyljen kylkitiheys ja sen vaikutus taakan keskikokoon. Vaikutusta tuotokseen ei laskettu, koska muut tekijät näyttävät selittävän sitä huomattavasti paremmin (ks. kohta 7).



Kuva 12. Kylkitiheyden vaikutus taakan keskikokoon

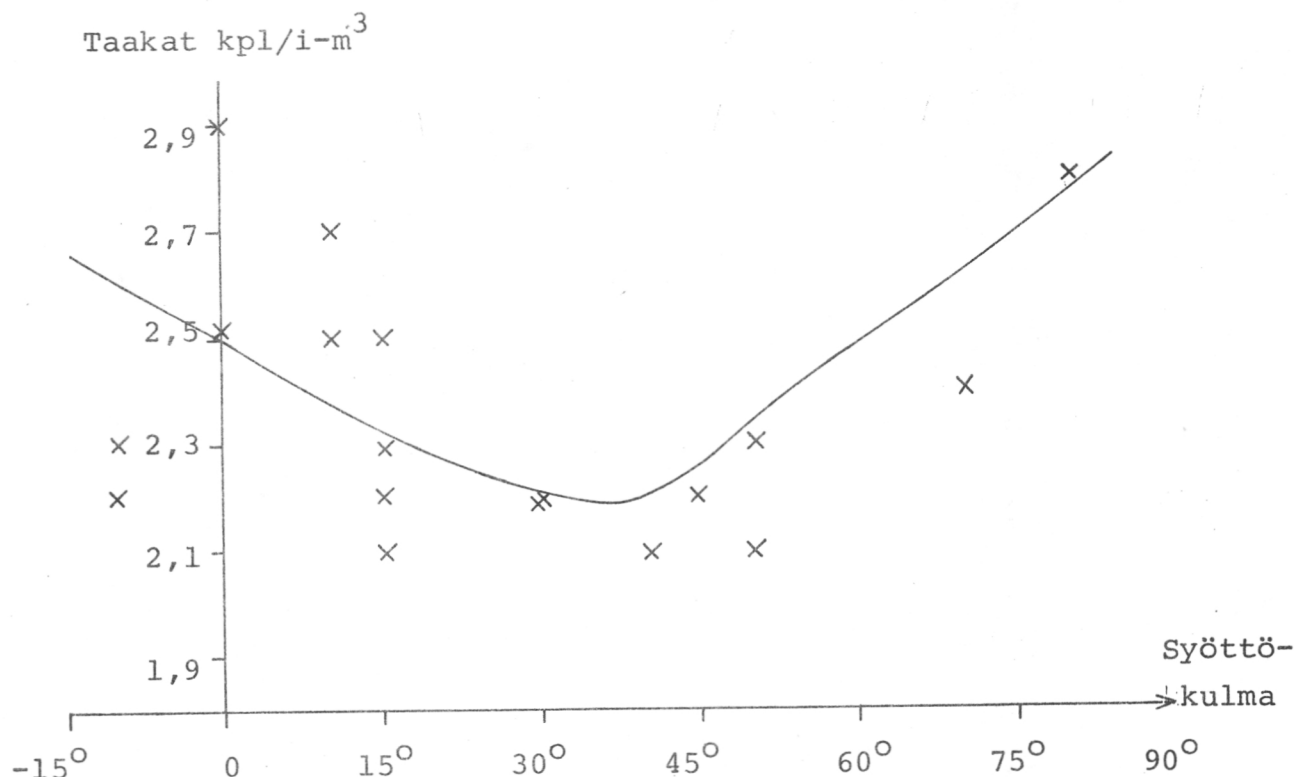
Pinon tiheydellä ei näytä olevan sanottavaa vaikutusta taakan keskikokoon. Algol monitoimihakkuria lukuun ottamatta ovat kuvan 12 suorien selityssasteet luvattoman heikot, mutta koska TT 1500 T käyttäytyy lähes samoin kuin Algol sen suhtautuminen pinotiheyteen tuskin poikkeaa ratkaisevasti suoran kuvaamasta.

TT 1500 L näyttää suhtautuvan pinon tiiviyyteen toisin kuin muut. Tulokseen ovat kuitenkin voineet vaikuttaa muut tekijät ratkaisevasti mm. niissä pinoissa, joiden hakettamisesta TT 1500 L:n aineisto kerättiin. keskiläpimittojen ero oli suuri kylkitiheyden pysyessä lähes samana.

V vaikutus

84. TT 1500 T kouraisukorkeuden vaikutus taakkojen lukumäärään ja syöttökulman vaikutus taakkojen kokoon

Kouraisukorkeuden ja syöttökulman vaikutus taakkojen kokoon (kpl/i-m^3) selvitettiin vain TT 1500 T:n osalta.

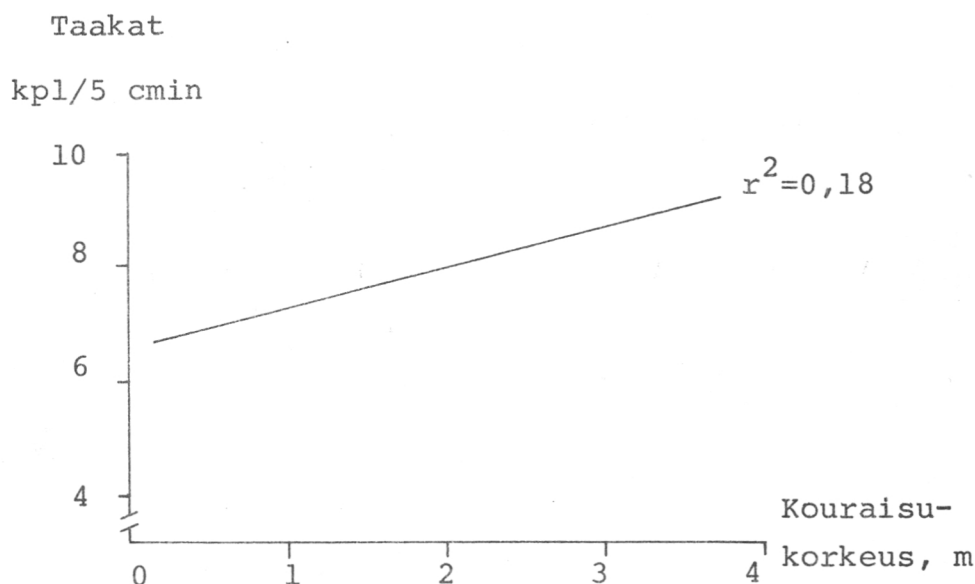


Kuva 13. TT 1500 T, syöttökulman vaikutus taakkojen määrään

Kuten kuvasta 13 näkyy ei syöttökulman vaikutusta voi kuvata suoralla.

Syöttökulmasta on jo aiemmin todettu, ettei se vaikuta havaittavasti tehotuntituotokseen. Kuvan 13 perusteella se kuitenkin vaikuttaa taakan kokoon (kpl/i-m^3) ja sitä kautta myös kuljettajan työmäärään. Syöttölaitteiston edullisin kulma kasaan nähden on välillä 20 - 50 astetta.

Kuvan 13 tuloksen syitä on vaikea määritellä verrattaessa kohdassa 65 todettuun, syynä voi mm. olla kuljettajan näköalueen paremmuus, kuormaimen parempi aseteltavuus, jne., jotka kaikki näkyvät vain taakkojen koon kasvuna.



Kuva 14. TT 1500 T, kouraisukorkeuden vaikutus taakkojen lukumäärään

Kerättäessä aineistoa kuvaan 14 kouraisukorkeus määriteltiin silmävaraisesti 5 cmin aikana otettujen taakkojen keskimääräisenä lähtökorkeutena.

Kohdassa 63 todettiin TT 1500 T:n tuotoksen nousevan pinon kohotessa. Koska kuvassa 14 tarkastellaan vain taakkojen kappalemäärää aikayksikköä kohden eikä niiden keskikokoon kiinnitetä huomiota, eivät nämä havainnot ole ristiriidassa keskenään. Kouraisukorkeuden noustessa kasvanut taakkojen määrä kuvastaa kuormaimen käytön kannalta parantuneita olosuhteita ja taakan koon pysyessä samana tuotos nousee.

85. Tyhjänäpyörimisaika

851. Tyhjänäpyörimisajan osuus tehoajasta

Tyhjänäpyörimisajalla tarkoitetaan tässä aikaa, jona hakkuri syystä tai toisesta pyörii hakettamatta. Aika on katsottava tehoaikaan kuuluvaksi. Tyhjänäpyörimisaikaa voi kertyä mm. jos hakkurin kierroksia joudutaan nostamaan, syöttölaitteistosta ei tule puuta sekä puu tai nippu on sijoittunut väärin syöttölaitteistoon.

Prototyyppikoneiden keskimääräiset tyhjänäpyörimisajat ja sen vaihtelurajat on koottu alla olevaan asetelmaan.

Hakkureitten tyhjänäpyörimisajan osuus tehoajasta.

	Keskimäärin	Vaihtelurajat
	%	%
1) Algol monitoimihakkuri	12	1 - 38
TT 1500 T	34	10 - 49
TT 1500 L	46	28 - 60

- 1) Huom. Algol on rumpuhakkuri ja sen tyhjänäpyörimisaikaa ei voi verrata muiden vastaaviin.

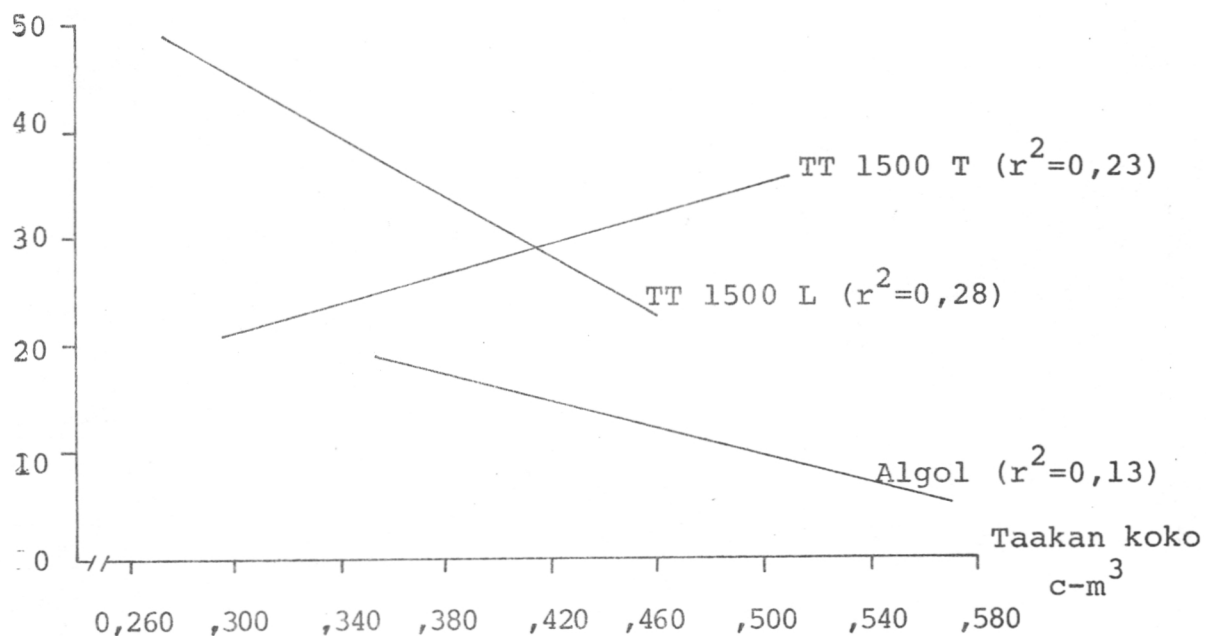
852. Taakan koon vaikutus tyhjänäpyörimisaikaan

Taakan koon vaikutusta tyhjänäpyörimisaikaan kuvaavat suorat ovat kuvassa 15.

Kuvan 15 suorat ovat lukuun ottamatta TT 1500 T:ä ennakkoodotusten mukaiset eli taakkakoon kasvaessa tyhjänä pyörimisaika vähenee. TT 1500 T käyttäytyy kuitenkin toisin taakkojen koon kasvaessa sen tyhjänäpyörimisaika lisääntyy.

Jo aikaisemmin kohdissa 62 ja 64 on esitetty epäily, että TT 1500 T:n syöttölaitteistossa tai kuormaimen sijoittelussa on kehittämisen varaa. Koska kuvassa 15 TT 1500 T:ä koskeva suora ei vastaa muiden hakkureiden toiminnasta saatua kuvaa täytyy tämän johtua koneen muista poikkeavista ominaisuuksista. Lähinnä ainoat koneen elimet, joiden toiminta mitoitus tai sijoittelu voivat aiheuttaa tyhjänäpyörimisajan kasvun taakan suuretessa ovat syöttölaitteisto ja kuormain.

Tyhjänä pyörimis-
aika %:a tehoajasta



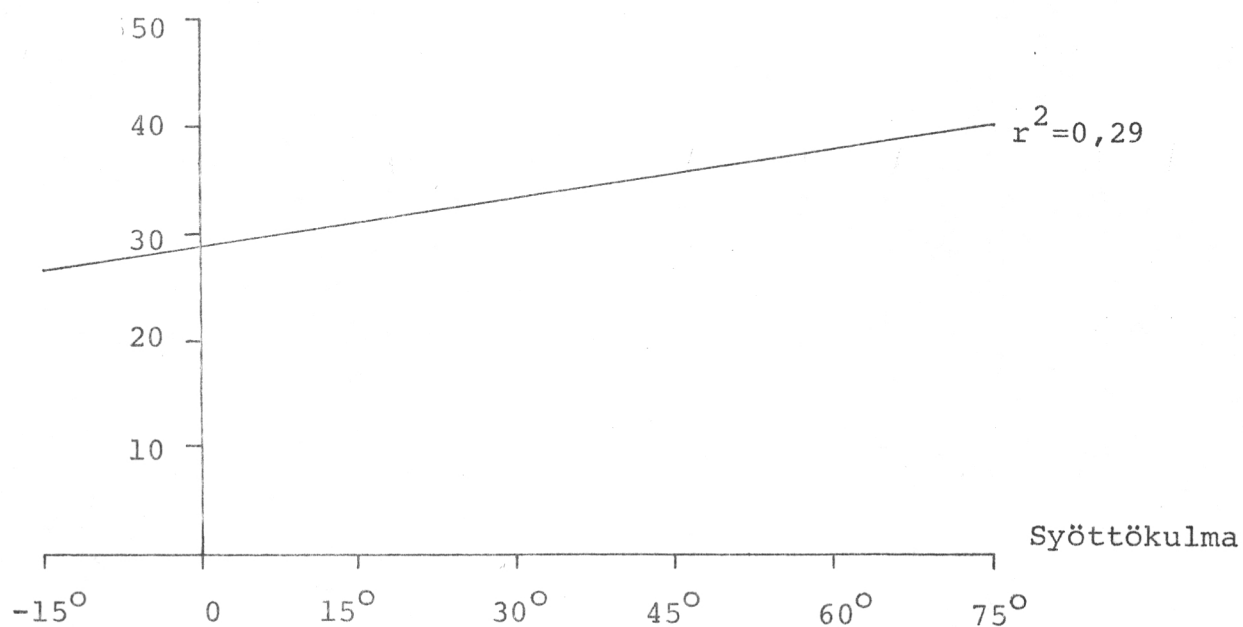
Kuva 15. Taakan keskikoon vaikutus tyhjänäpyörimisaajan osuuteen tehoajasta

853. Pinon korkeuden, kylkitiheyden ja syöttökulman vaikutus tyhjänäpyörimisaikaan

P i n o n k o r k e u s. Näyttää siltä, että Algolin ja TT 1500 T:n tyhjänäpyörimisaika lisääntyy pinon korkeuden kasvaessa. Algolilla hieman nopeammin kuin TT 1500 T:llä.

K y l k i t i h e y s. Kylkitiheyden kasvu näyttää nostavan jonkinverran TT 1500 T:n tyhjänäpyörimisaikaa. Toisten hakureiden aineistosta ei voi tehdä päätelmiä.

S y ö t t ö k u l m a. Syöttökulmaa koskevaa aineistoa kerättiin vain TT 1500 T:stä ja sitä koskeva suora on pirretty kuvaan 16.



Kuva 16. TT 1500 T, syöttökulman vaikutus tyhjänäpyörimisajan osuuteen tehoajasta

9. KULJETTAJIEN TYÖAJAN JAKAANTUMA

91. Työajan jakaantuma

Kuljettajien työajan jakaantuma selvitettiin havainnointitutkimuksella. Tulokset ovat taulukossa 7.

Taulukko 7. Kuljettajien työajan jakaantuma

Työvaihe	TT 1500 T		TT 1500 L		Algol	
	Keskim.	Vaihtelu	%		Keskim.	Vaihtelu
	%	%			%	%
Kouran siirto						
tyhjänä	15	12-19	22		19	14-26
Kouran siirto						
kuormattuna	26	18-34	33		37	30-46
Kouraisu	19	14-22	25		21	16-26
Asettelu (syöttö)	19	13-27	16		11	4-19
Odotus syötössä	14	6-21	4		7	3-10
Auttaminen syötössä	7	3-14	Δ		5	1- 7
	100		100		100	
Kuormat kpl		6	1			6

K o u r a n s i i r t o t y h j ä n ä. Vienyt eniten aikaa TT 1500 L:n kuljettajalta. Syy voi olla kuljettajan tottumattomuus kyseiseen koneeseen.

K o u r a n s i i r t o k u o r m a t t u n a. Algolin kuljettajalta on kulunut aikaa eniten, Tähän voi olla kaksikin syytä. Algolissa oli liukupuomikuormain, joka on hitaampi käsiteltävä ja kuljettaja istuu huomattavasti matalammalla kuin TT-hakkureissa. Jo taulukon edellinen työvaihe viittaa samaan suuntaan.

K o u r a i s u. Vienyt eniten aikaa TT 1500 L:ssä. Syy ilmeisesti sama kuin kohdassa "Kouran siirto tyhjänä" mainittu.

A s e t t e l u (s y ö t t ö). Vaatinut eniten aikaa TT 1500 T:ä. Syy voi olla jo aiemmin mainittu syöttölaitteiston tai kuormaimen parantamistarve.

O d o t u s s y ö t ö s s ä. Aikaa kulunut eniten TT 1500 T:ssä. Syy ilmeisesti sama kuin yllämainittu.

A u t t a m i n e n s y ö t ö s s ä. TT 1500 T:ssä näyttää kuluneen eniten aikaa. Ero Algoliin on kuitenkin pieni.

TT 1500 T:n valmistaja tutki Juvan työmaalla koneen toimintoja lähinnä syöttölaitteistoa. Myös kuormaimen koura vaihdettiin työmaan loppuvaiheessa. Näiden muutosten vaikutus selviää taulukosta 8.

Taulukko 8. TT 1500 T, kuljettajan työajan jakaantuma kun koneeseen on tehty toimintaan vaikuttavia muutoksia.

Työvaihe	Normaali	Haketus	Etusyöttörullalla		Uusi
	jakauma	valoilla	vapaalla	poistettu	koura
	%	%	%	%	%
Kouran siirto					
tyhjänä	15	17	17	23	20
Kouran siirto					
kuormattuna	26	26	30	30	33
Kouraisu	19	20	21	18	19
Asettelu(syöttö)	19	19	14	12	18
Odotus syötössä	14	14	17	14	6
Auttaminen syötössä	7	4	1	3	4
	100	100	100	100	100

H a k e t u s v a l o i l l a .

- ei näytä vaikuttaneen sanottavasti työajan jakaantumaa, tulos voi johtua aineiston vähäisyydestä.

E t u s y ö t t ö r u l l a v a p a a l l a .

- kouran siirto kuormattuna on vaatinut enemmän aikaa, mikä on luonnollista koska taakka on työnnettävä pitemmälle syöttölaitteistoon etusyöttörullan vedon puuttuessa.
- asetteluun (syöttöön) näyttää kuluneen vähemmän aikaa. Tämän täytyy johtua syöttötavan muutoksesta. Koura on kerralla viety niin kauas, ettei kyseistä työvaihetta ole yhtä paljon kuin normaalisti.
- odotus syötössä on kasvanut. Koska koura on viety pidemmälle ja taakka sijoitettu huolellisemmin, on odotteluun jäänyt enemmän aikaa.
- syötössä auttaminen näyttää vähentyneen, syyt ovat mahdollisesti samat kuin edellä mainituissakin työvaiheissa.

E t u s y ö t t ö r u l l a p o i s t e t t u .

- työajan jakaantumassa normaaliin verrattuna on suurinpiirtein samat muutokset kuin etusyöttörullan ollessa vain vapaalla. Odotus syötössä on palautunut samalle tasolle kuin normaali-jakautumassa työvaiheen "Kouran siirto tyhjänä" kustannuksella. Syytä tähän on vaikea päätellä. Osasyynä on ilmeisesti siinä, että "Kouran siirto tyhjänä" ja "Odotus syötössä" ovat työvaiheina jonkin verran yhteneviä. Muutokset molemmissa voivat selittyä sillä, että toiminnaltaan muuttunut syöttölaitteisto on vaatinut enemmän tarkkailua.

Etusyöttörullan laitto vapaalle tai sen poisto näkyy myös tuotoksessa. Se laski (ks. kuva 5), eikä ole mukana tutkimuksessa kohdissa, joissa se olisi aiheuttanut virheen.

U u s i k o u r a .

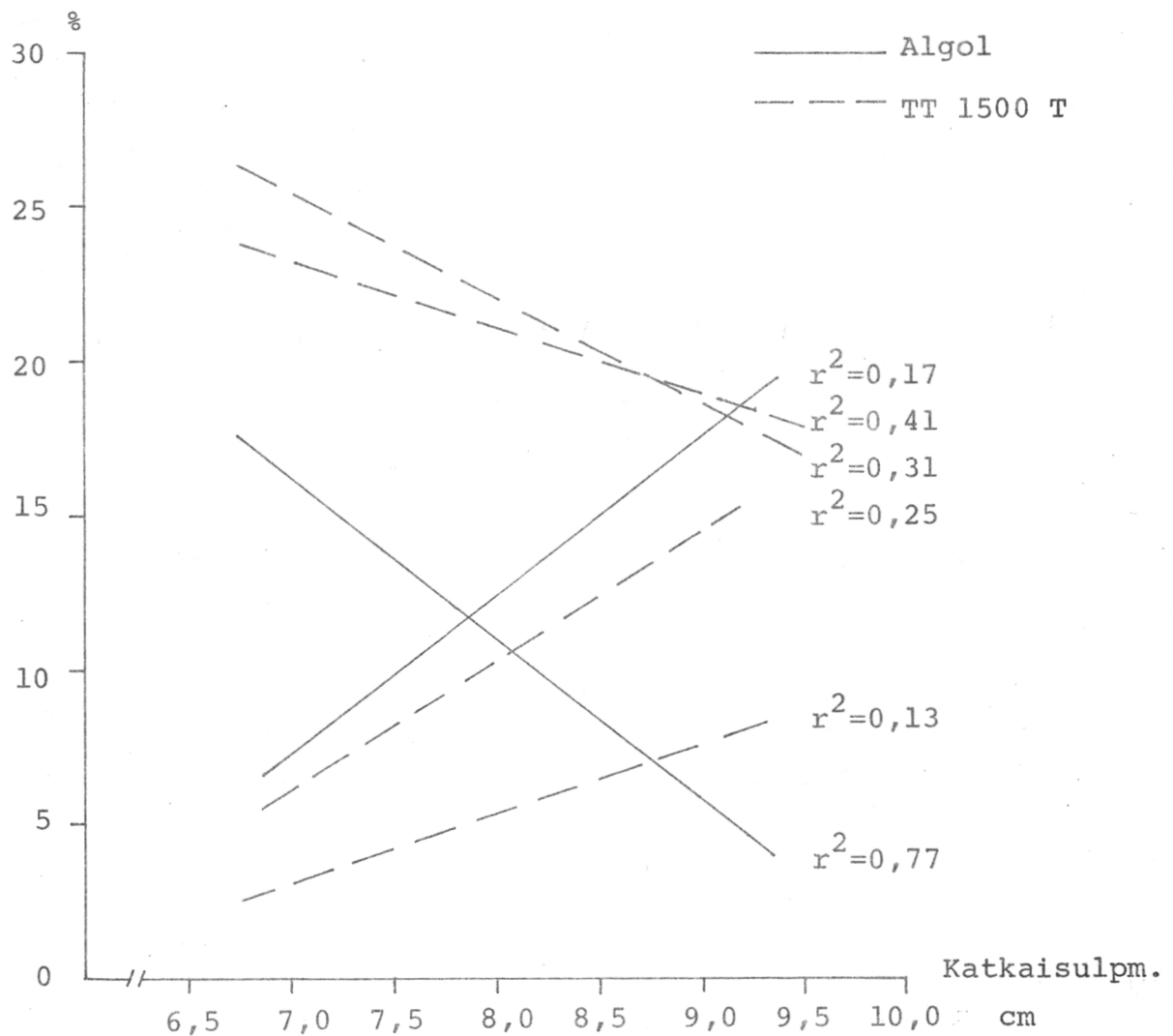
- kouran vaihto näyttää kasvattaneen sekä kouran vientiin tyhjänä, että kuormattuna kuluvaan aikaa muiden aikojen vastaavasti vähetessä tai pysyessä ennallaan. Syykin on selvä; kuormaa kohdin on taakkojen määrä kasvanut, mikä osittain johtuu uuteen kouraan totuttelusta ja osittain entistä pienemmästä kourasta.
- suurin ajan osuuden vähennys näyttää olleen työvaiheissa "syötön auttaminen" ja "odotus syötössä". Tämä johtuu keskimäärin pienemmistä taakoista, joiden sijoittaminen syöttölaitteistoon on helpompaa.
- kouran vaihto ei näy tuotoksen putoamisena.

92. Katkaisuläpimitan ja pinon korkeuden vaikutus työajan jakaantumaa

Katkaisuläpimitan ja pinon korkeuden vaikutusta eri työvaiheisiin kuvaavat suorat ovat kuvissa 17 ja 18. Kuvaajat koskevat vain Algol- ja TT 1500 T-hakkureita.

Kuvien 17 ja 18 lähtöaineistossa oli varsinkin Algolin kohdalla vaihtelu heikkoa ja suorien luotettavuus sen mukainen. Ne näyttävät kuitenkin selvittävän kummankin koneen käyttäytymistä tämän tutkimuksen kannalta riittävästi.

Työajan jakaantumasta



Kuva 17. Algol, monitoimihakkuri ja TT 1500 T, katkaisuläpimitan vaikutus kuljettajan työvaiheisiin (suorien numeroiden selitys tekstissä)

Kuvasta 17 voi tehdä seuraavat huomiot ja päätelmät. Katkaisuläpimitan vaikutuksesta työajan käyttöön (kunkin työvaiheen numero vastaa kuvan suorien numeroita).

1. Kouran siirto tyhjäänä. TT 1500 T:n käyttäytymisen ja katkaisuläpimitan välillä ei ollut riippuvuutta kuten oikein onkin. Algolia koskeva suora nousee suhteellisen jyrkästi. Tämä saattaa johtua aineiston heikkoudesta, ellei sitten puiden koon kasvaessa tapahtuva painopisteen siirtyminen kauemmas koneesta ole nousun aiheuttaja.

2. Kouran siirto kuormattuna.

Katkaisuläpimitan ja tämän työvaiheen välillä ei näytä olevan riippuvuutta kummallakaan koneella.

3. Kouraisu. Algolin aineistosta ei saanut havaittavaa riippuvuutta. TT 1500 T:n suora näyttää laskevan läpimitan kasvaessa. Pieniläpimittaisten ja oksikkaiden puiden otto pinosta ehkä onkin vaikeampaa kuin suurten.

4. Asettelu (syöttö). Asetteluun kuluva aika näyttää TT-hakkurilla laskevan puun koon kasvaessa. Algolia koskevasta aineistosta ei löytynyt havaittavaa riippuvuutta.

5. Odotus syötössä. Algol-hakkurille ei saatu havaittavaa riippuvuutta. TT-hakkurin odotusaika näyttää kasvavan puun koon mukana, mikä on ennakko-odotusten mukaista.

6. Auttaminen syötössä. Koneet käyttäytyvät tässä suhteessa toisistaan poikkeavasti. Algolin ajankäyttö tässä työvaiheessa laskee puiden suuretessa, mutta TT 1500 T:n nousee. Jos oletetaan, ettei ihannesyöttölaitteistossa puun koon tulisi vaikuttaa suuntaan eikä toiseen on Algolin syöttölaitteistossa korjaamisen varaa pienten puiden kohdalla ja TT-hakkurin suurilla puilla.

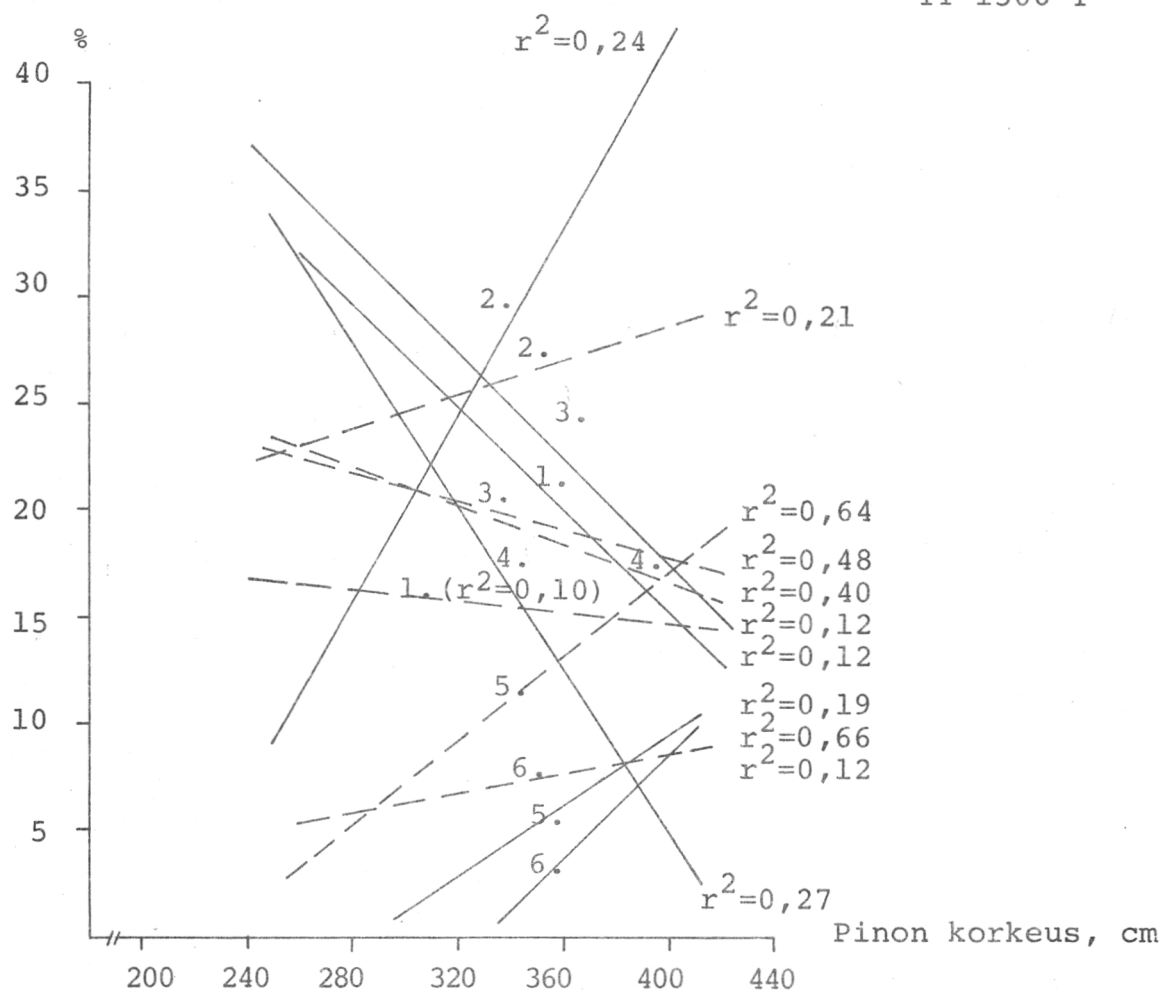
Kuvasta 18 voi tehdä seuraavat päätelmät ja huomiot pinon etukorkeuden vaikutuksesta kuljettajien työvaiheisiin (kunkin työvaiheen numero vastaa kuvan suorien numeroita). Suorien lähtöaineistossa Algolin pinojen korkeus vaihteli vähän. Jos vaihtelua olisi ollut enemmän olisivat kuvaajat huomattavasti loivempia.

1. Kouran siirto tyhjänä. Pinon noustessa molempien koneiden työvaiheeseen käyttämä aika vähenee. Tulos on johdonmukainen koska molempien syöttöpöytä on suhteellisen korkealla.

Osuus työajasta,

Algol

TT 1500 T



Kuva 18. Algol monitoimihakkuri ja TT 1500 T, pinon etukorkeuden vaikutus kuljettajien työvaiheisiin (suorien numeroiden selitys tekstissä)

2. K o u r a n s i i r t o k u o r m a t t u n a. Työvaiheen osuus kasvaa molemmilla koneilla pinon korkeuden kasvaessa. Tämä saattaa johtua siitä, että taakan vienti ylhäältä pinon vieressä olevaan syöttölaittesittoon on hankalampaa kuin alhaalta tai sitten edellisen työvaiheen nopeutuessa tähän voi yksinkertaisesti käyttää enemmän aikaa (hakkurin toimiessa suurinpiirtein vakionopeudella).

3. K o u r a i s u. Myös tähän työvaiheeseen hakkurit suhtautuivat samalla lailla. Pinon korkeuden kasvaessa kouraisuun kuluvan ajan osuus vähenee. Tämä voi johtua osittain näkyvyyden tai taakan otto-olosuhteiden paranemisesta. Onhan

varsinkin kasan pohja useimmiten sekava ja sitä joudutaan matalissa pinoissa selvittelemään suhteellisesti enemmän. Pääasiallinen syy on kuitenkin kasan koon kasvu pinon korkeuden kasvaessa (ks. kappale 72).

4. A s e t t e l u (s y ö t t ö). Taakan asettelu näyttää hakkureilla helpottuvan kun pino on korkea. Koska taakan koko kasvaa pinon korkeuden mukana ja sen asettelussa syöttölaitteisto-
toon menee koosta riippumatta lähes sama aika on tuloksena työvaiheeseen kuluvan ajan väheneminen.

5. O d o t u s s y ö t ö s s ä. Molemmilla hakkureilla odotus-
ajan osuus kasvaa. Tämäkin todennäköisesti johtuu taakan koon kasvusta.

6. A u t t a m i n e n s y ö t ö s s ä. Kummankin koneen kuljettajien työajasta näyttää sitä suurempi osuus kuluvan syötön auttamiseen mitä korkeampi pino.

Kuvista 17 ja 18 selviää kumpi, katkaisuläpimitta vai pinon korkeus selittää parhaiten eri työvaiheitten muutoksia.

1. K o u r a n s i i r t o t y h j ä n ä. Algol monitoimi-
hakkurilla antaa paremman selitysasteen katkaisuläpimitta,
TT 1500 T:llä pinon korkeus.

2. K o u r a n s i i r t o k u o r m a t t u n a. Pinon
korkeus on parempi selittäjä.

3. K o u r a i s u. Pinon korkeus on parempi selittäjä.

4. A s e t t e l u (s y ö t t ö). Pinon korkeus on parempi
selittäjä.

5. O d o t u s s y ö t ö s s ä. Pinon korkeus on parempi
selittäjä.

6. A u t t a m i n e n s y ö t ö s s ä. Puun koko on parempi
selittäjä.

Ylläolevan perusteella on pinon korkeus työvaihejakaantuman selittäjänä parempi kuin tyviläpimitta.

10. KUSTANNUKSET

Sekä Algol-monikäyttöhakkuri että molemmat TT-hakkurit olivat prototyypppejä. Myös niiden työmaista puuttui vielä vakiintuneisuuden tuoma sujuvuus. Kustannusten laskeminen näille koneyksiköille on epävarmaa.

Suomessa on kuitenkin ainakin yksi Trelan D-60 kokopuu hakkuri, jonka toiminnan voi katsoa jo vakiintuneen. Kone ei enää ole prototyyppi. Siitä on myös tehty taksaperusteita selvittävä tutkimus (TUOMOLA 1977). Jos hakkureille laaditaan TUOMOLAN tutkimien perusteiden mukaiset taksat Juvan työmaalle on varastoluokitus eri hakkureille seuraavan asetelman mukainen.

Luokitusperuste	Luokka
Puulaji	Mänty
Kantoläpimitta	8,6 cm
Pituus	1 lk.
Oksaisuus	2 lk.
Tyvien tasaisuus; kouraisu-	
taakkaan nähden	2 lk.
Varastopaikan laatu	1 lk.
Vieraat ainekset pinossa	1 lk.
Haketustaksa v. 1977 ylläolevien tekijöiden perusteella	
4,50 mk/i-m ³ eli 10,47 mk/m ³ (kerroin 0,43).	

Työmaalla kantoläpimitta vaihteli pinoittain ja myös hakkureiden kesken. Vaihtelun vaikutus taksaan on kuitenkin olematon ja kaikille hakkureille on käytetty samaa luokitusta.

Jos lasketaan edellä olleen asetelman mukaiset yksikkötaksan perusteella koneille tuntiansio, jolla koneiden tuntikustannus olisi peitettävä saadaan seuraava tulos.

Hakkuri	Tuotos keskimäärin i-m ³ /käyttötunti	Tuntiansio mk/h
Algol	50,85	229
Trelan D-60	37,50	169
TT-1500 L	29,07	131
TT 1500 T	45,73	206

Trelanin tuntiansio perustuu sen tuotoksen ja toimintaolosuhteiden perusteella tehtyyn tutkimukseen ja se todennäköisesti peittää koneen tuntikustannuksen.

TUOMOLAN tutkimuksessa taksan määrittelyyn vaikuttavat tekijät näyttävät olevan riittävät myös muille kokopuuhakkureille. Lopullinen taksa perustuu kuitenkin vain yhdestä koneesta tehtyyn tutkimukseen, joten niiden soveltaminen käytäntöön myös muille koneille ilman tarkempia tutkimuksia ei ole perusteltua.

Tässä tutkimuksessa kyseistä taksa on käytetty vain paremman vertailupohjan puuttuessa. Tuntiansioasetelmasta voi tehdä seuraavat päätelmät.

- TT 1500 L:n tuntiansio on liian alhainen kyseisen kokoiselle koneelle. On kuitenkin otettava huomioon, että tutkimusajan-kohtana tämä protoryyppihakkuri oli jo iäkäs ja kunnostuksen tarpeessa. Myös koneen kuljettaja olisi voinut olla kokeneempi.
- sekä Algol-monitoimihakkurin että TT-1500 T:n ansio näyttää olevan oikeassa suhteessa verrattaessa koneiden kokoja. Koska molemmat koneet kuitenkin ovat prototyyppisiä eikä niiden tuntikustannuksista ole riittävästi tietoa on arvio erittäin epävarmalla pohjalla.

11. YHTÄLÖT

1. Katkaisuläpimitan vaikutus tehotuntituotokseen

- Algol: $y = 12,4x - 59,3 \quad (r^2 = 0,52)$
- TT 1500 T: $y = 4,0x + 14,1 \quad (r^2 = 0,16)$
 $y = \text{tehotuntituotos i-m}^3/\text{h}$
 $x = \text{katkaisuläpimita cm}$

2. Pinon etukorkeuden vaikutus tehotuntituotokseen

- Algol: $y = -2,5x + 144,7 \quad (r^2 = 0,20)$
- TT 1500 T: $y = 6,9x + 23,3 \quad (r^2 = 0,35)$
 $y = \text{tehotuntituotos i-m}^3/\text{h}$
 $x = \text{pinon etukorkeus m}$

3. Taakan keskikoon vaikutus tehotuntituotokseen

- Algol: $y = 127,8x - 14,2$ ($r^2 = 0,31$)
 - TT 1500 T: $y = 97,7x + 8,8$ ($r^2 = 0,22$)
 - TT 1500 L: $y = 61,5x + 14,1$ ($r^2 = 0,41$)
- $y = \text{tehotuntituotos } i\text{-m}^3/\text{h}$
 $x = \text{taakat } i\text{-m}^3$

4. Katkaisuläpimitan vaikutus taakan kokoon

- Algol: $y = 0,02x + 0,36$ ($r^2 = 0,10$)
 - TT 1500 T: $y = 0,03x + 0,19$ ($r^2 = 0,13$)
 - TT 1500 L: $y = 0,04x - 0,01$ ($r^2 = 0,80$)
- $y = \text{taakka } i\text{-m}^3$
 $x = \text{katkaisuläpimitta cm}$

5. Katkaisuläpimitan vaikutus taakkojen lukumäärään

- Algol: $y = -0,3x + 4,7$ ($r^2 = 0,28$)
 - TT 1500 T: $y = -0,3x + 5,1$ ($r^2 = 0,38$)
 - TT 1500 L: $y = -0,4x + 6,7$ ($r^2 = 0,76$)
- $y = \text{takkojen lukumäärä kpl}/i\text{-m}^3$
 $x = \text{katkaisuläpimitta cm}$

6. Taakkojen koon riippuvuus pinon etukorkeudesta

- Algol $y = 0,0001x + 0,03$ ($r^2 = 0,23$)
 - TT 1500 T: $y = 0,0007x + 0,15$ ($r^2 = 0,20$)
- $y = \text{taakan koko } i\text{-m}^3$
 $x = \text{pinon korkeus cm}$

7. Kylkitiheyden vaikutus taakan kokoon

- Algol: $y = 0,6x + 0,31$ ($r^2 = 0,25$)
 - TT 1500 T: $y = 0,2x + 0,3$ ($r^2 = 0,09$)
 - TT 1500 L: $y = -0,1x + 0,3$ ($r^2 = 0,07$)
- $y = \text{taakan koko } i\text{-m}^3$
 $x = \text{kylkitiheys}$

8. Kouraisukorkeuden vaikutus taakkojen lukumäärään

- TT 1500 T: $y = 0,8x + 6,6$ ($r^2 = 0,18$)
 y = taakkojen lukumäärä kpl/5 cmin
 x = kouraisukorkeus m

9. Taakan koon vaikutus tyhjänäpyörimisaikaan

- Algol: $y = -60,4x + 40,9$ ($r^2 = 0,13$)
- TT 1500 T: $y = 65,9x + 2,3$ ($r^2 = 0,23$)
- TT 1500 L: $y = 122,6x + 81,6$ ($r^2 = 0,28$)
 y = tyhjänäpyörimisaika % tehoajasta
 x = taakan koko i-m³

10. Syöttökulman vaikutus tyhjänäpyörimisaikaan

- TT 1500 T: $y = 0,15x + 27,4$ ($r^2 = 0,29$)

11. Katkaisuläpimitan ja pinon korkeuden vaikutus kuljettajan työajan jakaantumaa

Algol, katkaisuläpimitan vaikutus:

- kouran siirto tyhjänä $y = 0,5x - 29,9$ ($r^2 = 0,17$)
- auttaminen syötössä $y = 0,5x + 52,7$ ($r^2 = 0,77$)
 y = työvaiheen osuus %:a työajan jakaantumasta
 x = katkaisuläpimita mm

Algol, pinon etukorkeuden vaikutus:

- kouran siirto tyhjänä $y = -0,1x + 62,7$ ($r^2 = 0,12$)
- kouran siirto kuormattuna $y = 0,2x - 48,3$ ($r^2 = 0,24$)
- kouraisu $y = -0,1x + 67,0$ ($r^2 = 0,12$)
- asettelu (syöttö) $y = -0,2x + 82,0$ ($r^2 = 0,27$)
- odotus syötössä $y = 0,1x - 23,7$ ($r^2 = 0,19$)
- auttaminen syötössä $y = 0,1x - 42,0$ ($r^2 = 0,66$)

TT 1500 T, katkaisuläpimitan vaikutus:

- kouraisu	$y = -2,3x + 39,5$	$(r^2 = 0,41)$
- asettelu (syöttö)	$y = -3,6x + 50,6$	$(r^2 = 0,31)$
- odotus syötössä	$y = 4,1x - 22,3$	$(r^2 = 0,25)$
- auttaminen syötössä	$y = 2,2x - 12,2$	$(r^2 = 0,13)$

y = työvaiheen osuus %:a työajan jakaantumasta

x = katkaisuläpimitta cm

TT 1500 T, pinon etukorkeuden vaikutus:

- kouran siirto tyhjänä	$y = -0,02x + 21,4$	$(r^2 = 0,10)$
- kouran siirto kuormattuna	$y = 0,04x + 12,3$	$(r^2 = 0,21)$
- kouraisu	$y = -0,04x + 34,4$	$(r^2 = 0,48)$
- asettelu (syöttö)	$y = -0,05x + 34,9$	$(r^2 = 0,40)$
- odotus syötössä	$y = 0,1x - 23,6$	$(r^2 = 0,64)$
- auttaminen syötössä	$y = 0,02x + 0,8$	$(r^2 = 0,12)$

y = työvaiheen osuus %:a työajan jakaantumasta

x = pinon korkeus cm

12. LÄHDELUETTELO

TUOMOLA, T. 1977. Trelan D-60 kokopuuhakkurin tuotos ja kustannukset väliavarastohaketuksessa.
Helsingin Yliopiston metsäteknologian laitoksen tiedonantoja n:o 34.

