



Tielaitos

Katri Eskola

Pehmeän bitumin kokeilut 1994



Tielaitos
TIEL/20
PEHMEÄT PÄÄLLYSTEET

14.02.1995 KK 342
Asian tun:291/95/20/TIEL
Ark=KK Säil=10 Tärk=
Liite 1/1

Tielaitoksen
selvityksiä

5/1995

Helsinki 1995

Kehittämiskeskus

Tielaitoksen selvityksiä
5/1995

Katri Eskola

Pehmeän bitumin kokeilut 1994

Tielaitos
Kehittämiskeskus

Helsinki 1995

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-028-8
TIEL 3200283
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1995

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotepalvelut
Telefax (90) 1487 2652

Tielaitos

Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

Aiheluokka: 42
Asiasanat: pehmeät päällysteet, pehmeä asfalttibetoni, pehmeä bitumi, koetiet

Tiivistelmä

Pehmeiden päällysteiden tutkimuksessa on viime vuosina keskitytty öljysoraa vastaavan, mutta ympäristöystävällisemmän päällysteen kehittämiseen. Syynä tähän kehitykseen ovat öljysoran sideaineesta ilmakehään haihtuvat liuottimet, jotka koetaan ympäristöhaitaksi. Öljysora on ollut vähäliikenteisten teiden suosituin päällyste Suomessa jo 1960-luvulta alkaen. Öljysoralle vaihtoehtoista emulsiotekniikkaa on laajemmin kokeiltu Suomessa vuosina 1992-94 hyvin tuloksin. Toista vaihtoehtoa, emulgoimattomien pehmeiden bitumien (viskositeetti 60 °C 1000...4000 mm²/s) käyttämisestä pehmeän asfalttibetonimassan sideaineena kokeiltiin kesällä 1994. Pehmeän bitumin sekoittuminen tasaisesti kiviainekseen on mahdollista, kun kiviaines lämmitetään ennen massan valmistusta.

Tähän tutkimukseen liittyvät laboratoriokokeet tehtiin pääsääntöisesti Neste Oy:n asfalttilaboratoriossa. TKK:n tielaboratoriossa tutkittiin varastokasamassojen työstettävyyttä. Koepäällysteitä rakennettiin Turun, Kaakkois-Suomen, Savo-Karjalan, Vaasan ja Oulun tiepiireihin yhteensä 18 kilometriä. Lapin tiepiirissä koepäällysteitä tehtiin 77 kilometriä, josta 56 kilometrille massa levitettiin öljysoraremixerin lisämassana.

Kiviaineksen lämmitykseen käytettiin sekä höyrylämmitystä turbolla että rumpukuumenninta. Kokeillut lämpötilat olivat 35...70 °C. Kiviaineksen ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten alhaisissa lämpötiloissa onnistutaan. Sekoitusasemat olivat pääosin tavallisia öljysora-asemia. Koetiepäällysteisiin käytetyt kiviainekset olivat tyypillisiä öljysorakiviaineksiä. Kokeillut sideaineet olivat V1500 ja V3000.

Varastoitavuus on yksi öljysoramassan tärkeä ominaisuus. Lapin tiepiirissä kokeiltiin massan levittämistä 1...3 kuukauden varastoinnin jälkeen. V1500-massan levittäminen asfaltinlevittimellä onnistui hyvin, ja vaikeutui vasta kun ilman lämpötila levitettäessä laski 10 °C:een. V3000-massoja levitettiin vain öljysoraremixerillä, eikä niiden levittämisessä ollut vaikeuksia.

Finnra classification:

42

Key words:

low volume roads, soft asphalt, soft bitumen, test roads

Abstract

Since 1960's the oil gravel has been the most common pavement material on low volume roads in Finland. Because of the volatilizing hydrocarbons in the binder of oil gravel it has been considered important to develop a new, more environmental friendly, soft asphalt mixture with no solvents. Emulsified asphalt mixtures have successfully been tested in Finland in 1992-94, both in the laboratory and on the test roads. In summer 1994 test roads were built by using a non-emulsified soft bitumen (viscosity 1000...4000 mm²/s at 60 °C) as a binder in soft asphalt mixture. The even distribution of the binder in the mixture was made possible with the preheated aggregate.

The laboratory tests were mainly made in the the laboratory of Neste Oy. In the laboratory of road engineering, at the Helsinki University of Technology the workability of stocked mixtures was tested. The test roads were built in Turku, Kaakkois-Suomi, Savo-Karjala, Vaasa and Oulu districts altogether 18 km. In the Lappi district 77 km of test roads were built.

In the heating of the aggregate both Turbo (heating with steam) system and drum heating methods were used. The test road mixes were made with preheated (35...70 °C) aggregate. The properties of the aggregate have a great importance on how low temperatures can be used in mixing. Normal cold mix plants were mainly used in making the test mixtures. Typical oil gravel aggregates and binders V1500 and V3000 were used.

Stocking is an important property in oil gravel mixtures. Laying the mixture after 1...3 months of stocking was tested in the Lappi district. With the V1500 binder it was easy to lay to the mixture with asphalt paver. Laying work turned out to be somewhat difficult in the cold temperature (10 °C). The mixtures made with V 3000 -binder were only laid with oil gravel remixer and there were no difficulties to work with them.

Alkusanat

Neste Oy:n laboratoriossa tehtiin keväällä 1994 tutkimuksia pehmeän bitumin (viskositeetti 1000...4000 mm²/s) käytöstä PAB:n sideaineena. Tavoitteena oli valmistaa ominaisuuksiltaan öljysoraa vastaavaa päällystemassaa lämmitystekniikkaa käyttäen. Tämän päällysteen nimi vuoden 1995 Asfalttinormeissa on PAB-V, ja sideainemikkeet ovat V1500 ja V3000. Asfalttinormeissa on uudistettu pehmeiden päällysteiden nimitykset niin että yhteinen etuliite on nyt PAB: Öljysora on PAB-O ja entinen PAB kuuluu PAB-B-päällysteisiin. Myös bitumien merkintätapa on muuttunut: esimerkiksi B-800 on nyt B650/900. Tässä julkaisussa käytetään yleisesti vielä vanhoja merkintöjä.

Laboratoriotulokset rohkaisivat kenttäkokeisiin kesällä 1994. Neste Oy:n aloitteesta koottiin työryhmä, johon kuuluvat Clas Nyberg (puheenjohtaja) ja Siv Schüller Neste Oy:stä, Tielaitoksesta Esko Laitinen (Oulun tiepiiri), Kalevi Luiro (Lapin tiepiiri), Kalevi Toikkanen ja Katri Eskola (Kehittämiskeskus). Mukana ovat myös tutkimuslaitosten edustajat Jarkko Valtonen (TKK) ja Laura Apilo (VTT). Työryhmän tehtävänä on kehittää pehmeän bitumin käyttöä PAB:n sideaineena.

Tähän julkaisuun on koottu tiedot kesän 1994 pehmeän bitumin kokeilukohteista. Jokaisesta kohteesta on esitetty koepäällysteen sijainti, käytetyt materiaalit ja lyhyt kuvaus rakentamisen aikaisista olosuhteista sekä massan ulkonäöstä. Työnaikaiset kenttälaboratoriotulokset, kuten myös Neste Oy:n asfalttilaboratorion tutkimustulokset, on esitetty liitteissä. Päätelmiin on kerätty työryhmän ajatuksia kesän 1994 kokemuksista ja tutkimusideoita PAB-V-päällysteen kehittämiseksi.

Helsingissä tammikuussa 1995

Tielaitos
Kehittämiskeskus

Sisältö

1 JOHDANTO	7
2 LABORATORIOKOKKEET	8
2.1 Esikokeet	8
2.2 Kenttäkokeet	9
2.2.1 Sideainepitoisuudet	9
2.2.2 MYR-kokeet	10
2.2.3 Hienonemat	11
2.3 Jälkikokeet	11
3 KOETIET	14
3.1 Turun tiepiiri	16
3.1.1 Mt 247 Peipohja-Kiikoinen, Kiikoinen	16
3.2 Kaakkois-Suomen tiepiiri	18
3.2.1 Pt 14687 Saaramaa, Anjalankoski	18
3.3 Savo-Karjalan tiepiiri	20
3.3.1 Mt 5731 Kaavi-Sivakkavaara, Kaavi	20
3.4 Vaasan tiepiiri	22
3.4.1 Mt 6991 Kovero-Paavola, Lapua	22
Pt 17517 Nurmo-Lapua, Lapua	22
3.4.2 Pt 17965 Sandbacka-Såka, Kruunupyy	25
3.5 Oulun tiepiiri	26
3.5.1 Kt 88 Vihanti-Alpua, Vihanti	26
3.5.2 Mt 8694 Viipusjärvi-Jyrkänkoski, Kuusamo	28
3.6 Lapin tiepiiri	30
4 PÄÄTELMÄT	36
LIITTEET	38

1 JOHDANTO

Öljysoran sideaineelle on muutaman vuoden ajan etsitty ympäristöystävällisempää vaihtoehtoa. Bitumiöljyn haihtuvat liuottimet voidaan korvata emulgoimalla sideaineena käytettävä pehmeä bitumi (viskositeettitaso 1000...4000 mm²/s), jolloin massa voidaan sekoittaa öljysoran tapaan kylmänä tai vähän lämmitettynä. Erilaisia emulsiosorakoepäällysteitä on laajemmin kokeiltu eri puolilla Suomea vuosina 1992-94, ja niistä saadut kokemukset ovat hyviä.

Kaikilla nykyisillä öljysoravalmistajilla, urakoitsijoilla ja tiepiireillä, ei kuitenkaan ole taloudellisia edellytyksiä investoida emulgointilaitteistoon. Niinpä vaihtoehdoksi on nostettu pehmeiden bitumien käyttö sideaineena ilman emulgointia. Tämä edellyttää aina kiviaineksen lämmittämistä ennen massan tekoa. Tähän useilla öljysoravalmistajilla on kuitenkin mahdollisuus, sillä nykyään usein öljysorakin valmistetaan höyrylämmitetystä tai rumpukuumennetusta kiviaineksestä paremman peittoasteen saavuttamiseksi.

Suomessa on pitkäaikaiset myönteiset kokemukset pehmeän asfalttibetonin käytöstä. Sen sideaineen B-800 viskositeettitaso on 6000 mm²/s. Norjassa ja Ruotsissa on pitkään käytetty tätä pehmeämpiä pehmeitä bitumeja vastaavan päällysteen sideaineena. Viskositeettitasot ovat olleet 1000, 1500, 2200, 3000 jne. Käyttämällä pehmeitä bitumeja massan sideaineena saavutetaan heti sellainen jäykkyystaso, jonka perinteinen öljysora saavuttaa vasta ajan myötä.

Kesän 1994 kenttäkokeiden tavoitteena oli hankkia kokemuksia pehmeiden bitumien käytöstä sideaineena ilman emulgointia sekoittamalla massa lämmitetystä kiviaineksestä. Tavoitteena oli hakea sekoituslämpötilalle alaraja kahdella sideaineella: V1500:lla ja V3000:lla. Kiviaineksen lämmityksessä kokeiltiin kahta erilaista tapaa: höyrylämmitystä turbolla ja kuumenusta rummulla. Lisäksi koepäällysteitä tehtiin erilaisista kiviaineksista. Lapin piirissä kokeiltiin erityisesti massan levittämistä varastokasan kautta. Tähän yhteenvetoraporttiin on koottu kokeiluihin liittyvät laboratoriokokeiden tulokset ja tiedot tiepiireihin rakennetuista koekohteista.

2 LABORATORIOKOKKEET

2.1 Esikokeet

Koekohteita valittaessa pyydettiin tiepiireiltä näytteet niistä kiviaineksista, joita oli tarkoitus käyttää koepäälysteiden tekoon. Kiviainesten murskausajaiset rakeisuuskäyrät on esitetty taulukoituina liitteessä 1. Kiviaineksista tehtiin Neste Oy:n asfalttilaboratoriossa massoja, joista tehtiin koekappaleita. Koekappaleista määritettiin tilavuussuhdetiedot ja yhden vuorokauden halkaisuvetolujuus (HVL) 5 °C:ssa. Lisäksi massoista tehtiin MYR-kokeet. Tulokset on esitetty taulukoituina liitteessä 2.

Tyhjätila (TT) ilmoittaa ilmalla ja vedellä täyttyneiden huokosten tilavuussuuden kappaleen tilavuudesta. Kiviaineksen tyhjätilalla (KAT) tarkoitetaan kappaleen tyhjätilan ja sideaineen yhteistä tilavuusosuutta koko kappaleen tilavuudesta. Kiviaineksen tyhjätilan täyttöaste (TA) osoittaa, kuinka suuren osan kiviaineksen tyhjätilasta sideaine täyttää. Lisäksi on laskettu kiviaineksen tyhjätilan täyttöaste, kun tuoreessa massassa mukana ollut vesi on laskettu mukaan. Taulukossa siitä on käytetty merkintää (TA + vesi). Alkustabiliiteetin kannalta on tärkeää, että (TA+vesi) < 100 %.

Koemassojen tilavuussuhdetiedot verrattuina vuoden 1995 Asfalttinormeihin käyttäytyvät seuraavasti.

V1500		V3000	
koemassat (5 kpl) / normit 1995		koemassat (3kpl) / normit 1995	
11,5...14,5 / 11...15	TT (%)	14,2...15,1 / 10...14	
19...21,9 / 18...23	KAT (%)	21,5...22,3 / 18...23	
32,5...39,6 / 32...38	TA (%)	32,4...33,8 / 37...43	

V3000 -massoilla ei saavutettu tyhjätilan ohjealuetta, ja myös täyttöasteet jäivät alhaisiksi. Korkeat tyhjätilat osoittavat, että nämä massat tiivistyivät huonosti. Sideainepitoisuudet olivat 3,2...3,4 %.

Ennakkokokeita tehtiin viidestä kiviaineksesta. Massojen vesipitoisuus oli yleensä 3 %. Leplaxin KaM:illa vesipitoisuutena oli 1 %, koska kyseessä oli juuri murskattu kiviaines. Massoilla, jotka tehtiin sideaineella V1500, yhden vuorokauden halkaisuvetolujuuksiksi 5 °C:ssa saatiin 72...107 kN/m², kun kiviaines ennen massan valmistusta lämmitettiin 40...60 °C:een. Sideaineella V3000 vastaavat arvot olivat 115...161 kN/m², kun massat tehtiin 40...55 °C:een lämmitetystä kiviaineksesta.

ASTO -tutkimuksissa (TKK/1992) öljysorakappaleiden yhden vuorokauden halkaisuvetolujuuksiksi 5 °C:ssa saatiin 31...91 kN/m² (12 erilaista massaa), kun kiviaines ennen massan valmistusta lämmitettiin 70 °C:een. Kiviaineksen lämmityksen todettiin parantavan halkaisuvetolujuutta. Tässä tutkimuksessa tehdyillä koemassoilla sekoituslämpötilan nostaminen 40°C... 60°C paransi halkaisuvetolujuutta kahdella massalla vain lievästi ja yhdellä lujuus jopa laski.

MYR-kokeen tulokset olivat muilla massoilla erinomaiset (n. 0 g), paitsi Mäkrän kiviaineksesta tehdyllä massalla ne olivat 2..3,4 g, kun tartuketta oli 0,8 %. Niinpä Mäkrässä koepäällystettä tehtäessä tartukepitoisuus oli 1 %.

2.2 Kenttäkokeet

Jokaisessa koekohteessa piirin laborantti otti tieltä tai massa-auton lavalta massanäytteet, jotka tutkittiin piirin kenttälaboratoriossa tavanomaiseen tapaan. Tulokset on esitetty yhteenvetotaulukoina liitteessä 3.

2.2.1 Sideainepitoisuudet

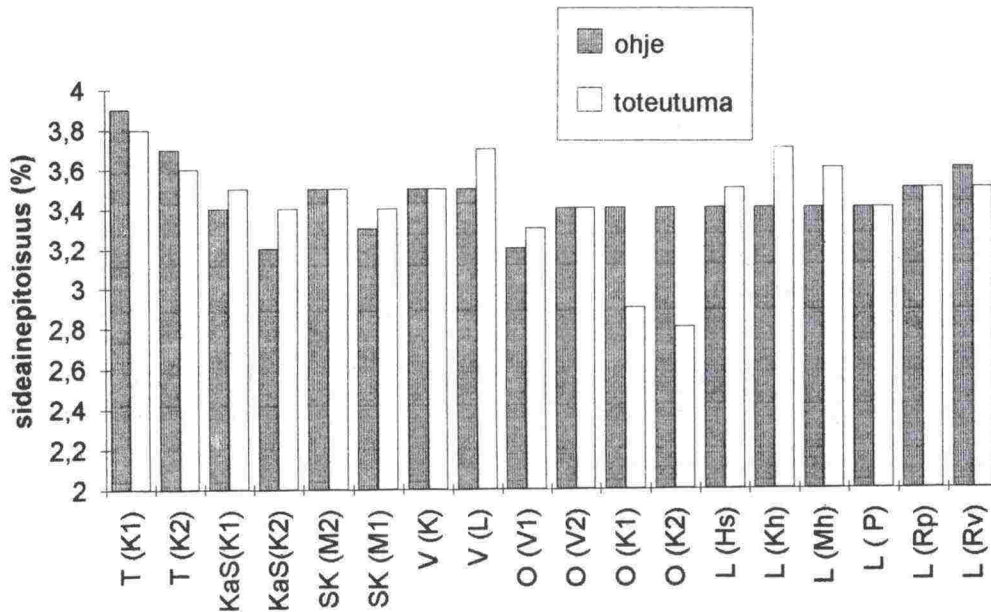
Kiikoisissa (Turku) massan kosteus oli noin 3,7 % ja sideainepitoisuudet +/-0,1 %-yksikköä ohjearvoista. Saaramaalla (KaS) massan kosteus oli noin 3,6 % ja sideainepitoisuudet poikkesivat +0,1...0,2 %-yksikköä ohjearvoista.

Mäkrässä (Savo-Karjala) massan kosteus oli sekoituslämpötilan mukaan 1,2 % (70 °C) ... 2,1 % (50 °C) ja sideainepitoisuudet ensimmäisellä sideainepitoisuudella ohjearvossaan 14 näytteen keskiarvona ja toisella pitoisuudella +0,1 %-yksikköä ohjearvosta 11 näytteen keskiarvona.

Vaasan piirin kohteissa Kookin sekoitusasemalla massan kosteus oli n. 2 % ja sideainepitoisuudet ohjearvossaan. Lepplaxin kenttälaboratoriotuloksissa on epätarkkuutta, koska todellisen kulutuksen mukaan sideainetta käytettiin massassa 3,5 %, ja kahden massanäytteen sideainepitoisuuden keskiarvo olisi 3,7 %. Tulosten mukaan massan kosteus oli n. 0,8 %.

Vihannissa sidainepitoisuudet keskimäärin olivat ohjearvoissa ja massan kosteus turboasemalla oli 2,4 % ja rumpuasemalla keskimäärin 1,2 %. Kuusamossa sideainepitoisuudet jäivät alhaisiksi, keskimäärin -0,6 %-yksikköä ohjearvosta. Sideainepitoisuudet ovat kaikista koekohteista alhaisimmat: V3000 / 2,8 % ja V1500 / 2,9 % kolmen massanäytetuloksen keskiarvona.

Lapin piirin asemalla tehdyissä massoissa sideainepitoisuuden ohjearvot olivat yleensä 3,4 % tai 3,5 %. Toteutumat olivat yleensä ohjearvoissa, paitsi Kettuharjussa, Maahyypiössä ja Hommaselässä toteutuma ylitti ohjearvon 0,25...0,14 %-yksikköä. Massan kosteuden keskiarvo kaikilla asemapaikoilla oli 3,9 % vaihteluvälillä 3,5...4,6 %. Lapin piirin massat tehtiin pääosin touko-kesäkuussa, joten kosteuspitoisuudet olivat melko korkeat.



Kuva 1. Sideainepitoisuuden ohjearvot ja toteutumat määritettyinä tiepiireissä tutkituista massanäytteistä.

2.2.2 MYR-kokeet

Kiikoisissa MYR-tulokset olivat hyvät (0,2 g) molemmilla sekoituslämpötiloilla 70 °C ja 60 °C. Saaramaalla ei tehty MYR-kokeita. Kookin tulokset olivat hyvät (0,2...0,5 g) sekoituslämpötiloilla 60 °C ... 45 °C. Lepplaxissa ei tehty MYR-kokeita. Mäkrässä MYR-tulokset vaihtelivat massan lämpötilan mukaan 1,3 (70 °C)...2,3 g (50 °C), kun sideainepitoisuus oli 3,5 %. Sideainepitoisuudella 3,3 % vastavasti 0,5 (70 °C)...1,9 g (60 °C).

Vihannissa ei tehty MYR-kokeita. Sivakkaharjun koneasemalla MYR-tulokset olivat tyydyttäviä (1,2...1,6 g) kummallakin sideaineella. Lapissa kaikilla asemapaikoilla tehdyt MYR-kokeet antoivat hyvän tuloksen (0...0,2g).

Kaikkien tehtyjen MYR-kokeiden tulokset alittavat PAB-V -massoille Asfalttinormeissa 1995 annetun raja-arvon 3,0 g.

2.2.3 Hienonemat

Hienonemat on laskettu massanäytetuloksista saatujen rakeisuuskäyrien ja murskausaikaisten käyrien 0,074 mm:n seulan läpäisyprosenttien erotukseksi kiviaineskohtaisesti. Kiikoisissa hienonemat olivat 1,1...1,8 %-yksikköä. Kookin sekoitusasemalla hienonema oli keskimäärin 2,8, Mäkrässä 1,3, Vihannin turboasemalla 2,0 ja rumpuasemalla 0,9 %-yksikköä. Kuusamon turboasemalla hienonema oli keskimäärin 1,6 %-yksikköä vaihteluvälillä 1,4...1,9. Lapin piirin asemalla hienonema oli kaikkien asemapaikkojen keskiarvona 1 %-yksikkö vaihteluvälillä 0...1,9. Kokemusten mukaan öljyso-
raa valmistettaessa hienonemat ovat samaa suuruusluokkaa, yleensä 1...2%.

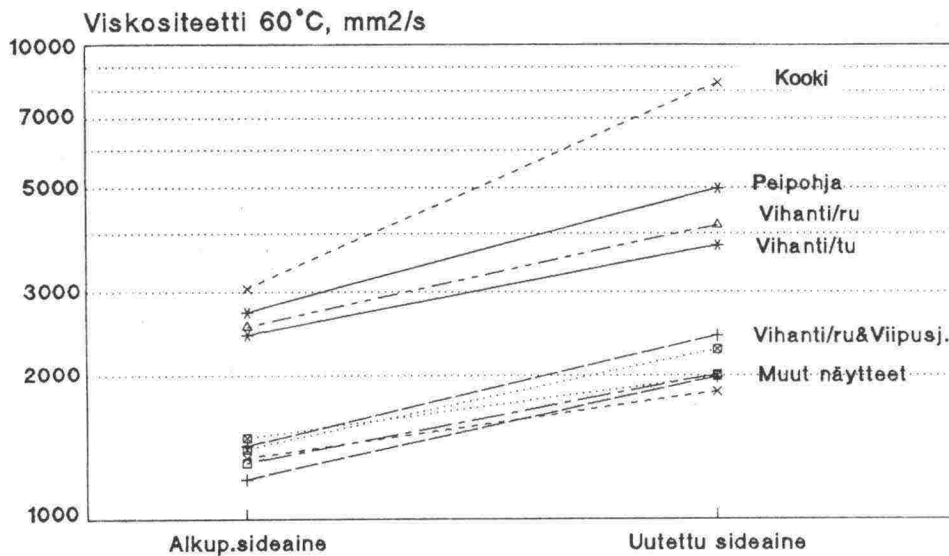
2.3 Jälkikokeet

Neste Oy:n asfalttilaboratorion tutkimuksia varten otettiin sideainenäyte jokaisesta käytetystä sideaine-erästä ja jokaiselta koe-osuudelta yksi tai useampia massanäytteitä Lapin piirin kohteita lukuunottamatta. Massanäyteistä määritettiin sideainepitoisuus, vesipitoisuus ja sideaineen viskositeetti. Uutos/haihdutusmenetelmänä käytettiin kvalitatiivista menetelmää, joka tarkistettiin nollakokein. Tulokset on esitetty liitteessä 4. Sideainenäytteet otettiin suoraan kuormasta, ja niistä määritettiin mm. sideaineen viskositeetti. Tulokset on esitetty liitteessä 5.

Sideaineen viskositeetti on kasvanut valmistusprosessin aikana hieman enemmän kuin oletettiin (vrt. liitteet 4 ja 5). Kun sideainenäytteestä määritetyt viskositeetit ovat tasolla 1210...1480 mm²/s (V1500), niin massanäyteistä määritetyt viskositeetit ovat 1970...2580 mm²/s. V3000 -sideainenäyteistä määritetyt viskositeetit ovat 2440...3050 mm²/s, ja vastaavista massanäyteistä määritetyt viskositeetit ovat 3460...9020 mm²/s. Tuloksia on havainnollistettu kuvassa 2.

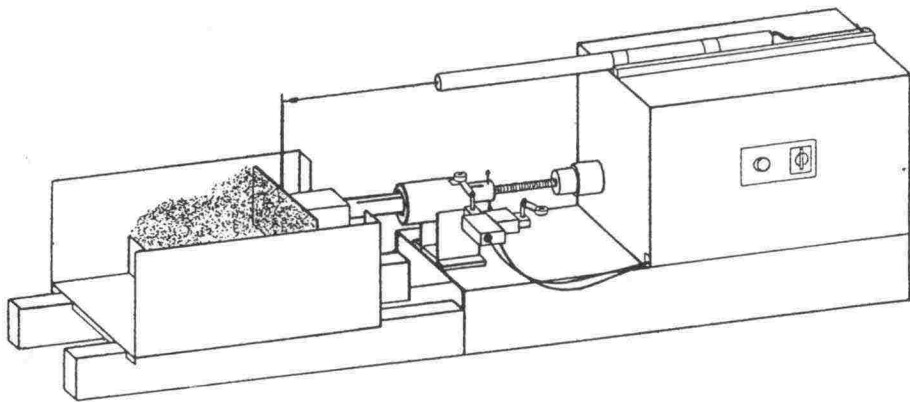
Vaasassa Kookin sekoitusasemalla valmistetussa massassa sideaineen viskositeetti ovat kasvanut enemmän kuin muissa kohteissa: jälkeinpäin tutkituista massanäyteistä määritettyinä viskositeetit olivat 7570...9020 mm²/s, kun lähtötaso sideainenäytteessä oli 3050 mm²/s. Selitystä tähän ei vielä ole löydetty.

Viskositeetin kasvu vaikuttaa luonnollisesti massan jäykkyyteen ja sitä kautta massan levitettävyyteen. On siis oleellista tietää massassa olevan sideaineen todellinen viskositeetti, erityisesti kun on kyse varastoitavista massoista.



Kuva 2. Sideaineen viskositeetti määritettynä sideaine- ja massanäytteistä.

TKK:n tielaboratoriossa tutkittiin Lapin tiepiirissä tehtyjen varastokasamassojen levitettävyyttä työstettävyyden arvioimiseen suunnitellulla pienoislevitimellä. Laitteella mitataan maksimivoima, joka tarvitaan 20 mm paksuisen vakiolevyisen massakerroksen siirtämiseksi 140 mm matkan. Laitteen aura kulkee tämän matkan vakionopeudella 10 mm/s työntäen samalla edellään 20 mm paksuista massakerrosta, jolloin saadaan massan auran liikettä vastustava voima siirtymän funktiona. Siirtymä-voima -kuvaajasta määritetään maksimivoima. Laite on esitelty kuvassa 3.

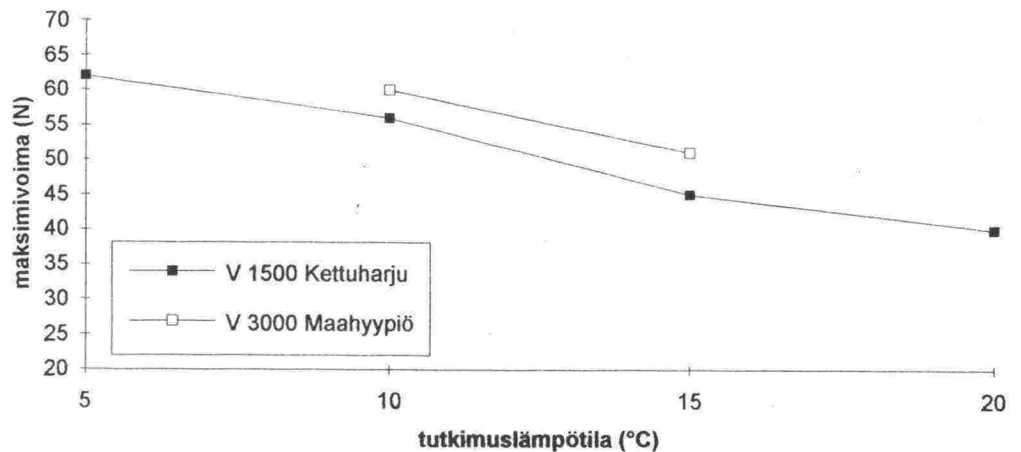


Kuva 3. Työstettävyyttä mittaava pienoislevitin (TKK).

Tarkoituksena oli selvittää lämpötilan vaikutusta massojen työstettävyyteen. Tulokset on esitetty taulukossa 1. Lämpötilan vaikutusta massojen muokkaamiseen tarvittavan maksimivoiman suuruuteen on havainnollistettu kuvassa 4 kahdella massalla. Varastokasoista otettuja massanäytteitä sekoitettiin ennen työstettävyyden mittausta 10 sekuntia laboratoriosekoittimella, minkä katsottiin vastaavan kuormauksessa tapahtuvaa löyhentymistä.

Taulukko 1. Massojen muokkaamiseen tarvittavat maksimivoimat.

TUTKITTU MASSA	TUTKIMUSLÄMPÖTILA (°C)	MAKSIMIVOIMA (N)
Kettuharju V1500	5	62
Kettuharju V1500	10	56
Kettuharju V1500	15	45
Kettuharju V1500	20	40
Maahyypiö V3000	10	60
Maahyypiö V3000	20	51
Rousunpulju V1500	20	52
Rousunpulju V3000	20	57
Hommaselkä V1500	20	47
öljysora vuodelta 1987	20	47

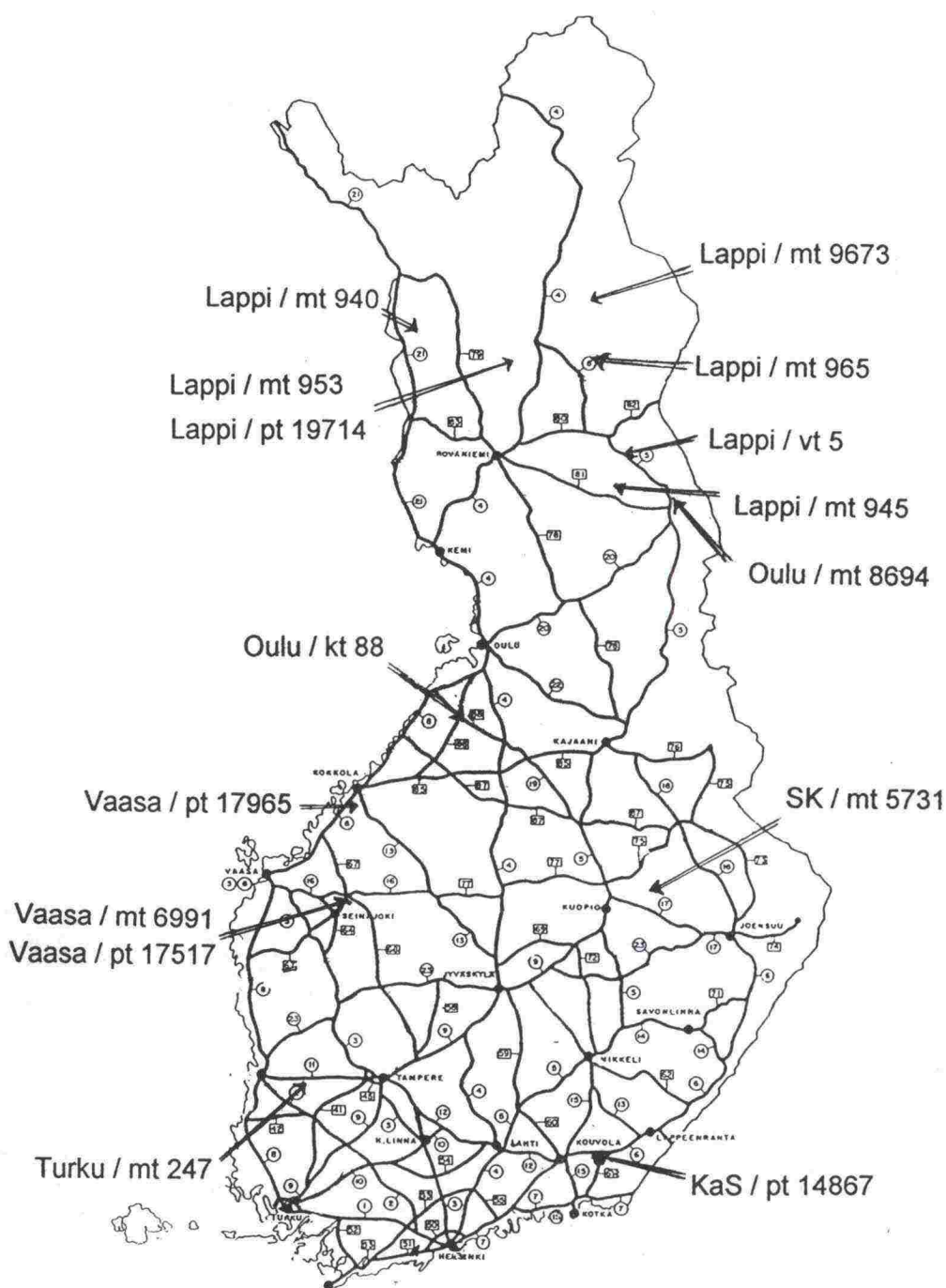


Kuva 4. Lämpötilan vaikutus massan työstettävyyteen.

Sideaineiden väliset viskositeettierot eivät olleet kovin suuria, joten ne eivät kunnolla erotu tuloksissa. Lämpötilalla sen sijaan on selvä vaikutus tarvittavan maksimivoiman suuruuteen. Levitystyöstä saatujen kokemusten mukaan massan, jonka sideaineena on V1500, levittäminen vaikeutui 10 °C lämpötilassa. Tämän perusteella massa, jonka vastusvoima työstettävyyslaitteella on pienempi kuin 50...55 N, on levitettävissä. Höyrylämmitystä kiviaineksesta valmistetun massan levittäminen varastokasan kautta onnistuu siten normaalissa kesälämpötilassa, kun sideaineena on V1500, mutta V3000 vaatii korkeamman lämpötilan. Sekä kenttäkokeiden että laboratoriotutkimusten perusteella voidaan karkeasti sanoa, että viskositeetin kasvu 1500...3000 merkitsee työstettävyyden kannalta samaa kuin lämpötilan nousu 10 °C:lla.

3 KOETIET

Koeteitä tehtiin eri puolille Suomea, Lapin piiriin kaikkein eniten. Lapissa lähes kaikki massat levitettiin varastokasan kautta, ja useimmat öljysoraremixerin lisämässana. Koepäälysteet, joiden sideaineena on V1500 sijaitsevat teillä, joiden KVL on yleensä 100...300 ajon/vrk. Yhdessä kohteessa KVL on 920 ajon/vrk. Keskimääräinen KVL on 210 ajon/vrk. V3000 -sideaineella KVL on keskimäärin 540 ajon/vrk vaihteluvälillä 100...1190 ajon/vrk.



Kuva 5. Vuoden 1994 koetiet.

Kesän 1994 pehmeän bitumin kokeilujen tavoitteena oli löytää sekoituslämpötilalle alaraja. Kokeilut onnistuivat hyvin. V1500:lla alhaisin kokeiltu lämpötila oli 35 °C ja V3000:lla 40 °C. Kiviaineksen ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka alhaisissa lämpötiloissa onnistutaan. Kun lämmitystekniikkaa kuitenkin joudutaan käyttämään, 35...40 °C on käytännössäkin se alaraja, johon kiviaines aina kannattaa lämmittää. Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto koeteistä.

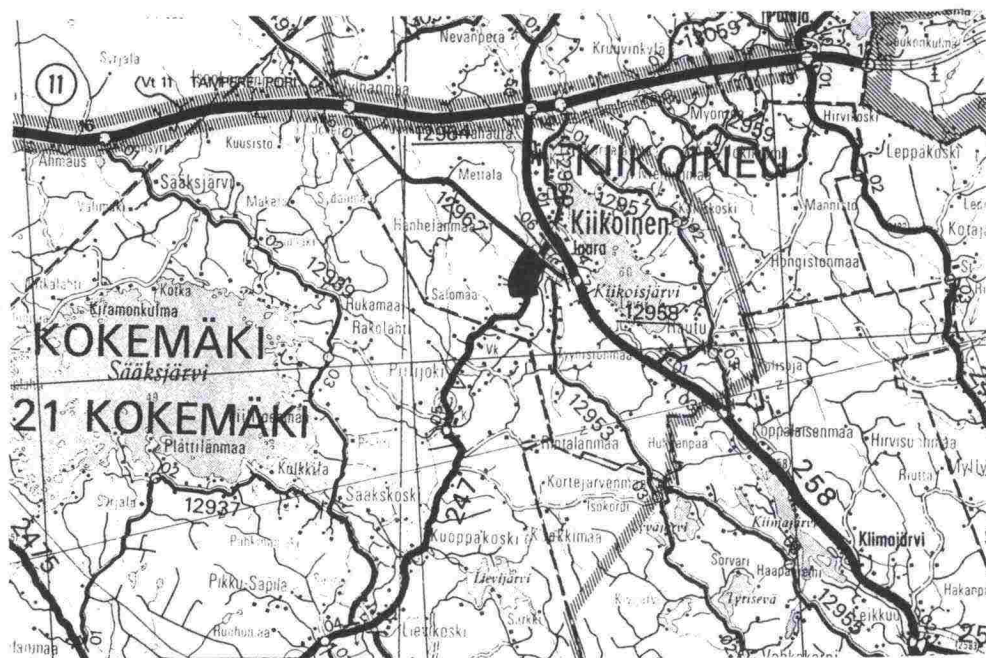
Taulukko 2. Koekohteet

SIDEAINE	LÄMMITYS	LÄMPÖTILA (°C)	KVL (ajon/vrk)	KOHDE (piiri/tie)	PITUUS (km)	
V1500						
T06 / 3,4 %	TURBO	40...55	290	KaS / 14867	1,6	
T06 / 3,2 %		33...60	920	O / 88	0,6	
T06 / 3,4 %		40...60	130	O / 8694	1,5	
T10/3,5 (3,3)%	RUMPU	50 (60)...70	300	SK / 5731	0,6	
T06 / 3,5 %		60	180	V / 17965	3,6	
T06 / 3,2 %		35...46	920	O / 88	0,6	
3,4 %	TURBO	45	180	L / 945	2,4	
3,4 %		45	100	L / 9673	7,4	
YHTEENSÄ			100...920		18,3	
V3000						
T06 / 3,7 %	TURBO	55...70	430	T / 247	1	
T08 / 3,5 %		40...60	600	V / 6991	3,6	
T08 / 3,5 %		40...60	340	V / 17517	1,3	
T06 / 3,4 %	RUMPU	40...60	130	O / 8694	0,6	
T06 / 3,4 %		35...60	920	O / 88	0,6	
T06 / 3,4 %		40...47	920	O / 88	0,6	
T08..10 / 3,4%		TURBO	55	570	L / 5	24,2
3,4%			55	370...640	L / 965	16,3
T08 / 3,4 %		55	140...380	L / 952	2,7	
T08 / 3,4 %		55	590...1190	L / 953	3,5	
3,5 %		55	810	L / 940	12	
T08 / 3,5 %		55	100	L / 19714	8,8	
YHTEENSÄ			100...1190		75,2	
KAIKKI YHTEENSÄ			100...1190		93,5	

3.1 Turun tiepiiri

3.1.1 Mt 247 Peipohja-Kiikoinen, Kiikoinen

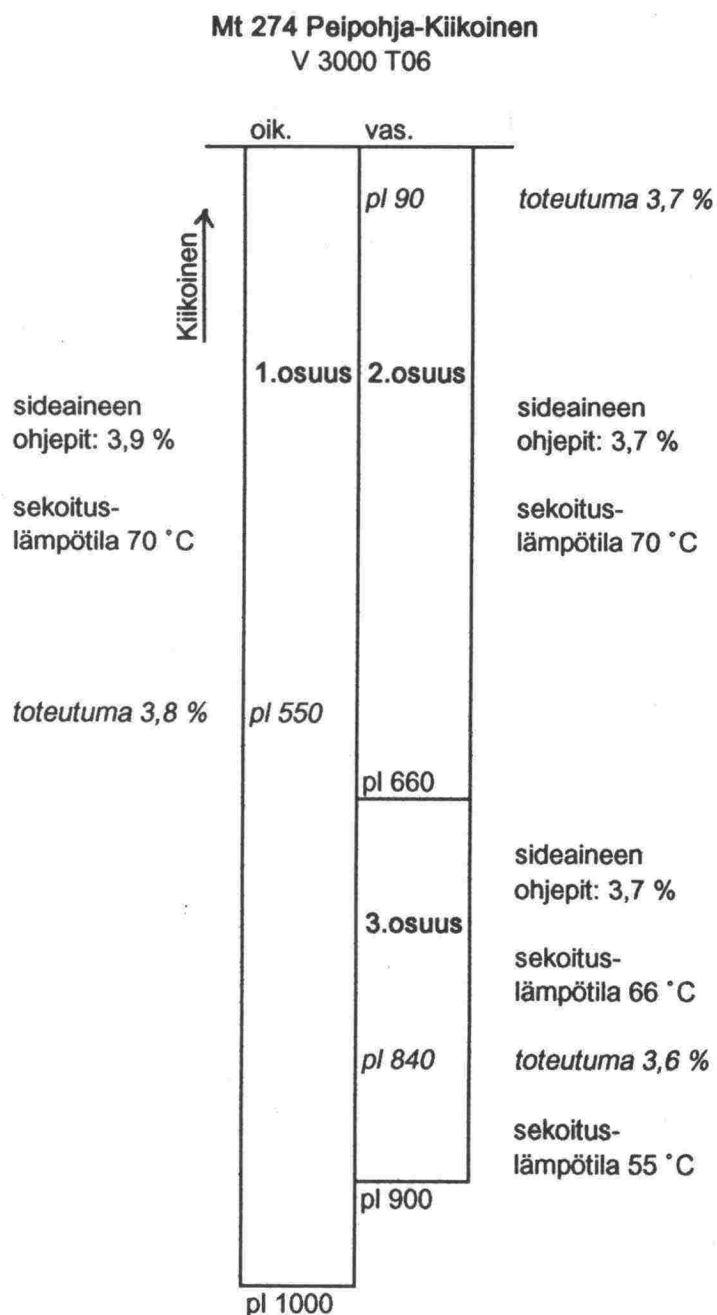
Ensimmäinen kokeilu toteutettiin 7.7.1994 Turun piirin urakassa T5. Kokeiluun oli valittu kohde 481 maantiellä 247, jossa KVL on 430 ajon/vrk. Koepäällyste on tieosalla 5 (kuva 6). Alustana oli vuonna 1978 rakennettu AB, jonka päälle levitettiin liimaus ennen koepäällysteen levittämistä. Päällysteen leveys on 6,5 m. Urakoitsijana oli Lemminkäinen Oy, jolla oli käytössään VS 200 -öljysora-asema ja turbolämpitin. Aseman teho oli 150 t/h ja annoskoko 2,5 t. Sekoitusasema sijaitsi noin 40 km:n päässä levityskohteesta, Metsämalmilla. Kiviaines oli Metsämalmiin SrM 0-16 mm.



Kuva 6. Mt 247 Peipohja-Kiikoinen.

Koska urakassa muuten tehtiin PAB:a sideaineella B-800, vallitsi sideaineen annostelusta kokeilussa hieman väärä käsitys. Työt oli aloitettu aamulla V3000 T06 -sideainepitoisuudella 3,9%. Pintaannousuvaaran vuoksi sideaineen määrää vähennettiin 3,7 %:iin. Sekoitustempotila oli aluksi noin 70 °C ja lopuksi 55 °C.

Levityspäivänä oli aurinkoista ja helteistä, ilman lämpötila oli 27 °C. Massakuormia ei peitetty. Levitys aloitettiin Kiikoisista päin oikealle kaistalle. Massan lämpötila tielle levitettynä oli 50...64 °C. Kuvassa 7 on esitetty koeosuudet. Piirin laborantti otti jokaiselta koeosuudelta massanäytteen, joiden tutkimustulokset on esitetty liitteessä 3.



Kuva 7. Kiikoisten koetie. Paalutus alkaa tieosan 5 lopusta lukien.

Yhteenveto

Koepäällyste onnistui hyvin. Sideaineen määrä oli arvioitu liian suureksi vahingossa, se ei kuitenkaan aiheuttanut pintaannousua. Isot vaaleat kivet jäivät massaa sekoitettaessa puhtaiksi, mutta ne kiinnittyivät kyllä hyvin levitettäessä ja tiivistettäessä. Sekoituslämpötilan laskeminen 55 °C:een ei aiheuttanut ongelmia massan sekoittamisessa tai levittämisessä. Se ei vaikuttanut massan ulkonäköön eikä MYR-kokeen tulokseen.

3.2 Kaakkois-Suomen tiepiiri

3.2.1 Pt 14687 Saaramaa, Anjalankoski

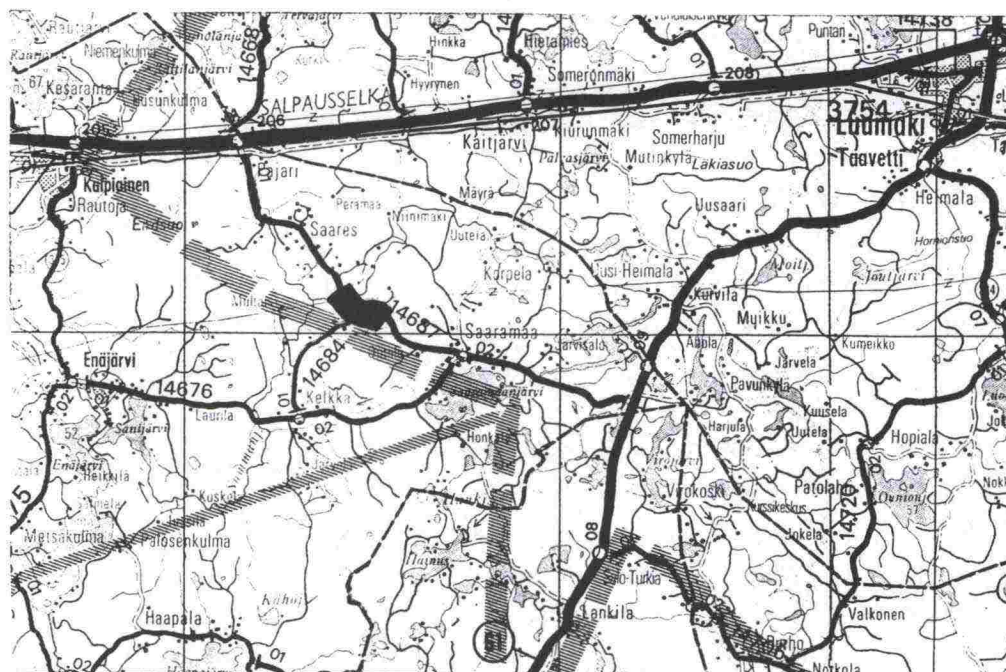
Saaramaan paikallistielle tehtiin 27.10. koepäällystettä 1550 m sideaineella V1500 T06. Alusta oli bitumistabiloitu. Kohde kuului Kaakkois-Suomen tiepiiriin vuoden 1994 viimeiseen öljysoratyöhön. KVL tiellä on 290 ajon/vrk. Koneasema sijaitsi Metsossa, 18 kilometrin päässä levityskohteelta. Koneasema oli MX-30, jossa oli höyrylämmitin. Kiviaineksena oli Kourulan KaM 0-16 mm. Sekoituslämpötila vaihteli 40...55 °C välillä. Massa-autojen vähäisen määrän vuoksi sekoitus jouduttiin keskeyttämään välillä, ja eri lämpötilojen kokeilua oli vaikea järjestää. Massakuormia ei peitetty. Päällysteen leveys on 6,7 m.

Levityspäivänä sää oli pilvinen ja viileä. Lämpötila oli 7 °C. Tihkusadetta oli ilmassa, hetkittäin myös sadekuuroja. Levitys aloitettiin Saaramaalta päin tieosan 1 alkua kohti, paalulta 6521. Ensin päällystettiin vasen kaista plv 6521...4471 massalla, jonka sideainepitoisuuden ohjearvo oli 3,4 %. Levittäessä massan lämpötilaksi mitattiin lavalla 40...50 °C.

Sideainepitoisuutta päätettiin laskea. Vasemmalle kaistalle plv 4471...4971 levitetyn massan sideainepitoisuuden ohjearvoksi annettiin 3,2 %. Massa oli edelleenkin hyvin tummaa, mutta sideaineen annostelua ei enää muutettu. Samaa massaa levitettiin myös oikealle kaistalle plv 6521...4971. Lämpötilat levitettäessä lavalta mitattuina olivat 40...50 °C. Piirin laborantti otti massanäytteet koneasemalla kuormasta. Tulosten mukaan sideainetta oli 3,5...3,4%. Tulokset on esitetty liitteessä 3.

Yhteenveto

Viileästä säästä huolimatta levitystyö onnistui hyvin. Pinnasta tuli tasainen ja päällyste jämäköityi todella nopeasti. Sekoituslämpötila vaihteli 40...55 °C. Irtokiviä ei esiintynyt. Massa oli homogeenista ja hyvin tummaa.



Kuva 8. Saaramaan koetien sijainti paikallistiellä 14 687.

Pt 14687 Saaramaa V 1500 T06 tieosa 1													
<p>1.näyte: 3,5% 56 °C</p> <p>sideaineen ohjepit: 3,4 % sekoitus- lämpötila 55 °C</p>	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">pl 6521</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.osuus</td> <td style="text-align: center;">2.osuus</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">pl 4471</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.osuus</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">pl 4971</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">vas.</td> <td style="text-align: center;">oik.</td> </tr> </table>	pl 6521		1.osuus	2.osuus	pl 4471		2.osuus		pl 4971		vas.	oik.
pl 6521													
1.osuus	2.osuus												
pl 4471													
2.osuus													
pl 4971													
vas.	oik.												
	<p>2.näyte: 3,4% 36 °C</p> <p>sideaineen ohjepit: 3,2 % sekoitus- lämpötila 40 °C</p>												

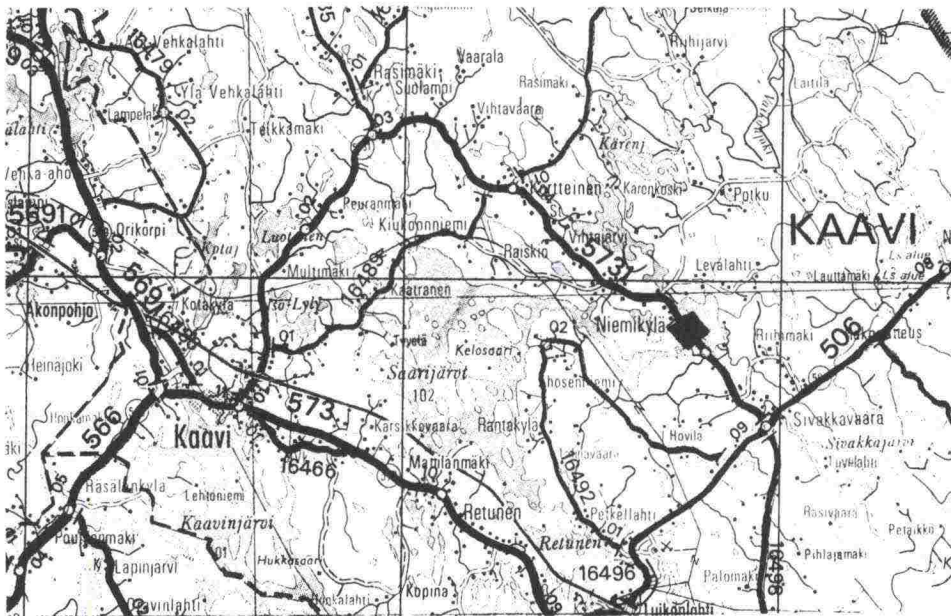
Kuva 9. Saaramaan koetie.

3.3 Savo-Karjalan tiepiiri

3.3.1 Mt 5731 Kaavi-Sivakkavaara, Kaavi

Maantiellä 5731 oli urakan SK 5 kohteessa 28 paikkauskohtia 12 kappaletta 21,5 km:n matkalla. Ne päällystettiin lämpimänä tehdyllä öljysoralla. Päällysteen leveys oli 6,0 m. Alustana oli revitty öljysora. Yhdellä paikkausosuudella kokeiltiin 19.7. öljysoran sijasta massaa, jonka sideaineena oli V1500 T10. KVL tiellä on 300 ajon/vrk, ja koekohde sijaitsee tieosalla 4.

Massa sekoitettiin Mäkrän koneasemalla. Kiviaines oli Mäkrän SrM 0-16 mm, joka oli murskattu joulukuussa 1993. Kiviaineksen kosteus kasassa oli 3,0...3,5 %. Kiviaineksen tarttuvuus öljysoraa tehtäessä oli heikko. Kiviaineksessa alle 0,074 mm hienoainesta oli 4,5 % ja sen veden adsorptio oli 2,4 %. Urakoitsijana oli Oy Kruunu-ÖS Ab, jolla oli käytössään VS 200 -öljysora-asema ja ViaNova-kuumennusrumpu. Aseman teho oli 150 t/h. Massan kuljetusmatka koneasemalta levityspaikalle oli n. 30 km.

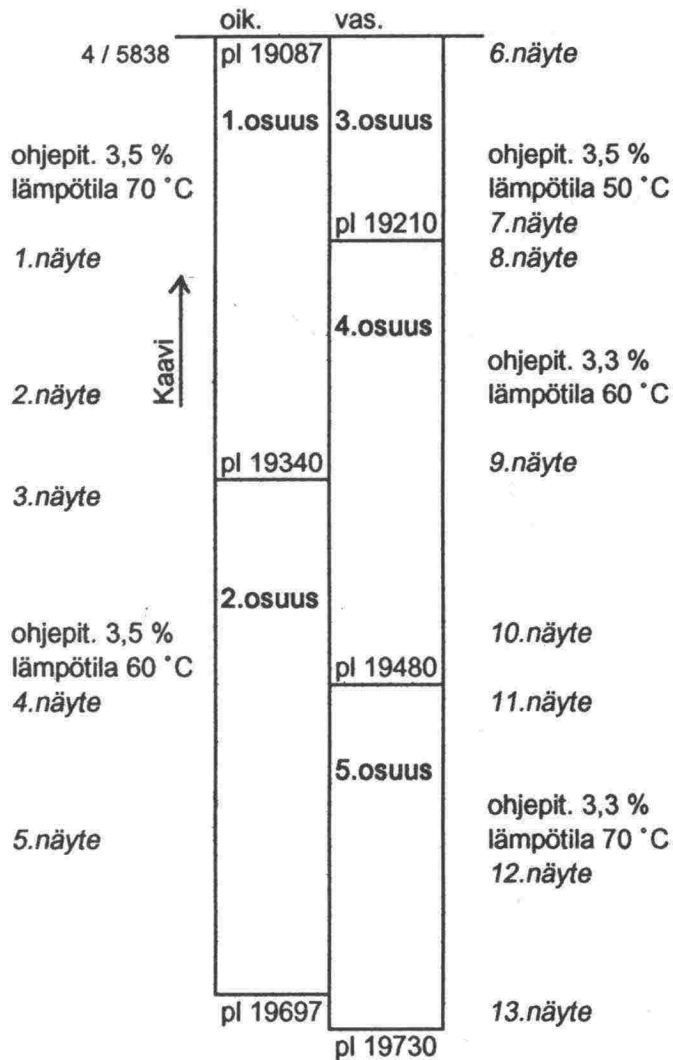


Kuva 10. Mt 5731 Kaavi-Sivakkavaara. Koepäällyste on tieosalla 4 plv 5838...6481.

Levityspäivänä sää oli pilvinen ja tuulinen. Ilman lämpötila oli 13 °C ja välillä tuli sadekuuroja. Levitys aloitettiin pl 19087 Sivakkavaaraan päin. Koeosuudet ja työn eteneminen on esitetty kuvassa 11. Massan sekoituslämpötila oli 66...68 °C ja tielle levitettynä se oli 55...59 °C. Piirin tekemien massakokeiden tulokset on esitetty liitteessä 3. Näytteet otettiin sekä kuormasta että tieltä.

Vertailupäällysteenä voidaan pitää samana aamuna tehtyjä öljysoraosuuk-
sia, joita oli ainakin paaluväleillä 17780...17840 ja 18560...18760. Niille levi-
tetyyn massan lämpötila oli 70 °C ja sideainepitoisuus BÖ-2T13 oli 3,5%.

Mt 5731 Sivakkavaara-Luotonen
V 1500 T10



Kuva 11. Sivakkavaaran koetien osuudet. Paalutus alkaa Kaavista.

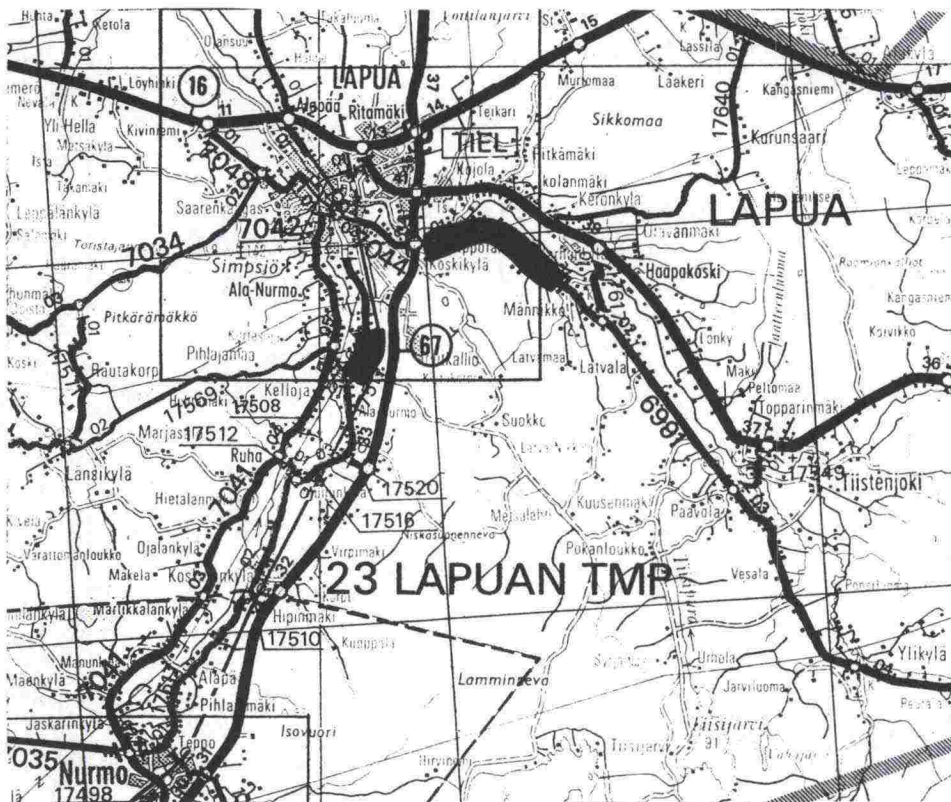
Yhteenveto

Koepäällyste onnistui hyvin. Laskettaessa sekoituslämpötilaa 70 °C...60 °C massan ulkonäössä ei ollut eroa. MYR-kokeen tulos oli vastaavasti 1,3 ...1,8 g. Kun sekoituslämpötila oli 50 °C, massassa oli huomattavasti enemmän vaaleiksi jääneitä kiviä. Ulkonäöltään se muistutti kylmänä tehtyä öljysoraa. MYR-kokeen tulos oli 2,3 g.

3.4 Vaasan tiepiiri

3.4.1 Mt 6991 Kovero-Paavola, Lapua Pt 17517 Nurmo-Lapua, Lapua

Maantien 6991 tieosa 1 kuului Vaasan piirin vuoden 1994 öljysoratöihin, joista osa tehtiin V3000 T08-sideaineella 1.-2.8. Sää oli kokeilulle suosiollinen: aurinkoista ja lämpötila oli 16...24 °C. Alustana oli vanha öljysorapäälyste. Tien KVL on 600 ajon/vrk ja päällysteen leveys 6,6 m.



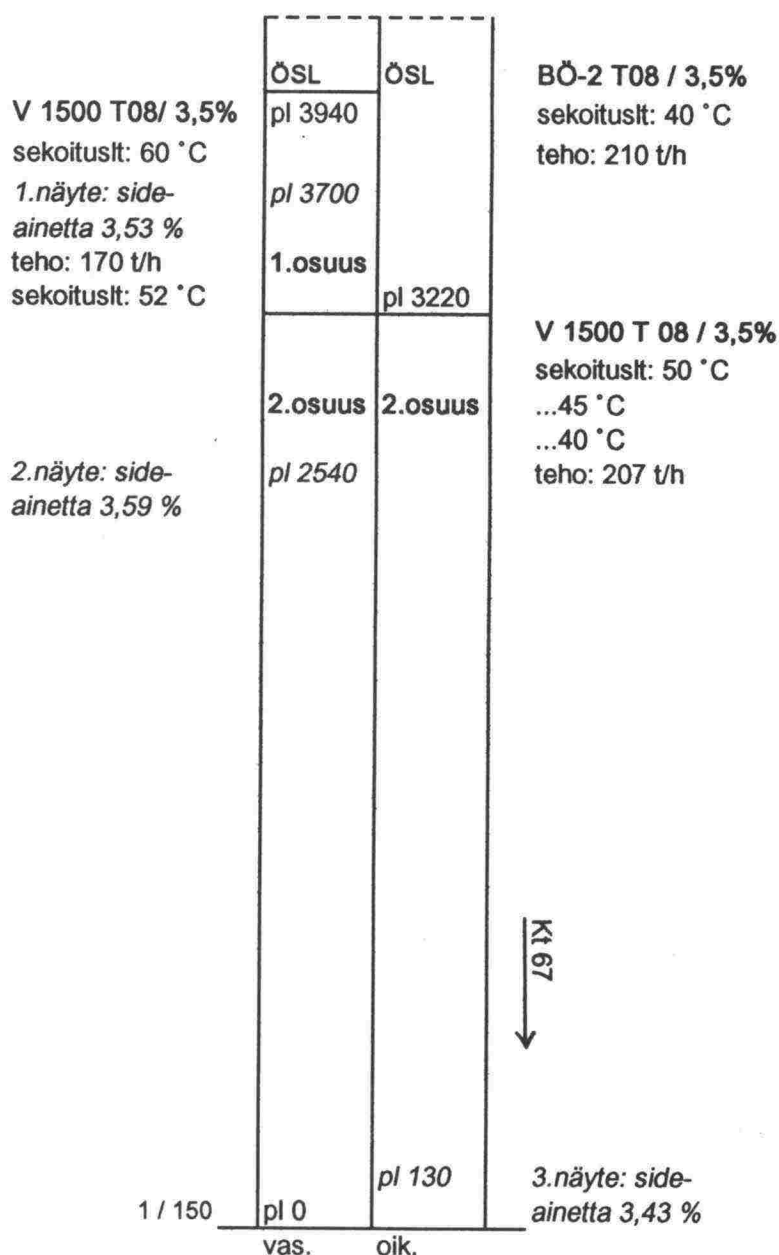
Kuva 12. Mt 6991 Kovero-Paavola ja Pt 17517 Nurmo-Lapua.

Massa sekoitettiin 8...9 km:n päässä piirin omalla MX-30 -asemalla, jossa on turbolämmitin. Aseman teho oli 170...207 t/h ja annoskoot 2,5 t ja 3,0 t. Kiviaines oli Kookinkallion SrM 0-16 mm, joka oli "veden alta nostettua". Hienoainesta (<0,074 mm) siinä oli vain 2,2%. Kiviaineksen kosteus kasassa oli 3,5%. Massan lämpötila sekoitettaessa oli 60 °C...44 °C.

Vertailupäällysteenä voidaan pitää öljysorapäälystettä, jota oli aikaisempina päivinä levitetty tieosan 1 loppuun. Öljysoraa tehtäessä oli sideainepitoisuus BÖ-2 T08 3,5% ja massan lämpötila 40 °C. Aseman teho oli 207 tonnia tunnissa.

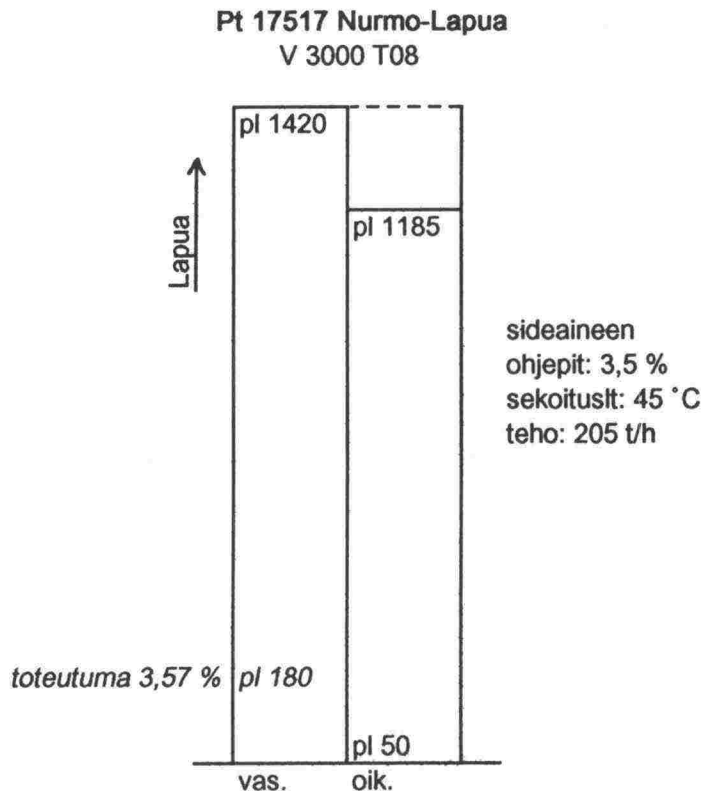
Kokeilu aloitettiin 1.8. sideaineella V3000 T08. Sideainepitoisuus massassa oli 3,5 % ja sekoituslämpötila n. 60 °C. Koemassaa levitettiin vasemmalle kaistalle 3940...3220. Lämpötilaa laskettiin vähän kerrallaan, ja siksi koe-osuuksia on vaikea erotella. Paalulla 3220 massan lämpötila oli laskenut jo noin 50 °C:een. Paalulla 3220 vaihdettiin kaistaa. Oikealla kaistalla levittämistä jatkettiin massalla, jonka sekoituslämpötilaa laskettiin vähitellen 50 °C...40 °C. Aseman teho oli 207 t/h. Sen jälkeen massan lämpötilaa ei enää muutettu. Päälylystämistä jatkettiin paalulle 150 asti. Kartta koetiestä on esitetty kuvassa 13.

Mt 6991 Kovero-Paavola



Kuva 13. Kovero-Paavola -koetie. Koepäälylyste on tieosan 1 plv 150...4090.

Koemassaa levitettiin myös kohteessa 229 Nurmo-Lapua -paikallistiellä 17517 tieosalle 4. KVL tiellä on 340 ajon/vrk. Päällysteen leveys on 6,2 m. Alustana oli vanha öljysorapäällyste. Massan sekoituslämpötila oli n. 45 °C. Sideaineena oli V3000 T08, jota oli massassa 3,5 %. Sekoitusteho oli 205 tonnia tunnissa. Kuvassa 14 on kartta tästä kohteesta. Tulokset piirin tekemistä massanäytekoikeista on esitetty liitteessä 3.



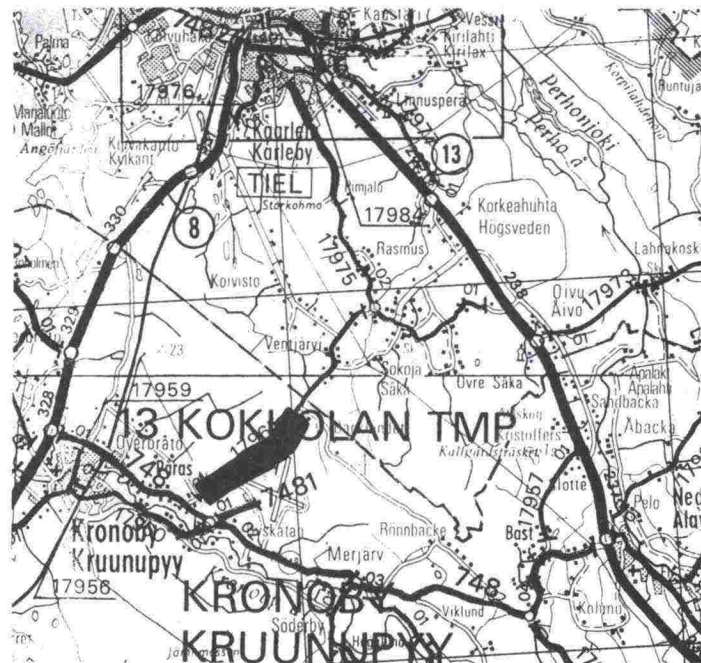
Kuva 14. Pt 17517 Nurmo-Lapua tieosa 4.

Yhteenveto

Koepäällyste onnistui hyvin. Sideaineena oli V3000, ja sekoituslämpötilan laskeminen 40 °C:een ei aiheuttanut ongelmia. Kohteessa päästiin yhtä alhaiseen sekoituslämpötilaan ja yhtä suureen asematehoon kuin vertailuöljysoralla. Massaa sekoitettaessa ja levitettäessä ei huomattu eroa öljysoraan verrattuna. Tarttuvuus oli hyvä. Peittymättömiä kiviä oli jonkin verran. Kiviaineksessa oli vähän hienoainesta.

3.4.2 Pt 17965 Sandbacka-Såka, Kruunupyö

Koe toteutettiin 1.-5.9. urakassa V 9 kohteessa 204 (kuva 15). Urakoitsijana oli Oy Kruunu-ÖS Ab. Koneasemapaiikka oli Lepplaxissa. Käytössä oli Amman 125 -asema ja kuivausrumpu. Aseman teho oli 120 tonnia tunnissa ja annoskoko 1,8 t. Kiviaineksena oli juuri murskattu Lepplaxin kalliomurske 0-16 mm. Kiviaineksen kosteus kasassa oli 1,3...1,6 %. KVL tiellä on 200 ajon/vrk. Alustana oli vanha öljysorapäälyste. Päälysteen leveys on 5,5 m.



Kuva 15. Pt 17965 Sandbacka-Såka. Koepäälyste on tiesalla 1.

Sää oli aurinkoinen ja pilvipoutainen, lämpötila oli 8 °C...18 °C. Sideaineena kokeilussa oli V1500 T06, ja sitä oli massassa 3,5 %. Massan sekoituslämpötila oli noin 60 °C. Kuljetusmatka oli 17 km ja massan lämpötila tielle levitettyinä oli 45...52 °C. Levitys aloitettiin Såkalta päin plv 3600...15. Massaa tehtiin varastoon Pietarsaaren tiemestaripiirin tukikohtaan 62 tonnia. Piirin tekemien massakokeiden tulokset on esitetty liitteessä 3. Niiden perusteella sideainepitoisuuden keskiarvo oli 3,7 %, mutta sideainemenekin mukaan todellinen kulutus oli 3,5 %.

Yhteenveto

Massa tuntui kuivalta ja irtonaiselta, mutta jyrättäessä tarttuvuus oli yllättävän hyvä, irtokiviä ei juurikaan esiintynyt. Päälyste tuntui seuraavana päivänä kovemmalta kuin öljysora. Koepäälyste onnistui hyvin.

3.5 Oulun tiepiiri

3.5.1 Kt 88 Vihanti-Alpua, Vihanti

Kantatien 88 tieosalle 6 (kuva 16) tehtiin koepäällystettä 8. - 9.8. ja 23.8. vasemmalle kaistalle sideaineella V1500 T06 ja oikealle kaistalle V3000 T06:lla. Tieosan KVL on 920 ajon/vrk. Päällysteen leveys on 7,6 m. Alusta oli sementtistabiloitu.



Kuva 16. Kt 88 Vihanti -Alpua.

8.-9.8. sää oli aurinkoinen ja lämpötila oli 15...20 °C. Paaluvälin 75...1100 molemmille kaistoille tehtiin neljä koeosuutta molemmilla sideaineilla. Massat sekoitettiin Kajaanin maakuntakonttorin öljysora-asemalla, jossa kiviaineksen lämmittämiseen käytettiin höyrylämmittintä.

23.8. sää oli pilvinen ja lämpötila oli 10...12 °C. Paaluvälin 1100...2420 molemmille kaistoille tehtiin viisi koeosuutta molemmilla sideaineilla. Massat sekoitettiin Ylivieskan maakuntakonttorin MX-30-asemalla, jossa oli käytössä ARA AK 5 -rumpukuumennin. Massan valmistukseen käytetty kiviaines saatiin haluttuun lämpötilaan syöttämällä osa kiviaineksesta kylmänä rummulla kuivattun kiviaineksen sekaan. Osuudet on esitetty kuvassa 17.

Yhteenveto

Massan valmistus molemmilla lämmitystekniikoilla kummallakin sideaineella onnistui hyvin. Kohde on mielenkiintoinen, koska KVL on peräti 920 ajon/vrk.

Kt 88 Vihanti-Alpua

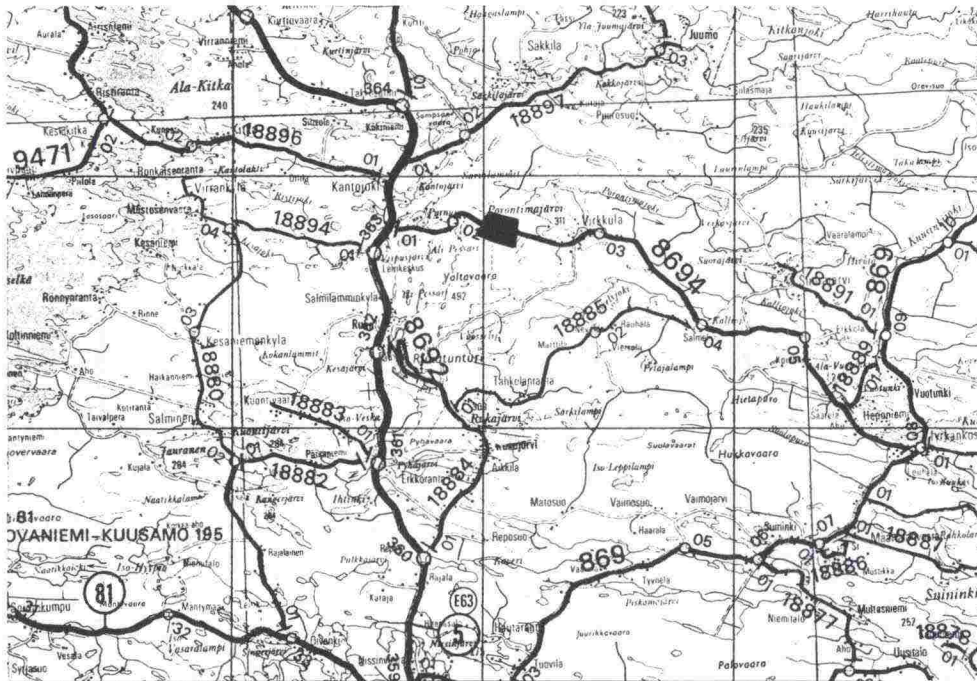
	oik.	vas.	
V 3000 T 06 sideainetta 3,4%		pl 75	V 1500 T 06 sideainetta 3,2 %
toteutuma 3,78%	pl 200	pl 220	toteutuma 3,38%
TURBO 55-60 °C			TURBO 35-40 °C
	pl 520		
TURBO 35-40 °C			TURBO 55-60 °C
	pl 1100		
		pl 1160 pl 1320	toteutummat: 2,81 % / 55 °C 3,13 % / 55 °C
ARA AK5 40 °C			ARA AK5 46 °C
toteutummat: 3,26 % / 40 °C 3,35 % / 40 °C	pl 1440 pl 1520	pl 1480	3,22 % / 55 °C
		pl 1580	
3,31 % / 40 °C	pl 1660 pl 1700		
ARA AK5 47 °C			ARA AK5 41 °C
3,29 % / 55 °C	pl 1980	pl 1980	3,34 % / 40 °C
3,5 % / 55 °C	pl 2180	pl 2140	3,31 % / 40 °C
		pl 2260	3,33 % / 40 °C
3,11 % / 55 °C	pl 2380 pl 2420		ARA AK5 35 °C

Vihanti ↑

Kuva 14. Vihanti-Alpua -tien koeosuudet.

3.5.2 Mt 8694 Viipusjärvi-Jyrkänkoski, Kuusamo

Maantielle 8694 tehtiin koepäällystettä 23.8. urakassa O4 osana emulsio-koetietä. KVL tiellä on 130 ajon/vrk. Urakoitsijana oli Kalottikone Oy, jolla oli käytössään MX-45 -sekoitusasema ja turbolämmitin. Koneasemapajana oli Sivakkaharju ja kiviaineksena Sivakkaharjun SrM 0-16 mm. Sideaineena oli V3000 T06, jonka ohjearvona oli 3,4 %. Levityspäivänä sää oli puolipilvinen.

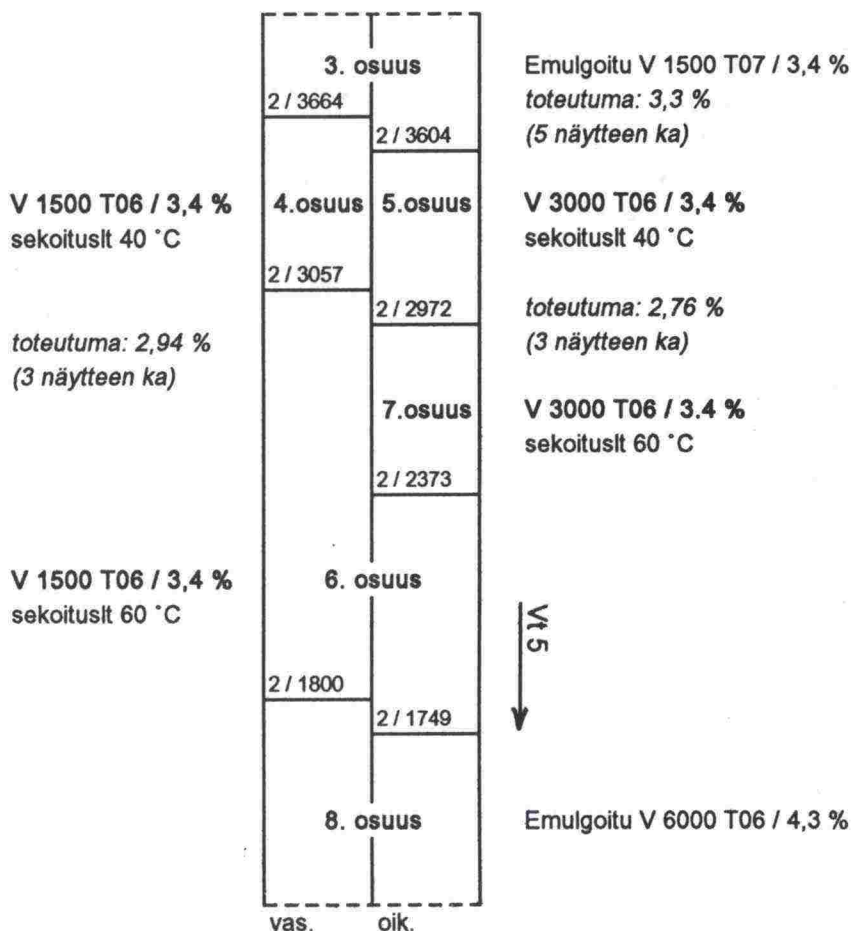


Kuva 18. Mt 8694. Pehmeän bitumin koeosuudet ovat tielosalla 2.

Levitys aloitettiin Jyrkänkoskelta päin. Vertailuosuuden (osuus 3) sideaineena on emulgoitu V1500 T07, jota on massassa 3,4 %. Ensimmäisen koeosuuden (osuus 5) sideaineena on V3000 T06 / 3,4% ja sekoituslämpötila oli 40 °C. Massa näytti kuivalta ja sen peittoaste oli melko huono. Jyräyksestä syntyi päällysteeseen halkeamia ja kiviä irtosi päällysteestä. Sekoituslämpötilaa nostettiin (osuudella 7) 60 °C:een. Massan peittoaste ei juurikaan parantunut ja se näytti edelleenkin kuivahkolta. Jyräyshalkeamien määrä väheni, mutta irtokiviä oli edelleenkin.

Osuudella 4 sideaineena on V1500 T06 / 3,4 %. Sekoituslämpötila oli 40 °C. Massa näytti edelleen kuivalta, mutta peittoasteeltaan se oli parempaa kuin kumpikaan V3000:illa tehty koemassa. Jyräyshalkeamia ei enää esiintynyt, mutta kiviä päällysteestä irtosi edelleen. Sekoituslämpötilaa nostettiin 60 °C:een. Massa oli peittoasteeltaan paras verrattuna kolmeen edelliseen osuuteen. Irtokiviä esiintyi edelleenkin.

Mt 8694 Viipusjärvi-Jyrkänkoski



Kuva 19. Viipusjärvi-Jyrkänkoski -koetien osuudet.

Yhteenveto

Kohteessa oli vertailupäällysten sideaineena emulgoitu V1500. Näytti siltä, että emulgoimaton sideaine ei sekoittunut tasaisesti kiviainekseen. Peittoasteet jäivät huonoiksi. Valmis koepäällyste oli vaaleaa ja irtokiviä esiintyi paljon. Massanäytteistä määritetyt sideainepitoisuudet olivat alhaiset: V1500 / 2,9 % ja V3000 / 2,8 % kolmen näytteen keskiarvona. Ne ovat peräti -0,6 %-yksikköä ohjearvosta, joka oli 3,4 %. Emulgoituna tehdyiltä osuudelta otettiin viisi massanäytettä, joiden sideainepitoisuuden keskiarvo oli 3,3 %. Emulgoidut massanäytteet olivat ajoratanäytteitä ja emulgoimattomat koneasemanäytteitä.

MYR-tulokset olivat emulgoimattomilla massoilla heikommat kuin emulgoiduilla massalla. Tosin emulgoidun massan tartukepitoisuus oli 0,7 %, kun se emulgoimattomilla oli vain 0,6 %. Tasaisuudeltaan koepäällysteet ovat hyviä (V1500 / IRI4 = 0,94 ja V3000 / IRI4 = 0,83).

3.6 Lapin tiepiiri

Lapin tiepiirissä valmistettiin vuonna 1994 pehmeiden päällysteiden määrästä enää neljä prosenttia perinteisenä öljysorana. Valtaosa tehtiin pehmeistä bitumeista emulgoituina ja emulgoimattomina. Suurin osa näistä massoista valmistettiin piirin omalla päällysteasemalla. Lapin piirin öljysora-asema on MX-30, johon kuuluu turbolämmitin. Sideaineella V1500 massan sekoituslämpötila pyrittiin pitämään vähintään 45 °C:ssa ja V3000:lla vähintään 55 °C:ssa.

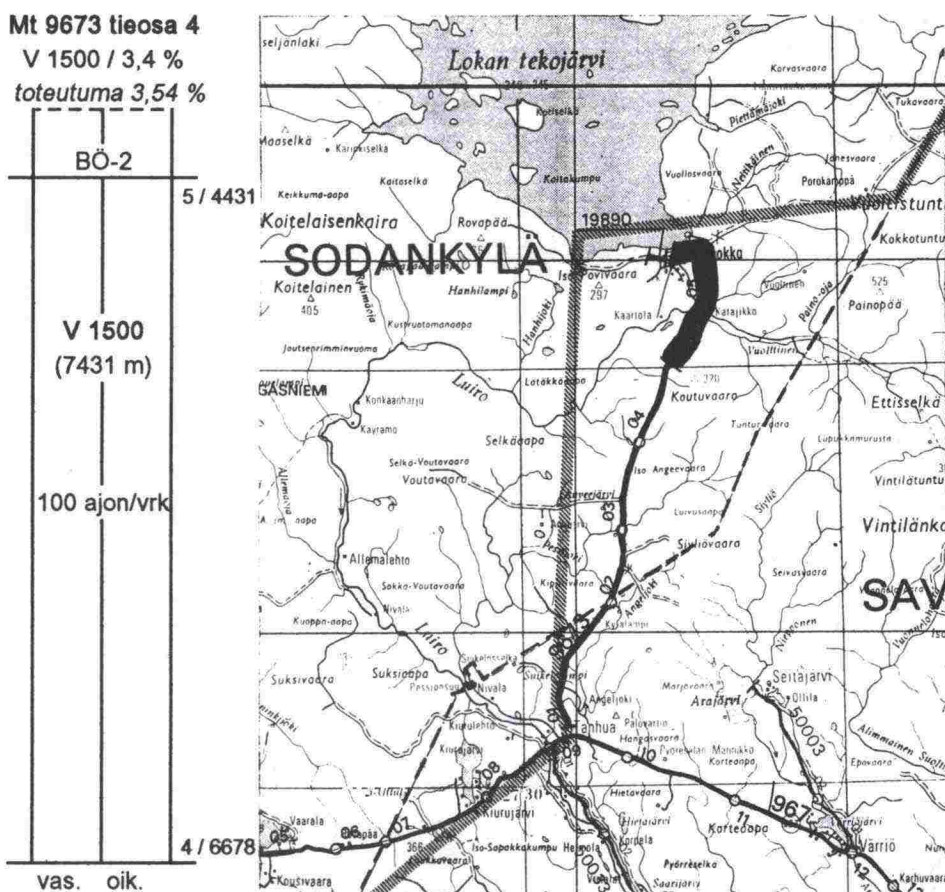
Emulgoimattomista pehmeistä bitumeista valmistettiin massoja varastoon viidellä eri asemapaikalla. Rautuvaarassa massat levitettiin heti valmistuksen jälkeen. Taulukossa 3 on esitetty asemapaikoittain valmistetut massamäärät, joiden lisäksi paikkausmassaa (maksimiraekoko 10 mm) valmistettiin 1 870 tonnia. Yhteenvetotulokset kentällä tutkituista massanäytteistä on esitetty liitteessä 3.

Taulukko 3. Asemapaikoittain valmistetut massamäärät.

Asemapaikka	määrä (t)	sideaine	valm. aika (vko)	levitys- aika (vko)	levitin	ilman lämpöt. (°C)
Kettuharju, Posio	5 000	V1500	20	33	AI	+ 10
Maahyypiö, Kemijärvi	6 720	V3000	21	27	R	
Perälä, Savukoski	5 718	V3000	22	28	R	
Hommaselkä, Sodankylä	4 432	V1500	23	28	AI	+ 15
Rousunpulju, Sodankylä	5 527	V3000 V1500	24	29	R	
Rautuvaara, Kolari	13 189	V3000	37	heti	AI	-7...+10
YHTEENSÄ	40 586					

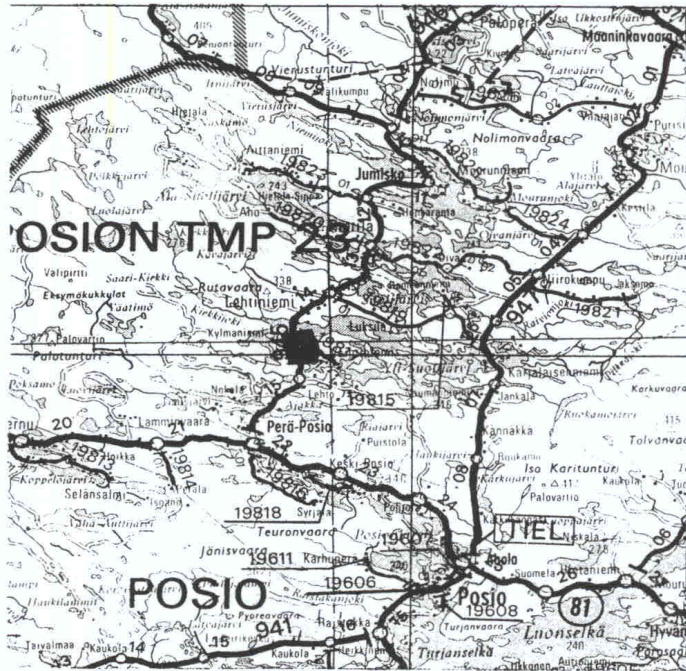
Suurin osa massoista valmistettiin öljysoraremixeriä varten. Öljysoraremixerin lisämässana molemmista sideaineista valmistetut massat olivat erittäin käyttökelpoisia. Varastointi ei aiheuttanut ongelmia. Varastoidun massan, jonka sideaineena oli V3000 levittämisen kokeilua asfaltinlevittimellä ei voitu järjestää.

Asfaltinlevittimellä varastosta levitettäväksi tarkoitetut massat (Kettuharju ja Hommaselkä) valmistettiin sideaineella V1500. Hommaselän asemalla valmistetun massan levittämisessä yhden kuukauden varastoinnin jälkeen ei ollut vaikeuksia. Ilman lämpötila oli yli 20 °C, ja massa oli helposti levitettävää. Levitys onnistui helpommin kuin viereisessä kasassa olleen seitsemän vuoden ikäisen öljysoramassan levitys. Hommaselän massat levitettiin maantien 9673 tieosalle 4. Valmiin päällysteen tasaisuus oli hyvä.



Kuva 20. Hommaselän asemalla valmistetut massat levitettiin mt:lle 9673.

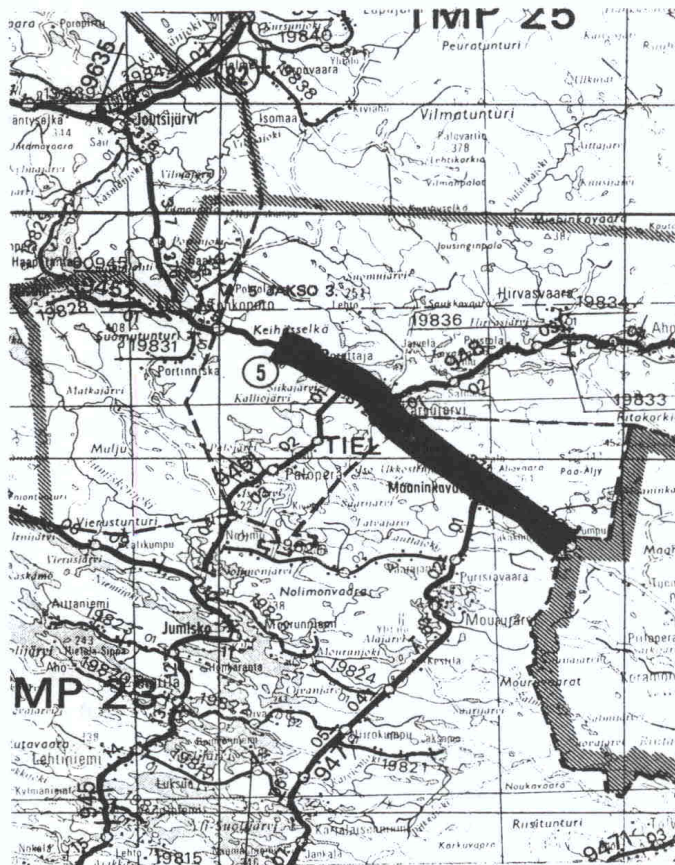
Kettuharjun asemapaikalla Posiolla tehtiin 5000 tonnia massaa sideaineena V1500 viikolla 20. Massat levitettiin samalla asfaltinlevittimellä kuin Hommaselän massat maantien 945 tieosalle 14. Varastointiaika oli kolme kuukautta, ja levitettäessä ilman lämpötila oli 10 °C. Massa oli vaikeasti levitettävää ja työstettävää. Vaikeuksia oli erityisesti keskisauman teossa ja tasaisuudessa. Levittimen liikkeellelähtö aiheutti epätasaisen kohdan, jonka jälkeen tasaisuus oli parempi. PTM-autolla mitattu tasaisuus ei täyttänyt vaatimuksia. Massan jäykkyys ilmeni myös kuormien purkamisessa, kun lavat piti nostaa tavallista pystympään ennen kuin massa purkautui levittimeen. Levitin oli kevytrakenteinen ja iäkäs.



Mt 945 tiesosa 14
V 1500 / 3,4 %
toteutuma 3,65 %

(561 m)	14 / 6722
180 ajon/vrk	14 / 6161
(1821 m)	14 / 5862
	14 / 4071
vas.	oik.

Kuva 21. Kettuharjun asemalla valmistetut massat on levitetty mt:lle 945.



Vt 5 tiesosat 370...373
V 3000 T08...10 / 3,4 %
toteutuma 3,57 %

	373 / 5611
32 kg/m ² (24152 m)	
KVL 570 ajon/vrk	
	370 / 241
vas.	oik.

Kuva 22. Maahyypiön asemalla valmistetut massat levitettiin vt:lle 5.

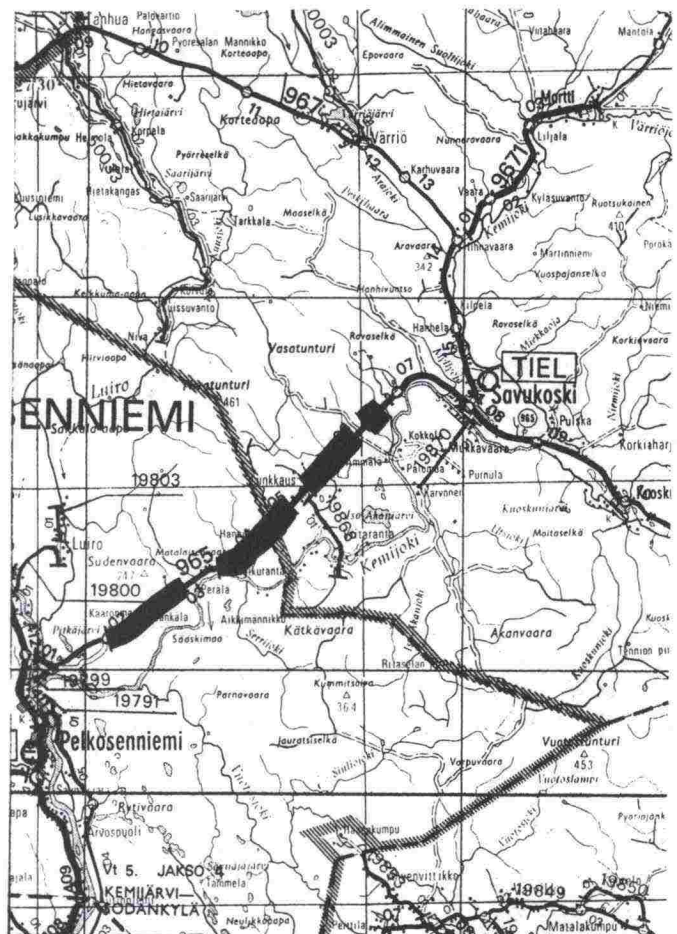
Maahyypiön sekoitusasemalla Kemijärvellä massaa tehtiin 6720 tonnia sideaineena V3000 T08...10. Massat levitettiin remixerillä viiden viikon varastoinnin jälkeen. Massamäärä oli 32 kg/m². Levityskohde on 24,2 km pituinen valtatiellä 5 tieosilla 370...373 (kuva 22).

Perälän sekoitusasemalla Savukoskella massaa valmistettiin 5718 tonnia sideaineena V3000 T08. Massat levitettiin kuuden viikon varastoinnin jälkeen remixerillä maantielle 965 (kuva 23). Osuuksien yhteispituus on 16,3 km. Massamäärä oli 35 kg/m².

Mt 965 tieosat 2...6

V 3000 / 3,4 %
toteutuma 3,4 %

(1411 m) 640 ajon/vrk	6 / 3214 6 / 1803
(2776 m) 640 ajon/vrk	6 / 843
(7328 m) 450 ajon/vrk	5 / 3855 5 / 2300
	3 / 3771
(4816 m) 370 ajon/vrk	3 / 489
vas. oik.	2 / 357



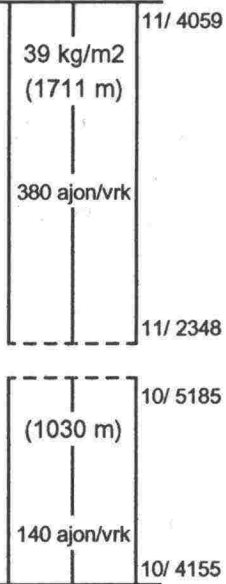
Kuva 23. Perälän asemalla tehtyjen massojen levityskohde mt:llä 965.

Rousunpuljun asemapaikalla Sodankylässä massaa valmistettiin 5527 tonnia valtaosin sideaineella V3000, mutta hiukan myös sideaineella V1500. Massaa, jonka sideaineena oli V1500, levitettiin paikallistielle 19714 tieosan 6 loppuun oikealle kaistalle. Muilla kohteilla levitettävän massan sideaineena oli V3000. Massat levitettiin viiden viikon varastoinnin jälkeen. Kuvassa 24 on esitetty Rousunpuljun asemapaikalta levitettyjen massojen osoitteet.

Mt 952 tieosat 10...11

V 3000 T08 / 3,5 %

toteutuma 3,52 %

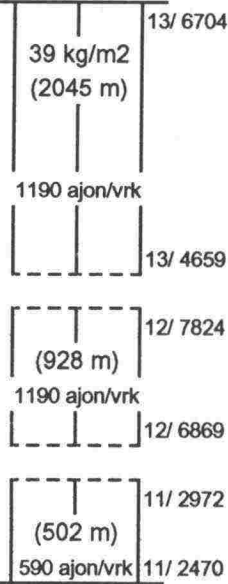


vas. oik.

Mt 953 tieosat 11...13

V 3000 T08 / 3,5 %

toteutuma 3,52 %

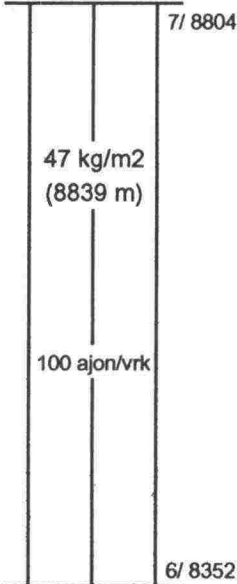


vas. oik.

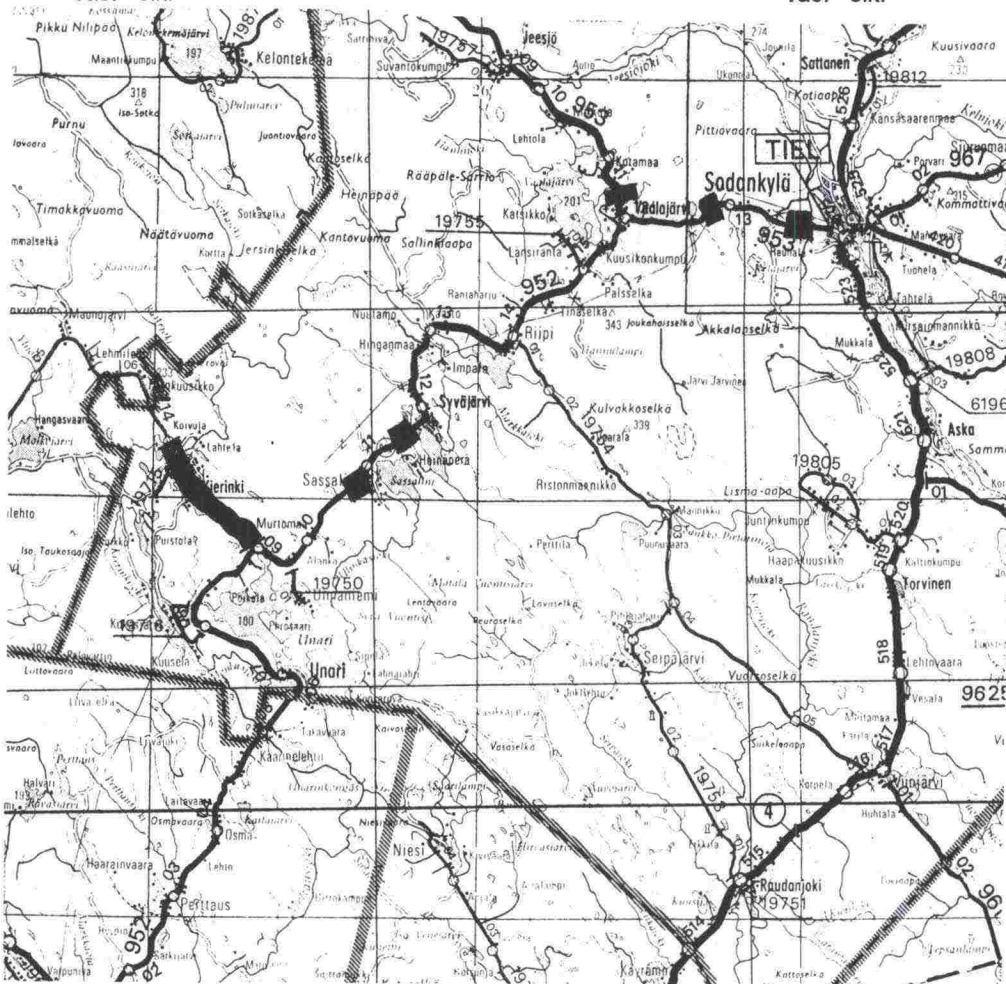
Pt 19714 tieosat 6...7

V 3000 T08 / 3,5 %

toteutuma 3,52 %

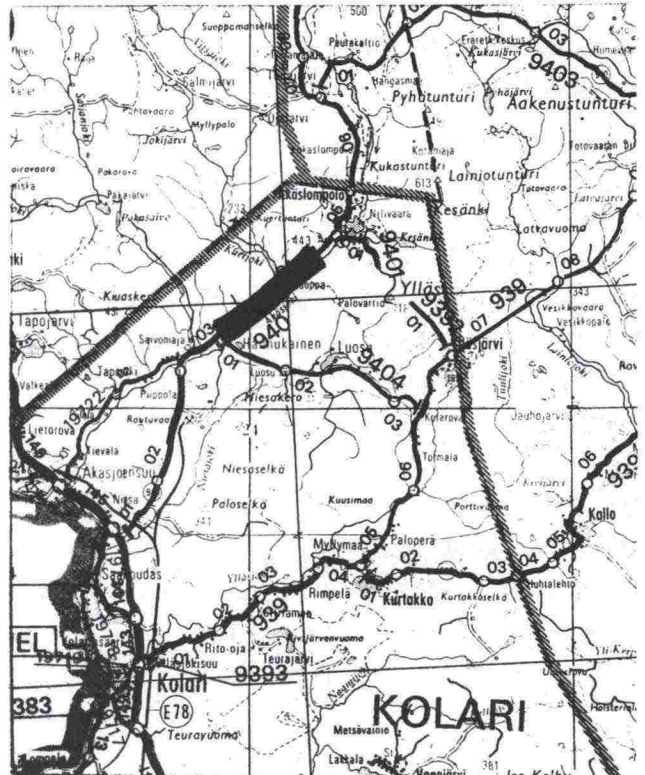
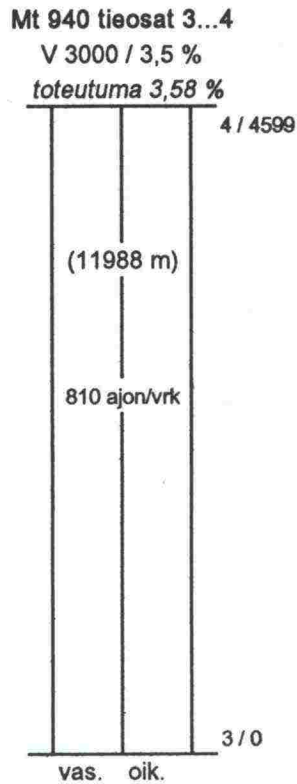


vas. oik.



Kuva 24. Rousunpuljun asemapaikalla valmistettujen massojen levitys-kohteet maanteillä 952 ja 953 sekä paikallistiellä 19714.

Rautuvaaran asemapaikalla valmistetut massat levitettiin suoraan ilman varastointia maantielle 940 (kuva 25). Sideaineena oli V3000. Niiden levittämisessä asfaltinlevittimellä ei ollut ongelmia, vaikka oli jo myöhäissyksy ja ilman lämpötila alhainen: -7...+10 °C.



Kuva 25. Rautuvaaran koneasemalta tehdyt massat on levitetty mt:lle 940.

4 PÄÄTELMÄT

Kesän 1994 kokeilujen tavoitteena oli hankkia kokemuksia pehmeiden bitumien (V1500 ja V3000) käytöstä ilman emulgointia ominaisuuksiltaan öljysoraa (PAB-O) vastaavan massan (PAB-V) valmistamisessa. Se on mahdollista lämmitystekniikkaa käyttäen. Tavoitteena oli hakea sekoituslämpötilalle alaraja molemmilla sideaineilla ja kokeilla kahta erilaista kiviaineksen lämmitystapaa: höyrylämmitystä turbolla ja kuumennusta rummulla.

Kokeillut lämpötilat olivat 35...70 °C. Valmistettujen massojen kosteudet olivat rumpuasemilla 0,8..2,1 % ja turboasemilla 1,7...4,6 %. Molemmilla lämmitystekniikoilla onnistuttiin vielä 35...40 °C:n lämpötiloissa. V1500:lla alin kokeiltu lämpötila oli 35 °C Vihannissa sekä turbolla että rummulla lämmitettynä. V3000:lla alin lämpötila oli 35 °C Vihannissa turbolla lämmitettynä ja rummulla 40 °C. Vihannin massat onnistuivat hyvin. Toisaalta oli myös kohde (Mäkrä), jossa ei enää alle 50°C:ssa olisi onnistuttu V1500:lla. Se, kuinka alhaisia lämpötiloja voidaan käyttää, on siis kiviainekohtaista. Siihen vaikuttavia ominaisuuksia ovat todennäköisesti kiviaineksen kosteus sekä hienoaineksen määrä ja laatu. Mitään ratkaisevaa yksiselitteistä tekijää ei vielä näiden tulosten perusteella voi nimetä. Käytännössä 35...40 °C on alaraja, jonka alle ei edes kannata lämmitystekniikkaa käyttäen mennä. Lämpötilaa nostettaessa sekoitustulos paranee.

Tavoitteena oli kokeilla erilaisia kiviaineksia PAB-V -massojen valmistuksessa. Kokeiluissa käytetyt kiviainekset olivat öljysoramassoissa käytettyjä kiviaineksia. Hienoaineksen (< 0,074 mm) läpäisyprosentit vaihtelivat välillä 2,7...6,0 %. Hienonemat olivat yleensä alle 2,0 %-yksikköä, paitsi Kookin sekoitusasemalla, jossa se oli keskimäärin 2,8 %. Sekoitusasemat olivat tavallisia öljysora-asemia, paitsi Lepplaxissa massa valmistettiin asfalttiaseamalla. Sideainepitoisuutena käytettiin yleensä samaa tai hieman alhaisempaa pitoisuutta kuin vertailupäällysteessä, joka lähes aina oli öljysora. Sideainepitoisuudet vaihtelivat 3,2...3,7 %, yleensä ne olivat 3,4...3,5 %. Tartukepitoisuudet olivat 0,6...1,0 %. Tartukemäärä on kiviainekohtainen, ja tartukkeen riittävyys voidaan testata ennakkoon tehdyillä MYR-kokeilla.

Varastoitavuus on yksi öljysoramassan tärkeä ominaisuus, jota vaaditaan myös korvaavilta massoilta. Niinpä Lapin piirissä tavoitteena oli kokeilla PAB-V -massan varastoimista. Alkukesällä höyrylämmitystekniikalla tehdyt massat levitettiin loppukesällä 1...3 kuukauden varastoinnin jälkeen tielle. Kun sideaineena oli V1500, kolmen kuukauden ikäisen massan levittäminen asfaltinlevittimellä vaikeutui +10 °C:n lämpötilassa, mikä aiheutti epäta-saisuutta. Normaaleissa kesälämpötiloissa levittämisessä ei esiintynyt

vaikeuksia. Varastoidut V3000-massat levitettiin remixerillä, ja se onnistui hyvin. V3000 -massojen levittämistä asfaltinlevittimellä ei kokeiltu. Massojen levitettävyyttä tutkittiin TKK:n tielaboratoriossa.

Kokeilupääällysteet saivat innostuneen vastaanoton tiepiirien taholta. Lapin piirissä koepääällysteitä tehtiin yhteensä 77 km, josta 56 km tehtiin käyttäen koemassaa öljysoraremixerin lisämassana. Muualla Suomessa koepääällysteitä tehtiin 16 km. Lämmitystekniikan käyttäminen nostaa massan valmistuksen hintaa arviolta 6...9 mk/t kylmänä valmistettuun öljysoraan verrattuna. Sideaine Naantalissa on BÖ-2:ta halvempaa, säästö on 2...3 mk/t. Sideaineen kuljetuskustannuksissa säästöä syntyy Pohjois-Suomessa, sillä pehmeät bitumit ovat saatavilla Oulussa, kun taas BÖ-2:ta toimitetaan vain Naantalista. Oulun tiepiirin alueella sideaineella saavutettava säästö massan hinnassa asemalla oli 4...7 mk/t, kun sideaineen kuljetuskustannukset laskettiin mukaan.

Kokeiluja päätettiin jatkaa vuonna 1995, jolloin on tarkoitus tehdä tarkempia tutkimuksia mm. sideaine- ja tartukepitoisuudesta sekä selvittää massan sopivuus paikkaukseen. Kustannusten kannalta voisi olla syytä selvittää, ovatko tartukepitoisuuden kasvattaminen ja lämpötilan nostaminen vaihtoehtoisia toimenpiteitä. Vuonna 1994 varastokasaan tehtyjen massojen levitettävyyttä testataan keväällä 1995. Varastoitavuuden kannalta on oleellista selvittää, mille tasolle sideaineen viskositeetti valmistusprosessin ja varastoinnin aikana asettuu, ja mitkä tekijät vaikuttavat vaihteluihin.

Työryhmä suunnittelee koeteiden seurannan. Kesän 1994 kokeilut onnistuivat hyvin, ja saatujen kokemusten mukaan BÖ-2:n käytöstä on mahdollista siirtyä V1500 ja V3000 -sideaineiden käyttöön.

MURSKAUSAIKAISET RAKEISUUSKÄYRÄT seulakoko (mm) / läpäisyprosentti (%)													
	0,074	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0	20,0	25,0
Turku	3,0	3,8	6,7	16,0	24,6	33,0	43,8	53	61	82	98	100	100
KaS	3,2	4,6	7,8	12,1	19,1	28,6	43,0	54	64	83	97	100	100
Vaasa	2,7	4,4	7,9	12,9	22,3	33,8	46,4	57	66	82	98	100	100
	5,2	5,7	10,5	15,4	20,8	28,9	41,2	53	64	82	95	100	100
SK	4,5	6,6	10,6	16,2	23,9	34,7	49,0	61	70	86	96	100	100
Oulu	3,6	5,2	8,8	16,1	23,8	33,1	45,7	56	65	82	95	100	100
	4,1	6,0	8,5	12,0	18,8	28,8	43,1	55	64	78	90	99	100
Lappi	5,5	6,8	10,5	16,3	28,8	44,0	55,6	64	73	89	99	100	100
	5,5	7,3	12,8	21,4	30,8	40,9	51,4	59	68	82	93	100	100
	6,0	7,9	13,1	19,2	26,1	33,5	44,2	53,0	63	80	95	100	100
	4,6	7,5	10,4	17,0	27,4	37,4	49,0	58,0	67	81	95	100	100
	5,2	6,9	10,0	14,1	21,5	31,1	43,1	52,0	59	76	86	98	100
	5,7	8,4	13,5	19,5	24,8	31,5	40,7	51,0	61	84	97	100	100

ENNAKKOKOKEET		tiheys (kg/m ³)	tyhjä- tila (%)	KAT (%)	TA ja vesi (%)	TA (%)	HVL (+5°C) (kN/m ²)	HVJ (MN/m ²)	HVKP (%)	MYR (g)
SAVO-KARJALA Mt 5731 Kaavi-	KOEMASSA									
	V 1500 T 08 / 3,4 % kiviaines: 40 °C massan vesipit: 3 %	2323 10 3	11.6 0.4 3	19.1 0.3 3	73.5 1.6 3	39.3 0.8 3	104 11 3	7 1 3	2.3 0.2 3	2.01 0.23 2
	V 1500 T 08 / 3,4 % kiviaines: 60 °C massan vesipit: 3 %	2326 2 3	11.5 0.2 3	19 0.1 3	74.1 0.3 3	39.6 0.2 3	107 5 3	8 1 3	2.2 0.1 3	3.44 0.41 2
VAASA, Pt 17965 Lepplaxin Kam 0-16 mm	KOEMASSA									
	V 1500 T 06 / 3,5 % kiviaines: 60 °C massan vesipit: 1 %	2195 10 3	14.5 0.4 3	21.9 0.4 3	43.6 0.9 3	34 0.7 3	88 7 3	6 0 3	2.4 0.1 3	0.04 0.01 2
	V 1500 T 06 / 3,2 % kiviaines: 50 °C massan vesipit: 3 %	2252 34 3	14.3 1.4 3	21.2 1.2 3	62.7 4.4 3	32.5 2.3 3	95 10 3	5 1 3	2.8 0.3 3	0 0 2
OULU Kt 88 Vihanti-Alpua Käppäläisenmäen SRM 0-16 mm	KOEMASSA									
	V 3000 T 06 / 3,4 % kiviaines: 50 °C massan vesipit: 3 %	2230 38 3	14.9 1.5 3	22.1 1.3 3	61.2 4.5 3	32.7 2.4 3	161 23 3	10 3 3	2.6 0.4 3	0.02 0.02 2
	V 1500 T 06 / 3,2 % kiviaines: 40 °C massan vesipit: 3 %	2286 4 3	13.3 0.2 3	20.3 0.2 3	66.2 0.6 3	34.4 0.3 3	95 3 3	6 0 3	2.5 0.2 3	0.06 0.01 2
Mt 8694 Viipusjärvi- Jyrkänkосki Sivakkavaaran SRM 0-16 mm	KOEMASSA									
	V 1500 T 06 / 3,2 % kiviaines: 55 °C massan vesipit: 3 %	2277 2.5 3	13.6 0.1 3	20.6 0.1 3	65 0.4 3	33.8 0.2 3	72 3 3	5 0 3	2.4 0.3 3	0.02 0.01 2
	V 3000 T 06 / 3,4 % kiviaines: 40 °C massan vesipit: 3 %	2233 9.8 3	15.1 0.4 3	22.3 0.4 3	60.6 1.2 3	32.4 0.6 3	115 15 3	7 0 3	2.5 0.2 3	0.01 0.01 2
	KOEMASSA									
	V 3000 T 06 / 3,4 % kiviaines: 55 °C massan vesipit: 3 %	2254 13.1 3	14.2 0.6 3	21.5 0.5 3	63.3 1.7 3	33.8 1 3	132 7 3	9 0 3	2.2 0 3	0.04 0.05 2

MASSANÄYTTEET KOHDE KOEOSUUS		lämpö- tila (°C)	massan vesipit. (%)	massan sideaine- pit. (%)	MYR- koe (g)	RAKEISUUSKÄYRÄ seulakoko / läpäisyprosentti (%)				
						0.074	0.5	2	8	16
TURKU Mt 247 Peipohja- Kiikoinen (turbo)	V 3000 T 06									
	1. 3,9 % / 70 °C	68	3.22	3.81	0.2	4.1	17	31.4	57.2	96
	2. 3,7 % / 70 °C	55	3.66	3.66		4.8	18.7	34	63	96
	3. 3,7% / 55-60 °C	58	3.44	3.63	0.2	4.3	17.3	32	59.6	95.8
KAS Pt 14687 Saaramaa (turbo)	V 1500 T 06									
	1. 3,4 % / 55 °C	54	3.72	3.5		4	13.3	26.4	58	96
	2. 3,2 % / 40 °C	36	3.6	3.4		4.2	15.2	29.5	62	97
VAASA Mt 6991 Kovero- Paavola (turbo)	V 3000 T 08									
	1. 3,5 % / 60 °C	60	2.29	3.53	0.5	5.2	14.7	34	61.4	96.3
	2. 3,5 % / 40 °C	40	1.94	3.59		5.4	15.5	37.8	68.5	97.3
	3. 3,5 % / 44 °C	44	1.73	3.43	0.2	5.4	15.1	34.3	63.5	95.8
Pt 17517 Nurmo-Lapua (turbo)	V 3000 T 08									
	1. 3,5 % / 45 °C	45	2.19	3.57	0.4	5.8	16.5	39.1	69.8	97.1
Pt 17965 Sandbacka- Såka (rumpu)	V 1500 T 06									
	1. 3,5 % / 60 °C		1.03	3.75		5.6	18	33.1	64	99
	keskiarvo:		0.55	3.72		5.2	17.2	31.2	67	100
			0.79	3.74		5.4	17.6	32.2	65.5	99.5
OULU Kt 88 Vihanti-Alpua (turbo)	V 1500 T 06									
	3,2 % / 35-40 °C		2.38	3.38		5.6	19.5	37	68	97.1
	V 3000 T 06									
	3,4 % / 55-60 °C		3.78	3.78		5.4	18.3	34	63	94
(rumpu)	V 1500 T 06									
	1. 3,2 % / 55 °C		1.21	3.22		4.6	17.2	33.9	64.2	93.8
			1.07	3.13		4.4	17.3	34.1	64.7	94.6
			1	2.81		3.8	14.5	27.9	54.3	91.8
	keskiarvo:		1.1	3.1		4.3	16.3	32.0	61.1	93.4
	2. 3,2 % / 40 °C		1.48	3.34		4.7	16.8	32.9	63.8	91.9
			1.47	3.31		4.7	16.5	32.1	63.1	94.5
			1.18	3.33		4.6	17.9	35.3	68.3	93.9
	keskiarvo:		1.4	3.3		4.7	17.1	33.4	65.1	93.4
	V 3000 T 06									
	1. 3,4 % / 40 °C		1	3.11		4.9	18.1	35.1	63.9	94.9
			1.24	3.35		4.4	15.8	30.9	59	92.5
			1.27	3.26		4.6	16.9	32.9	61.4	95.1
keskiarvo:		1.2	3.2		4.6	16.9	33.0	61.4	94.2	
2. 3,4 % / 55 °C		1	3.29		4.3	15.9	31.3	59.3	91.7	
		1	3.5		4.6	17	33.7	65.3	95.4	
		1	3.11		4.9	18.1	35.1	63.9	94.9	
keskiarvo:		1.0	3.3		4.6	17.0	33.4	62.8	94.0	
Mt 8694 Viipusjärvi- Jyrkänkoski (turbo)	V 1500 T 06									
	3,4 % / 40 ja 60 °C		3.38	2.99		6	14.2	33.2	64.7	91
			3.14	2.71		5.7	13.3	30.6	59.7	84.9
			3.32	3.13		5.5	12.8	29.4	61.2	90.5
	keskiarvo:		3.3	2.9		5.7	13.4	31.1	61.9	88.8
	V 3000 T 06									
3,4 % / 40 ja 60 °C		3.25	2.88		5.8	13.8	30.8	63.3	93.4	
		3.38	2.76		5.5	13.3	30.9	62.9	90.7	
		3.53	2.63		5.5	14	32.2	61.7	88.5	
keskiarvo:		3.39	2.76		5.6	13.7	31.3	62.6	90.9	

LIITE 3/2

MASSANÄYTTEET		näytenro Lava/Tie lämpötila	massan vesipit. (%)	massan sideaine- pit. (%)	MYR- koe (g)	RAKEISUUSKÄYRÄ				
KOHDE	KOEOSUUS					seulakoko / läpäisyprosentti (%)				
						0.074	0.5	2	8	16
SAVO- KARJALA Mt 5731 Kaavi- Sivakka- vaara (rumpu)	1. V 1500 T 10 3,5 % / 70 °C	1.L/ 68°C	1.91	3.45	-	5.5	17.3	35.6	70	97
		1.T/ 56°C	1.67	3.58	-	5.6	17.2	35	68	97
		2.L/ 68°C	1.7	3.61	1.3	5.8	17.7	36	71	97
		2.T/ 59°C	1.93	3.65	-	5.6	17.5	36.6	71	96
		keskiarvo:	68 / 58°C	1.8	3.6	1.3	5.6	17.4	35.8	70.0
	2. V 1500 T 10 3,5 % / 60 °C	3.L/ 60°C	1.88	3.44	1.8	5.4	16.6	33.6	67	94
		3.T/ 55°C	1.97	3.3	-	5.5	16.7	33.1	64	95
		4.L/ 61°C	1.97	3.72	-	6.1	18.4	36.9	73	98
		4.T/ 54°C	1.97	3.54	-	5.9	17.7	34.8	69	98
		5.L/ 61°C	1.86	3.45	-	5.8	17.9	36.2	71	98
		5.T/ 47°C	1.79	3.38	-	5.6	17.2	34.4	66	97
	keskiarvo:	61 / 52°C	1.9	3.5	1.8	5.7	17.4	34.8	68.3	96.7
	3. V 1500 T 10 3,5 % / 50 °C	6.L/ 50°C	1.99	3.5	2.3	5.7	17.5	36.2	71	98
		6.T/ 48°C	1.85	3.39	-	5.7	17.2	35.3	70	98
		7.L/ 53°C	2.42	3.5	-	6.1	18.8	38.7	76	98
		7.T/ 42°C	2.19	3.45	-	5.8	17.5	49.2	67	95
	keskiarvo:	52 / 45°C	2.1	3.5	2.3	5.8	17.8	39.9	71.0	97.3
	4. V 1500 T 10 3,3 % / 60 °C	8.L/ 59°C	1.92	3.47	1.9	6.1	18.1	36.6	72	96
		8.T/ 49°C	2.32	3.44	-	6.1	17.7	35.6	70	97
		9.L/ 59°C	1.52	3.4	-	5.6	17.2	34.3	68	97
9.T/ 56°C		1.91	3.35	-	5.8	17.5	35.3	69	96	
10.L/ 61°C		1.64	3.62	-	6.2	18.5	37.3	72	97	
10.T/ 57°C		2.03	3.41	-	6.1	18.2	36.3	70	97	
keskiarvo:	60 / 54°C	1.9	3.4	1.9	6.0	17.9	35.9	70.2	96.7	
5. V 1500 T 10 3,3 % / 70 °C	11.L/ 67°C	1.33	3.35	0.5	5.8	17.2	34.7	69	98	
	11.T/ 57°C	1.73	3.39	-	5.8	17.3	34.5	68	94	
	12.L/ 68°C	0.98	3.49	-	6	18.4	37.5	72	98	
	12.T/ 55°C	1.22	3.35	-	5.7	17.3	35.3	69	95	
	13.L/ 67°C	0.9	3.57	-	5.7	17.8	37.6	73	97	
keskiarvo:	67 / 57°C	1.2	3.4	0.5	5.7	17.4	35.6	69.5	96.5	

LAPIN TIEPIIRIN MASSANÄYTTEET		näyte- lkm (kpl)	massan vesipit. (%)	massan sideaine- pit. (%)	MYR- koe (g)	RAKEISUUSKÄYRÄ seulakoko / läpäisyprosentti (%)				
						0,074	0,5	2	8	16
Kettuharju Posio	V 1500 / 3,4 %	13	4,61	3,65	0,0	5,5	16,3	44,0	72,8	99,0
Maahyypiö Kemijärvi	V 3000 T 08...10 3,4 %	14	4,09	3,57	0,1	5,5	21,4	40,9	67,9	93,1
Perälä Savukoski	V 3000 T 08 / 3,4 %	13	3,85	3,40	hyvä	6,1	19,6	34,2	63,3	95,0
Hommaselkä Sodankylä	V 1500 / 3,4 %	13	4,07	3,54	0,0	6,5	20,4	40,6	70,6	96,7
Rousunpulju Sodankylä	V 3000 / 3,5 %	13	3,91	3,52	0,1	6,9	16,6	33,0	61,3	87,0
	V 1500 / 3,5 %	3	3,5	3,50	hyvä	6,9	17,1	34,2	62,9	89,6
Rautuvaara Kolari	V 3000 / 3,5 %	26	3,61	3,58	0,1 0,2	7,0	21,7	31,6	62,0	96,2



VUODEN 1994 PEHMEÄBITUMIKOETEIDEN MASSANÄYTTEIDEN UUTOSTULOKSET

NÄYTE				Sideainepitoisuus	Vesipitoisuus	Viskositeetti 60°C
KOHDE	SIDEAINE	Tavoite sideainepitoisuus massa-%	Massan lämpö-t.(C°)	massa-%	massa-%	mm2/S
Peipohja-Kiikoinen Mt 247, Turun tiepiiri	V3000T	3,9.	70	3,87	3,34	4700
		3,7	66	4,03	3,57	5270
Sivakkavaara-Luotonen Mt 5731, Savo-Karjalan tiepiiri	V1500T	3,5	68	2,96	1,22	2580
			60	3,26	1,69	2500
			50	3,34	1,90	2170
		3,3	60	3,13	1,91	2500
		70	3,06	0,47	2380	
Kovero-Paavola Mt 6991, Vaasan tiepiiri	V3000T	3,5.	60	3,64	2,24	7570
			42,5	3,65	2,85	8660
			40	3,55	2,17	9020
			44,5	3,59	2,92	8040
Vihanti-Alpua Kt 88, Oulun tiepiiri, rumpulämmitys	V1500T	3,2.	55	3,33	1,02	2260
			40	3,58	0,54	2270
	V3000T	3,4	55	3,55	0,68	4130
			40	3,25	1,15	4180
Vihanti-Alpua Kt 88, Oulun tiepiiri, turbolämmitys	V1500T	3,2	38	3,40	2,67	1970
			58	3,52	2,46	2040
	V3000T	3,4	39	3,59	2,08	3460
			58	3,65	2,36	4080
Viipusjärvi-Jyrkänkoski Mt 8694, Oulun tiepiiri	V3000T	3,4	42	2,84	2,63	3130
			60	3,00	3,35	3430
	V1500T	3,4	40	-	-	2030
			60	3,57	3,67	1930
Sandbacka-Säka Pt 17965, Vaasan tiepiiri	V1500T	3,5	60	3,62	0,69	1850
Saaramaa Pt 14687, Kaakkois-Suomen tiepiiri	V1500T	3,4	57	3,32	3,50	1990
			48	3,71	3,33	1930
			41,6	3,74	3,32	1990
		3,2	45	3,42	3,43	2040



VUODEN 1994 PEHMEÄBITUMIKOETEIDEN SIDEAINEIDEN ANALYYSITULOKSET

NÄYTE			Viskositeetti 60°C	Leimahduspiste	TFOT 163°C painonmuutos	TFOT 163°C Viskositeetti 60°C
KOHDE	SIDEAINE TART.PIT.	PVM	mm ² /s	°C	massa-%	mm ² /s
Peipohja-Kiikoinen Mt 247, Turun tiepiiri	V3000T 0.6 %	7.7.	2720	247	-0.19	4150
Sivakkavaara-Luotonen Mt 5731, Savo-Karjalan tiepiiri	V1500T 1.0 %	19.7.	1420	218	-0.46	2070
Kovero-Paavola Mt 6991, Vaasan tiepiiri	V3000T 0.8 %	1.8.	3050	255	-0.13	4380
Vihanti-Alpua Kt 88, Oulun tiepiiri	V1500T 0.6 %	8.8.	1400	271	-0.24	1880
	V3000T 0.6 %	9.8.	2530	271	-0.18	3780
	V1500T 0.6 %	23.8.	1310	256	-0.10	1752
	V3000T 0.6 %	23.8.	2440	262	-0.07	3550
Viipusjärvi-Jyrkänkoski Mt 8694, Oulun tiepiiri	V1500T 0.6 %	23.8.	1210	250	-0.12	1550
Sandbacka-Säka Pt 17965, Vaasan tiepiiri	V1500T 0.6 %	5.9.	1340	257	-0.11	1870
Saaramaa Pt 14687, Kaakkois-Suomen tiepiiri	V1500T 0.6 %	27.10.	1480	237	-0.16	1630

Näiden lisäksi on määritetty yhden V1500 ja yhden V3000 sideaineen liukoisuudet ja tiheydet. Tulokset olivat seuraavat:

NÄYTE			Liukoisuus	Tiheys 15°C
KOHDE	SIDEAINE TART.PIT.	PVM	massa-%	kg/m ³
Peipohja-Kiikoinen Mt 247, Turun tiepiiri	V3000T 0.6 %	7.7.	99.98	998.2
Vihanti-Alpua Kt 88, Oulun tiepiiri	V1500T 0.6 %	8.8.	99.97	990.3

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 51/1994 Teiden talvisuolauksen vaikutus korroosikustannuksiin. TIEL 3200260
- 52/1994 Ohituskäyttäytyminen leveäkaistaisella tiellä. TIEL 3200261
- 53/1004 Kalliomurskeiden tiivistyminen ja hienoneminen, loppuraportti.
TIEL 3200262
- 54/1994 Liikkujan näkökulmaa korostava väyläympäristön suunnittelu. TIEL 3200263
- 55/1994 Liittymähakuisen maankäytön synnyttämä liikenne. TIEL 3200264
- 56/1994 Mieliptide- ja asennetieto tiensuunnittelun laatujärjestelmässä;
Tiedonhankintaopas tiensuunnittelijalle. TIEL 3200265
- 57/1994 Päällysteen kunnostusmenetelmien edullisuusvertailu. TIEL 3200266
- 58/1994 Nastojen vähentämisen vaikutus kunnossapitokustannuksiin. TIEL 3200267
- 59/1994 Tampereen itäisen ohikulkutien sosioekonomiset vaikutukset.
TIEL 3200268
- 60/1994 Tieliikenteen ruuhkien vaikutukset ja ruuhkakustannukset pääkaupunki-
seudulla. TIEL 3200269
- 61/1994 Taajamarakenne ja autoistumisen aika. TIEL 3200270
- 62/1994 Comprehension of variable Message Signs for Road Conditions.
TIEL 3200271E
- 63/1994 Esiselvitys automaattisesta liukkauden havaitsemisesta liikenteessä.
TIEL 3200272
- 64/1994 Nastarenkaiden vaikutus matkoihin ja kuljettajien riskinottoon. TIEL 3200273
- 65/1994 Automaattisten akselipainovaakojen mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä.
TIEL 3200274
- 66/1994 Teiden suolauksen pohjavesivaikutusten simulointi tyyppimuodostumissa.
TIEL 3200275
- 67/1994 Maanvarainen tiepenger savikolla. TIEL 3200276
- 68/1994 DOR-menetelmän käyttö asfalttipäällysteiden tiiviyden määrityksessä.
TIEL 3200277
- 69/1994 Nastattomia talvirenkaita käyttäneiden kuljettajien onnettomuusriskit.
TIEL 3200278
- 70/1994 Talviliikenteen järjestelyjen painopisteet. TIEL 3200279
- 1/1995 Kunnossapitoyhteistyön seurantakysely. Kuopion kehitysyksikkö
- 2/1995 Liikenne-ennustemallien alueellinen siirrettävyys, kirjallisuusselvitys.
TIEL 3200280
- 3/1995 Kuormituskestävyyden tevoitekriteerit. TIEL 3200281
- 4/1995 Kiertoliittymien ennen-jälkeen -tutkimus; Katisen ja Katuman liittymät
valtatiellä 10. TIEL 3200282