

KEHÄ III



Risto Alkio
Jari Pihlajamäki
Markku Pienimäki

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

TIIVISTELMÄ

TPPT:n kuormituskestävyyden parantamiseen tähtäävässä koerakentamisessa yhtenä kohteena oli Kt 50:lle (Kehä III) rakennetut koeosuudet. Kohdeella kokeiltiin erilaisia teräsverkko- ja geovahvisteratkaisuja estämään maabetonin aiheuttamien heijastushalkeamien synty päällysteeseen. Lisäksi kokeiltiin lujitteiden korvaamista SMA:n kumibitumilla ja maabetonin korvaamista jäykällä bitumisella sidekerroksella.

Kohdetta ei instrumentoitu, vaan rakenteen pitkäaikaiskäyttäytymistä sekä lujiteverkkojen toimivuutta seurattiin visuaalisin vauriokartoituksin sekä pintamittauksin. Vauriot tulkittiin kaistan levyisinä poikkihalkeamina 100 m tieosuutta kohti. Pintamittauksia tehtiin tasaisuudenmittausautolla.

Tasaisuudessa vain kumibitumisella SMA-osuudella oli ongelmia. Vuoteen 2001 asti – ennen ensimmäistä rakentamisen jälkeistä päällystystä – tehtyjen vauriokartoitusten mukaan koealueiden maabetonin heijastushalkeamien estoratkaisujen toimivuudesta tehtiin seuraavat päätelmät:

- pohjoisella ajoradalla (yksi maabetonikerros) lasikuituvahvisteisilla geovahvisteilla ei ollut mitään vaikutusta heijastushalkeamien määrään, joita syntyi yli 20 kpl/100 m
- ohuemmalla teräsverkolla ($\phi=6$ mm) ei ollut vaikutusta estämään halkeamien syntymistä päällysteeseen
- eteläisellä ajoradalla (kaksi maabetonikerrosta) heijastushalkeamien syntyä päällysteeseen esti parhaiten maabetonikerroksen keskelle asennettu teräsverkko, jonka tangon paksuus oli 8 mm (7,5 kpl/100 m)
- teräsverkko asennettuna maabetonikerroksen ja bitumisten kerrosten rajapintaan esti vain hieman paremmin kuin geovahvisteet heijastushalkeamien syntyä päällysteeseen
- geovahvisteet hidastivat hieman (eri vetolujuudella ei vaikutusta) heijastushalkeamien (11 kpl/100 m) syntyä päällysteeseen referenssialueeseen (12 kpl/100 m) verrattuna, kuitenkin paljon vähemmän kuin teräsverkko maabetonikerroksen keskellä
- kumibitumin vaikutus SMA-päällysteessä oli negatiivinen, koealueella syntyi selvästi eniten halkeamia (18 kpl/100 m) referenssialueetkin (joilla ei ollut vahvisteita) mukaan lukien (12 kpl/100 m)
- maabetonin korvaava bituminen rakenne toimi ylivoimaisesti parhaiten, siihen syntyi vain neljä erittäin lyhyttä poikkihalkeamaa oikealle kaistalle, yhteismitaltaan 0,8 kpl/100 m.

Tämän koekohteen perusteella maabetonirakenteen tyypillinen ongelma, kutistumisen aiheuttamat heijastushalkeamat päällysteeseen, ei ole ehkäistävissä geolujitteilla.

Vain riittävän paksu teräsverkko asennettuna maabetonikerroksen sisään pystyy estämään heijastushalkeamat.

Kohde päällystettiin kesäkuussa 2001. Tämä vuoden 2002 raportti on päivitetty vuoden 2001 raportista lisäämällä siihen syksyllä 2002 tehdyn vauriokartoituksen havainnot.

ALKUSANAT

Tien pohja- ja päällysrakenteet -tutkimusohjelman (TPPT) 1994-2001 lopputulosten tavoitteena on entistä kestävämpien uusien ja perusparannettavien kestopäällystettyjen teiden rakentaminen siten, että myös rakenteiden vuosikustannukset alenevat. TPPT-ohjelmassa kehitettiin tierakenteiden mitoitusta (TPPT-suunnittelujärjestelmä). Suunnittelujärjestelmään kuuluvissa mitoitushjeissa ja menetelmäkuvauksissa esitetään ne menettelytavat ja keinot, joita käyttäen tierakenne voidaan kohdekohtaisesti suunnitella ja mitoitaa. TPPT-suunnittelujärjestelmään sisältyy myös päällysrakenteen elinkaarikustannustarkastelu, jonka suorittamiseksi esitetään menettelytapa.

Suunnittelujärjestelmälle on ominaista, että tierakenteen mitoitus tapahtuu paikkakohtaisilla tiedoilla ja parametreilla (liikenne, ilmasto, pohjamaa, käytettävät rakennemateriaalit, vanhat rakenteet). Mitoituksessa käytettävien pohjamaata ja rakennemateriaaleja koskevien parametrien määrittäminen tapahtuu ensisijaisesti laboratoriokokeilla tai maastossa tehtävin mittauksin ja tutkimuksin. Myös muiden mitoituksessa tarpeellisten lähtötietojen hankinnassa ja ongelmakohtien tai muutoskohtien paikannuksessa käytetään maastossa ja tiellä tehtäviä havaintoja ja mittauksia.

Suunnittelujärjestelmään kuuluvat oleellisena osana sitä täydentävät suunnittelun ja mitoituksen lähtötietojen hankintaa käsittelevät ”menetelmäkuvaukset”. Esitettävät menetelmät ja menettelytavat on todettu käyttökelpoisiksi käytännön havaintojen ja kokeiden perusteella.

TPPT-ohjelman tuloksena laaditaan myös yhteenveto ohjelmaan sisältyneistä, mitoitushjeiden laadinnassa hyväksikäytetyistä koerakenteista sekä yhteenveto tien rakennekerrosten materiaaleista ja niiden valintaan vaikuttavista tekijöistä.

Tässä raportissa käsiteltävän koekohteen suunnittelu ja kohdetutkimukset on tehty Uudenmaan tiepiirin ja VTT:n yhteistyönä TPPT-projektissa. Kohderaportin ovat laatineet erikoistutkija Risto Alkio ja erikoistutkija Jari Pihlajamäki VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta.

Tämä raportti korvaa v. 2001 laaditun kohderaportin. Vuoden 2001 raporttia on täydennetty vuonna 2002 tehdyllä vauriokartoituksella. Raportin täydennyksen tehnyt erikoistutkija Markku Pienimäki VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta.

Lokakuussa 2002

Markku Tammirinne

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
2	KOERAKENNUSSUUNNITELMA	10
2.1	Tavoitteet	10
2.2	Koekohde	10
2.3	Koerakenteet	11
2.4	Tutkimussuunnitelma	15
2.4.1	Rakenteen suunnittelu	15
2.4.2	Työnaikainen laadunvalvonta	15
2.4.3	Seurantamittaukset	15
3	KOERAKENTEIDEN TOTEUTTAMINEN	16
3.1	Koekohteen rakentaminen	16
3.2	Materiaali- ja massatutkimukset	16
3.2.1	Kiviaines	16
3.2.1.1	Maabetonikiviaines	16
3.2.1.2	Bitumiset kiviainekset	17
3.2.2	Stabiloinnin ennakkokokeet	19
3.2.3	Koerakenteen maabetonin suhteitus	20
3.3	Rakentamisen laadunvalvonta	20
3.3.1	Maabetoni	20
3.3.2	Asfalttipäällyste	24
4	SEURANTAMITTAUKSET	25
4.1	Jäykkyysmoduulimääritykset	25
4.2	Tasaisuusmittaukset	26
4.3	Vauriokartoitus	30
4.3.1	Vauriokartoitus ennen uudelleenpäällystämistä	30
4.3.2	Vauriokartoitus uudelleenpäällystämisen jälkeen 2002	32
5	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	33
6	LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Koeteitä on rakennettu viimeisen vuosikymmenen aikana useita eri puolille maata, mutta niillä toteutettujen koeosuuksien kattavuus ja työnaikainen sekä myöhempi seuranta ovat olleet puutteellisia. Koerakentamista on tehty sekä vilkkaasti liikennöidyissä kohteissa että alemmalla tieverkolla.

Teräs- ja lujiteverkkoja on käytetty menestyksekkäästi useissa koe- ja rakennekohteissa erityisesti routavaurioiden torjunnassa. Koska koekohteet on toteutettu erillään laajemmista koeohjelmista, ei niissä ole ollut mahdollisuutta koerakenteen instrumentointiin eikä pitkäjänteiseen seurantaan. Monipuolisistakin koerakenteista saadut tiedot ovat rajoittuneet tästä syystä lähinnä työnaikaisiin kokemuksiin.

TPPT:ssä lujiteverkkoja tutkittiin materiaaliteknisestä ja mitoituksellisesta näkökulmasta. TPPT-projektin yhtenä koerakennuskohteena oli Kt 50:llä (Kehä III) Espoossa oleva koekohde, jossa pyrittiin estämään maabetonirakenteiden heijastushalkeamien synty päällysteeseen. Kohteessa testattiin geovahvisteiden ja teräsverkkojen toimivuutta heijastushalkeamien estämiseen sekä joitakin bitumisia ratkaisuja.

2 KOERAKENNUSSUUNNITELMA

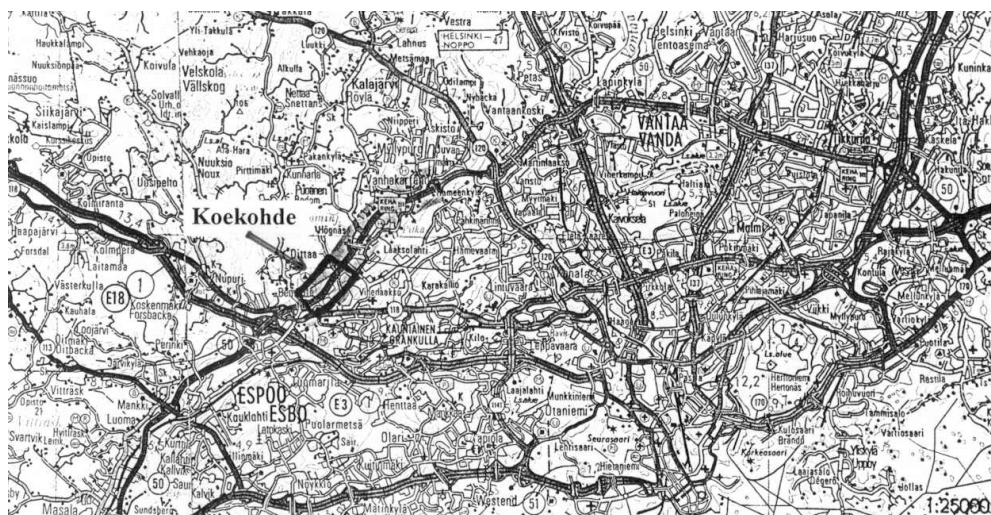
2.1 Tavoitteet

Kehä III:lle rakennetuilla maabetonikoeosuuksilla vertailtiin erilaisia geovahviste- ja teräsverkkoteratkaisuja, joilla pyrittiin estämään maabetonin heijastushalkeamat päällysteeseen. Tutkittavia asioita olivat:

- rakenneratkaisun toimivuus
- rakenteiden kestoikä
- eri vahvistemateriaalien vertailu
- vahvisteiden sijoittamista kerroksiin
- lujitteiden korvaaminen SMA:n kumibitumilla
- maabetonin korvaaminen jäykällä bitumisella sidekerroksella

2.2 Koekohde

Kohde sijaitsi Kt 50:n tieosalla 03 välillä Bemböle – Vanhakartano. Koerakenteet olivat pohjoisella ajoradalla paaluväleillä 4000 - 4300 sekä eteläisellä ajoradalla paaluväleillä 4660 - 5160 ja 5700 - 5890. Koekohteen sijainti on esitetty kuvassa 1. Kohteen KVL vuonna 1995 oli 24000 - 29000 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskasta liikennettä 11 %. Vuonna 2010 liikennemäärän on arvioitu olevan 40000 - 52000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Kehä III on osa Turku - Pietari-yhteyttä.



Kuva 1. Koekohteen sijainti.

2.3 Koerakenteet

Kehä III rakennettiin kaksiajorataiseksi nelikaistaiseksi tieksi. Koekohteen perusrakenteena oli louhepenkereellä maabetoni sidottuna kantavana kerroksena, jonka päälle oli suunniteltu kaksi asfalttikerrosta, ABK ja SMA.

Maabetonirakenteiden ongelmana on maabetonin hallitsematon kutistumishalkeilu, josta aiheutuu heijastushalkeamia päällysteeseen.

Heijastushalkeamat oli tarkoitus estää geovahvisteilla ja teräsverkoilla. Koeosuudella 8 ei käytetty vahvisteita vaan heijastushalkeamat yritettiin estää käyttämällä kulutuskerroksen SMA:n sideaineena kumibitumia.

Koeosuus 9 tehtiin ilman maabetonia. Hydraulisesti sidotun kantavan kerroksen (150 mm jyräbetoni+200 mm maabetoni) korvasi bituminen ratkaisu 60 mm ABS + 40 mm ABK. ABS-kerroksessa käytettiin luonnonasfalttia (Gilsonite) 17 % sideaineen määrästä.

Koerakenteet tehtiin tieosan 03 seuraaville paaluväleille ja seuraavin geovahvistein sekä teräsverkoin:

Koeosuus 1: plv 4000 – 4100 (pohj.ajorata), geovahviste Rotaflex 816 S2
Koeosuus 2: plv 4100 – 4200 (pohj.ajorata), geovahviste Rotaflex 833 SL
Koeosuus 3: plv 4200 – 4300 (pohj.ajorata), teräsverkko Ø 6 mm:n tanko
Koeosuus 4: plv 4660 – 4760 (etel.ajorata), teräsverkko Ø 8 mm:n tanko
Koeosuus 5: plv 4760 – 4860 (etel.ajorata), teräsverkko Ø 8 mm:n tanko
Koeosuus 6: plv 4860 – 4960 (etel.ajorata), geovahviste Polyfelt PGM G50
Koeosuus 7: plv 4960 – 5060 (etel.ajorata), geovahviste Polyfelt PGM 14
Koeosuus 8: plv 5060 - 5160 (etel.ajorata), kumibitumi SMA:n sideaineena
Koeosuus 9: plv 5700 – 5890 (etel.ajorata), luonnonasfalttia ABS

Kuvassa 2 on esitetty koeosuuksien koerakenteet, josta selviävät geovahvisteiden ja teräverkkojen sijainti rakennekerroksissa sekä maabetonin että jyräbetonin kerrospaksuudet. Maabetonin päällä oli ABK-kerros paksuudeltaan 60 mm ja kulutuskerroksena SMA, jonka paksuus oli 40 mm.

Koerakenteissa 1 – 3 oli maabetonin paksuus 200 mm ja 7 vrk:n suunniteltu puristuslujuus 6 MN/m² (liite 1).

Koerakenteissa 4 – 8 suunniteltu stabiloitu kerros koostui maabetonista (200 mm) ja sen päällä olevasta jyräbetonista paksuudeltaan 150 mm. Jyräbetonin 7 vrk:n suunnittelulujuus oli 15 MN/m². Käytännössä urakoitsija teki nämä molemmat kerrokset samalla reseptillä, joiden 7 vrk:n puristuslujuudeksi tuli noin 10 MN/m².

Koeosuuden 9 maabetoniton kerrosrakenne oli ABK (100 mm), ABS (60 mm) ja SMA (40 mm).

Geovahvisteista Rotaflex- vahvisteet sijoitettiin ABK- ja SMA -kerrosten väliin (koerakenteet 1 ja 2). Polyfelt-vahvisteet asennettiin jyräbetonin ja ABK-kerroksen väliin. Muuttujana geovahvisteissa oli erilainen vetolujuus, joka on tärkeämpi pituussuunnassa (liitteet 2 ja 3). Teräsverkko sijoitettiin maa-

betonin ja jyräbetonin keskelle (koerakenne 4) sekä jyräbetonin ja ABK:n väliin (koerakenne 5).

Koeosuuksien vertailurakenteena oli kohteen normaali yksikerroksinen maabetonirakenne louhepenkereellä paaluväleillä:

4400 – 4300 pohjoinen ajorata

4000 – 3900 pohjoinen ajorata

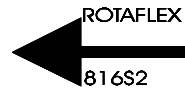
4560 – 4660 eteläinen ajorata

5160 – 5700 eteläinen ajorata

PLV 4000 - 4100 (POHJ. AJORATA)

Koerakenne 1

SMA 40 mm
ABK 60 mm
MAABETONI 200 mm



PLV 4100 - 4200 (POHJ. AJORATA)

Koerakenne 2

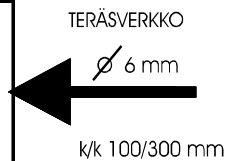
SMA 40 mm
ABK 60 mm
MAABETONI 200 mm



PLV 4200 - 4300 (POHJ. AJORATA)

Koerakenne 3

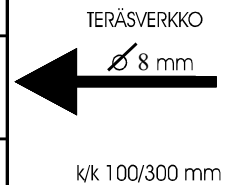
SMA 40 mm
ABK 60 mm
MAABETONI 200 mm



PLV 4660 - 4760 (ETEL. AJORATA)

Koerakenne 4

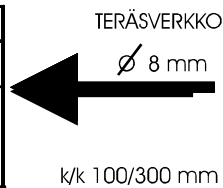
SMA 40 mm
ABK 60 mm
JYRÄBETONI 150 mm
MAABETONI 200 mm



PLV 4760 - 4860 (ETEL. AJORATA)

Koerakenne 5

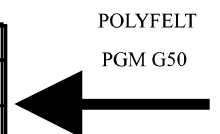
SMA 40 mm
ABK 60 mm
JYRÄBETONI 150 mm
MAABETONI 200 mm

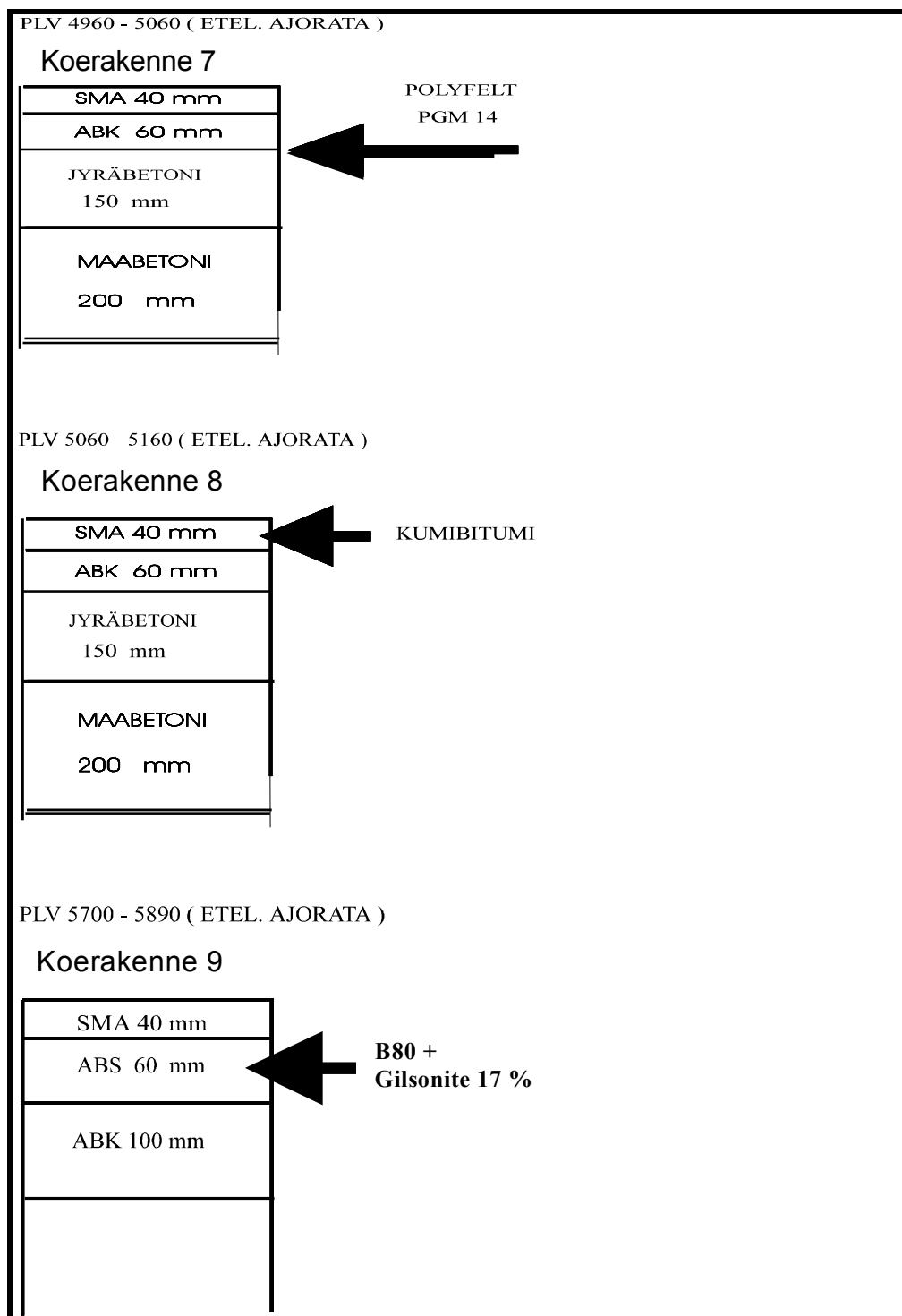


PLV 4860 - 4960 (ETEL. AJORATA)

Koerakenne 6

SMA 40 mm
ABK 60 mm
JYRÄBETONI 150 mm
MAABETONI 200 mm





Kuva 2. Koeosuuksien rakennetiedot sekä käytetyt geovahvisteet ja teräsverkot.

2.4 Tutkimussuunnitelma

2.4.1 Rakenteen suunnittelu

Koerakenteen perusratkaisut oli päätetty ”Black on white”-työryhmässä, jossa oli tielaitoksen, urakoitsijoiden ja tutkimuslaitosten edustajia. Kohteeseen suunniteltiin yhdeksän eri TPPT-koerakennetta ja lisäksi seurantaan otettiin referenssisuoksia. Referenssirakenteena oli Uudenmaan tiepiirin ns. superpäällysrakenne, joka tarkoittaa maabetonirakennetta louhepenkereellä.

Maabetonirakenteilla hypoteesina oli heijastushalkeamien estäminen teräsverkolla, geovahvisteilla tai kulutuskerroksen kumibitumilla. Täysin bitumissa ratkaisussa rakenteen jäykkyys saatiin aikaan sidekerroksella. Massa suhteutettiin siten, että sen jäykkyysmoduuli oli kolminkertainen normaalin kantavan kerroksen moduuliin verrattuna. Jäykkyys saatiin aikaan lisäämällä bitumiseen sideaineeseen Gilsoniittia 17 % sideaineen määrästä.

Rakenteiden kestoiät määritettiin tien rakennekerrosmateriaaleille kehitettyjen väsymissuorien perusteella. Väsymissuoran avulla saatiin rakenteen kestoikä (kumulatiivinen kuormituskertaluku) kriittisen muodonmuutoksen perusteella. Kriittiset muodonmuutokset laskettiin Bisar-moni-kerrosohjelmalla.

Laskelmien perusteella kaikkien rakenteiden kestoiät olivat yleisesti ottaen monta kertaluokkaa suurempia kuin rakenteen mitoitusikä. Tämä tarkoitti sitä, että tierakenteen mahdollinen vaurioituminen aiheutuu jostain muusta syystä kuin väsymisilmiöstä.

Väsymisen kannalta rakenteen kriittinen kohta on maabetonin alapinnassa vaikuttava vetojännitys, joka saattaa kohota suuremmaksi kuin maabetonin vetolujuus. Maabetonin taivutusvetolujuuden arvioidaan olevan noin 10 % sen puristuslujuudesta.

2.4.2 Työnaikainen laadunvalvonta

Koekohteessa käytettiin samoja materiaaleja kuin tien normaaliurakassa sekä hyödynnettiin niiden materiaalitietoja ja ohjeita. Maabetonin valmisti Lemminkäinen Oyj. Liitteissä 1 on esitetty Lemminkäisen urakan laatukansion etusivu ja sisällysluettelo. Laatukansiosta selviää maabetonin ainesosat, suhteutus, massan teko, levitys, tiivistys ja jälkihoito sekä laadun varmistus.

2.4.3 Seurantamittaukset

Kohdetta ei instrumentoitu, vaan rakenteen pitkäaikaiskäyttäytymistä sekä lujiteverkkojen toimivuutta seurattiin visuaalisin vauriokartoituksin. Kohteen tasaisuuden sekä poikki- ja pituusprofiilit mitattiin VTT:n PTM-autolla. Asfalttikerroksista poratuista näytteistä määritettiin materiaalien jäykkyysmoduulit.

3 KOERAKENTEIDEN TOTEUTTAMINEN

3.1 Koekohteen rakentaminen

Louherakenne oli tehty valmiiksi vuonna 1994. Koerakenteet tehtiin kesällä 1995 kesä - elokuussa seuraavin välinein ja menetelmin:

- maabetoni tehtiin asemasekoitteisena massakoneella VEM 300 (-93).
- massa levitettiin kuormaajaan kytkettävällä MassMaster-laitteella ja tiehöylällä tai Dynapac 18000 K- (92) levittimellä.
- tiivistyskalustona oli 20 t:n kumipyöräjäyrä Hamm (-94) ja 10 t:n täryjäyrä Hamm (-91).
- tiiviyttä seurattiin jäyrän mittalaitteista sekä Troxler-mittauksin.
- maabetonikerroksen jälkihoitona oli emulsiopinnoitus 800 g/m², joka levitettiin heti jäyräyksen jälkeen.
- teräsverkkojen asennus on kuvattu Lemminkäinen Oyj:n laatukansiossa. Geovahvisteiden asennusohje ja asennus on kuvattu liitteissä 2. Asennuksissa ilmeni alkuvaikeuksia, mutta kokonaisuutena asennus onnistui vähintäinkin tyydyttävästi.
- asfalttikerrokset teki Uudenmaan tiepiiri. Levittimenä oli Vögele Super 2000 ja tiivistyskalustona olivat jäyrät Hamm HW 90 ja Hamm DV 80.

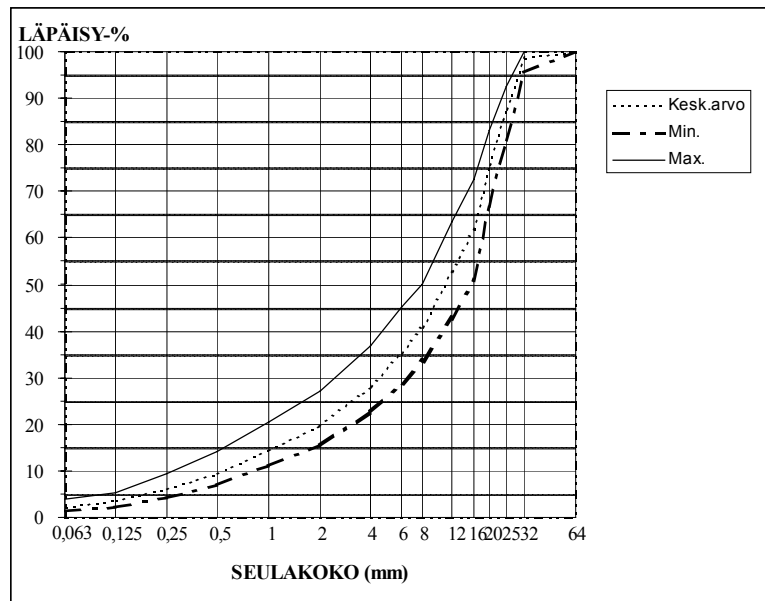
Koeosuudet avattiin liikenteelle marraskuun alussa 1995.

3.2 Materiaali- ja massatutkimukset

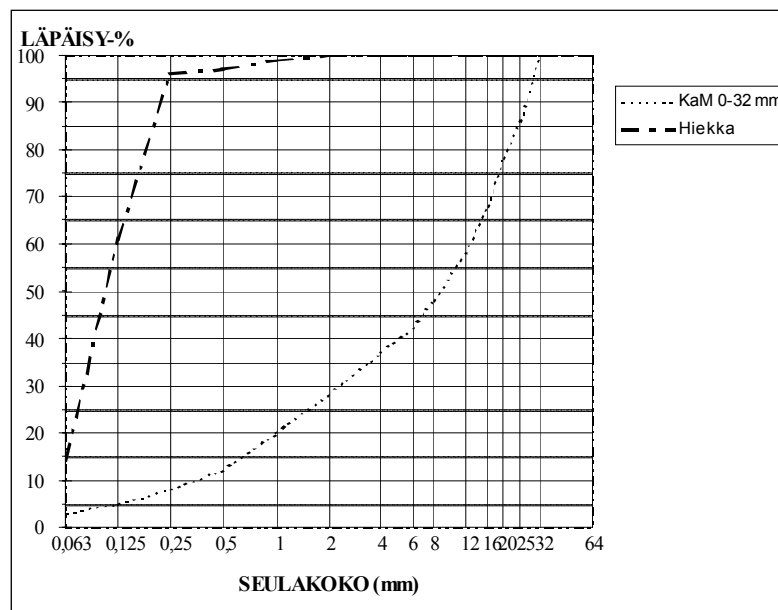
3.2.1 Kiviaines

3.2.1.1 Maabetonikiviaines

Maabetonin runkoaineena oli Ämmässuon kalliomurske 0-32 mm ja Vihdin Hiekka Oy:n fillerihiekka. Kuvassa 3 on esitetty Ämmässuon kalliomurskeen murskauksen aikainen keskiarvokäyrä sekä minimi- ja maksimikäyrät. Kuvassa 4 on esitetty hiekan rakaisuuskäyrä (näytteen ottoaika 31.5.95) ja Ämmässuon kalliomurskeen rakeisuuskäyrä (näytteen ottoaika 17.5.95).



Kuva 3. Ämmässuon kalliomurskeen (0-32 mm) murskaustyön aikaiset keskiarvo- sekä minimi- ja maksimikäyrät.

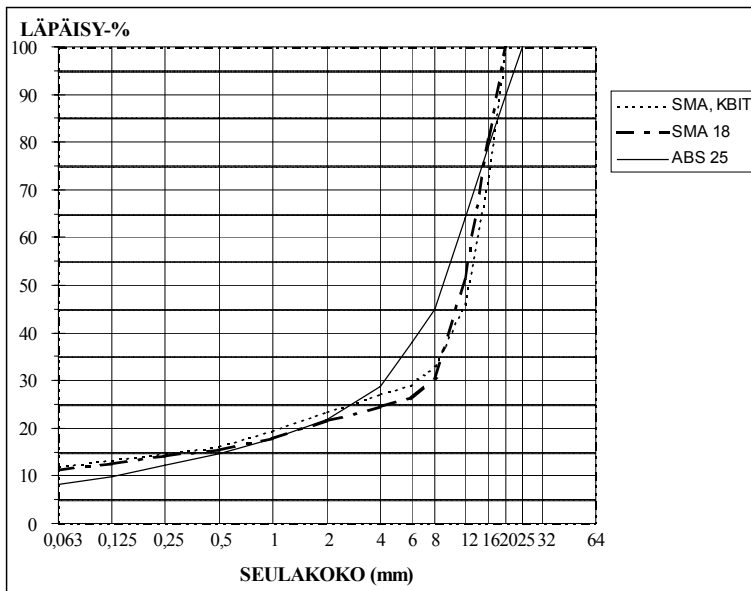


Kuva 4. Kalliomurskeen (Ämmässuo) 17.5.1995 otetun näytteen rakeisuuskäyrä ja 31.5.1995 otetun hiekanäytteen rakeisuuskäyrä.

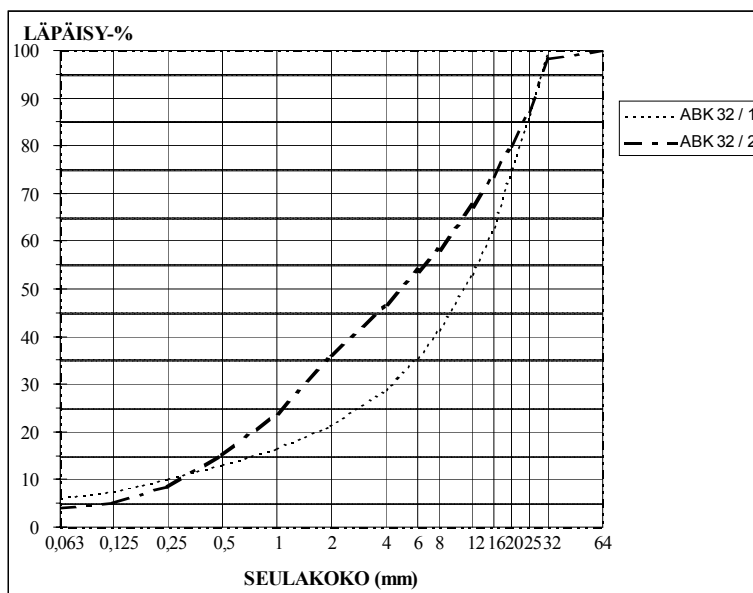
3.2.1.2 Bitumiset kiviainekset

Koerakenteissa maabetonin päällä oli kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK32). ABK-massassa käytettiin kahta eri kiviainesikäyrää ja siten myös eri suhteutusta. Ei ole tiedossa kumpaa suhteutusta on käytetty koeosuuksilla.

Kulutuskerroksena oli SMA18 kaikilla koeosuuksilla. Maabetonittomalla koeosuuksella 9 ABK:n ja SMA:n välissä on sidekerroksen asfalttibetoni (ABS25) erikoiskovalla bitumilla. Kuvissa 5 ja 6 on esitetty massoissa käytettyjen kiviainesten rakeisuuskäyrät poranäytteiden keskiarvoina.



Kuva 5. Päällysteen SMA18 - massan kiviaineksen rakeisuuskäyrä (12 poranäytteen keskiarvo) ja SMA18 – massan (kumibitumi) kiviaineksen rakeisuuskäyrä (1 kpl) sekä ABS25 – massan kiviaineksen rakeisuuskäyrä (1 kpl).



Kuva 6. ABK32–massan keskiarvorakeisuuskäyrät poranäytteistä määritettyinä.

3.2.2 Stabiloinnin ennakkokokeet

Maabetonin suunnittelulujuus oli 6 MN/m² ja kaksikerrosrakenteessa ylemmän jyräbetonikerroksen suunnittelulujuus oli 15 MN/m². Stabilointimassan ennakkokokeet teki Lemminkäinen Oyj. Kokeissa käytetyt massat ja puristuslujuudet on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1. Ennakkokokeiden stabilointimassat.

	Massa 1	Massa 2	Massa 3	Massa 4	Massa 5	Massa 6	Massa 7
Yleissementti, %	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0
Hiekka, %	10	15	20	10	15	20	15
KaM 0-32 mm, %	90	85	80	90	85	80	85
Vesi, %	5	5	5	5	5	5	5

Taulukko 2. Ennakkosuhteitusmassojen puristuslujuudet.

Massan Numero	Semettimäärä %	Hiekkamäärä %	Puristuslujuus, MN/m ²		
			5 vrk	6 vrk	7 vrk (lask.)
1	3,0	10	8,3		9,0
2	3,0	15	8,6		9,3
3	3,0	20	7,8		8,5
4	3,5	10		11,3	11,6
5	3,5	15		10,1	10,5
6	3,5	20		9,5	9,8
7	4,0	15	9,8		10,6

Seitsemän vuorokauden puristuslujuudet arvioitiin Tielaitoksen sementtistabilointiohjeiden mukaisesti.

Ennakkosuhteituksen perusteella valittiin työnaikaiseksi sementtipitoisuudeksi 3,2 % ja hiekkapitoisuudeksi 15 % niille osuuksille, joiden maksimipuristuslujuus oli 10 MN/m². Osuuksille, joihin haluttiin yli 15 MN/m² lujuus, valittiin työnaikaiseksi reseptiksi massa numero seitsemän, vaikka haluttua lujuutta ei saavutettukaan. Massan puristuslujuuden arvioitiin jääneen liian alhaiseksi verrattuna muiden massojen lujuuteen.

3.2.3 Koerakenteen maabetonin suhteitus

Koerakenteen suhteitus oli taulukon 3 mukainen. Aluksi koko stabilointityössä käytettiin suhteitusta 1. Suhteitusta muutettiin 19.6.1995, koska laadunvalvontatulokset näyttivät puristuslujuudelle liian korkeita arvoja. Suhteitusta 1 käytettiin vielä 19-20.6.1995 tehdyn jyräbetonin valmistuksessa (koealueet 4-8). Sekä maabetoni että jyräbetoni tehtiin siis samalla suhteituksella. Tämä johtui urakoitsijan mukaan siitä, että maabetonikerroksen koekappaleiden puristuslujuudet olivat niin korkeita, että suhteitusta ei enää uskallettu muuttaa tehtäessä jyräbetonia.

Taulukko 3. Maabetonin suhteitukset.

Koostumus	Suhteitus 1 %	Suhteitus 2 %
KaM 0-32 mm	85	80
Hiekka	15	20
Sementti	3,2	3,2
Vesi	5,0	5,0

Eri suhteituksia käytettiin seuraavina ajanjaksoina:

13 – 16.6	suhteitus 1
19.6	suhteitus 2
19 – 20.6	suhteitus 1
20 – 27.6	suhteitus 2
7 – 17.8	suhteitus 2
25 –28.9	suhteitus 2

3.3 Rakentamisen laadunvalvonta

3.3.1 Maabetoni

Työnaikaisessa laadunvalvonnassa noudatettiin koko työkohteessa Lemminkäisen laatukansion mukaisia ohjeita. Koerakenteiden rakentamisessa noudatettiin myös kyseistä laatumenettelyä.

Maabetonin valmistuksen yhteydessä massasta otettiin näytteitä 12.6 1995 ja 13.6.1995, joista valmistettiin näytekappaleita Lemminkäisen keskuslaboratoriossa. Tätä massaa levitettiin koealueille. Näytekappaleiden puristuslu-

juudet määritettiin 4 ja 7 vrk:n ikäisinä. Tulokset on esitetty taulukossa 4. Puristuslujuuden keskiarvo on kolmen näytteen keskiarvo.

Maabetonirakenteesta porattiin näytekappaleita (ϕ 150 mm) 7 vuorokauden ikäisinä ja osin 20-23 vrk sekä kontrollinäytteitä kaksikerrosrakenteesta 70 vrk:n ikäisinä. Koerakenteita koskevat tulokset on kerätty taulukkoon 5.

Taulukko 4. Maabetonin levitysmassasta valmistettujen koekappaleiden puristuslujuudet.

Päivämäärä (tuotanto)	Tiheys kg/m ³	Puristuslujuus, Mpa	
		4 vrk	7 vrk
12.6	2350	9,9 (9,1 – 10,7)	11,3 (10,7 – 12,0)
13.6	-	-	9,9 (9,4 – 10,4)

Taulukko 5. Koealueilta porattujen maabetoninäytteiden puristuslujuudet ja tiheydet.

Koealue	Näyte	Puristuslujuus, MPa				Tiheys kg/m ³
		7 vrk		70 vrk		
1	PI 4000	rikki	10,0			
2	PI 4120	rikki	rikki			
4	PI 4865	rikki	rikki			
8	PI 5080 yläosa alaosa	rikki	9,2	10,1		2303
		rikki	rikki			
	PI 5100 yläosa alaosa			13,9	-	2287
					12,9	
	PI 5120 yläosa alaosa			9,5		2312
					9,6	
	PI 5140 yläosa alaosa	8,7	9,4			
		10,7	11,0			

Laatukansiossa on esitetty koko urakan maabetonoinnin poranäytteiden puristuslujuustulokset sekä määritetyt tiheydet. Tulosten mukaan kaikkien näytteiden puristuslujuuksien keskiarvo oli 7 vrk:n näytteillä 6,9 MPa vaihteluvälin ollessa 3,0 – 14,8 MPa johtuen osittain suhteitusmuutoksista. Näytteistä vajaa puolet rikkoutui niitä porattaessa, joten niitä ei voinut koestaa.

Vastaavasti 20 - 23 vrk ikäisien näytteiden puristuslujuuksien keskiarvo oli 6,2 MPa vaihteluvälin ollessa 5,9 – 8,5 MPa. Näytteistä rikkoutui porattaessa noin 20 %. Koekappaleiden lujuudet korreloivat laadunvarmistustulosten mukaan maabetonin tiheyden kanssa, mikä on huomioitava tarkasteltaessa laboratoriossa massasta valmistettujen koekappaleiden ja koealueelta porattujen koekappaleiden lujuuksia keskenään.

Laboratoriossa valmistettujen koekappaleiden tiheydet olivat välillä 2318 – 2400 kg/m³ keskiarvon ollessa 2351 kg/m³. Koeosuuksilta porattujen koekappaleiden tiheydet olivat välillä 1970 – 2339 kg/m³ keskiarvon ollessa 2206 kg/m³. Taulukkoon 6 on kerätty koeosuuksilta Troxler-laitteella mitatut tiiviysasteet ja vesipitoisuudet. Vertailutiiviytenä oli 2250 kg/m³. Tiiviysaste maabetonikoeosuuksilla oli keskimäärin 97,2 % vaihteluvälin ollessa 95,3 – 98,5 % ja jyräbetoniosuuksilla tiiviysaste oli keskiarvona 97,3 % vaihteluvälin ollessa 96,2 – 98,8 %. Koko maabetoniurakan tiiviysasteen keskiarvo oli 97,0 %.

Taulukko 6. Maabetonikoealueiden tiiviysasteet ja vesipitoisuudet.

Koealue	Paalu	Kaista	Maabetoni		Jyräbetoni	
			Tiiviys, %	Vesipit., %	Tiiviys, %	Vesipit., %
1	4000	oikea	97,1	3,3		
1	4040	kesk.	98,4	3,3		
1	4100	oikea	96,9	4,1		
2	4140	vasen	98,4	3,8		
2	4180	vasen	97,1	4,2		
3	4220	oikea	98,5	3,9		
3	4260	vasen	97,7	3,9		
3	4300	vasen	97,6	3,6		
4	4680	oik./oik.	97,7	4,1	96,2	3,6
4	4720	vasen	97,3	3,5		
4	4760	oik./oik.	95,3	3,7	97,1	3,5
5	4820	vas./vas.	96,8	3,8	98,5	3,6
5	4860	vasen			96,8	6,4
6	4880	oikea	96,4	4,3		
6	4900	vasen			97,6	3,4
6	4940	vasen	96,7	3,2		
7	4980	oikea			96,3	3,9
7	5040	oikea	96,4	4,1		
7	5060	oikea			98,8	3,9
8	5100	vasen	97,6	4,1		
8	5120	vasen			97,4	3,6

3.3.2 Asfalttipäällyste

Asfalttipäällysteistä otettiin porakappaleita laadunvalvontaohjeiden mukaisesti. Porakappaleista määritettiin sideainepitoisuudet sekä kiviaineksen rakeisuus. Rakeisuuskäyrien keskiarvokäyrät on esitetty kuvissa 5 ja 6. Taulukossa 7 on esitetty massojen porakappaleista mitattujen sideainepitoisuuksien keskiarvot ja ohjearvot.

Gilsoniitin määrä on ilmoitettu prosentteina sideaineesta. Pohjoisen ajoradan koealueiden SMA18-päällysteessä käytettiin ennakkosuunnitelmasta poiketen gilsoniittia 10 % sideaineen määrästä. Tämä johtui siitä, että urakoitsijan seuraavan urakan massa sisälsi gilsoniittia, joten massan laatua oli testattava, vaikka kyseessä oli TPPT-koerakenne. Tämän vuoksi sovittiin urakoitsijan ja TPPT-projektin edustajan kanssa, että myös muilla koealueilla käytetään samaa massaa.

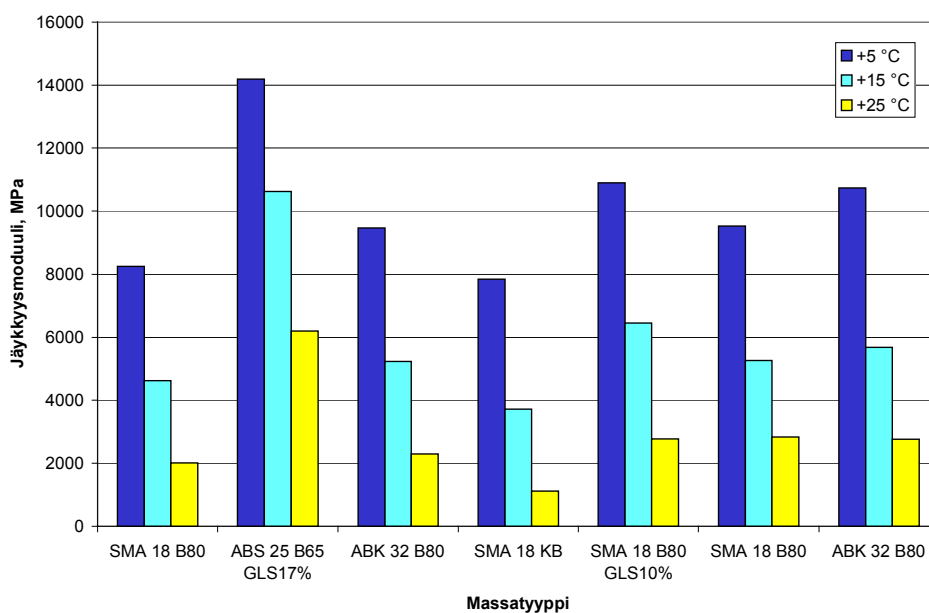
Taulukko 7. Porakappaleista määritetyt sideainepitoisuuksien keskiarvot.

Massa	Koealue	Bitumi	Bitumipitoisuus, %	
			Ohjearvo	Mitattu
SMA18	1 – 3	B80 Gls 10 %	6,2	-
SMA18	4 – 7	B80	6,40	6,37
SMA18	8	Kumibitumi	6,60	6,38
ABS25	9	B65 Gls 17 %	4,90	5,17
ABK32	1 – 9	B80	4,50	4,54
ABK32	1 – 9	B80	4,70	4,68

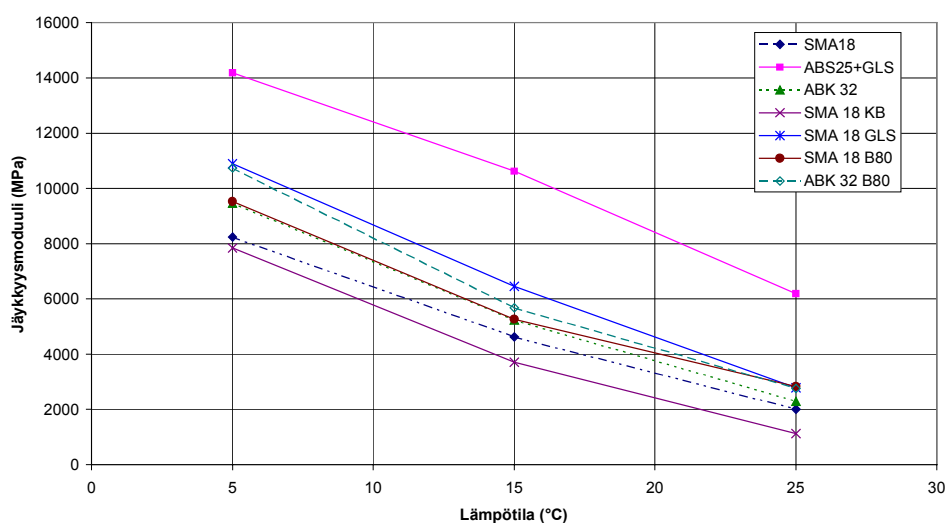
4 SEURANTAMITTAUKSET

4.1 Jäykkyysmoduulimääritykset

Bitumisista koerakenteista porattiin näytteitä jäykkyysmoduulimäärittäystä varten. Kappaleet koestettiin Nordic SHRP P07-mukaisesti lämpötiloissa 5, 15 ja 25 °C. Kuvissa 7 ja 8 on esitetty jäykkyysmoduulit kolmen rinnakkaisnäytteen keskiarvona.



Kuva 7. Koekappaleista määritetyt jäykkyysmoduuliarvot.



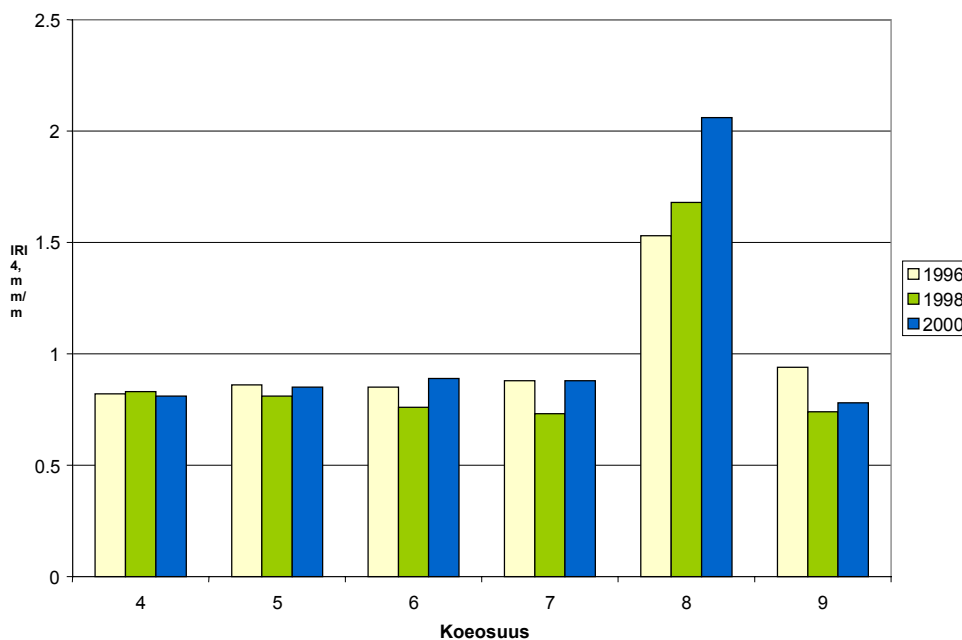
Kuva 8. Jäykkyysmoduuliarvot lämpötilan funktiona.

Eri päällystenäytteiden jäykkyyshuomiot keskiarvoina 5 °C:n lämpötilassa olivat välillä 14184 – 7844 MPa ja vastaavasti 15 °C:n sekä 25 °C:n lämpötiloissa välillä 10625 – 3709 MPa ja 6197 – 1119 MPa. Suurimmat arvot olivat ABS25-massalla, joka sisälsi gilsoniittia 17 % sideaineesta. Pienimmät arvot olivat kumibitumia sideaineena olevalla SMA18-massalla. Lämpötilan muutos vaikutti kaikilla massoilla samalla tavalla, joskin muutossuhteissa oli eroja. Korkeissa lämpötiloissa ABS-massan jäykkyys oli suhteellisesti paljon suurempi kuin matalissa lämpötiloissa, verrattuna muiden massojen jäykkyyksiin.

4.2 Tasaisuusmittaukset

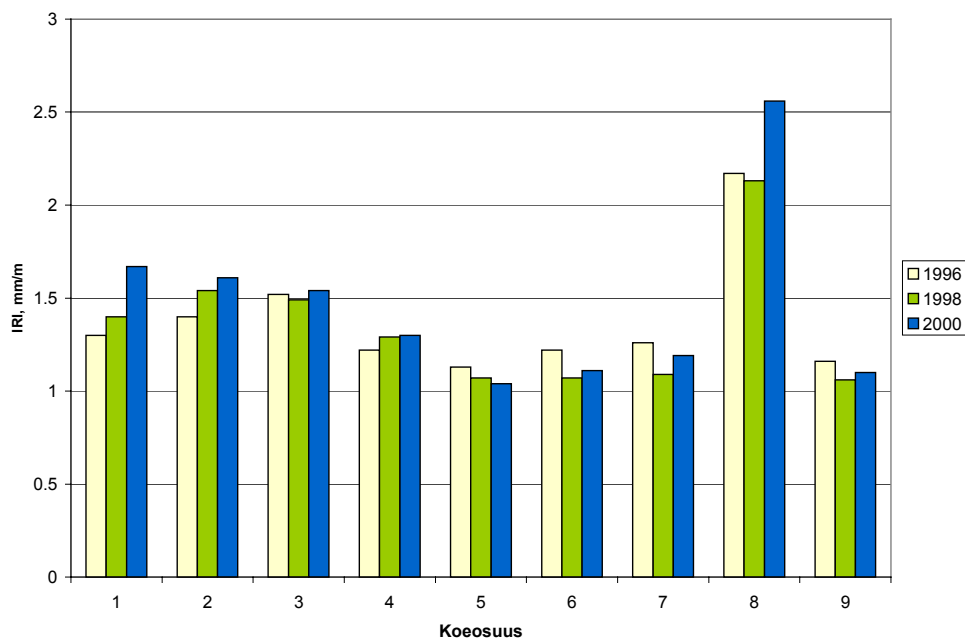
Koealueiden ensimmäinen tasaisuusmittaus tehtiin 28.3.1996. Seurantamittauksia tehtiin vuosittain. Mitattuja parametreja olivat pituussuuntainen tasaisuus ja pinnan karkeus. Pituusprofiilissa näkyvät epätasaisuudet, joiden aallonpituus on noin 0,5 – 40 m. Tästä mitatusta profiilista laskettiin tasaisuutta kuvaavat tunnusluvut IRI-, IRI4- ja 5mIRI-arvot. IRI4 kuvaa epätasaisuutta, jonka aallonpituus on noin 0,5 – 4 m ja IRI:n ja 5mIRI:n 0,5 – 30 m. IRI-arvo on laskettu 100 m:n matkalle ja 5mIRI 5 m:n matkalle.

Kuvissa 9 - 10 on esitetty koealueiden IRI4- ja IRI-arvot. Pohjoiselta ajoradalta (koeosuudet 1 – 3) ei ole IRI4-arvoja. Tasaisuus esitettynä 5mIRI-arvoina osoittaa alueen sisällä olevat tasaisuuserot, josta kuvassa 11 on esimerkkinä osuuden 8 vuoden 1998 tulostus.

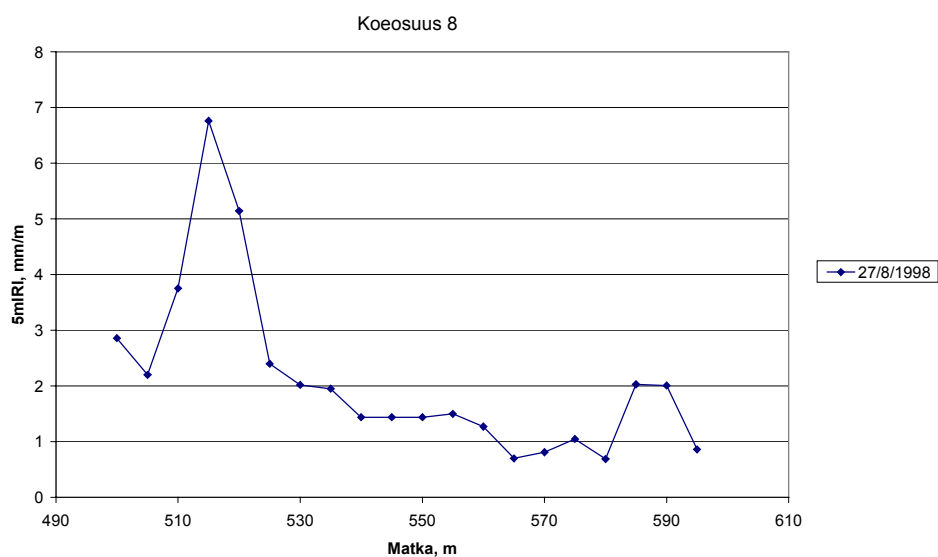


Kuva 9. Koeosuuksien 4 - 9 IRI4-arvot.

IRI4-arvot olivat välillä 0,73 – 2,56 mm/m. Koeosuuden 8 tasaisuudet olivat selvästi huonommat kuin muiden osuuksien tasaisuudet. Sama käy ilmi myös IRI-tuloksissa, jonka arvot olivat välillä 1,06 – 2,56 mm/m.



Kuva 10. Koeosuuksien IRI-arvot.



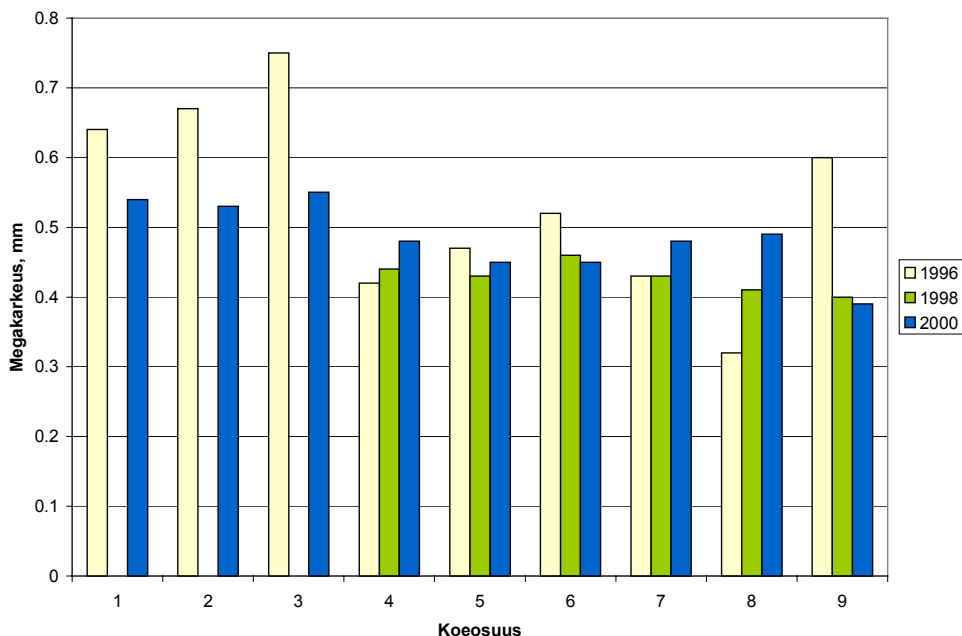
Kuva 11. Koeosuuden 8 tasaisuus 5mIRI-arvoina.

Koeosuuksilta määritettiin myös ns. megakarkeus, joka kuvaa lyhytaaltoista (5 – 50 cm) epätasaisuutta. Megakarkeuden avulla voidaan kartoittaa niitä päällysteen kohtia, jotka aiheuttavat tärinää (esim. työvirheet levityksen aikana).

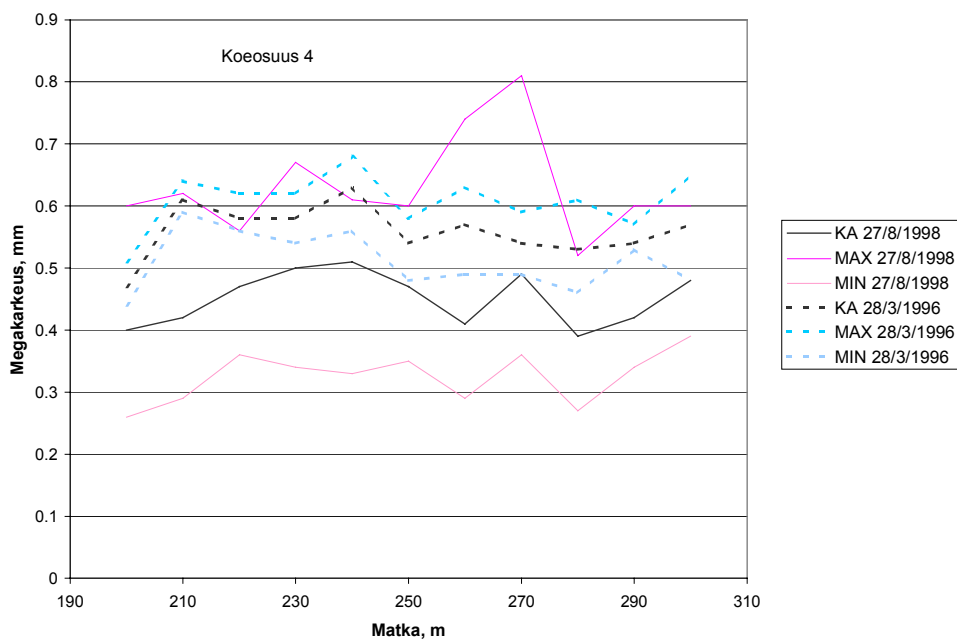
Pinnan karkeus mitattiin makrokarkeutena (aallonpituus 1 – 5 cm). Makrokarkeus vaikuttaa renkaan vierintävastukseen, kitkakertoimeen, päällysteen optisiin ominaisuuksiin, veden roiskumiseen ja rengasmeluun. Kuvassa 12 on esitetty koeosuuksien megakarkeusarvot. Kuvassa 13 on esitetty esi-

merkinä koeosuuden 4 megakarkeusarvot vuosilta 1996 ja 1998. Koeosuuksilta 1 - 3 ei ole vuoden 1998 megakarkeusarvoja.

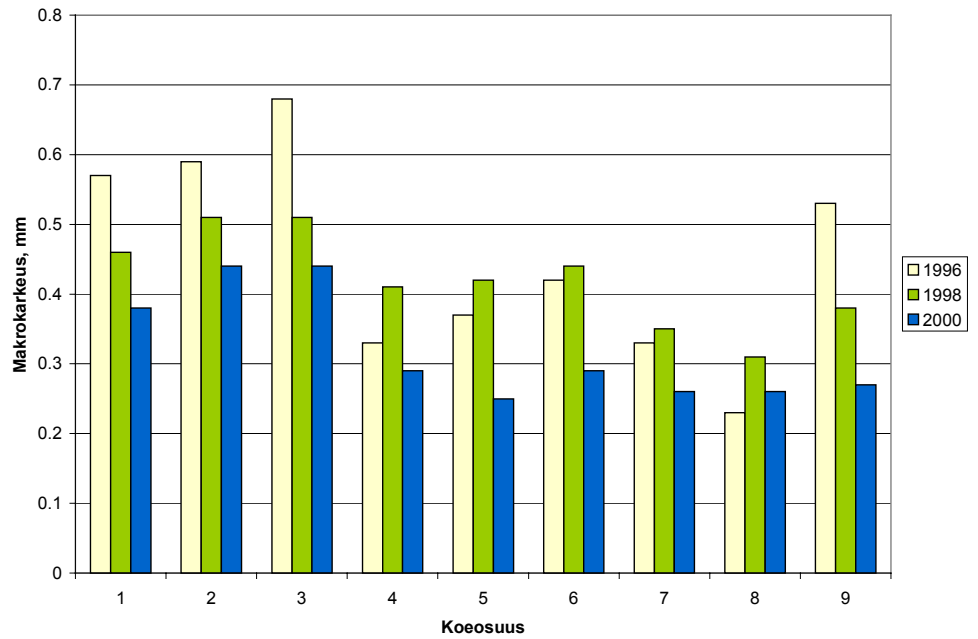
Kuvassa 14 on esitetty koeosuuksien makrokarkeusarvot mittausvuosittain ja kuvassa 15 on esitetty esimerkkinä vuosien 1996 ja 1998 koeosuuden 4 makrokarkeusarvot.



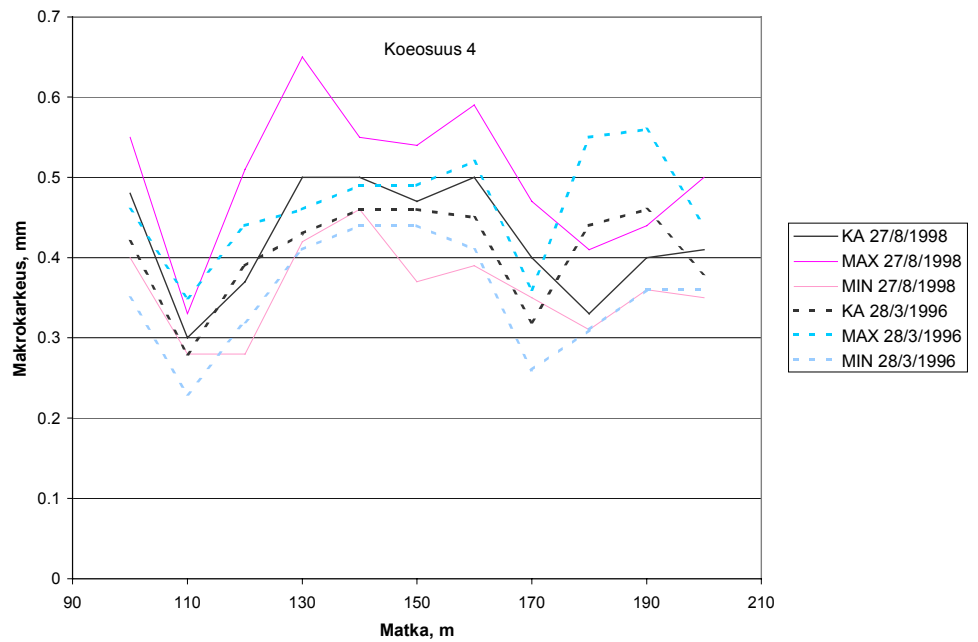
Kuva 12. Koeosuuksien megakarkeusarvot mittausvuosittain.



Kuva 13. Koeosuuden 4 tulostus megakarkeudesta



Kuva 14. Koeosuuksien makrokarkeusarvot mittausvuosittain.



Kuva 15. Koeosuuden 4 tulostus makrokarkeudesta.

4.3 Vauriokartoitus

4.3.1 Vauriokartoitus ennen uudelleenpäällystämistä

Koealueilla havaittiin paljon poikkihalkeamia, jotka ovat heijastuneet maabetonista asfalttikerrosten läpi päällysteen pintaan. Kuvassa 16 on esitetty tyypillinen poikittaishalkeama koealueelta.

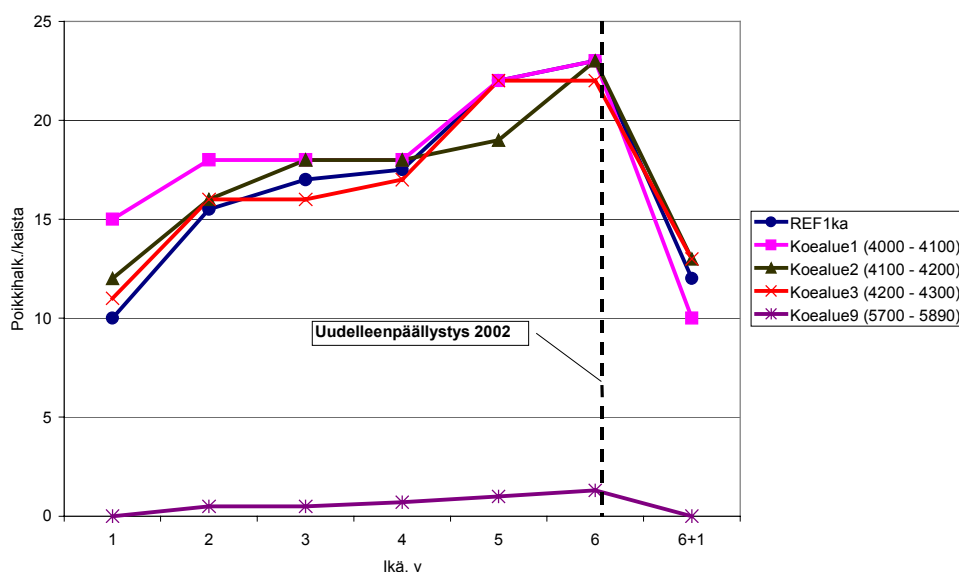


Kuva 16. Tyypillinen poikittaishalkeama koealueelta .

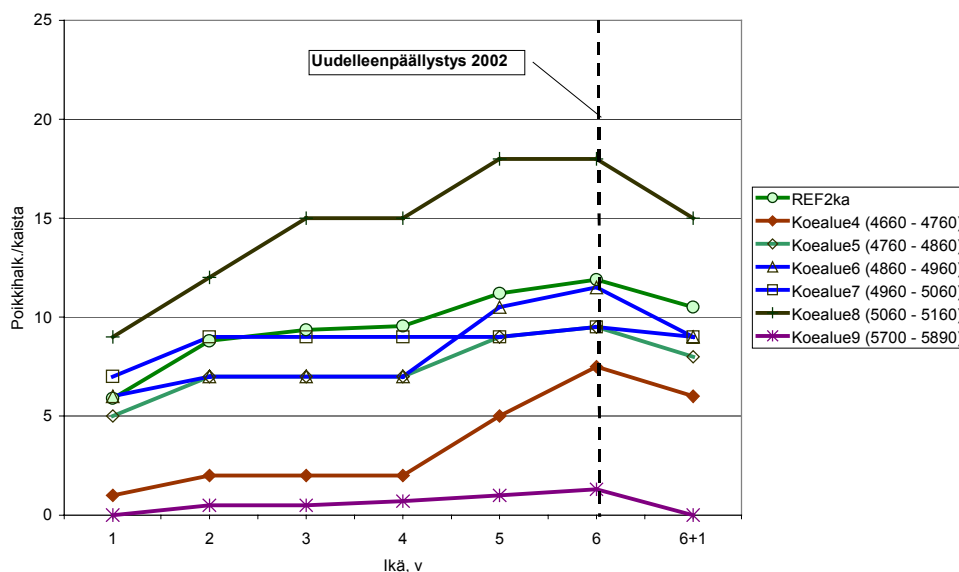
Halkeamia alkoi syntyä rakentamisen jälkeen ensimmäisen talven aikana. Osa halkeamista meni vain toisen kaistan läpi, osa koko tien läpi. Vain toisen kaistan läpi menneistä halkeamista valtaosa oli oikeanpuoleisella kaisalla eli todennäköisesti raskaan liikenteen ja kutistumisen yhteisvaikutus aiheutti nämä halkeamat. Vuosittaiset vauriokartoitukset on esitetty yksityiskohtaisemmin liitteessä 4.

Suuri osa halkeamista syntyi ensimmäisen vuoden aikana. Parhaiten kestäneelle alueelle alkoi tulla lyhyitä (0,5 m) poikkihalkeamia oikeanpuoleiseen ajouraan vasta viiden vuoden jälkeen.

Vauriokehitys ajan suhteen oli eri alueilla erilainen. Yleensä aluksi syntyi ohut hiushalkeama, joka levisi ajan kuluessa ja jonka lähelle saattoi syntyä useita halkeamia. Kaikkien alueiden vauriokehitys ajan suhteen on esitetty kuvissa 17 (pohjoinen ajorata) ja 18 (eteläinen ajorata).



Kuva 17. Koealueiden vauriokehitys (poikittaishalkeamaa/kaista) pohjoisen ajoradan koealueilla, vertailuna myös bituminen rakenne (9).



Kuva 18. Koealueiden vauriokehitys (poikittaishalkeamaa/kaista) eteläisen ajoradan koealueilla, vertailuna myös bituminen rakenne (9).

Pohjoisella ajoradalla (yksi maabetonikerros) kaikilla koeosuuksilla syntyi halkeamia suunnilleen yhtä paljon (yli 20 kpl/100 m), vahvisteeton referenssialuekin huomioon ottaen.

Halkeamista noin puolet syntyi ensimmäisen vuoden aikana. Vauriokehitys poikkesi hieman eri alueilla. Kahden vuoden jälkeen oli suvantovaihe, jolloin uusia halkeamia ei syntynyt juurikaan. Neljän vuoden jälkeen uusia halkeamia alkoi taas syntyä kaikilla alueilla.

Geovahvisteilla eikä ohuemmalla teräsverkolla ($\phi=6$ mm) ollut vaikutusta estämään halkeamien syntymistä päällysteeseen.

Eteläisellä ajoradalla (kaksi maabetonikerrosta) halkeamia syntyi eri koealueille selvästi eri määriä. Vauriokehitys oli suunnilleen samanlainen kuin pohjoisella ajoradallakin.

Heijastushalkeamien syntyä päällysteeseen esti parhaiten maabetonikerroksen keskelle asennettu teräsverkko, jonka tangon paksuus oli 8 mm (7,5 kpl/100 m). Sama teräsverkko asennettuna maabetonikerroksen ja bitumisten kerrosten rajapintaan esti heijastushalkeamien syntyä päällysteeseen vain hieman paremmin kuin geovahvisteet.

Geovahvisteet hidastivat hieman (eri vetolujuudella ei vaikutusta) heijastushalkeamien (11 kpl/100 m) syntyä päällysteeseen referenssialueeseen (12 kpl/100 m) verrattuna, kuitenkin paljon vähemmän kuin teräsverkko maabetonikerroksen keskellä.

Koealueella, jossa geovahviste oli korvattu kumibitumin käyttämisellä SMA-päällysteessä syntyi selvästi eniten halkeamia (18 kpl/100 m) referenssialueetkin (joilla ei ollut vahvisteita) mukaan lukien (12 kpl/100 m). Tämä oli yllättävää, koska kumibitumin oletettiin hieman estävän halkeamien syntyä referenssialueisiin verrattuna.

Maabetonin korvaava bituminen rakenne toimi ylivoimaisesti parhaiten, siihen syntyi vain neljä erittäin lyhyttä poikkihalkeamaa oikealle kaistalle, yhteismitaltaan 0,8 kpl/100 m.

Pohjoisella ajoradalla, jolla oli vain yksi maabetonikerros, halkeamia syntyi kaksinkertainen määrä verrattuna eteläiseen ajorataan, jolla oli kaksi maabetonikerrosta. Sitomattomat kerrokset olivat samanlaiset.

4.3.2 Vauriokartoitus uudelleenpäällystämisen jälkeen 2002

Koekohde päällystettiin kesäkuussa vuonna 2001 SMA 100 kg/m². Koealueilla havaittiin paljon poikkihalkeamia jo vuosi uudelleenpäällystämisen jälkeen. Ne rakenteet jotka olivat ennen päällystämistä vaurioituneet runsaimmin, ovat vaurioituneet nopeimmin myös päällystämisen jälkeen. Vuoden 2002 vaurioituminen vastaa suurinpiirtein tilannetta, joka havainnoitiin kaksi vuotta ennen päällystämistä. Vauriot ovat lähes poikkeuksetta havaittavissa samoilla kohdilla, kuin ennen päällystämistä. On melko ilmeistä, että koerakenteiden vaurioitumisaste on kahden vuoden jälkeen päällystämistä vastaavalla tasolla.

5 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Teräs- ja lujiteverkkoja on käytetty useissa koe- ja rakennekohteissa erityisesti routavaurioiden torjunnassa. Koska koeobjektit on toteutettu erillään laajemmista koeohjelmista, ei niissä ole ollut mahdollisuutta koerakenteen pitkäjänteiseen seurantaan. Monipuolisistakin koerakenteista saadut tiedot ovat rajoittuneet tästä syystä lähinnä työnaikaisiin kokemuksiin.

TPPT:ssä lujiteverkkoja tutkittiin materiaaliteknisestä ja mitoituksellisesta näkökulmasta. TPPT-projektin yhtenä koerakennuskohteenä oli Kt 50:llä (Kehä III) oleva koeobjekti, jossa testattiin geovahvisteiden ja teräsverkkojen toimivuutta estämään maabetonirakenteiden heijastushalkeamien syntyä päällysteeseen. Tutkittavia asioita olivat:

- rakenneratkaisun toimivuus
- rakenteiden kestoikä
- eri vahvistemateriaalien vertailu
- vahvisteiden sijoittamistapa kerroksiin
- lujitteiden korvaaminen SMA:n kumibitumilla
- maabetonin korvaaminen jäykällä bitumisella sidekerroksella

Kohdetta ei instrumentoitu vaan rakenteen pitkäaikaiskäyttäytymistä sekä lujiteverkkojen toimivuutta seurattiin visuaalisin vauriokartoituksin. Pintamittauksia tehtiin myös palvelutasomittausautolla.

Tasaisuus oli pääsääntöisesti hyvällä tasolla. Uutena pohjoisen ajoradan teräsverkko-osuudella oli korkeahko IRI-arvo, mutta sekin parani ajan kuluessa. Tasaisuudessa vain kumibitumisella SMA-osuudella oli ongelmia, sillä tasaisuus huononi myös ajan suhteen.

Vuoteen 2001 asti (kohde päällystettiin kesällä 2001) tehtyjen kuuden vuoden vauriokartoitusten mukaan koealueiden maabetonin heijastushalkeamien estoratkaisujen toimivuudesta tehtiin seuraavat päätelmät:

- pohjoisella ajoradalla (yksi maabetonikerros) lasikuituvahvisteisilla geovahvisteilla ei ollut mitään vaikutusta heijastushalkeamien määrään, joita syntyi yli 20 kpl/100 m
- ohuemmalla teräsverkolla ($\phi=6$ mm) ei ollut vaikutusta estämään halkeamien syntymistä päällysteeseen
- eteläisellä ajoradalla (kaksi maabetonikerrosta) heijastushalkeamien syntyä päällysteeseen esti parhaiten maabetonikerroksen keskelle asennettu teräsverkko, jonka tangon paksuus oli 8 mm (7,5 kpl/100 m)
- teräsverkko asennettuna maabetonikerroksen ja bitumisten kerrosten rajapintaan esti vain hieman paremmin kuin geovahvisteet heijastushalkeamien syntyä päällysteeseen
- geovahvisteet hidastivat hieman (eri vetolujuudella ei vaikutusta) heijastushalkeamien (11 kpl/100 m) syntyä päällysteeseen referenssialuee-

seen (12 kpl/100 m) verrattuna, kuitenkin paljon vähemmän kuin teräsverkko maabetonikerroksen keskellä

- kumibitumin vaikutus SMA-päällysteessä oli negatiivinen, koealueella syntyi selvästi eniten halkeamia (18 kpl/100 m) referenssialueetkin (joilla ei ollut vahvisteita) mukaan lukien (12 kpl/100 m)
- maabetonin korvaava bituminen rakenne toimi ylivoimaisesti parhaiten, siihen syntyi vain neljä erittäin lyhyttä poikkihalkeamaa oikealle kaistalle, yhteismitaltaan 0,8 kpl/100 m.
- Pohjoisella ajoradalla, jolla oli vain yksi maabetonikerros, halkeamia syntyi kaksinkertainen määrä verrattuna eteläiseen ajorataan, jolla oli kaksi maabetonikerrosta. Sitomattomat kerrokset olivat samanlaiset. Muuta selitystä halkeamien erilaiseen määrään ei löytynyt.

Tämän koekohteen perusteella maabetonirakenteen tyypillinen ongelma, kutistumisen, termisten ja liikenteen aiheuttamien kuormitusten aiheuttamat heijastushalkeamat päällysteeseen, ei ole ehkäistävissä geolujitteilla.

Vain riittävän paksu teräsverkko asennettuna maabetonikerroksen sisään pystyy estämään heijastushalkeamat.

Halkeamat eivät juurikaan lisää pituussuuntaista epätasaisuutta, jos halkeamien leveys ja määrä pysyvät kohtuullisina.

Vakavampi asia on veden ja ennen kaikkea suolan pääsy halkeamien kautta tien rakenteisiin, jolloin rakennekerrosten vaurioitumisprosessi voi olla erittäin nopea ja koko tierakenteen kapasiteetti liikennekuormitusta vastaan menetetään lyhyessä ajassa.

Koekohde päällystettiin vuonna 2001 SMA 100 kg/m². Vuonna 2002 havainnoitiin koerakenteissa vaurioita suurinpiirtein määrä, joka vastasi tilannetta kaksi vuotta ennen uudelleenpäällystämistä. Kohteen vaurioitumista kannattaa seurata vuosittain, koska tällöin saadaan selville, miten pelkkä uudelleenpäällystys 100 kg/m² riittää heijastushalkeilun torjuntaan.

6 LIITTEET

1. Ote Lemminkäinen Oyj:n kohteen laatukansiosta
2. Rotaflex-kuitukankaan tiedot, asennusohje ja -havainnot
3. Polyfelt kuitukankaan tiedot
4. Vauriokartoitukset 1996-2001



LEMMINKÄINEN

Kt 50 Bemböle-Vanhakartano maabetoni -95

Laatukansio

SISÄLLYSLUETTELO

1. Yleistä

- Kartta

2. Laatusuunnitelma

3. Suhteitus

4. Vaihe I

- Työmenetelmä
- Lujuustulokset
- Troxler-mittaukset

5. Vaihe II

- Työmenetelmä
- Lujuustulokset
- Troxler-mittaukset

6. Vaihe III

- Työmenetelmä
- Lujuustulokset
- Troxler-mittaukset

7. Laadunvarmistus

- Puristuslujuuksien yhteenveto
- Tarkemittausten yhteenveto

8. Materiaalien laadunvarmistus

- Kiviainesten tutkimustulokset
- Bitumiemulsion tutkimusselostus

9. Tarkemittaukset

Oy ARBOOL Ab

Salovaara/95

ROTAFLEX-KUITUKANKAAN ASENNUSOHJEET

Verkon käsittely

Säilytä ja kuljeta verkkorullat aina muovipussissa
Avaa pakkaus vasta juuri ennen käyttöä.

Tien kunnostus ennen verkon levitystä

Vanha päällyste harjataan puhtaaksi ja suuret halkeamat ja epätasaisuudet täytetään bitumilla.
Jos tie jyrsitään tulisi pinnan olla niin taisainen kuin mahdollista.

Tien käsittely

Bitumiemulsiota ruiskutetaan 800 g/ m² vanhan päällysteen päälle, vähän leveämmälle alueelle kuin asennettava verkko tulee olemaan. Emulsiota voidaan ruiskuttaa enemmän jos tien pinta on epätasainen. Rotaflex-kuitukankaan tulee olla kokonaan kiinni vanhan päällysteen pinnassa.

Levitä kangas bitumin päälle niin nopeasti kuin mahdollista.
Emulsion tulee olla edelleen kuumaa, kun kangas levitetään.

Kangasta levitettäessä, pitkittäisen limityksen tulee olla niin kapea kuin mahdollista (n. 5 cm). Poikittainen limitys on n. 15 cm. Poikittaisessa limityskohdassa alkavan verkon pää on alimmaisena, näin verkkojen päät eivät tartu asfaltointikoneen pyöriin.

Bitumimäärän ollessa oikea on Rotaflex-kangas levityksenkin jälkeen valkoinen.

Koko kankaan tulee ehdottomasti olla uuden päällysteen alla
Reunoilta vähintään kaksi senttiä.

Turhaa verkon päällä ajamista tulee välttää, etenkin kuumalla ilmalla. Massa-autojen tulisi ajaa mahdollisimman suoraan ja jarruttaa hitaasti.

TELEFAX

Oy ARBOOL Ab

PL 58

02701 KAUNIAINEN-GRANKULLA

Tel: 90-594 800 Fax: 90-594 755

To/Firma: VTT
Attn/Huom: JARI PIHLAJAMÄKI
From/Läh/Avs: JOHANNA SALOVAARA
Date/Pvm/Datum: 16.4.96

KEHÄ III, KESÄ 1995

PL 4000-4100

- Rotaflex 816 SL - lasikuituvahvisteinen kuitukangas
 - murtovenymä 3 %
 - lujuus pituus- ja leveyssuunnassa 14 kN/m
 - kangas toimitettu rullalla 2,16 x 100 m
- bitumia (B200) levitettiin 800 g/m² emulsiona, annettiin emulsion murtua ja levitettiin kangas päälle. Limitys n. 5 cm ja limityksen kohdalle levitettiin bitumia.

PL 4100-4200

- Rotaflex 833 SL - lasikuituvahvisteinen kuitukangas
 - murtovenymä 3 %
 - lujuus pituussuuntaan 35 kN/m²
poikittain 70 kN/m²
 - kangas toimitettu rullalla 2,03 x 100 m
- bitumia (B200) levitettiin 800 g/m² emulsiona, annettiin murtua ja levitettiin kangas päälle. Limitys n. 5 cm ja limityksen kohdalle levitettiin bitumia.

Kummatkin tuotteet levitettiin ABK:n ja SMA:n väliin.

*Terveisin,
Johanna Salovaara*

Polyfelt PGM 14 kuitukankaan tiedot

Technical index data:			
Properties	Units	PGM 14	Standards
Weight	g/m ²	140	ASTM D3776
Coefficient of variation	%	≤ 10	
Thickness under 2 kN/m ²	mm	1,4	ASTM D1777
Asphalt retention (unloaded)	kg/m ²	> 1,3	Task Force 25
Tensile strength	kN/m	8,5	ASTM D4595
Minimum extension at 30 % of breaking strength	%	> 20	ASTM D4595
Extension at break	%	< 80	ASTM D4595
Grab tensile strength	N	480	ASTM D4632
Grab elongation	%	50	ASTM D4632
System properties (installed between asphalt layers):			
Dynamic flexural tensile test			
Break of AC 0/10 after ... (AC thickness 6 cm)	min	625	LRPC Autun
Low temperature behaviour			
Transfer of tensile stresses at -10° C			
Maximum stress (in % of control sample)	%	< 60	TU Braunschweig
After 0,5 % extension	N/mm ²	> 0,28	TU Braunschweig
Sealing			
Significant head loss at ...	kPa	> 500	R.I.Inc.
Forms of supply:			
		Standard	Special forms
Width	m	1,90 3,80	on request
Length	m	150	
Area	m ²	285 570	
Weight of roll	kg	40 80	
Diameter of roll	m	0,5	
Inner core diameter	m	0,12	

Polyfelt PGM-G 50 kuitukankaan tiedot

TEKNISKE SPESIFIKASJONER	Polyfelt PGM-G 50
<u>RÅMATERIALE</u>	
Armering	glassfiber
Asfaltduk	PP
<u>PRODUKTDATA</u>	
Vekt totalt (g/m ²)	285
Vekt armering (g/m ²)	145
Vekt asfaltduk (g/m ²)	140
Bitumen opptak (kg/m ²)	1,35
Styrke, LR/TR (kN/m)	50 / 50
Deformasjon, LR/TR (%)	3 / 3
Styrke v/ 2%, LR/TR (kN/m)	34 / 34
Rutestørrelse (mm)	40 / 40
<u>RULLDATA</u>	
Bredde (m)	1,90
Lengde (m)	145
LR = lengderetning TR = tverretning *) beregnet på grunnlag av den enkelte fibers styrke	
	PGM-G 50
	

Taulukko 1. Koeosuuksien vauriot vuoden 1996 kartoituksessa.

	HALKEAMAT / 100 m			
	PL	2 KAISTAA	1 KAISTA	Kaistan levyinen
REF1.1	3900 - 4000	2	4	8
Koealue 1	4000 - 4100	5	5	15
Koealue 2	4100 - 4200	4	4	12
Koealue 3	4200 - 4300	4	3	11
REF1.2	4300 - 4400	4	4	12
REF2.1	4560 - 4660	3	2	8
Koealue 4	4660 - 4760	0	1	1
Koealue 5	4760 - 4860	2	1	5
Koealue 6	4860 - 4960	3	0	6
Koealue 7	4960 - 5060	3	1	7
Koealue 8	5060 - 5160	2	5	9
REF2.2	5160 - 5700	1,7	0,4	3,8
Koealue 9	5700 - 5890	0	0	0

Taulukko 2. Koeosuuksien vauriot vuoden 1997 kartoituksessa.

	HALKEAMAT / 100 m			
	PL	2 KAISTAA	1 KAISTA	Kaistan levyinen
REF1.1	3900 - 4000	5	5	15
Koealue 1	4000 - 4100	7	4	18
Koealue 2	4100 - 4200	4	8	16
Koealue 3	4200 - 4300	7	2	16
REF1.2	4300 - 4400	5	6	16
REF2.1	4560 - 4660	5	0	10
Koealue 4	4660 - 4760	1	0	2
Koealue 5	4760 - 4860	3	1	7
Koealue 6	4860 - 4960	3	1	7
Koealue 7	4960 - 5060	4	1	9
Koealue 8	5060 - 5160	3	6	12
REF2.2	5160 - 5700	2,8	2,0	7,6
Koealue 9	5700 - 5890	0	0,5	0,5

LIITE 3.2(4)

Taulukko 3. Koeosuuksien vauriot vuoden 1998 kartoituksessa.

	HALKEAMAT / 100 m			
	PL	2 KAISTAA	1 KAISTA	Kaistan levyinen
REF1.1	3900 - 4000	6	4	16
Koealue 1	4000 - 4100	7	4	18
Koealue 2	4100 - 4200	5	8	18
Koealue 3	4200 - 4300	7	2	16
REF1.2	4300 - 4400	6	6	18
REF2.1	4560 - 4660	5	0	10
Koealue 4	4660 - 4760	1	0	2
Koealue 5	4760 - 4860	3	1	7
Koealue 6	4860 - 4960	3	1	7
Koealue 7	4960 - 5060	4	1	9
Koealue 8	5060 - 5160	4	7	15
REF2.2	5160 - 5700	3,0	2,7	8,7
Koealue 9	5700 - 5890	0	0,5	0,5

Taulukko 4. Koeosuuksien vauriot vuoden 1999 kartoituksessa.

	HALKEAMAT / 100 m			
	PL	2 KAISTAA	1 KAISTA	Kaistan levyinen
REF1.1	3900 - 4000	6	4	16
Koealue 1	4000 - 4100	7	4	18
Koealue 2	4100 - 4200	5	8	18
Koealue 3	4200 - 4300	7	3	17
REF1.2	4300 - 4400	6	7	19
REF2.1	4560 - 4660	5	0	10
Koealue 4	4660 - 4760	1	0	2
Koealue 5	4760 - 4860	3	1	7
Koealue 6	4860 - 4960	3	1	7
Koealue 7	4960 - 5060	4	1	9
Koealue 8	5060 - 5160	4	7	15
REF2.2	5160 - 5700	3,2	2,7	9,1
Koealue 9	5700 - 5890	0	0,7	0,7

Taulukko 5. Koeosuuksien vauriot vuoden 2000 kartoituksessa.

	HALKEAMAT / 100 m			
	PL	2 KAISTAA	1 KAISTA	Kaistan levyinen
REF1.1	3900 - 4000	9	6	24
Koealue 1	4000 - 4100	8	6	22
Koealue 2	4100 - 4200	6	7	19
Koealue 3	4200 - 4300	9	4	22
REF1.2	4300 - 4400	7	6	20
REF2.1	4560 - 4660	5	0,5	10,5
Koealue 4	4660 - 4760	1	3	5
Koealue 5	4760 - 4860	3	3	9
Koealue 6	4860 - 4960	4	2,5	10,5
Koealue 7	4960 - 5060	4	1	9
Koealue 8	5060 - 5160	4	10	18
REF2.2	5160 - 5700	4,6	2,7	11,9
Koealue 9	5700 - 5890	0	1,0	1,0

Taulukko 6. Koeosuuksien vauriot vuoden 2001 kartoituksessa.

	HALKEAMAT / 100 m			
	PL	2 KAISTAA	1 KAISTA	Kaistan levyinen
REF1.1	3900 - 4000	9	7	25
Koealue 1	4000 - 4100	8	7	23
Koealue 2	4100 - 4200	8	7	23
Koealue 3	4200 - 4300	9	4	22
REF1.2	4300 - 4400	7	7	21
REF2.1	4560 - 4660	5	0,5	10,5
Koealue 4	4660 - 4760	2	3,5	7,5
Koealue 5	4760 - 4860	3	3,5	9,5
Koealue 6	4860 - 4960	5	1,5	11,5
Koealue 7	4960 - 5060	4	1,5	9,5
Koealue 8	5060 - 5160	4	10	18
REF2.2	5160 - 5700	4,6	4,1	13,3
Koealue 9	5700 - 5890	0	1,3	1,3

LIITE 3.4(4)

Taulukko 7. Koeosuuksien vauriot vuoden 2002 kartoituksessa.

	HALKEAMAT / 100 m			
	PL	2 KAISTAA	1 KAISTA	Kaistan levyinen
REF1.1	3900 - 4000	5	2	12,0
Koealue 1	4000 - 4100	5	0	10,0
Koealue 2	4100 - 4200	6	1	13,0
Koealue 3	4200 - 4300	6	1	13,0
REF1.2	4300 - 4400	5	1	11,0
REF2.1	4560 - 4660	5	0	10,0
Koealue 4	4660 - 4760	2	2	6,0
Koealue 5	4760 - 4860	4	0	8,0
Koealue 6	4860 - 4960	3	3	9,0
Koealue 7	4960 - 5060	4	1	9,0
Koealue 8	5060 - 5160	7	1	15,0
REF2.2	5160 - 5700	4.5	1.5	10,5
Koealue 9	5700 - 5890	0	0	0

Vauriokartoitus 1996 - 2001 ja uudelleen päällystyksen jälkeen 2002
kaistanlevyistä poikkihalkeamaa, kpl/100 m

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
REF1ka	10,0	15,5	17,0	17,5	22,0	23,0	12,0
Koealue1 (4000 – 4100)	15,0	18,0	18,0	18,0	22,0	23,0	10,0
Koealue2 (4100 – 4200)	12,0	16,0	18,0	18,0	19,0	23,0	13,0
Koealue3 (4200 – 4300)	11,0	16,0	16,0	17,0	22,0	22,0	13,0
Koealue4 (4660 – 4760)	1,0	2,0	2,0	2,0	5,0	7,5	6,0
Koealue5 (4760 – 4860)	5,0	7,0	7,0	7,0	9,0	9,5	8,0
Koealue6 (4860 – 4960)	6,0	7,0	7,0	7,0	10,5	11,5	9,0
Koealue7 (4960 – 5060)	7,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,5	9,0
Koealue8 (5060 – 5160)	9,0	12,0	15,0	15,0	18,0	18,0	15,0
REF2ka	6,0	8,8	9,4	9,6	11,2	11,9	10,5
Koealue9 (5700 – 5890)	0,0	0,5	0,5	0,7	1,0	1,3	0,0
REF1.1 (3900 – 4000)	8	15	16	16	24	25	12,0
REF1.2 (4300 – 4400)	12	16	18	19	20	21	12,0
REF2.1 (4560 – 4660)	8	10	10	10	10,5	10,5	10,0
REF2.2 (5160 – 5700)	4	7,6	8,7	9,1	11,9	13,3	10,5