



TIEN POHJA- JA  
PÄÄLLYSRAKENTEET  
TUTKIMUSOHJELMA  
1994 - 2001

Kohderaportti

TPPT 34

Espoo, 4.12.2001

## VT 4 LEIVONMÄKI



Risto Alkio  
Jari Pihlajamäki

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka





## TIIVISTELMÄ

TPPT:n kuormituskestävyyden parantamiseen tähtäävässä koerakentamisessa yhtenä kohteena oli Leivonmäelle Vt 4:lle rakennetut koeosuudet. Kohteella vertailtiin erilaisia lujiteratkaisuja vanhaa tietä levennettäessä. Kohteella tutkittiin levennyksen ja vanhan tien saumaan odotettavien pituushalkeamien syntymistä ja niiden vähentämistä lujitteita (geoverkkoja) käyttämällä. Koerakenteet sijaitsivat sekä pehmeällä että kovalla pohjamaalla. Tutkittavia asioita olivat:

- rakenneratkaisun toimivuus
- eri lujiteverkkojen toimivuus
- saumakohtaan syntyvät pituushalkeamat

Kohdetta ei instrumentoitu, vaan rakenteen pitkäaikaiskäyttäytymistä sekä lujiteverkkojen toimivuutta seurattiin visuaalisin vauriokartoituksin sekä pintamittauksin. Kantavuudet mitattiin pudotuspainolaitteella pientareen keskeltä. Pintamittauksia tehtiin myös tasaisuusmittausautolla ja selvitettiin ko. mittauksen soveltuvuutta kyseisen rakenteen pitkäaikaisseurantaan. Seurantamittauksia tehtiin vuosittain.

Koealueelle rakennettiin kahdeksan varsinaista koealuetta, joissa kokeiltiin kahta murskesoran päälle asennettua lujiteverkkoa ja viittä erilaista koerakenteen ABK:n ja SMA:n väliin asennettua lujiteverkkoa.

Viiden seurantavuoden aikana havaittiin vain yhdellä koeosuudella pituushalkeamia, jotka olivat syntyneet vanhan tien ja tehdyn levennyksen saumakohtaan. Koeosuudella ei kantavuusmittauksen ja -tarkastelujen sekä maastokohdan perusteella ollut havaittavissa mitään sellaista poikkeamaa, joka selittäisi vaurioitumisen.

Kaikilla koeosuuksilla kuten normaaliosuuksilla oli runsaasti poikittaishalkeamia. Koeosuuksien poikittaishalkeamat olivat vanhan tien poikittaishalkeamia, jotka laajenivat koeosuuksien poikki. Poikittaishalkeamien etenemiseen vanhalta tien osalta verkoilla ei ole juurikaan ollut vaikutusta.

Uuden ja vanhan rakenteen saumakohta on toiminut samalla tavalla sekä ilman lujiteverkkoja että verkkojen kanssa. Referenssiosuudella ei ollut edes sidottua kantavaa kerrosta levennysosuudella, vaan SMA-kulutuserros levitettiin suoraan sitomattoman kantavan kerroksen päälle. Referenssiosuuksilla ei ole havaittu yhtään pituushalkeamaa levennyksen saumakohdassa, mikä on erittäin yllättävää, kun otetaan huomioon ohut päällyste levennyksen kohdalla. Toteutunut seuranta-aika on vielä liian lyhyt johtopäätösten tekoon, toimiiko tien levennys hyvin vain ohuella päällysteellä ilman vahvisteita.



## ALKUSANAT

Tien pohja- ja päällysrakenteet –tutkimusohjelman (TPPT) lopputulosten tavoitteena on entistä kestävämpien uusien ja perusparannettavien kesto-päällystettyjen teiden rakentaminen siten, että myös rakenteiden vuosikus-tannukset alenevat. TPPT-ohjelmassa kehitettiin tierakenteiden mitoitusta (TPPT-suunnittelujärjestelmä). Suunnittelujärjestelmään kuuluvissa mitoi-tusohjeissa ja menetelmäkuvauksissa esitetään ne menettelytavat ja keinot, joita käyttäen tierakenne voidaan kohdekohtaisesti suunnitella ja mitoittaa. TPPT-suunnittelujärjestelmään sisältyy myös päällysrakenteen elinkaari-kustannustarkastelu, jonka suorittamiseksi esitetään menettelytapa.

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

Suunnittelujärjestelmään kuuluvat oleellisena osana sitä täydentävät suun-nittelun ja mitoituksen lähtötietojen hankintaa käsittelevät ”menetelmäku-vaukset”. Esitettävät menetelmät ja menettelytavat on todettu käyttökelpoi-siksi käytännön havaintojen ja kokeiden perusteella.

TPPT-ohjelman tuloksena laaditaan myös yhteenveto ohjelmaan sisälty-neistä, mitoitusharjoitusten laadinnassa hyväksikäytetyistä koerakenteista sekä yhteenveto tien rakennekerrosten materiaaleista ja niiden valintaan vaikut-tavista tekijöistä.

Tämän koerakenteen kohderaportin ovat tehneet erikoistutkijat Risto Alkio ja Jari Pihlajamäki VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta.

Marraskuussa 2001

Markku Tammirinne

---

**SISÄLTÖ**

---

1	JOHDANTO	7
2	KOERAKENNUSSUUNNITELMA	8
2.1	Tavoitteet	8
2.2	Koekohde	8
2.3	Koerakenteet	9
2.4	Tutkimussuunnitelma	11
2.4.1	Työnaikainen laadunvalvonta	11
2.4.2	Seurantamittaukset	11
3	KOERAKENTEIDEN TOTEUTTAMINEN	12
3.1	Koekohteen rakentaminen	12
3.2	Materiaalitutkimukset	12
4	KANTAVUUDEN MITTAUKSET	14
5	SEURANTAMITTAUKSET	22
5.1	Tasaisuusmittaukset	22
5.2	Vauriokartoitus	23
6	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	26
7	LIITTEET	28

---

## 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 koe-kohteet 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 koerakennuskohde oli Vt 4:llä Leivonmäelle tehty koekohde, jossa testattiin eri rakenneratkaisujen toimivuutta kuormituskestävyyden ja kestoiän kannalta sekä vertailtiin erilaisten lujiteverkkojen toimivuutta estämään levennyksen saumakohtaan odotettavia pituushalkeamia.

## 2 KOERAKENNUSSUUNNITELMA

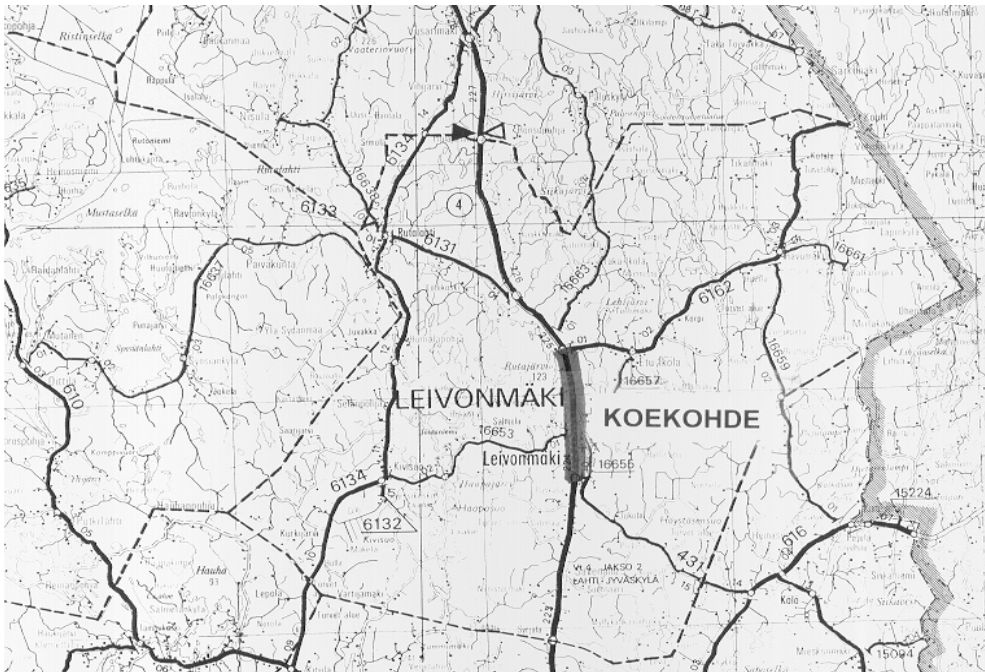
### 2.1 Tavoitteet

TPPT:n kuormituskestävyyden parantamiseen tähtäävässä koerakentamisessa yhtenä kohteena oli Leivonmäelle VT 4:lle rakennetut koeosuudet. Kohteella vertailtiin erilaisia lujiteratkaisuja vanhaa tietä levennettäessä. Kohteella tutkittiin levennyksen ja vanhan tien saumaan odotettavia pituushalkeamia ja niiden vähentämistä lujiteverkkoja käyttämällä. Koerakenteet olivat sekä pehmeällä että kovalla pohjamaalla. Tutkittavia asioita olivat:

- rakenneratkaisun toimivuus
- eri lujiteverkkojen toimivuus
- saumakohtaan syntyvät pituushalkeamat

### 2.2 Koekohde

Kohde sijaitsee Vt 4:n tieosalla 224 Leivonmäellä paaluvälillä 490 – 5095. Koeosuudet olivat vain tien oikealla kaistalla ajosuuntaan nähden. Koekohteen sijainti on esitetty kuvassa 1. Kohteen KVL vuonna 1996 oli 3600 ajoneuvoa vuorokaudessa, mistä raskasta liikennettä oli 14 % ja siitä yhdistelmiä 83 %.



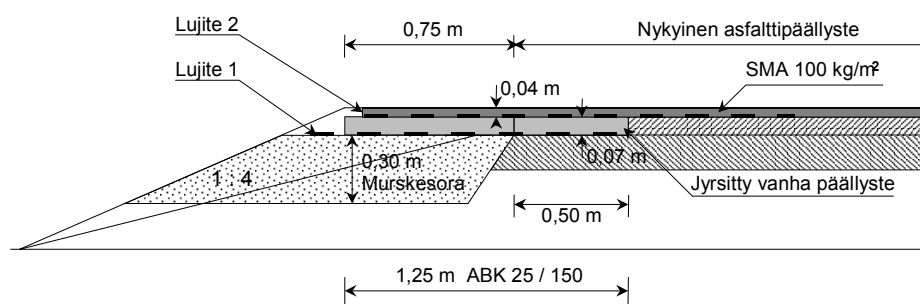
Kuva 1. Koekohteen sijainti.



## 2.3 Koerakenteet

Kohteessa nykyisen tien kaistaa levennettiin 0,75 m, jolloin pientareen leveydeksi tuli 1,00 m. Kuvassa 2 on esitetty rakenteen poikkileikkaus. Tien reunaan tehtiin laatikkorakenne, jossa reunaan tuli 300 mm:n murskesora-kerros ja asfalttikerroksia yhteensä 100 mm.

Tien levennyksen mahdollisesti aiheuttamien pituussuuntaisten halkeamien välttämiseksi käytettiin erilaisia geosynteettisiä lujitemateriaaleja. Lujiteverkot asennettiin sekä murskesoran että sidotun kantavan kerroksen (ABK25/150) päälle. Lujitteet asennettiin pituussuunnassa olevan sauman yli 0,50 m. Levennetty tie päällystettiin kokonaisuudessaan SMA-päällysteellä (40 mm).



Kuva 2. Koerakenteen poikkileikkaus.

Koeosuudet tehtiin tieosan 224 seuraaville paaluväleille:

Koeosuus 1: PL 490 – 590	, pehmeä pohjamaa
Koeosuus 2: PL 1053 – 1153	, pehmeä pohjamaa
Koeosuus 3: PL 1246 – 1346	, pehmeä pohjamaa
Koeosuus 4: PL 1472 – 1572	, pehmeä pohjamaa
Koeosuus 5: PL 2653 – 2753	, kova pohjamaa
Koeosuus 6: PL 3032 – 3132	, kova pohjamaa
Koeosuus 7: PL 3428 – 3528	, kova pohjamaa
Koeosuus 8: PL 4995 – 5095	, kova pohjamaa

Kuvassa 3 on esitetty koeosuuksittain käytetyt lujiteverkot. Pohjalujitteiden leveydet olivat 1,20 - 1,30 m ja välilujitteiden leveydet olivat välillä 1,50 – 2,07 m. Kuvasta ilmenee myös eräiden verkkojen koeosuuksien pituudesta poikkeavat käyttöpituudet sekä koealueelle 8 tehdyn vertailualueen sijainti, josta puuttuu alimmainen lujiteverkko 50 m:n matkalta.

Koeosuuksille ei ollut vastaavia varsinaisia referenssiosuuksia, joissa olisi samat rakennekerrokset ilman verkkoja. Koeosuuksien välit rakennettiin ilman ABK-kerrosta niin, että murskeen päälle tuli suoraan SMA-päällyste (40 mm).

## PEHMEÄ POHJAMAAN

LUJITE 1	LUJITE 2	
490 - 590 <b>TENSAR SS-30</b> 1/3x4,0 m=1,33 m	<b>PGM-G 100</b> 1,90 m	100 m
1053 - 1153 <b>FORTRAC 35/20</b> 1/3x3,7 m=1,23 m	<b>PGM-G 100</b> 1,90 m	100 m
1246 - 1344 <b>TENSAR SS-30</b> 1/3x4,0 m=1,33 m	<b>HATELITE # 30</b> 80 m 1,70 m	80 m
1472 - 1572 <b>TENSAR SS-30</b> 1/3x4,0 m=1,33 m	<b>GLASGRID 8502</b> 1,50 m 2 rullaa, yht 120 m	120 m

## KOVA POHJAMAAN

LUJITE 1	LUJITE 2	
2653 - 2753 <b>TENSAR SS-30</b> 1/3x4,0 m=1,33 m	<b>PGM-G 100</b> 1,90 m	100 m
3032 - 3132 <b>FORTRAC 35/20</b> 1/3x3,7 m=1,23 m	<b>PGM-G 100</b> 1,90 m	100 m
3428 - 3528 <b>FORTRAC 35/20</b> 1/3x3,7 m=1,23 m	<b>REHAN 6030</b> 2,07 m	100 m
4995 - 5095 <b>TENSAR SS-30</b> 1/3x4,0 m=1,33 m	<b>GLASGRID 8501</b> 1,50 m	100 m
<b>VERTAILUALUE</b> 50 millin lujitusta		50 m

Kuva 3. Koekohteeseen asennetut lujiteverkot koeosuuksittain.

Murskesoran päällä käytetyt lujiteverkot olivat:

- 1) Tensar SS-30; ekstrudoitu, kiinteillä solmupisteillä varustettu muoviverkko
- 2) Fortrac 35/20; polyesterilangoista koostuva, solmupisteissä muovilla sidottu verkko

ABK:n ja SMA:n välissä käytetyt lujiteverkot olivat:

- 1) Polyfelt PGM-G 100; pohjageotekstiiliin sidottu lasikuitulangoista koostuva verkko
- 2) Rehan 6030; polyesterilangoista koostuva, solmupisteissä muovilla sidottu verkko
- 3) Hatelite 50/50; polyesterilangoista koostuva, solmupisteissä bitumilla sidottu verkko
- 4) Glasgrid 8501; bitumipäällysteinen lasikuituverkko
- 5) Glasgrid 8502; bitumipäällysteinen lasikuituverkko

## **2.4 Tutkimussuunnitelma**

### **2.4.1 Työnaikainen laadunvalvonta**

Koekohteessa pyrittiin käyttämään samoja materiaaleja kuin normaalisti käytetään ko. kohteissa sekä hyödyntämään jo olemassa olevia materiaali-tietoja ja ohjeita. Lujiteverkkojen asentamiseen oli laadittu asennusohje. Työn aikana kiinnitettiin erityistä huomiota lujiteverkkojen käyttäytymiseen päällystämisen aikana. Kohteesta ei laadittu erillistä laadunvalvontasuunni-telmaa.

### **2.4.2 Seurantamittaukset**

Kohdetta ei instrumentoitu, vaan rakenteen pitkäaikaiskäyttäytymistä sekä lujiteverkkojen toimivuutta seurattiin visuaalisin vauriokartoituksin. Kanta-vuudet mitattiin pudotuspainolaitteella pientareen keskeltä. Pintamittauksia tehtiin myös tasaisuusmittausautolla ja samalla selvitettiin ko. mittausten soveltuvuutta kyseisen tyyppisen rakenteen pitkäaikaisseurantaan. Vaurio-kartoitukset ja seurantamittaukset tehtiin vuosittain.

### 3 KOERAKENTEIDEN TOTEUTTAMINEN

#### 3.1 Koekohteen rakentaminen

Pohjalujitteet (lujite 1) asennettiin 27.6.1996. Lujiteverkot olivat leveydeltään 4 m ja ne leikattiin kolmeen osaan käyttöä varten. Ne asennettiin siten, että jyrstyn vanhan päällysteen päällä oli 0,50 m lujitetta ja loput leveydestä (0,83 m) tiivistetyn murskesorakerroksen päällä.

Jakavan kerroksen ja ABK:n väliin tuleva pohjalujite ankkuroitiin naulaamalla se mahdollisimman hyvin vanhan asfaltin reunaan kiinni. Lujiteverkko pidettiin kiristettynä ABK-kerroksen levityksen aikana.

ABK- ja SMA-kerrosten väliin tullut toinen lujiteverkko (lujite 2) asennettiin ABK-kerroksen päälle 28.6 – 4.7.1996. Lujiteverkon tyypistä riippuen kiinnitys ABK-kerroksen pintaan tapahtui joko bitumiliimauksella, harvalla naula-kiinnityksellä tai pintaan kiinni puristamalla. Lujiteverkko levitettiin ABK-kerroksen pinnalle siten, että verkon reuna tuli kerroksen ulkoreunaan asti. SMA-massan levitys tapahtui heti lujiteverkon asennuksen jälkeen. Rakentamisen aikana jouduttiin työt keskeyttämään parioksi päiväksi sateen takia.

Verkkojen asennuksessa ei kokonaisuutena ollut suurempia ongelmia ja vain mutamassa kohdin jouduttiin poikkeuksellisiin toimenpiteisiin:

pohjalujitteet:

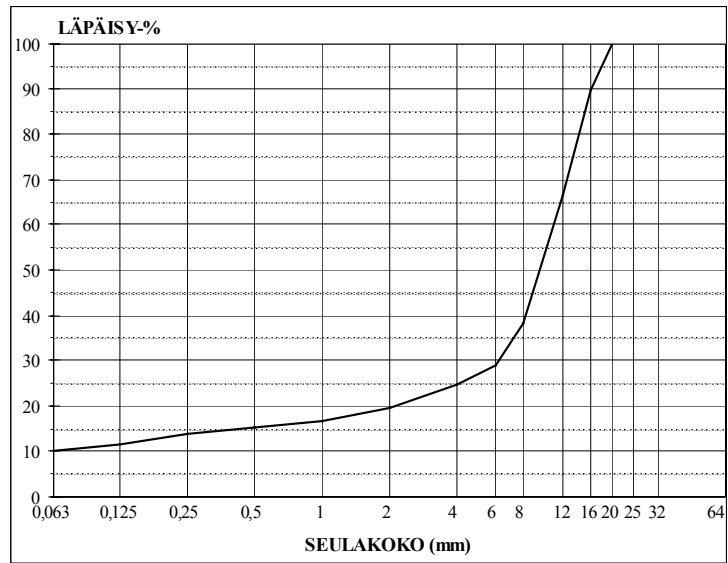
- paalu 1520, verkko rypyyyn, oikaistu katkaisemalla verkko
- paalu 2653-2655, verkko rypylle, oikaistu katkaisemalla verkko

välilujitteet:

- paalu 3428-3528, kylmän sään takia emulsio ei murtunut kunnolla, verkko pyrki aaltoilemaan

#### 3.2 Materiaalitutkimukset

Rakenteen levennyksessä käytetty kiviaines oli vastaavissa töissä käytettyä soramursketta kuten myös soramurskeen päällä olevan ABK-massan valmistuksessa käytetty. Kulutuskerros oli tyypiltään SMA18/100, jonka sideaineena oli bitumi B-70 ja jota käytettiin 6,4 %. Päällysteen kiviaineksen raakeisuuskäyrä on esitetty kuvassa 4.

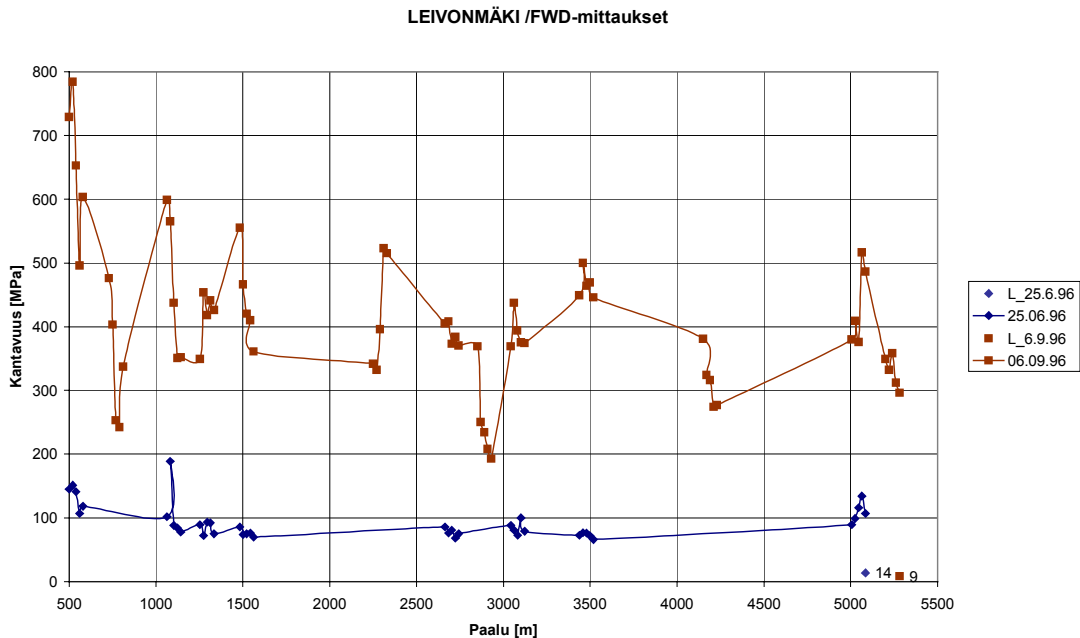


Kuva 4. Päällysteen (SMA18) kiviaineksen rakeisuuskäyrä.

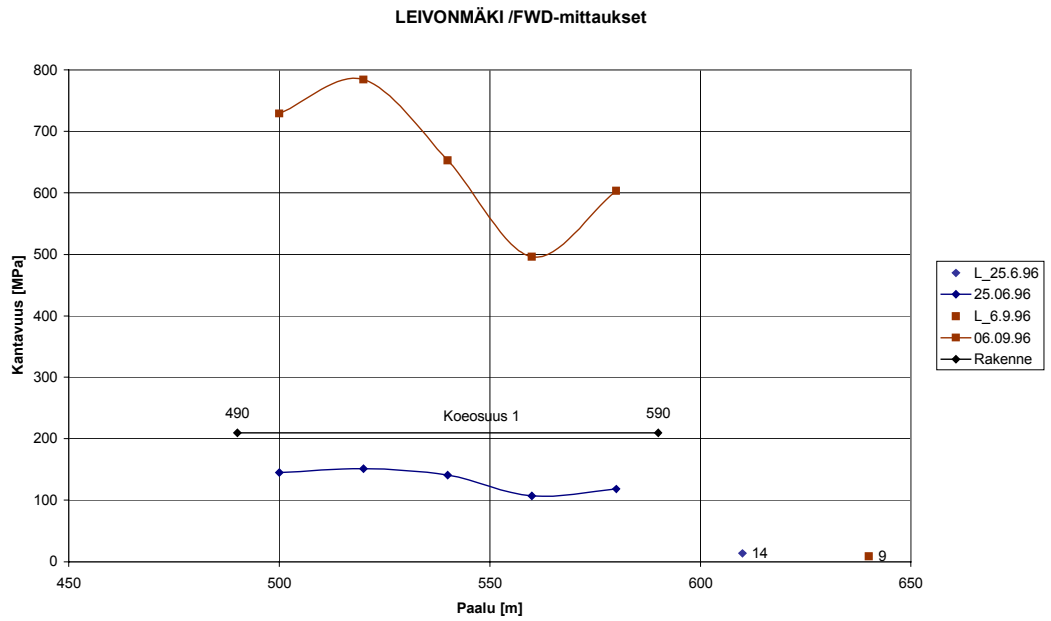
## 4 KANTAVUUDEN MITTAUKSET

Kohteessa tehtiin pudotuspainomittauksia kaksi kertaa. Ensimmäisellä kerralla rakennusvaiheessa kesäkuussa 1996 soramurskeen päältä ennen päällystystä ja toisella kerralla valmiin päällysteen päältä syyskuussa 1996. Mittaukset tehtiin pientareen keskeltä.

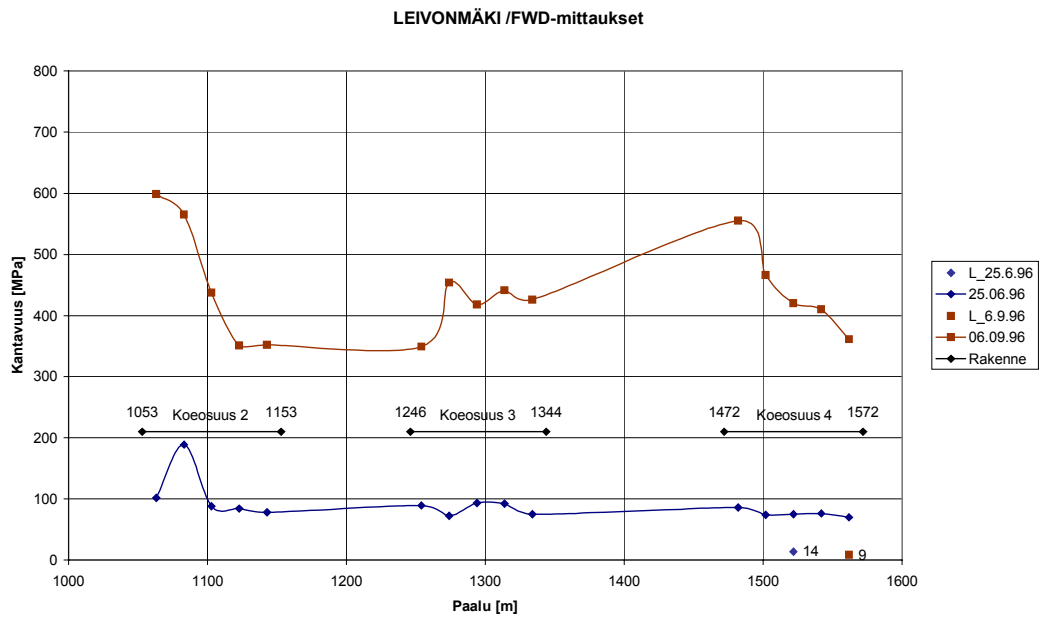
Kuvassa 5 on esitetty tehtyjen mittausten perusteella lasketut kantavuusarvot koko koerakennuskohteessa ja kuvissa 6...9 samat arvot koeosuuksittain. Kuvissa L tarkoittaa päällysteen lämpötilaa, joka on esitetty kuvan oikeassa alareunassa. Mittaustulokset on esitetty lukuarvoina liitteessä 1.



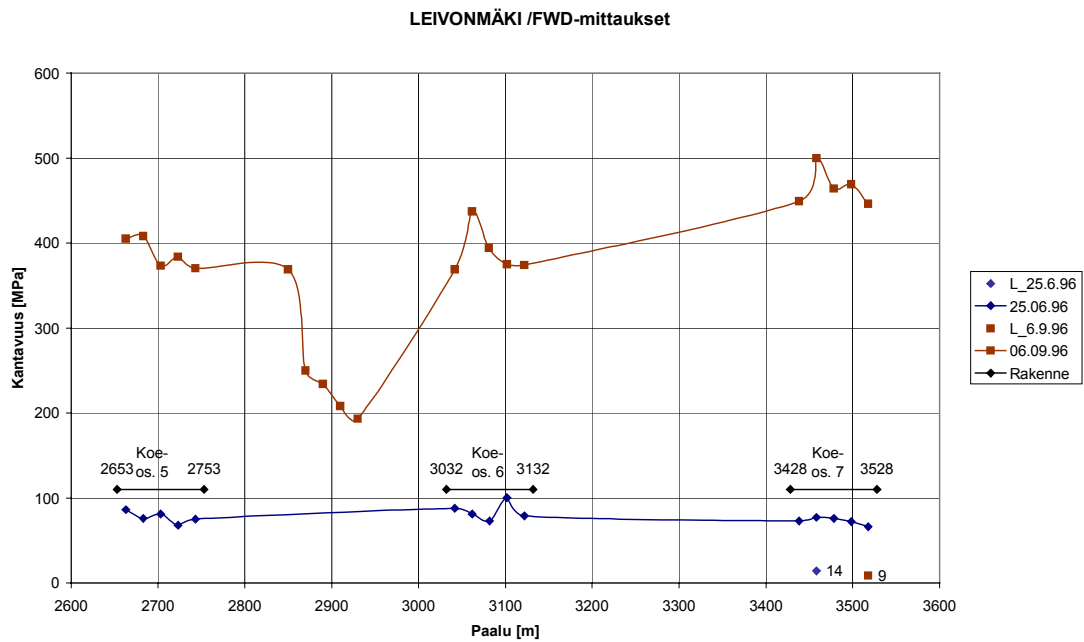
Kuva 5. Kantavuusarvot soramurskeen päältä (25.6.1996) ja päällysteen päältä (6.9.1996) eri koeosuuksilla.



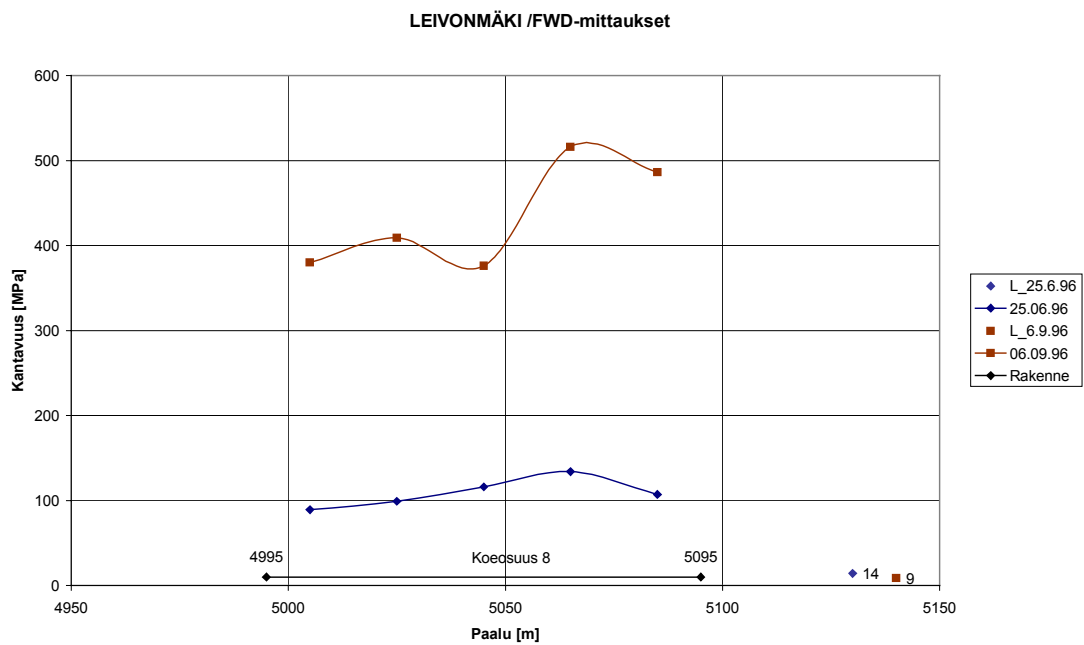
Kuva 6. Kantavuusarvot koeosuudella 1.



Kuva 7. Kantavuusarvot koeosuuksilla 2,3 ja 4.



Kuva 8. Kantavuusarvot koeosuuksilla 5,6 ja 7.



Kuva 9. Kantavuusarvot koeosuudella 8.

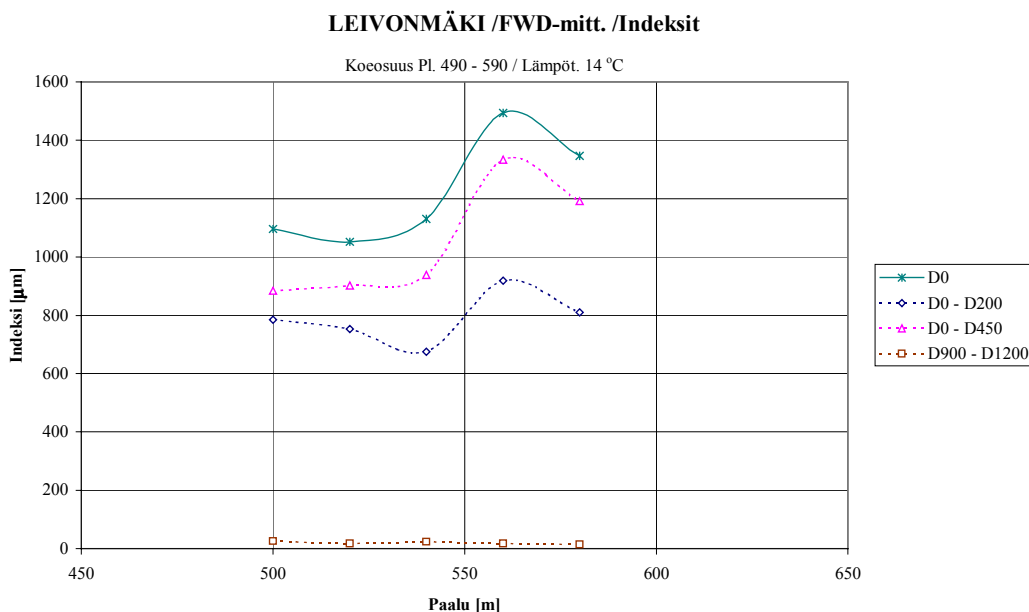


Soramurskeen päältä mitatut kantavuudet olivat välillä 66 – 151 Mpa keskiarvon ollessa 93 MPa. Päällysteen päältä mitatut kantavuudet vaihtelivat koeosuudella 1 välillä 496...784 MPa, keskiarvon ollessa 653 Mpa, koeosuudella 2 välillä 351...599 MPa, keskiarvon ollessa 461 MPa, koeosuudella 3 välillä 349...454 MPa, keskiarvon ollessa 418 Mpa. Koeosuudella 4 kantavuudet olivat välillä 361...555 MPa, keskiarvon ollessa 442 Mpa, koeosuudella 5 välillä 370...408 MPa, keskiarvon ollessa 388 MPa, koeosuudella 6 välillä 369...437 MPa, keskiarvon ollessa 390 MPa, koeosuudella 7 välillä 446...500 MPa, keskiarvon ollessa 466 Mpa ja koeosuudella 8 välillä 376...516 MPa, keskiarvon ollessa 433 MPa. Keskimääräinen mittaustilanne oli tällöin 9 °C.

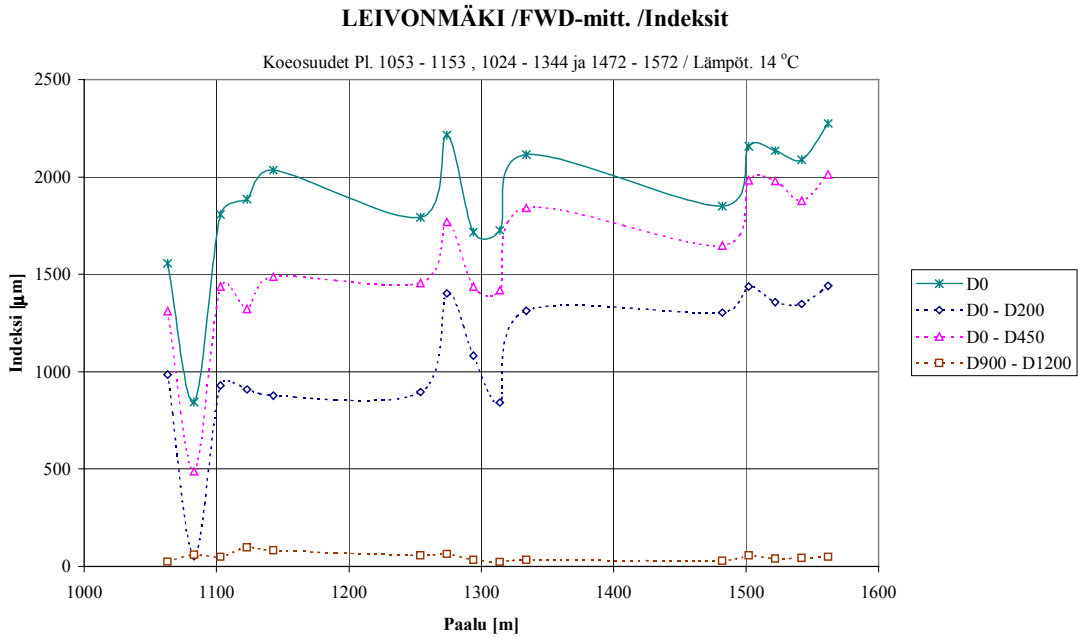
Kantavuusarvoissa oli melko suuria eroja eri alueiden välillä ja myös joidenkin kohteiden sisällä.

Pudotuspainomittauksia voi analysoida tarkemmin eri indekseillä, jotka kuvaavat eri rakennekerrosten käyttäytymistä. Karkeasti voidaan todeta, että kuormituslevyn keskellä mitattu taipuma D0 kuvaa perinteistä kantavuusarvoa, D0-D200 kuvaa sidottujen kerrosten käyttäytymistä, D0-D450 kuvaa sidottujen kerrosten + sitomattoman kantavan kerroksen käyttäytymistä ja lopuksi D900-D1200 pohjamaan käyttäytymistä.

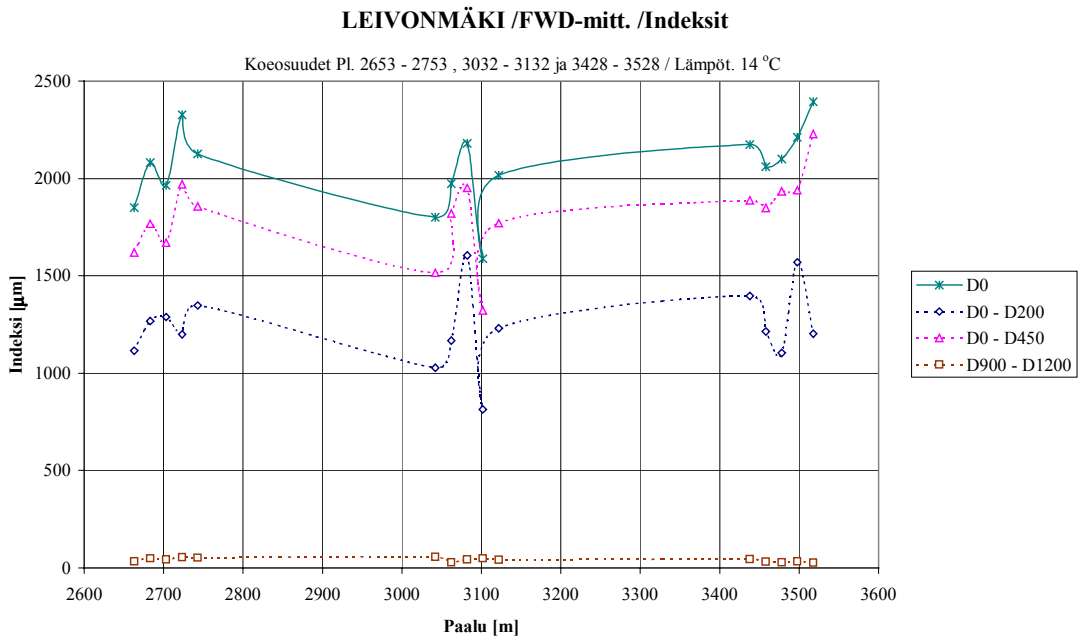
Kuvissa 10...13 on esitetty indeksit murskesoran päältä ennen päällystystä toukokuussa 1996 ja kuvissa 14...17 indeksit valmiin päällysteen päältä syyskuussa 1996.



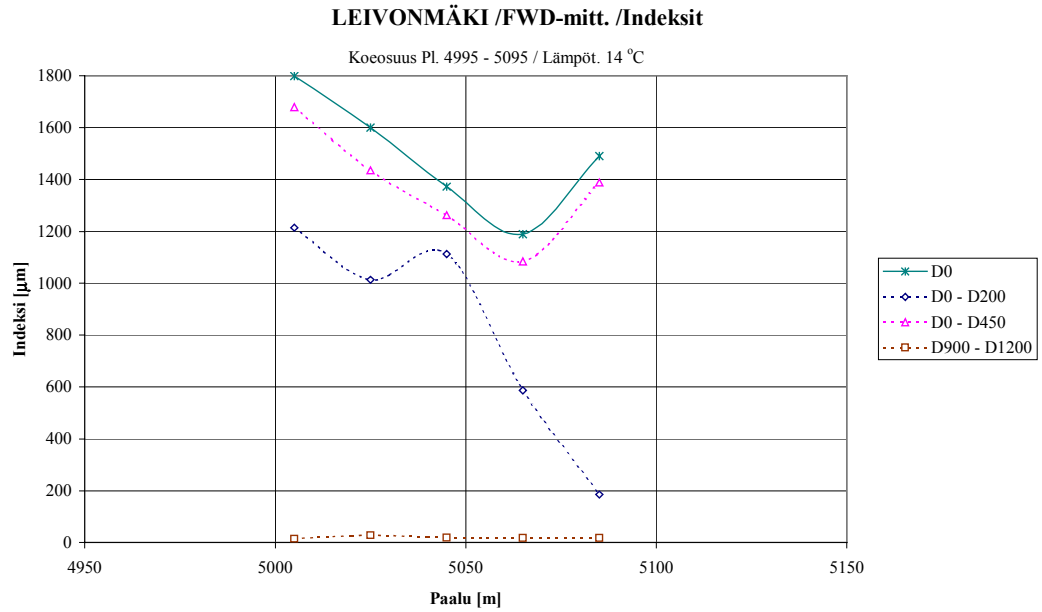
Kuva 10. Indeksit murskeen päältä koeosuudella 1.



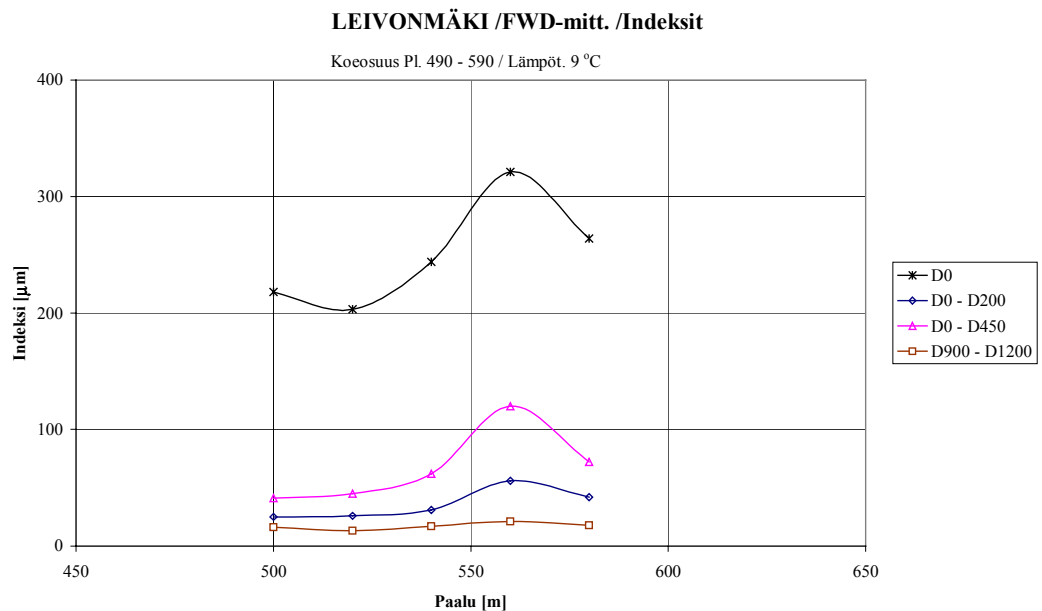
Kuva 11. Indeksit murskeen päältä koeosuuksilla 2, 3 ja 4.



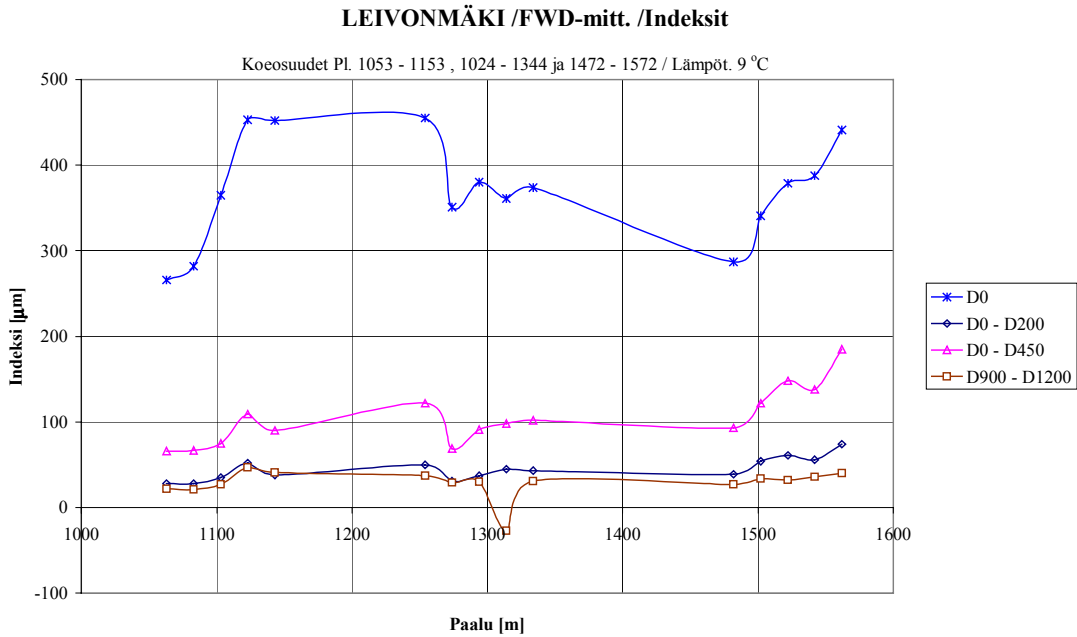
Kuva 12. Indeksit murskeen päältä koeosuuksilla 5, 6 ja 7.



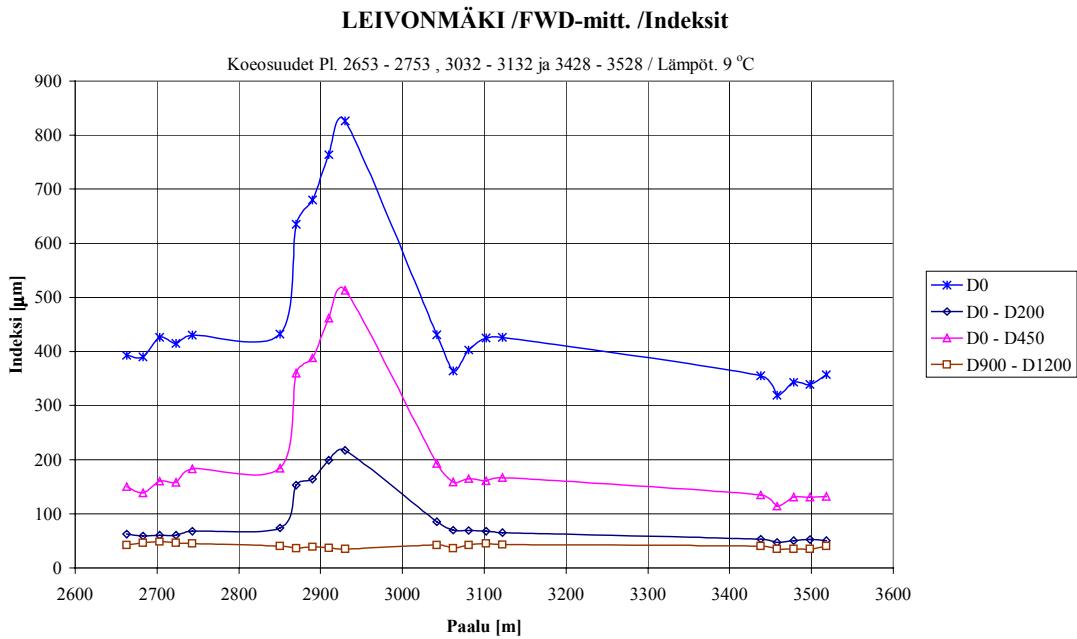
Kuva 13. Indeksit murskeen päältä koeosuudella 8.



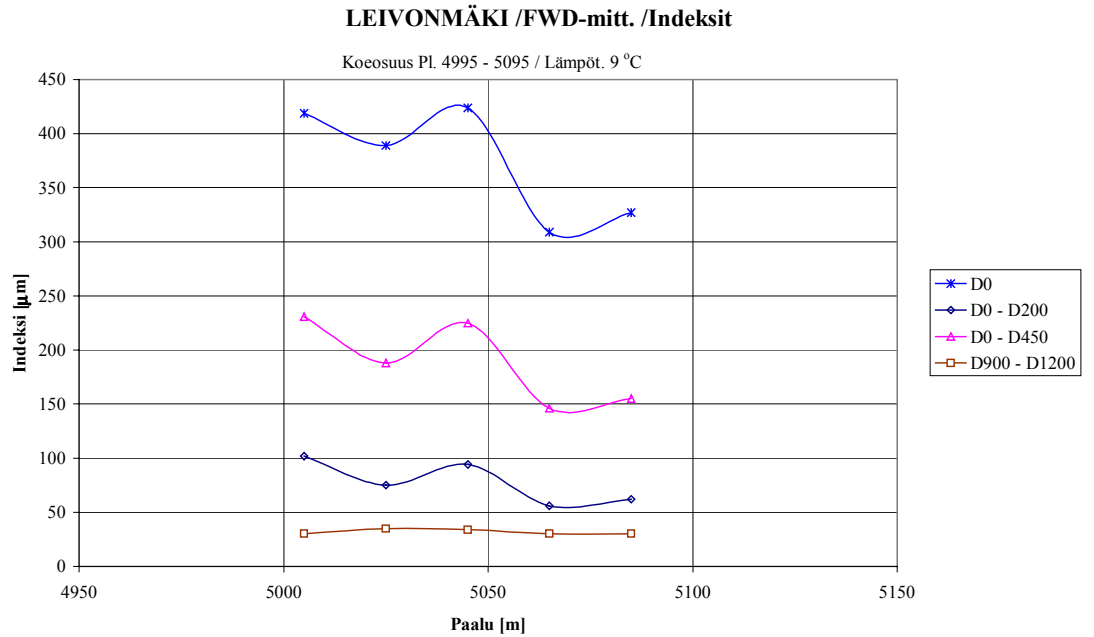
Kuva 14. Indeksit päällysteen päältä koeosuudella 1.



Kuva 15. Indeksit päällysteen päältä koeosuuksilla 2, 3 ja 4.



Kuva 16. Indeksit päällysteen päältä koeosuuksilla 5, 6 ja 7.



Kuva 17. Indeksit päällysteen päältä koeosuudella 8.

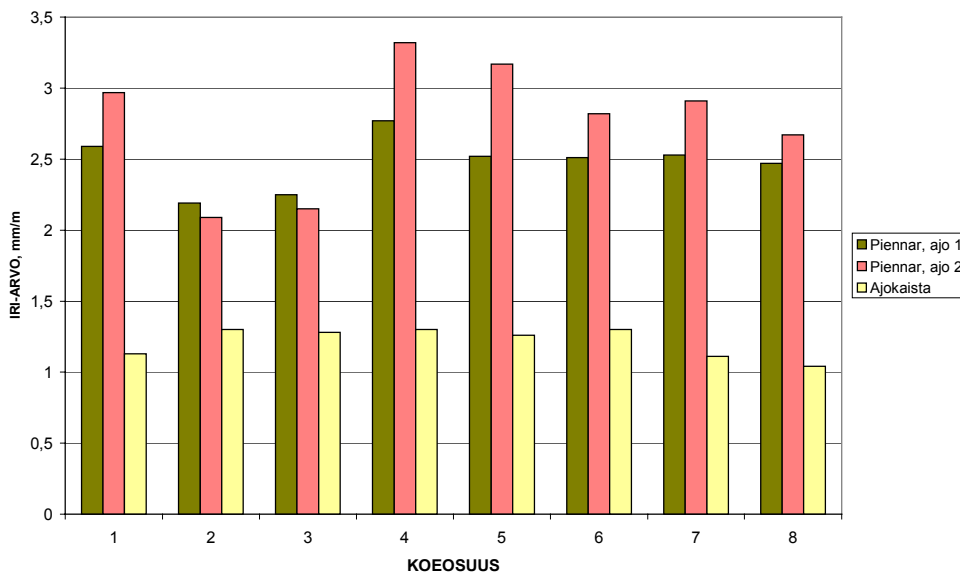
Jos kohteeseen alkaa syntyä vaurioita, voidaan mittaukset tehdä uudelleen samoista paikoista ja tutkia selittävätkö erot aikaisempiin mittauksiin verrattuna vaurioitumista.

## 5 SEURANTAMITTAUKSET

### 5.1 Tasaisuusmittaukset

Kohteen palvelutasomittaus tehtiin 15.10.1996. Mitattuja parametreja olivat pituussuuntainen tasaisuus ja tien pituusprofiili ajokaistalla sekä koerakenteella pientareella. Pituusprofiilissa näkyvät epätasaisuudet, joiden aallonpituus on noin 0,5 – 40 m. Tästä mitatusta profiilista voidaan laskea tasaisuutta kuvaava tunnusluku, IRI-arvo (mm/m). IRI-arvo kuvaa epätasaisuutta, jonka aallonpituus on noin 0,5 – 30 m.

Kuvassa 18 on esitetty mitatut IRI-arvot koeosuuksien sekä ajokaistalla että koerakenteen pientarosuudella. Tulokset lukuarvoina on esitetty taulukossa 1. Tasaisuudet ajoradalta mitattuna olivat erittäin hyviä. Arvot olivat välillä 1,1 – 1,3 mm/m. Pientareelta mitatut arvot olivat ymmärrettävästi selvästi huonommat ollen välillä 2,1 – 3,3 mm/m.

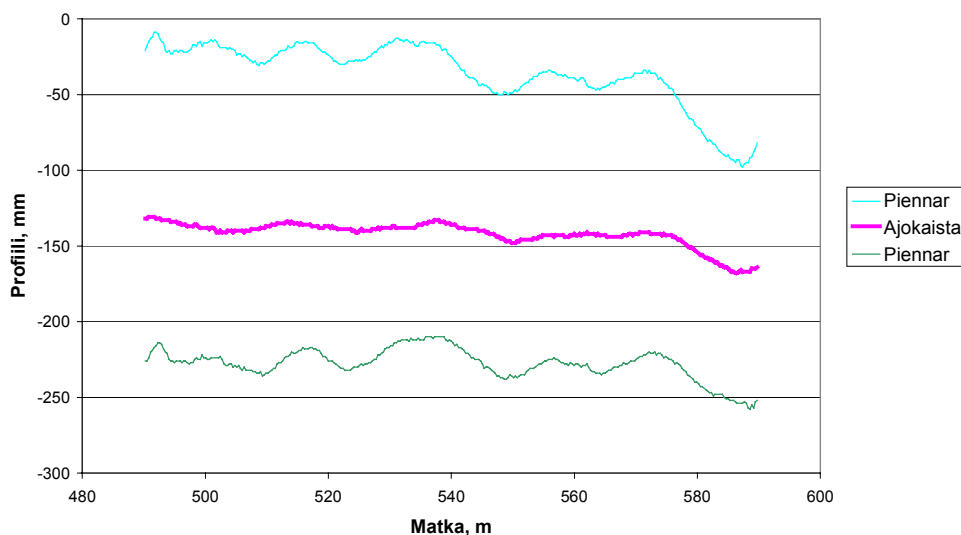


Kuva 18. Koeosuuksien IRI-arvot ajokaistalla sekä koerakenteella.

Taulukko 1. Koeosuuksien IRI-arvot (mm/m) ajokaistalla ja pientareella 15.10.1996 mitattuina.

Koeosuus	1	2	3	4	5	6	7	8
Ajokaista	1,13	1,3	1,28	1,3	1,26	1,3	1,11	1,04
Piennar	2,59	2,19	2,25	2,77	2,52	2,51	2,53	2,47
Piennar	2,97	2,09	2,15	3,32	3,17	2,82	2,91	2,67

Kuvassa 19 on esitetty koeosuuden 1 pituusprofiilit. Kaikkien osuuksien profiilit ovat liitteessä 2. Piennarosuuksissa on kaksi rinnakkaismittausta. Kuvista käy hyvin ilmi pientareiden epätasaisuus verrattuna ajoradan tasaisuuteen.



Kuva 19. Koeosuuden 1 ajokaistan ja pientareen pituusprofiilit mitattuna 15.10.1996.

Palvelutasomittaus ei sovellu kovin hyvin pientareen mittaukseen, koska ajolinjoja on vaikea saada eri kerroilla samoiksi. Siksi kohteesta ei tehty palvelutasomittauksia rakentamisvuoden jälkeen.

## 5.2 Vauriokartoitus

Kohteen vauriokartoitukset on tehty 16.6.1997, 17.6.1998, 1.6.1999 ja 3.7.2001. Taulukossa 2 on esitetty vauriot vuoden 2001 kartoituksen mukaan. Liitteessä 3 on esitetty vauriot kartoitettuina vuosittain.

Pituushalkeamia esiintyi ainoastaan koeosuudella 5, jolla oli viimeisimmän kartoituksen mukaan kuusi pituushalkeamaa. Halkeamista kolme sijaitsi 0,60 m etäisyydellä reunaviivasta eli uuden ja vanhan rakenteen saumakohdassa. Pituudeltaan ne olivat 5, 2 ja 2 metriä. Lisäksi kolme halkeamaa oli 0,80 – 1,05 m etäisyydellä keskisaumasta.

Normaaliosuuksilla ainoastaan koeosuuden 5 jälkeisellä vertailuosuudella oli heti osuuden alussa 3 m:n halkeama lähellä keskisaumaa. Kuvassa 20 on esitetty koeosuuden 5 uuden ja vanhan rakenteen saumakohdassa havaittu halkeama.

Koeosuudella 5 ei kantavuusmittausten ja -tarkastelujen sekä maastokohdan perusteella ollut havaittavissa mitään sellaista poikkeamaa, joka selittäisi vaurioitumisen.

Koeosuuksilla ja koko tieosalla havaittiin runsaasti poikittaishalkeamia. Kaikkiaan halkeamia oli koeosuuksilla yhteensä 25 kappaletta vaihdellen koeosuuksittain välillä 0...5 kappaletta. Halkeamat olivat tien vanhoja halkeamia, jotka olivat jatkuneet koealueiden poikki. Vuoden 1997 kartoituksessa poikkihalkeamia oli jo kaikkiaan 13 kappaletta eli puolet vuoden 2001 kokonaismäärästä. Koeosuudella 5 keskisauma oli auki lähes koko matkalla ja koeosuudella 7 keskisauma oli auki noin 50 m:n matkalla. Raon leveys oli osuuksilla suurimmillaan 30...60 mm.



*Kuva 20. Koeosuuden 5 rakenteiden saumakohdassa havaittu halkeama, joka oli ainoa uuden ja vanhan rakenteen saumakohdassa havaittu koe- ja vertailuosuudetkin huomioiden.*

Normaaliosuuksilla poikittaishalkeamia oli kaikkiaan 77 kappaletta 3795 m:n matkalla eli keskimäärin kaksi halkeamaa 100 m:n matkalla. Koeosuuksien 4 ja 5 välisellä osuudella paalulla 2106 oli pientareella painuma halkaisijaltaan noin 0,5 m.

Päällysteen reunauran syvyys koealueilta mitattuna oli välillä 1 - 5 mm ja keskiuran syvyys oli välillä 5 - 10 mm.



Taulukko 2. Koeosuuksien vauriot vuoden 2001 kartoituksessa.

Koeosuus	Pitkittäishalkeama	Poikittaishalkeama		
	Paalu, m	Paalu, m	Osittainen	Koko tie
1				
2		1067 1117		X X
3		1257 1329	X	X
4		1495 1528 1543		X X X
5	2661 - 2664 (1,05 m keskiviivasta) 2673 - 2679 (0,80 m keskiviivasta) 2741 - 2743 (0,60 m reunaviivasta) 2744 - 2747 (0,60 m reunaviivasta) 2745 - 2746 (0,80 m keskiviivasta) 2747 - 2752 (0,60 m reunaviivasta) Tien keskisauma auki lähes koko koeosuudella, raon max. leveys 60 mm.	2677 2681 2732	X	X X
6		3051 3083 3094 3109 3121	X X	X X X
7	Tien keskisauma auki noin 50 m:n matkalla, raon max. leveys 30 mm.	3428 3454 3510	X	X X
8 A		5005 5022 5045 5061	X	X X X
8 B		5061 5067 5081	X	X X X

## 6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

TPPT:n kuormituskestävyyden parantamiseen tähtäävässä koerakentamisessa yhtenä kohteena oli Leivonmäelle Vt 4:lle vuonna 1996 rakennetut koeosuudet. Kohteella vertailtiin erilaisia lujiteratkaisuja vanhaa tietä levennettäessä. Kohteella tutkittiin levennyksen ja vanhan tien saumaan odotettavien pituushalkeamien syntymistä ja niiden vähentämistä lujitteita (geoverkkoja) käyttämällä. Koerakenteet sijaitsivat sekä pehmeällä että kovalla pohjamaalla. Tutkittavia asioita olivat:

- rakenneratkaisun toimivuus
- eri lujiteverkkojen toimivuus
- saumakohtaan syntyvät pituushalkeamat

Koealueelle rakennettiin kahdeksan varsinaista koealuetta, joissa kokeiltiin kahta murskesoran päälle asennettua lujiteverkkoa ja viittä erilaista ABK:n ja SMA:n väliin asennettua lujiteverkkoa.

Kohdetta ei instrumentoitu, vaan rakenteen pitkäaikaiskäyttäytymistä sekä lujiteverkkojen toimivuutta seurattiin visuaalisin vauriokartoituksin sekä pintamittauksin. Kantavuudet mitattiin pudotuspainolaitteella pientareen keskeltä. Pintamittauksia tehtiin myös tasaisuudenmittausautolla ja selvitettiin ko. mittausten soveltuvuutta kyseisen rakenteen pitkäaikaisseurantaan. Seurantamittauksia tehtiin vuosittain.

Palvelutasomittaus ei soveltunut kovin hyvin pientareen mittaukseen, koska ajolinjoja oli vaikea saada samoiksi eri ajokerroilla. Siksi tasaisuuden seurantamittauksista luovuttiin.

Viiden tarkasteluvuoden aikana havaittiin vain yhdellä koeosuudella pituushalkeamia, jotka olivat syntyneet vanhan tien ja tehdyn levennyksen saumakohtaan. Koeosuudella ei kantavuusmittausten ja -tarkastelujen sekä maastokohdan perusteella ollut havaittavissa mitään sellaista poikkeamaa, joka selittäisi vaurioitumisen.

Kaikilla koeosuuksilla kuten normaaliosuuksillakin oli runsaasti poikittaishalkeamia. Koeosuuksien poikittaishalkeamat olivat vanhan tien poikittaishalkeamia, jotka laajenivat koeosuuksien poikki.

Poikittaishalkeamien etenemisen estämiseen vanhalta tien osalta levennetylle pientareelle verkoilla ei havaittu olleen vaikutusta.

Uuden ja vanhan rakenteen saumakohta toimi samalla tavalla sekä ilman lujiteverkkoja että verkkojen kanssa. Referenssiosuudella ei ollut edes si-dottua kantavaa kerrosta levennysosuudella, vaan SMA-kulutuserros oli levitetty suoraan sitomattoman kantavan kerroksen päälle. Referenssiosuuksilla ei havaittu yhtään pituushalkeamaa levennyksen saumakohdassa, mikä oli erittäin yllättävää ottaen huomioon ohut päällyste levennyksen kohdalla.

Toteutunut seuranta-aika on vielä liian lyhyt lopullisten johtopäätösten tekemiseen, toimiiko tien leventäminen ilman vahvisteitakin hyvin, kun levennys tehdään vain sitomattoman kantavan kerroksen ja ohuen päällysteen avulla. Jos näin todella on, tien leventämisessä on löydettävissä kustannussäästöjä.

Kohdetta on kuitenkin syytä seurata vielä muutama seuraava vuosi, koska hypoteesi oli, että ilman vahvisteita tehdyn levennyksen rajakohtaan syntyy pituushalkeamia.

## 7 LIITTEET

1. Pudotuspainomittaustulokset
2. Koeosuuksien profiilimittaukset
3. Koeosuuksien vauriokartoitukset

## Vt4\_Leivonmäki

Kantavuudet koeosuuksilla suoritetuissa pudotuspainomittauksissa

## Murskeen päältä

Mittaus pvm.25.06.1996

Paalu [m]	Kantavuus [MPa]
500	145
520	151
540	141
560	107
580	118
1063	102
1083	189
1103	88
1123	84
1143	78
1254	89
1274	72
1294	93
1314	92
1334	75
1482	86
1502	74
1522	75
1542	76
1562	70
2663	86
2683	76
2703	81
2723	68
2743	75
3042	88
3062	81
3082	73
3102	100
3122	79
3438	73
3458	77
3478	76
3498	72
3518	66
5005	89
5025	99
5045	116
5065	134
5085	107

## SMA:n päältä

Mittaus pvm. 06.09.1996

Paalu [m]	Kantavuus [MPa]
500	729
520	784
540	653
560	496
580	603
730	476
750	403
770	253
790	242
810	337
1063	599
1083	565
1103	437
1123	351
1143	352
1254	349
1274	454
1294	418
1314	441
1334	426
1482	555
1502	466
1522	420
1542	410
1562	361
2250	342
2270	332
2290	396
2310	523
2330	515
2663	405
2683	408
2703	373
2723	384
2743	370
2850	369
2870	250
2890	234
2910	208
2930	193

SMA:n päältä

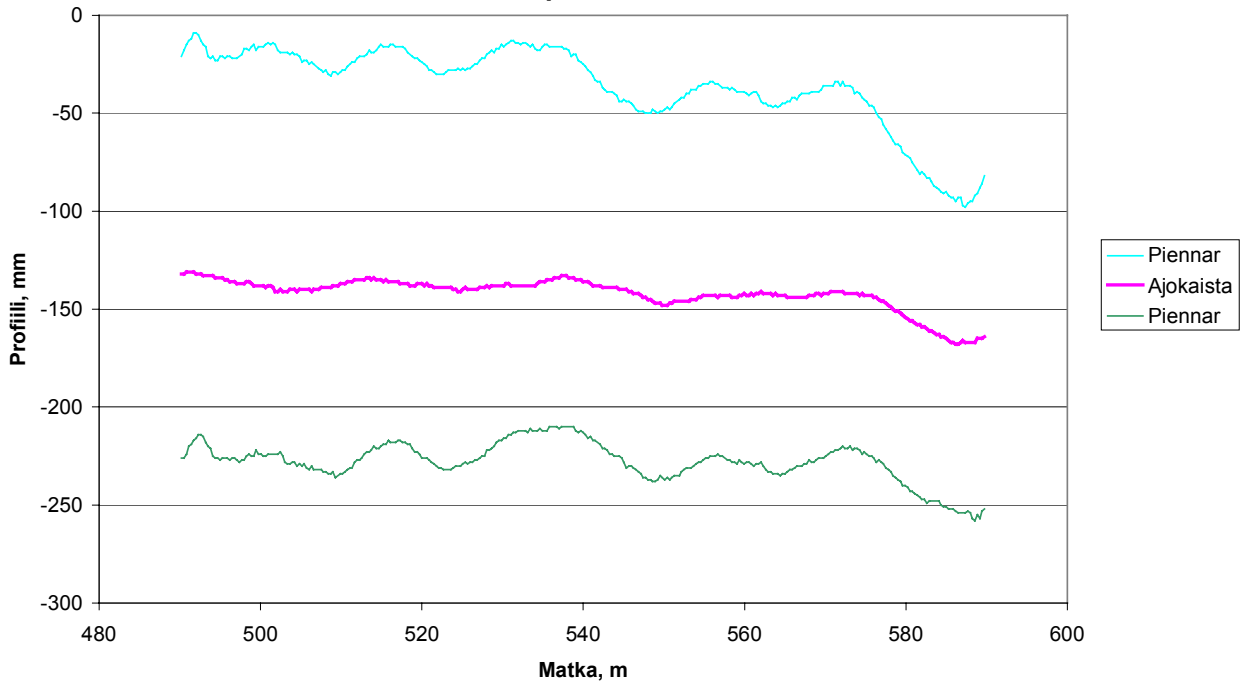
Mittaus pvm. 06.09.1996

Paalu	Kantavuus
[m]	[MPa]
3042	369
3062	437
3081	394
3102	375
3122	374
3438	449
3458	500
3478	464
3498	469
3518	446
4150	381
4170	324
4190	316
4210	274
4230	277
5005	380
5025	409
5045	376
5065	516
5085	486
5200	349
5220	332
5240	358
5260	312
5280	296

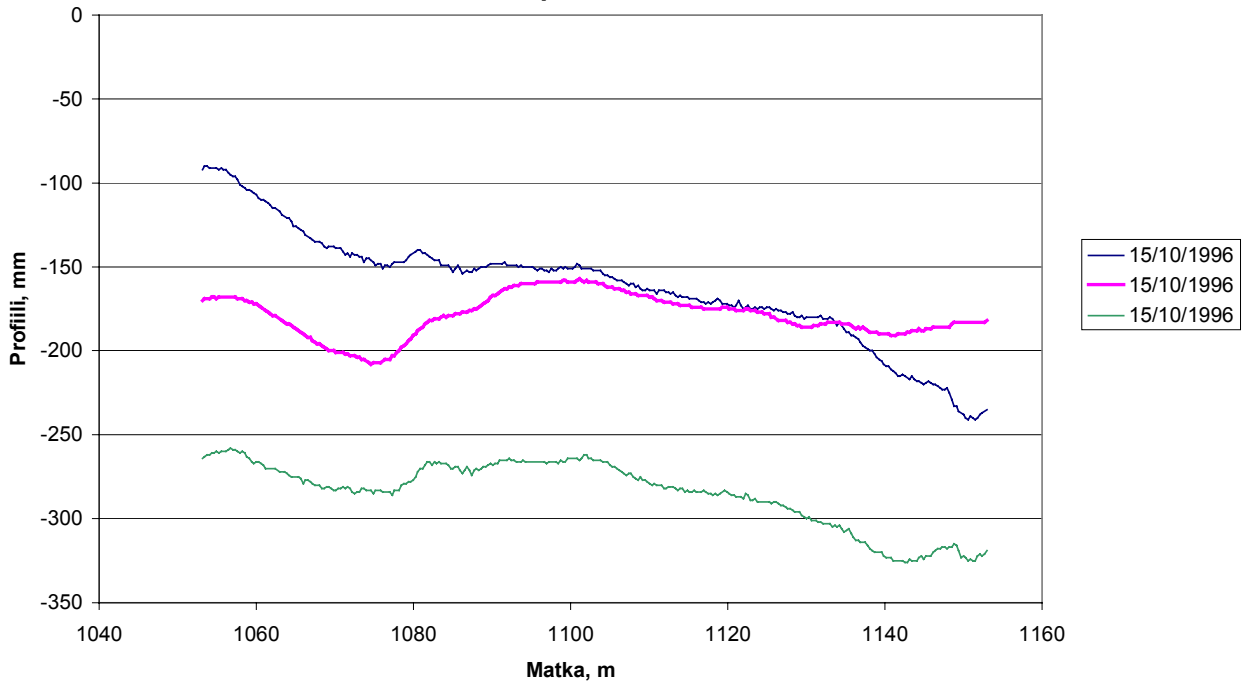
Yhteenveto

06.09.96	min	keskia	max
koeos1	496	653	784
koeos2	351	461	599
koeos3	349	418	454
koeos4	361	442	555
koeos5	370	388	408
koeos6	369	390	437
koeos7	446	466	500
koeos8	376	433	516

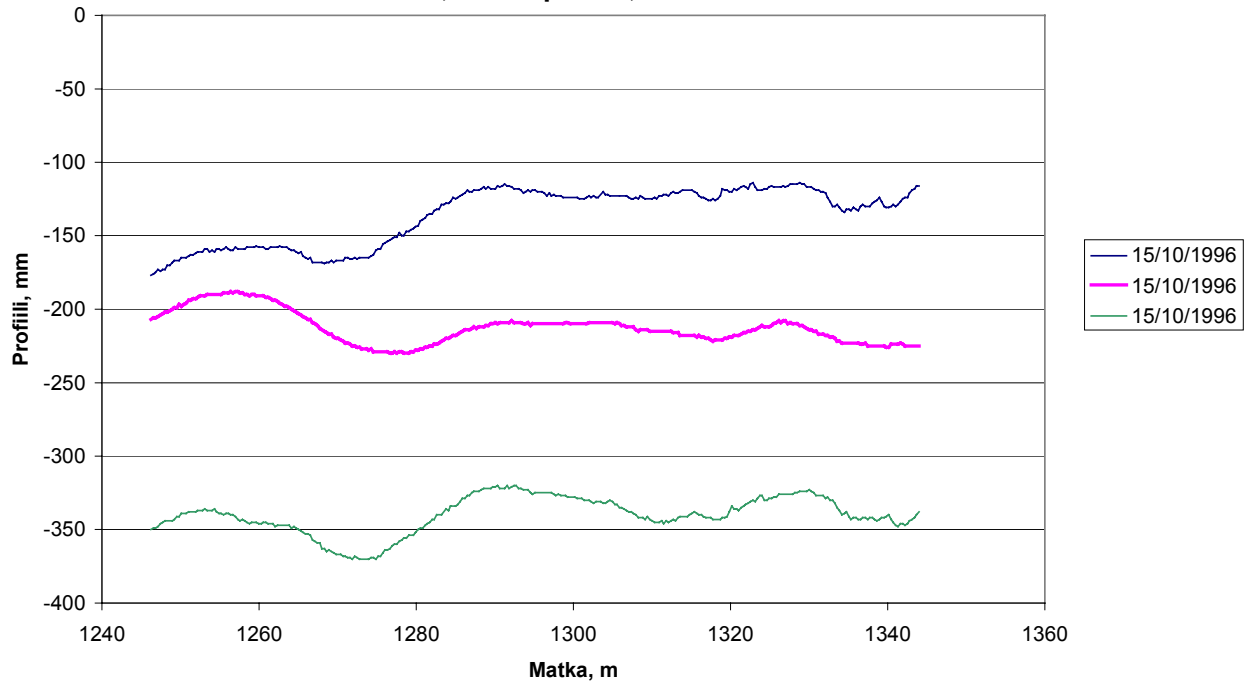
Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 1



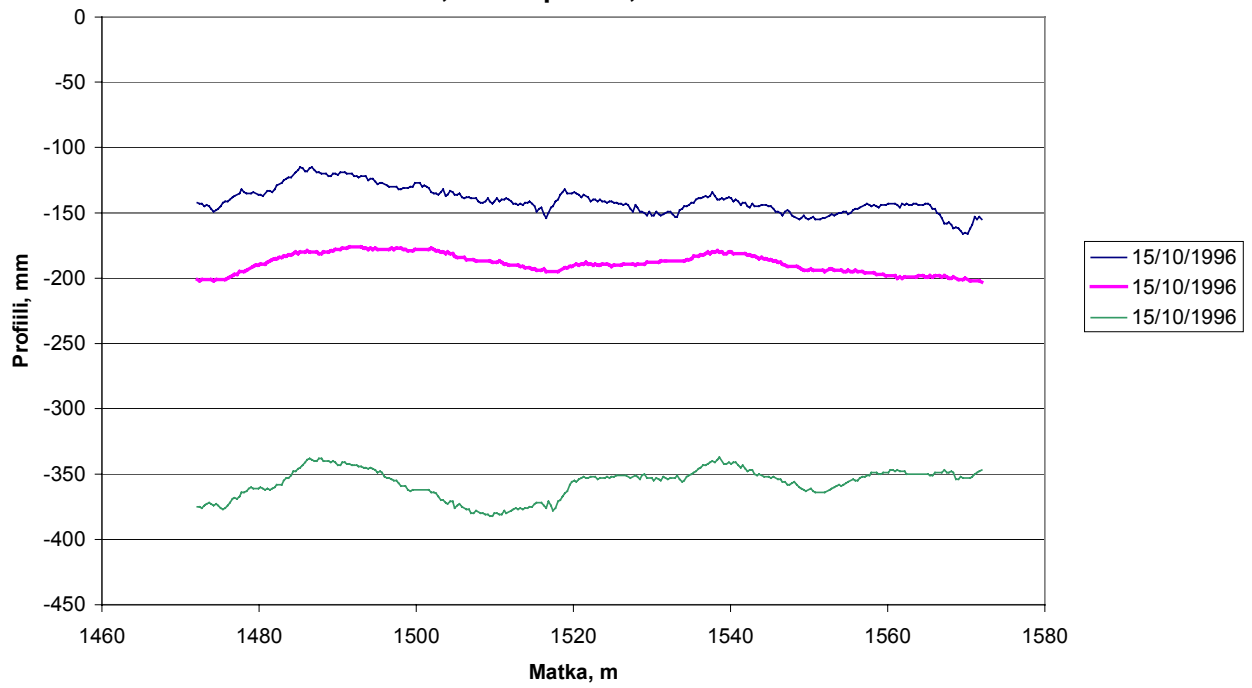
Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 2



Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 3

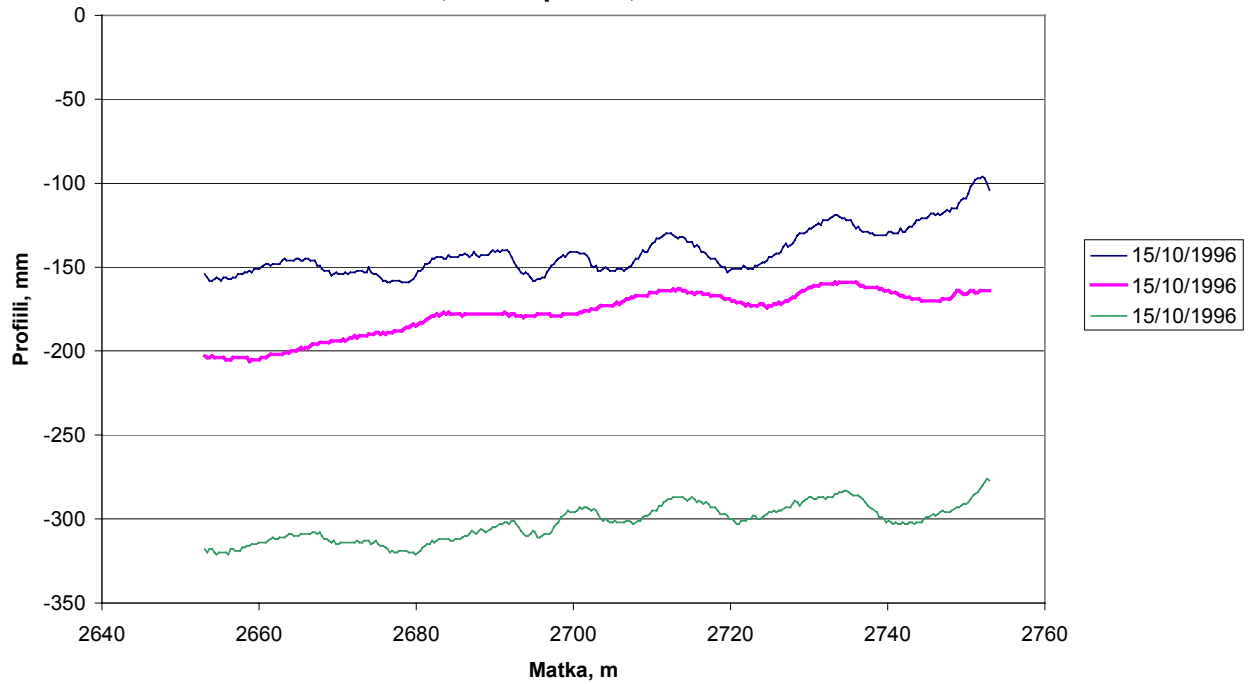


Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 4

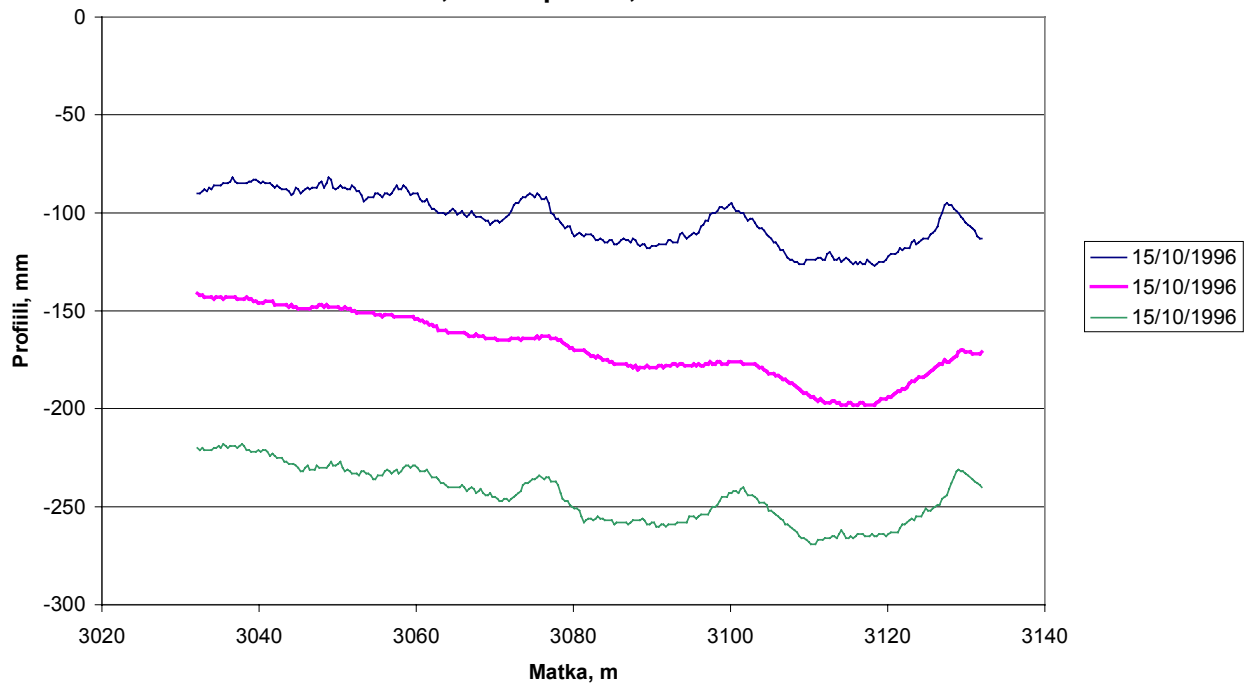




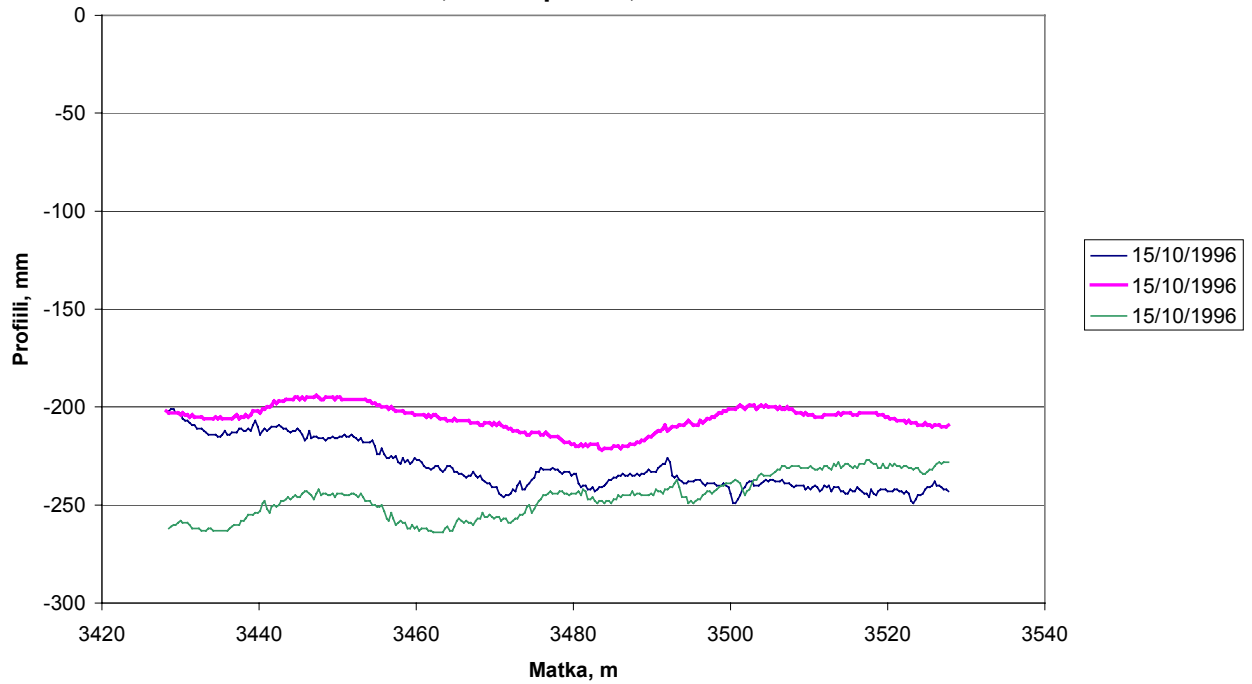
Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 5



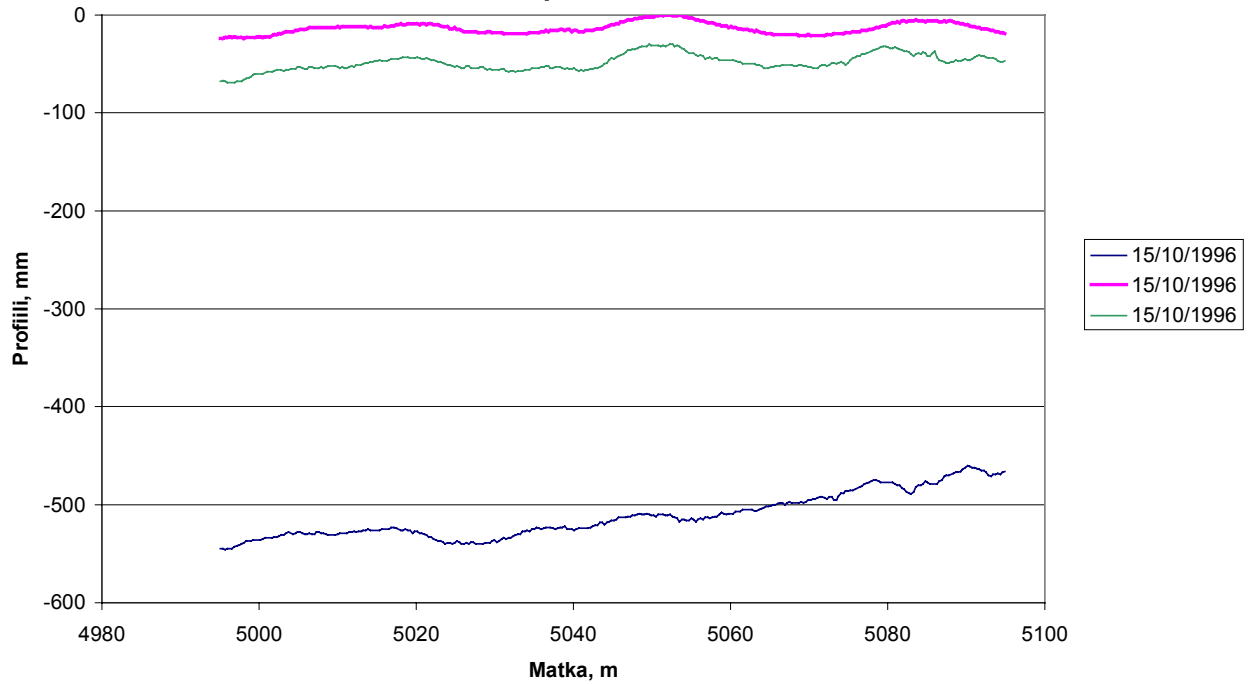
Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 6



Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 7



Vt 4 Leivonmäki, Pituusprofiili, Koeosuus 8



## Vauriokartoitus

Koeosuus	1997			1998			1999							
	Pituushalkeama Paalu, m	Poikittaishalkeama		Pituushalkeama Paalu, m	Poikittaishalkeama		Pituushalkeama Paalu, m	Poikittaishalkeama						
		Paalu	Osittainen		Koko tie	Paalu		Osittainen	Koko tie	Paalu	Osittainen	Koko tie		
1														
2												1067		X
												1117		X
3												1329		X
4												1495		X
												1528		X
												1543		X
5												2677		X
												2747-2752 (0,60 m rv:sta)		
												2241-2742 (0,60 m rv:sta) 2747-2752 (0,60 m rv:sta) 2745-2746 0,80 m kv:sta Keskisauma auki lähes koko koeosuudelta raon max leveys 60 mm		
												2677	X	
6												3051		X
												3083	X	
												3094		X
												3109	X	
												3051		X
												3083	X	
												3094		X
												3109	X	
												3121		X
7												3428		X
												3454		X
												Keskisauma auki n. 50 m:n matkalla raon max leveys 30 mm		
8A												5005		X
												5022		X
												5045		X
8B												5067	X	
												5081		X
												5005		X
												5022		X
												5045		X
												5061	X	
												5067	X	
												5081	X	