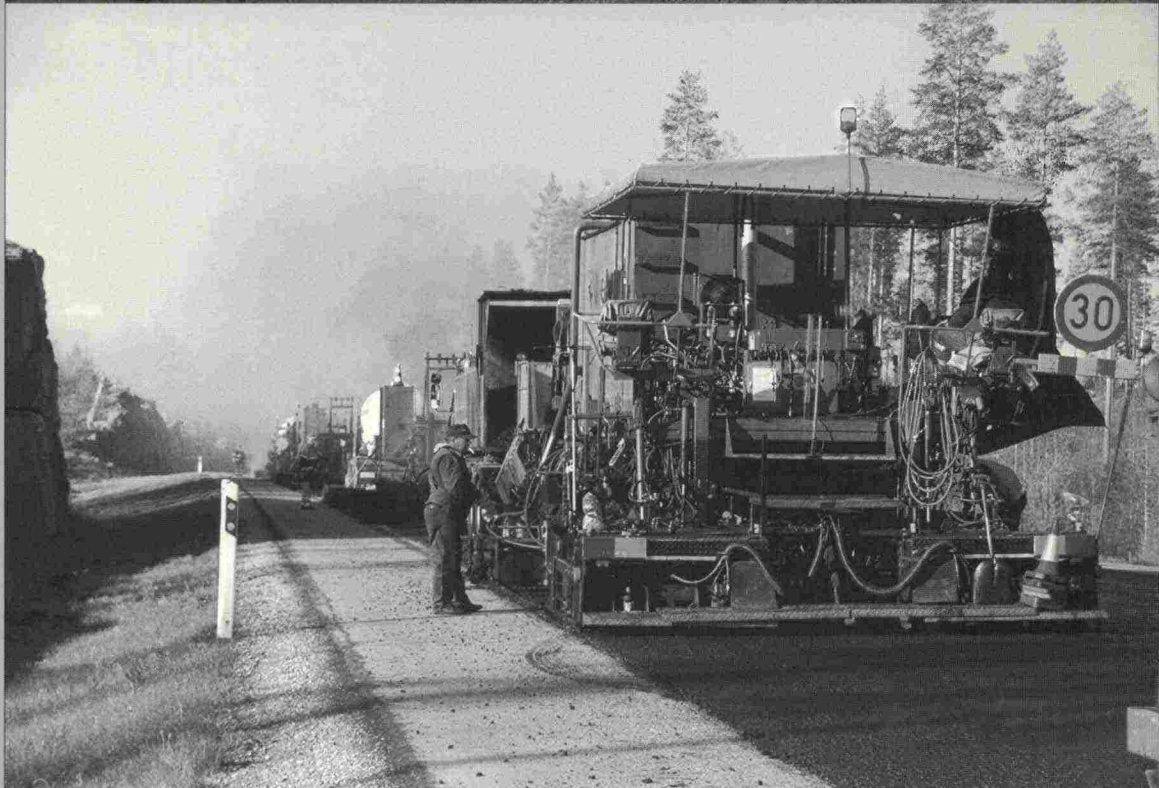




Tielaitos

Laura Apilo, Katri Eskola

Uusiopäällystetutkimukset 1998



Tielaitoksen
selvityksiä

7/1999

Helsinki 1999

TIEHALLINTO
Tie- ja
liikennetekniikka

Tielaitoksen selvityksiä 7/1999

Laura Apilo, Katri Eskola

Uusiopäällystetutkimukset 1998

Tielaitos
TIEHALLINTO
Helsinki 1999

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-497-6
TIEL 3200553

Oy Edita Ab
Helsinki 1999

Julkaisua myy:
Tielaitos, Painotuotepalvelut
telefax 0204 44 2652



Tielaitos
TIEHALLINTO
Tie- ja liikennetekniikka
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 44 150

TIIVISTELMÄ

Suomessa on käytetty Remix-menetelmää päälysteiden uusiokäsittelyssä vuodesta 1990 alkaen. Uusiokäsittely on yleistynyt etenkin urautuneiden asfalttien uusimismenetelmänä nopeasti. Uusiopäälysteistä saadut kokemukset ovat olleet myönteisiä, joten menetelmiä halutaan käyttää jatkossakin mahdollisimman paljon.

Uudelleen käsittelyn vaikutuksia päälysteen laatuun ja kestävyYTEEN ei ole aiemmin laajemmin selvitetty. Töiden tekemistä ovat ohjanneet käytännön kokemukset, joiden perusteella on päätetty uusiokäsittelyn soveltuvuudesta tapauskohtaisesti. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia uusiopäälysteiden ominaisuuksia ja niiden perusteella antaa suosituksia uusiomenetelmien käytölle. Tutkimus toteutettiin kaksivaiheisena, ja keskeiset tutkimuskohteet olivat

- elvyttimen laadun vaikutus
 - käsittelykertojen lukumäärän vaikutus
- uusiopäälysteen toiminnallisiin ominaisuuksiin.

Lisäksi hankkeen yhteydessä kehitettiin päälystemassan vanhentamista laboratoriossa vastaamaan tiellä Remix-käsittelyn aikana ja käsittelyjen välillä tapahtuvaa vanhenemista. Samalla saatiin myös tietoa päälysteiden kovenemisesta ikääntymisen seurauksena. Tutkimus osoitti, että kaikilla Suomessa yleisesti käytetyillä elvyttimillä saadaan samankaltaista päälystettä. Erot toiminnallisissa ominaisuuksissa jäivät hyvin pieniksi. Eniten uusiopäälystettä pehmensi mäntyöljypiki. Koska päälysteen käyttäytymiseen vaikuttavat kaikki materiaalit ja suhteitus, arvioitiin tutkimuksessa ainoastaan eri elvyttimillä saatuja eroja eikä erillisten tulosten hyvyttä.

Tähän mennessä on saatu käytännössä kokemuksia kaksi kertaa käsittelystä uusiopäälysteestä. Tässä tutkimuksessa käsittelykertoja oli enimmillään kolme. Kaksi uudelleen käsittelyä ei tämän tutkimuksen perusteella heikennä päälysteen toiminnallisia ominaisuuksia, joten kahden käsittelyn tekeminen peräkkäin ei vaikuta päälysteen laatua heikentävästi tai sen kestoikää lyhentävästi.

Kolmen käsittelykerran vaikutusten arvioimiseksi päälystettä vanhennettiin laboratoriossa. Vanhennus tehtiin kuumentamalla päälystettä Remix-käsittelyn tapaan 120 °C lämpötilaan. Kolmannen käsittelykerran jälkeen toiminnalliset ominaisuudet poikkesivat aikaisemmista. Laboratoriovanhennus ei bitumin tunkeuma-arvojen perusteella vaikuttanut päälysteeseen Remix-käsittelyn tavoin, vaan oli tiellä tapahtuvaan vanhennukseen verrattuna liian tehokas. Kolme kertaa vanhennettua päälysteen ominaisuuksia tulisikin tutkia kenttäkokeella, josta 3. käsittelyn jälkeen otetuista poranäytteistä määritettäisiin toiminnalliset ominaisuudet. Samalla voitaisiin kehittää laboratoriovanhennusta paremmin todellisuutta vastaavaksi.

Key words recycling, pavement functional properties

ABSTRACT

Remixing method has been used in Finland since 1990. Use of Remixing has increased rapidly especially on roads where repaving is necessary due to rutting. Experiences so far are very positive. Because of that there is intention to use recycling methods also in the future.

Influence of recycling to pavement quality and lifetime has not been studied comprehensively before. Practical experiences have been as guidelines for work on field. Decision if recycling can be applied in particular case has been done based on formal experience. The aim of this study was to investigate functional properties of recycled pavements and based on the results to give recommendations for use of recycling methods. The study was carried out in two phases. The main objects were

- influence of rejuvenators quality
 - influence of number of recycling times
- on pavement functional properties.

Additionally methods for ageing of asphalt mixture in the laboratory were developed to correspond with ageing occurred during and between Remix-works. As result information concerning pavement hardening due to ageing was gained.

Based on the result use of in Finland most commonly used rejuvenators finish up to similar pavements. The differences in functional properties were insignificant. Tall oil pitch softened pavement mostly. Because all the materials and the mixture proportioning influence pavement properties the magnitude of values was assessed only relatively without evaluating the absolute values.

Practical experiences concerning behaviour of recycled pavement restrict so far to two times recycling. In this study also three times recycling was investigated. Based on this study two times recycling does not degrade pavement functional properties. Recycling of same pavement can be done two times one after the other without impairment in pavement quality or lifetime.

Pavement slabs were aged in the laboratory in order to assess influence of three times recycling. Heating pavement slabs to 120 °C carried out ageing. The intention was to simulate the ageing process of Remixing. After three times recycling pavement functional properties differed significantly from the properties obtained before. Based on penetration values ageing in the laboratory did not have the same effect to pavement as recycling on field. The laboratory procedure was too powerful. Properties of pavement after three times recycling should be investigated by field experiment and evaluated by determination of core sample properties. At the same time the laboratory ageing procedure could be developed to better meet the reality of the field.

ALKUSANAT

Päälysteiden uusiokäsittely on yleistynyt Suomessa nopeasti 1990-luvulla. Uusiomenetelmiä käytetään etenkin vilkkaasti liikennöidyillä pääteillä urautuneen päälysteen korjausmenetelmänä. Uusiomenetelmien vakiintunut asema on aiheuttanut tarvetta tutkia uusiokäsittelyn vaikutuksia päälysteen laatuun ja kestävyYTEEN. Suomessa uusiopäälysteitä valmistetaan eniten Remix-menetelmällä.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty uusiokäsittelyn vaikutuksia päälysteen ominaisuuksiin. Raporttiin on koottu vuonna 1998 VTT Yhdyskuntatekniikan laboratoriossa tehtyjen tutkimusten tulokset. Tuloksia voidaan hyödyntää tulevien uusiopäälystyskohteiden suunnittelussa ja laadunvalvonnassa.

Uusiopäälysteiden ominaisuuksien tutkimiseen liittyvän selvityksen on tilannut Tielaitoksen Tie- ja liikennetekniikka. Raportin ovat kirjoittaneet *Laura Apilo* VTT Yhdyskuntatekniikasta ja *Katri Eskola* Tielaitoksen Tie- ja liikennetekniikasta.

Helsingissä helmikuussa 1999

Tielaitos

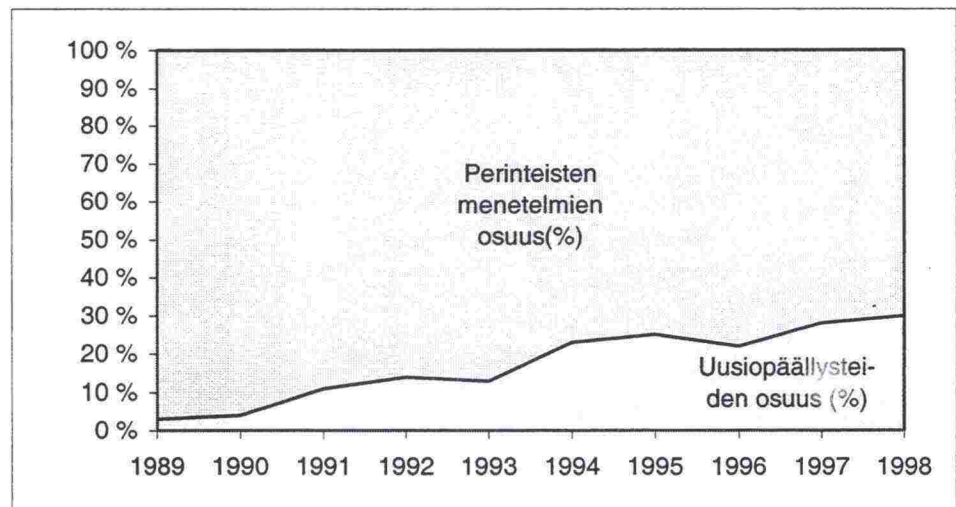
Tie- ja liikennetekniikka

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
2	TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET	11
3	UUSIOPÄÄLLYSTEIDEN KÄYTTÖ SUOMESSA	13
3.1	Työmenetelmän valinta	13
3.2	Käytössä olevat menetelmät ja työmäärät	14
3.3	Uusiopäällysteiden laatu	17
3.4	Lisämassa ja elvyttimet	17
4	ENNAKKOTUTKIMUKSET	19
4.1	Päällysteen vanheneminen	19
4.2	Päällysteen vanhentaminen laboratoriossa	20
4.2.1	Uusiokäsittelyjen välinen vanhentaminen	20
4.2.2	Remix-käsittelyä vastaava vanhentaminen	21
5	LISÄMATERIAALIN VAIKUTUS UUSIOPÄÄLLYSTEEN OMINAISUUKSIIN	22
5.1	Käytetyt materiaalit ja näytteiden valmistus	22
5.1.1	Rouhe	22
5.1.2	Lisämassa ja elvyttimet	22
5.2	Elvyttimen vaikutus toiminnallisiin ominaisuuksiin	23
5.2.1	Ominaisuudet ja tutkimusmenetelmät	23
5.2.2	Toiminnallisten kokeiden tulokset	24
6	USEAN UUSIOKÄSITTELYN VAIKUTUKSET PÄÄLLYSTEEN OMINAISUUKSIIN	28
6.1	Käytetyt materiaalit ja näytteiden valmistus	28
6.1.1	Rouhe	28
6.1.2	Lisämassa	28
6.1.3	Poranäytteet	29
6.1.4	Päällystenäytteiden otto ja valmistaminen laboratoriossa	29
6.2	Käsittelykertojen lukumäärän vaikutus toiminnallisiin ominaisuuksiin	30
6.2.1	Ominaisuudet ja tutkimusmenetelmät	30
6.2.2	Poranäytteistä määritetyt ominaisuudet	31
6.2.3	Laboratoriossa valmistetuista näytteistä määritetyt ominaisuudet	32
7	DEFORMAATIOKESTÄVYYDEN TUTKIMUSMENETELMIEN VERTAILU	37
8	YHTEENVETO	38
9	KIRJALLISUUSVIITTEET	40
10	LIITTEET	40

1 JOHDANTO

Uusiopäällystysmenetelmät ovat yleistyneet Tielaitoksen päällystystöissä 1990-luvulla. Näillä menetelmillä uutta massaa lisätään vähimmillään ja yleisimmin vain 10-20 kg/m², kun perinteisin menetelmin massaa lisätään yleensä noin 100 kg/m². Näin säästetään kiviainesta ja bitumia, kun vanha päällyste hyödynnetään uutta päällystettä tehtäessä. 1990-luvun alussa Suomeen tuotuja uusiopäällystysmenetelmiä ovat Remix-pintausta ja sen eri sovellutukset kuten Remix Plus-pintausta ja Uraremix. ART-menetelmällä kuumapäällysteitä uusitaan Remix-menetelmän tapaan. ART-menetelmässä jyrshintä tehdään ilman vanhan päällysteen kuumentamista, ja uusiomassan sekoitus tapahtuu kuumana samoin kuin Remix-menetelmää käytettäessä. Remix-menetelmästä on kehitetty myös suomalainen REMO-menetelmä, jota käytetään PAB-päällysteiden kunnostukseen. Perinteisiä menetelmiä kevyempiä menetelmiä ovat myös MPKJ- ja MPK-kunnostusmenetelmät, joissa alustaa kuumentamalla ja jyrsimällä voidaan käyttää vähemmän uutta massaa ja näin säästää kustannuksia ja luonnonvaroja. Siksi myös nämä menetelmät voidaan tavallaan laskea uusiomenetelmiksi.



Kuva 1. Uusiopäällystysmenetelmien osuus Tielaitoksen vuosittaisissa päällystystöissä 1989-1998.

Vuonna 1998 käytettiin keskimäärin noin 32 % vähemmän massaa yhtä päällystettyä tiekilometriä kohti kuin vuonna 1989. Entistä kevyempien työmenetelmien käyttö on mahdollista, koska päällystetyllä tieverkolla ja etenkin pääteillä on jo useita päällystekerroksia. Enää ei uudella päällystekerroksella tarvitse aina välttämättä parantaa tien kantavuutta, koska sillä on jo riittävä kantavuus. Uusiomenetelmät soveltuvat hyvin Suomen pääteille, joilla korjaustarve yleisimmin johtuu päällysteen urautumisesta. Uusiomenetelmien osuus päällysteiden kunnostuksessa tulee varmasti ainakin säilyttämään saavutetun tason. Tieverkon kuntoilaa seuraamalla nähdään, voidaanko uusiomenetelmien käyttöä nykyisestä vielä lisätä.

Muualla Euroopassa päällysteen uusiokäytön laajuus, työtekniikat ja uusiomassan käyttökohteet vaihtelevat maakohtaisesti suuresti. Suomen käytännön mukaisesti uusiotekniikkaa käytetään paljon Pohjoismaissa, joissa uusiopäällysteiden osuus on 20 - 25 % päällysteiden koko vuosittaisesta tuotannosta.

Keski-Euroopan maista Saksa on kehittänyt asfaltin uusiokäyttöä osana laajempaa kierrätyksen ja ympäristöystävällisen rakentamistavan edistämistä. Saksassa uusiokäytetään vuosittain 15 milj. tonnia asfalttia, mikä on 20% maan koko asfalttituotannosta. Suurin osa uusiokäytettävästä asfaltista jyrsitään ja kuljetetaan asfalttiasemalle, jossa uusiomassa sekoitetaan kuumana. Uusiomassojen laajimpana käyttökohteena ovat kantavat kerrokset, joihin uusiomassatuotannosta käytetään n. 80 %. Kulutuskerroksena uusiopäällystettä käytetään vain vähäliikenteisissä kohteissa.

Englannissa ja Etelä-Euroopan maissa päällysteiden uusiokäyttö on vähäistä. Uusiopäällysteiden osuus vaihtelee välillä 5-10 % päällysteiden kokonaistuotannosta. Uusiokäyttö on uusi asia, ja laitevalmiudet ovat näissä maissa vielä puutteelliset. Myös tietoa uusiokäsittelyn vaikutuksista päällysteen kestoikään kaivataan, jotta menetelmää uskallettaisiin käyttää enemmän. Asfaltin uusiokäytölle ei ole lainsäädännöllisiä esteitä, eikä sillä katsota olevan haittavaikutuksia ympäristöön tai terveyteen. Uusiopäällysteiden laatuvaatimuksina on totuttu pitämään samoja kuin muilla päällysteillä.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET

Uusiomenetelmiä käyttöön otettaessa ei ole aikaisemmin laajemmin tutkittu menetelmien vaikutuksia päällysteen ominaisuuksiin lukuunottamatta elvyttimiä koskevia tutkimuksia. Menetelmät on kuitenkin otettu yleisesti käyttöön, koska kokemukset käyttökohteista ovat tähän saakka olleet hyviä. Nyt ollaan tilanteessa, jossa 1990-luvun alussa ensimmäistä kertaa uusiokäsiteltyjen kohteiden uudelleen käsittely tulee ajankohtaiseksi. Menetelmien käytön vaikutuksista päällysteen laatuun on esitetty mielipiteitä ja arvioita, joiden selventämiseksi tämä tutkimus käynnistettiin. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten päällysteen uusiokäsittely vaikuttaa sen toiminnallisiin ominaisuuksiin. Erityisesti haluttiin selvittää, millaiset toiminnalliset ominaisuudet on päällysteellä, joka on uusiokäsitelty Remix-menetelmällä kahteen kertaan ja jopa kolmeen kertaan. Koska kolmeen kertaan käsiteltyjä kohteita ei vielä ole tehty, jouduttiin Remix-käsittelyä jäljittelemään laboratoriossa. Käytännössä tällaisia kohteita tulee tehtäväksi lähivuosina, jolloin vasta saadaan käytännön kokemuksia kolmeen kertaan uusiokäsiteltyjen päällysteiden kestävydestä.

Tällä hetkellä saavutetun käytännön kokemuksen mukaan Remix- ja ART-menetelmillä uusittujen päällysteiden kestoikä vastaa uusista materiaaleista tehdyn täyspaksun laatan kestoikää, kun menetelmä on valittu sille sopivaan käyttökohteeseen. Käytössä olevat menetelmän valintaperusteet on esitetty luvussa 3. Kestoikäarviot perustuvat kokemuksiin, jotka on kerätty vilkkaasti liikennöidyiltä Etelä-Suomen kohteilta, joilla päällysteen uusimisväli on keskimäärin 4-5 vuotta.

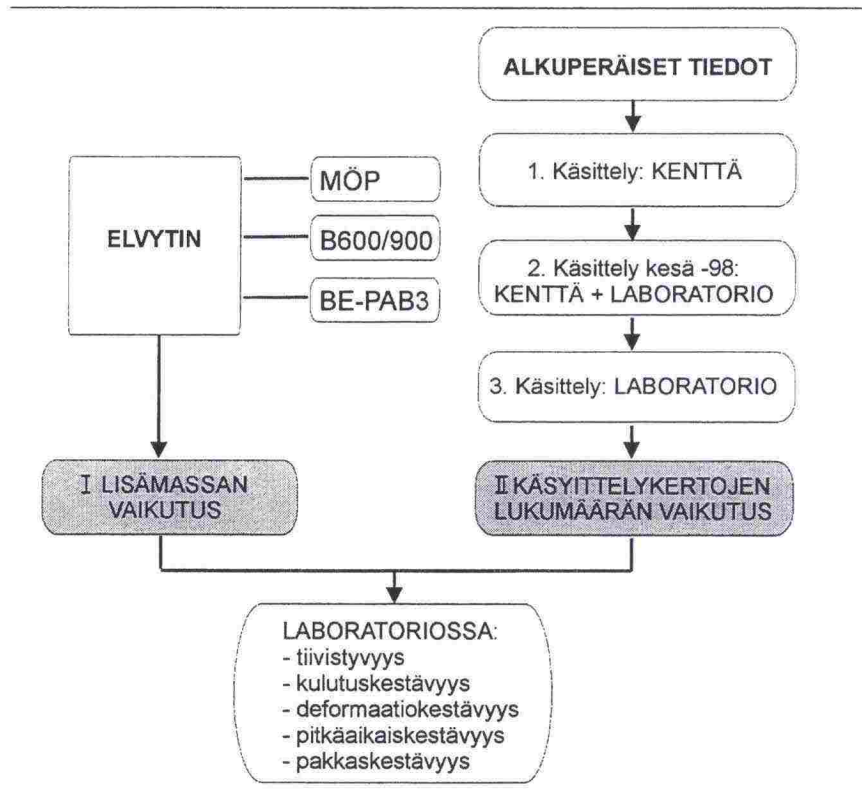
Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mahdolliset uusiopäällysteiden käytön rajoitukset ja toisaalta varmistaa useampaan kertaan käsiteltävien päällysteiden laatu. Tutkimus toteutettiin kaksivaiheisena. Ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin lisämangan koostumuksen vaikutuksia uusiopäällysteen eri ominaisuuksiin. Muuttujina tutkittiin eri elvyttimiä, joita käytetään nykyisin uusiopäällystetöissä. Tutkimuksen tulosta käytettiin toisen vaiheen selvitysten pohjatietona.

Toisen vaiheen tavoitteena oli tutkia uusiokäsittelyn vaikutuksia päällysteen ominaisuuksiin ja selvittää, voidaanko päällyste käsitellä uudelleen kolme kertaa ilman kestoajan lyhenemistä. Monissa tiepiireissä on samaa päällystettä käsitelty jo kahdesti, mutta kokemuksia kahdesti kierrätettyjen uusiopäällysteiden kestoikästä ei vielä ole. Lisäksi lähitulevaisuudessa tulee ajankohtaiseksi kysymys mahdollisuudesta uusiokäsitellä sama päällyste vielä kolmannen kerran. Tässä tutkimuksessa selvitetään tästä syystä uusiopäällysteen ominaisuudet vielä kolmannen käsittelykerran jälkeen.

Eurooppalainen testausmenetelmien harmonisointityö on edennyt siten, että jatkossa käytettävät eurooppalaiset asfalttipäällysteiden tutkimusmenetelmät ovat pääpiirteittäin selvillä. CEN-standardisointi aiheuttaa joiltain osin muutostarpeita Suomen käytäntöön. Tämä koskee asfalttipäällysteen

toiminnallisten ominaisuuksien määrittämisessä mm. deformaatiokestävyyden tutkimista jaksollisella virumiskokeella. EN-standardiehdotuksen mukainen näytekokonaisuus on meillä tähän asti käytettyä suurempi. Tämän tutkimuksen yhteydessä tarjoutui tilaisuus selvittää deformaatiokestävyyden tutkimiseen käytettyjen kolmen eri menetelmän välistä yhteyttä. Tietoa tarvitaan jatkossa siirryttäessä CEN:n mukaiseen koejärjestelyyn.

Kuvassa 2 on esitetty vuoden 1998 aikana toteutetun tutkimuksen sisältö, tutkitut muuttujat ja käytetyt tutkimusmenetelmät pääpiirteittäin. Uusiopäällysteen ominaisuuksia selvitettiin sekä tieltä porattuja päällystenäytteitä että laboratorioissa valmistettuja uusiomassoja analysoimalla.



Kuva 2. Uusiopäällystetutkimuksen sisältö ja eteneminen pääpiirteittäin.

Tutkimusten tavoitteena oli saada tietoa uusiokäsittelyjen vaikutuksista päällysteen laatuun, toiminnallisiin ominaisuuksiin ja kestoikään. Tulosten perusteella voidaan antaa suosituksia

- käytettävän elvyttimen laadusta
- päällysteen käsittelykertojen lukumäärästä
- uusiopäällysteiden ennako- ja laadunvalvontatutkimuksista.

Vuonna 1998 toteutetussa uusiopäällystetutkimuksessa ei oteta kantaa työmenetelmän vaikutukseen päällysteen laatuun, koska tutkimuksessa selvitettiin vain Remix-käsittelyn vaikutuksia. Työmenetelmän vaikutuksiin liittyvät kysymykset tulee jatkossa selvittää erillisin kenttäkokein.

3 UUSIOPÄÄLLYSTEIDEN KÄYTTÖ SUOMESSA

3.1 Työmenetelmän valinta

Työmenetelmän valinta on osa päällystesuunnittelua. Päällystetyyppi kohteeseen valitaan ensisijaisesti tien liikennemäärän perusteella, mutta työmenetelmän valintaan vaikuttavat useat tekijät kuten

- päällysteen uusimisen syy; uusiomenetelmäkohteissa se on tyypillisesti urautuminen
- tien ja vanhan päällysteen kunto: kantavuus, tasaisuus, sivukaltevuus, vauriotyypit ja -summat
- käytettävissä olevat materiaalit
- liikennemäärä
- kohteen pituus
- päällystettävä kaista
- vanhan päällysteen kiviaines
- edellinen kunnostusmenetelmä
- vanhan päällysteen laatu
- sidotun kerroksen paksuus
- hinta
- vuosikustannukset
- päällysteen korkeusasemaa rajoittavat tekijät.

Työmenetelmäksi valitaan yleensä vuosikustannuksiltaan edullisin menetelmä. Työmenetelmää valittaessa kuitenkin jokin em. tekijöistä saattaa estää uusiomenetelmän käytön vaikka se kustannusvertailussa olisikin edullisin vaihtoehto. Tällaisia syitä ovat mm.

a) Edellinen kunnostusmenetelmä

Päällyste on jo uusiokäsittely useampaan kertaan. Suomessa on tällä hetkellä Remix-menetelmällä käsitelty samaa alkuperäistä päällystettä enintään kaksi kertaa peräkkäin. Tällä hetkellä harkitaan kolmannen uusiokäsittelyn mahdollisuutta, kun päällysteiden kunnossapitoon käytettävä rahoitus on viime vuosina vähentynyt. Se luo paineita kevyiden kunnostusmenetelmien valitsemiseksi entistä useammissa kohteissa.

Useassa perättäisessä uusiokäsittelyssä tapahtuvan kuumentamisen pelätään vanhentavan päällysteen sideainetta ja vaikuttavan negatiivisesti päällysteen ominaisuuksiin. Tätä ei kuitenkaan ole Suomessa tarkemmin tutkittu.

Uusiomenetelmistä ART-menetelmää ei ole hyväksytty SMA- tai EA-päällysteiden uusimiseen, koska ART-menetelmässä kunnostettava päällyste jyrsitään kylmänä. Käytännössä on todettu kylmäjyrsinän hienontavan uusittavan päällysteen rakeisuuskäyrää niin paljon ettei sitä taloudellisesti järkevällä lisäkiviaineksen määrällä pystytä korjaamaan. Remix-menetelmä ei sovellu käytettäväksi, jos päällysteestä on edellisessä

kunnostuksessa urat poistettu hienojyrsinnällä, koska alusta on tällöin koostumukseltaan hyvin epätasalaatuinen.

b) Edellinen päällyste

Remix-menetelmää ei ole käytetty, kun uusittavan päällysteen sideaine on vanhentunut. Tämä ei käytännössä Suomessa useinkaan ole uusiomenetelmän valintaa rajoittava tekijä, koska Suomessa päällysteet yleensä aina uusitaan jostakin muusta syystä kuin sideaineen vanhenemisen takia.

Jos uusittava päällyste on pahoin vaurioitunut tai vauriotyypit kielivät kantavuuspuutteista, ei uusiomenetelmää yleensä valita vaan tarvitaan rankempi menetelmä. Samoin menetellään kohteissa, joissa uusittavassa päällysteessä on kohteen nykytilanteeseen verrattuna käytetty heikkoa päällystekiviainesta tai päällystetyyppejä.

Remix-menetelmää ei ole käytetty kuumapäällysteillä, joilla sidottu kerros on alle 10 cm eli käytännössä tiellä on vain yksi päällystekerros.

Uusittavalla päällysteellä tulee olla melko hyvä tasaisuus ja sivukaltevuuden tulee olla lähellä ohjearvoa. Pieniä korjauksia Remix-laitteella voidaan tehdä. Tiellä ei saa olla kantavuuspuutteita tai routavaurioita.

Päällystystöiden kuumennuksesta annetun yleisohjeen mukaan kuumennusta vaativia työmenetelmiä, kuten Remix-menetelmää ei suositella käytettäväksi taajama-alueilla. Luonnollisesti myös suuren kokonsa takia Remix- ja ART-laitteistot soveltuvat huonosti ahtaisiin tiloihin ja pienalueille.

Uusiomenetelmät soveltuvat yleensä hyvin kohteisiin, joissa

- monikaistaisella tiellä kaistat päällystetään eri vuosina
- urautuminen on syynä päällysteen uusimiseen
- päällysteen tasaisuus on melko hyvä
- päällysteen sivukaltevuus on melko hyvä tai vaatii ainoastaan pientä korjaamista
- uusittavan päällysteen hyvälaatuinen kiviaines halutaan hyödyntää uudessa päällysteessä
- tien kantavuus on riittävä eikä sitä tarvitse lisätä uuden päällysteen avulla
- tiellä on uusiomenetelmää varten vaadittava päällystepaksuus, joka kuumapäällysteillä yleensä on kaksi päällystekerrosta
- ei esiinny routavaurioita.

3.2 Käytössä olevat menetelmät ja työmäärät

Ensimmäisen kerran Remix-menetelmää kokeiltiin Suomessa vuonna 1990. Siitä lähtien Remix-menetelmällä tehtyjen työmäärien suhteellinen osuus Tielaitoksen vuosittaisissa päällystystöissä on kasvanut. Vuosittaiset

päällystystyömäärät ovat laskeneet 1990-luvun alun huippuvuosista, mutta nyt vähemmällä massamäärällä saadaan päällystettyä enemmän tiekilometrejä kuin 1980-luvun lopulla. Vuonna 1998 käytettiin keskimäärin noin 32 % vähemmän massaa yhtä päällystettyä tiekilometriä kohti kuin vuonna 1989. Taulukossa 1 on esitetty uusiopäällysteiden osuutta Tielaitoksen vuosittaisissa päällystystöissä tiekilometreinä vuodesta 1988 alkaen.

Uusiomenetelmiksi on taulukoissa 1 ja 2 laskettu Remix-, ART- ja REMO-menetelmien lisäksi myös MPKJ- ja MPK-menetelmät, joilla alustaa kuumentamalla voidaan säästää uuden päällysteen paksuudessa. Lisäksi uusiopäällystettä voidaan valmistaa asfalttiasemalla sekoittamalla uuden massan joukkoon joko paloina tai jyrsinrouheena tieltä kerättyä asfalttia. Taulukosta 2 ilmenee eri uusiomenetelmien käyttömäärät Tielaitoksen päällystystöissä vuosina 1988-1998. Työmäärien tilastointi oli alussa hieman sekavaa, koska uusia menetelmiä kokeiltiin vuosittain. Osa niistä havaittiin Suomen oloihin sopiviksi ja osa jäi vain yhden kesän kokemuksiin. Asfalttirouheen uusiokäyttöä asfalttiasemilla ei ole tilastoitu tiekilometreinä viime vuosina.

Taulukko 1. Uusiopäällysteiden osuus Tielaitoksen vuosittaisista päällystystöistä vuosina 1988-98.

Vuosi	Perinteiset menetelmät (km)	Uusiomenetelmät (km)	Uusiopäällysteiden osuus (%)
1988	5784	200	3
1989	5449	143	3
1990	5476	237	4
1991	5321	637	11
1992	5435	895	14
1993	6070	893	13
1994	4939	1496	23
1995	3852	1211	24
1996	2820	879	24
1997	3090	1013	25
1998	2180	937	30

Yleisimmin tällä hetkellä käytetty uusiopäällystysmenetelmä Tielaitoksen päällystystöissä on Remix-pintausta. Vanha urautunut päällyste kuumentetaan tiellä kulkevilla kuumentimilla, joita voi olla 2-4 kpl. Ne toimivat joko nestekaasulla tai polttoöljyllä. Kuumentimien käytössä ei ole havaittu käytännössä eroja päällysteen laadussa. Kuumentimien jälkeen tulee kuorma-auto, joka kippaa uutta lisättävää asfalttimassaa jälkeensä tulevaan Remixer-laitteeseen. Laite jyrsii kuumentetun vanhan päällysteen irti, sekoittaa sen uuden massan joukkoon ja levittää seoksen takaisin tielle laitteen perään rakennetulla levittimellä. Uutta massaa prosessissa lisätään yleensä 10-20 kg/m². Päällysteestä jyrsitty rouhe elvytetään lisäämällä

siihen hieman pehmeää bitumia tai muuta vastaavaa elvytintä. Uuden päällysteen lämpötila heti levitettynä tulee olla 110-250 °C.

Taulukko 2. Eri menetelmien käytön laajuus (km) Tielaitoksen uusiopäällystetöissä.

Vuosi	ASF. ASEMA	ART	REM	REMO	REM+ REMO	MPKJ	yht.
1988	200	0	0	0	0	0	200
1989	143	0	0	0	0	0	143
1990	237	0	0	0	0	0	237
1991	259	32	317	29	346	0	637
1992	235	8	*	*	652	0	895
1993	122	24	592	155	747	0	893
1994	204	83	761	448	1209	0	1496
1995	*)	66	687	430	1117	28	1211
1996	*)	39	570	190	760	80	879
1997	*)	56	678	167	845	112	1013
1998	*)	21	515	297	812	104	937

*) Ei ole tilastoitu

Remix-menetelmästä on myös muita sovellutuksia. Vastaavanlaisella laitteella voidaan uusia myös PAB-päällysteitä, jolloin puhutaan REMO-menetelmästä. PAB-päällysteiden käytetään yleensä muutamaa kuumenninta, jotka lämmittävät käsiteltävän päällysteen 50 °C lämpötilaan. Vanha päällyste jyrsitään irti ja uutta pehmeää asfalttia sekoitetaan jyrstyn rouheen joukkoon, minkä jälkeen seos levitetään tielle. Uutta massaa kuluu yleensä 20-50 kg/m².

Remix-menetelmää voidaan käyttää myös urapaikkauksessa, jolla siirretään päällysteen uusimista muutamalla vuodella eteenpäin kohteissa, joissa on syvät ja kapeat kulumisurat. Menetelmällä voidaan myös korjata kohteita, joissa raideuriin on muodostumassa reikiä. Uraremixer-laitteella urautunut päällyste korjataan vain metrin levyisinä kaistaleina urien kohdilta.

Remix-menetelmää vastaava uusiopäällystysmenetelmä on ART-menetelmä, jossa käytetään ART-laitetta (Asphalt Recycling Travelplant). Erona Remix-laitteeseen verrattuna on lähinnä se, ettei kuumentimia jyrstinnässä käytetä ja se, että uusi lisättävä asfalttimassa sekoitetaan tien päällä eikä sitä tuoda asfalttiasemalta valmiina kuten Remix-menetelmässä. Vanhan, uusittavan päällysteen päälle levitetään ensin uutta lisättävää kiviainesta tasaiseksi kerrokseksi yleensä 10-20 kg/m². Sen jälkeen päällyste jyrsitään kylmänä haluttuun syvyyteen. ART-laite kerää kiviaineksen ja jyrstinrouheen seoksen ja sekoittaa niistä asfalttimassaa lisäämällä siihen bitumia. Massa kuumennetaan erillisessä rummussa. Uusiomassa levitetään tielle laitteen perään rakennetulla levittimellä. ART-

menetelmä on Remix-menetelmän vaihtoehto ja sitä voidaan käyttää vastaaviin kohteisiin kuin Remix-menetelmääkin.

3.3 Uusiopäällysteiden laatu

Uusiopäällysteiden tulee täyttää samat laatuvaatimukset kuin perinteisillä menetelmillä tehtyjen vastaavien päällysteiden. Suomen oloissa uusiopäällysteet on havaittu yhtä kestäviksi kuin perinteisin menetelmin tehdyt päällysteet, kunhan soveltuvuus kohteeseen on tarkistettu etukäteen. Remix- ja ART-menetelmiä on pidetty tasavertaisina päällysteiden uusimismenetelminä. Yleensä hinta ratkaisee menetelmän valinnan.

Kuumennustehon vaikutusta Remix-päällysteen laatuun ei Suomessa ole tutkittu. Eri urakoitsijoiden kalusto poikkeaa kuitenkin toisistaan teholtaan. Tällä on arvioitu olevan merkitystä päällysteen laatuun. Liian vähäinen lämmitys saattaa aiheuttaa purkautumia uuteen päällysteeseen. Syynä tähän on, ettei kylmä massa tiivisty tarvittavasti.

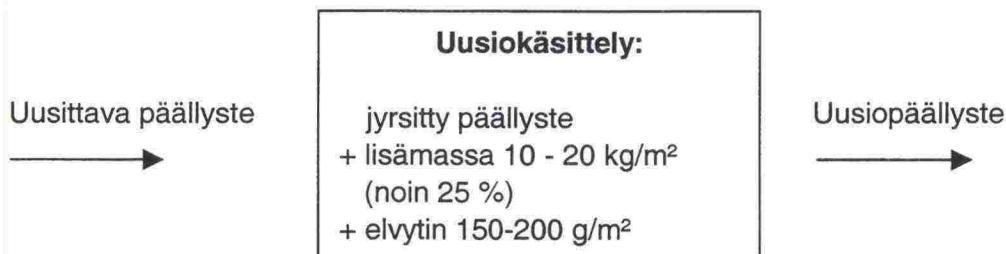
Ongelmallisia uusiopäällystystekniikkaa käytettäessä ovat kohteet, joissa on paljon paikkauksia, etenkin valuasfaltilla tehtyjä paikkoja. Paikat aiheuttavat uuteen päällysteeseen epähomogeenisuutta, joka ilmenee normaalia suurempana hajontana rakeisuudessa ja sideainepitoisuudessa. Lisäksi massa palaa ja käryää uusiokäsittelyn yhteydessä. Remix-kohteissa on saavutettu hyviä tasaisuustuloksia eikä lajittumia juurikaan enää esiinny.

3.4 Lisämassa ja elvyttimet

Lisämäärän määrä määräytyy työn aikana. Urasyvyyden lisäksi massameneekkiin vaikuttavat mahdollisesti tarvittavat muoto- ja tasauskorjaukset. Yleensä lisämäärän määrä vaihtelee 10-20 kg/m² Remix-menetelmässä, ja ART-menetelmässä lisäkiveä kuluu yleisimmin noin 20 kg/m². PAB-päällysteillä käytettävässä REMO-menetelmässä lisämäärää kuluu aina enemmän, yleensä 30-50 kg/m², mikä johtuu PAB-teiden huonommasta tasaisuudesta. Reunapainumat pitää täyttää, koska jyrskintä ei voida ulottaa kaistan keskiosallakaan kantavaan kerrokseen saakka.

Lisämäärä suhteutetaan mahdollisimman samanlaiseksi kuin uusittava päällyste. Lisämäärä voidaan toki suhteuttaa myös haluttuun suuntaan alustasta poikkeavaksi, yleensä karkeammaksi. Kokemusten mukaan myös ART-menetelmässä lisäkiviaineksen pitää jyrskinnässä tapahtuvan hienoneman korvaamiseksi olla alustan kiviainesta karkeampaa, silti saadaan tasalaatuista päällystettä. Suhteitus ja massatyyppin valinta määräytyvät liikennemäärän perusteella. Aina pyritään lisäämään parempaa tai yhtä hyvää kiviainesta kuin vanhassa päällysteessä on. AB-päällystettä uusittaessa käytetään AB-määrää ja EA-/SMA-päällystettä uusittaessa SMA-määrää.

Lisämässän sideaineena on yleensä B70/100, ja massa suhteitetaan siten, että kiviaineksen rakeisuus uusiopäällysteessä saadaan halutun mukaiseksi. Uusiokäsittelyn yhteydessä lisätään vielä elvytintä. Materiaalimäärät ilmenevät kuvasta 3.



Kuva 3. Uusiokäsittelyssä lisättävät materiaalit.

Elvyttimen on arveltu parantavan syntyvän uuden päällysteen laatua. Suomessa on elvyttimenä Remix-töissä käytetty mäntyöljypikeä (MÖP) tai bitumiemulsiota BE-PAB3 tai bitumia B650/900. REMO-töissä käytetään yleensä pehmeää bitumia V1500. Kesän 1998 Remix-kohteissa elvyttiminä käytettiin bitumiemulsiota BE-PAB3 ja bitumia B650/900. Elvytintä käytetään yleensä 150-200 g/m². Joskus on esiintynyt sideaineen pintaannousua, jolloin on vähennetty elvyttimen määrää tai jätetty se jopa kokonaan pois.

4 ENNAKKOTUTKIMUKSET

4.1 Päällysteen vanheneminen

Tarkoituksena oli vanhentaa laboratorio-oloissa päällystettä niin, että laboratoriokäsittely vastaa kahden uusiokäsittelyn välistä vanhenemista tiellä. Vanheneminen muodostuu uusiokäsittelyjen välillä tapahtuvasta sideaineen hapettumisesta ja varsinaisen uusiokäsittelyn aikana kuumennetun sideaineen kovenemisesta. Näistä merkittävämpi on uusiokäsittelyn yhteydessä tapahtuva vanheneminen, koska aivan kuten uuden päällystemassan valmistamisen yhteydessä sideaine on kuumana herkkä reagoimaan ilman hapen kanssa.

Laboratoriovanhennuksen lähtötiedoksi haluttiin selvittää uusiokäsittelyjen välillä tapahtuva vanheneminen. Tavoitteena oli paitsi saada tietoa bitumin kovenemisesta tiiviissä AB-päällysteissä ja hieman avoimemmissa SMA-päällysteissä myös kehittää laboratoriovanhennusta mahdollisimman hyvin tiellä tapahtuvaa vastaavaksi.

Bitumin vanhenemista selvitettiin ottamalla poranäytteet kahdesta eri ikäisestä päällysteestä (taulukko 3). Näytteet porattiin oikeanpuoleiselta kaistalta 1,0 metrin etäisyydeltä reunasta 30.4.1998. Kolmesta rinnakkaisesta poranäytteestä määritettiin sideainepitoisuudet ja sideaine eristettiin uuttosuodatusmenetelmällä tunkeumamäärytyksiä varten.

Taulukko 3. Sideaineen kovuus neljän ja yhdeksän vuoden ikäisissä päällysteissä.

Kohde	Massa- tyyppi	Valm. vuosi	Side- aine	SAP (%)	Tunkeuma (1/10 mm)
Kt 45 Valkoisenlähteentie- Riihikallio PL 23+00	SMA 18	1994	B70/100	6,8	66
Vt 25 Hyvinkää- Keravanjärvi PL 55+00	AB 20	1989	B70/100	5,9	71

Sideaine oli kovettunut enemmän SMA-päällysteessä, vaikka se oli iältään vain puolet AB-kohteesta. Selvittämättä jäi, kuinka suuri osa vanhenemisesta oli tapahtunut jo sekoituksen aikana, koska tunkeumatuloksia heti päällystämisen jälkeen erotetusta bitumista ei ollut käytettävissä. Aiempien tutkimustulosten mukaan bitumi kovettuu kuumasekoituksessa noin yhden luokan verran. Tämän perusteella lähes kaikki tutkituissa kohteissa havaittu kovettuminen olisi tapahtunut jo sekoittamisen aikana. Tämän tuloksen perusteella arvioituna sideaineen vanheneminen uusiokäsittelyjen välillä on kestopäällysteillä hyvin vähäistä.

4.2 Päälysteen vanhentaminen laboratoriossa

4.2.1 Uusiokäsittelyjen välinen vanhentaminen

Ennen varsinaisten uusiopäälysteen ominaisuuksia ja kestoikää selvittävien tutkimusten aloittamista haluttiin varmistua, että laboratoriossa valmistettu uusiopäälyste vastaa ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin todellista. Tästä syystä oli tarpeen tarkistaa ja kehittää laboratoriossa käytettäviä uusiomassan valmistus- ja vanhennustapoja.

Aluksi haluttiin selvittää, miten näyte on vanhennettava laboratoriossa, jotta vanhennus vastaa päälysteen vanhenemista tiellä uusiokäsittelyjen välillä.

Vanhennustapoja tutkittiin neljä erilaista, joissa muuttujina käytettiin vanhennettavan näytteen tyyppiä (laatta/lieriökappale) sekä vanhennuslämpötilaa ja -aikaa:

- Vanhennus 1: laatta, 85 °C / 3 vrk + 25 °C / 5 vrk
- Vanhennus 2: koekappale, 85 °C / 2 vrk + 25 °C / 5 vrk
- Vanhennus 3: koekappale, 25 °C / 7 vrk = referenssi
- Vanhennus 4: jyrsinrouhe, 85 °C / 2 vrk

Massatyypinä vanhennuskokeissa 1-3 oli AB20 ja kiviaineksena Teiskon granodioriitti. Sideaineena käytettiin 5,5 % bitumia B100/150. Pelkän massan vanhennusta tutkittiin vanhalla SMA-rouheella, jonka sideaineena oli kumibitumi. Vanhennuskäsittelyn jälkeen sideaine eristettiin päälystenäytteistä ja sideaineen tunkeuma määritettiin.

Taulukko 4. Sideaineen koveneminen laboratoriossa erilaisia vanhennustapoja käyttäen.

Vanhennus- tapa	Tiheys (kg/m ³)	Tyhjättila (%)	HVL +10 °C (kPa)	Tunkeuma (1/10 mm)
	PANK-4110	PANK-4114	PANK-4202	PANK-1101
1	2445	0,6	1808	84
2	2447	0,5	1872	79
3	2445	0,6	1671	86

SMA-jyrsinrouheen sideaineen tunkeuma oli ennen vanhennuskäsittelyä 159 1/10 mm ja sen jälkeen 112 1/10 mm.

Kaikki laataksi tai koekappaleiksi valmistetut päälystenäytteet olivat melko tiiviitä, joten ilma ei helposti päässyt tunkeutumaan näytteisiin. Bitumi koveni massan valmistuksen ja lämpökäsittelyn (85 °C) vaikutuksesta yhden tunkeumaluokan verran. Lähes samansuuruinen koveneminen todettiin lämpökäsittelystä pois jätetyissä referenssinäytteissä, joissa kaikki sideaineen koveneminen oli tapahtunut sekoituksen aikana.

Tämän tutkimuksen perusteella sideaineen hapettuminen on vähäistä alle 100 °C lämpötilassa. Lämpö vaikutti kuitenkin päällystettä stabiloivasti, mikä ilmeni lämpökäsittelyjen näytteiden referenssiä korkeampina halkaisuvetolujuuksina. Päällystenäytteitä selvästi enemmän vanheni rouheena lämpökäsittelyn materiaalin sideaine, joka muuttui yhden kovuusluokan verran.

Myös tieltä poratuista näytteistä saadut tulokset osoittivat, että vanheneminen tapahtuu pääosin käsittelyjen yhteydessä. Tästä syystä todettiin, ettei uusiokäsittelyjen välistä vanhenemista tarvitse ottaa huomioon laboratoriokäsittelyssä. Laboratoriomenetelmän kehittämiseen ei katsottu olevan tarvetta.

4.2.2 Remix-käsittelyä vastaava vanhentaminen

Remix-käsittelyä vastaava vanhentaminen oli tarpeen tehdä laboratoriossa kolme kertaa käsitellyn uusiopäällysteen ominaisuuksien selvittämiseksi. Materiaalin ottaminen kentältä ei ollut mahdollista, sillä Suomessa ei vielä ole käytetty Remix-käsittelyä kolmea kertaa peräkkäin samassa kohteessa.

Vanhennuksessa käytettiin massaa, joka vastasi kahdelle Remix-käsittelylle altistunutta päällystettä. Vanhennettavan massan koostumuksena oli siten 75 % kahdesti käsiteltyä rouhetta, 25 % lisämassaa ja elvyttimeksi lisättyä bitumia B650/900. Kaksi kertaa käsitellyn rouheen ja lisämassan ominaisuudet on kuvattu tarkemmin kappaleessa 6.

Vanhennusta varten tiivistettiin aluksi laattoja. Laattoihin asennettiin noin 4 cm syvyyteen sivulta porattu anturi, jolla mitattiin laatan lämpötilaa lämmityksen aikana. Laatoiksi jyrättyä massaa lämmitettiin kaasulla toimivalla grillillä, jonka liekki kuumensi massaa pinnalta käsin samalla tavalla kuin Remix-käsittelyn yhteydessä.

Ennen kuumentamisen aloittamista grilli asetettiin laatan päälle ja korkeusasema säädettiin oikeaksi laatan sivuille asetettujen tukien avulla. Työ tehtiin ulkona tuulettomassa paikassa, jossa massa ei jäähdy. Laattaa lämmitettiin kunnes antureiden mukaan lämpötila 4 cm syvyydessä oli noin 120°C. Lämpötila valittiin vastaamaan Remix-käsittelyssä toteutuvaa lämpötilaa. Lämmitys jouduttiin välillä keskeyttämään, koska laatan pintaosa kuumeni liian voimakkaasti. Kun 120 °C lämpötila oli saavutettu, massa oli koko laatan syvyydeltä muokattavissa.

Pehmeästä laatasta otettiin lapiolla massaa ja möyhennettiin se irtonaiseksi lämpimään metalliastiaan, joka laitettiin kannella peitettynä uuniin. Jokaisesta laatasta otettiin erillinen näyte sideaine- ja rakeisuusmäärittelyksiä varten.

Kolme kertaa käsitellyn uusiopäällysteen tekemiseksi sekoitettiin lopuksi kohdan 5.1.2 mukaista lisämassaa, joka yhdessä elvyttimen kanssa sekoitettiin vanhennettuun rouheeseen.

5 LISÄMATERIAALIN VAIKUTUS UUSIOPÄÄLLYSTEEN OMINAISUUKSIIN

5.1 Käytetyt materiaalit ja näytteiden valmistus

5.1.1 Rouhe

Ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin lisämässän ja etenkin erilaisten elvyttimien vaikutusta uusiopäällysteen ominaisuuksiin. Laboratoriotutkimuksissa käytetty rouhe otettiin keväällä 1998 työmaalta. Tällä tavalla varmistettiin, että rouheen jyrshintä ja uudelleen käsittelyn yhteydessä kuumennuksen aiheuttama vanheneminen vastasivat todellisuutta.

Rouhenäytteet otettiin Remix-laitteella kuumennetusta ja irti jyrshintä päällysteestä ennen kuin lisämässä oli sekoitettu jyrshinrouheeseen. Kohteena oli Vt 25 välillä Otalampi - Røykkiö. Vanha päällystetyyppi oli AB. Ensimmäisen tutkimusvaiheen laboratoriokeissa käytetty rouhe oli siten pelkästään vanhaa asfalttia, joka tiellä oli altistunut yhdelle kuumennuskäsittelylle ja kuumajyrshinnälle.

Neljästä eri kohdasta otetusta rouhenäytteestä määritettiin sideainepitoisuus, eristetyn sideaineen tunkeuma ja kiviaineksen rakeisuus. Sideaineen osalta tutkimustulokset on koottu taulukkoon 5. Kiviaineksen rakeisuus ja päällysteen sideainepitoisuus on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 5. Vt 25 jyrshinrouheen sideaineominaisuudet.

Näytteen nro	Sideainepitoisuus (%)	Tunkeuma (1/10 mm)
	PANK-4103	PANK-1101
5	5,8	55
10	5,7	58
15	5,6	61
20	5,7	54
KA	5,7	57
KH	0,1	3,1

Sideainepitoisuuden ja sideaineen kovuuden vaihtelut olivat vähäisiä, joten rouhe oli tasalaatuista materiaalia, eikä sen laadunvaihtelu vaikuta laboratoriossa tehtyjen uusiopäällysteiden vertailuun.

5.1.2 Lisämässä ja elvyttimet

Lisämässän kiviaineksena käytetään yleensä parasta saatavissa olevaa kiviainesta, joka on laadultaan vähintään uusittavan päällysteen kiviaineksen luokkaa. Tässä tutkimuksessa käytetty kiviaines valittiin tämän periaatteen mukaisesti, joten lisämässän kiviaineksena oli Koskenkylän kalliomurske.

Lisämässan rakeisuutena oli 0-20 mm. Lisämässan sideaineena käytettiin bitumia B70/100 ja sideainepitoisuutena 5,4 %. Lisämässan koostumus ilmenee liitteestä 2.

Lisättävistä materiaaleista muuttujaksi valittiin elvytin, koska siihen on helppo vaikuttaa toisin kuin esim. kiviaineksen ominaisuuksiin. Tutkimuksessa käytettiin kolmea eri elvytintä:

- Uusiopäälyste 1: elvyttimenä MÖP, lämpötila 120 °C
- Uusiopäälyste 2: elvyttimenä B650/900, lämpötila 150 °C
- Uusiopäälyste 3: elvyttimenä bitumiemulsio BE-PAB3, huoneenlämpö

Elvyttimiä lisättiin kaikkia sama määrä, 0,33 % rouheen painosta (200 g / 60 kg rouhetta). Bitumiemulsiota lisättiin ottaen huomioon veden määrä siten, että elvyttimen jäännöspitoisuus oli sama kaikissa kolmessa uusiopäälysteessä.

Lisämässan määräksi vakioitiin kohdassa 2.2.2 esitetyn perusteella 20 kg/m² eli 25 % uusiopäälysteen massasta. Uusiomassa valmistettiin lämmittämällä rouhe aluksi normaaliin AB-mässan sekoituslämpötilaan 160 °C kannen suojassa. Myös lisämässan materiaalit kuumennettiin tavanomaiseen tapaan, ja lisämassa sekoitettiin erikseen valmiiksi. Lisämässan valmistuksen jälkeen sekoitettiin keskenään lisämassa, rouhe ja elvytin. Uusiopäälysteen koostumus ilmenee liitteestä 3. Uusiomässan valmistuksessa pyrittiin jäljittelemään mahdollisimman hyvin kentällä tapahtuvaa sekoitusta.

Uusiomässasta tiivistettiin ICT-näytteitä ja laattoja, joista porattiin näytteet päälysteiden toiminnallisten ominaisuuksien kokeisiin.

5.2 Elvyttimen vaikutus toiminnallisiin ominaisuuksiin

5.2.1 Ominaisuudet ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa haluttiin selvittää mihin päälysteen ominaisuuksiin elvyttimillä on vaikutusta. Päälysteistä tutkittiin massakohtaisesti taulukossa 6 esitetyt ominaisuudet:

Kokeet tehtiin PANK-menetelmäkuvausten mukaisesti lukuunottamatta vedenkestävyyskoetta, jossa vesisäilytyksessä aikana käytettiin yhtä kuukautta. Tällä tavalla haluttiin saada korostetusti esille mahdolliset erot vedenkestävyydessä eri elvyttimiä käytettäessä.

Taulukko 6. Yhteenveto päällysteen toiminnallisista ominaisuuksista, joiden perusteella arvioidaan elvyttimen vaikutuksia.

Ominaisuus	Menetelmä	Menetelmännumero
Tiivistyvyys	ICT	PANK-4115
Kulutuskestävyys	SRK	PANK-4209
Deformaatiokestävyys	WT	PANK-4205
Deformaatiokestävyys	NAT 100 mm	PANK-4208
Deformaatiokestävyys	NAT 150 mm	prEN 12679-25
Vedenkestävyys 1kk vesisäilytyksellä	HVL +10°C	PANK-4301
Pakkasenkestävyys	HVL -2°C	PANK-4302
Pitkäaikaiskestävyys	Jääditys-sulatuskoe	

PANK-menetelmää mukailevan vedenkestävyysskoeken lisäksi päällysteiden pitkäaikaiskestävyyksiä selvitettiin myös altistamalla poranäytteet jääditys-sulatus-sykleille. Tämä rapautumisherkkyttä ja pitkäaikaiskestävyyttä kuvaava menetelmä on kehitetty varsinaisesti kiviaineksen rapautumisalttiuden tutkimiseen (PANK-2110). Menetelmää on tässä hieman muutettuna sovellettu päällysteliöille. Tarve kehittää päällysteen pitkäaikaiskestävyyden arviointia on tullut esille, koska tarttuvuusluvun ei ole koettu olevan riittävän luotettava. Tarttuvuuslukumäärittämisessä veden vaikutus märkinä koestettaviin näytteisiin jää vähäiseksi lyhytaikaisen vesisäilytyksen vuoksi.

Jääditys-sulatus-kokeessa halkaisijaltaan 100 mm olevien näyteliöiden tyhjätila imeytetään aluksi täyteen alipaineen avulla. Nesteenä voidaan käyttää vettä tai esim. suolaliuosta, jonka rapauttava vaikutus on kymmenkertainen puhtaaseen veteen verrattuna. Näytteet altistetaan kymmenelle jääditys-sulatus-syklille, jonka jokaisen kesto on 24 tuntia. Lämpötilaa muutetaan + 20 °C ja - 20 °C välillä. Sykliä jälkeen näytteistä määritetään halkaisuvetolujuudet, joita verrataan sykleille altistumattomien näytteiden lujuusarvoihin.

Toisena PANK-menetelmistä poikkeavana kokeena oli tutkimuksessa jaksollinen virumiskoe, jossa koestettiin halkaisijaltaan 150 mm näytettä. Koejärjestelyä on ehdotettu EN-standardiksi. Tutkimuksessa haluttiin selvittää menetelmällä saatujen tulosten yhteydet Suomessa aiemmin käytettyjen deformaatiokestävyyden tutkimusmenetelmien tuloksiin. Selvitystyötä oli mahdollista tehdä tämän tutkimuksen yhteydessä, koska deformaatiokestävyyttä tutkittiin virumiskokeella 100 mm näytteillä ja pyöräurituslaitteella.

5.2.2 Toiminnallisten kokeiden tulokset

Massojen tiivistyvyyttä tutkittiin kiertotiivistyslaitteella ennen varsinaisten toiminnallisten kokeiden tekemistä. Massoista tiivistettiin halkaisijaltaan 100

mm näytteitä, ja tiivistyskierrosten lukumääränä käytettiin 102 kierrosta. Liitteenä 4 on kuvaajat, joista ilmenee leikkausvoiman kehittyminen tiivistyskierrosten lukumäärän kasvaessa. Kaikki massat olivat erittäin helposti tiivistyviä ja saavuttivat jo 20-30 tiivistyskierroksen jälkeen lopullisen tiiveytensä. Tämän jälkeen leikkausvoima laski rajusti, mikä osoittaa päällysteiden olevan deformaatioherkkiä. Maksimissaankin leikkausvoimat jäivät pieniksi tavalliseen AB-päällysteeseen verrattuna. Rinnakkaisia näytteitä tiivistettiin kolme kustakin massasta. Rinnakkaisnäytteiden tiivistyvyydessä oli selviä eroja, mikä viittaa vaihteluun rouheen laadussa ja massojen epähomogeenisuuteen. Tiivistyskokeiden tulosten perusteella uusiopäällysteet ovat helposti tiivistyviä. Ongelmaksi saattaa muodostua heikko deformaatiokestävyys.

Taulukkoon 7 ja liitteeseen 5 on koottu pyöräurituskokeiden tulokset. Taulukosta 8 ilmenevät kaikki tutkitut uusiopäällysteiden toiminnalliset ominaisuudet kolmea elvyttintä käyttäen.

Taulukko 7. Pyöräurituskokeiden tulokset.

Elvytin		Alku-ura (mm)	Deformaatio- ura (mm)	Kokonais- painuma (mm)	Liite
MÖP		3,5	6,1	9,6	5 (1/6)
		2,9	4,5	7,4	5 (2/6)
	KA	3,2	5,3	8,5	
B650/900		2,2	3,8	5,9	5 (3/6)
		2,3	4,7	7,0	5 (4/6)
	KA	2,3	4,3	6,5	
BE-PAB3		2,6	5,1	7,7	5 (5/6)
		2,2	4,2	6,4	5 (6/6)
	KA	2,4	4,7	7,1	

Eri elvyttimillä valmistettujen massojen kulutuskestävyydessä, vedenkestävyydessä ja pitkäaikaiskestävyydessä ei ollut merkittävää eroa. Kaikilla näytteillä oli sekä veden- että pitkäaikaiskestävyys hyvä. Osaltaan tähän saattaa vaikuttaa se, että näytteet olivat tiiviitä eikä vesi päässyt tunkeutumaan huokosiin kunnolla. Tunkeutumista yritettiin tehostaa pitkällä vesisäilytyksellä, mutta altistus vedelle ja pitkäaikaiskestävyysskokeessa suolaliukselle ei silti vaikuttanut tuloksiin.

Pehmeintä tutkituista massoista oli mäntyöljypiellä elvytetty päällyste, jolla halkaisuvetolujuus +10 °C lämpötilassa jäi kahta muuta massaa alhaisemmaksi. Mäntyöljypikeä sisältävän päällysteen pehmeys tuli ilmi myös pakkasenkestävyysskokeessa, vaikka pakkasenkestävyys jäikin kaikilla materiaaleilla melko huonoksi. Vaikka bitumisten elvyttimien B650/900 ja V3000 jäykkyyksissä onkin eroa, ei se vaikuttanut uusiopäällysteen stabiliteettiin. Huono kylmäkestävyys viittaa siihen, että sideaineen elastiset ominaisuudet ovat heikentyneet kuumennuksen seurauksena. Tämä seikka ei tule ilmi halkaisuvetolujuuksissa +10 °C lämpötilassa.

Taulukko 8. Päällysteiden toiminnalliset ominaisuudet kolmella elvyttimellä.

Ominaisuus	ELVYTIN		
	MÖP	B650/900	BE-PAB3
1. Tilavuussuhdetiedot / laatat			
TT (%)	1,9	2,0	2,0
KAT (%)	15	15	15
TA (%)	88	87	87
2. Kulutuskestävyys			
SRK-arvo (cm ³)	34	37	35
3. Deformaatiokestävyys, näyte 100 mm			
Jaksollinen virumiskoe NAT (mm)	2,7	3,3	4,4
4. Deformaatiokestävyys, näyte 150 mm			
Jaksollinen virumiskoe NAT (mm)	3,0	4,2	3,2
5. Pyöräurituskoee (mm)			
Kokonaispainuma *)	8,5	6,5	7,1
6. Vedenkestävyys (30 vrk, +10 °C)			
HVL ilma (kPa)	1583	1805	1875
HVL vesi (kPa)	1669	1873	1818
kerroin (%)	105	104	97
HVJ ilma (MPa)	77	94	97
HVJ vesi (MPa)	81	92	85
kerroin (%)	105	98	88
7. Pakkaskestävyys (-2 °C)			
HVL (MPa)	3,8	4,0	4,3
8. Pitkäaikaiskestävyys (10 vrk, +10 °C))			
HVL (kPa)	1670	1860	1875
HVJ (kPa)	80	100	85
HVL-kerroin **) (%)	105	103	100
HVJ-kerroin **) (%)	104	106	88

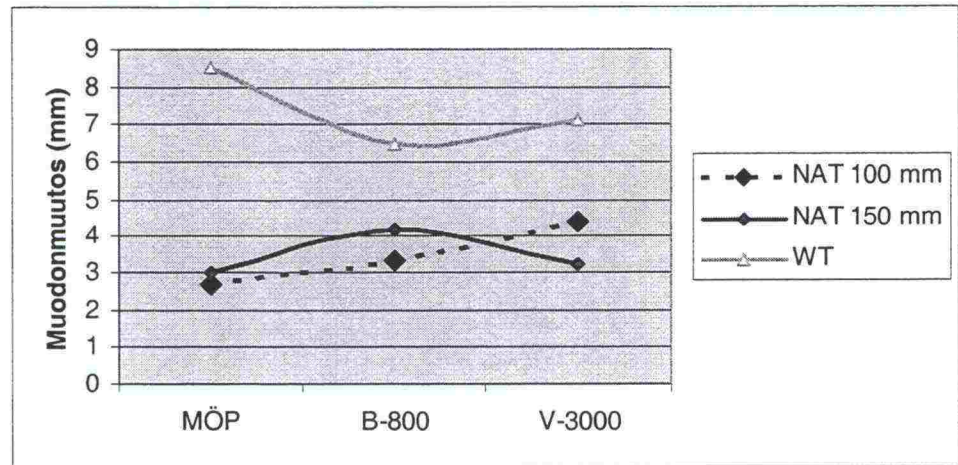
Taulukossa 8

*) Tulos on kahdesta laatasta määritettyjen arvojen keskiarvo

**) Vertailuarvona on käytetty vedenkestävyyskoekoiden tuloksia

Deformaatiokestävyydet määritettiin kolmella menetelmällä, joiden tuloksia on vertailtu kuvassa 4. Eri menetelmien tulokset ovat jonkin verran ristiriitaisia. PANK-menetelmän mukaisen virumiskokeen (100 mm näyte) tuloksen perusteella deformaatiokestävyys on paras käytettäessä elvyttimenä mäntyöljypikeä ja huonoin emulsiolla BE-PAB3. Eri päällysteiden välillä havaitut erot (2,7 – 4,4 mm) ovat menetelmän tarkkuuden huomioon ottaen suuruudeltaan merkityksellisiä. Samalla

tutkimusmenetelmällä isommalla näytekoolla (150 mm näyte) saatu tulos on samansuuntainen, mutta asettaa elvyttimet B650/900 ja BE-PAB3 päinvastaiseen järjestykseen päällysteen deformaatioherkkyyden suhteen.



Kuva 4. Näytteiden muodonmuutokset kolmella eri deformaatiokokeella.

Pyöräurituskoee antaa elvyttimien vaikutuksesta erilaisen kuvan kuin virumiskokeet. Pyöräurituskokeen tulosten perusteella deformaatioherkintä on päällyste, jossa elvyttimenä on käytetty mäntyöljypikeä. Kolmen päällysteen tulokset vaihtelevat kuitenkin vain vähän (6,5 – 8,5 mm), joten menetelmän tarkkuuden huomioon ottaen ei deformaatiokestävyyksissä ilmennyt suuria eroja. Luotettavimmalta deformaatiokestävyyden määrittämismenetelmältä vaikuttaa näiden tulosten perusteella pyöräurituskoee, sillä halkaisuvetolujuuskokeen perusteella pehmeintä oli mäntyöljypikeä sisältävä päällyste. Elvyttimen vaikutusta deformaatiokestävyyteen on kuitenkin vaikea arvioida tarkasti. Samalla tutkimusmenetelmällä saatiin eri päällysteiden välille vain vähäisiä eroja ja eri menetelmillä tulokset ovat osittain ristiriitaisia.

Vaikka päällysteiden keskinäistä paremmuutta deformaatiokestävyyden suhteen on tulosten perusteella vaikea arvioida, osoittavat ne kuitenkin tiivistyskoekoiden tapaan deformaatiokestävyyden kaikilla tutkituilla päällysteillä melko huonoksi. Deformaatiokestävyyttä voisi parantaa suhteituksella muuttamalla lisämäärän rakeisuutta karkeammaksi.

Tulosten perusteella ei uusiopäällysteen ominaisuuksien kannalta ole merkittävää eroa sillä, mitä elvyttintä käytetään. Kaikki elvyttimet toimivat siten, että uusiopäällysteet säilyttävät hyvän vedenkestävyyden ja pitkäaikaiskestävyyden. Eniten uusiopäällystettä pehmentää mäntyöljypien käyttö, joten se sopii hyvin käytettäväksi ainakin useamman kerran samaa päällystettä uusiokäsiteltäessä.

6 USEAN UUSIOKÄSITTELYN VAIKUTUKSET PÄÄLLYSTEEN OMINAISUUKSIIN

6.1 Käytetyt materiaalit ja näytteiden valmistus

6.1.1 Rouhe

Jyrsinrouhe otettiin Hämeen tiepiirin Remix-kohteelta Vt 12 Tottijärvi-Nokia 8.6.1998. Korjattava päällyste oli kertaalleen vuonna 1991 Remix-käsitelty AB20. Alkuperäinen laatta oli vuodelta 1986. Taulukkoon 9 on koottu alkuperäisestä ja yhteen kertaan Remix-käsitellystä päällysteestä vuonna 1998 määritetyt tiedot.

Taulukko 9. Jyrsinrouhekohteen historiatiedot.

	Päällyste 1986	Remix-päällyste 1991
Sideaine	B70/100	B70/100
Sideainepit. (%)	5,8	6,0
Tyhjätila (%)	2,4	2,8

Vuonna 1986 päällystystyössä käytetty kiviaines oli ollut murskesoraa ja sen oli todettu täyttävän laatuvaatimukset. Ensimmäisen Remix-käsittelyn yhteydessä vuonna 1991 massaa oli lisätty 27 kg/m².

Rouhenäytteet otettiin toisen käsittelykerran yhteydessä kohdasta, joka oli kuumennettu ja jyrsitty, mutta johon ei vielä ollut lisätty uutta massaa. Kohteessa oli tehty myös urapaikkausta. Näytteet otettiin näiden kohtien ulkopuolelta, jotta rouheen lähtötiedot saatiin mahdollisimman tarkasti.

Asfalttirouheen rakeisuus ilmenee liitteestä 6. Kolmesta jyrsinrouhenäytteestä määritettiin sideainepitoisuudet ja sideaine eristettiin uuttosuodatusmenetelmällä tunkeumamääriä varten. Rouheen sideainepitoisuus oli 5,8 % ja sideaineen tunkeuma 47 1/10 mm.

6.1.2 Lisämassa

Lisämässan kiviaineksena käytettiin Takamaan kalliomursketta, jonka kuulamylyarvo on 7,9. Kiviaineksen rakeisuus on liitteenä 7 (1/2). Kalliomurskeen lisäksi lisämässan valmistuksessa käytettiin hiekkaa, rakeisuus liite 7 (2/2). Osa täytejauheesta korvattiin kiviaineksen omalla syklonipölyllä.

Lisämässan rakeisuus oli 0-16 mm, sideaineena B70/100 ja sideainepitoisuuden ohjearvona 6,2 %. Massaa lisättiin kentällä 24 kg/m², ja elvyttimenä käytettiin bitumia B650/900, jota lisättiin 180 g/m². Massan koostumus ilmenee liitteestä 8.

Lisämassa sekoitettiin laboratorioissa Vt 12-kohteessa käytettyä massaa vastaavaksi käyttäen samoja materiaaleja kuin Remix-urakassa. Lisämassa tehtiin juuri ennen käyttöä, jotta välttyttiin massan ylimääräiseltä lämmittämiseltä.

6.1.3 Poranäytteet

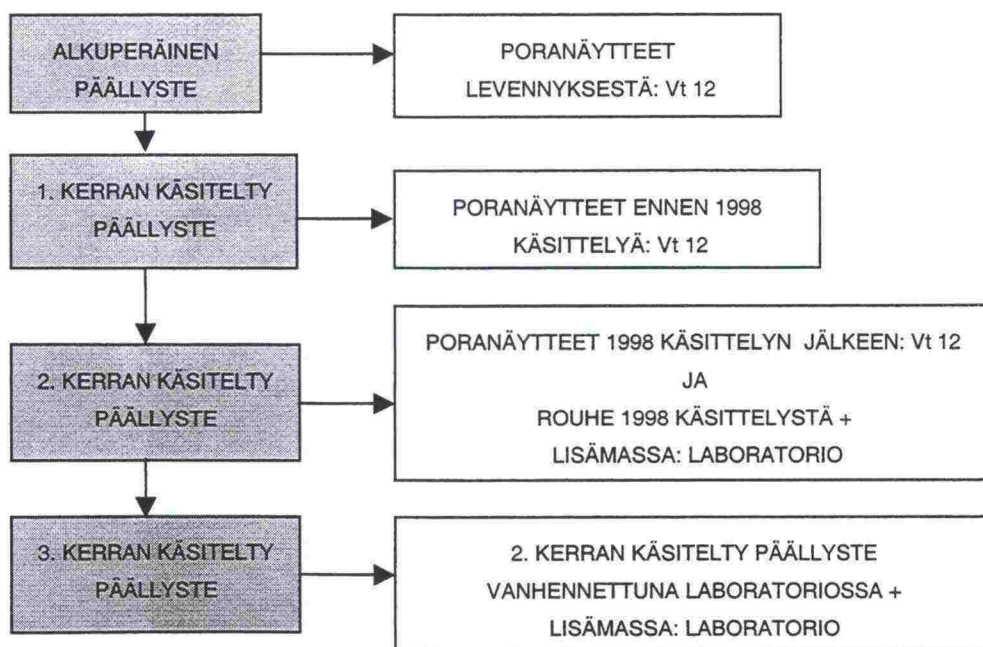
Poranäytteet otettiin samasta kohteesta Vt 12 Tottijärvi - Nokia kuin jyrsinrouhe Hämeen tiepiirin Remix-urakan yhteydessä 8.6.1998. Päällystetyyppinä oli AB20. Käsittelykertojen lukumäärän vaikutuksen selvittämiseksi poranäytteitä otettiin kolmesta historialtaan erilaisesta kohdasta seuraavasti.

- Alkuperäinen käsittelemätön päällyste (1986)
- yhden kerran käsitelty päällyste (1991)
- kaksi kertaa käsitelty päällyste (1998).

Alkuperäisestä käsittelemättömästä päällysteestä saatiin otettua poranäytteet levennyksen kohdalta Tottijärven liittymästä (PL 1+30), jota ei oltu käsitelty aiemman uusiokäsittelyn yhteydessä. Vuonna 1991 käsitellystä päällysteestä näytteenottokohtana oli PL 16+90. Uudesta juuri toiseen kertaan käsitellystä päällysteestä näytteet porattiin paalulta PL 11+30. Näytteet otettiin vasemmalta kaistalta reunauran kohdalta.

6.1.4 Päällystenäytteiden otto ja valmistaminen laboratorioissa

Kuvassa 5 on kootusti esitetty näytteenotto tai näytevalmistus eri tutkimusvaiheita varten.



Kuva 5. Näytevalmistus uusiokäsittelykertojen lukumäärän vaikutusta tutkittaessa.

Halkaisijaltaan 100 mm porakappaleet saatiin Vt 12:lta alkuperäisestä päällysteestä sekä yksi ja kaksi kertaa käsitellyistä päällysteistä. Laboratoriossa näytteet jouduttiin valmistamaan erikseen kokeisiin, joissa näytteeksi tarvittiin päällystelaatta (pyöräurituskoee) sekä tutkimuksiin, joilla selvitettiin kolmen käsittelykerran vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin.

Pyöräurituskoeksessa kahteen kertaan käsiteltyä päällystettä edustaneet laatat valmistettiin laboratoriossa tieltä otetusta kaksi kertaa Remix-käsitellystä jyrsinrouheesta, johon lisättiin laboratoriossa sekoitettua lisämassaa. Samaa massaa käytettiin myös kiertotiivistimellä tehdyissä tiivistyvyyskoeksissa. Uusiopäällysteessä rouheen osuus oli 75 % ja lisämassan 25 %. Massan koostumus ilmenee liitteestä 9.

Kolmen käsittelykerran vaikutusten selvittämiseksi massa jouduttiin vanhentamaan laboratoriossa kolmannen kerran. Vanhennus on kuvattu kohdassa 4.2.2. Lopuksi kolme kertaa vanhennettuun massaan lisättiin uutta massaa 25 % ja elvyttimiksi bitumia B650/900. Uusiomassasta tiivistettiin laattoja toiminnallisten ominaisuuksien määrittämistä varten.

6.2 Käsittelykertojen lukumäärän vaikutus toiminnallisiin ominaisuuksiin

6.2.1 Ominaisuudet ja tutkimusmenetelmät

Uusiopäällysteestä tutkittiin yhden, kahden ja kolmen käsittelykerran jälkeen taulukosta 10 ilmenevät ominaisuudet.

Taulukko 10. Yhteenveto päällysteen toiminnallisista ominaisuuksista, joiden perusteella arvioidaan käsittelykertojen lukumäärän vaikutuksia.

Ominaisuus	Menetelmä	Menetelmä-numero	Käsittelyjen lkm / näyte
Tiivistyvyys	ICT	PANK-4115	2, 3 (L)
Kulutuskestävyys	SRK	PANK-4209	1, 2 (P) ja 3 (L)
Deformaatiokestävyys	WT	PANK-4205	2, 3 (L)
Deformaatiokestävyys	NAT 100 mm	PANK-4208	1, 2 (P) ja 3 (L)
Deformaatiokestävyys	NAT 150 mm	PrEN 12679-25	2, 3 (L)
Vedenkestävyys 1kk vesisäilytyksellä	HVL +10°C	PANK-4301	0, 1, 2 (P) ja 3 (L)
Pakkasenkestävyys	HVL -2°C	PANK-4302	1, 2 (P) ja 3 (L)
Pitkäaikaiskestävyys	Jäädytys-sulatuskoe		0, 1, 2 (P) ja 3 (L)

Taulukossa 10

P = poranäyte

L = laboratoriossa valmistettu näyte

Lisäksi mukana oli muutama näyte, joka oli porattu Remix-käsittelyjen ulkopuolelle jääneestä päällysteestä, jonka ikä oli 12 vuotta. Näistä porakappaleista selvitettiin päällysteen pitkäaikaiskestävyyttä. Näytteenä oli joko päällysteestä porattu kappale (P) tai laboratorioissa (L) valmistettu näyte.

Menetelmät, jotka eivät ole PANK-menetelmien mukaisia, on kuvattu kappaleessa 5.2.1.

6.2.2 Poranäytteistä määritetyt ominaisuudet

Poranäytteistä tutkitut toiminnalliset ominaisuudet on koottu taulukkoon 11.

Taulukko 11. Poranäytteistä määritetyt ominaisuudet.

Ominaisuus	Käsittelykertojen lukumäärä		
	0	1	2
1. Kulutuskestävyys SRK-arvo (cm ³)	-	47	45
2. Deformaatiokestävyys, näyte 100 mm Jaksollinen virumiskoe NAT (mm)	-	6,7	5,2
3. Vedenkestävyys (+10 °C)			
HVL ilma (kPa)	1760	1665	1380
HVL vesi (kPa)	1850	1655	1355
kerroin (%)	105	99	98
HVJ ilma (MPa)	83	76	49
HVJ vesi (MPa)	83	78	45
kerroin (%)	100	103	92
4. Pakkaseenkestävyys (-2 °C)			
HVL (MPa)	-	3,4	3,0
5. Pitkäaikaiskestävyys (10 vrk, +10 °C))			
HVL (kPa)	1695	1490	1330
HVJ (kPa)	77	80	50
HVL-kerroin *) (%)	96	89	96
HVJ-kerroin *) (%)	92	105	102

Taulukossa 11

*) Vertailuarvona on käytetty vedenkestävyysskoekokeiden tuloksia

Poranäytetulosten perusteella kaksi käsittelykertaa ei ollut merkittävästi muuttanut päällysteen ominaisuuksia. Alkuperäiseen päällysteeseen verrattuna päällysteen lujuus oli hieman pienentynyt uusiokäsittelyjen vaikutuksesta. Pehmeneminen ilmeni myös käsittelyjen myötä paranevana

kylmäkestävyytenä. Oletus päälysteen mahdollisesta kovenemisesta uusiokäsittelyjen kuumennuksen aiheuttaman vanhenemisen takia ei siten osoittautunut oikeaksi.

Poranäytteiden tutkimustuloksia on tarkemmin analysoitu kohdassa 6.2.3, jossa niitä on verrattu laboratoriossa valmistetuista näytteistä saatuihin tuloksiin.

6.2.3 Laboratoriossa valmistetuista näytteistä määritetyt ominaisuudet

Poranäytteistä saatuja tutkimustuloksia täydennettiin laboratoriossa valmistetuilla näytteillä. Kuten eri elvyttimien vaikutusta tutkittaessa, selvitettiin tässäkin aluksi päälystemassojen tiivistyvyyttä kahden ja kolmen käsittelykerran jälkeen. Molemmat massat tiivistyivät erittäin helposti. Tämä ilmeni leikkausvoimien pieninä arvoina koko tiivistyksen ajan. Tiivistystä jatkettiin 102 tiivistyskierrokseen asti, mutta molemmilla massoilla näytteet saavuttivat lopullisen tiiviuden jo n. 30 kierroksen jälkeen. Tiivistyskokeiden perusteella uusiopäälysteiden tiivistäminen haluttuun tiiveyteen ei tuota ongelmia, mutta niiden deformaatiokestävyys saattaa olla huono. Taulukkoihin 12 ja 13 on koottu päälysteiden toiminnallisten kokeiden tutkimustulokset.

Taulukko 12. Pyöräurituskokeiden tulokset.

Käsittely- kertojen lkm		Alku-ura (mm)	Deformaatio- ura (mm)	Kokonais- painuma (mm)	Liite
2 käsittelyä		3,1	7,7	10,8	10 (1/4)
		4,1	10,5	14,6	10 (2/4)
	KA	3,6	9,1	12,7	
3 käsittelyä		2,1	10,1	12,2	10 (3/4)
		2,6	5,2	7,8	10 (4/4)
	KA	2,4	7,7	10,0	

Kuvassa 6 on tarkasteltu uusiokäsittelyjen lukumäärän vaikutusta päälysteen deformaatiokestävyyteen. Tulokset on määritetty kolmella eri tutkimusmenetelmällä. Kuten elvyttimien vaikutusta tutkittaessa, erot eri päälysteiden välillä jäivät tässäkin pieniksi eivätkä ole menetelmien tarkkuudet huomioon ottaen selviä. Toisaalta pyöräurituskokeessa kahden rinnakkaiskokeen tulokset poikkesivat huomattavasti toisistaan. Suuri hajonta saattaa aiheutua massan epähomogeenisuudesta.

Taulukko 13. Laboratoriossa valmistettujen näytteiden ominaisuudet.

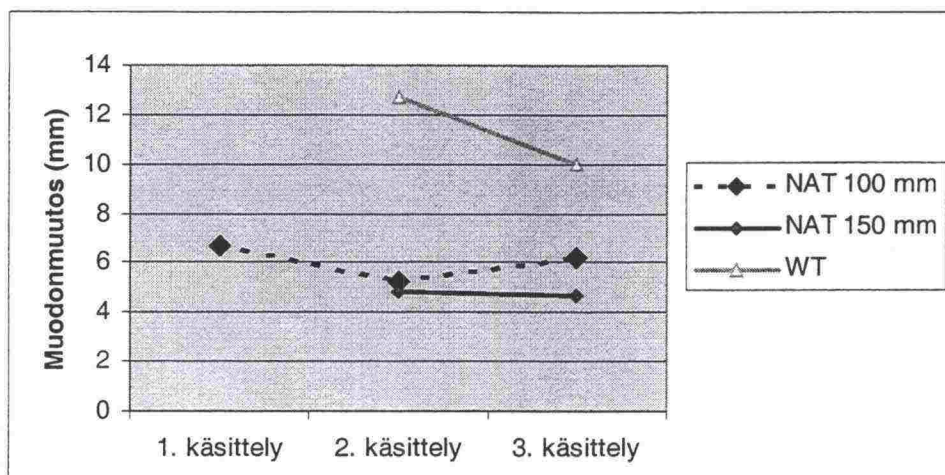
Ominaisuus	Käsittelykertojen lukumäärä	
	2	3
1. Tilavuussuhdetiedot / laatat		
TT (%)	1,4	1,1
KAT (%)	16	16
TA (%)	91	93
2. Kulutuskestävyys		
SRK-arvo (cm ³)	-	37
3. Deformaatiokestävyys, näyte 100 mm		
Jaksollinen virumiskoe NAT (mm)	> 8,0 **)	6,2
4. Deformaatiokestävyys, näyte 150 mm		
Jaksollinen virumiskoe NAT (mm)	4,8	4,7
5. Pyöräurituskoee (mm)		
Kokonaispainuma	12,7	10,0
6. Vedenkestävyys (+10 °C)		
HVL ilma (kPa)	-	2205
HVL vesi (kPa)	-	2254
kerroin (%)		102
HVJ ilma (MPa)		112
HVJ vesi (MPa)		104
kerroin (%)		93
7. Pakkaseenkestävyys (-2 °C)		
HVL (MPa)	-	3,9
8. Pitkäaikaiskestävyys (10 vrk, +10 °C)		
HVL (kPa)	-	2128
HVJ (MPa)		98
HVL-kerroin *) (%)		97
HVJ-kerroin *) (%)		88

Taulukossa 13

*) Vertailuarvona on käytetty vedenkestävyyskokeiden tuloksia

**) Suuri hajonta, kolme neljästä näytteestä ei kestänyt testiä loppuun

Tuloksien perusteella päällysteen deformaatiokestävyys paranee hieman käsittelykertojen lukumäärän kasvaessa, mikä on selitettävissä sideaineen kovenemisella. Kaikilla menetelmillä deformaatiokestävyys osoittautui huonoksi, mikä vastaa tiivistyskokeissa saatuja tuloksia. Myös näiden massojen osalta deformaatiokestävyyttä tulisi yrittää parantaa suhteituksella lisämäärän koostumusta muuttamalla.

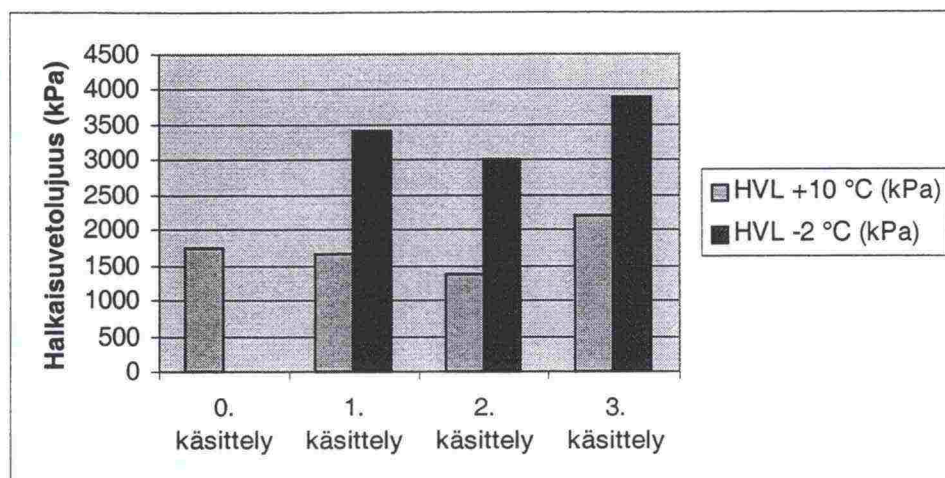


Kuva 6. Uusiokäsittelykertojen lukumäärän vaikutus päällysteen deformaatiokestävyyteen.

Päällysteen vedenkestävyys ja pitkäaikaiskestävyys säilyivät hyvinä uusiokäsittelyistä huolimatta. Ainoastaan yhden kerran uusiokäsittelyn päällysteen lujuus heikkeni merkittävästi pitkäaikaiskestävyysskokeessa. Jäädäys-sulatussykleihin perustuva pitkäaikaiskestävyyden tutkimusmenetelmä on vielä kehitysvaiheessa. PANK-menetelmän mukaisen vedenkestävyysskoeken tapaan sen ongelmaksi on osoittautunut näytteen kyllästäminen. Tiiviin AB-näytteen huokostila ei ilman paineistusta täyty kokonaan, ja menetelmä menettää tehokkuutensa. Menetelmää on tarkoitus kehittää, ja ryhtyä käyttämään liuoksessa veden pintajännitystä alentavaa ainetta, esim. asetaattia, huokostilan täyttymisen varmistamiseksi.

Kulutuskestävyys oli kolmesti käsitellyllä päällysteellä selvästi parempi kuin vähemmän käsitellyistä päällysteistä otetuilla näytteillä. Syytä tähän on vaikea määrittellä. ASTO-kokeiden tulosten perusteella sideaineen kovuus ei vaikuta kulutuskestävyyteen, kun sideaineena on modifioimaton bitumi. Runkoaineiksena käytetyt materiaalit olivat kaikissa vaiheissa samoja, joten n. 10 yksikön ero kulutuskestävyydessä ei voi johtua materiaalmuuttujista.

Päällysteen lujuus pieneni halkaisuvetokokeen tulosten perusteella kahden ensimmäisen käsittelykerran vaikutuksesta. Kuvassa 7 on esitetty näytteiden halkaisuvetolujuudet kahdessa eri lämpötilassa. Kolmannen laboratoriossa tehdyn käsittelyn jälkeen lujuudet sitävastoin suurentuivat. Käyttäytyminen oli samanlaista molemmissa testilämpötiloissa +10 °C ja -2 °C. Poranäytteiden perusteella kylmäkestävyys siis parani käsittelykertojen lukumäärän kasvaessa, mutta heikkeni laboratoriovanhennuksen jälkeen. Vastaavasti päällysteen stabiilisuus parani viimeisellä käsittelykerralla. Tämä tulos on yhdensuuntainen pyöräurituskoeken tuloksen kanssa.



Kuva 7. Päälysteen jäykkyyden muuttuminen uusiokäsittelyissä.

Uusiopäälysteen käyttäytyminen ja ominaisuudet kolmannen käsittelykerran jälkeen poikkesivat selvästi korkeintaan kaksi kertaa käsitellyn päälysteen toiminnallisista ominaisuuksista. Tämä tuli esille etenkin kulutus- ja pakkaskestävyydessä sekä päälysteen halkaisuvetolujuutena määritetyssä jäykkyydessä. Havaitun eron syynä voi olla

- laboratoriovanhennus oli tiellä Remix-käsittelyssä tapahtuvaan todelliseen vanhenemiseen verrattuna päälysteen ominaisuuksia toisella tavalla muuttava.
- laboratoriovanhennus oli tiellä tapahtuvaan todelliseen vanhenemiseen verrattuna liian tehokas, vaikka vanhennuslämpötila vastasikin Remix-käsittelyssä toteutuvaa lämpötilaa.
- uusiopäälysteen ominaisuudet muuttuvat selvästi, kun samaa päälystettä käsitellään enemmän kuin kaksi kertaa.

Lisämäärän ja elvyttimen laatu ja määrä olivat kullakin käsittelykerralla samat, joten niiden pehmentävässä vaikutuksessa ei ollut eroa.

Havaitun eron selvittämiseksi selvitettiin sideaineen kovenemista eri käsittelykertojen välillä ja niiden aikana. Tunkeumat tutkittiin toiminnallisten ominaisuuksien määrittämiseksi käytetyistä näytteistä. Tunkeuma-arvo ei välttämättä ole ainoa vanhennuksen tehokkuudesta ja vaikutustavasta kertova kriteeri, mutta sillä saatiin suuntaa antava kuva vanhennusten vaikutuksesta sideaineeseen. Taulukkoon 14 on koottu sideaineen tunkeuma-arvot uusiokäsittelyjen eri vaiheissa.

Taulukko 14. Sideaineen tunkeuman kehittyminen.

Tunkeuma 1/10 mm	0. käsittely 1986	1. käsittely 1991	2. käsittely 1998	3. käsittely laboratorio
Ennen käsittelyä		~ 65	54	
Käsittelyn jälkeen	~ 65	53	57	45

Alkuperäisessä päällysteessä vuodelta 1986 sideaineena oli käytetty bitumia B70/100. Tässä on aiemman tutkimustiedon perusteella oletettu, että sideaine kovettui massaa sekoitettaessa korkeintaan yhden tunkeumaluokan. Tämän tutkimuksen kohdassa 4.1 saadun tuloksen perusteella oletettiin edelleen, että valmiissa päällysteessä sideaine ei ole merkittävästi vanhentunut.

Muut taulukossa esitetyt tunkeuma-arvot ovat laboratoriossa määritettyjä tuloksia. Niiden perusteella päällysteen sideaine ei ole kovettunut ensimmäisen ja toisen käsittelykerran vaikutuksesta, vaan elvyttimellä ja lisämäärän pehmeämmällä sideaineella on kuumennuksessa tapahtuvan hapettumisen vaikutus kumottu. Laboratoriokäsittely oli tähän verrattuna siten liian tehokas. Sideaine koveni käsittelyssä yhden tunkeumaluokan; kun kahdesti käsitellyn massan tunkeuma oli 57 1/10 mm, oli se kolme kertaa käsitellyllä massalla enää 45 1/10 mm. Sideaineen koveneminen ilmenee toiminnallisissa ominaisuuksissa lähinnä deformaatiokestävyyttä parantavasti ja lujutta elastisuuden kustannuksella lisäävästi.

Kaksi ja kolme kertaa käsitellystä uusiopäällysteestä tiivistettiin laboratoriossa lopuksi laatat minikoetietutkimusta varten. Laattojen koostumus oli sama kuin laboratoriotutkimuksissa, ja niitä valmistettiin kaksi rinnakkaista. Laatat asennettiin laajemman minikoetien yhteyteen Vt 8:lle Kokkolan pohjoispuolelle (Shellin huoltoaseman kohdalle). Asentamisen jälkeen tehtiin 0-mittaus, ja ensimmäinen varsinainen urautumisesta kertova tulos saadaan keväällä 1999. Seuranta jatketaan useita vuosia.

Kaksi uudelleen käsittelyä ei tämän tutkimuksen perusteella heikennä päällysteen toiminnallisia ominaisuuksia, joten kahden uusiokäsittelyn tekeminen peräkkäin ei vaikuta päällysteen laatua heikentävästi tai sen kestoikää lyhentävästi. Kolmannen käsittelykerran jälkeen saadut tutkimustulokset eivät laboratoriovanhennuksen epäonnistumisen vuoksi kuvaa todellista tilannetta, eikä niiden perusteella voida päätellä kolmannen peräkkäisen uusiokäsittelyn mahdollisia riskejä.

7 DEFORMAATIOKESTÄVYYDEN TUTKIMUSMENETELMIEN VERTAILU

Tutkimuksen yhtenä tarkoituksena oli selvittää deformaatiokestävyyden tutkimiseen käytettävien eri menetelmien välistä yhteyttä. Uutena menetelmänä oli selvityksessä mukana EN-standardiehdotuksen mukainen jaksollinen virumiskoe, jossa näytteenä on halkaisijaltaan 150 mm lieriö. Muutoin koejärjestely vastaa meillä aiemmin 100 mm näytteellä tehtyä jaksollista virumiskoetta.

Taulukkoon 15 on koottu menetelmien väliset korrelaatiokertoimet. Aineistona korrelaatioiden määrittämisessä on käytetty sekä tutkimusvaiheen I että vaiheen II tuloksia.

Taulukko 15. Deformaatiokestävyyden arviointiin käytettyjen menetelmien väliset korrelaatiot.

Tutkimusmenetelmät	Korrelaatiokerroin
NAT 100 / NAT 150	0,50
NAT 100 / WT	0,70
NAT 150 / WT	0,62

Paras korrelaatio saadaan Suomessa tähän asti käytettyjen menetelmien välillä, joskin sekin jää melko alhaiseksi. Pyöräurituskoetta pidetään deformaatiokestävyyden arvioinnissa virumiskoetta luotettavampana. Pyöräurituskoe ja jaksollinen virumakoe ovat koejärjestelyltään täysin erilaisia kokeita, mikä osaltaan saattaa vaikuttaa tuloksiin. Pyöräurituskoe vastaa virumiskoetta paremmin todellista kuormitustilannetta. Virumakokeessa näytteeltä puuttuu kokonaan sivutuki, minkä seurauksena materiaali pääsee siirtymään näytteen reunoille. Muodonmuutokseen saattaa vaikuttaa deformaatiokestävyyden ohella myös muut päällysteen ominaisuudet, esim. kiviaineksen ja sideaineen välinen tartunta.

Eri kokoisilla näytteillä tehtyjen virumiskokeiden tulosten välinen riippuvuus jäi huonoksi. Siirtyminen määrittämään deformaatiokestävyys 150 mm näytteistä jaksollisella virumiskokeella edellyttää lisäselvityksiä suuremmalla aineistolla.

8 YHTEENVETO

Uusiopäällysteiden ominaisuuksien laajempi tutkimustarve on tullut ajankohtaiseksi, kun uusiopäällystetekniikoiden käyttö on yleistynyt ja vakiintunut Suomessa 1990-luvulla. Ennen tätä selvitystä ei uusiokäsittelyn vaikutuksia päällysteen ominaisuuksiin ole perusteellisesti tutkittu. Tutkimus toteutettiin kahdessa vaiheessa, joissa selvitettiin:

- Vaihe 1: Elvyttimen laadun vaikutukset päällysteen ominaisuuksiin.
- Vaihe 2: Uusiokäsittelykertojen lukumäärän vaikutukset päällysteen ominaisuuksiin.

Tavoitteena oli saada tietoa edellä mainittujen muuttujien vaikutuksista siten, että tulosten perusteella voidaan antaa suosituksia uusiopäällysteiden käyttöön, suunnitteluun ja laadunvalvontaan. Tutkimuksen kohteena oli Remix-menetelmä, koska se on yleisimmin käytetty uusiomenetelmä Suomessa.

Ennen varsinaisia uusiokäsittelyihin liittyviä tutkimuksia selvitettiin taustatiedoksi päällysteen vanhenemista uusiokäsittelyjen välillä. Tulokset osoittivat, että alle 100 °C lämpötiloissa sideaine tiiviissä päällystelaatassa ei juurikaan kovene. Merkittävä hapettuminen, jonka suuruus on noin yksi tunkeumaluokka, tapahtuu uusiokäsittelyn aikana päällysteen kuumentamisen seurauksena.

Tutkitut elvyttimet mäntyöljypiki (MÖP), B650/900 ja BE-PAB3 vaikuttivat kaikki toivotulla tavalla vanhaa asfalttia pehmentävästi. Elvyttimen ohella asfalttirouheeseen lisättiin 25 % uutta massaa, joka parantaa kiviaineksen rakeisuutta ja elvyttää osaltaan sideainetta. Tutkittu määrä elvytintä ja uutta massaa riittivät säilyttämään uusiopäällysteen ominaisuudet hyvinä. Elvyttimistä tehokkaimmin massaa pehmensi MÖP, jota sisältävän uusiopäällysteen halkaisuvetolujuus oli tutkituista pienin. Mäntyöljyjen lisäys vaikutti myönteisesti myös uusiopäällysteen pakkaskestävyyteen, joten MÖP:llä onnistuttiin säilyttämään päällysteen kimmoisuus.

Useiden käsittelykertojen vaikutuksia päällysteen ominaisuuksiin tutkittiin sekä päällysteistä otetuista porakappaleista että laboratorioissa valmistetuista näytteistä. Osana laboratorion näytevalmistusta oli päällysteen vanhentaminen paikalla tapahtuvaa uusiokäsittelyä jäljittelevästi. Tulosten perusteella kaksi peräkkäistä uusiokäsittelyä ei vaikuta päällysteen laatuun, sillä mikään tutkituista toiminnallisista ominaisuuksista ei ollut muuttunut merkittävästi käsittelyjen vaikutuksesta. Tämä tulos vastaa käytännön kokemuksia. Kaksi kertaa käsiteltyjen päällysteiden kestoian ei ole havaittu poikkeavan alkuperäisestä. Tulos ei anna aihetta muuttaa nykykäytäntöä.

Kolmas käsittelykerta jouduttiin tekemään laboratorioissa, koska Suomessa ei ole vielä kokeiltu kolmea peräkkäistä uusiokäsittelyä. Laboratoriovanhennuksen jälkeen sekoitetun kolme kertaa käsitellyn päällysteen

sideaine oli selvästi kovempaa kuin aiemmissa tutkimusvaiheissa. Päällysten liiallinen vanheneminen laboratoriovanhennuksessa ilmeni toiminnallisissa ominaisuuksissa kylmäkestävyyden heikkenemisenä, lujuuden kasvuna ja deformaatioherkkyyden vähenemisenä. Tulosten perusteella ei voida päätellä kolmanteen peräkkäiseen uusiokäsittelykertaan liittyviä riskejä, koska laboratoriossa tehty vanhennus ei vastaa kentällä tapahtuvaa vanhenemista.

Yhteistä kaikille tutkituille uusiopäällysteille oli heikko deformaatiokestävyys. Tässä tutkimuksessa päällysteitä ei pyritty suhteittamaan erikseen, vaan lisämässana käytettiin materiaaleiltaan ja koostumukseltaan samanlaista massaa kuin kentällä. Deformaatiokestävyyttä on mahdollisuus parantaa suhteituksella lisämässan koostumusta muuttamalla. Uusiopäällysteiden suunnittelukäytännössä deformaatiokestävyyden varmistaminen olisi hyvä ottaa huomioon.

Vaikka tutkimuksella saatiin runsaasti uutta tietoa uusiokäsittelyjen päällysteiden ominaisuuksista, jäi tulevaisuudessa selvitettäväksi vielä ainakin seuraavat asiat:

- *Laboratoriovanhennus ja kolmas käsittelykerta:*
Tämän tutkimuksen tuloksena ei saatu varmaa tietoa uusiopäällysteen ominaisuuksista kolmannen käsittelykerran jälkeen. Laboratoriossa tapahtuvan vanhentamisen vaikutus ei ollut selvä. Kolme kertaa vanhennetun päällysteen ominaisuuksia voitaisiin tutkia tarkemmin kenttäkokeella, jossa 3. käsittelyn jälkeen otetuista poranäytteistä tutkittaisiin toiminnalliset ominaisuudet. Samalla voitaisiin kehittää laboratoriovanhennusta paremmin todellisuutta vastaavaksi, kun menetelmää voitaisiin muuttaa kentältä saatujen tulosten perusteella.
- *Työmenetelmävertailu:*
Uusiopäällystystöihin on vakiintunut useampi erilainen menetelmä, joiden väliset erot tulisi selvittää kenttäkokeilla.
- *Deformaatiokestävyyden määrittämenetelmien väliset yhteydet:*
EN-standardin mukaisen halkaisijaltaan 150 mm näytteellä määritettävän dynaamisen virumiskokeen tulosten ja aiemmin Suomessa käytettyjen deformaatiokestävyyden tutkimusmenetelmien tulosten välisen korrelaation selvittäminen vaatii laajemman aineiston. Tutkimus pitäisi tehdä kahdella eri massatyypillä ja maksimirakeisuudella.

9 KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Eskola, K., Uusiopäällystetyöt Suomessa 1995-96. Tiepiireille esitetyn kyselyn tulokset. Tielaitos, Kehittämiskeskus, muistio 30.5.1996.
2. Patosalmi, S., Vanhan asfalttipäällysteen sideaineen elvyttimet. Diplomityö. Espoo 1996.
3. Wastimo, E., Asfaltti- ja kevytpäällysteiden uudelleenkäyttö 1973-1995. Julkaisematon raportti.
4. Jacobson, T., Kall återvinning av asfaltbeläggning. Provförsök i Värmland – tre års erfarenheter. VTI meddelande Nr 764 / 1995.
5. Nordiska Vägtekniska Förbundet, Utskott 33. Huvudämne 1997: Recycling. Rapporter av svenska, norska, danska, isländska och finska avdelningar.
6. Pätzold, H., Wiederverwenden von Asphalt. Deutscher Asphaltverband 1997.
7. Rosenberg, R., Stand der Erkenntnisse bei der umweltverträglichen Wiederverwendung von Strassenausbaustoffen. Asphalt 6/97.
8. Vastaukset eurooppalaisille Asfalttiliitoille tehtyyn kyselyyn koskien uusiopäällysteiden käyttöä: Saksa, Englanti, Irlanti.

10 LIITTEET

Vaihe I

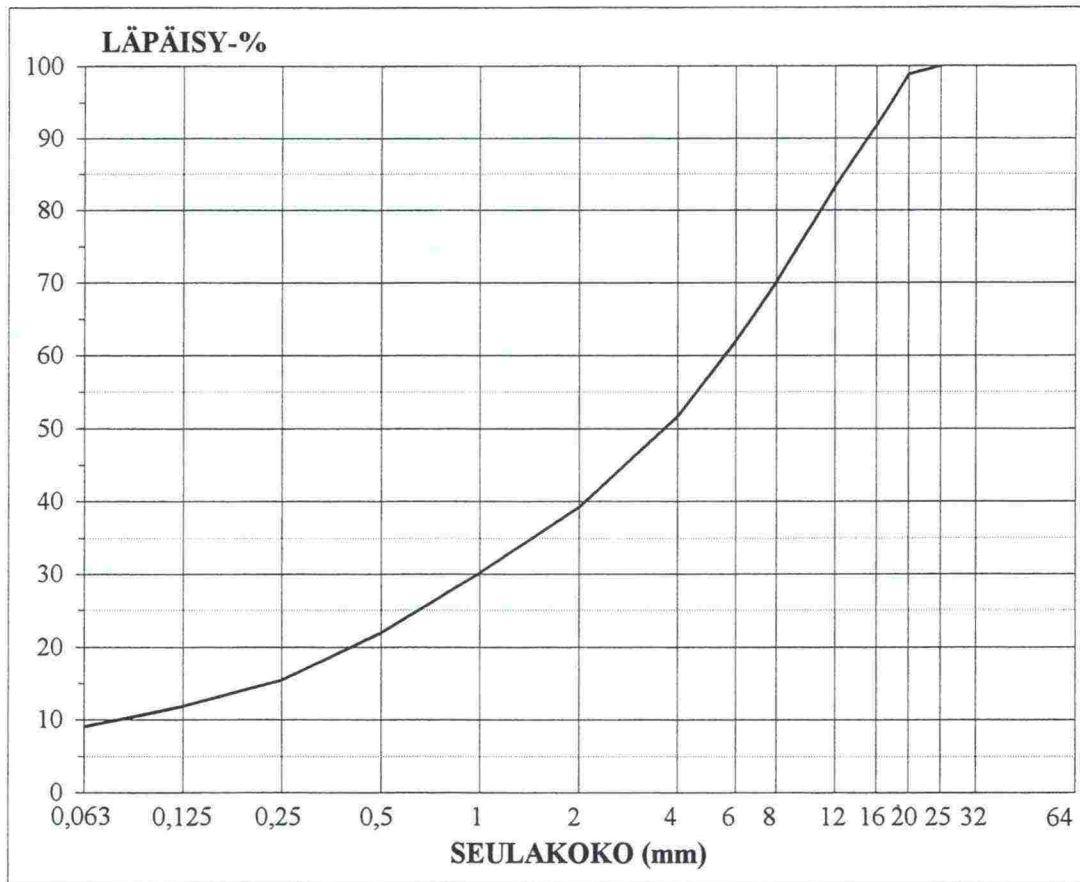
- | | |
|---------|---|
| Liite 1 | Vt 25 jyrsinrouheen rakeisuus ja sideainepitoisuus |
| Liite 2 | Lisämässan AB 20 koostumus |
| Liite 3 | Uusiomässan AB 20 koostumus |
| Liite 4 | Leikkausvoimat tiivistävyyskokeissa kolmella elvyttimellä |
| Liite 5 | Pyöräurituskokeiden tulokset kolmella elvyttimellä |

Vaihe II

- | | |
|----------|---|
| Liite 6 | Vt 12 jyrsinrouheen rakeisuus ja sideainepitoisuus |
| Liite 7 | Lisämässan runkoaineksen (Takamaan KaM ja hiekka) rakeisuudet |
| Liite 8 | Lisämässan AB 16 koostumus |
| Liite 9 | Uusiomässan AB 16 koostumus |
| Liite 10 | 2 ja 3 kertaa käsitellyn päällysteen pyöräurituskokeiden tulokset |

Tilaja: RCTIEL
Uusiopäällystetutkimukset 1998

Näytteet: Rouhenäytteet 5, 10, 15 ja 20 (Vt 25 Otalampi - Röykkä)
Sideainepitoisuuden keskiarvo 5,7%



Seula	Keskiarvo						
0,063	9,1						
0,125	11,9						
0,25	15,4						
0,5	22,0						
1	30,2						
2	39,2						
4	51,6						
6	62,0						
8	70,1						
12	83,3						
16	91,8						
20	98,9						
25	100,0						
32							
64							

Tilaja: Tielaitos

Kohde: RC TIEL

Massa: AB 20 / lisämassa

Sideaine: B-80

5,4 %

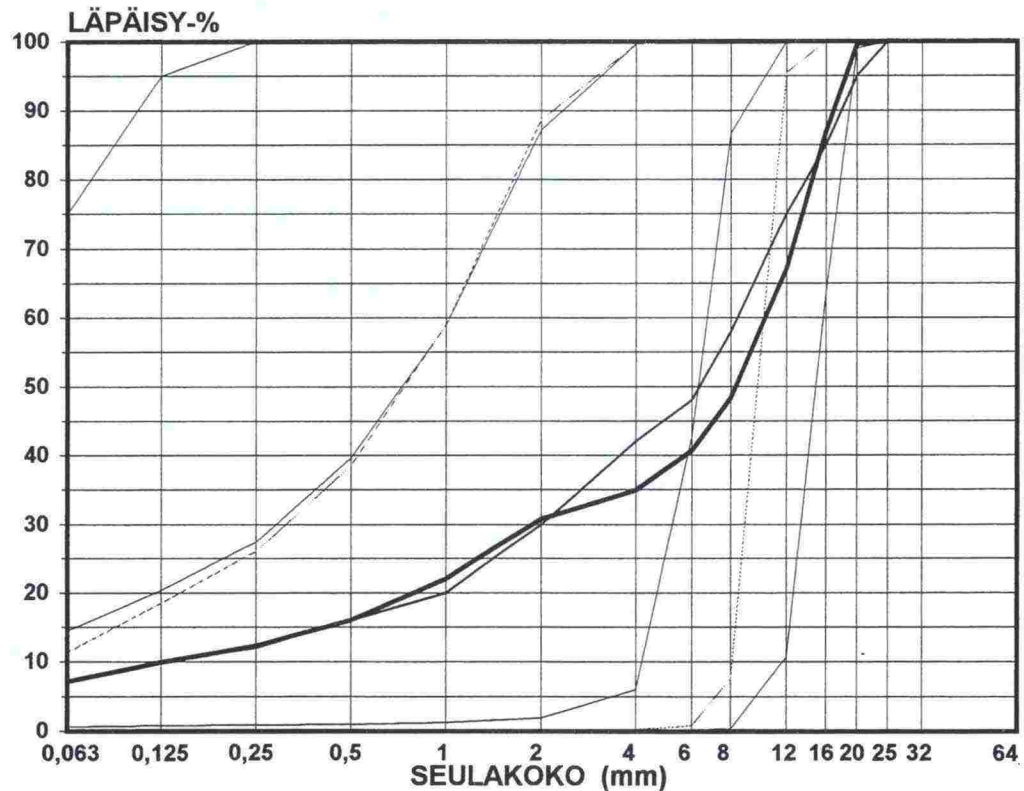
Täytejauhe: Kalkkifilleri

Lisäaineet:

Kiviaines: Koskenkylä

Muuta:

Massan tiheys:



Tiheydet:

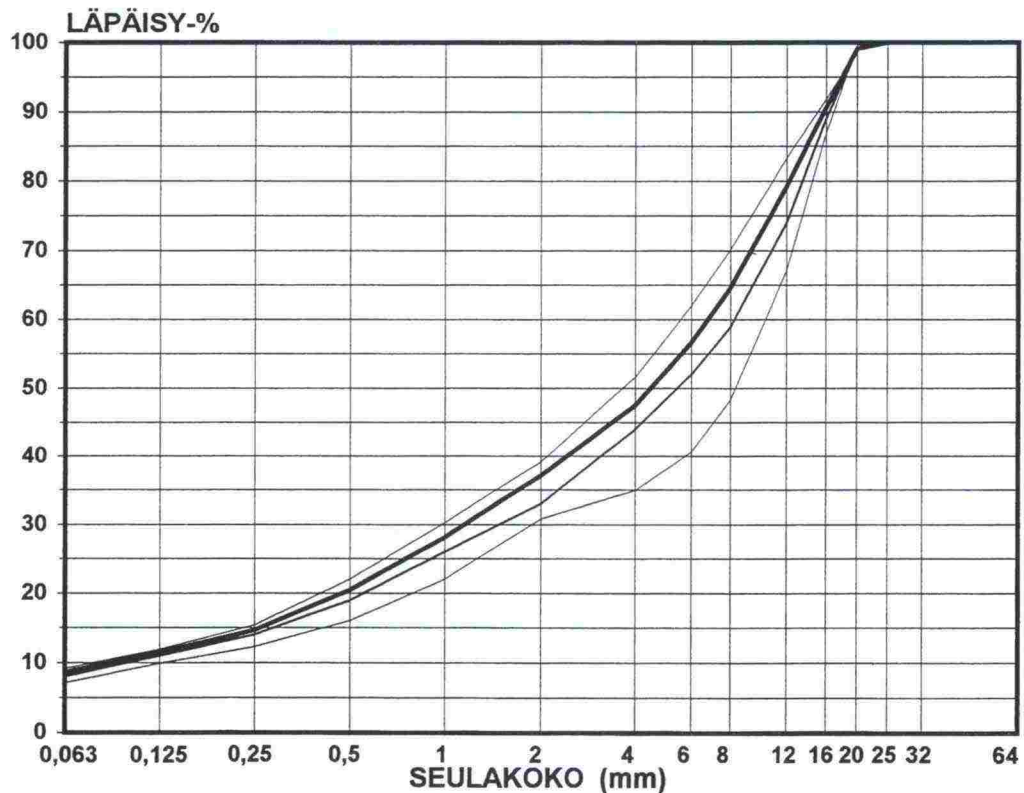
Seososuudet: 100,0 % 4,0 % 15,0 % 15,0 % 15,0 % 15,0 % 36,0 %

Seula	Tavoite	Massa	KF	0-2	2-5	5-8	8-12	12-20
0,063	7	7,1	75	14,5	11,3	0,6	0,2	0,2
0,125	10	9,9	95	20,4	18,5	0,8	0,2	0,3
0,25	12	12,3	100	27,4	26	0,9	0,2	0,3
0,5	16	16,0	100	39,6	38,5	1	0,2	0,3
1	20	22,0	100	58,9	59	1,3	0,2	0,3
2	30	30,8	100	87,2	88,7	1,9	0,2	0,3
4	42	34,9	100	99,6	99,6	6	0,3	0,3
6	48	40,6	100	100	100	42,7	0,8	0,3
8	58	48,3	100	100	100	86,6	7,6	0,4
12	75	67,1	100	100	100	100	95,5	10,6
16	85	86,9	100	100	100	100	100	63,7
20	95	99,6	100	100	100	100	100	99
25	100	100,0	100	100	100	100	100	100
32	100	100,0	100	100	100	100	100	100

Tilaja: Tielaitos
Kohde: RC TIEL
Massa: AB 20 / RC 75

Sideaine:
Täytejauhe:
Lisäaineet:

Kiviaines:
Muuta:
Massan tiheys:



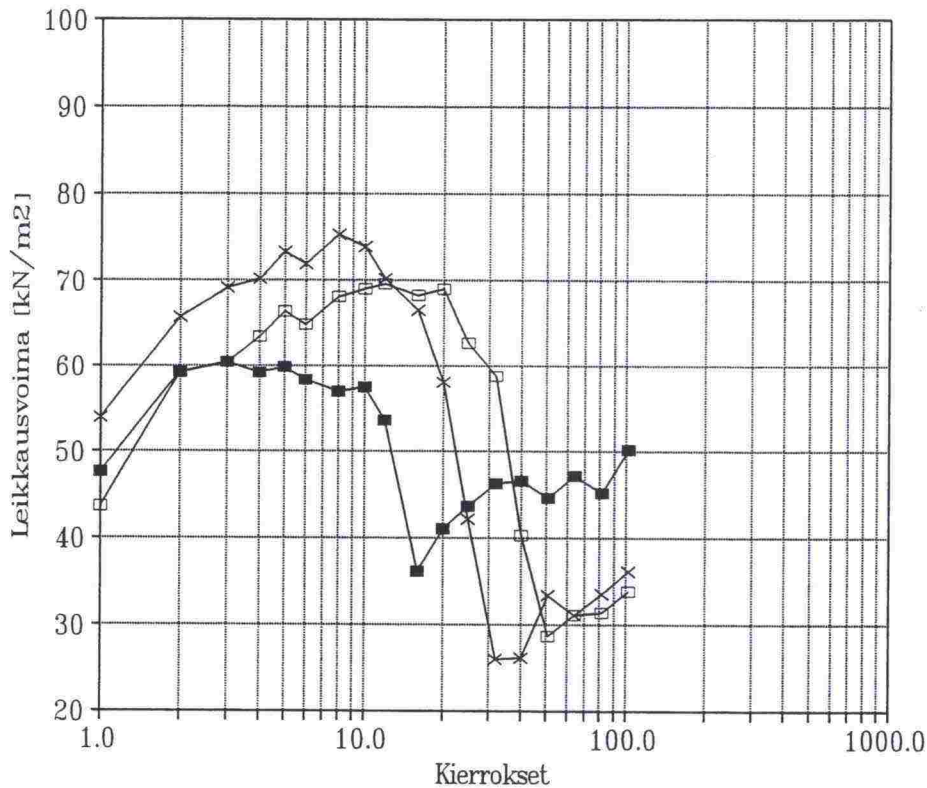
Tiheydet:

Seososuudet: 100,0 % 25,0 % 75,0 %

Seula	Tavoite	Massa	Lisäm.	Rouhe				
0,063	8	8,6	7,062	9,1				
0,125	11	11,4	9,893	11,9				
0,25	14	14,6	12,283	15,4				
0,5	19	20,5	16,003	22				
1	26	28,2	22,018	30,2				
2	33	37,1	30,808	39,2				
4	44	47,4	34,933	51,6				
6	52	56,7	40,633	62				
8	59	64,6	48,274	70,1				
12	74	79,3	67,141	83,3				
16	89	90,6	86,932	91,8				
20	99	99,1	99,64	98,9				
25	100	100,0	100	100				
32	100	100,0	100	100				

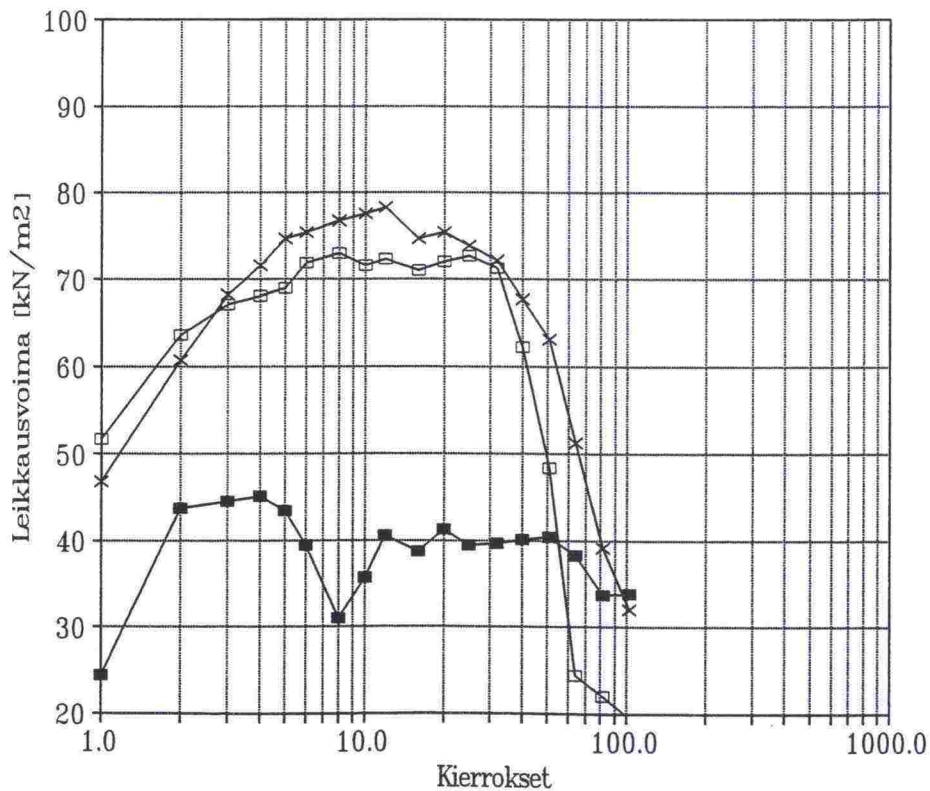
RC I elvytin MÖP, 16.7.1998

INTENSIVE COMPACTION TESTING



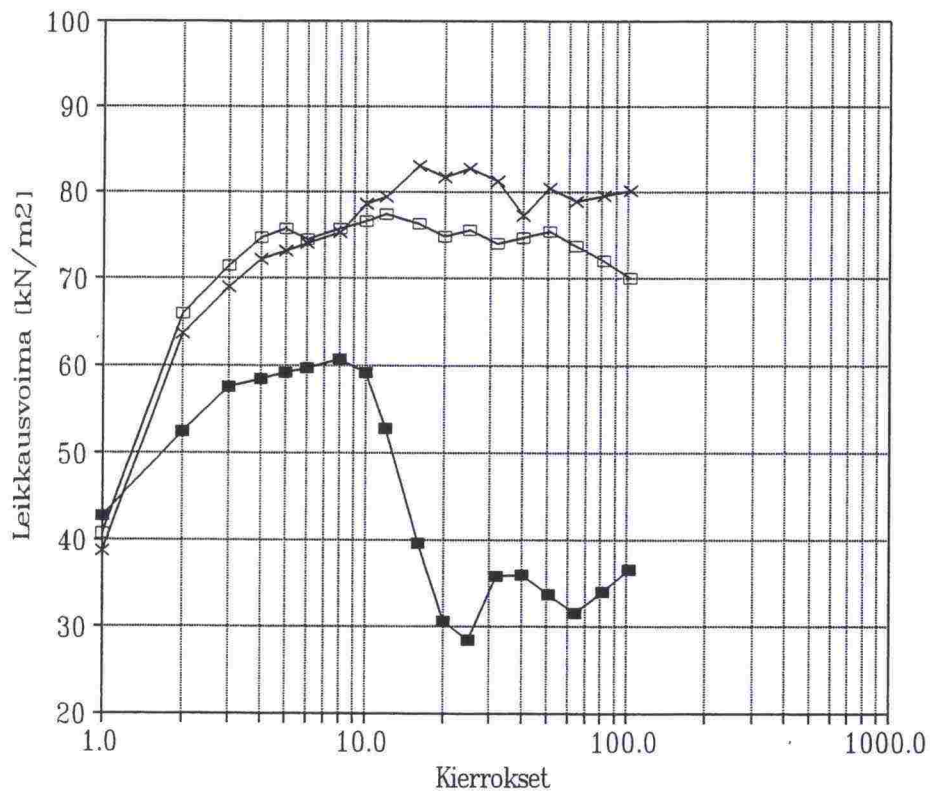
RC I elvytin B-800, 16.7.1998

INTENSIVE COMPACTION TESTING



RC I elvytin BE-PAB3, 15.7.1998

INTENSIVE COMPACTION TESTING

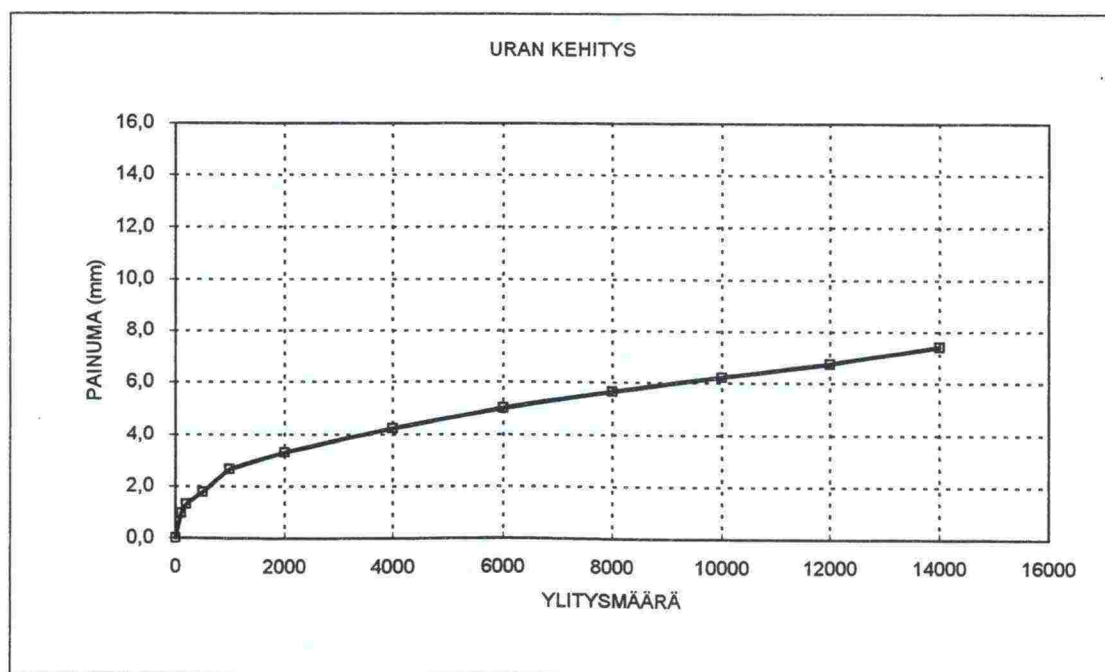


URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	19.8.1998
	RC-tutkimus		
MASSA:	AB 20 / RC 75	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	Koskenkylä (lisämassa)	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:	B-80 5,4 % (lisämassa)	YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:	Kalkkifilleri (lisämassa)		
LISÄAINE:	Elvytin mäntyöljypiki		

YLITYKSET	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
0	0,0	0,0
100	1,0	1,6
200	1,3	2,2
500	1,8	2,9
1000	2,7	4,4
2000	3,3	5,5
4000	4,2	7,1
6000	5,0	8,4
8000	5,7	9,4
10000	6,2	10,4
12000	6,7	11,2
14000	7,4	12,3



Alkutiivistyminen = 2,9

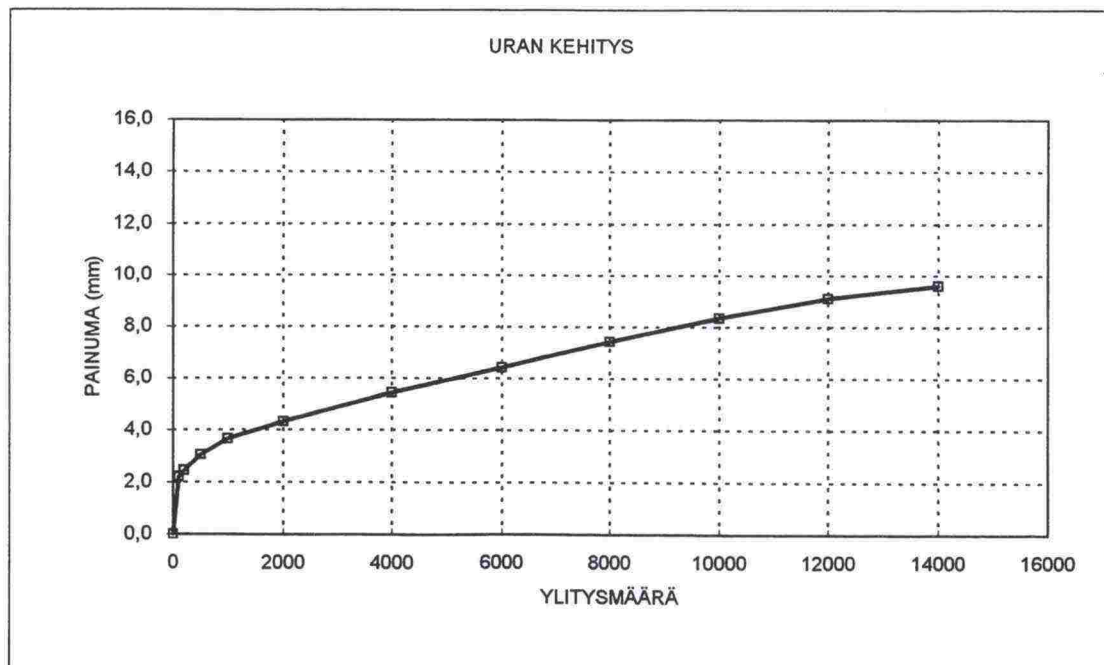
Deformaatio = 4,5

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	20.8.1998
MASSA:	RC-tutkimus	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	AB 20 / RC 75	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:	Koskenkylä (lisämassa)	YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:	B-80 5,4 % (lisämassa)		
LISÄAINE:	Kalkkifilleri (lisämassa)		
	Elvytin mäntööljypiki		

	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
YLITYKSET		
0	0,0	0,0
100	2,2	3,7
200	2,4	4,1
500	3,0	5,1
1000	3,6	6,1
2000	4,3	7,2
4000	5,4	9,1
6000	6,4	10,7
8000	7,4	12,4
10000	8,3	13,9
12000	9,1	15,2
14000	9,6	16,0



Alkutivistyminen = 3,5

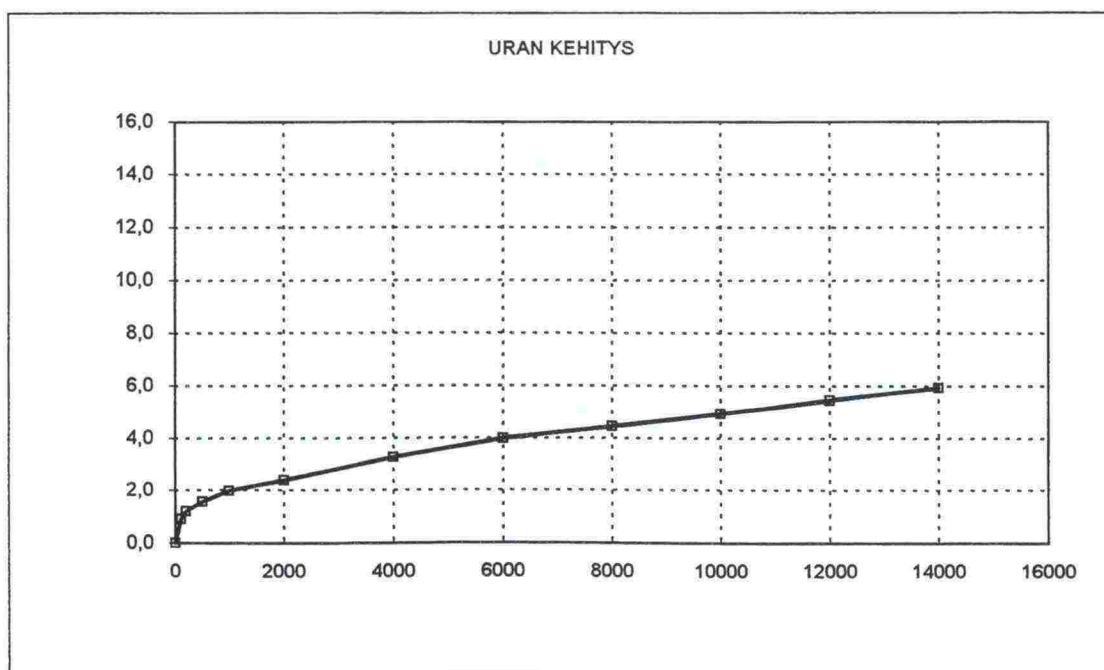
Deformaatio = 6,1

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	21.8.1998
	RC-tutkimus		
MASSA:	AB 20 / RC 75	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	Koskenkylä (lisämassa)	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:	B-80 5,4 % (lisämassa)	YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:	Kalkkifilleri (lisämassa)		
LISÄAINE:	Elvytin B-800		

	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
YLITYKSET		
0	0,0	0,0
100	0,9	1,5
200	1,2	2,0
500	1,6	2,6
1000	2,0	3,3
2000	2,4	4,0
4000	3,3	5,4
6000	4,0	6,6
8000	4,4	7,4
10000	4,9	8,2
12000	5,4	9,1
14000	5,9	9,9



Alkutivistyminen = 2,2

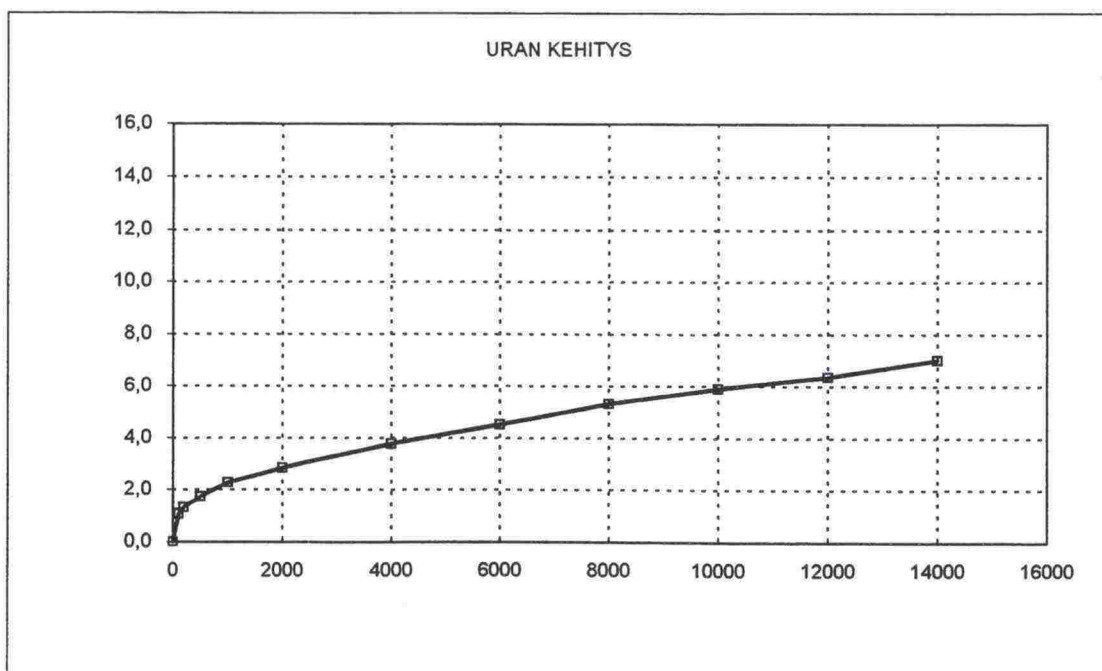
Deformaatio = 3,8

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	24.8.1998
	RC-tutkimus		
MASSA:	AB 20 / RC 75	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	Koskenkylä (lisämassa)	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:	B-80 5,4 % (lisämassa)	YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:	Kalkkifilleri (lisämassa)		
LISÄAINE:	Elvytin B-800		

	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
YLITYKSET		
0	0,0	0,0
100	1,1	1,8
200	1,3	2,2
500	1,7	2,9
1000	2,3	3,8
2000	2,8	4,7
4000	3,8	6,3
6000	4,5	7,5
8000	5,3	8,8
10000	5,9	9,8
12000	6,4	10,6
14000	7,0	11,7



Alkutiivistyminen =

2,3

Deformaatio =

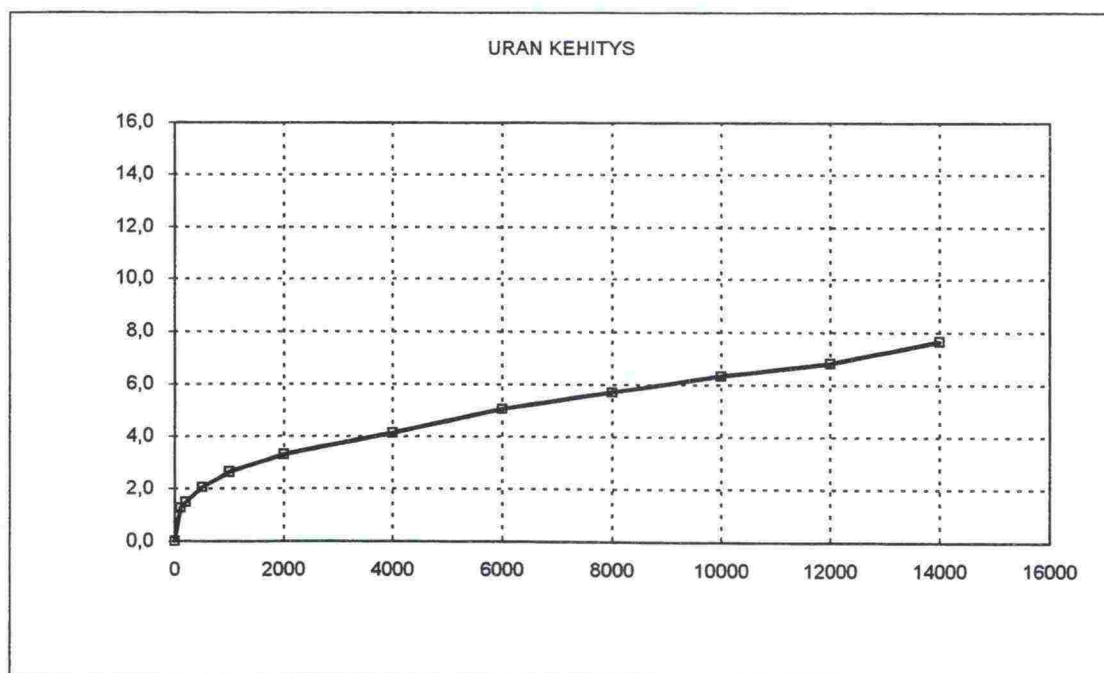
4,7

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	25.8.1998
	RC-tutkimus		
MASSA:	AB 20 / RC 75	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	Koskenkylä (lisämassa)	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:	B-80 5,4 % (lisämassa)	YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:	Kalkkifilleri (lisämassa)		
LISÄAINE:	Elvytin BIEL		

YLITYKSET	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
0	0,0	0,0
100	1,3	2,1
200	1,5	2,5
500	2,1	3,4
1000	2,6	4,4
2000	3,3	5,5
4000	4,1	6,8
6000	5,0	8,4
8000	5,7	9,5
10000	6,3	10,6
12000	6,8	11,4
14000	7,7	12,8



Alkutivistyminen =

2,6

Deformaatio =

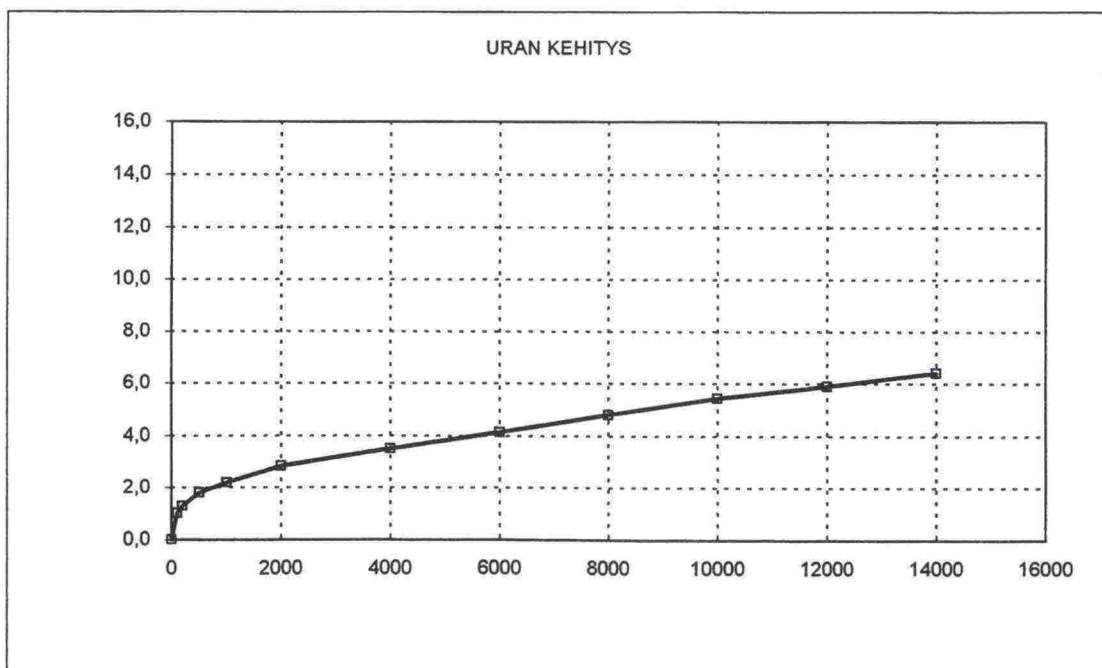
5,1

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	26.8.1998
	RC-tutkimus		
MASSA:	AB 20 / RC 75	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	Koskenkylä (lisämassa)	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:	B-80 5,4 % (lisämassa)	YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:	Kalkkifilleri (lisämassa)		
LISÄAINE:	Elvytin BIEL		

	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
YLITYKSET		
0	0,0	0,0
100	1,0	1,7
200	1,3	2,2
500	1,8	3,0
1000	2,2	3,7
2000	2,8	4,7
4000	3,5	5,8
6000	4,1	6,9
8000	4,8	8,0
10000	5,4	9,1
12000	5,9	9,8
14000	6,4	10,7



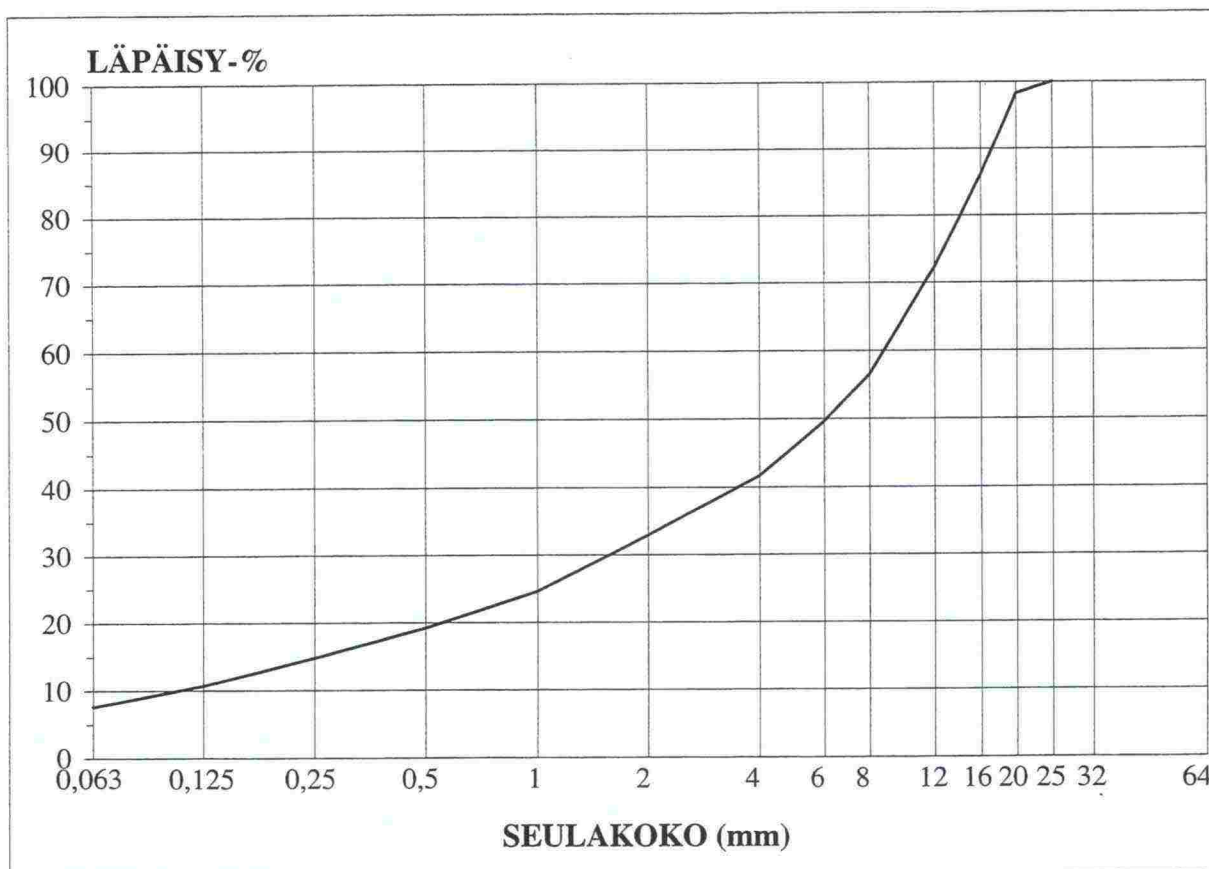
Alkutiivistyminen = 2,2

Deformaatio = 4,2

Tilaja:

RCTIEL /Vt 12,

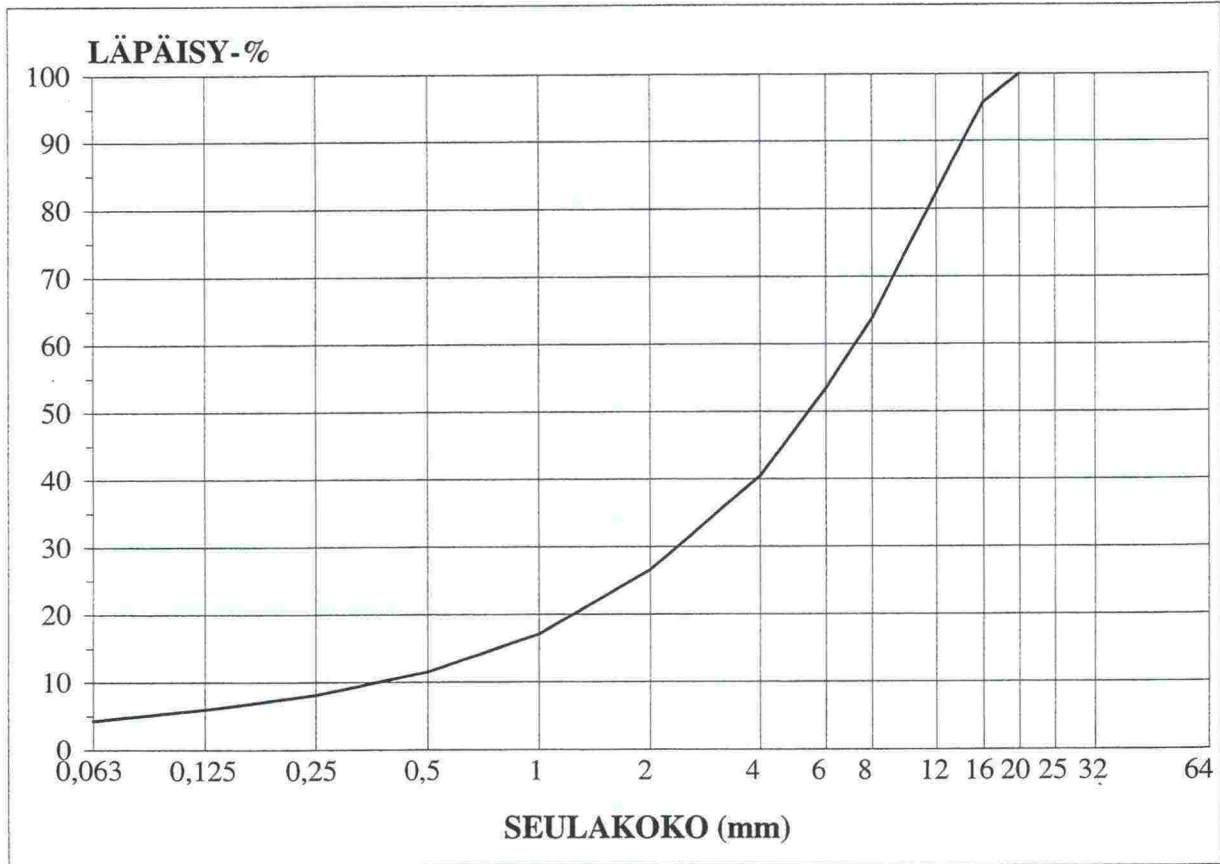
Näytteet:

Asf, Murske,
Bit. 5,8%,

Seula								
0,063	7,6							
0,125	10,7							
0,25	14,8							
0,5	19,2							
1	24,6							
2	32,9							
4	41,7							
6	49,6							
8	56,5							
12	72,3							
16	86,1							
20	98,3							
25	100							
32								
64								

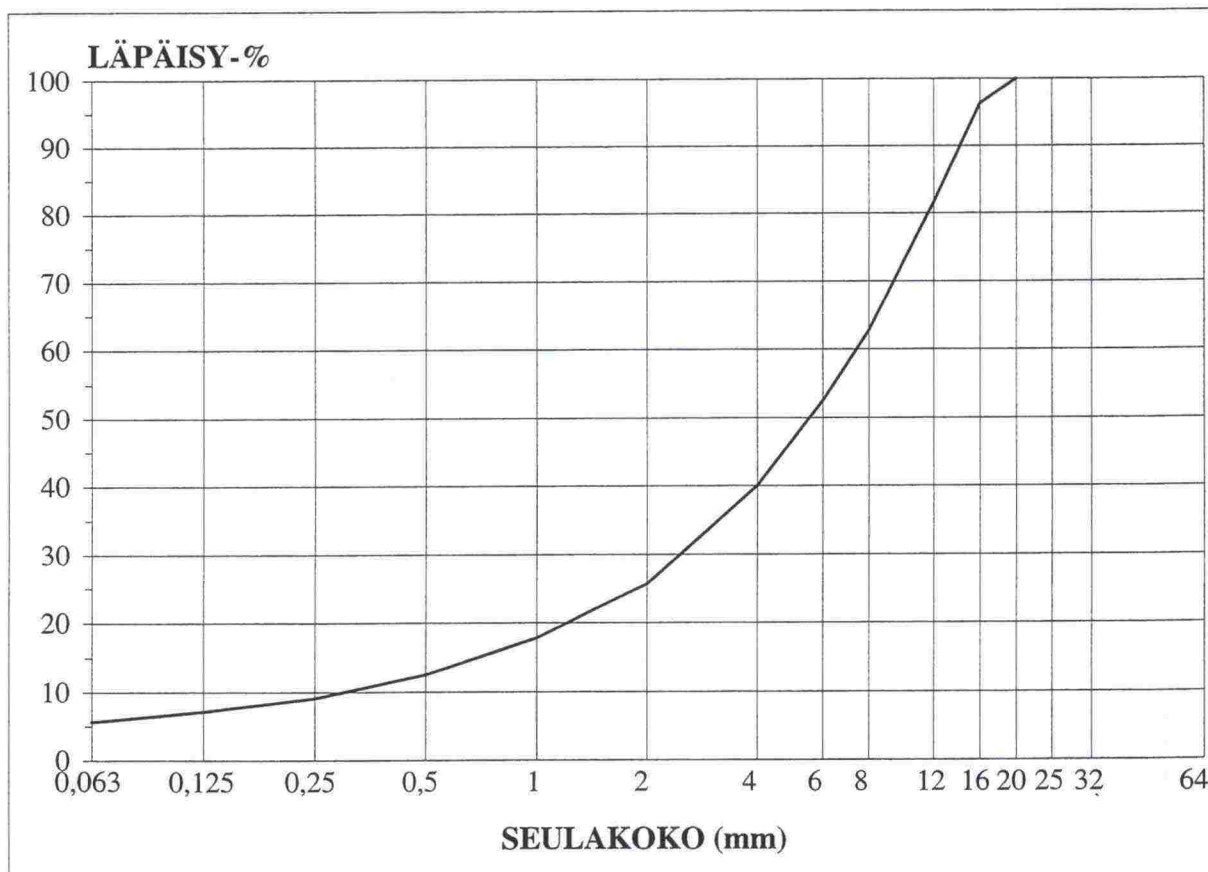
Tilaaaja: T:207
 Lemminkäinen Oy, Ylöjärvi,
 Lohja Rudus, Takamaan alue,
 Ylöjärvi,

Näytteet: Murske 0-16, (kuivaseulonta)
 Kiviaineksen tiheys: 2,87g/cm³,



Seula								
0,063	4,3							
0,125	6							
0,25	8,1							
0,5	11,5							
1	17,1							
2	26,5							
4	40,4							
6	53,4							
8	63,8							
12	82,3							
16	95,8							
20	100							
25								
32								
64								

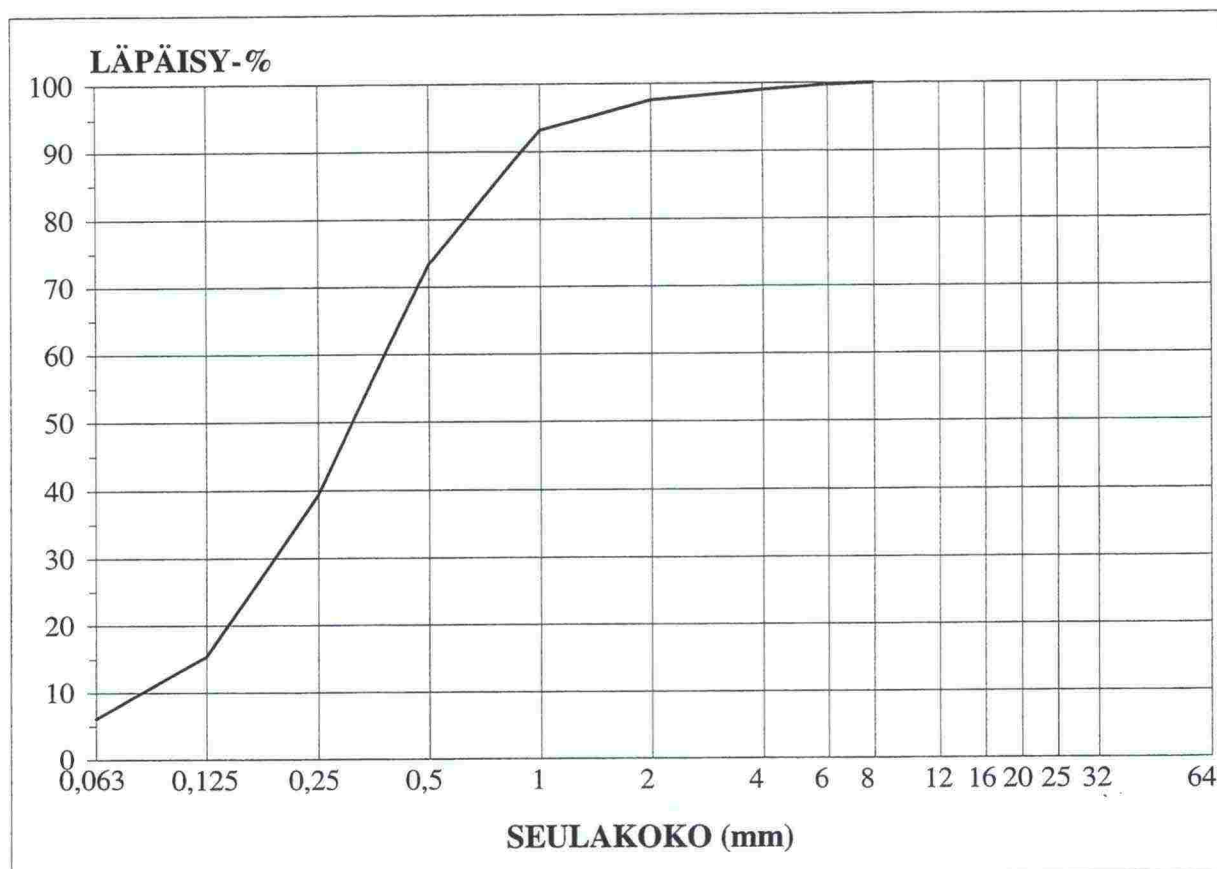
Tilaaja: T: 207
 Lemminkäinen Oy, Ylöjärvi,
 Lohja Rudus, Takamaan alue,
 Ylöjärvi,
 Näytteet: Murske 0-16, (pesuseulonta)



Seula								
0,063	5,6							
0,125	7,1							
0,25	9,1							
0,5	12,5							
1	17,8							
2	25,6							
4	40							
6	52,5							
8	62,7							
12	81,6							
16	96,3							
20	100							
25								
32								
64								

Tilaaja: T:207
Lemminkäinen Oy, Ylöjärvi,

Näytteet: Hiekka, (kuivaseulonta)
Kiviaineksen tiheys: 2,70g/cm³,



Seula								
0,063	6,1							
0,125	15,4							
0,25	39,4							
0,5	73,4							
1	93,3							
2	97,6							
4	99							
6	99,7							
8	100							
12								
16								
20								
25								
32								
64								

Tilaaaja: RC TIEL (RAEMUOTO)

Kohde: Lisämassa

Massa: AB 16

Sideaine: B-80

6,2 %

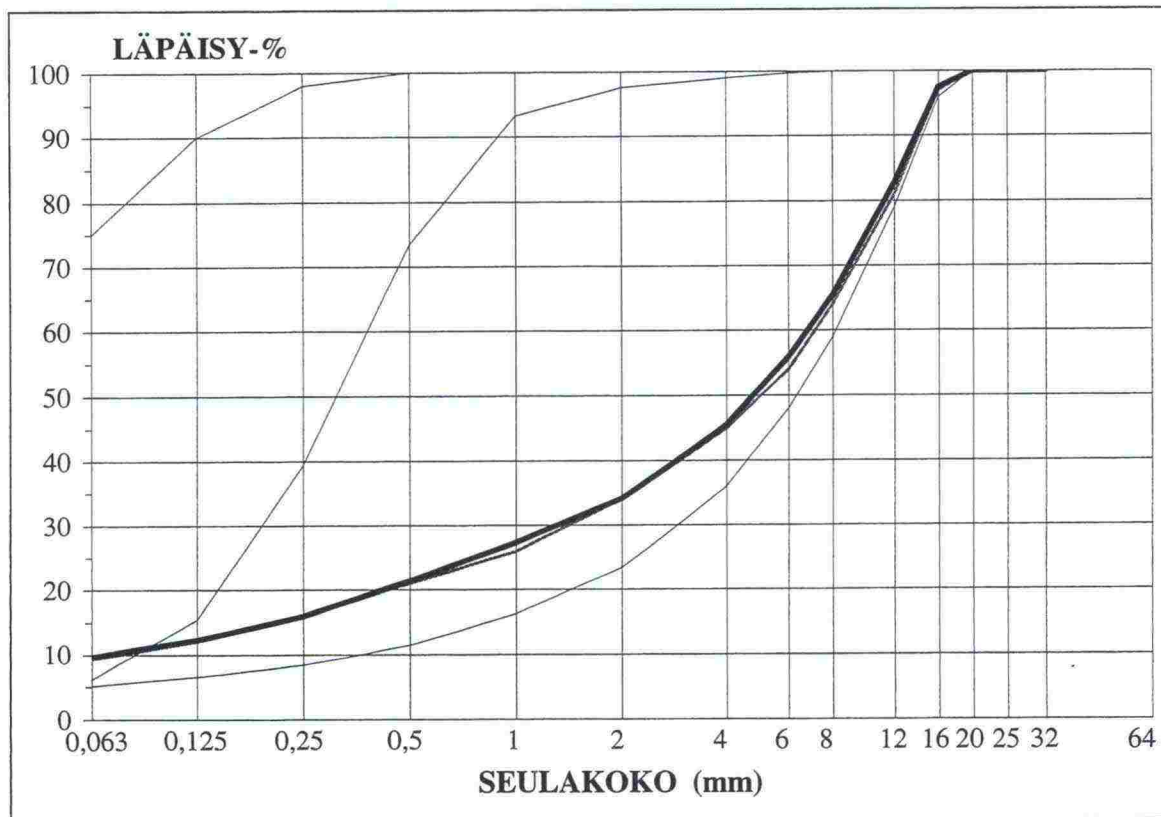
Täytejauhe: kf (+kivipöly)

Lisäaineet:

Kiviaines: Lohja

Muuta:

Massan tiheys:



Tiheydet: 2,85

Seososuudet: 100,0 % 5,0 % 7,0 % 88,0 %

Seula	Alaraja	Yläraja	Massa	kf	hk			0-16pes
0,063		9,3	9,7	75	6,1			5,1
0,125		12	12,3	90	15,4			6,5
0,25		16	16,0	98	39,4			8,3
0,5		21	21,4	100	73,4			11,4
1		26	27,4	100	93,3			16,3
2		34	34,1	100	97,6			23,4
4		45	45,5	100	99			36
6		54	55,9	100	99,7			48
8		64	65,4	100	100			59
12		81	82,7	100	100			79
16		97	97,5	100	100			96
20		100	100,0	100	100			100
25			100,0	100	100			100
32			100,0	100	100			100

Tilaaaja: RC TIEL (RAEMUOTO)

Kohde: Lisämassa + rouhe = uusiomassa

Massa: AB 16

Sideaine: B-80

6,0 %

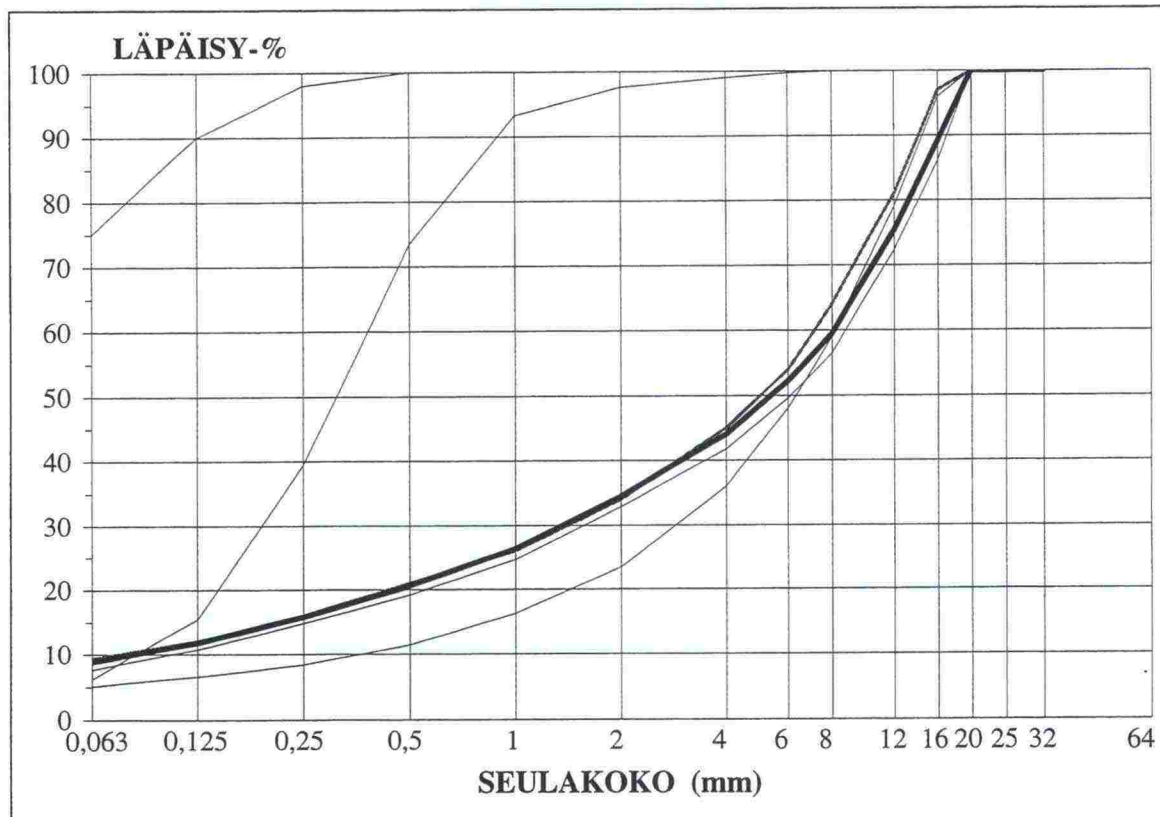
Täytejauhe: kf (+kivipöly)

Lisäaineet:

Kiviaines: Lohja

Muuta:

Massan tiheys:



Tiheydet: 16306,8

2770

2700

2730

2870

Seososuudet: 100,0 %

1,0 %

1,4 %

80,0 %

17,6 %

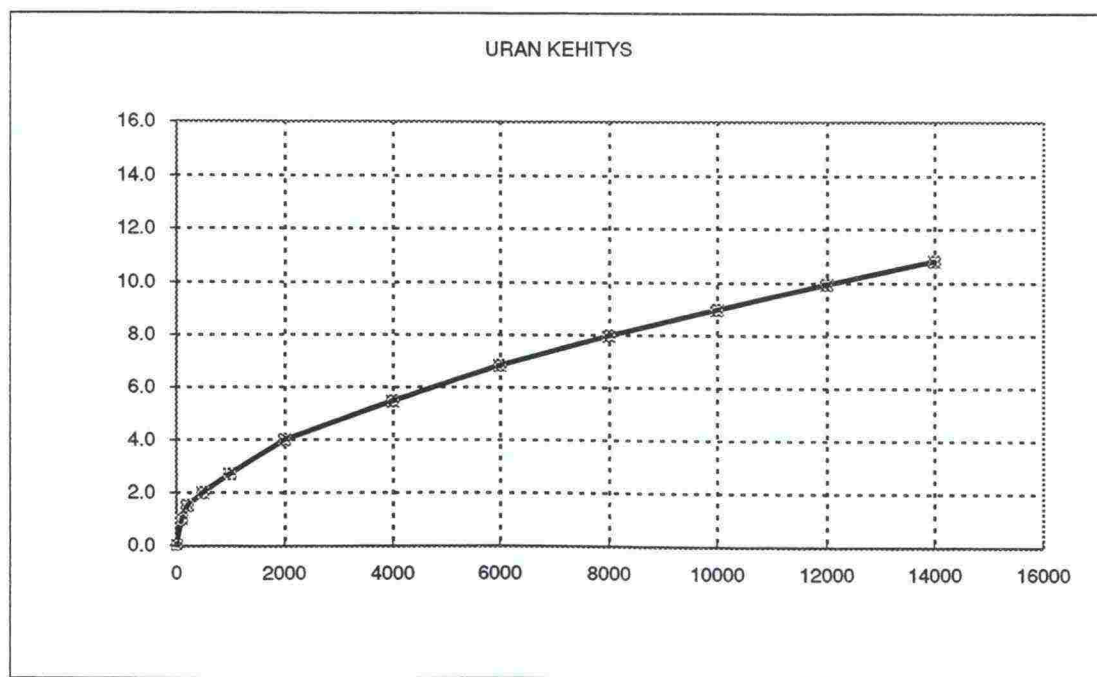
Seula	Alaraja	Yläraja	Massa	kf	hk			am	0-16pes
0,063		9,3	8,8	75	6,1			7,6	5,1
0,125		12	11,8	90	15,4			10,7	6,5
0,25		16	15,8	98	39,4			14,8	8,3
0,5		21	20,6	100	73,4			19,2	11,4
1		26	26,4	100	93,3			24,6	16,3
2		34	34,5	100	97,6			32,9	23,4
4		45	44,0	100	99			41,7	36
6		54	52,2	100	99,7			49,6	48
8		64	59,5	100	100			56,5	59
12		81	75,3	100	100			72,3	79
16		97	89,2	100	100			86,1	96
20		100	100,0	100	100			100	100
25			100,0	100	100			100	100
32			100,0	100	100			100	100

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	16.10.98
	RC-tutkimus vaihe 2		
MASSA:	Asfalttirouhe / 2.käsittely	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	(valmis massa)	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:		YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:			
LISÄAINE:			

	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
YLITYKSET		
0	0.0	0.0
100	1.0	1.7
200	1.5	2.5
500	2.0	3.3
1000	2.7	4.5
2000	4.0	6.7
4000	5.5	9.1
6000	6.8	11.4
8000	8.0	13.3
10000	9.0	14.9
12000	9.9	16.6
14000	10.8	18.0



Alkutiivistyminen =

3.1

Deformaatio =

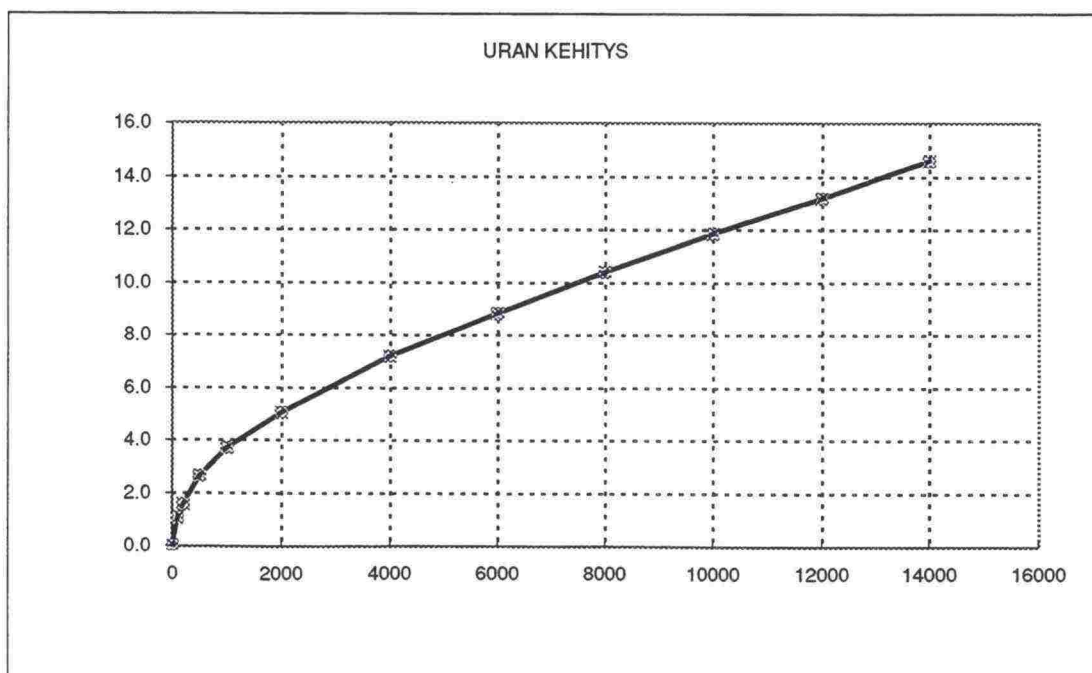
7.7

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	20.10.98
	RC-tutkimus		
MASSA:	Asfalttirouhe / 2.käsittely	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:	(valmis massa)	KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:		YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:			
LISÄAINE:			

YLITYKSET	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
0	0.0	0.0
100	1.1	1.8
200	1.6	2.6
500	2.6	4.4
1000	3.7	6.2
2000	5.0	8.4
4000	7.2	12.0
6000	8.8	14.7
8000	10.4	17.3
10000	11.9	19.8
12000	13.2	22.0
14000	14.6	24.3



Alkutiivistyminen =

4.1

Deformaatio =

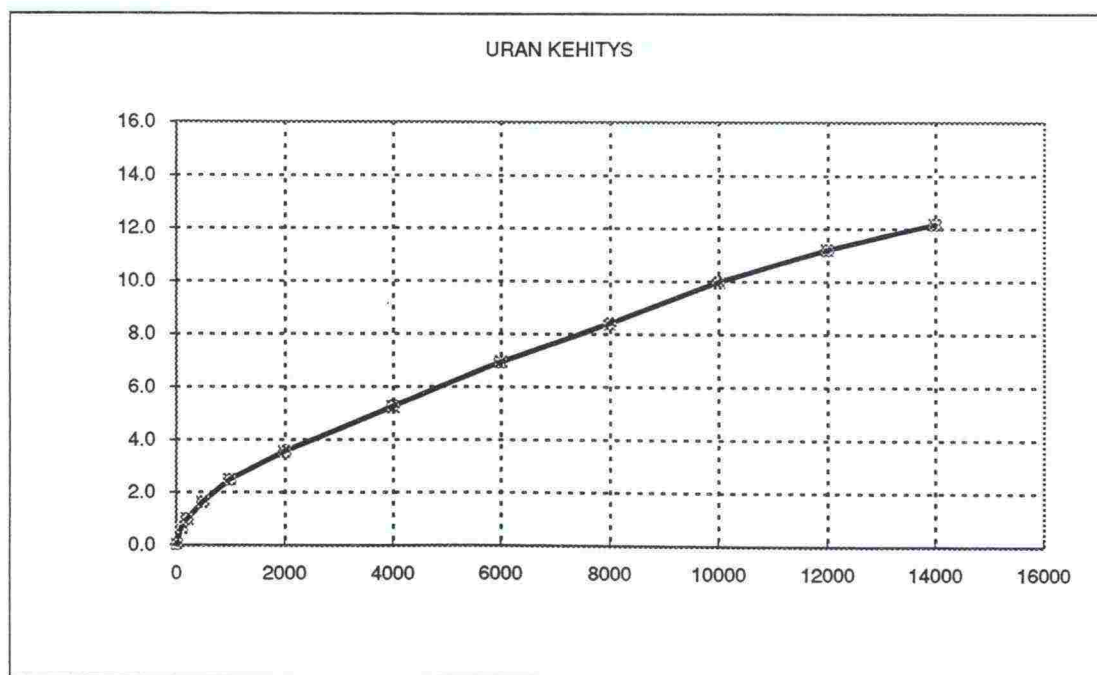
10.5

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	30.10.98
	RC-tutkimus		
MASSA:	Asfalttirouhe / 3.käsittely	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:		KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:		YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:			
LISÄAINE:			

	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
YLITYKSET		
0	0.0	0.0
100	0.7	1.1
200	1.0	1.6
500	1.6	2.7
1000	2.5	4.1
2000	3.6	5.9
4000	5.2	8.7
6000	6.9	11.6
8000	8.4	14.0
10000	10.0	16.6
12000	11.2	18.7
14000	12.2	20.3



Alkutiivistyminen =

2.1

Deformaatio =

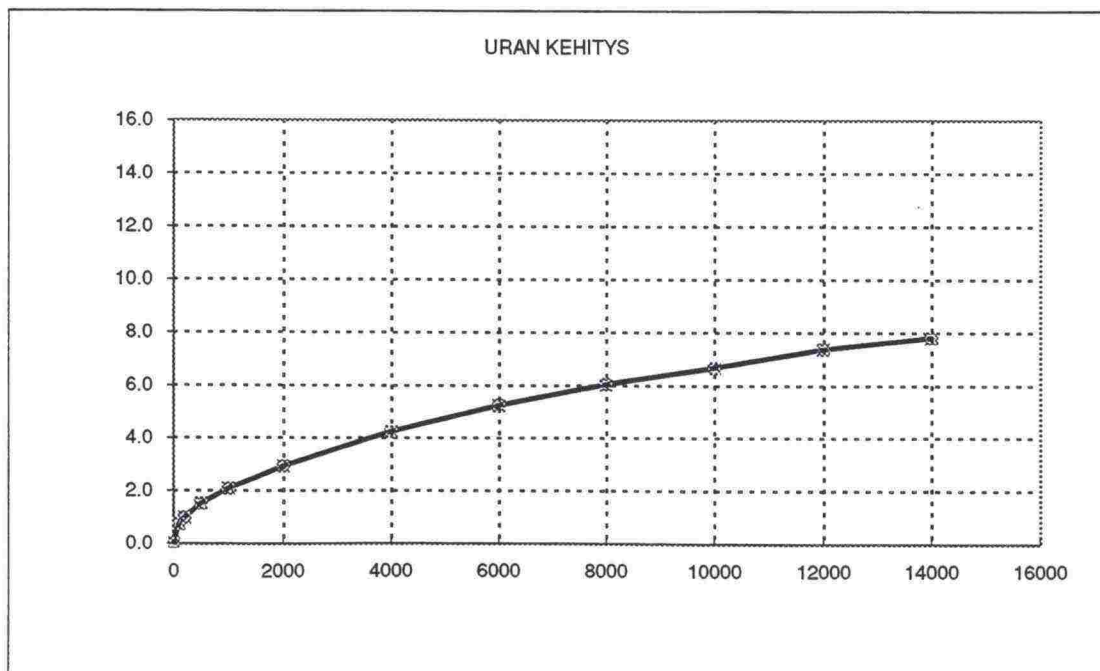
10.1

URITTAMISKOE

VTT/Yhdyskuntatekniikka

TILAAJA:	Tielaitos	TESTIPÄIVÄ:	2.11.98
	RC-tutkimus		
MASSA:	Asfalttirouhe / 3.käsittely	LÄMPÖTILA:	30°C
KIVIAINES:		KUORMITUS:	1000 kg
SIDEAINE:		YLITYSMÄÄRÄ:	14000
TÄYTEJAUHE:			
LISÄAINE:			

YLITYKSET	PAINUMA (mm)	DEFORMAATIO (%)
0	0.0	0.0
100	0.7	1.2
200	1.0	1.6
500	1.5	2.5
1000	2.1	3.4
2000	2.9	4.8
4000	4.2	7.1
6000	5.2	8.7
8000	6.0	10.1
10000	6.7	11.1
12000	7.4	12.3
14000	7.8	13.0



Alkutiivistyminen =

2.6

Deformaatio =

5.2

Ympäristö/vaikutukset

- TIEL 3200519 Yleisten teiden ympäristön tila. Kaupunkiseutujen pääväylät - Tilaselvitysten yhteenvedo (TS 27/1998)
- TIEL 3200528 Moottoritien vaikutus Salminlahden linnustoon (TS 36/1998)
- TIEL 4000185 Tielaitoksen ympäristön toimenpideohjelman 1997 - 2000 tarkistaminen. Tarkistamistarvetta koskevat kommentit (SJ 21/1998)
- Liikenne- ja autokantaennuste 1995-2020 - Ennusteen seuranta 1997 (SJ 22/1998)

Tietekniikka

- TIEL 3200480 Kiviaineksen raemuodon vaikutus päällysteen kulutuskestävyyteen (TS 34/1997)
- TIEL 3200483 Kalkkivijauheen laadun vaikutus asfalttipäällysteen ominaisuuksiin (TS 37/1997)
- TIEL 3200497 PAB-V-päällysteiden suunnittelu (TS 49/1997)
- TIEL 3200504 Asfalttipäällysteiden urautumisen mallintaminen. ASTO-koeteiden tulosten 1990 - 97 analysointi (TS 13/1998)
- TIEL 3200508 Hematiittifilleri SMA-päällysteessä. Työolosuhte- ja ympäristövaikutukset (TS 17/1998)

Hydraulisilla sideaineilla sidottujen materiaalien laadunvarmistus:

- TIEL 3200514 osa 1. Sementillä sidotut materiaalit - Kirjallisuusselvitys (TS 23/1998)
- TIEL 3200515 osa 2. Sementillä sidottujen materiaalien jäätymis-sulamiskestävyys (TS 24/1998)
- TIEL 3200516 osa 3. Koekappaleiden valmistuksen ja säilytyksen vaikutus sementillä sidotun materiaalin lujuuteen (TS 25/1998)
- TIEL 3200520 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Teiden pehmeikkötutkimukset (TS 28/1998)
- TIEL 3200527 Muovibitumikokeilut 1997 (TS 35/1998)
- TIEL 3200531 Liikennemerkkien tukien taipumaluokat prEN 12899-1 mukaan. Yleistä projektista - Tyypisarjojen tukien rakennesuunnittelun tarkistus - Uudet taipumaluokat (TS 39/1998)
- TIEL 3200537 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Siltojen pohjatutkimukset (TS 1/1999)
- TIEL 3200539 Tiepenkereiden vetolujitteiden toiminta käyttötilassa (TS 47/1998)
- Syvästabilointi Tielaitoksen kohteissa:
- TIEL 3200540 Osa 1: Toteutetut kohteet (TS 2/1999)
- TIEL 3200541 Osa 2: Laadunvalvontatutkimukset ja laadunaltutusten vaikutus (TS 3/1999)
- TIEL 3200553 Uusiopäällystetutkimukset 1998 (TS 7/1999)
- TIEL 4000192 Tien kantavan kerroksen suunnitteluratkaisun valinta (SJ 35/1998)
- TIEL 4000199 Selvitys tien häikäisysojista (SJ 5/1999)
- TIEL 4000200 Kelirikkoisen soratien kantavuuden parantamismenetelmiä. Bitumistabilointi ja raudoitettu murske. Loppuraportti. (SJ 6/1999)
- TIEL 4000201 Teiden talvihoidon yhteiskunnalliset vaikutukset. Yhteenvedo tehdyistä selvityksistä. (SJ 9/1999)
- TIEL 4000202 Tutkimus- ja kehittämistoiminnan vuosiraportti 1998 (SJ 10/1999)

OHJEET JALAAATUVAATIMUKSET

TIEL 2110013	Maaston ja kallion muotoilu - Maisemahje
TIEL 2130016	Kevyen liikenteen suunnittelu
TIEL 2140009	Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 5. Reunatuet
TIEL 2140010	Taajamapäälysteet ja reunatuet
TIEL 2140011	Päälysteiden suunnittelu.
TIEL 2140013	Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 3. Melusteet
TIEL 2140014	Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 4. Aidat
TIEL 2150002-98	Ympäristötieto ja tietolähteet tiensuunnittelussa
TIEL 2150003-98	Vihertöiden toteuttaminen tieympäristössä
TIEL 2150008	Luonnon monimuotoisuus ja tienpito - Tieluonnon hoito-ohjelma
TIEL 2180003	Tiesuunnitelman pohjatutkimukset
TIEL 2210010-98	TYLT: Kovat pintaverhoustyöt, sadevesikourut, reunatuet ja sorapinta
TIEL 2212400-98	TYLT: Viherrakenteet
TIEL 2212802-98	TYLT: Päälystystyöt
TIEL 2212809-98	TYLT: Murskaustyöt
TIEL 2230018-98	Teiden talvihoito - Laadun määrittely 1998
TIEL 2240002-98	Yleiset arvonmuutosperusteet: Murskaustyöt
TIEL 2243560-98	Päälystystöiden yleiset arvonmuutosperusteet.

SELVITYKSIÄ (=TS) JA SISÄISIÄ JULKAISUJA (=SJ):

Liikennetekniikka

TIEL 3200473	Tavallisen ja leveäkaistaisen moottoriliikennetien liikennevirran ominaisuudet - Vt 12 Lahti - Uusikyliä (TS 26/1997)
TIEL 3200486	Kevyen liikenteen arkkitehtuuri (TS 41/1997)
TIEL 3200487	Ohituskaistojen turvallisuus (TS 3/1998)
TIEL 3200489	Liikenneturvallisuustarkastus. - Länsiväylä Paasikiventie - Kekkosentie - Teiskontie (TS 2/1998)
TIEL 3200490	Linja-autoliikenne: Linja-autoliikenteen palvelusotekijät (TS 42/1997)
TIEL 3200491	Linja-autoliikenne: Esimerkkejä linja-autopysäkeistä ja etuisuusjärjestelyistä (TS 43/1997)
TIEL 3200492	Linja-autoliikenne: Liityntä- ja saattoliikennejärjestelyt (TS 44/1997)
TIEL 3200493	Kevyen liikenteen alikulkujen turvallisuus ja sujuvuus (TS 45/1997)
TIEL 3200494	Pyöräilijöiden liittymäonnettomuustyyppit ja liittymien ominaisuudet (TS 46/1997)
TIEL 3200495	Linja-autoliikenne: Liikkumisesteisten huomioon ottaminen pysäkkien suunnittelussa (TS 47/1997)
TIEL 3200526	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Uusien tietyyppivaihtoehtojen vertailu. Vt 5 välillä Vehmasmäki-Hiltulanlahti (TS 34/1998)
TIEL 4000181	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Laajennetun T-liittymän välityskyky (SJ 2/1998)
TIEL 4000182	S 12 Pääteiden parantamisratkaisut: Välityskyky- ja palvelusotatarkastelujen tutkimussuunnitelma (SJ 3/1998)
TIEL 4000186	Tasoliittymät - Turvasaarekkeella varustetun liittymän suunnittelu (SJ 23/1998)
TIEL 4000187	Kevyen liikenteen verkon tarveselvitys (SJ 24/1998)
TIEL 4000188	Vapaa tila ja suojaetäisyys - Selvitys kehittämistarpeesta (SJ 6/1998)