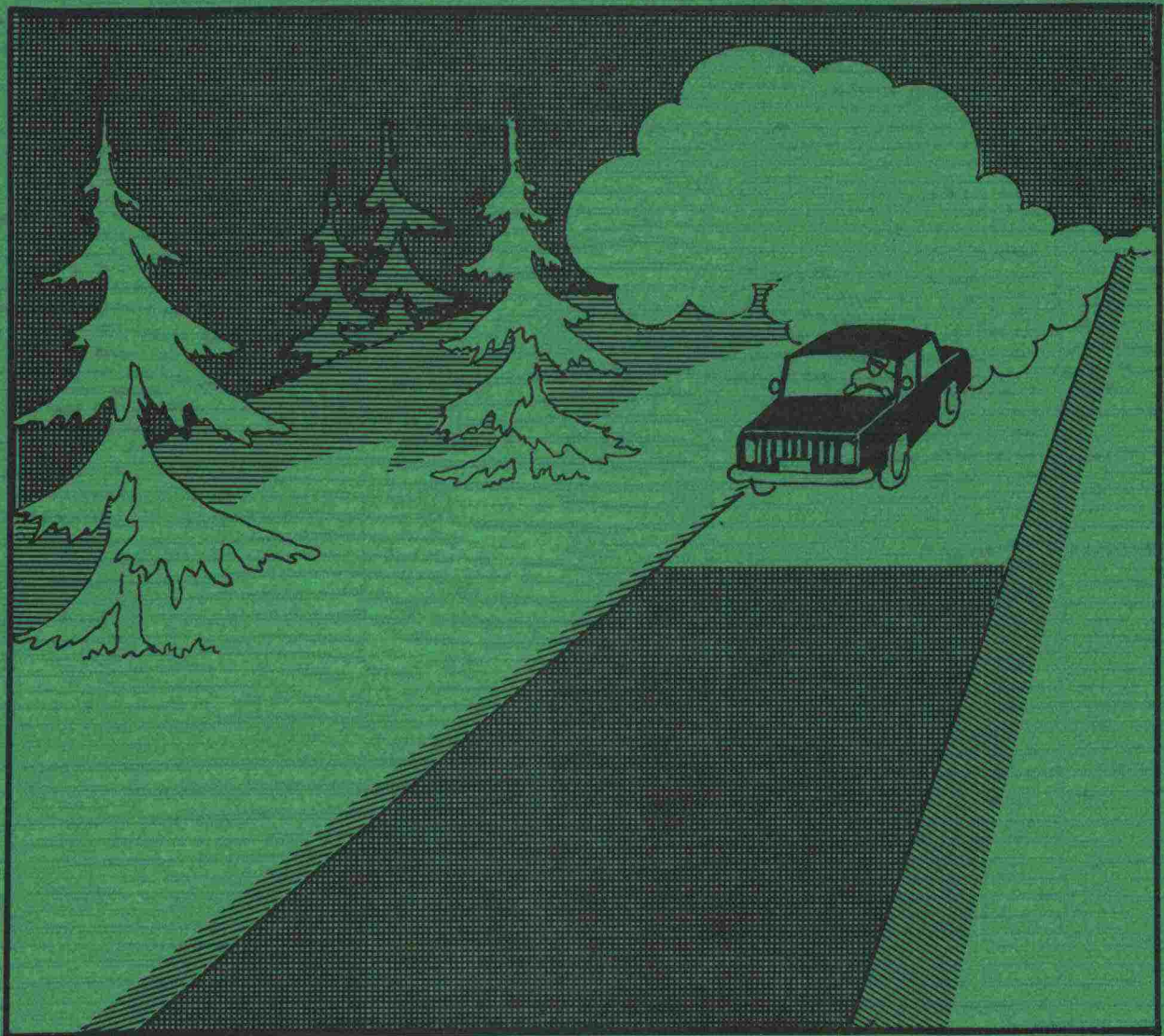


LIGNIININ KÄYTTÖ SORATEIDEN PÖLYNSIDONTAAN



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
KUNNOSSAPITOTOIMISTO

TVH 743816

HELSINKI 1983

LIGNIININ KÄYTTÖ SORATEIDEN PÖLYNSIDONTAAN

Selostus ligniinipulverin ja jätelienten käytön
kokeiluista vv. 1981-82 sorateiden pölynsidontaan.

Jorma Inkala

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Kunnossapitotoimisto

TVH 743816

HELSINKI 1983

ALKUSANAT

Pölynsitomiseen on perinteisesti käytetty kalsiumkloridia jo vuosikymmenien ajan. Joko kalsiumkloridin riittämättömyys tai yleisesti käytetty pintapölynsidonta aiheuttivat tilanteen, jossa kalsiumkloridi korvattiin keski- ja loppukesän pölyämisen estämiseksi sulfiittiselluloosatehtaiden jätelipeällä. Jätelipeän käyttö oli erityisen runsasta aina 1960-luvun alkuvuosiin saakka. Kemira Oy:n aloitettua kalsiumkloridin kotimaisen valmistuksen v. 1962 ja teollisuuden siirryttyä laajasti sulfiittiprosessista sulfaattiprosessiin, väheni jätelipeän käyttö ratkaisevasti. Tapahtuneeseen on vaikuttaneet lisäksi mm. vesiensuojelulaki sekä se, että jätelipeää on ryhdytty käyttämään teollisuuden omiin tarpeisiin.

Mainitusta jätelipeän saatavuuden vähenemisestä huolimatta, sitä on eräissä osissa maata saatavissa edelleenkin ja TVL:ssa onkin käytetty lipeää 1970-luvun lopulle saakka.

Ligniinituotteiden käytön mahdollisuus on tullut uudelleen arvioitavaksi sen takia, että Serlachius Oy on aloittanut Lielahden tehtaallaan jätelipeän kuivattamisen pulveriksi. Kuivattaminen mahdollistaa periaatteessa ligniinin kuiva-aineksen käytön koko maassa joko sellaisenaan tai veteen liuotettuna. Kun Serla-Bondexia (ligniinipulveri) ei pölynsidonassa aikaisemmin ole käytetty, päätettiin pulverin toimivuutta kokeilla.

Raportissa tarkastellaan vv. 1981-82 tehtyjen pölynsidontakokeiden tuloksia. Kesäkauden 1981 tuloksia käsitellään hyvin rajoitetusti, koska kokeilun tärkeimpiä tekijöitä ei voitu kesän sateisuudesta johtuen todeta. Kokeilua on vetänyt ja raportin laatinut tarkastaja Jorma Inkala TkT Asko Saarelan valvonnassa. Kokeilutiemestaripiireinä ovat olleet Kokemäen, Marttilan, Keuruun, Hämeenkyrön ja Lempäälän tiemestaripiirit. Kalsiumkloridin säilyvyystutkimuksia on johtanut kemisti Eva Solin maatutkimustoimistosta.

SISÄLTÖ

ALKUSANAT

1. JOHDANTO	1
2. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN	2
2.1 Kokeiluohjelma	2
2.2 Käytetyt pölynsidonta-aineet	3
2.3 Työmenetelmät	4
3. TUTKIMUSTULOKSET	4
3.1 Kemialliset tutkimukset	4
3.2 Sateiden vaikutus pölynsidonta-aineiden säilyvyyteen	5
3.3 Kulutuskerroksen rakeisuus	6
3.4 Havainnot kulutuskerroksen kunnosta	6
4. KUSTANNUKSET	11
4.1 Yleistä	11
4.2 Kalsiumkloridi	11
4.3 Serla-Bondex-pulveri	11
4.4 Kalsiumkloridi ja Serla-Bondex yhdessä	12
4.5 Jäteliemet	12
4.6 Ligniinituotteiden käytön taloudellisuus	13
5. TULOSTEN TARKASTELU	15
5.1 Pölynsidonta-aineiden vaikutus	15
5.2 Sadannan vaikutus	15
5.3 Materiaalien toimivuus ja soveltuvuus	16
5.4 Kustannukset	18
5.5 Kalusto	19
5.6 Kulutuskerroksen rakeisuus	20
6. YHTEENVETO	20

1. JOHDANTO

Sorateiden kulutuskerroksen kiinteyttämiseen ja pölyämisen estämiseen tie- ja vesirakennuslaitoksessa on käytetty viime vuosina yksinomaan kalsiumkloridia. Jätelipeää ei vv. 1981-82 käytetty ollenkaan.

Päällysteiden lisääntymisen ja työmenetelmissä (sekoitus-suolaus) tapahtuneiden muutosten seurauksena on myös kalsiumkloridin käyttömäärä vähentynyt. Vuonna 1975 CaCl_2 :a käytettiin ~ 75 000 tonnia. Keskimääräinen kulutus vv. 1976-80 on ollut 64 500 tonnia. Vuonna 1982 kulutus oli n. 60 000 t, joten CaCl_2 :n käyttö on jatkuvasti pienentynyt kahdeksan vuoden aikana n. 20%.

Työmenetelmien kohdalla voidaan todeta, että tiemestaripiireistä pääosa käyttää kevätkunnostuksen yhteydessä sekoi-tussuolausta ja jo vanhentuneeksi katsottavaa pintasuolausta muutama tiemestaripiiri.

2. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

2.1 Kokeiluohjelma

Koeteiksi valittiin v. 1981 Lempäälän tiemestaripiiristä mt 2983 Valkkinen - Järvenranta (KVL 125) ja Hämeenkyröstä pt 13157 Äkönmaa (KVL 68). Vuodeksi 1982 koeteiksi valittiin Marttilan tiemestaripiiristä pt 12459 Rahkio - Mellilä (KVL 103) ja Kokemäeltä mt 2194 Järilä - Harola (KVL 237). Keuruun tiemestaripiirissä oli yksinomaan jätelipeällä käsiteltynä koetienä pt 16535 Häkkiskylä - Roosinpohja (KVL 71).

Kokeissa vertailtiin samalla tieosalla peräkkäisillä osuuk-silla sekä CaCl_2 :n että Serla-Bondexin toimivuutta, vaikutusaikaa ja kustannuksia. Koetieosalta erotettiin neljä kilometrin pituista osuutta, joille määriteltiin erisuuruiset annoetelut.

Taulukko 1. Kalsiumkloridin ja Serla-Bondex-pulverin annostelut keväällä sekä kesäkauden S-B-liuosväkevyydet koeosuuksittain.

Koeosuudet

	1.	2.	3.	4.
kevät				
CaCl ₂ -S-B (pulveri/rae)				
	1000 kg CaCl ₂ /km	1000 kg S-B/km	750 kg/S-B/km	500 kg CaCl ₂ /km 500 kg S-B
kesä	10%	10%	20%	20%

S-B Liuos (= S-B:sta liuotettu jätelipeä)

Kesäkauden liuoskäsittelyllä selvitettiin pölynsidontamahdollisuuksia ja -kustannuksia liuottamalla Serla-Bondex-pulveria veteen ts. tekemällä jätelipeää työkohteessa.

Näiden lisäksi Keuruulla selvitettiin pölynsidontamahdollisuuksia pelkällä jätelipeällä. Tässä käytettiin peräkäisillä osuuksilla 31 ja 26%:n lipeäväkevyyksiä.

Muutoin koeteitä hoidettiin normaaliin tapaan ja mm. tausaushöyläyksiä tehtiin tarvittaessa. Kesän kuluessa koeosuuksien kuntoa tarkasteltiin silmämääräisillä havainnoilla ja kuntoarviot kirjattiin seurantalomakkeelle. Kunnan arviointiin käytettiin TVH:n standardin 2504 mukaisia kuntokuvauksia- ja pisteitä niin muutettuna, että käytetyt pisteet olivat kokonaislukuja 5-1:een.

Silmämääräisten havaintojen lisäksi ainesten säilyvyyttä seurattiin kemiallisilla tutkimuksilla kahden viikon välein. Ennen pölynsidonta-ainesten levittämistä koeosuuksilta otettiin näytteet talven yli säilyneen CaCl₂:n määrästä ja kulutuskerroksen rakeisuudesta. Näiden ohella on poimittu sademäärät (pv/ξ mm) hydrologisesta kuukausikatsauksesta Tampereen, Salon ja Peipohjan mittausasemilta. Viime mainitulla oli tarkoitus seurata sateiden vaikutusta CaCl₂:n säilymisen kannalta.

2.2 Käytetyt pölynsidonta-aineet

Kokeilussa käytettiin seuraavanlaisia pölynsidonta-aineita

1. Kalsiumkloridi (CaCl_2)

Valmistaja: Kemira Oy Kokkolan tehdas

2. Serla-Bondex-pulveri (S-B)

Valmistaja: Serlachius Oy Lielahden tehdas

kuiva-aine 95%

tiheys 550 kg/m^3

ph 4,5-5 joka voidaan muuttaa 4-10.

3. Paksu jätelipeä

Valmistaja: Serlachius Tampere ja Mänttä

kuiva-aine 52-55%

ph 4,5

4. Ohut jätelipeä

kuiva-aine Tampere n.12%

Mänttä n.18%

ph 2-3

5. Jätelipeäliuos

Valmistus: Tiemestaripiirissä Serla-Bondex-pulveria veteen liuottamalla.

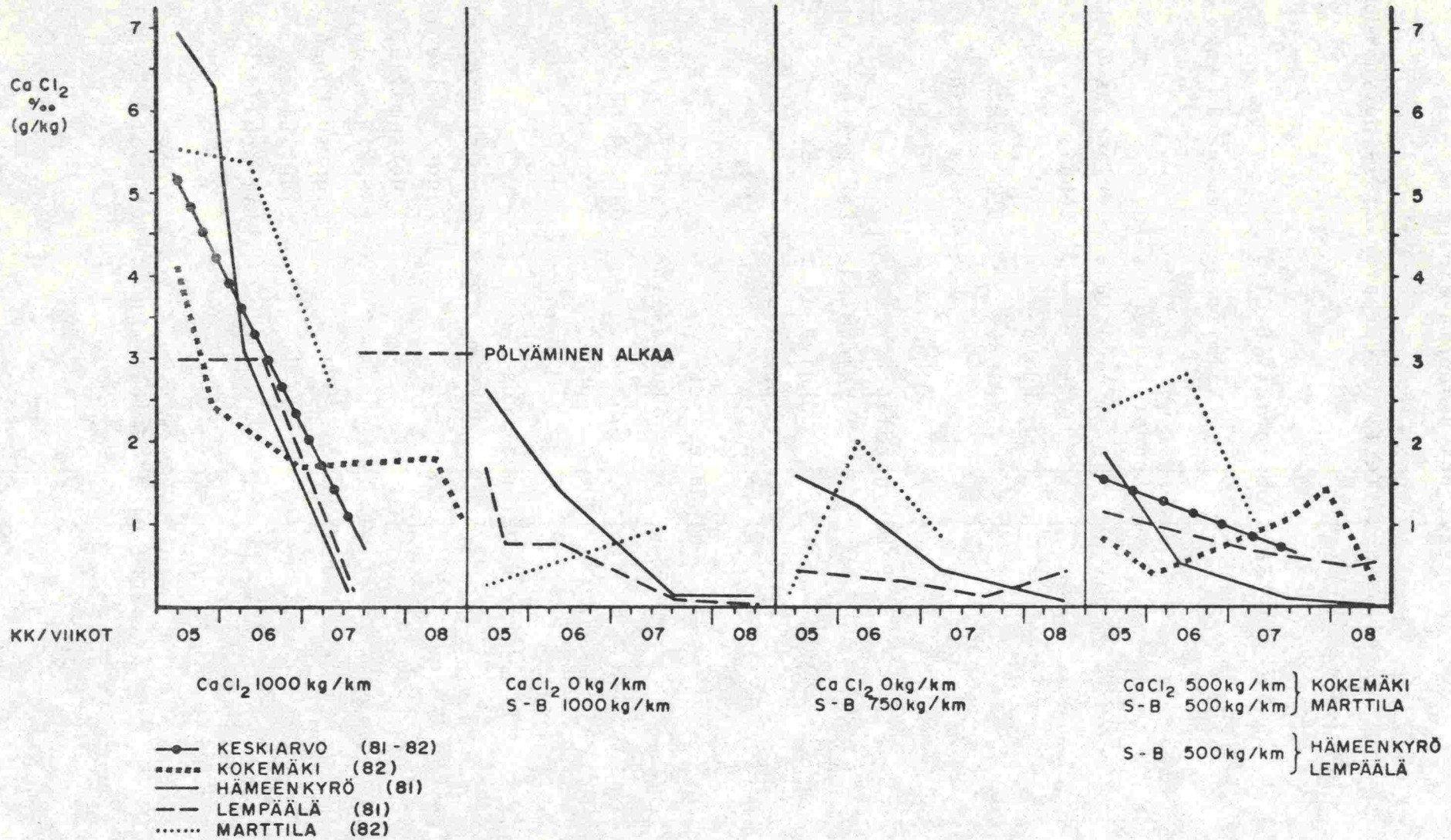
Kokeiluväkevyydet 10 ja 20%.

Lignosulfonaatti on sulfiittiselluloosan jättaaine (lipeä) tai sen jatkokäsitelty muoto (Serla-Bondex)

Ligniini = Kemiallinen nimitys jätelipeällä

KALSIUMKLORIDIN SÄILYVYYS KULUTUSKERROKSESSA VV. 1981-82

Kuva 1.



2.3 Työmenetelmät

Kulutuskerros (40-50 mm) muokattiin ja tasattiin tiehöylällä. Pölynsidonta-aineet levitettiin telasirottelulaitteella Salo-1200 tasatun kulutuskerroksen päälle. Pölynsidonta-aineet sekoitettiin kiviaineksen kanssa lanalla. Valmis kerros kasteltiin ja tiivistettiin arvioperusteiseen optimikosteuteen ja -tiiviyteen.

Liuoskäsittelyssä 10 ja 20%:n väkevyinen liuos valmistettiin tiemestaripiirissä liuottamalla Serla-Bondex-pulveria veteen. Kun pulveri liukenee huonosti kylmään veteen, nopeutettiin liukenemistä käyttämällä alkuvaiheessa n. + 60C⁰ vettä. Liuosten levitys tehtiin tavanomaisilla vedenkuljetussäiliöillä.

3. TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimustuloksissa käsitellään pölynsidonta-aineiden vaikutusaikaa koeosuuksittain eri kuntotekijöiden osalta (kiinteys, tasaisuus, pölyäminen).

3.1 Kemiaalliset tutkimukset

Kemiaallisilla tutkimuksilla selvitettiin pölynsidonta-aineiden säilyvyyttä kulutuskerroksessa ja tuettiin näillä tuloksilla näköhavaintoihin perustuneita kulutuskerroksen kunnon arviointeja. Ligniinin erottaminen kiviainenäytteestä osoittautui mahdottomaksi ja niinpä kemiallisia tuloksia ligniinin säilyvyydestä ei saatu. Sen sijaan kalsiumkloridin säilyvyyttä voitiin seurata ja asen asteittainen väheneminen on esitetty viereisellä sivulla kuvassa 1.

Kalsiumkloridipitoisuuden määrittelyssä esiintyi huomattavaa hajontaa, mutta valitsemalla vain laskevaa suuntaa osoittavat tulokset, on kuva 1 käyrästä voitu laatia. Kuvan 1 mukaan on koeosuuksilla 1 (1000 kg/CaCl₂) on kalsiumkloridin määrä vähentynyt alkuperäisistä maksimiarvoistaan arvoon 2,0 - 2,5 %. (Kesäkausien 1981 ja -82 erilaisuudesta huolimatta) keskimääräisesti jo 6-7 viikon kuluessa. Todetta-

koon, että pölyämistä alkaa esiintyä silloin, kun CaCl_2 :n määrä laskee 3%:n alapuolelle.

Koeosuuksilla 2 ja 3 esiintyi CaCl_2 :a 0-2,5% mikä määrä on säilynyt edelliseltä kesäkaudelta. Näillä osuuksilla ei käytetty CaCl_2 :a ollenkaan. Koeosuuksille 4 annosteltiin CaCl_2 :a 500 kg/km ja S-B:a 500 kg/km, oletetun tehokkuutta lisäävän yhteisvaikutuksen selvittämiseksi. Käytetystä 500 kg/km CaCl_2 :n annostelusta tuli keskimääräiseksi CaCl_2 -pitoisuudeksi 1,5%.

Koeosuuksilla 2 ja 3, joilla CaCl_2 :a ei käytetty ollenkaan sekä osuudella 4 on CaCl_2 :n määrä kasvanut poutakesänä v. 1982 keskimäärin promillen verran. Tälle ilmiölle ei ole löydetty pätevää selitystä. Toisaalta sateisen kesän v. 1981 CaCl_2 -määrä on koko ajan kyseisillä osuuksilla aleneva.

Sadekesäkautena v. 1981 CaCl_2 :n määrän väheneminen oli luonnollisesti nopeampaa kuin poutakesänä v. 1982 erityisesti kesä-heinäkuulla, jolloin runsaat sateet alkoivat.

3.2 Sateiden vaikutus pölynsidonta-aineiden säilyvyyteen

Sateiden merkitystä pölynsidonta-aineiden säilyvyyteen verrataan ajanjaksolla touko-kesäkuu esiintyneiden sadepäivien määrään ja saman jakson sadesummaan (ξ mm). Sadepäivät ja sateiden kuukausisummat on saatu Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksista. Näistä on käytetty lähimpänä koetietä olevan mittausaseman tuloksia.

Taulukko 2. Sadepäivien määrä ja kuukausittaiset sadesummat sekä ajanjakson touko-heinäkuu sadesumma Salon, Kokemäen ja Tampereen mittausasemien tuloksista.

Kuukausi	1981		1982	
	Pv>1,0 mm	ξ mm	Pv>1,0 mm	ξ mm
touko	-	-	7	61
kesä	-	-	4	17
heinä	-	-	6	71
<u>SALO</u> ξ				

Kuukausi	1981		1982	
	Pv>1,0 mm	Σ mm	Pv>1,0 mm	Σ mm
touko	-	-	7	44
kesä	-	-	3	7
heinä	-	-	3	27
<u>KOKEMÄKI</u> ξ	-	-	13	78
touko	5	25	-	-
kesä	13	169	-	-
heinä	16	120	-	-
<u>TAMPERE</u> ξ	34	314	-	-

Taulukosta voidaan päätellä, että v. 1981 satoi Tampereen seudulla 34 päivää > 1,0 mm ja kyseinen 3 kk:n sadesumma oli 314 mm. Kun tätä verrataan v. 1982 samalla aikajaksolla Salon ja Kokemäen sademääriin voimme todeta, että sadepäivien ja sadesumma on Salon tuloksiin verrattuna 1,9- ja 2,1-kertainen ja Kokemäen tuloksiin nähden 2,6- ja 4,0-kertainen. Kaiken kaikkiaan koejaksolle sattui kaksi täysin erilaista kesäsäätyyppiä.

3.3 Kulutuskerroksen rakeisuus

Rakeisuutta kuvaavat käyrästöt on esitetty liitteissä 1 ja 2. Niiden mukaan sekä Rahkio - Mellilä että Järilä - Harola koeteiden rakeisuuskäyrissä esiintyy ns. hiekkapatti eli raekokoa 0,5-2,0 mm on suhteellisesti liikaa. Tällä on alentava vaikutus kulutuskerroksen kiinteyden säilymiseen ja pölynsidonnain vaikutukseen. Kesäkauden 1981 koeteiden rakeisuuskäyriä ei ole otettu mukaan.

3.4 Havainnot kulutuskerroksen kunnosta

Koeteiden kuntoa seurattiin viikottain ja tulokset kirjattiin seurantalomakkeelle. Tulosten perusteella tiekohtaiset koko kesäkauden kuntoa osoittavat tulokset ilmenevät

kuvista 2 ja 3. Tulokset koskevat vain kesäkautta 1982, koska edellisen kesäkauden sateisuus ei mahdollistanut laajempaa kunnon seurantaa. Käyrästön yhteyteen on otettu sellaiset sadekaudet ja päivät, joilla on ollut vaikutusta lähimpien päivien pölyämistäasteeseen ja pinnan kiinteeyteen. Lisäksi kuviin on merkitty koeosittain koko kesän kunnon keskiarvo eri tekijöiden osalta ja näistä laskettu keskimääräinen kokonaiskuntopistemäärä sekä kesäkauden aikaiset hoitotoimenpiteet.

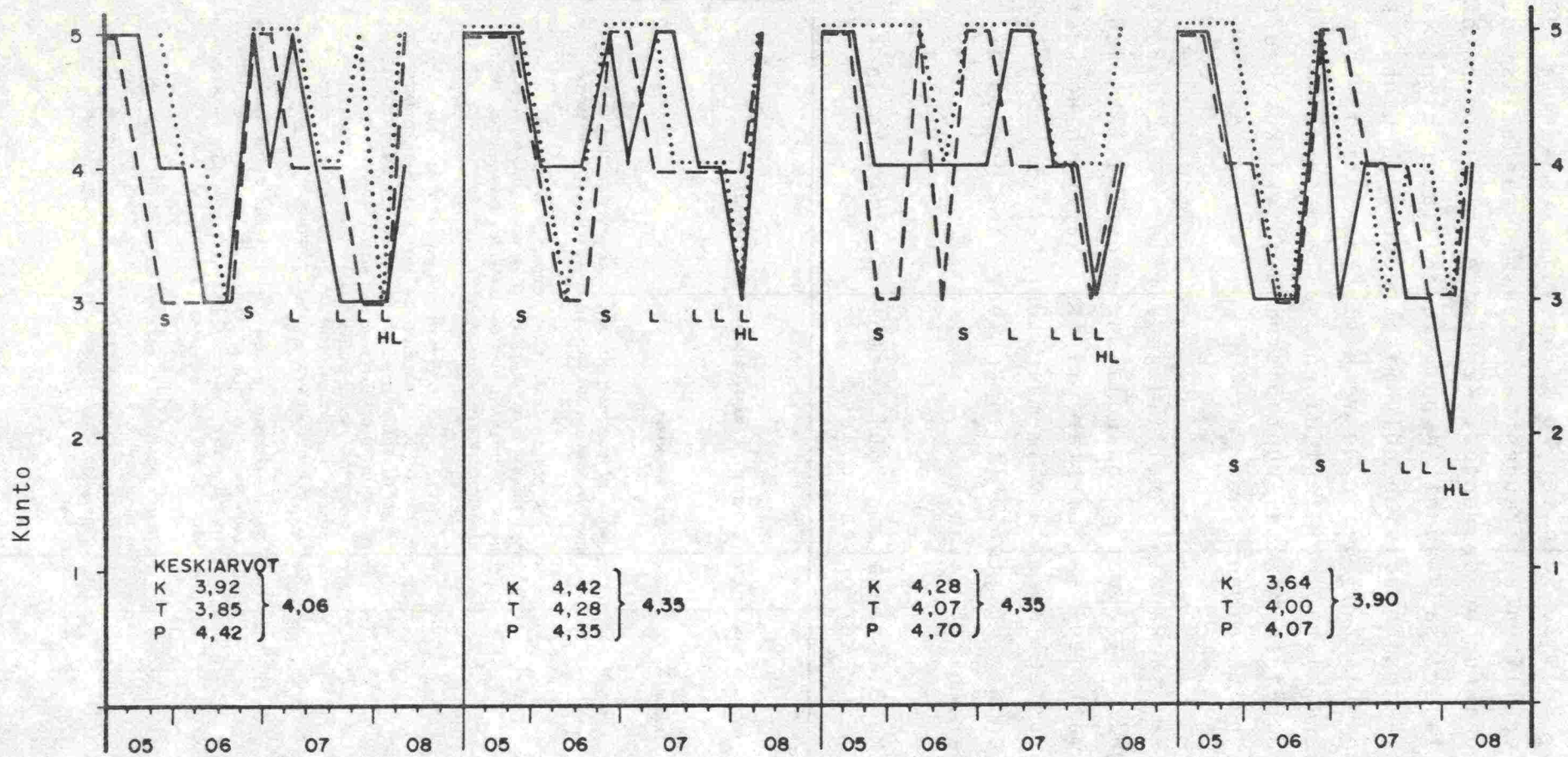
Verrattaessa Rahkio - Mellilä ja Järilä - Harola koeteiden keskimääräisiä kuntoarvosanoja on todettava tehtyjen tarkastusmatkojen ja tiemestaripiirissä käytyjen keskustelujen perusteella, että viimeksimainitun koetien kohdalla arviointi on n. 1 pistettä liian korkea. Tämä johtuu erilaisesta arviointitavasta.

Taulukko 3. Standardin 3504 kuntoarvioasteikko ja kulutuskerroksen kuvaus.

ARVIointia suoritettaessa ei yksittäisiä routavauriokohtia oteta huomioon.	
ARVOSANA	KULUTUSKERROKSEN KUVAUS
5,0	TIEN PINNAN ON SÄILYTTÄNYT MUOTONSAA JA ON HYVIN TASAINEN JA KIINTEÄ, PINNAN MAHDOLLINEN EPÄTASAISUUS EI VAIKUTA AJONUKAVUUTEEN.
4,0	TIEN PINNAN ON YLEENSÄ SÄILYTTÄNYT MUOTONSAA JA ON TASAINEN JA KIINTEÄ, MUUTAMIA PIENIÄ ERILLISIÄ KUOPPIA VOI SIELLÄ TÄÄLLÄ ESIINTYÄ, PÖLYÄMISTÄ EI TIELLÄ OLE HAVAITTAVISSA, PINNAN EPÄTASAISUUDEN VUOKSI EI AJONOEPUUTTA TARVITSE HILJENTÄÄ.
3,0	TIEN PINNAN ON YLEENSÄ SÄILYTTÄNYT MUOTONSAA JA ON SUURIMMAKSI OSAKSI TASAINEN JA KIINTEÄ, PIENEHKÖJÄ KUOPPIA JA MUUTA EPÄTASAISUUTTA VOI OLLA PAIKOITELLEN, TIE PÖLYÄÄ JONKIN VERRAN, TIELLÄ OLEVAT KUOPAT JA MUUT EPÄTASAISUUDET VOIDAAN VÄISTÄÄ TAI NE OVAT SELLAISIA, ETTEI AJONOEPUUTTA TARVITSE NIIDEN VUOKSI HILJENTÄÄ, OHITTAVAA TAI VASTAANTULEVAA AJONEUVOA VÄISTÄESSÄ SEKA VASTAAVISSA OLOSUHITEISSA SAATIAA AJONOEPUUDEN HILJENTÄMINEN TULLA KYSEESEEN.
2,0	TIEN POIKKILEIKKAUSMUOTO ON JONKIN VERRAN VOINUT MUUTTUA, TIEN PINNASSA ON JONKIN VERRAN "PYKKILAUTAA", PAIKOIN VOI OLLA VAROITUSMERKEIN OSOITETTAVIA PAINUMIA TAI KOHOUTUMIA, TIE PÖLYÄÄ KOHTALAISESTI, AJONOEPUUTTA ON JOSKUS HILJENNETTÄVÄ JA EPÄTASAISIA KOHTIA VAROTTAVA.
1,0	TIEN POIKKILEIKKAUSMUOTO ON USEISTA KOHDISTA MUUTTUNUT, PINNAN ON EPÄTASAINEN KUOPPIEN, "PYKKILAUDAN" JA PURKAUTUMIEN VUOKSI, TIELLÄ ON PAINUMIA JA KOHOUTUMIA, JOITA EI VOIDA VÄISTÄÄ, TIE PÖLYÄÄ RUNSAASTI, TIEN PINNAN ON JATKUVASTI TARKKAILTAVA JA AJONOEPUUTTA USEASTI VAIHDETTAVA.

JÄRILÄ - HAROLA

Kuva 2. Järilä-Harola koetie



KOEOSUUDET

1
1000 kg / CaCl₂
10% LIUOS

2
1000 kg / S-B
10% LIUOS

3
750 kg / S-B
20% LIUOS

4
500 kg / CaCl₂ + 500 kg / S-B
20% LIUOS

— PINNAN KIINTEYS (K)
- - - PINNAN TASAISUUS (T)
..... PINNAN PÖLYÄMINEN (P)

S = SADE
H = TASAUSHÖYLÄYS
KH = KUOPPIEN HÖYLÄYS
L = LIUOSKÄSITTELY

Seuraavassa tarkastellaan eri koeteiden ja koeosuuksien kulutuskerroksien kuntoa laadittuihin käyrästöihin perustuen.

A. Järilä - Harola koetie (kuva 2)

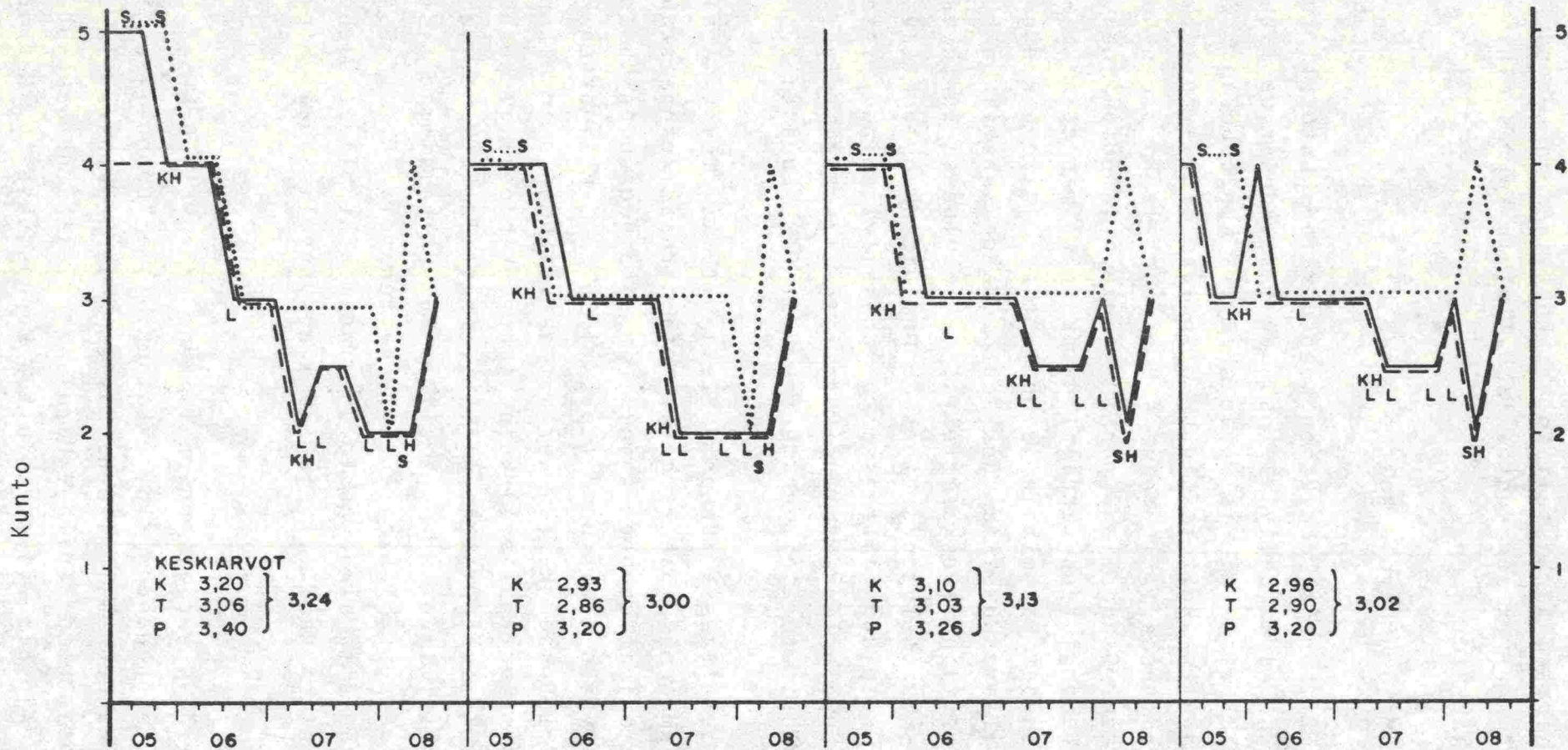
Lähtötilanteessa kaikkien koeosuuksien kunto oli kuntu-luokka 5 joka säilyi 1. osuuden tasaisuusarvoa lukuunotta-matta 3 viikkoa. Pisimpään säilytti kuntu-luokan 5 2.osuus, johon oli sekoitettu 1000 kg/suolaa. Seuraavan kolmen vii- kon kuluessa 1:n, 2:n ja 4:n osuuden laski 3:een kuntu-pis- teeseen. Osuudella 3 pinnan kiinteys ja pölyäminen pysyvät 4:n kuntu-pisteen tasolla. Kesäkuun kolmannella viikolla koeosuudet kasteltiin ja höylättiin, jolloin kunto palautui kaikilla osuuksilla luokkaan 5. Kahdeksan viikon kuluttua aloitettiin liuoskäsittely, jonka kuluessa kunto vaihtelee liuoskäsittelyjen suhteessa. On kuitenkin todettava, että heinä-elokuun taitteessa kunnan säilyttäminen pisteluvun 3 yläpuolella vaatii viikottaisen liuoskäsittelyn. Koetiel- lä suoritettut toimenpiteet käyvät ilmi kuvasta 2.

Tarkasteltaessa kunnan osatekijöitä kiinteys, tasaisuus, pölyäminen voidaan todeta, että parhaat kokonaiskuntu-pis- teet saivat osuudet 2 ja 3, jossa 3:n osuuden kuntu-pis- teisiin vaikuttivat huomattavasti 20%:n S-B-liuoksen käyttö sekä liuoksen käytön kertautuva vaikutus niin alkuperäis- annostelun (pulveri) kuin liuostenkin osalta. Koeosuuden 1 kokonaiskuntu-pisteet olivat verrattain korkeat, vaikka käytetty liuosväkevyydenä oli 10%. Alhaisimmat pisteet sai 4. koeosuus, jonka liuosväkevyydenä oli 20%. Tämä johtuu siitä, että alkuannostelun ainesmäärät olivat pienet sekä se, ettei CaCl_2 :lla ja S-B:lla synny lisäävää yhteisvaiku- tusta.

Järilä - Harola koetien liikennemäärä oli Rahkio - Mellilä- koetiehen nähden 2,3 kertainen. Tämä luonnollisesti vaikut- taa kunnan säilymiseen. Kuvien 2 ja 3 perusteella voidaan todeta, että Järilä - Harola koetiellä on tasaushöyläys tehty jo 6:n viikon kuluttua kunnostuksesta. Rahkio - Melli- lä koetiellä vastaava höyläys tehtiin 14 viikon kuluttua.

RAHKIO

Kuva 3. Rahkion koetie



KESKIARVOT

K	3,20	} 3,24
T	3,06	
P	3,40	

K	2,93	} 3,00
T	2,86	
P	3,20	

K	3,10	} 3,13
T	3,03	
P	3,26	

K	2,96	} 3,02
T	2,90	
P	3,20	

KOEOSUUDET

1000 kg / CaCl₂
10% LIUOS

1000 kg / S-B
10% LIUOS

750 kg / S-B
20% LIUOS

500 kg / CaCl₂ + 500 kg / S-B
20% LIUOS

— PINNAN KIINTEYS (K)
- - - PINNAN TASAISUUS (T)
..... PINNAN POLYÄMINEN (P)

S = SADE
H = TASAUSHÖYLÄYS
KH = KUOPPIEN HÖYLÄYS
L = LIUOSKÄSITTELY

Myös kuntojaksot olivat pidempiaikaisia.

B. Rahkio - Mellilä koetie (kuva 3)

Lähtötilanteessa ainoastaan 1. koeosuudella (suolamäärä 1000 kg) päästiin kaikkien kuntotekijöiden (K, T, P) osalta kuntoluokkaan 5. Sitävastoin osuuksien 2, 3 ja 4 kunto jäi pistelukuun 4. Koko kesäkauden osalta parhaimman kokonaiskunnan (3,24) on säilyttänyt 1. koeosuus. Osuudella käytettiin CaCl_2 :a 1000 kg/km ja 10%:n liuosta. Liuoskäsittelystä huolimatta 1. osuuden kunto on laskenut melko tasaisesti 2:een pisteeseen 8 viikon kuluessa. Vastaavasti 2:n, 3:n ja 4:n osuuden kunnan lasku on tapahtunut pidemmillä aikaväleillä. Tämä on saattanut johtua liuoskäsittelystä, joka on ilmeisesti pidentänyt S-B:llä käsiteltyjen osuuksien kunnan säilymistä. Tästä voimme olettaa, että ligniinillä on jatkuvuusvaikutus, sillä liuoskäsittely toimii parhaiten juuri S-B:llä käsitellyillä osuuksilla.

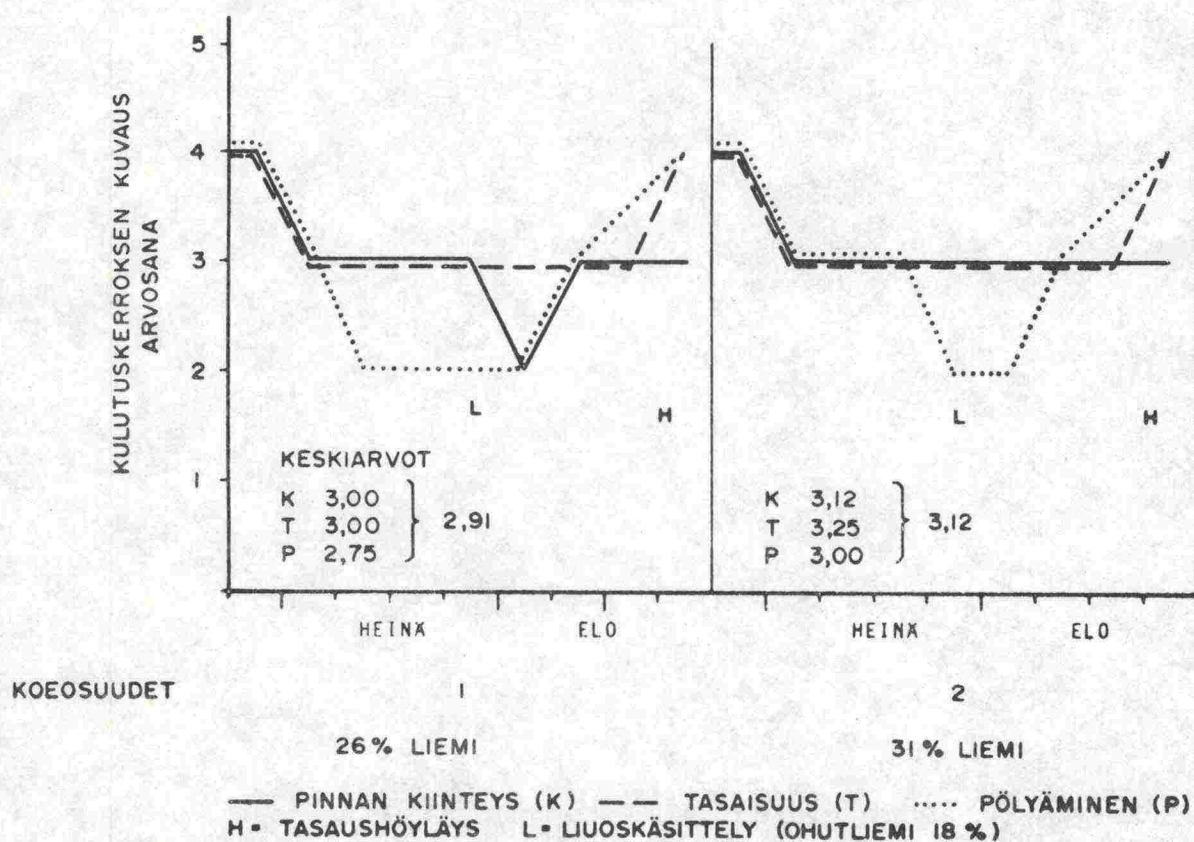
Kuvasta 3 voidaan havaita lisäksi, ettei jätelipeä kiinnitä karkeampaa kiviainesta, koska kulutuskerroksen kiinteys aleni liuoksen käytöstä huolimatta. Sen sijaan jätelipeä kiinnittää joskin lyhytaikaisesti hienoainesta, mikä voidaan päätellä pölyävyyden säilymisestä ennallaan, muun kunnan aletessa.

Tälläkin koetiellä suolattu koeosuus säilyi koko kesäkauden ajan parhaiten. Koetiellä tehdyt toimenpiteet käyvät ilmi kuvasta 3.

Kokonaiskunnan tasainen ja hidas aleneminen sekä kunnossa ilmenneet pienet muutokset johtuvat pääasiassa pienehköstä liikennemäärästä.

C. Häkkiskylä - Roosinpohja koetie (kuva 4)

Koetien pölynsidontaan käytettiin pelkästään jätelientä. Kuvasta 4 on nähtävissä, että alkuvaiheessa kunto on ollut kuntoluokassa 4. Jo viikon kuluessa kunto on laskenut luokkaan 3. Heinäkuussa 1. osuudella on esiintynyt kohtalaista pölyämistä kolmen viikon jakson, jonka jälkeen pinta on käsitelty liuosksella (18%). Pinnan kiinteys on laskenut heinäkuun lopussa kuntoluokkaan 2, josta se on noussut liuoskäsittelyn jälkeen kolmen viikon kuluessa kuntoluokkaan 4. Tasaisuus on säilynyt koko koeajan luokassa 3. Toisella osuudella kiinteys ja tasaisuus ovat säilyneet kuntoluokassa 3 koko koeajan. Pölyämistä on esiintynyt heinä-elokuun vaihteessa, jolloin tien pinta on liuoskäsittelty. Elokuun lopulla tasaisuus ja kiinteys ovat nousseet tasaushöyläyksen jälkeen luokkaan 4. Koeosuuksista parhaimmat kokonaiskuntopisteet on saanut luonnollisesti 2-osuus, jolla jäteliemiväkevyys oli 31%.



Kuva 4. Häkkiskylä - Roosinpohja koetien kuntokuvaajat ja hoitotoimenpiteet.

4. KUSTANNUKSET

4.1 Yleistä

Kaikki kustannukset on muodostettu koeosuuksittain toteutuneista kustannuksista, joiden erot johtuvat pölynsidonta-aineiden yksikköhintaeroista ja määristä sekä kesäkauden liuoskäsittelyn eroista. Perustyöt, kuten muokkaus, taseus, kastelu ja tiivistäminen olivat kaikilla osuuksilla samanlaiset. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti eri koeosuuksien kustannusten muodostumista, joissa ei ole työnjoh-to-, valvonta- ja yleiskustannuksia.

4.2 Kalsiumkloridi

Kalsiumkloridiosuuden kustannukset ovat seuraavat:

- materiaali	1,0 t/km à 730 mk/tn	= 730 mk
- kunnostus ym.	1,0 km	= 330 mk
- liuoskäsittelyt	5 krt (10%) à 305 mk/krt	= 1525 mk
		<hr/>
		2585 mk/km

Mikäli pölynsidonta olisi suoritettu uudelleen heinäkuun alussa eikä liuoskäsittelyä olisi tehty, olisivat kustannukset olleet sekoitussuolauksena (0,8 t/km) n. 750 mk/km. Tällöin koko kesäkauden kustannukset olisivat olleet 1810 mk/km.

4.3 Serla-Bondex-pulveri

Koeosuuden aineannostelu 1000 kg/km

- materiaali	1,0 t à 1030 mk/t	= 1030 mk
- kunnostus ym.	1,0 km	= 330 mk
- liuoskäsittelyt	5 krt (10%) à 305 mk/krt	= 1525 mk
		<hr/>
		2885 mk/km

Koeosuuden aineannostelu 750 kg/km

- materiaali	0,75 t x 1030 mk/t	= 770 mk
- kunnostus ym.	1,0 km	= 330 mk
- liuoskäsittelyt	5 krt (20%) à 410 mk/krt	= 2050 mk
		<hr/>
		3150 mk

4.4 CaCl_2 ja S-B yhdessäOsuuden annostelu CaCl_2 500 kg + S-B 500 kg/km

- materiaali CaCl_2 0,5 t à 730 mk/t	=	365 mk/km
- materiaali S-B 0,5 t à 1030 mk/t	=	515 mk/km
- kunnostus ym.	=	330 mk/km
- liuoskäsittelyt 5 krt (20%) à 410 mk/krt	=	2050 mk/km
		<hr/> 3260 mk/km

4.5 Jäteliemet (= paksu jäteliipeä)

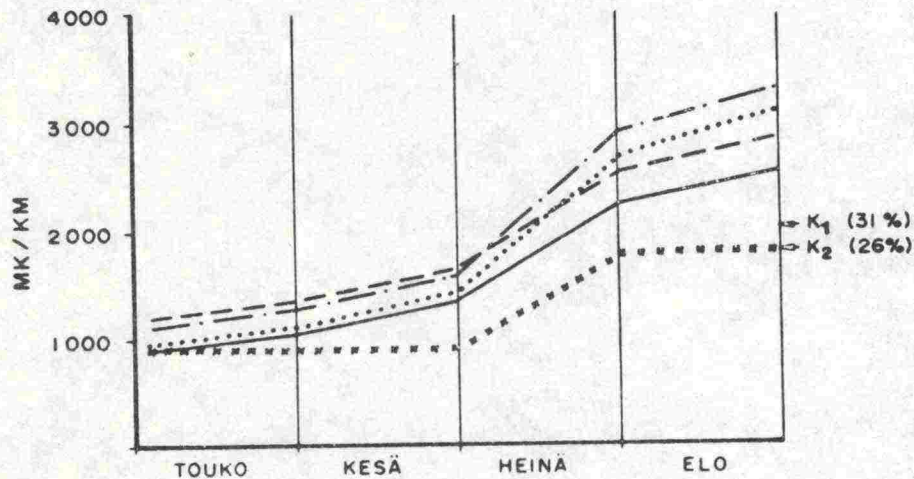
Paksua jäteliipeä käytettiin Keuruulla Häkkiskylä-Roosin-pohja koetiellä.

1. Koeosuus 26% liemi

- materiaali 2,0 t/km à 550 mk/t	=	1100 mk/km
- kunnostus+liuoksen laimennus	=	430 mk/km
- liuoskäsittely (18%) 1 krt	=	330 mk/km
		<hr/> 1860 mk/km

2. Koeosuus 31% liemi

- materiaali 2,0 t à 660 mk/t	=	1320 mk
- kunnostus+liuoksen laimennus	=	430 mk
- liuoskäsittely (18%) 1 krt	=	330 mk
		<hr/> 2080 mk/km



Kuva 5. Kunnostus- ja hoitokustannukset keskimääräisinä ja kumulatiivisina eri koeteiden kohdalla.

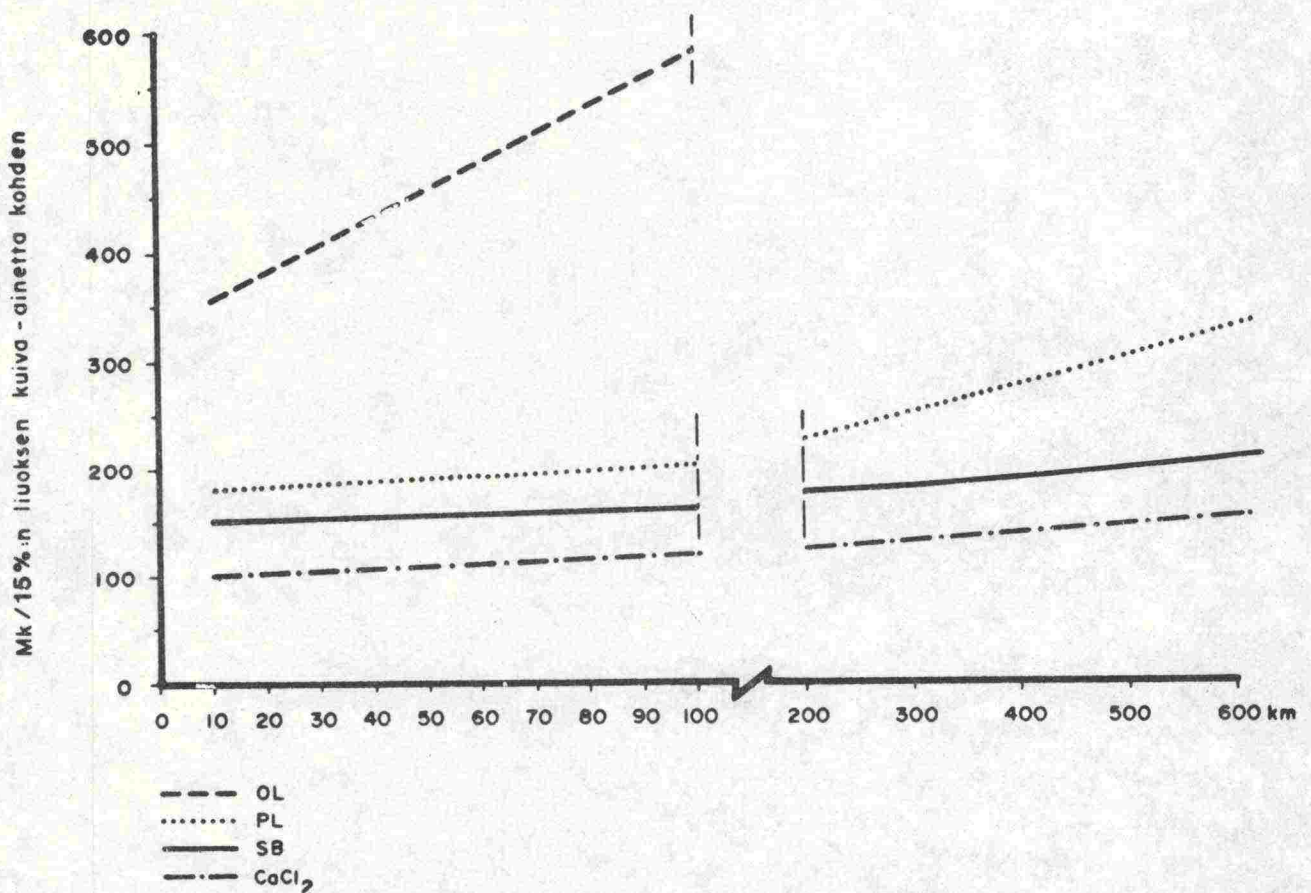
Kuvaaja: — CaCl₂ 1000 kg/km + liuoskäsittelyt (10%)
 ---- S-B 1000 kg/km + liuoskäsittelyt (10%)
 S-B 750 kg/km + liuoskäsittelyt (20%)
 -... CaCl₂ 500 kg+S-B 500 kg/km+liuoskäsittelyt (20%)
 xxxx CaCl₂-osuuden kustannukset laskettuna siten, että liuoskäsittelyä ei tehtäisi vaan osuus suolattaisiin uudelleen 800 kg/km-annostuksella.

K₁ = Keuruun liemikoe (31%)+liuoskäsittely (18%)

K₂ = Keuruun liemikoe (26%)+liuoskäsittely (18%)

4.6 Ligniinituotteiden käytön taloudellisuus

Kuvassa 6 on esitetty teoreettisesti käyrästön avulla ohut- ja paksuliemen (-lipeän) sekä Serla-Bondex-pulverin ja kalsiumkloridin materiaali-, kuljetus- ja liuotuskustannukset kuiva-ainetonnina kohden. Liuosväkevyytenä kaikilla laaduilla 15%. Kuvasta 6 voidaan todeta, että kuiva-ainepitoisuuden pienetessä kyseisen aineen taloudellisuus on laskenut.



Kuva 6. Ohut- ja paksuliemen sekä Serla-Bondex-pulverin kuljetus- laimennus- tai liuotuskustannukset 15%:n liuoksen sisältämää kuiva-ainemäärää kohden verrattuna vastaavaan CaCl₂-liuokseen.

Kun tarkastellaan ohutliemen sekä muista aineksista valmistettujen 15%:n liuoksien keskinäisiä kustannuksia ja verrataan niitä edullisempään CaCl₂-liuokseen saamme seuraavanlaiset kustannussuhdeluvut

	Suhdeluku
- CaCl ₂ -liuos	1,0
- S-B liuos	1,4
- P1 (55%) liuos	1,5
- O1	3,4

Kuvasta 6 voidaan päätellä, että mikäli jätelipeää käytettäisiin, se kannattaisi aina valmistaa pulverista käyttökohteessa. Ohutliemen käyrän jyrkkä nousu johtuu juuri sen sisältämän vesimäärän (85%) takia, koska kuljetuskustannuksissa otetaan huomioon ainoastaan sen sisältämä 15%:n kuiva-ainemäärä.

5. TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Pölynsidonta-aineiden vaikutus

Kalsiumkloridin tehokas vaikutusaika on luonnollisesti sademäärästä riippuvainen. Toisaalta siihen vaikuttavat myöskin kulutuskerroksen valmistusaikainen tiivistäminen ja hienoaineksen määrä. Mainituista tekijöistä riippuen CaCl_2 :n määrä on laskenut alle 3%:n nopeimmillaan 4-5 viikon kuluessa, kun se sitävastoin pisimmillään on säilynyt 3%:n yläpuolella 8-10 viikkoa. Keskimääräinen vaikutusaika on ollut 7-8 viikkoa. Tänä aikana kunto säilyy loppujaksollakin kuntoluokan 3 tuntumassa. Käytännössä tämä merkinnee sitä, että jos tällöin esiintyy pitkä poutakausi tai sadanta on vähäistä, joudutaan pölynsidonta uusimaan. Kuvasta 6 voidaan myös päätellä, ettei CaCl_2 :n yliannostelu esim. 1500-2000 kg/km sanottavammin jatka sen vaikutusaikaa, vaikka alkuajan kuntoon sillä kyläkin on ollut vaikutusta.

Kunnollisen tiivistämisen vaikutus näkyy kuvasta 6 Rahkion koetien kohdalla, jossa saavutettiin kaikki koetiet huomioon ottaen paras kiinteys.

5.2 Sadannan vaikutus

Runsaat sateet keväällä ja alkukesällä ovat lyhentäneet CaCl_2 :n vaikutusaikaa 3-4 viikkoa. On kuitenkin ilmeistä, että huolellinen kulutuskerroksen teko voi eliminoida sateiden kalsiumkloridia huuhtovaa vaikutusta. Kulutuskerroksen sekoitus, kastelu ja tiivistäminen tulisi tästä syystä tehdä huolellisesti.

Serla-Bondexin kohdalla näyttäisi siltä, että se kestää paremmin sadeveden huuhtouttavaa vaikutusta kuin CaCl_2 . Tämä käy ilmi lähinnä pidempinä kunnonsäilymisjaksoina.

Hyvin toimiakseen CaCl_2 tarvitsee kosteutta joko kapillaarista tai sadevettä ja mikäli se ei sitä saa riittävästi, kulutuskerroksen kiinteys alenee ja purkautuminen sekä pölyäminen alkaa.

5.3 Materiaalien toimivuus ja soveltuvuus

Koetulosten mukaan saatetaan todeta, että paras pölynsidonta- ja sorakulutuskerroksen kiinteyttävä vaikutus saavutettiin kalsiumkloridilla. Kunnan arvioinnin mukaan korkein kuntoluokka - sinänsä lyhytaikainen - saavutettiin myös kalsiumkloridilla, kun otetaan huomioon, että Järilä - Harola kohtien kuntotasot olivat n. yhtä luokkaa korkeammat muihin vastaaviin koekauden aikana. S-B-koeosuuksien osalta on painotettava sitä, että liuoskäsittelyn kuluessa syntyi lievähkö jatko vaikutus eli aiemmin levitetty vaikuttaa tehoa lisäävästi.

Taulukko 4. Aineiden toimivuutta osoittavat kuntopisteet sekä prosentuaaliset tehokkuuserot.

Toimivuus eri tekijöiden (kiinteys K, tasaisuus T, pölyäminen P) osalta.

CaCl₂ 1000kg/km S-B 1000kg/km S-B 750kg/km S-B 500kg/+CaCl₂ 500 kg/km
+ 10% liuos + 10% liuos + 20% liuos + 20% liuos

K	3,81	3,42	3,69	3,30
T	3,67	3,35	3,55	3,45
P	3,87	3,81	3,98	3,63

Kokonaiskuntoa (K+T+P) kuvaavat pisteet

3,79	3,53	3,74	3,46
------	------	------	------

Ero %:ssa verrattuna CaCl₂:een, joka = 100

100	93	98	91
-----	----	----	----

Taulukon mukaan voidaan todeta, että CaCl₂:n (1000 kg/km) ja sitä vastaavan S-B (1000 kg/km) pulverin tehon ero on 7%. Tältä osin voidaan todeta, että Serla-Bondex-pulveri sinällään on pölynsidontaan soveltuva aine. Toimivuudessa on kuitenkin otettava huomioon edellä mainittu liuoskäsittelyjen tuoma kestoajan jatkuvuus. Sen numeraalista kuvaajaa ei tässä yhteydessä ole muodostettu. Liuos-

käsittelyssä ilmiö on havaittavissa siten, että S-B-osuuksilla kunto alenee hitaammin kuin CaCl_2 -osuuksilla.

Koeosuuksilla S-B 750 kg/km voidaan todeta, että kunto on säilynyt n. 5% parempana kuin vastaavalla Serla-Bondex-osuudella. Tämä selvittyy väkevemmän liuoksen käytöllä, sillä käytetty 20%:n liuos sitoi kulutuskerroksen hienoa-aineen hyvin.

Koeosuuksilla joiden annostus oli CaCl_2 500 kg/km+S-B 500 kg/km kunto on säilynyt lähinnä liuoskäsittelyn ansiosta, sillä huolimatta aineiden 1000 kg:n yhteisannostelusta ja yhteisvaikutuksen puutteesta, se on ainoastaan 9% kalsiumkloridiosuutta heikompi. CaCl_2 + SB sekä CaCl_2 -osuudelta on havaittavissa se, etteivät ainekset vahvista toisiaan.

Keuruun koetien (kuva 4) sekä liuoskäsittelyjaksojen perusteella voidaan todeta, että soratien pölynsidonta voidaan periaatteessa tehdä myös jätelipeällä. Vähäliikenteisellä Häkkiskylä - Roosinpohja koetiellä paksuliemellä tehty pölynsidonta toimi verraten hyvin, sillä kesäkauden kunnoksi tuli kuvassa 1. osuudella (26% liemi) 2,91 ja 2-osuudella (31% liemi) 3,12 (kuva 4). Näiden kunto oli verrattain lähellä muiden koeosuuksien kuntoa. Pölynsidonta yksinomaan ohutliemellä oli työlästä ja kallista eikä tien kunto vastannut muilla menetelmillä aikaansaattua tien kuntoa.

Liuos- ja liemikäsittelyn osalta oli huomattavaa, että kulutuskerroksen purkautuessa jätelipeä sitoi ainoastaan hienoa-aineen kivien jäädessä irralleen. Kuitenkin hienoa-aineen kiinnittyminen esti pölyämisen. Jätelipeän käyttö ei kovettanut suhteettomasti tien pintaa, vaan sateiden yhteydessä sen tasattavuus oli likimain sama kuin kalsiumkloridia käytettäessä. Jätelipeän lisäystarvetta ilmeni aina sateiden jälkeen, koska pintaan imeytynyt lipeä huuhtoutuu ojiin. Sen lisäksi pölynsidonta-aineiden lisäystarvetta aiheuttaa irrallaan oleva kiviaines, joka liikenteen vaikutuksesta jauhaa kuivalla säällä pölyämisherkkää hienoa-ainesta irti.

Serla-Bondex-pulverilla oli pölynsidonta-aineille asetettavat toimivuusedellytykset. Pulverin rakeisuus oli kuitenkin niin hienojakoinen, ettei sen käyttö ole ongelmantonta. Ensinnäkin sen käsittelyssä esiintyi ergonomian ja työhygienian kannalta haitalliseksi katsottavaa pölyämistä huolimatta siitä, että asiamukaisia suojavälineitä käytettiin. Levityksen yhteydessä pulveria leijui auton ilmapvirran ja tuulen mukana ympäristöön, joten laajemmasta käytöstä tulee ympäristöongelma. Pulverin vaikutusta pohjaveteen ei tässä yhteydessä tutkittu, mutta yleensä vesistöissä rikkiyhdisteet jo pieninä annoksina ovat vaikuttaneet veden makuun. Myös tältä kannalta katsottuna pulverin ja jätelipeän käyttö voi nykyisten näkemysten vallitessa olla ongelmallista. Kalsiumkloridin osalta haittavaikutusta ei ole todettu.

5.4 Kustannukset

Kalsiumkloridi on tutkituista aineista tehokkain ja myös taloudellisin pölynsidontamateriaali. Tarkasteltaessa kustannuksia eri menetelmien ja materiaalien kohdalla saadaan seuraavanlaisia eroja

a)	CaCl ₂	1000 kg/km	1060 mk/km
b)	S-B	1000 kg/km	1360 mk/km
c)	S-B	750 kg/km	1100 mk/km
d)	CaCl ₂	500 kg/km	1210 mk/km
	S-B	500 kg/km	

Vertailtaessa koeosuuksien kustannuksia ilman liuoskäsittelyä saadaan seuraavat suhdeluvut, kun CaCl₂ = 1,00

a)	CaCl ₂	1000 kg/km = 1,00
b)	S-B	1000 kg/km = 1,28
c)	S-B	750 kg/km = 1,03
d)	CaCl ₂ +S-B	500+500 kg/km = 1,14

Pölynsidontakustannukset liuoskäsittelyineen sekä tapaus (g), jossa osuus suolattaisiin 800 kg:n annostelulla toisen kerran.

a) CaCl_2	1000 kg/km	2585 mk/km	(liuos 10%)
b) S-B	1000 kg/km	2885 mk/km	(liuos 10%)
c) S-B	750 kg/km	3150 mk/km	(liuos 20%)
d) CaCl_2 +S-B	500+500 kg/km	3260 mk/km	(liuos 20%)
e) Liemikäsittely	26%	1860 mk/km	(liuos 18%)
f) Liemikäsittely	31%	2080 mk/km	(liuos 18%)
g) CaCl_2	1000 kg/km+800 kg/km	1880 mk/km	

Kustannusten suhde CaCl_2 -osuuden kustannuksiin oli

- a) 1,00
- b) 1,11
- c) 1,21
- d) 1,26
- e) 0,71
- f) 0,80
- g) 0,72

Edellä olevien suhdelukujen sekä yksikkökustannusten perusteella voidaan todeta, että pölynsidonnan (koko kesäkausi) taloudellisin vaihtoehto on ollut käyttää kalsiumkloridia kahteen kertaan. Näistä ensimmäinen olisi kevätkunnostuksen yhteydessä ja toinen kesä-heinäkuun vaihteessa silloin, kun kuntoluokka on laskenut kolmannen luokan tuntumaan.

5.5 Kalusto

1) Sirottelulaitteet

Kalsiumkloridia voidaan nykyisillä sirottelulaitteilla levittää vaivatta. Sen sijaan Serla-Bondex[®]ia on sen hienojakoisuudesta johtuen vaikea levittää, sillä pulverin valuminen lavalta sirottelulaitteeseen on huono ja toisaalta aineen levitysmäärään ei voida sirottelulaitteiden säädöillä vaikuttaa. Tästä syystä kyseisellä osuudella joudutaan levitysajo tekemään useaan (kokeissa kolmeen) kertaan.

b) Liuosten kuljetussäiliöt

Kun jätelientä ei ole yleisesti ottaen käytetty 15:een vuoteen, on tuolloin käytetyt kuljetussäiliöt hävitetty. Käy-

tössä olevat - vedenkuljetukseen tarkoitettut - terässäiliöt eivät sovellu syövyttävän jäteliemen kuljetukseen. Tästä syystä kuljetussäiliöt jouduttaisiin hankkimaan, mikä on otettava huomioon kustannuksia kasvattavana tekijänä. Kuljetussäiliöiden tulee olla kemiallisia aineita kestäviä ja lasikuiturakenteisia. Tällaisen hankintahinta on n. 25.000 - 30.000 mk.

5.6 Kulutuskerroksen rakeisuus

Rakeisuus noudatteli 0,074 mm:n kohdalla työselityksen edellyttämää läpäisyprosenttia. Sen mukaan hienoainesta oli riittävästi. Kulutuskerrosten laatua on saattanut heikentää jonkin verran parilla koeosuudella ns. "hiekkapussi" 0,5-2,0 mm:n alueella. Kun "hiekkapussilla" on vaikutusta kerroksen tiivistymiseen alentavasti, voidaan olettaa, että se on kyseisillä koeosuuksilla lievästi lyhentänyt kunnon säilymistä. Kokeilun kannalta tällä ei kuitenkaan ole ollut ratkaisevaa merkitystä. Rakeisuudet käyvät yksityiskohtaisemmin ilmi liitteistä 1 ja 2.

6. YHTEENVETO

Selvityksen tarkoituksena oli tarkastella Serla-Bondex-pulverin sekä jätelienten soveltuvuutta sorateiden pölynsidontaan ja verrata niitä kalsiumkloridiin niin toimivuuden kuin kustannustenkin osalta. Tämän ohessa selviteltiin lisäksi CaCl_2 :n säilyvyyttä rinnastaen sitä kulutuskerroksen kunnon säilymiseen ja alenemiseen.

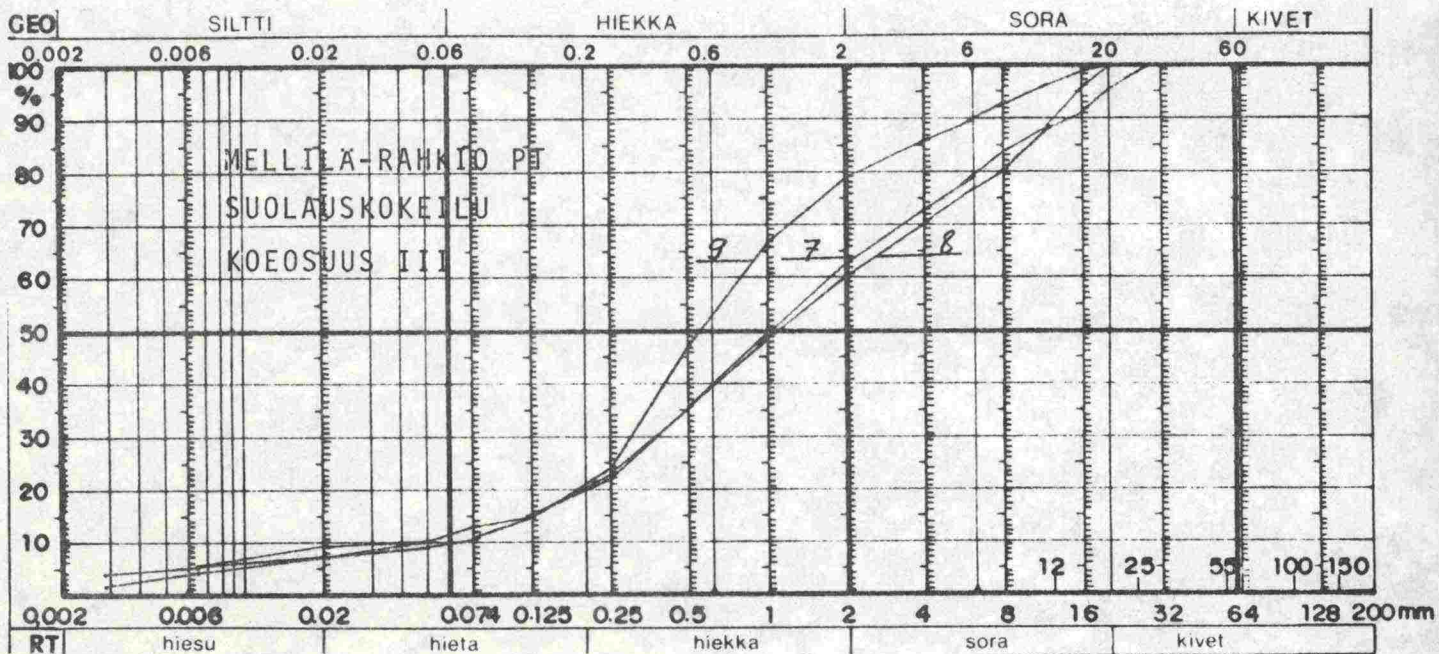
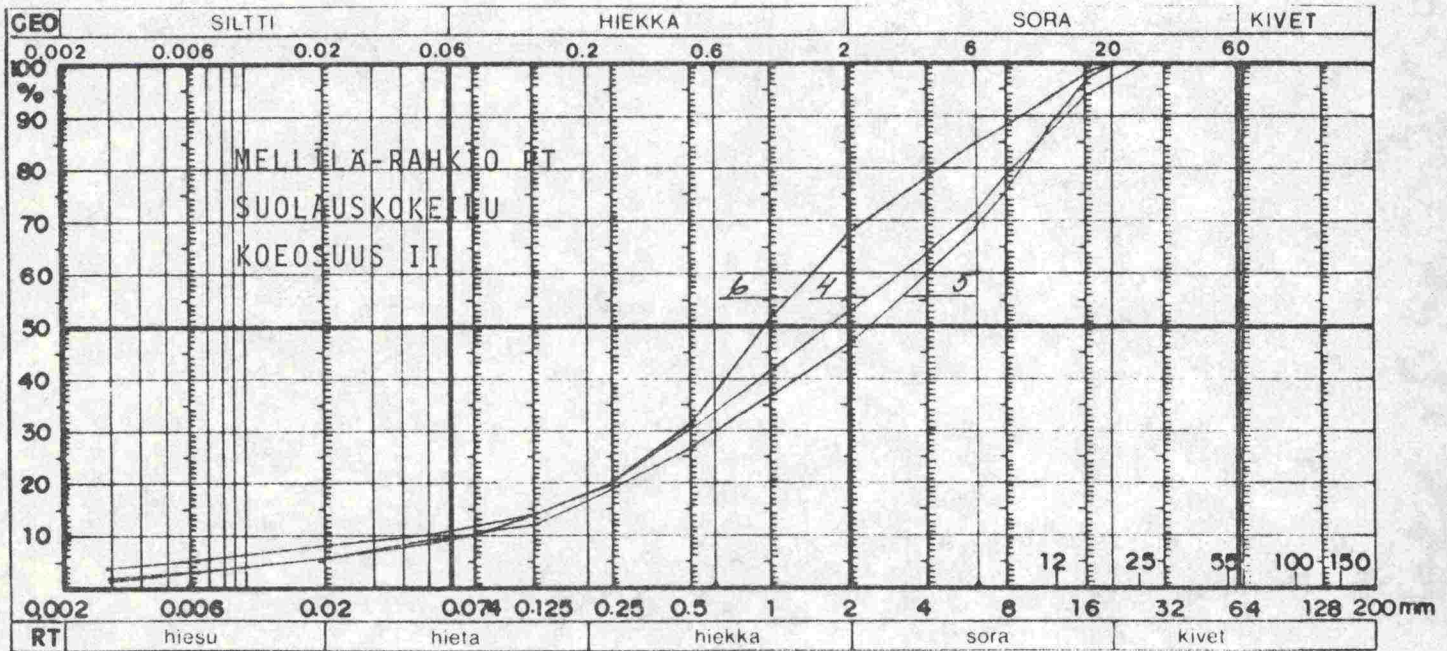
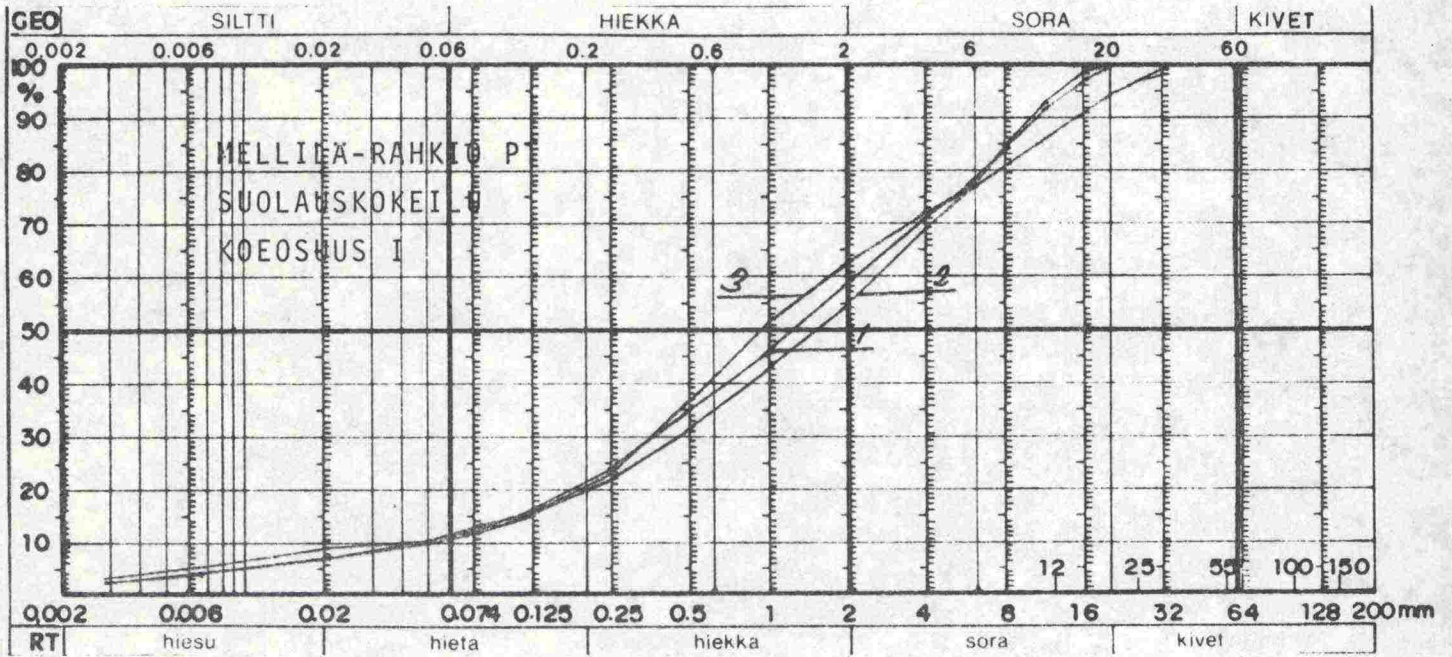
Selvitykseen perustuen voidaan todeta, että Serla-Bondex-pulverilla ja luonnollisesti myös jäteliemillä ja -liuoksilla on kyky pölynsitomiseen ja kulutuskerroksen kiinteyttämiseen. Serla-Bondex-pulverin pölynsidontakyky on kuitenkin hieman heikompi kuin vastaavan kalsiumkloridiannostelun. Kun Serla-Bondex on kalsiumkloridia kalliimpi tuote, ei sitä kannata mainituista syistä johtuen tie- ja vesirakennuslaitoksessa käyttää. Liemi- ja liuoskäytön kohdalla syyt ovat periaatteessa samoja, sillä liemien

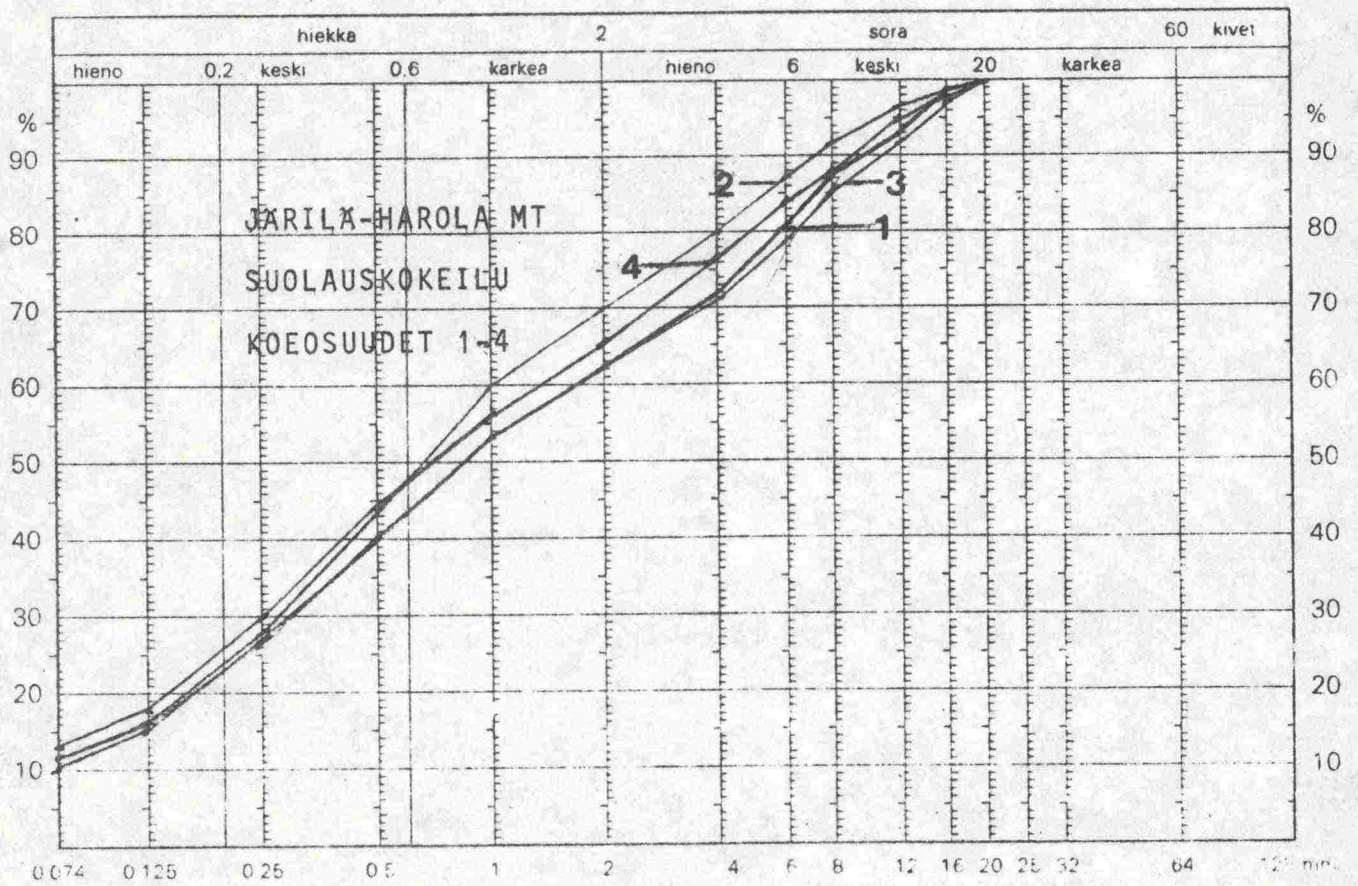
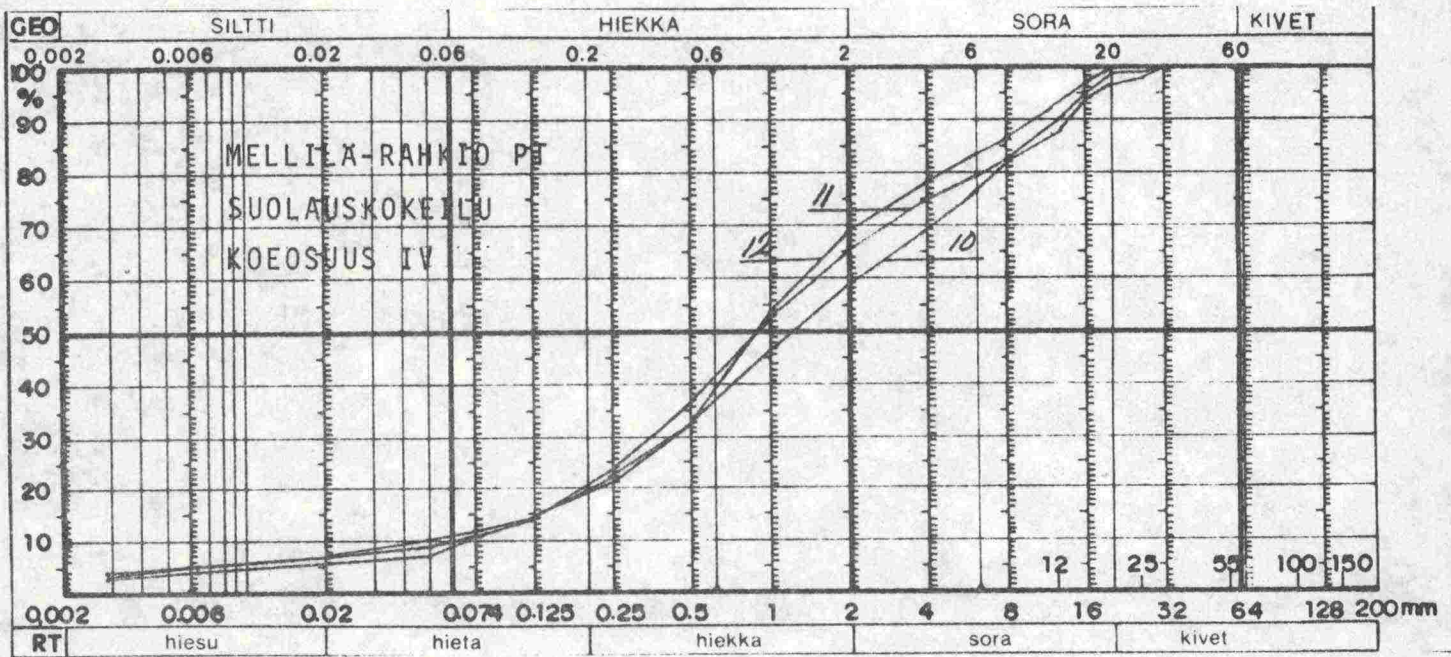
pieni kuiva-ainepitoisuus aiheuttaa suuret kuljetuskustannukset ja muutenkin kesäkauden hoitokustannukset kasvavat suuriksi, sillä liuoskäsittely joudutaan uusimaan aina sateiden jälkeen sen huuhtouduttua kulutuskerroksen pinnasta.

Serla-Bondex[®]in käyttämisen esteiksi voidaan lisäksi katsoa sen ympäristö- ja ergonomiahaitat sekä pulverin huono levitettävyys ja käytettävissäolevan kaluston soveltumattomuus.

Kalsiumkloridin säilyvyydestä ja vaikutusajasta voidaan vielä todeta, että kesäkauden sateisuus saattaa lyhentää vaikutusaikaa epäedullisimmassa tapauksessa 3-4 viikkoa. Mikäli kulutuskerroksen rakeisuus on edullinen ja sateita kohtuullisesti kalsiumkloridi saattaa vaikuttaa aina heinäkuun puoliväliin saakka eli n. 2,5 kuukautta. Vaikutusaika näyttäisi keskimäärin olevan 7-8 viikkoa, jonka jälkeen CaCl_2 -pitoisuus kulutuskerroksessa on alentunut 3%:een ja tien pölyäminen alkanut.

Kulutuskerroksen kunnostuksen ja raskaiden tasaushöyläysten yhteydessä on tiivistämisen merkitys kerroksen kiinteyden ja pölynsidontatehon säilyvyyden ja -jatkuvuuden kannalta tässäkin tutkimuksessa osoittautunut ensiarvoisten tärkeäksi.





ISBN - 951 - 46 - 5628 - 8