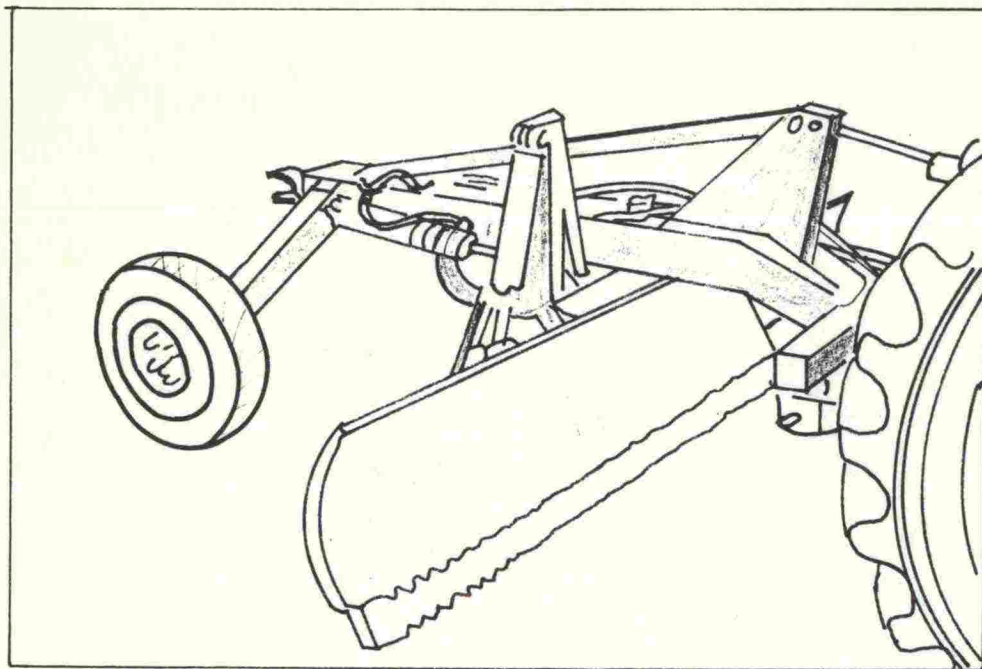


**TUTKIMUS TIEN JAKAVAN JA SITOMATTOMAN
KANTAVAN KERROKSEN LEVITYSMENETELMISTÄ**



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Rakentamistalouden toimisto

08
T/E-



83 0402

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
YHTEENVETO	1
1. JOHDANTO	3
2. MENETELMIEN KÄYTÖN NYKYTILA	4
3. TUTKIMUKSEN SUORITUS	4
3.1 Koeosuudet	4
3.2 Tutkimusmenetelmä	5
3.3 Levitysmenetelmät ja olosuhteet	6
4. TUTKIMUSTULOKSET	7
4.1 Ajankäyttö	7
4.2 Kapasiteetit	9
4.3 Laatu	17
4.4 Kustannukset	24
4.5 Levityskoneen valinta	28

Liite 1: Levityskoneen työmenetelmäkuvaukset

Liite 2: Kustannusten laskentaperusteet

YHTEENVETO

Kerrosten levitystutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään käytössä olevien työmenetelmien keskinäinen edullisuus niin kustannusten kuin laadunkin suhteen jakavaa sekä kantavaa kerrosta rakennettaessa.

Nykyisin ovat yleisimmät levityskoneet puskutraktori ja sen apuna tiehöylä tasauksessa sekä tiehöylä varsinaisessa levitystyössä. Pyörätraktori (+tasaushöylä) on yleisin levityskone vain kolmessa piirissä.

Tutkimuksessa vertailtiin keskenään tiehöyliä, puskutraktoreita ja pyörätraktoreita, joista yksi oli varustettu hydraulisella ja yksi mekaanisella lanalla. Levityskelkka jouduttiin jättämään kenttätutkimusten ulkopuolelle laitteen mentyä epäkuntoon.

Tutkimuskohteisiin aikaansaatiin keinotekoisesti portaittain nouseva massavirta, jonka vaikutuksia laatuun, työsaavutuksiin ja kustannuksiin päästiin näin selvittämään.

Tutkimustulokset puoltavat TRN:n käytön edistämistä. Hydraulisen perälanan käyttöä tulisi pyrkiä yleistämään urakoitsijoiden pyörätraktoreiden lisälaitteena. Puskutraktorin ja erityisesti tiehöylän käyttöä tulisi vähentää levityskoneena.

Konepankin levityskelkka on kerrosten levityskoneena hyvin kallis valinta vähäisten käyttötuntiensä ja korkeiden käytökustannustensa vuoksi. Uusien levityskelkkojen hankinta kerrosten levityskoneiksi ei tämän tutkimuksen laskelmien mukaan ole perusteltua.

Yleensä rajaavat kuormaus- ja kuljetus työketjun kapasiteetin ja levityskone valitaan siten, että se pystyy levittämään enemmän kuin kuormauskone kuormaa. Tavallisesti on pyörätraktorin levityskyky jakavaa ja kantavaa kerrosta levitettäessä täysin riittävä.

Levityskoneen levityskapasiteetti riippuu käytännössä kuormauskapasiteetista ts. kone pystyy usein huomattavasti parempaan työsaavutukseen, vaikka sillä ei alhaisemmallaakaan kuormauskapasiteetilla olisi joutoaikaa. TRN pystyy levittämään materiaalin, kun kuormauskapasiteetti $K2 \leq 200 \text{ m}^3/\text{td}/\text{h}$. Puskutraktorilla ja tiehöylällä on vastaava raja $300 \text{ m}^3/\text{td}/\text{h}$.

Laadultaan parasta pintaa tekivät luonnollisesti tiehöylät. Hydraulisella lanalla varustettu pyörätraktori teki koeolosuhteissa niin hyvää laatua, että sen voidaan olettaa selviävän ilman oikaisuhöyläystä ainakin kantavasta, mahdollisesti myös jakavasta kerroksesta.

Hyvään lopputulokseen pääseminen niin työsaavutusten kuin laadunkin suhteen edellyttää myös levitystyössä kuljettajalta hyvää ammattitaitoa ja työnjohdolta tehokkuutta sekä töiden järjestelyssä että valvonnassa.

1. JOHDANTO

Hämeen, Keski-Suomen ja Keski-Pohjanmaan tie- ja vesirakennuspiirissä tehtiin vuonna 1982 työntutkimuksia, joiden avulla pyrittiin selvittämään tien jakavan ja kantavan kerroksen levitystyössä käytettävien työmenetelmien keskinäinen edullisuus. Erityisesti oli tavoitteena selvittää kerrosten levitystyössä

- pyörätraktorin käyttökelpoisuus
- tiehöylän käytön tarkoituksenmukaisuus nykyisessä laajuudessa
- levityskelkan soveltuvuus koko massansiirtoketju huomioottaen
- menetelmien laatu- ja kustannuserot

Jakavan ja sitomattoman kantavan kerroksen rakentamiseen käytettiin v. 1982 (ilman materiaalikustannuksia) varoja yhteensä 95 Mmk. Tästä summasta oli omassa johdossa tehtyjen töiden osuus 82 Mmk, joka sisältää mm. materiaalin kuormauksen ja kuljetuksen, kerroksen levityksen, muotoilun ja tiivistyksen.

Jakavaan ja sitomattomaan kantavaan kerrokseen käytettiin v. 1982 kiviainesta noin 4,4 milj. m³itd. TS-korttien levitystöiden työsaavutustietojen perusteella voidaan päätellä, että tämän tutkimuksen tulokset voivat siten vaikuttaa suoranaisesti noin 4 Mmk:n suuruisen vuotuisen rahamäärän entistä tarkoituksenmukaisempaan käyttöön.

Työntutkimustiedotteen kerrosten levitysmenetelmistä on laatinut TVH:n rakentamistalouden toimistossa dipl.ins. Kyösti Laukkanen.

2. MENETELMIEN KÄYTÖN NYKYTILA

Jakavan ja kantavan kerroksen levityksessä on vuonna 1982 tehdyn menetelmien käyttöselvityksen mukaan yleisin kone-yhdistelmä PT sekä pinnan tasoitukseen käytetty höylä. Tiehöylää käytettiin toiseksi eniten ja vasta kolmannella sijalla oli huokea TRN (taul. 1). Levityskelkkaa käytettiin vain vähän ja lähinnä Turun piirissä.

Koko maa	Kone	Yleisin piireissä
1.	PT + oikominen TH:lla	H, O, Kn, L
2.	TH	U, T, Ky, M, P-K, V
3.	TRN + oikominen TH:lla	Ku, K-S, KP

Taulukko 1: Kerrosten levitysmenetelmien yleisyys piireittäin ja koko maassa.

Pariin edelliseen vuoteen verrattuna ei menetelmien yleisyydessä ole juuri tapahtunut muutoksia. Voidaan siten päätellä, että asiantuntijoiden mielipiteiden eroaminen levitysmenetelmien valinnassa on pysyvä olotila.

3. TUTKIMUKSEN SUORITUS

3.1 Koeosuudet

Työntutkimukset tehtiin seitsemässä tienrakennuskohteessa, joissa seurattiin yhteensä 32:n keskimäärin 110 m pituisen koealueen rakentamista (taul. 2).

Piiri	Tie, tieosa	Kerros	Suunn. paks. mrtr	Koealueita	
				kpl	m
H	Mt 2790, Isonie- mi-lääninraja	Kk yläosa	0,04	2	460
H	Mt 344 Ruhala- Päijäntee	Kk	0,15	2	500
H	Mt 2813 Jokioi- nen-Kauppila	Kk	0,15	2	380
K-S	Pt Muurame- Säynätsalo	Jk+Kk	0,24- 0,35	9	695
K-P	Vt 13 Kainu- Matinneva	Jk	0,15- 0,25	8	760
K-P	- " -	Kk	0,15	8	760
K-P	- " -	Jk+Kk	0,35	1	80
Yht.				32	3635

Taulukko 2: Tutkimuskohteet ja koealueet

Tutkimuksen aikana jouduttiin luopumaan yhdestä kohteesta, jossa oli tarkoitus tutkia levityskelkkaa, sillä ko. lait-
teesta särkyi tutkimuksen alkaessa pyörän erikoisvanne eikä
varaosaa saatu tutkimuksen aikana.

3.2 Tutkimusmenetelmä

Jotta pystyttäisiin selvittämään erilaisten olosuhteiden
vaikutus työsaavutuksiin ja työn lopputuloksen laatuun, jär-
jestettiin kullekin tutkittavalle työmenetelmälle ja ker-
rostyypille keinotekoisesti olosuhteet, joissa työmaalle
tuleva massavirta vaihteli. Massavirtaa kutsutaan jäljem-
pänä myös kuormauskapasiteetiksi, jota se jäljittelee,
vaikka massavirran säätely tapahtui levityskohteessa eikä
kuormauspaikalla.

Kuormauskapasiteetin säätely tapahtui siten, että kuorma-

autolle annettiin tyhjennyslupa vasta, kun edellisen kuorman tyhjennyksestä oli kulunut ennakolta laskettu, halutusta kuormauskapasiteetista ja edellisen kuorma-auton lavakoosta riippuva tyhjennysaikaväli.

Levityskoneella oli siten tämä kuormien tyhjennysaikaväli käytettävissään kuorman levitykseen. Koneen ajankäytöstä määritettiin erikseen

- varsinaiseen levitykseen kulunut aika, jonka kuluessa kone siirsi massaa
- aputyöt, jolloin massaa ei siirtynyt merkittävästi, vaan kone lähinnä tasoitteli edellä levittämäänsä kerrosta
- keskeytykset, jotka sisälsivät käytännössä vain kuormien odotustusta.

Kun aika-, suoritemäärä- ja laatumääritykset tehtiin olosuhteissa, joissa kuormauskapasiteettia nostettiin portaittain, pystyttiin niiden keskinäisiä riippuvuuksia laskemaan.

3.3 Levitysmenetelmät ja olosuhteet

Koealueilla käytettiin kolmea eri painoluokkiin kuulunutta tiehöylää, kahta puskutraktoria (PT08) ja neljää puskulevyllä varustettua nelivetoista pyörätraktoria, joista yhdessä oli lisälaitteena hydraulisesti ja toisessa mekaanisesti käännettävä takalana.

Puskukoneen ja pyörätraktorin yhteydessä käytettiin tiehöylää pinnan pitkien aaltojen oikomiseen, mutta tavallinen oli myös menettely, jossa kerros jätettiin painumaan ja oikominen sekä seuraavan kerroksen tekeminen jäivät myöhemmin suoritettaviksi.

Useimmat kerrokset rakennettiin altapengerryksenä, jolloin massa-autot eivät liikkuneet levitettävän kerroksen päällä. Kuormista osa tyhjennettiin matoksi vetäen, osa kasaan. Yksityiskohtaiset kuvaukset levityskoneen työmenetelmistä eri kohteissa on esitetty liitteessä 1.

4. TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Ajankäyttö

Kun massavirtaa levityskohteeseen (kuormauskapasiteettia) nostettiin portaittain, pyrittiin määrittämään se kuormauskapasiteetti, jolloin levityskone työskenteli koko ajan täydellä teholla. Tällöin kuormien odotusaika prosentteina kuormien levitykseen käytettävissä olleesta ajasta aleni nolnaan ja levityskone tukehtui (kuvat 1-3).

Kun kuormauskapasiteetti (K2) oli 100-150 m³itd/h, käytti TRN työskentelyyn 50-96 % käytettävissä olleesta ajasta. Lanoilla varustetuille pyörätraktoreille jäi tällöin enemmän vapaata odotusaikaa kuin ilman lanaa toimineille.

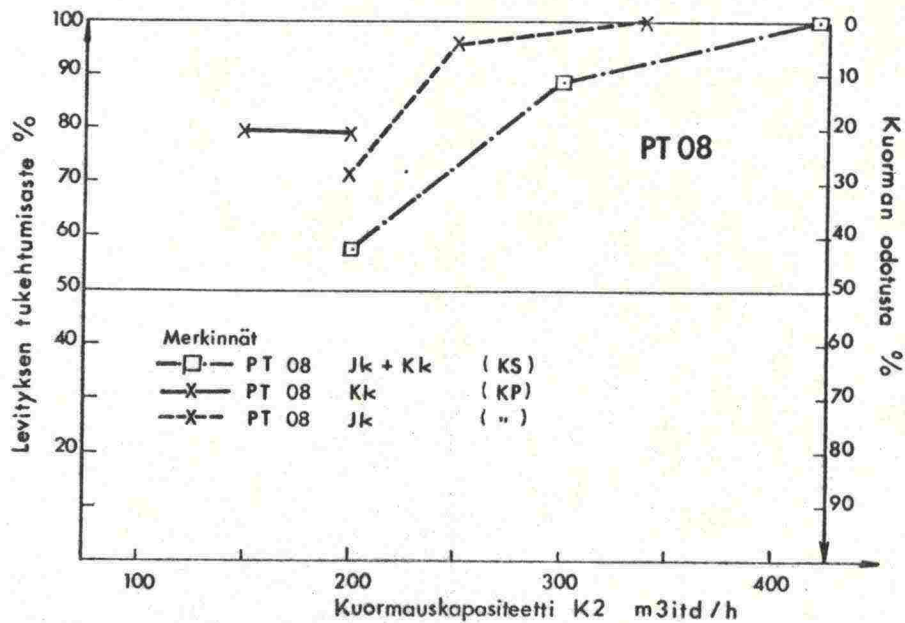
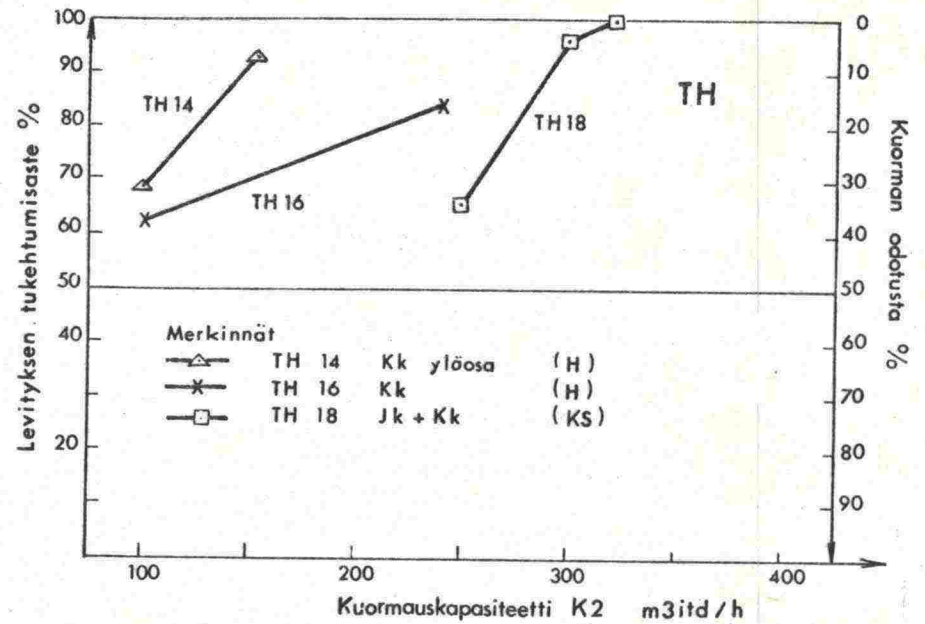
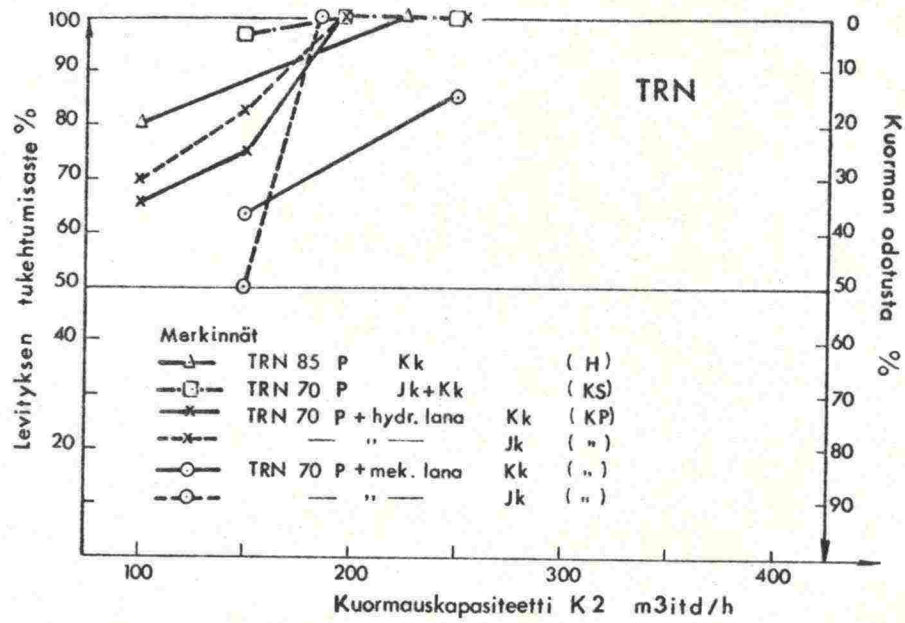
Levityskone tukehtui, kun kuormauskapasiteetti oli suuruudeltaan:

	K2 m ³ itd/h
TRN	200-225
PT08	325-420
TH18	320

Kevyemmillä höylillä (TH 14-16) ei kuormitusta nostettu tukehtumispiisteeseen asti. Se, oliko TRN:n lisävarusteena lana vai ei, ei vaikuttanut siihen, kuinka suurelle massavirrälle TRN soveltui.

Levityskoneen työskentelyaika pyrittiin jakamaan kahteen osaan

- varsinainen levitysaika, jolloin kone käytännössä levitti kuorman
- aputyöt, jolloin kone lähinnä tasoitteli ja siloittelee edellä levittämänsä kuormaa.



Kuvat 1-3:
Levityskoneen tukehtumisasteen ja kuor-
mien odotusajan riippuvuus kuormauskapa-
siteetista

Takalanoilla varustetut pyörätraktorit käyttivät lanaukseen 20-25 % työskentelyajasta, kun kuormauskapasiteetti oli 150-250 m³itd/h (kuvat 4-5).

Merkillepantavaa on, että massavirran kasvaessa kone käyttää edelleen verrattain suuren osuuden työskentelyajastaan pinnan tasoitteluun, jos tasauslaitteiston käyttö on joustavaa ja kuljettaja pyrkii hyvään lopputulokseen (kuva 6).

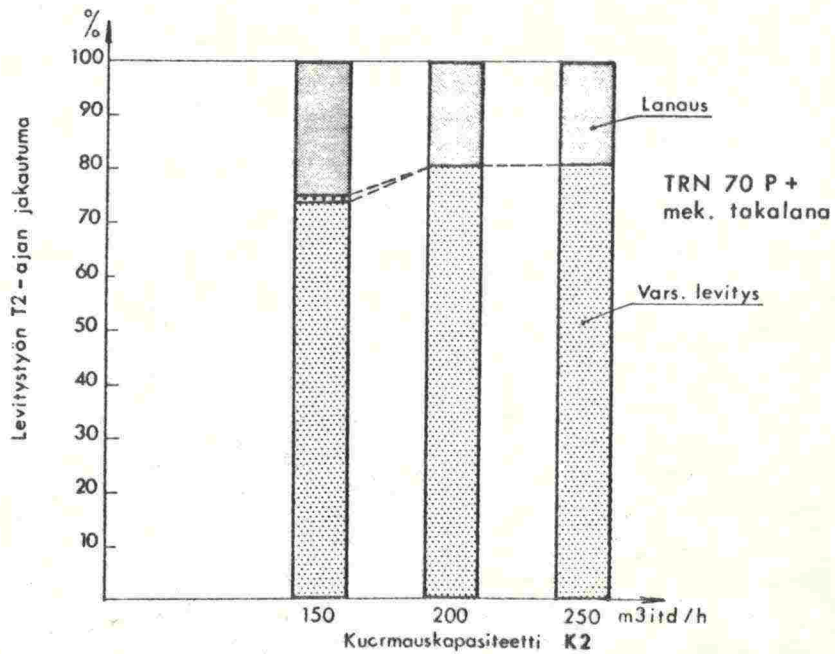
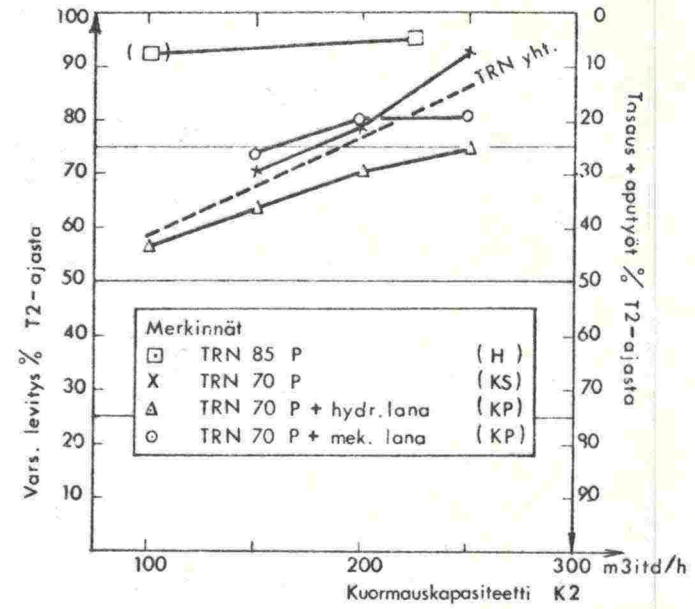
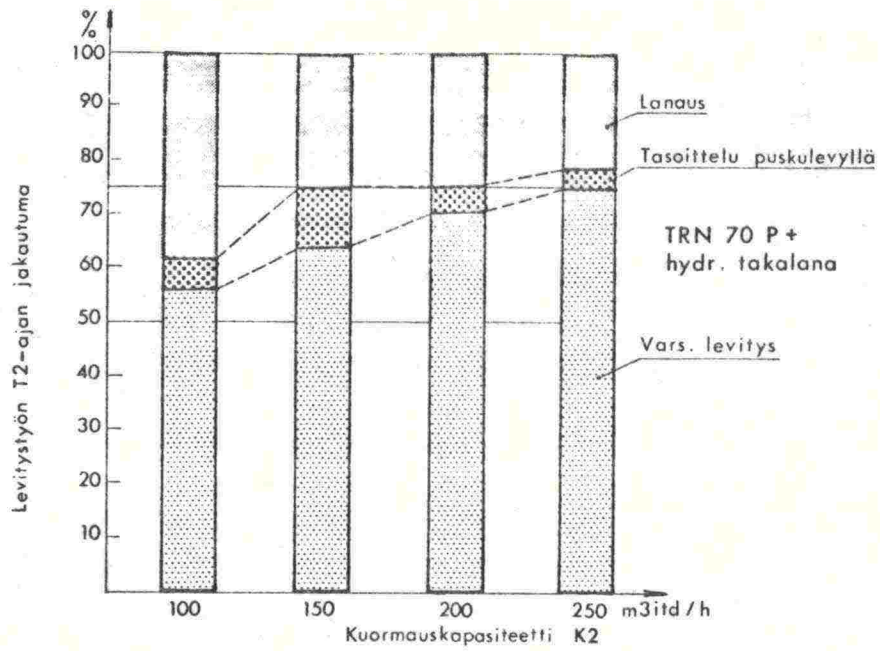
PT 08 käytti toisessa tutkimuskohteessa pinnan tasaamiseen (puskulevyllä työntäen) 10-15 % työskentelyajasta, toisella työmaalla ei erillistä tasaustyövaihetta ollut erotettavissa. Kuljettajat olisivat kuitenkin voineet pyrkiä parantamaan lopputulosta etulevyllä vetäen peruutusvaiheissa.

Tiehöyläosuuksilla ei erillistä tasoittelutyövaihetta ollut havaittavissa.

4.2 Kapasiteetit

Levityskoneiden levityskyvyn tiedetään riippuvan varsin voimakkaasti mm. levitettävän kerroksen paksuudesta, kuormien tyhjennystavasta, työnjärjestelystä ja kuljettajan ammattitaidosta.

Tämän tutkimuksen yhteydessä kävi selvästi ilmi, että myös massan tulonopeus vaikuttaa erittäin merkittävästi levityskapasiteettiin. Kun kuormauskapasiteetti on alhainen, saattaa kone siten työskennellä koko ajan, mutta toimii kuitenkin tehottomasti (liikkuu hitaasti, tekee tarpeettomia liikkeitä). Kun kuormauskapasiteettia nostetaan, pystyy kone usein edelleen levittämään massakuormat sitä mukaa kuin niitä saapuu. Levityskoneen kapasiteettia voidaan näin ollen parantaa massavirtaa kasvattamalla, jos se on muille koneketjun osille mahdollista.



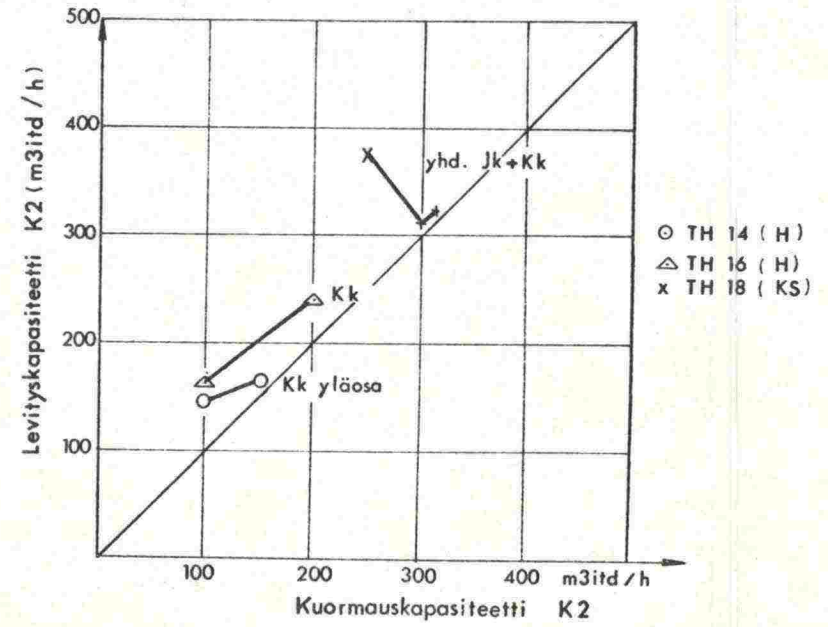
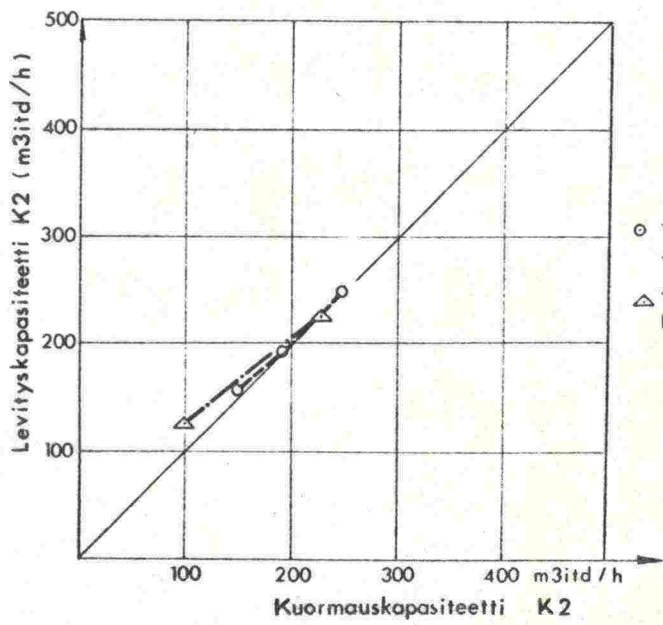
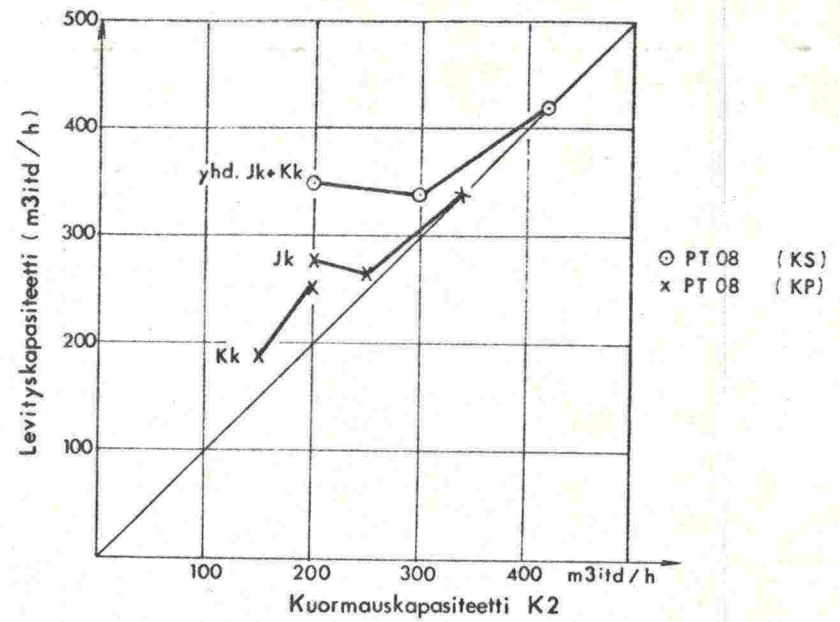
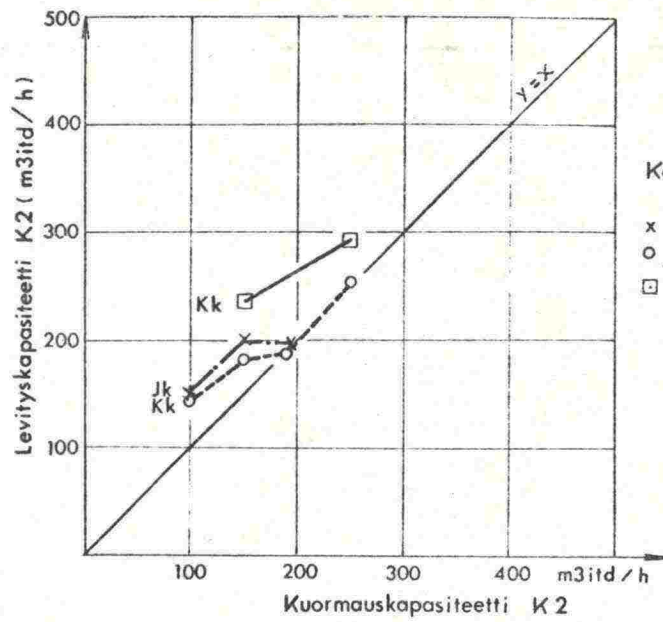
Kuvat 4-6:
Levitystyön T2-ajan jakautuminen
varsinaiseen levitykseen sekä
apu- ja tasaustöihin

Kun massavirtaa kasvatetaan riittävästi, tulee ennen pitkää vastaan levityskoneen tukehtumisraja, jolloin massakuormia tulee nopeammin kuin kone ehtii levittää. Vasta tällöin on saavutettu levityskoneen maksilevityskapasiteetti. Eri suuruisilla massavirroilla tehtyjen aika- ja suoritemäärämitausten perusteella voidaan laskea levityskapasiteetin riippuvuus kuormauskapasiteetista (kuvat 7-10).

Kun levityskoneella oli joutoaikaa, levityskapasiteetti oli suurempi kuin kuormauskapasiteetti eli kuvassa 7 TRN:n kapasiteettia kuvaava käyrä kulkee suoran $y=x$ yläpuolella. Kun kuormauskapasiteetti oli $200 \text{ m}^3/\text{itd}/\text{h}$, oli levityskapasiteetti saman suuruinen, joten se näytti saavuttaneen maksiminsa. Kun kuormauskapasiteetti nostettiin $250 \text{ m}^3/\text{itd}/\text{h}$:iin, pystyi TRN edelleen levittämään tulevat massat eli se paransi vielä 25 % työsaavutustaan, vaikka koneella ei edellisessäkään kuormitustilanteessa ollut joutoaikaa.

Koneen maksimilevityskyky määritettiin siten, ettei kuormien tyhjennystä enää säännöstelty, vaan koneen kuljettajalle annettiin ohjeeksi levittää kuormat mahdollisimman nopeasti. Kone ja kuljettaja työskentelivät tällöin suorituskykynsä ääri rajoilla, mikä ei jatkuvassa työskentelyssä onnistuisi, vaan koneen levityskyky alenisi ja kuormat alkaisivat ruuhkautua kasoiksi.

Käytännössä voidaan arvioida, että TRN pystyy levittämään massat, kun kuormauskapasiteetti on korkeintaan $200 \text{ m}^3/\text{itd}/\text{h}$. Puskutraktorilla ja tiehöylällä on vastaava raja $300 \text{ m}^3/\text{itd}/\text{h}$. Usein ei tätä PT:n ja TH:n suurempaa levityskykyä pystytä kuitenkaan hyödyntämään, vaan ketjun kapasiteetin rajoittaa kuljetusteiden liikenteen välityskyky ja autojen ruuhkaantuminen levityspäässä.



Kuvat 7-10: Levityskapasiteetin riippuvuus kuormauskapasiteetista

Levityskapasiteetin riippuvuutta samanaikaisesti sekä kuormauskapasiteetista että kerrospaksuudesta on havainnollistettu kuvissa 11-12, jotka on piirretty tutkimustuloksista laskettujen regressiomallien perusteella. Kuvia piirrettäessä on lisäksi käytetty levityskoneen tukehtumisen estämiseksi reunaehtoa

$$K_2 \text{ levitys} \geq K_2 \text{ kuormaus}$$

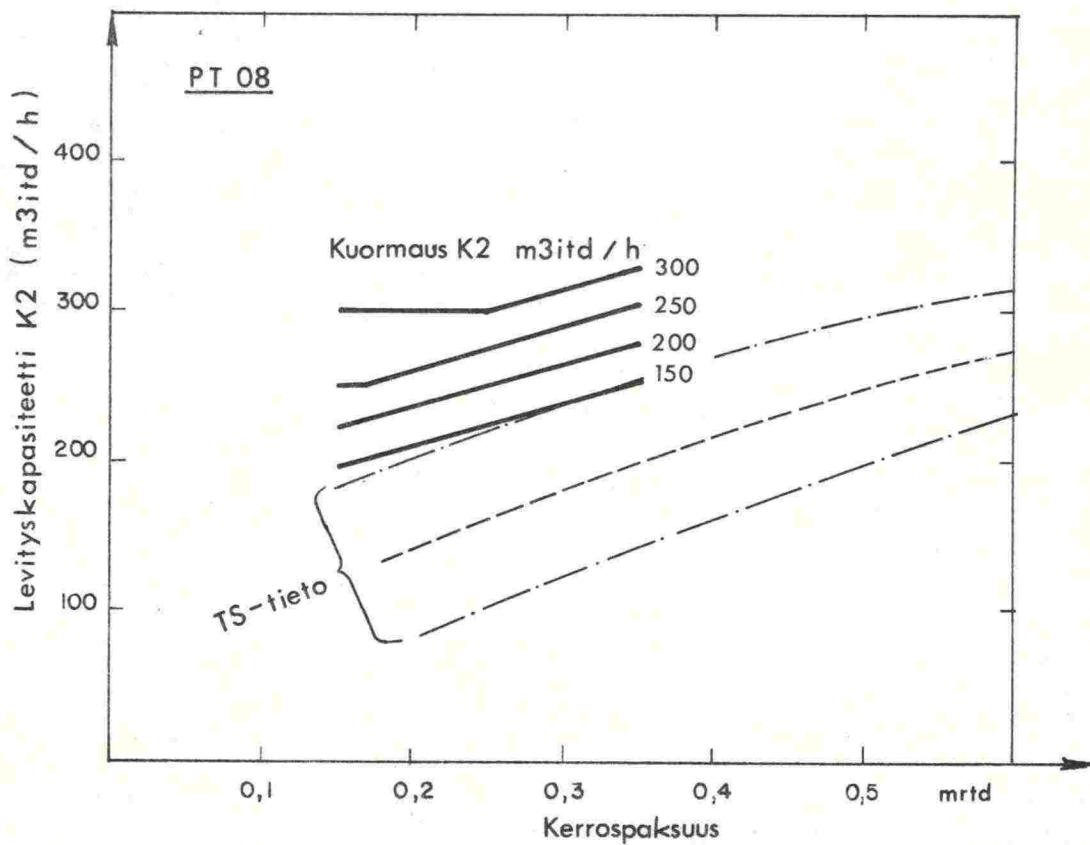
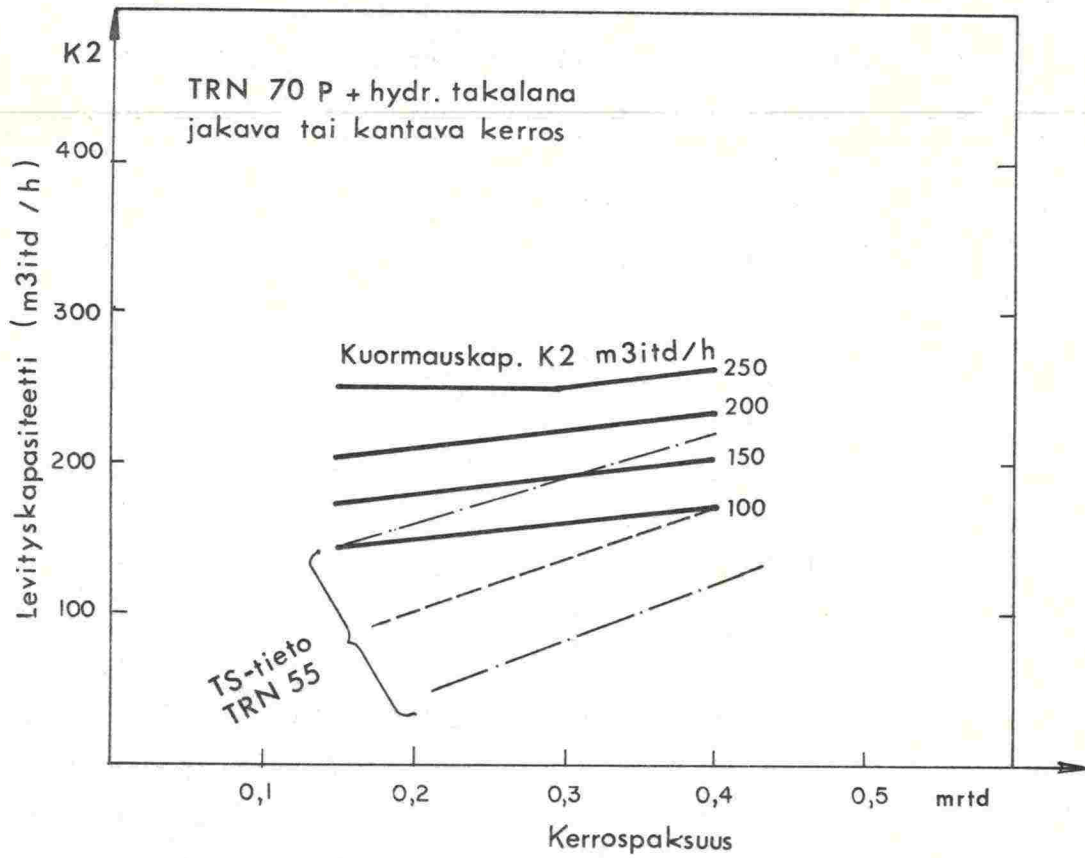
Tässä tutkimuksessa oli havaittavissa että PT:n ja TRN:n levityskapasiteetti kasvoi noin $10 \text{ m}^3 \text{ itd/h}$, kun kerrospaksuus kasvoi 3-5 cm tai kuormauskapasiteetti kasvoi $15-25 \text{ m}^3 \text{ itd/h}$.

Tutkimuksessa määritetyt levityskapasiteetit ovat olennaisesti korkeammalla tasolla kuin tien tekemisen TS-korteissa on esitetty. Tämä lienee lähinnä seurausta tutkimustilanteen häiriöttömiksi säädellyistä olosuhteista.

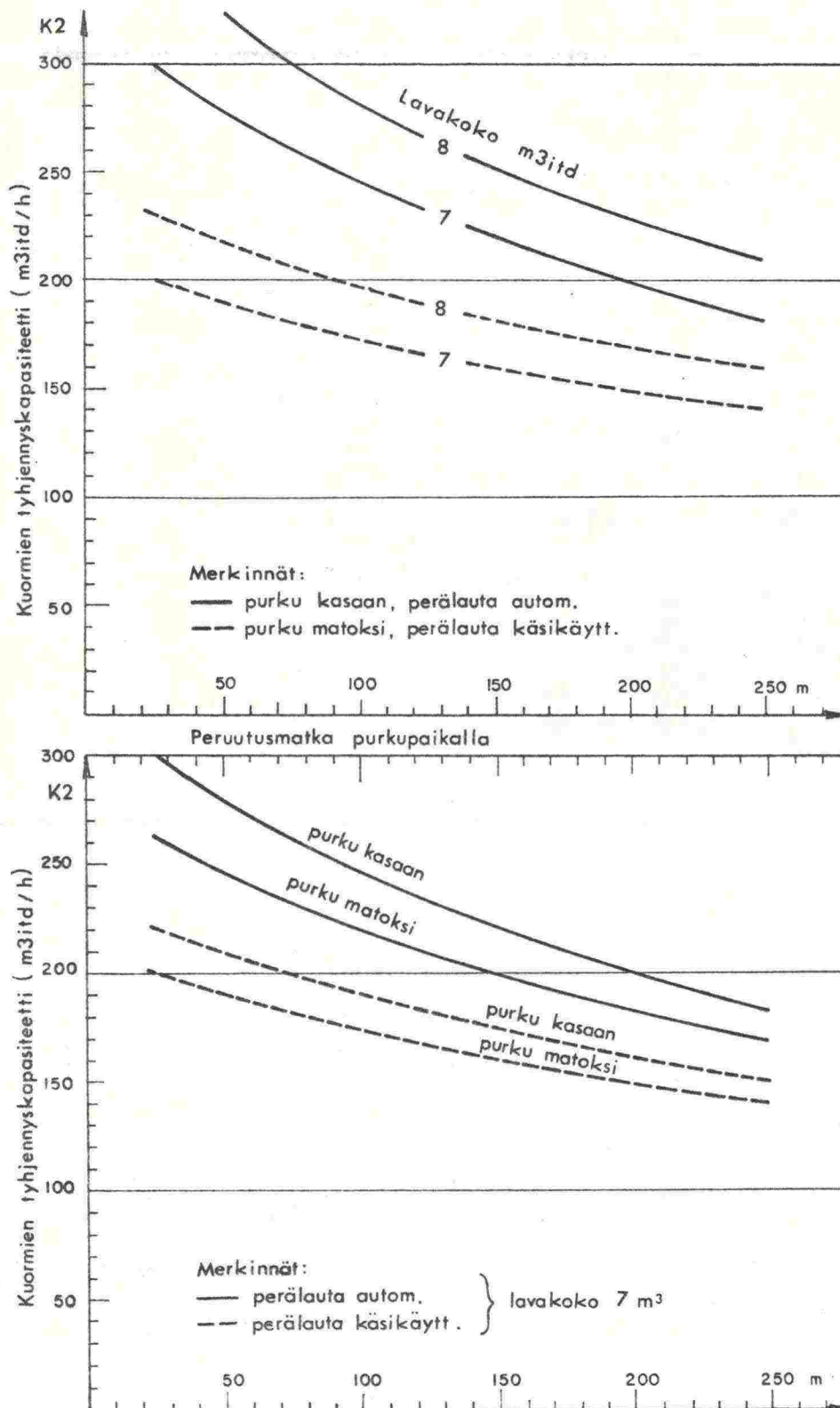
Koska levityskohteeseen tuleva massavirta säädeltiin keino-
tekoisesti halutun suuruiseksi, tutkimustuloksiin eivät vaikuttaneet kuljetusteiden laatu tai pituus, kuljetuskaluston määrä tai laatu tahi kuormauskaluston todelliset ominaisuudet. Näistä seikoista johtuen tutkimustilannetta voidaan pitää ihanteellisena käytännön tilanteisiin verrattuna.

Erään reunaehdon levityskalustolta mahdollisesti vaadittavalle levityskyvyille asettaa kuljetuskaluston kuormien tyhjennyskapasiteetti, jota levityskoneen maksikapasiteetin ei tarvitse ylittää.

Kuvassa 13 on esitetty TS-kortin nro 5027 perusteella laskettu kuormien tyhjennyskapasiteetti, kun vain yksi auto kerrallaan pystyy purkamaan kuormansa. Tyhjennyskapasiteetti riippuu peruutusmatkasta purkupaikalla, kuljetuskaluston lavakoosta, kuormien purkutavasta sekä perälaudan toimintatavasta.



Kuvat 11-12: Levityskapasiteetin riippuvuus kerros-paksuudesta ja kuormauskapasiteetista (Jk tai Kk)



Kuva 13: Kuormien teoreettisen maksimityhjennyskapasiteetin riippuvuus peruutusmatkasta, lavakoosta, purkutavasta ja perälaudan toimintatavasta.

Kuvan 13 perusteella voidaan laskea, että olosuhteita parantamalla voidaan merkittävästi parantaa kuormientyhjennyskapasiteettia. Esim. seuraavan taulukon muutoksilla se nousee 80 %.

Muutos	Kapas.muutos K2
Työnjärjestely - peruutusmatka 100 → 50 m (lavakoko 7 m ³)	8 - 12 %
Työmenetelmä - purku matoksi → purku kasaan (lavak. 7 m ³ , per.matka 100 m)	8 - 12 %
Kuljetuskalusto - perälauta käsikäytt. → autom (lavak. 7 m ³ , per.matka 100 m)	26 - 30 %
- lavakoko 7 → 8 m ³ (per.matka 100 m)	14 - 16 %
Muutokset yhteensä	80 %

Taulukko 3 : Esimerkkejä olosuhteiden vaikutuksesta kuormientyhjennyskapasiteettiin

Tämänkaltaisella laskelmalla ei ole merkitystä, jos kuormauskapasiteetti on pienempi kuin kuvassa 13 esitetty kuormientyhjennyskapasiteetti. Taulukossa 3 esitetty kapasiteetin parantaminen ei juuri vaikuta kuljetuskaluston määrän mitoittamiseen, koska purkuaika on vain pieni osa keikka-ajasta.

Jos kuormauskapasiteetti on suurempi kuin tyhjennyskapasiteetti, pitäisi valita pienempi kuormauskone tai parantaa tyhjennyskapasiteettia.

4.3 Laatu

Vertailtujen koneiden ja työmenetelmien tuottaman lopputuloksen laatua pyrittiin selvittämään silmämääräisen laadunarvioinnin, vaaituksen ja oikolautamittausten avulla. Koska useimmissa tutkimuskohteissa tiivistäminen suoritettiin useita viikkoja kerrosmateriaalin levityksen jälkeen, tehtiin laadunarvostelu paria kohdetta lukuunottamatta vain tiivistämättömältä pinnalta välittömästi levityksen jälkeen.

Tutkittavana laatutekijänä oli kerroksen pituus- ja poikisuuntainen tasaisuus. Tiivistämättömän kerroksen laadunarvostelun eräänä vaikeutena on, että laatuvaatimukset on määritelty vain tiivistetylle pinnalle. Kun kerrokset usein jätetään painumaan ja liikenteen tiivistettäväksi pitkähköksi ajaksi ennen lopullista tasausta, on levityskoneen jälkeen pinnassa olevien pienten epätasaisuuksien merkitys jossain määrin epämääräinen.

Silmämääräinen arvostelu

Silmämääräisessä laadunarvioinnissa työntutkija antoi kullekin koealueelle arvosanan hyvä, keskimääräinen tai huono. Kaikilla 32:lla koealueella jakaantuivat arvosanat seuraavasti:

Levityskone	hyvä (3)		keskim. (2)		huono (1)		ka. (pist.)
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	
TH 18	3	100	-	-	-	-	3
TH 16	2	100	-	-	-	-	3
TH 14	2	100	-	-	-	-	3
PT 08	3	37	4	50	1	13	2,3
TRN 70 P+hydr.lana	4	50	4	50	-	-	2,5
TRN 70 P+mek.lana	-	-	4	100	-	-	2,0
TRN 85 P	1	50	1	50	-	-	2,5
TRN 70 P	-	-	3	100	-	-	2,0
Kaikki yht.	15	46,9	16	50	1	3,1	2,4

Taulukko 4 : Pinnan laatu silmämääräisen arvion perusteella

Silmämääräisesti arvioiden saivat kaikki tiehöylällä levitettyt kerrokset arvosanan hyvä. Huonoksi arvioitiin vain yksi PT-osuus.

Kuormauskapasiteetti vaikutti selvimmin lähinnä TRN-osuuk-
sien arvosanoihin, jotka laskivat hyvästä keskimääräiseen,
kun massavirta kasvoi $100 \rightarrow 250 \text{ m}^3/\text{itd/h}$ (kuva 14).

Erilaisin lisälaittein varustetuista pyörätraktoreista sie-
ti hydraulisella lanalla varustettu parhaiten massavirran
nousun laadusta tinkimättä. Mekaaninen lanakin paransi jon-
kin verran lopputulosta (kuva 15).

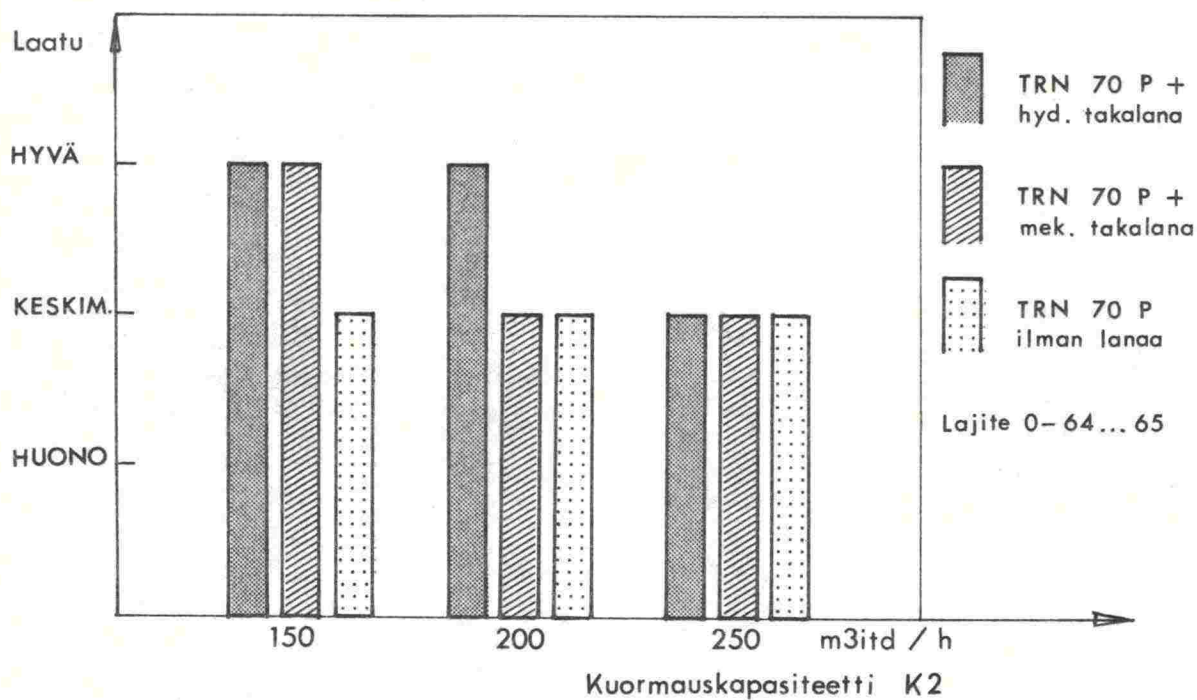
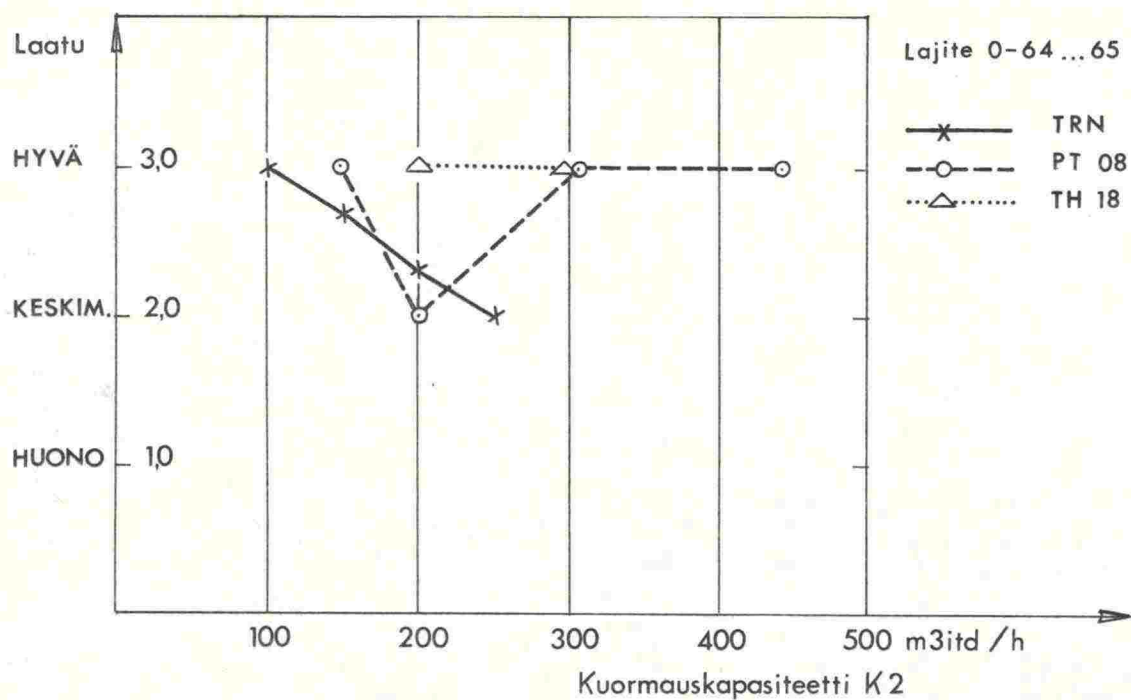
Levitettävän kerroksen raekoko vaikutti arvioituun laatuun
siten, että maksimiraekoon kasvaessa lopputulos heikkeni
eli kantava kerros näytti onnistuvan paremmin kuin jakava
(taul. 5).

Lajite mm	T R N			P T O 8		
	hyvä kpl	kesk. kpl	huono kpl	hyvä kpl	kesk. kpl	huono kpl
0 - 35	1	1	-	-	-	-
0 - 65	3	6	-	3	2	-
0 - 85	1	-	-	-	-	-
0 - 120	-	4	-	-	2	1
0 - 200	-	1	-	-	-	-
yht.	5	12	-	3	4	1

Taulukko 5: Arvosanojen jakautuma lajitteen mukaan

Pitkät aallot

Kultakin koalueelta määritettiin pinnan korkeustaso ennen
levitystä ja sen jälkeen vaaitsemalla poikkileikkaukset 10 m
välein 50 m matkalta. Levityksen jälkeen tehtyjen vaaitusten perusteella



Kuva 14-15: Silmämääräisesti annettujen pinnan laatuarvo-
 nojen riippuvuus kuormauskapasiteetista

laskettiin ns. pitkät aallot, joita kuvaavaksi tunnusluvuksi tuli vaaituspisteverkon poikkileikkausvälin perusteella epätasaisuus 20 m matkalla.

Esim. epätasaisuus vaaituspisteen x kohdalla

$$\Delta h_x = \frac{h_{x+10} + h_{x-10}}{2} - h_x \quad (\text{cm}/20 \text{ m})$$

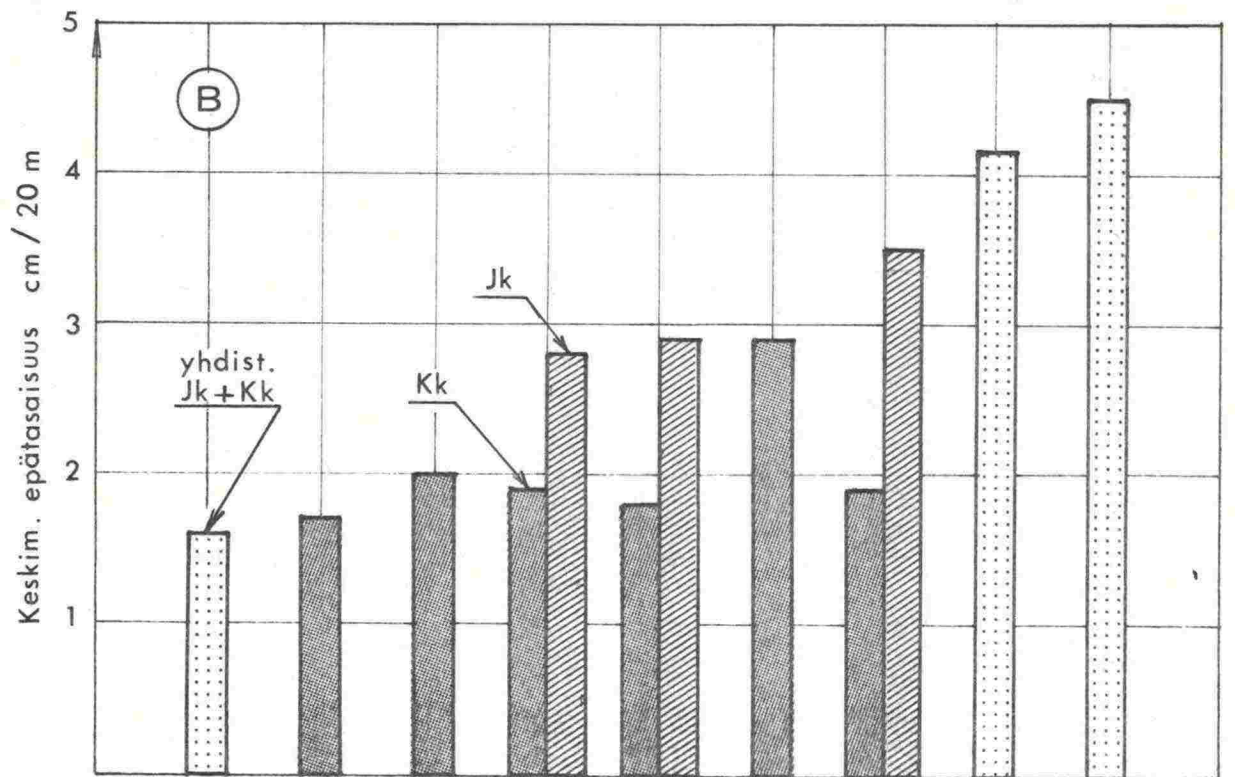
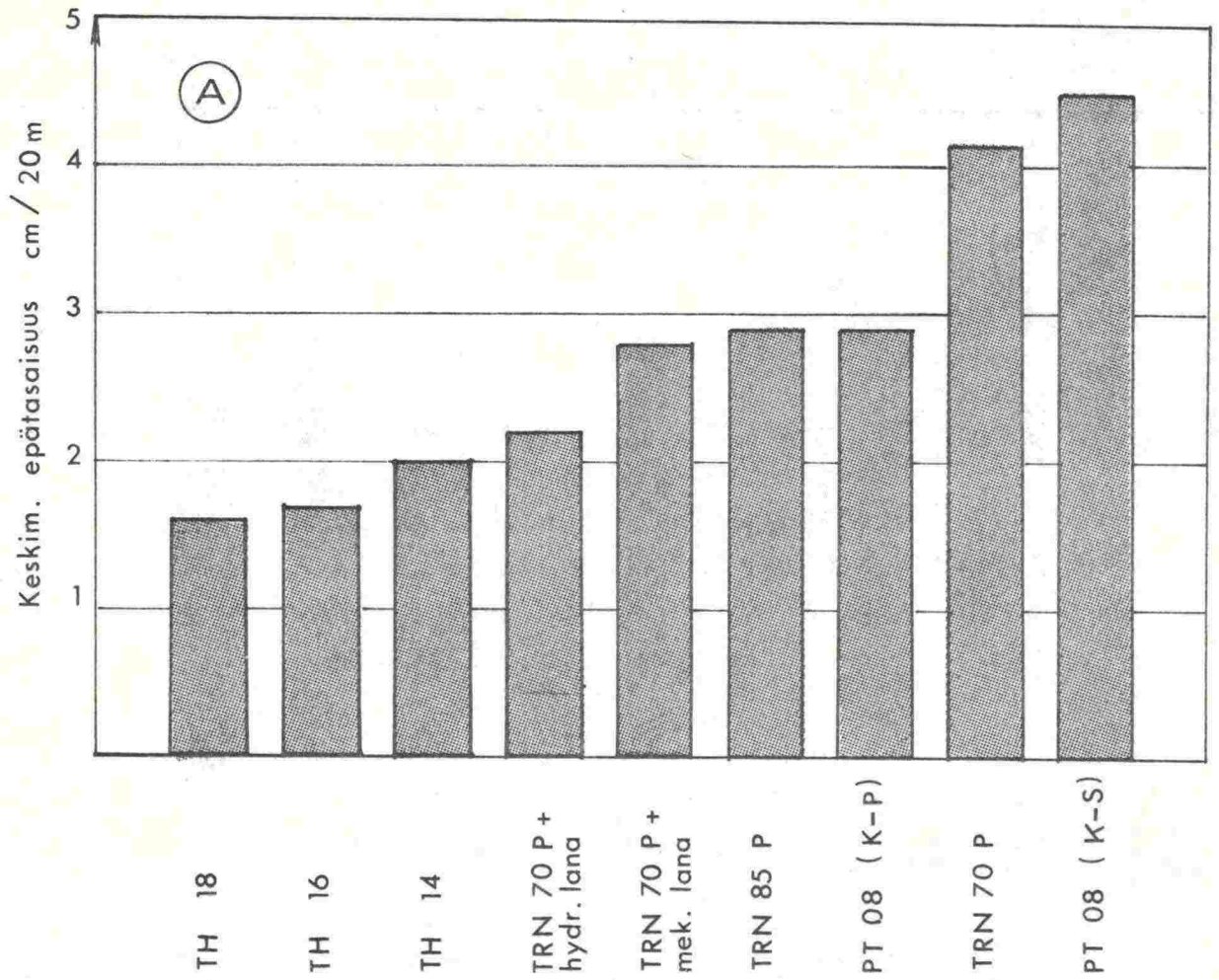
Eri pisteissä määritettyjen epätasaisuuslukujen itseisarvojen keskiarvo on koealueen pitkäaaltoista epätasaisuutta kuvaava tunnusluku. Sen määritystavasta johtuen se ei kuvaa epätasaisuuden maksimiarvoa kuten esim. oikolautamittaus vaan otoksesta laskettua keskimääräistä epätasaisuutta. Tämän luvun perusteella voidaan kuitenkin arvioida eri työmenetelmien keskinäistä paremmusjärjestystä pitkien aaltojen suhteen.

Tasaisinta pintaa tekivät luonnollisesti tiehöylät. Lähes kevyimmän höylän tasaisuuteen päästiin hydraulisella lanalla varustetulla pyörätraktorilla. Mekaanisella lanalla varustettu pyörätraktori tuotti hieman paremman lopputuloksen kuin TRN ilman lanaa tai PT 08 (kuva 16 A).

TRN:n ja PT 08:n työn laatuun näyttivät vaikuttavan merkittävästi olosuhde-erot, joista merkittävin on kuljettajan halu ja kyky tehdä tasaista pintaa.

Kerrostyyppi vaikutti epätasaisuuslukuun siten, että kantavaa kerrosta levitettäessä päästiin TRN:lla samoihin tasaisuuksiin kuin TH:lla. Samalla koneella työskenneltäessä tuli jakavaan kerrokseen huomattavasti suurempia aaltoja kuin kantavaan (kuva 16 B).

Kuormauskapasiteetti ei vaikuttanut pitkien aaltojen syntymiseen, mikä tukisi käsitystä, että sama kuljettaja samalla koneella tekee tottumaansa laatua massavirrasta riippumatta.



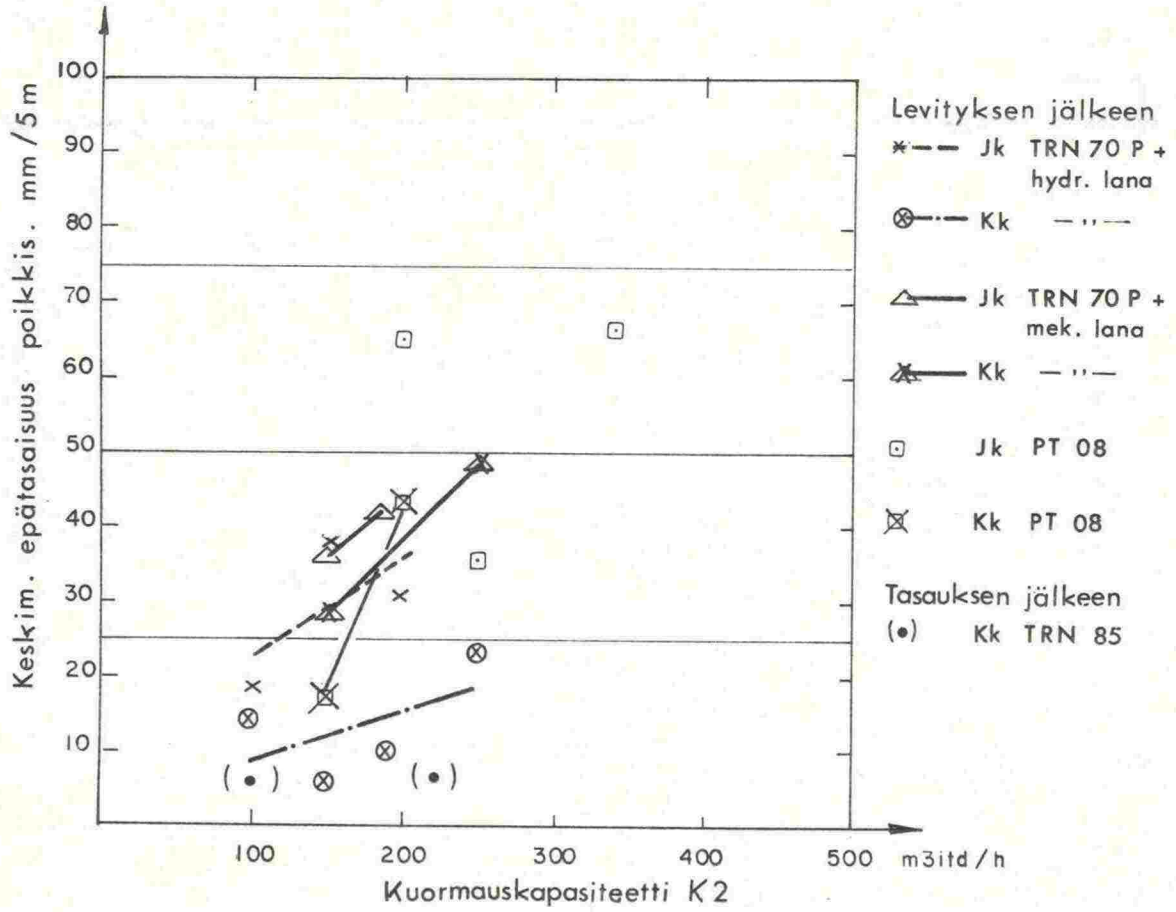
Kuva 16: Keskimääräinen epätasaisuus 20 m matkalla konetyypeittäin (A) Kaikki kerrokset (B) Kerrostyypeittäin

Epätasaisuus poikkisuunnassa

Poikkisuuntaista epätasaisuutta arvioitiin 5 m oikolaudalla. Välittömästi levityksen jälkeen tehdyt mittaustulokset ovat käytettävissä koealueilta, joilla käytettiin pyörätraktoria TRN 70P varustettuna hydraulisella tai mekaanisella lanalla sekä pusku traktoria PT08.

Oikolautamittaukset tehtiin samoista poikkileikkauksista kuin vaaituksetkin. Yksittäinen oikolautamittaustulos ilmoitti kerroksen pinnan maksimietäisyyden poikkileikkauksen kohdalle asetetusta laudasta. Koealueen keskimääräinen sivusuuntainen epätasaisuus määritettiin eri poikkileikkausten kohdilta tehtyjen mittausten keskiarvona.

Sivusuuntainen epätasaisuus kasvoi lähes poikkeuksetta kuormauskapasiteetin kasvaessa. Em. kolmesta koneesta teki hydraulisella lanalla varustettu TRN tasaisinta pintaa. Sen saavuttama poikkisuuntainen tasaisuus oli lähes yhtä hyvä kuin toisessa kohteessa ilman lanaa TRN:lla levitetty kerros tiehöylän tasaustyön jälkeen (kuva 17).



Kuva 17: Oikolautamittaustulosten riippuvuus kuormauskapasiteetista, levityskoneesta ja levitettävästä kerroksesta

Laatuarvioiden yhdistelmä

Kolmen eri laatukriteerin perusteella on eri menetelmät asetettu niiden saavuttaman laatutason mukaiseen paremmuusjärjestykseen, joiden yhdistelmänä voidaan todeta (taul. 6):

- tiehöylät saivat aikaan parhaan lopputuloksen
- TRN 70 P + hydraulinen takalana oli kaikkien laatukriteerien perusteella parempi kuin muut TRN:t ja PT:t
- TRN 70 P + mekaaninen lana oli yhden laatukriteerin perusteella yhtä hyvä, yhden kriteerin mukaan parempi ja yhden mukaan huonompi kuin PT08, joten niiden voidaan päätellä yltävän likimain samaan laatutasoon
- TRN 85 P ja TRN 70 P (ilman lanaa) päätyivät heikoimpaan laatutasoon

Levityskone	Sijaluku/laatukriteeri			
	Silmämäär. arvio	Pitkät aallot	Poikkis. epätas.	Yhteensä
TH 18	1.	1.	1.	1.
TH 16	1.	2.	1.	2.
TH 14	1.	3.	1.	3.
TRN 70 P + hydr.lana	4.	4.	4.	4.
TRN 70 P + mek.lana	6.	5.	5.	5.
TRN 85 P	7.	6.	7.	7.
TRN 70 P	7.	7.	7.	8.
PT 08	5.	8.	5.	5.

Taulukko 6: Levitysmenetelmien paremmusjärjestys laadun perusteella

Em. laatuarviot eivät sisällä tasaushöyläystä, jota normaalisti käytetään, kun levityskoneena on TRN tai PT. Laatumittaustulosten perusteella näyttää mahdolliselta jättää erillinen tasaushöyläys suorittamatta, kun levityskoneena on TRN 70 P+ hydraulinen takalana ainakin kantavaa mahdollisesti myös jakavaa kerrosta levitettäessä. Hyvään lopputulokseen pääseminen edellyttää tällöinkin joka tapauksessa, että levityskoneen kuljettaja on ammattitaitoinen ja pyrkii hyvään lopputulokseen.

Jos höylä käy tasaamassa levitetyn kerroksen ennen seuraavaa työvaihetta, ei levityskoneiden työtuloksen laatueroilla, siinä määrin kuin niitä esiintyi tutkimuskohteissa, ole enää merkitystä.

4.4 Kustannukset

Kustannusvertailussa on oletettu, että PT 08:n ja TRN 70 P:n työn laatu edellyttää tiehöylällä tehtävää tasausta. Hydraulisella lanalla varustetun TRN:n oletetaan

tulevan toimeen ilman tasaushöyläystä. Jos tasaushöyläys tehdään joka tapauksessa esim. silloin, kun kerros on jätetty painumaan, ei lanasta kannata maksaa lisähintaa, ellei sen avulla pystytä vähentämään höyläystarvetta.

Koska levityskone valitaan siten, että se pystyy levittämään enemmän materiaalia kuin kohteeseen tulee, voidaan levityskustannus suoriteyksikköä kohden laskea jakamalla levityskoneen tuntivuokra kohteeseen tulevalla massavirralla (kuva 18).

Tähän vertailuun voidaan siten ottaa myös mikä tahansa levityskone, jonka tuntivuokra tiedetään. Se kone, jonka tuntuhinta on alhaisin, levittää tällöin myös halvimmalla, jos sen levityskyky on riittävä.

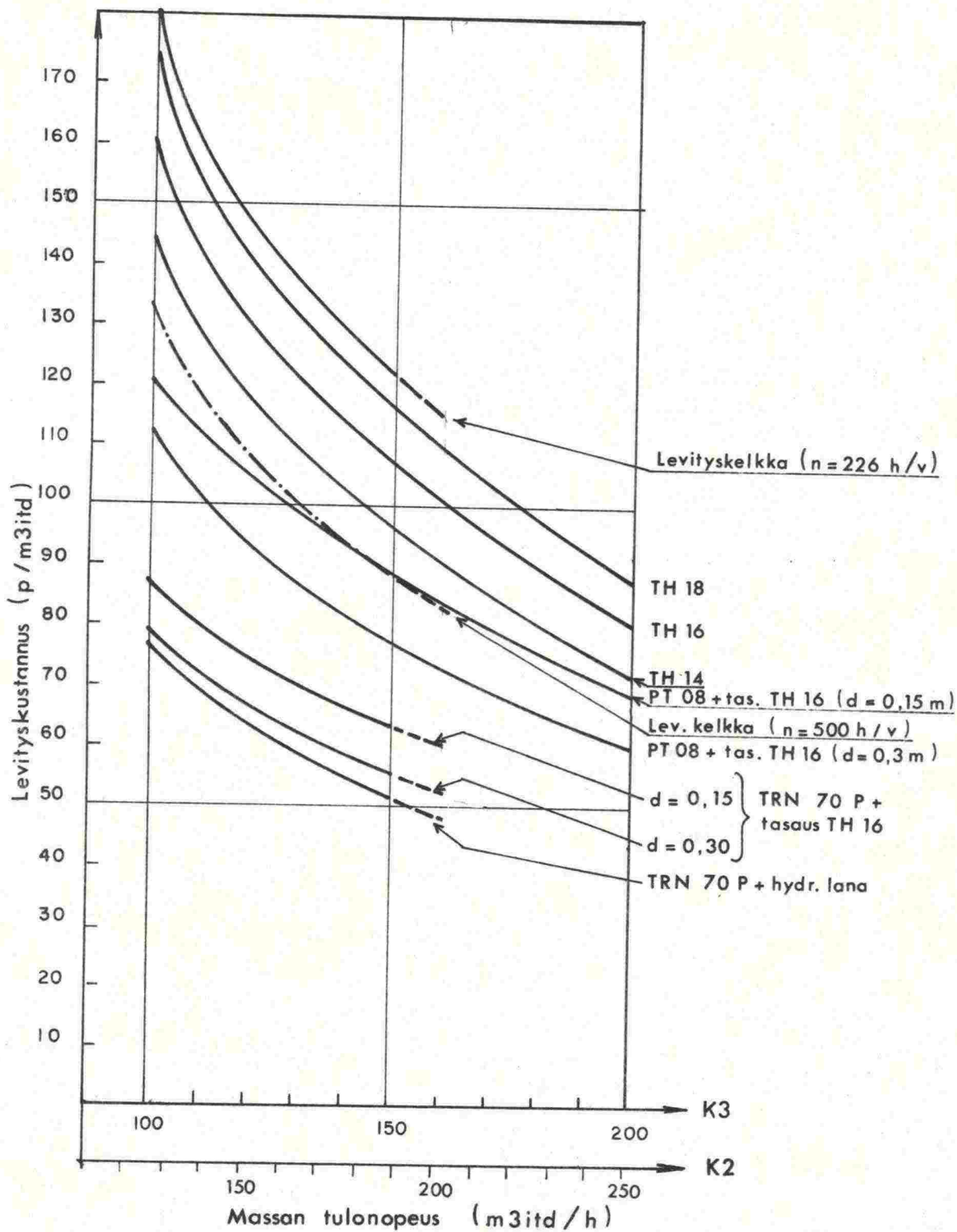
Halvin levityskone on hydraulisella lanalla varustettu TRN. Tiehöylä (TH 16) on yli kaksi kertaa niin kallis. TRN + tasaushöylä on noin 25 % halvempi koneyhdistelmä kuin PT yhdessä vastaavan höylän kanssa.

Kalleimmaksi tulee konepankin levityskelkka, jos sen tuntuhinta lasketaan käyttäen v. 1982 toteutuneita käyttötunteja, todellisia käyttökustannuksia sekä tavanomaisesti laskettuja pääomakustannuksia. Tämä on seurausta "sesonkikoneen" alhaisesta käyttötuntimäärästä (keskim. 226 h/v/kone). Jos sen käyttöaika saataisiin nostettua 500 tuntiin vuodessa, olisi se levityskoneena suunnilleen PT08:n hintainen.

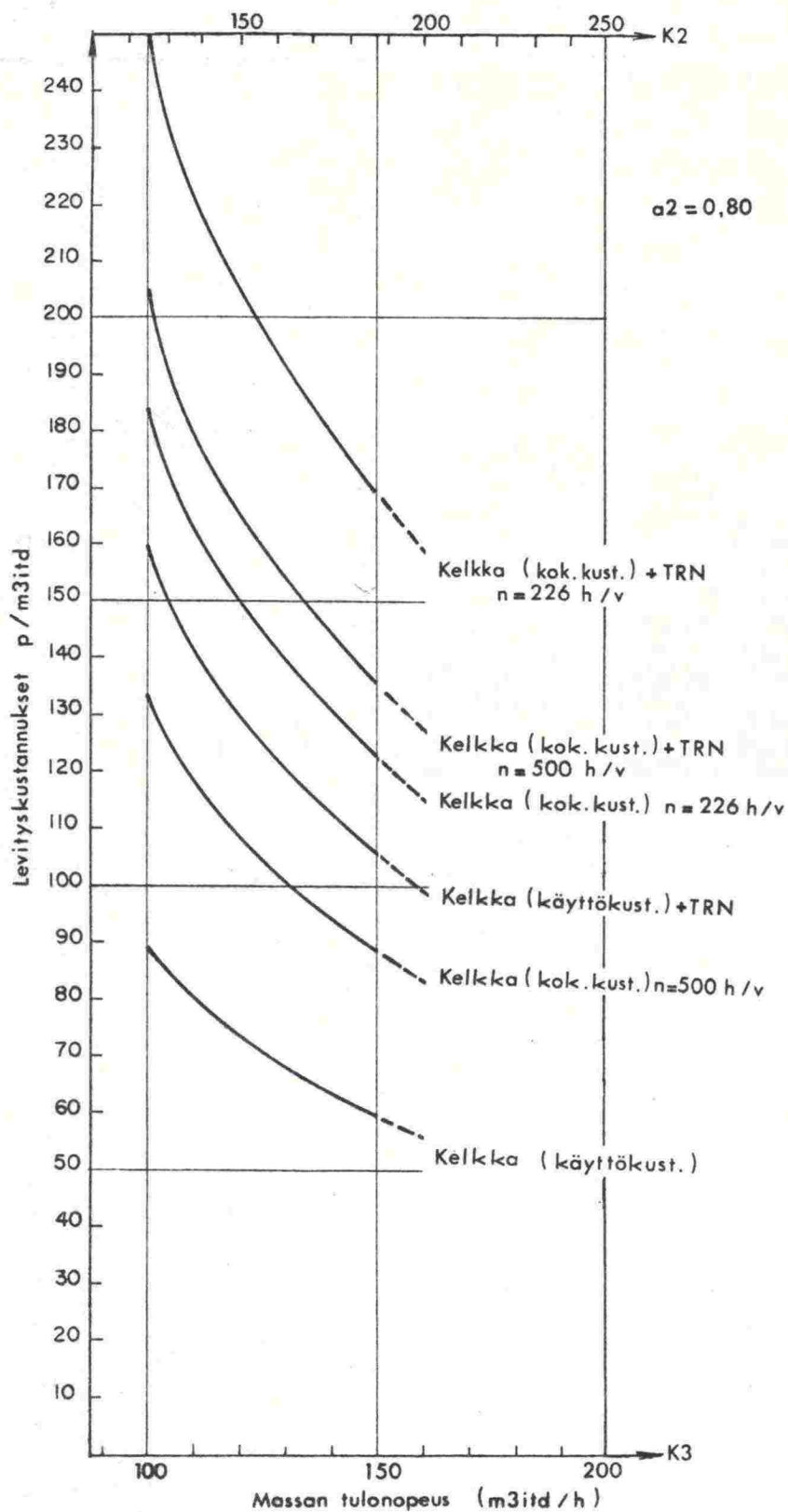
Levityskelkalla ei pystytä levittämään pysäkki- ja liittymäalueiden levennyksiä, joten työmaalla tulee yleensä olla näitä töitä varten toinen kone esim. TRN. Sen vaikutus kelkamenetelmän kustannuksiin riippuu siitä, onko sille osoitettavissa muita töitä silloin, kun se ei avusta levityskelkkaa.

Koska levityskelkka hankitaan öljysoran levityskoneeksi, voidaan ajatella, että levityskelkan pääomakustannukset kätetään päällystystöillä. Tämäkään laskutapa ei tee levityskelkasta erityisen kilpailukykyistä vaihtoehtoa, koska se joka tapauksessa yleensä vaatii toista avustavaa konetta (kuva 19).

Kustannusten laskentaperusteet on esitetty liitteessä 2.



Kuva 18: Levityskustannusten riippuvuus levityskoneesta ja massavirrasta



Kuva 19: Levityskelkan kustannusten riippuvuus käyttötuntimäärästä, avustavan koneen tarpeesta ja pääomakustannusten kohdistamisesta.

4.5 Levityskoneen valinta

Levitystyöhön liittyvä koneketju mitoitetaan käytännössä siten, että ensin valitaan kuormauskone ja sen sekä kuljetusolosuhteiden perusteella mitoitetaan kuorma-autojen määrä. Levityskoneen on pystyttävä käsittelemään vähintään sama materiaalmäärä kuin kuormauskoneen.

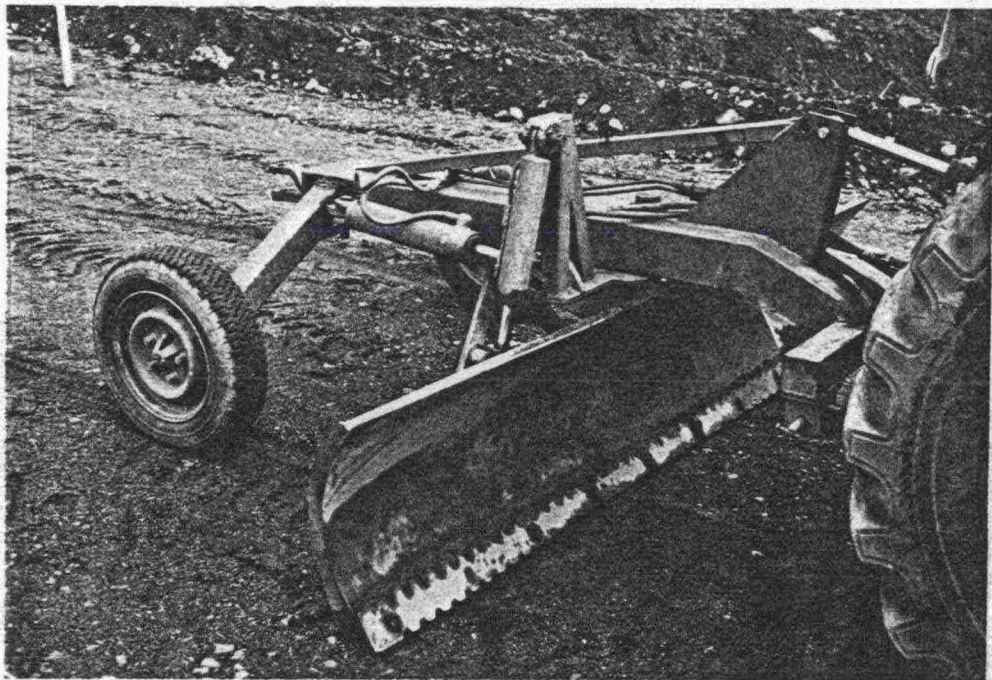
Tämän tutkimuksen perusteella voidaan tehdä levityskoneen valinnasta seuraavia päätelmiä:

- TRN pystyy käytännössä levittämään massat, kun kuormauskoneen kuormauskyky (K2) $\leq 200 \text{ m}^3/\text{itd/h}$ (kerrospaksuus tutkimuskohteissa 0,15 - 0,4 mrt). Puskutraktorin ja tiehöylän vastaava käyttöalueen yläraja on $300 \text{ m}^3/\text{itd/h}$.
- TRN:n käyttöä kerrosten levitystyössä tulisi lisätä nykyisestä.
- TRN 70 P + hydraulinen lana tuotti laadullisesti niin hyvää lopputulosta, että tämän tutkimuksen tutkimuskohteissa ei tasaushöyläys ollut enää tasaisuusmittausten perusteella tarpeellista.
- Jollei lanan avulla pystytä vähentämään höylän käyttöä, ei lanasta kannata maksaa lisähintaa.
- Jos kerros jätetään painumaan ennen myöhemmin tehtävää oikaisua ja seuraavaa kerrosta, pitäisi levityskoneeksi valita se, joka levittää kerroksen halvimmalla.
- Tiehöylä ei ole suositeltava levityskone, koska se tulee kaksi kertaa niin kalliiksi kuin halvin vaihtoehto (TRN+lana).
- PT:n käyttöä tulisi vähentää, koska TRN tulee usein halvemmaksi.
- Levityskelkka on sesonkikone, joka tulee korkeiden käyttökustannustensa ja vähäisten käyttötuntimääriensä vuoksi (omana koneena) kalliiksi. Uusien kelkkojen hankinta kerrosten levitystyöhön ei siten ole perusteltua.

Levitystyön lopputuloksen laatu ja työsaavutukset riippuvat yleensä merkittävästi koneen kuljettajasta ja muista olosuhdetekijöistä ja korostavat siten tehokkaan työnjärjestelyn sekä työnaikaisen valvonnan merkitystä.



Kuva 20: TRN 70 P + hydraulinen takalana



Kuva 21: Tutkimuksessa käytetty hydraulinen takalana
(valmist. Pentti Viitala, Perho)

LEVITYSKONEEN TYÖMENETELMÄKUVAUKSET

HämeH 1. TH 14, Kk:n yläosa, M 0-35 mm

Kerroksen alaosa rakennettu talvella. Tasaus tiehöylällä välittömästi ennen uuden kerroksen levitystä. Kuormat tyhjennettiin matoiksi vetäen. TH levitti murskeen tien suuntaisin puskuin 50...60 m kerrallaan. Paluu peruuttaen. Kun materiaalia oli tarpeeksi levitettyllä osalla, TH tasasi kerroksen oikeaan muotoon.

H 2. TH 16, Kk, Ms 0-35 mm

Alla oleva jakava kerros soraa. Kerrosta nostettu n. 100 mm viikkoa ennen Kk:n levitystä ja tasattu TH:lla. Kuormat tyhjennettiin matoiksi vetäen. Levityshöyläys-peruutus menetelmällä. Tasoitus levityksen lomassa 180-200 m osuuksina. Työstö eteenpäin ajettaessa, tasaus emäterällä peruutettaessa.

H 3. TRN 85 P, Kk Ms 0-35

Alla oleva jakava kerros tehty pari kuukautta aikaisemmin sorasta. Sen päälle oli liikenteen hoidon vuoksi ajettu murskesoraa 0-35 mm. Pintaa ei tasattu ennen tutkitun kerroksen levitystä, vaikka pinnassa oli liikenteen kuluttamia kuoppia. Kuormat tyhjennettiin matoiksi levityskoneen etupuolelle. Levitys 60-80 m osuuksina puskulevyllä työntäen. Levityskone tasoittaa levityksen lomassa puskuterällä vetäen taaksepäin ajettaessa ja takaterällä 100-120 m osuuksina eteenpäin ajettaessa.

Keski-SuomiKS 1. TRN 70 P, yhdistetty Jk + kk, M 0-65 mm

Eristyskerroksen päälle oli ajettu ohut (5-10 cm) kerros samaa materiaalia kuin mistä tutkittava kerroskin rakennettiin. Autot liikkuiivat alemman kerroksen päällä ja kuormat tyhjennettiin altapäin penkereen päähän keskitielle.

Varsinainen levitys tapahtui eteenpäin työntämällä. Kerros tasattiin puskulevyllä taaksepäin vetäen n. 15-20 m jaksoina. Luiskia ei tasattu.

KS 2. PT 08, yhdistetty Jk + Kk, M 0-65 mm

Menetelmä sama kuin edellä (KS 1) paitsi, ettei kone tasannut puskulevyllä peruutettaessa.

KS 3. TH 18, yhdistetty Jk + Kk, M 0-65

Kuormat kipattiin keskitielle. TH levitti massan puskulevyllä työntäen. Levityksessä jäivät reunat vajaiksi ja ne täytettiin pitempinä kokonaisuuksina emälevyä käyttäen.

Keski-Pohjanmaa

KP 1. TRN 70 P + hydraulinen takalana, Jk, Sr 0-120/Kk, Ms 0-64

Materiaali levitettiin puolitietä kerrallaan. Autot liikkivat levitettävän kerroksen päällä eli rakentaminen tapahtui päältäpengerryksenä. Kuormat kipattiin levitettävän kerroksen päähän kasaan.

Kone levitti materiaalin edestakaisilla puskuilla ja suoritti luiskan muotoilun. Lopullinen luiskan muotoilu tapahtui takalanalla n. 20-30 m pituisilla vedoilla.

KP 2. TRN 70 P + hydraulinen takalana Kk, Ms 0-64/Jk, Sr 0-200 mm

Menetelmä muutoin sama kuin edellä (KP 1) paitsi, että levitys tapahtui altapengerryksenä.

KP 3. TRN 70 P + hydr. takalana, Jk + Kk, Ms 0-85 mm

Levitys koko tien leveydeltä samalla kertaa. Kerros rakennettiin altapengerryksenä. Kuormat kipattiin levitettävän kerroksen päähän kasaan. Kone levitti materiaalin edestakaisilla puskuilla eikä muotoillut luiskia. Kerros muotoiltiin takalanalla noin 20-30 m pituisilla vedoilla.

KP 4. PT 08, Jk, Sr 0-120/Kk, Ms 0-64 mm

Levitys puoli tietä kerrallaan. Autot liikkivat pohjamaan päällä eli kerros rakennettiin altapengerryksenä. Kuormat kipattiin levitettävän kerroksen päähän kasaan. PT levitti materiaalin edestakaisilla puskuilla kerrokseen. Luiskia ei muotoiltu.

KP 5. TRN 70 P + mekaaninen takalana Jk, Sr 0-120/Kk, Ms 0-64 mm

Levitys puolitietä kerrallaan. Muutoin meneteltiin kuten menetelmässä KP 3.

KUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

a) TRN

Konevuokrausraportin v. 1982 koko maan keskiarvo

TRN 70 69,64 mk/h

TRN 85 71,27 "

Jos TRN:n lisälaitteena käytetään lanaa, lasketaan sen pääomakustannukset annuiteettimenetelmällä:

Hydraulinen lana

- jälleenhankintahinta (v. 1982)	35 000 mk
- taloudellinen pitoaika	6 v
- jäännösarvo	0 mk
- korko	6 %
- käyttötunnit	1 000 h/v
- annuiteettikerroin = 0,203 (taulukosta)	
Pääomakust. $K = 0,203 \cdot 35\ 000$	= 7 105 mk/v
	= <u>7,11 mk/h</u>

Mekaaninen lana

- jälleenhankintahinta (v. 1982)	11 000 mk
- pitoaika, korko, tunnit kuten hydr. lana	
Pääomakust. $K = 0,203 \cdot 11\ 000$	= 2 233 mk/v
	= <u>2,23 mk/h</u>

Vertailussa käytetään

TRN 70P + hydr. lana	77 mk/h
TRN 70P + mek. lana	72 "
TRN 85P	71 "
TRN 70P	70 "

b) PT 08

Konevuokraraportin v. 1982 koko maan keskiarvo
102, 89 mk/h.

Vertailussa käytetään PT 08 → 103 mk/h

c) TH

Vuokrahinta v. 1982 koko maa

	mk/h
TH 14	144,35
TH 16	161,49
TH 18	175,42

Vertailussa käytetään levityskoneena

TH 16 → 161 mk/h

Kun TRN tai PT levittää, saattaa tasauksen tehdä myös piirin höylä, jonka pääomakustannukset on laskettu annuiteettimenetelmällä ottaen lisäksi huomioon korjaamo- ja kiinteistökustannuksia 3 mk/h. Käyttökustannuksina on käytetty konepankin käyttökustannuksia, joihin on lisätty kuljettajan palkka sosiaalikuluihin.

- jälleenhankintahinta

TH 14 460 000 mk

TH 16 575 000 mk

TH 18 645 000 mk

- pitoaika 13 v }
- korko 6 % } → annuiteettikerroin = 0,113

- jäännösarvo = 0 mk

- käyttötunnit 1 100 h/v

→ Pääomakustannukset

	mk/v	mk/h
TH 14	55 280	50,25
TH 16	68 275	62,07
TH 18	76 185	69,26

Käyttökustannukset (mk/h)

	konepankki	kuljettaja	yht.
TH 14	71,32	35,-	106,32
TH 16	72,60	35,-	107,60
TH 18	96,33	35,-	131,33

→ Oman höylän kustannukset yhteensä

	mk/h
TH 14	156,57
TH 16	169,67
TH 18	200,59

Vertailussa käytetään

TH 16 → 170 mk/h

d) Levityskelkka Layton (konepankki)

- jälleenhankintahinta 130 000 mk
- pitoaika 8 v } → annuiteettikerroin = 0,161
- korko 6 % }
- käyttötunnit
v. 1982 keskim. 226 h/v
jos käyttö yleistyisi → 500 h/v
- korjaamo- ja kiinteistökust. lisää ~ 2 mk/h

$$\begin{aligned} \text{Pääomakust.} &= 0,161 \cdot 130\,000 + 2 \cdot 500 = \\ &= 21\,930 \text{ mk/v} = 43,86 \text{ mk/h} \\ \text{Käyttökust.} &= 53,78 \text{ "} \\ \text{Kuljettaja} &= 35,- \text{ "} \\ \text{yhteensä} &= \underline{132,64 \text{ mk/h}} \end{aligned}$$

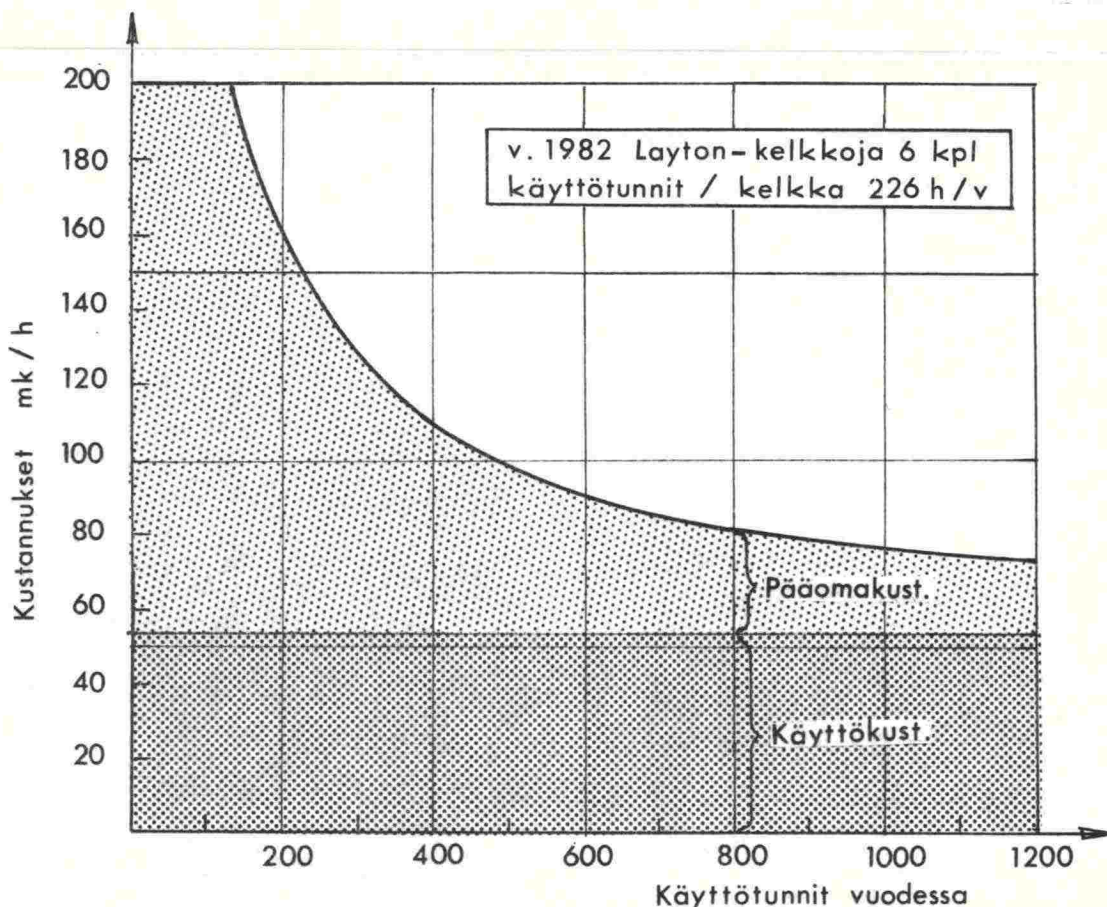
e) Hydraulinen perälauta

Ohjaamosta hydraulisesti avattava ja suljettava kuorma-auton perälauta

- lisähinta (käsikäytt. verrattuna) 5 600 mk
- pitoaika (lavan kestoikä) 4 v
- korko 6 %
- käyttötunnit 1 800 h/v

$$\begin{aligned} \text{Pääomakustannukset } K &= 0,289 \cdot 5600 = 1618 \text{ mk/v} \\ &= 0,90 \text{ mk/h} \end{aligned}$$

→ vaikutus autoilijan tuntiansioon ~ 0,6 %

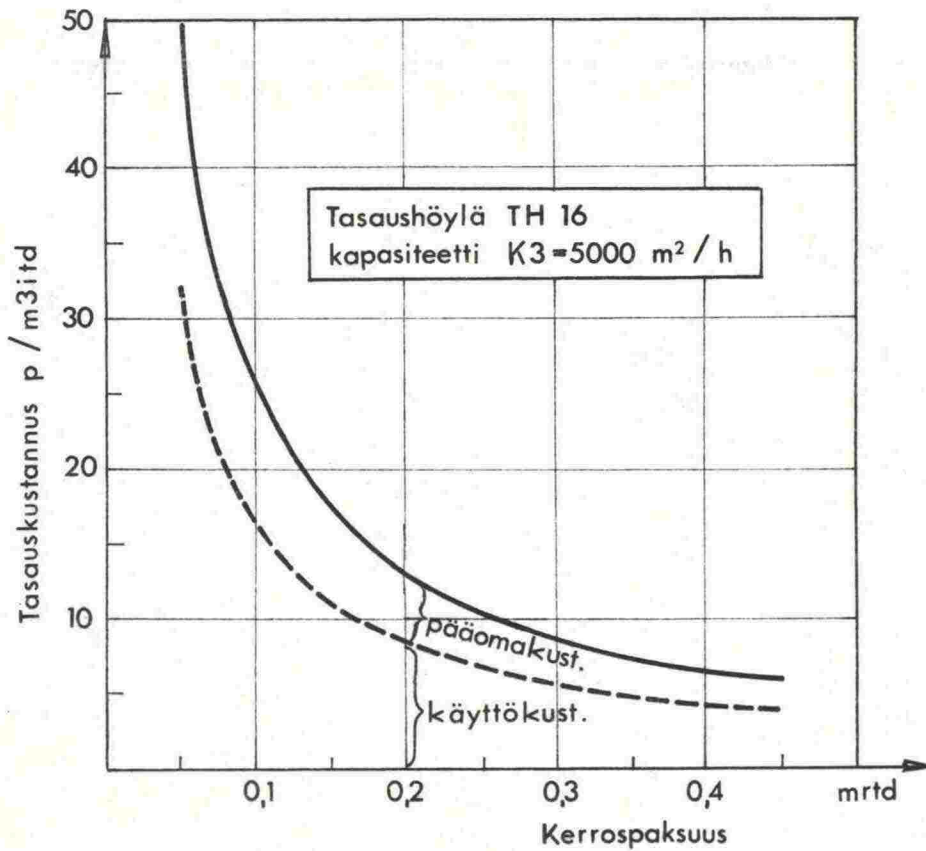


Kuva 22: Levityskelkan tuntikustannukset (Layton) (ilman kuljettajan palkkaa)

Tasauskustannukset

Koneyhdistelmässä, joissa oikomiseen käytetään tiehöylää, käytetään kustannusvertailussa tasauksen työsaavutuksena $K3 = 5\ 000\ m^2/h$ (TH 16, TS-tieto)

Koska tasauksen työsaavutus ilmoitetaan yksikköinä m^2/h , vaikuttaa se massakuutiota kohden laskettuun tasauskustannukseen siten, että rakennuskustannukset nousevat enemmän tehtäessä ohuita kuin paksuja kerroksia. Kustannuksia laskettaessa on oletettu, että tasaushöylälle on muita töitä silloin, kun se ei ole tasaus-työssä eli höylä vain käy työmaalla tarvittaessa (kuva 23).



Kuva 23: Tasauskustannusten riippuvuus kerrospaksuudesta (oma höylä)

Tasauskustannus massakuutiota kohden on kääntäen verrannollinen kerrospaksuuteen eli, kun kerrospaksuus kaksinkertaistuu, alenee tasauskustannus puoleen. Esim. kerrospaksuuden ollessa 5 cm maksaa tasaus 50 p/m³itd, kun taas kerrospaksuudella 35 cm maksaa tasaus 7 p/m³itd.

Tasauskustannuksesta on käyttökustannuksen osuus 63 % (sis. kuljettajan palkan) kerrospaksuudesta riippumatta.

RAKENTAMISTALouden TOIMISTON TYÖNTUTKIMUSTIEDOTTEET

v. 1976

1. Asfalttipäällysteen Ab 25/120 tiivistäminen omalla moottorivoimalla kulkevalla täryvalssiyrällä (TVH 732730)
2. Työmaatukikohdan ylläpito (TVH 732731)
3. Roudan rikkominen pudotusjärkälällä (TVH 732732)
4. Jättiläiskätkien käyttö CaCl₂ -suolan käsittelyssä (TVH 732733)
- 5a. Soratien kulutuskerrostutkimus I (TVH 732734)
- 5b. Selvitys moreenimurskeen käyttökelpoisuudesta soratien kulutuskerrostamateriaalina (TVH 732735)
6. Tienpitoaineen ottopaikkojen hoito- ja kunnostus (TVH 732736)
7. Höylästarve (TVH 732737)

v. 1977

8. Savipenkereen tiivistyskokeilu kumipyörävetoisella täryvalssiyrällä (TVH 732738)
9. Vesakonraivaimien vertailu
10. Vertaileva työntutkimus eri tiehöylistä lumipolanteen höyläyksessä
11. TOBI -alikulukäytävät, työmenetelmäkuvaus rakentamisesta (TVH 732739)
12. Neli- ja kaksipyörävetoisen traktorikuormaajan vertailututkimus
13. Vertaileva tutkimus tiehöylistä savisorakulutuskerroksen muokkauksessa
14. Vertaileva tutkimus kunnossapidon kuormauskoneiden kapasiteeteista
15. Aurasnopeudet v. 1977
16. Routavaurio- ja pehmeikkökohtien vahvistustöiden työmenetelmät ja kustannukset (TVH 732740)

v. 1978

17. Vertailu kalsiumkloridin ja jätelipeän käytöstä pölynsidonnassa eri kuljetusetiäisyyksillä (TVH 732741)
18. Seulontavaunu SL-550
19. Höyrykehittimien vertailu
- 20a. Soratien kulutuskerrostutkimus IIa (TVH 732742)
- 20b. Soratien kulutuskerrostutkimus IIb (TVH 732743)
21. Työmaatukikohtien perustamiskustannukset (TVH 732744)
- 22a. Tielanojen vertailututkimus I (TVH 732745)
- 22b. Tielanojen vertailututkimus II (TVH 732746)

v. 1979

23. Työmaatukikohdan paikan valinta (TVH 732747)
24. Tutkimus kuorma-autojen sivuauran käytöstä
25. Pengerluiskan tasauksen menetelmävertailu

v. 1980

26. Tiehöyliä vertailututkimus
27. Tutkimus sirottelulaitteiden toimivuudesta
28. Vertaileva tutkimus öljysoran revinnän menetelmistä (TVH 732748)

v. 1981

29. TH- talvihammasterien vertailututkimus (TVH 732749)
30. Lanaus-höyläys vertailu (TVH 734750)
31. KA -vinoetuauran lumenohjaussiipien vertailututkimus

v. 1982

32. Tutkimus VAMMAS -lumisiiven heitto-ominaisuuksista
33. Lumiaurojen vertailututkimus
34. Suoran, teroitettun hammasterän ja koveran talvihammasterän vertailu

v. 1983

35. Tutkimus tien jakavan ja sitomattoman kantavan kerroksen levitysmenetelmistä (TVH 734751)