

**RAUTATIESILTOJEN LUOKITTELU JA  
INVENTOINTI RATAOSUUDELLA  
RAUTARUUKKI-HAAPARANTA  
AKSELIPAINOJEN KOROTTAMISTA VARTEN**

- **Pekka Haakana**
- **Lauri Salokangas**

**RAUTATIESILTOJEN LUOKITTELU JA  
INVENTOINTI RATAOSUUDELLA  
RAUTARUUKKI-HAAPARANTA  
AKSELIPAINOJEN KOROTTAMISTA VARTEN**

- o Pekka Haakana**
- o Lauri Salokangas**

**RHK**  
RATAHALLINTOKESKUS  
KAIVOKATU 6, PL 185  
00101 HELSINKI

PUH. (09) 5840 5111  
FAX. (09) 5840 5100  
SÄHKÖPOSTI: [info@rhk.fi](mailto:info@rhk.fi)

ISBN 952-445-026-7  
ISSN 1455-2604

**Haakana, Pekka - Salokangas, Lauri: Rautatiesiltojen luokittelu ja inventointi rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta akselipainojen korottamista varten.**

Ratahallintokeskus, Tekninen yksikkö. Helsinki 1999. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 7/1999. 23 sivua ja 5 liitettä. ISBN 952-445-026-7, ISSN 1455-2604.

## **TIIVISTELMÄ**

Työn tavoitteena on selvittää mahdollisuudet ja edellytykset korottaa rautatiesiltojen sallittu akselipaino 30 tonniin rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta.

Työssä on inventoitu rataosuuden kaikki sillat ja ne jännevälit, joilla 30 tonnin akselipainoja ei voida sallia ilman merkittäviä vahvistustoimenpiteitä. Työssä on myös arvioitu muita riskitekijöitä, jotka vaikuttavat sillalle sallittavan akselipainon suuruuteen.

Työn tulos osoittaa, että rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta 44 % rautatiesilloista kuuluu sellaiseen riskiryhmään, jolle ei voida sallia akselipainojen korotusta 30 tonniin, 27 % rautatiesilloista on tarkistettava ennen akselipainojen korotusta ja 29 % rautatiesilloista ei vaadi toimenpiteitä. Rataosuuden siltojen yhteenlasketun siltapituuden mukaan jaoteltuna prosenttiosuudet ovat vastaavasti 16 %, 49 % ja 35 %.

Uusi kuormakaavio VR-98 olisi syytä ottaa käyttöön suunnittelussa mahdollisimman pikaisesti.

**Haakana, Pekka – Salokangas, Lauri: Classification and Inventory of Railway Bridges on the Rautaruukki–Haaparanta Line Section to Increase Allowable Axle Loads.**

Finnish Rail Administration, Technical Unit. Helsinki 1999. Publications of Finnish Rail Administration A 7/1999. 23 pages and 5 appendices. ISBN 952-445-026-7, ISSN 1455-2604.

## **SUMMARY**

The aim of this work is to study possibilities and premises to increase the allowable axle loads of railway bridges on the Rautaruukki–Haaparanta line section to 30 tons.

In this work, an inventory concerning all railway bridges and spans has been carried out, on which 30 tons axle loads cannot be allowed without considerable strengthening actions. In addition, some other risks, which have influence on the allowable axle loads, have been considered.

Result of the work shows that 44 % of railway bridges of the section Rautaruukki–Haaparanta belong to that kind of risk group, which implies no allowance of 30 tons axle loads. 27 % of bridges are to be checked before allowing an increase of axle loads and 29 % of bridges do not need to be checked. Based on the total bridge length on the section in question, the corresponding percentage values are 16 %, 49 % and 35 %.

It is advisable to take in use the new load diagram VR-98 in the design process as soon as possible.

## ESIPUHE

Ratahallintokeskus aloitti vuonna 1998 tutkimusprojektin, jonka tarkoituksena on tuottaa tietoa 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen käyttöönottoa varten. Tämä rautatiesiltojen luokittelu ja inventointi rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta on osa tutkimusprojektia.

Tutkimuksen on tehnyt Pekka Haakana ja Lauri Salokangas Teknillisen korkeakoulun sillanrakennustekniikan laboratoriossa Otaniemessä. Työtä on ohjannut ylitarkastaja Pasi Leimi Ratahallintokeskuksesta.

Helsingissä, joulukuussa 1999

Ratahallintokeskus

Tekninen yksikkö

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

### SUMMARY

ESIPUHE .....	5
SISÄLLYSLUETTELO .....	6
1 SELVITYSTYÖN TAUSTA, TAVOITE JA SUORITTAMISTAPA.....	7
2 KUORMAKAAVION VR-98 AIHEUTTAMAT MUUTOKSET RSO:N MITOITUSOHJEISIIN .....	9
3 RAUTARUUKKI – HAAPARANTA -RATAOSUUDEN KUVAUS.....	11
4 SILTOJEN ALUSRAKENTEET .....	13
4.1 Kiviset perustukset.....	13
4.2 Puupaalut.....	13
4.3 Laakerit .....	13
4.4 Riskitapausten prosenttiosuus alusrakenteissa .....	13
5 SILTOJEN PÄÄLLYSRAKENTEET .....	14
6 TULOSTEN TARKASTELU .....	15
6.1 Voimasuurekuvaajat .....	15
6.2 Riskiryhmät .....	17
6.3 Riskisiltojen osuus .....	18
7 YHTEENVETO.....	20
8 JATKOTOIMENPITEET.....	22
LÄHDELUETTELO .....	23

### LIITTEET

1. Yhdistetyt momentti- ja tukivoimakuvaajat verrattaessa kuormakaavioon VR-98.
2. Yhdistetyt momentti- ja tukivoimakuvaajat verrattaessa kuormakaavioon VR-74.
3. Kuormakaavioittain eriteltyt kuvaajat, sisältäen jänteiden määrän.
4. Kumulatiivinen bruttotonnikertymä rataosittain.
5. Siltojen riskijaottelu.

## 1. SELVITYSTYÖN TAUSTA, TAVOITE JA SUORITTAMISTAPA

Ratahallintokeskuksen (RHK) tavoitteena on sallia rataverkolla 30 tonnin akselipaino mm. raskaille malmijunille. Tämä edellyttää siltojen mitoituksessa käytettävän kuormakaavion (VR-74) muuttamista sekä tällä ja aikaisemmillä kuormakaavioilla mitoitettujen siltojen kantavuuden tarkistamista. Oy VR-Rata Ab:n siltaryhmässä on akselipainon korotusta varten laadittu ehdotus uudeksi kuormakaavioksi, josta käytetään nimeä VR-98 [1] ja jonka pohjalta tämä selvitys on tehty.

Tarkastelun kohteeksi valittiin Rautaruukki – Haaparanta –rataosa, jolta määriteltiin riskialttiit sillat ja niiden prosentuaalinen osuus sekä lukumäärästä että kokonaispituudesta. Tämän tarkastelun tuloksia voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa koko rataverkon siltojen kantavuutta.

Rautaruukki – Haaparanta -rataosuuden sillat on luokiteltu sillan päällysrakenteen pääasiallisen materiaalin, jännemitan ja rakennetyypin mukaan. Rakennusmateriaalin osalta sillat on jaoteltu kivi-, betoni- ja terässiltoihin. Jännemitan osalta sillat on luokiteltu ensin suurpiirteisemmin ja sen jälkeen tarkemmin. Tarkempi luokittelu perustuu selvityksen *Kuormakaavion muutos 30 t:n akselikuormille [1]* noudattamaan jakoon.

Jännemittojen tarkemman jaon perusteella eri jännemitta-alueilla on laskettu mitoittavia momenteja ja tukivoimia yksiaukkoisille palkki- ja yhteen suuntaan kantaville laattasilloille käyttämällä kuormakaavioita 1914, I-26, I-48, VR-74 ja VR-98. Kuormakaaviolla VR-98 laskettujen ja muilla kuormakaavioilla laskettujen voimasuureiden suhde kertoo, millainen suhteellinen muutos voimasuhteissa tapahtuu siirryttäessä VR-98 -kuormakaavioon.

Mitoitusarvoja laskettaessa on kuormana käytetty vastaavan kuormakaavion mukaista ominaiskuormaa kerrottuna kutakin kaaviota vastaavalla s ysäyskertoimella. Kuormien osavarmuuskertoimia ei ole otettu huomioon, koska vanhemmat sillat on mitoitettu käyttämällä sallittujen jännitysten periaatetta. VR-98:n ja VR-74:n mukaan mitoitettaessa käytetään rajatilamitoitusta.

Edellä mainituista voimasuuresuhteista on laadittu graafiset kuvaajat. Tarkastelemalla suhteita ja asettamalla tietty riskiraja on tarkastellut sillat voitu jakaa selvästi riskialttiisiin sekä lähes riskittömiin siltoihin. Riskirajaksi on asetettu 5 %, mikä ottaa huomioon mitoituksessa käytetyn varmuuden.

Liitteessä 1 esitetyt kuvaajat on yhdistetty siten, että samassa kuvaajassa on esitetty samaa materiaalia olevien siltojen mitoittavien kuormien suhteet aikaisempiin kaavioihin. Kukin käyrä kuvaajissa vastaa yhtä kuormakaaviota.

Liitteessä 2 on esitetty samat kuvaajat siten, että vertailun perustana on kuormakaaviolla VR-74 saadut arvot.



Liitteessä 3 on esitetty kuormasuhteet kuormakaavioittain betoni- ja terässilloille. Samaan kuvaajaan on lisätty pylväinä kyseisellä kuormakaaviolla mitoitettujen ja tietyille jänneväliille osuvien siltojen määrä tarkastellulla rataosuudella.

Muutamista silloista on suoritettu karkeita lujuuslaskelmia VR-98:n mukaisella kuormituksella käyttäen voimassa olevia normeja [2], [3].

Väsytystarkastelua varten on laskettu bruttotonnikertymät eri ikäisille silloille viiden vuoden välein. Käyttöiän arvioiminen vaatii lisäksi jännitysvaihteluiden mittaamista koekuormituksilla, joten sen tarkempaa tarkastelua ei tässä yhteydessä ole otettu mukaan [4].

Rautaruukki – Haaparanta -rataosuuden silloista on seulottu riskisiltojen osuus. Riskiosuuksista on laadittu kuvaajat sekä siltojen lukumäärän että pituuden mukaan. Lisäksi on kerätty yhteen erilaisia kriteereitä, joiden avulla rataverkosta voidaan tunnistaa riskialttiit sillat.

## 2. KUORMAKAAVION VR-98 AIHEUTTAMAT MUUTOKSET RSO:N MITOITUSOHJEISIIN

Kuormakaavio VR-98 muodostuu kuormakaavion VR-74 kuormaryhmästä a (kuva 1). Sysäyskerroin on korvattu uudella korjauskertoimella, jonka arvo on laskennallisin keinoin määritetty sellaiseksi, että mitoittavat kuormat ovat samaa tasoa Eurooppaan suunnitteilla olevan kuormakaavion UIC-2000 [1] kanssa, johon nauhakuorman ohella sisältyy 30 tonnin akseleita. Koska UIC-2000 – kuormakaavio on erilainen kuin VR-74, on yksinkertaisuuden vuoksi ollut perusteltua kokonaan uudenlaisen kuormakaavion sijasta kehittää korjauskerroin, jolla VR-74:stä saadut arvot kerrotaan.

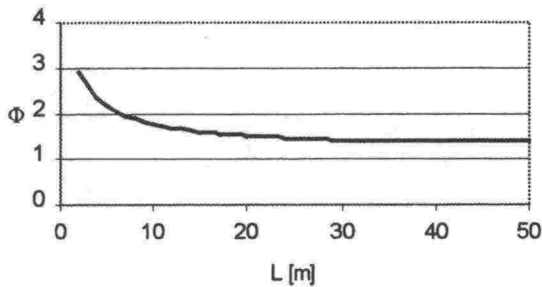
VR-98:n aiheuttamat muutokset *Rautatiesiltojen suunnitteluohjeeseen RSO [3]* nähden ovat siltojen mitoittamiseen liittyvien seikkojen osalta seuraavat:

### RSO 2: 2.3.1.2.1 Pystysuorat lisäkuormat

Yhdistetty sysäys- ja korjauskerroin

$$\Phi = \max \begin{cases} 1,2 + \frac{1}{0,3 + \frac{L}{L_0}} \\ 1,4 \end{cases}$$

missä  $L_0 = 7 \text{ m}$

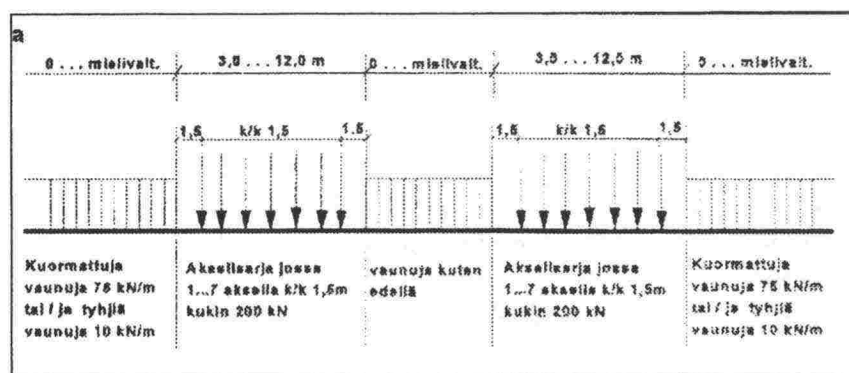


**RSO 2: 2.3.1.2.2 Pitkittäiset lisäkuormat**

Koska hitausvoimat riippuvat sillalla olevasta junakuormasta, tässä on huomioitava junakuorman keskimääräinen kasvaminen (noin 30%).

**RSO 2: 2.3.1.2.3**

Koska keskipakovoima riippuu sillalla olevasta junakuormasta, tässä on huomioitava junakuorman keskimääräinen kasvaminen (noin 30%).



Kuva 1. Kuormakaavio VR-98, joka on sama kuin kuormakaavion VR-74 kuormaryhmä a.

### 3. RAUTARUUKKI – HAAPARANTA -RATAOSUUDEN KUVAUS

Tutkitun Rautaruukki – Haaparanta -rataosuuden pituus on noin 220 km. Rataosuuteen kuuluvat rataosat ja -osuudet:

- 514 Rautaruukki – Tuomioja
- 008 Tuomioja – Laurila
- 521 Laurila – Tornio
- 513 Tornio – Haaparanta

Rataosuudella on yhteensä 145 siltaa ja niissä yhteensä 259 jännettä. Jänteiden pituudet vaihtelevat 2,5 metristä 74 metriin. Suurin osa (46 %) jänteistä on alle 10-metrisiä.

Staattisen tyypin mukaan jaoteltuna suurin osa (69 %) silloista on yksiaukkoisia laatta- tai palkkisiltoja. Kehärakenteita on 14 % ja jatkuvia palkkeja 17 %.

Teräsbetoni on materiaalina 81 %:ssa silloista.

Kuormakaavioista on eniten käytetty I-48 -kaaviota (48 %:ssa suunnitelmista).

Taulukossa 1 on esitetty tarkastellun rataosuuden siltaryhmittely.

Taulukko 1. Siltojen ryhmittely rataosuudella Rautaruukki - Haaparanta.

Siltaryhmittely			
	Kpl	% silloista	
<b>Staattinen tyyppi</b>			
<i>1-aukkoinen</i>	97	67 %	
<i>Jatkuva</i>	24	17 %	
<i>Kehä</i>	24	17 %	
	145	100 %	
<b>Kuomakaavio</b>			
<i>1914</i>	5	3 %	
<i>I-26</i>	21	14 %	
<i>I-48</i>	68	47 %	
<i>VR-74</i>	50	34 %	
<i>Ei tiedossa</i>	1	1 %	
	145	100 %	
<b>Materiaali</b>			
<i>Teräsbetoni</i>	120	83 %	
<i>Teräsristikko</i>	12	8 %	
<i>Teräslämpypalkki</i>	12	8 %	
<i>Kivi</i>	1	1 %	
	145	100 %	
<b>Vanhat kiviperustukset</b>			
<i>Maanvaraiset / ei tietoa</i>	31	21 %	
<i>Kalliolle perustetut</i>	8	6 %	
<i>Paalutettu kantavaan maakerrokseen</i>	4	3 %	
	43	30 %	
<b>Erikoistyytit</b>			
<i>Holvi</i>	2	1 %	
<i>Kaari</i>	1	1 %	
<i>Jännitetty</i>	7	5 %	
<b>Jänneväli</b>			
	Kpl:ta silloista (1)	Kpl:ta jänteistä	% jänteistä
<i>0 - 4,99</i>	42	47	18 %
<i>5 - 9,99</i>	54	73	28 %
<i>10 - 19,99</i>	46	80	31 %
<i>20 -</i>	23	59	23 %
		259	100 %

(1) Jänneväilukumäärä silloista kertoo sellaisten siltien määrän, joista löytyy kyseisellä välillä olevia jänteitä. Yksi silta voi siis tuottaa merkinnän usealle eri jänneväleille.

## 4. SILTOJEN ALUSRAKENTEET

### 4.1 Kiviset perustukset

Rataosuudella on useita vanhoja teräsbetonisia yksiaukkoisia laatta- ja palkkisiltoja, joiden kannet on vaihdettu, mutta perustukset ovat alkuperäiset. Kannet on mitoitettu vuosien 1926 tai 1948 kuormakaavioilla. Kiviperustuksista ei löydy sellaisia laskelmia, joiden perusteella suunnittelussa käytettyjä kuormia voitaisiin arvioida. Perustusten kestävyyttä on siis vaikea arvioida laskennallisin keinoin.

Tällaisten siltojen kohdalla huolellinen kuntotarkistus on välttämätön, jotta saadaan viitteitä siitä, miten hyvin perustukset ovat kestäneet pitkään jatkuneen kuormituksen. Lisäksi on huomattava, että liikennemäärät ja kuormat ovat vuosien mittaan jatkuvasti kohonneet ja kyseiset kiviperustukset ovat vanhimpia siltojen rakenteita.

### 4.2 Puupaalut

Vanhoista puupaalutuksista ei löydy laskelmia, joten niidenkin kohdalla tulisi suorittaa huolellinen kuntotarkistus ja koekuormitus, jotta paalutusten kantokyky pystyttäisiin määrittämään. Lisäriskinä on mahdollinen pohjaveden pinnan aleneminen, mikä on saattanut aiheuttaa paalujen yläpäässä lahoamista. Pystysuoriin puupaaluryhmiin liittyy lisäksi stabiiliusongelma, jota korostaa uuden kuormakaavion mukanaan tuoma 30 %:n lisäys vaakavoimiin.

### 4.3 Laakerit

Vanhemmilla silloilla, joiden jännemitta on alle 20 m, kyseisen kuormakaavion mukaan lasketut tukivoimat ovat huomattavasti pienempiä kuin mitoitettaessa VR-98:n mukaan. Laakereille tulee siis 30 tonnin akselipainosta suurempi rasitus kuin aikaisemmin. Tämän johdosta laakereiden kestävyys tulisi lyhyillä silloilla tarkistaa.

### 4.4 Riskitapausten prosenttiosuus alusrakenteissa

Vanhoja kivisiä perustuksia rataosuudelta löytyy 23 %. Niistä muutamassa on pelkästään pystysuora puupaalutus.

Vanhoja laakereita, jotka olisi tarkistettava, löytyy 15 % silloista. Tässä luvussa on otettu huomioon myös pidemmät sillat, jotka on rakennettu ennen 1970-lukua.

## 5. SILTOJEN PÄÄLLYSRAKENTEET

Väsyminen saattaa muodostua ongelmalliseksi vanhoissa niitatuissa terässilloissa. Väsymistarkastelua varten tulisi jännitysmittauksia suorittaa etenkin sekundaäri-rakenteissa, jotta jäljellä oleva käyttöikä voitaisiin luotettavasti arvioida [4]. Tässä selvityksessä on rautatietilastojen [5] perusteella bruttotonnikertymän vaihteluksi arvioitu tarkastellulla osuudella 122 – 425 miljoonaa br-tonnia riippuen rataosasta. Suurin arvo saatiin Ylivieska – Oulu -rataosalle. Tämä kertymä on kumulatiivinen kertymä koko 1900-luvun ajalta.

Liitteessä 4 on esitetty kumulatiivinen bruttotonnikertymä eri rataosuksilla siten, että viiden vuoden välein laskettu arvo kertoo bruttotonnikertymän kyseisestä vuodesta vuoteen 1997 saakka.

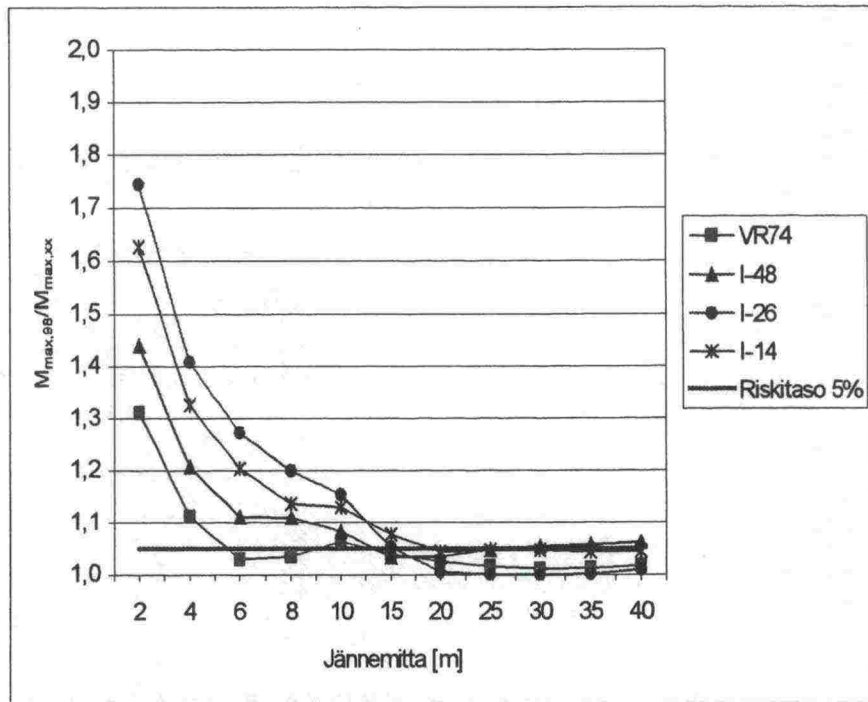
Ongelman muodostavia teräksisiä ristikko- ja levypalkkisiltoja on tarkasteltavalla osuudella noin 16%.

Pitkissä terässilloissa voimasuureet eivät pääkannattimissa kasva kriittisiksi. Sekundaäri-rakenteet tulisi kuitenkin tarkastaa siltakohtaisesti sekä murto-kuormasta ja kuormavaihteluista johtuvan väsymisen vuoksi. Tämä koskee lähinnä pitkiä ristikko- ja levypalkkisiltoja.

## 6. TULOSTEN TARKASTELU

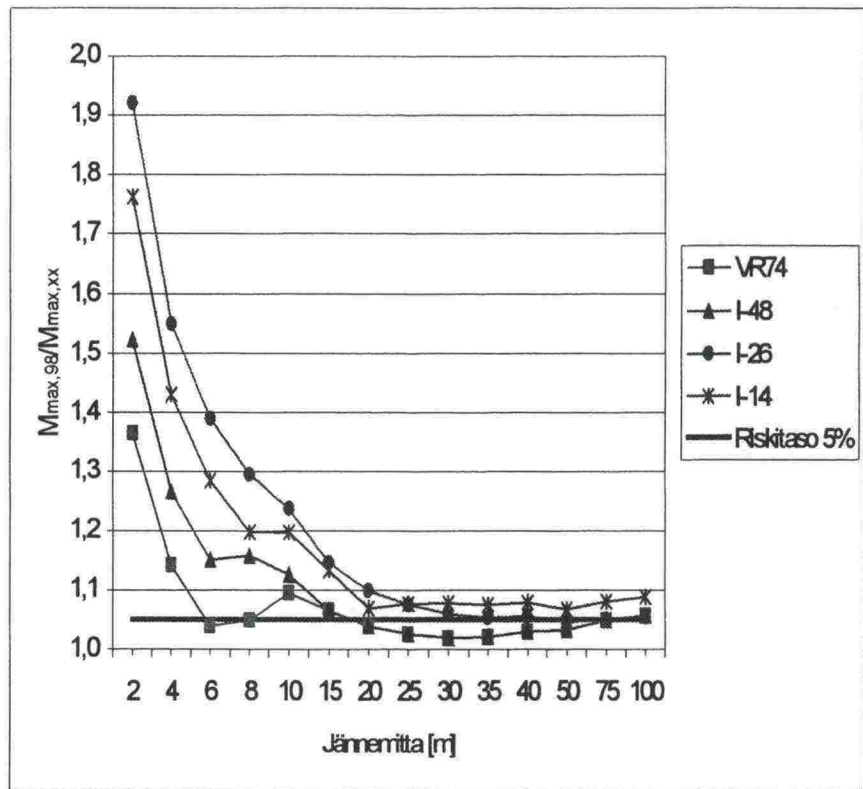
### 6.1 Voimasuurekuvaajat

Seuraavissa kuvaajissa on esitetty yhteenveto VR-98:lla saatujen mitoittavien momenttien suhteesta aikaisemmilla kuormakaavioilla saatuihin mitoittaviin momentteihin. Kuormina on käytetty ominaiskuormia kerrottuna kunkin kuormakaavion mukaisella sysäyskertoimella. Laskelmat on tehty erikseen betoni- ja terässilloille.



Kuva 2. 1-aukkoisten betonisiltojen momenttisuhteet.





Kuva 3. 1-aukkoisten terässiltojen momenttisuhteet.

Liitteessä 1 on esitetty kuvat 2 ja 3 suuremmissa mittakaavassa sekä vastaavat kuvaajat tukivoimasuhteista.

Liitteen 1 kuvaajat on esitetty toistamiseen liitteessä 3 siten, että kutakin kuormakaaviota (VR-74, I-48, I-26 ja I-14) koskevat momenttien ja tukivoimien vertailukuvaajat on esitetty yhdellä sivulla. Näihin kuvaajiin on lisätty kyseisellä kuormakaaviolla mitoitettujen jänteiden lukumäärät eri jänneväleillä. Tutkituilla rataosilla ei ole kuormakaavion VR-74 mukaan mitoitettuja 1-aukkoisia terässiltoja eikä kuormakaavion I-14 mukaan mitoitettuja 1-aukkoisia betonisiltoja, joten näitä kuvaajia ei ole esitetty uudestaan liitteessä 3.

Jännevälit, joilta jänteet on laskettu, ovat:

- alle 3 m
- 3 - 5 m
- 5 - 7 m
- 7 - 9 m
- 9 - 12,5 m
- 12,5 - 17,5 m
- 17,5 - 22,5 m
- 22,5 - 27,5 m
- 27,5 - 32,5 m
- 32,5 - 37,5 m
- 37,5 - 42,5 m
- 42,5 - 57,5 m
- 57,5 - 92,5 m
- yli 92,5 m

Jännevälikategoriat on pyritty muodostamaan siten, että saataisiin symmetriset alueet laskentapisteiden ympärille. Laskentapisteet eli pisteet, joissa voimasuureet on laskettu, noudattavat selvityksen [1] jakoa.

## 6.2 Riskiryhmät

Kuvaajista on selvästi nähtävissä, että pituuden osalta riskiryhmän muodostavat alle 15 metrin jännemittaiset sillat. Tämä on suurelta osin seurausta siitä, että uusi yhdistetty sysäys- ja korjauskerroin painottaa pienten siltojen riskejä.

Riskitasona on käytetty 5 % tasoa.

Kuormakaaviokohtaisista kuvaajista nähdään muutama selkeä riskiryhmä jännemitan osalta:

1. Teräsbetonisilloilla, jotka on suunniteltu käyttämällä vuosien 1926 ja 1948 kuormakaavioita ja joiden jänneväli on alle 12,5 metriä, tulee mitoittavien voimasuureiden muutos uudella VR-98 –kuormakaaviolla olemaan noin 8 – 47 %. Siltoja kyseisellä osuudella on 46 kappaletta eli noin 32 % kaikista silloista kuuluu tähän riskiryhmään. Karkeat lujuuslaskelmat osoittivat esimerkiksi I-26 -kuormakaaviolla lasketulle laattasillalle, että veto-raudoitusta tarvittaisiin nykyisten normien ja uuden kuormakaavion mukaan noin 60 % lisää. Leikkausraudoitus tuli ongelmaksi lyhyillä silloilla: 4 metrin jännemittaisella laattasillalla tarvittaisiin 20 % ja 3 metrin 90 % enemmän leikkausraudoitusta.
2. Terässilloilla, jotka on suunniteltu vuoden 1914 kuormakaavion mukaan, voimasuuresuhde ylittää riskirajan parilla prosentilla. Näitä siltoja on kuitenkin esimerkkiosuudella vain 4 kappaletta ja ne sijoittuvat joko 40 tai 75 metrin jännemittakategoriaan, jolloin mitoittaville voimasuureille saadaan suhteeksi noin 8 – 9 %. Näillä rakenteilla tulee kyseeseen ehkä suurempana riskinä sekundäärirakenteiden kantokyky sekä pitkään jatkuneen väsymis-kuormituksen aiheuttama kunnan heikennys.
3. Terässilloissa on myös lyhyempi riskitapausten ryhmä. Se sisältää alle 27,5 metrin jänteet, jotka on mitoitettu vuoden 1926 kuormakaavion mukaan ja alle 17,5 metrin jänteet, jotka on mitoitettu vuoden 1948 kuormakaavion mukaan. Tällöin voimasuureet tulisivat kasvamaan noin 5 - 25 %. Tällaisia siltoja on tutkitulla rataosuudella 9 kappaletta eli noin 6 %.

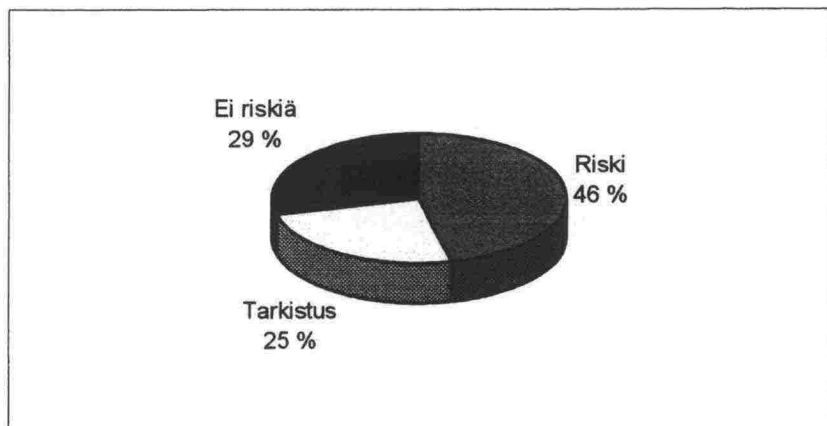
Liitteessä 4 on laskettu väsymistarkasteluja varten eri rataosille kumulatiiviset bruttotonnikertymät vuoteen 1997 saakka. Toinen rataosuus alkaa Ylivieskasta sen vuoksi, että vanhemmista tilastoista ei löydy erikseen Tuomioja – Oulu –rataosuutta. Tornioista Haaparantaan ei taas löydy liikennemääriä tuoreemmista tilastoista, joten sen osalta ei ole tehty laskelmia. Laskenta on suoritettu viiden vuoden välein. Laskenta perustuu *Suomen Rautatietilastoihin* [5] joista on saatu vuotuisia bruttotonnikertymiä rataosittain. Bruttotonnikertymän puuttumisen vuoksi ennen vuotta 1960 syntyneet kertymät on arvioitu nettotonnikehityksen mukaan.

### 6.3 Riskisiltojen osuus

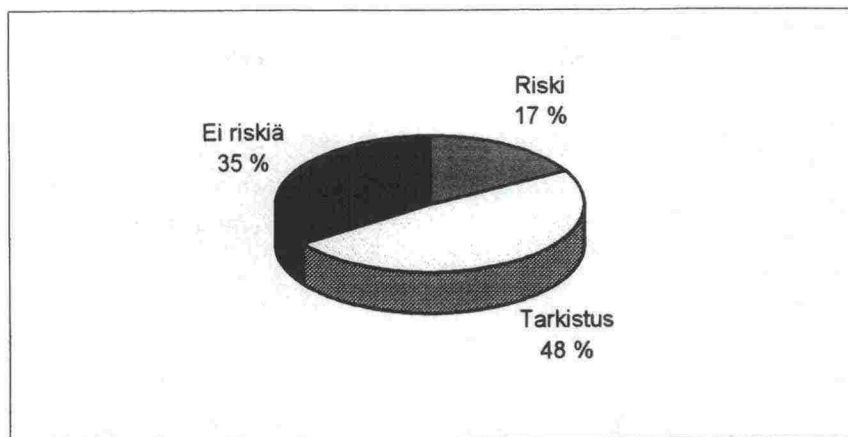
Sillat on jaoteltu riskin mukaan kolmeen luokkaan:

1. Sillat, joissa joudutaan todennäköisesti suurempiin muutostöihin, jotta saataisiin aikaan tarvittava kestävyys uudella kuormakaaviolla suoritettuun mitoitukseen nähden. Näihin siltoihin kuuluvat lähinnä lyhyet 1-aukkoiset teräs- ja teräsbetonisillat, jotka on mitoitettu alunperin I-26:n tai I-48:n mukaisesti. Lisäksi tähän ryhmään kuuluvat sellaiset sillat, joissa on vanhat kiviset perustukset. Kiviset perustukset on lähes poikkeuksetta juuri samaan riskiryhmään kuuluvissa lyhyissä vanhoissa silloissa.
2. Sillat, joiden kohdalla joudutaan tekemään kuntotarkistuksia ja lisälaskelmia. Näitä ovat väsytykselle alttiit pitkät terässillat, joissa tulee ongelmaksi myös sekundäärirakenteiden kestävyys sekä mahdolliset laakerien tai laakerialustojen vaihtoa vaativat sillat. Näissä silloissa saatetaan selvitä pelkällä vahvistamisella.
3. Sillat, joiden kohdalla ei ole suurta riskiä. Tällaisia siltoja ovat lähinnä uudet, kuormakaavion VR-74 mukaan mitoitetut sillat, joissa voimasuureet pysyvät sallitun 5 % alueella.

Näiden luokkien mukaan jaoteltujen siltojen osuudet tarkastellulla Rautaruukki – Haaparanta -rataosuudella on esitetty graafisesti kuvassa 4. Kuvassa 5 on esitetty samoilla perusteilla jaoteltuna riskisiltojen metrijakauma.



Kuva 4. Siltojen jakautuminen eri riskiluokkiin, kun perusteena on siltojen lukumäärä.



*Kuva 5. Siltojen jakautuminen eri riskiluokkiin, kun perusteena on siltojen kokonaispituus.*

## 7. YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa on alustavasti selvitetty Rautaruukki – Haaparanta -rataosuudella olevien siltojen (yht. 145 kpl) kantavuutta yleispiirustusten ja muutamien sillan laskelmien perusteella tavoitteena nostaa akselipaino 25:stä 30:een tonniin.

Tarkastelun tuloksena sillat on jaettu riskiluokkiin, joiden perusteella silloille on löydetty kriteereitä eriasteisia korjaus-, kunnossapito- ja uusimistoimenpiteitä varten. Näitä kriteereitä voidaan soveltaa arvioitaessa Suomen rataverkolla olevien siltojen kantavuutta kokonaisuudessaan.

Kun akselipainoja nostetaan, tulisi tarkastelun kohteena olevan rataosan siltojen kantavuutta ja tarvittavia toimenpiteitä arvioida seuraavien kriteerien pohjalta:

### **Yleiset kriteerit, toimenpiteet ja havainnot:**

- Jos alusrakenteista ei löydy laskelmia, on sillalle syytä tehdä kuntotarkastus ja tarvittaessa koekuormitus alusrakenteiden ja laakereiden kantavuuden ja stabiiliuden varmistamiseksi.
- Rataosan siltojen väsytysskapasiteettiin vaikuttaa rakenteen muotoilun lisäksi bruttotonnimäärä, joka on ylittänyt rakenneosan sen eliniän aikana ja jolle kuormakaaviolle rakenne on aikanaan mitoitettu. Rautatiesiltojen suunnitteluohjeessa jännityskertymän arvoa laskettaessa on lähtöarvoksi oletettu 100 vuoden kestoialle 19 miljoonan bruttotonnin/raide/vuosi liikennemäärä kuormakaaviolla VR-74. Suunnittelukuorman ja kertyneen bruttotonnimäärän vaikutus voidaan ottaa huomioon *ENV 1993-2, Eurocode 3, Part 2. [6]* esitetyllä tavalla. Raaha – Tuomioja - Haaparanta -rataosuudella suurin vuotuinen kertymä on ollut alle 10 miljoonaa bruttotonnia.
- Niillä rataosuksilla, joilla 25 tonnin akselipaino on jo käytössä, on kunnossapito- ja tarkastustoimenpiteitä tehostettava silloilla, jotka on mitoitettu I-48 tai vanhemmalle kuormakaaviolle sillan kunnan ennenaikaisen heikkenemisen havaitsemiseksi.
- Jos sillan laskennallinen kantavuus suunnittelukuormilla on saavutettu, vaatii käyttökuorman kasvattaminen sillan vahvistamista tai uusimista.
- Siltojen korjaamisessa ja uusien siltojen suunnittelussa tulisi kuormakaavio VR-98 ottaa pikaisesti käyttöön, koska akselipainot ovat rautateiden olemassaolon aikana aina olleet nousussa ja varautuminen tulevaisuuden esim. 30 % suurempiin akselipainoihin nostaa sillan kustannuksia noin 3 % [1].
- Siltojen uusiminen tai korjaaminen vie aikaa, mikä on otettava huomioon päätettäessä 30 tonnin akselipainon käyttöönotosta.

**Siltatyypit ja rakenneosat, jotka vaativat kantavuuden tarkempaa selvittämistä:**

- Vanhojen teräksisten siltojen poikkipalkit ja sekundääriset pituuskannattajat, joille on pitkän eliniän aikana tullut suuri vaihtojännityskertymä.
- Vanha yksiaukkoinen laattakehäsilta; rakenteet saattavat vaatia vahvistamista.
- Vanhat laakerialustat tai laakerit, erityisesti lyhyissä silloissa.

**Siltatyypit ja rakenneosat, jotka vaativat merkittäviä vahvistamistoimenpiteitä tai rakenteiden uusimista, jos akselipaino nostetaan 30 tonniin (mitoitusteruste VR-98):**

- 1-aukkoinen teräsbetonisilta, joka on mitoitettu I-48 tai vanhemmalle kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 15 m.
- 1-aukkoinen terässilta, joka on mitoitettu I-26 tai vanhemmalle kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 27,5 m.
- 1-aukkoinen terässilta, joka on mitoitettu I-48 –kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 17,5 m.
- 1-aukkoinen teräsbetoni- tai terässilta, joka on mitoitettu VR-74 –kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 5 m.
- Vanhat perustukset, usein ns. "kallmur", joista ei löydy laskelmia.
- Paalutetut maatikirakenteet, joissa paaluryhmässä on pääasiassa pystysuoria puupaaluja.

**Siltatyypit ja rakenneosat, jotka saattavat vaatia merkittäviä vahvistamistoimenpiteitä tai rakenteiden uusimista akselipainon ollessa nykyinen 25 tonnia (mitoitusteruste VR-74):**

- 1-aukkoinen teräsbetonisilta, joka on mitoitettu I-26 tai vanhemmalle kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 12,5 m.
- 1-aukkoinen teräsbetonisilta, joka on mitoitettu I-48 kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 10 m.
- 1-aukkoinen terässilta, joka on mitoitettu I-26 tai vanhemmalle kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 22,5 m.
- 1-aukkoinen terässilta, joka on mitoitettu I-48 –kuormakaaviolle ja jonka jännemitta on alle 10 m.
- Vanhat perustukset, usein ns. "kallmur", joista ei löydy laskelmia.
- Paalutetut maatikirakenteet, joissa paaluryhmässä on pääasiassa pystysuoria puupaaluja.

## 8. JATKOTOIMENPITEET

Tarkastelu osoittaa, että Rautaruukki - Haaparanta -rataosan siltojen käyttökelpoisuuden varmistamiseksi **tulisi pikaisesti laatia kokonaisvaltainen tutkimusohjelma**. Sen tulee sisältää ainakin seuraavat kohdat:

- kantavuuksien tarkemmat laskennalliset selvitykset erityisesti väsymisen ja jäljellä olevan käyttöiän osalta
- kuntotarkastukset
- materiaalikokeet kantavista rakenteista otetuista näytteistä
- koekuormitukset
- jännitys- ja muodonmuutosmittaukset.

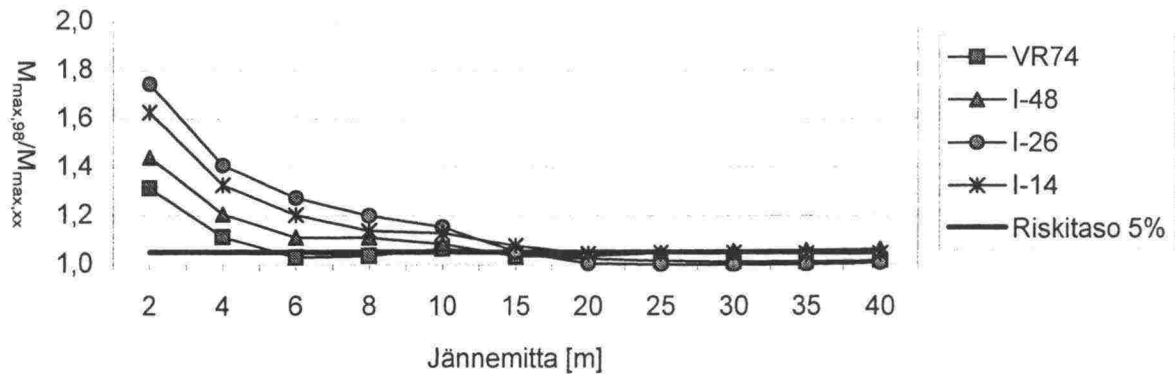
Lisäksi muutamien siltojen osalta ehdotetaan tehtäväksi perusteellinen kantavuustarkastelu (esimerkiksi diplomityönä), joka käsittää sekä laskennallisen että kokeellisen osan.

**LÄHDELUETTELO**

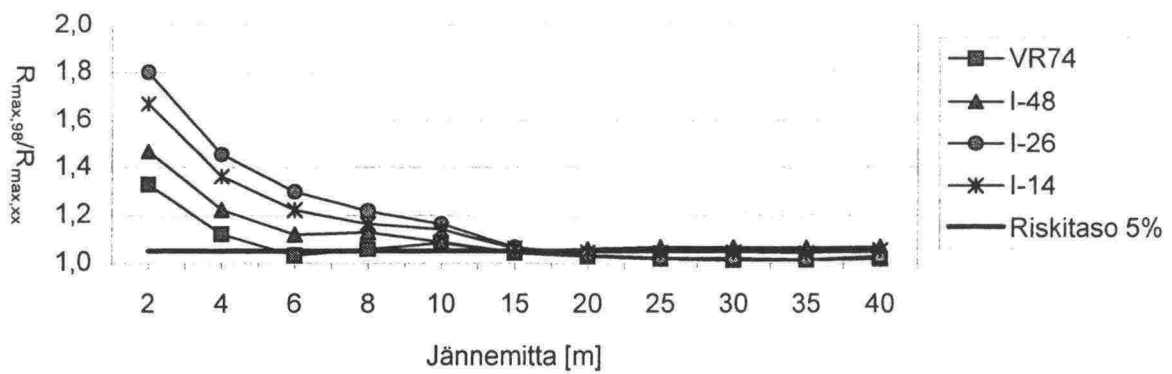
- [1] Roos, V., Kuormakaavion muutos 30 t:n akselikuormille. Ratahallintokeskus, 1998
- [2] SRMK, B4, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Betoninormit.
- [3] Rautatiesiltojen suunnitteluohjeet RSO. Ratahallintokeskus, 1997.
- [4] Hakola, I. & Tirkkonen, T., Terässiltojen käyttöikä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1570, VTT-TIED-1570, Espoo, 1994203 s.
- [5] Suomen Rautatietilasto v. 1960, 1965, 1970, 1975 ja 1980. Ratahallintokeskus.
- [6] ENV 1993-2, Eurocode 3, Part 2. European Committee for Standardization, 1997.
- [7] ENV 1991-3, Eurocode 1, Part 3. European Committee for Standardization, 1995.



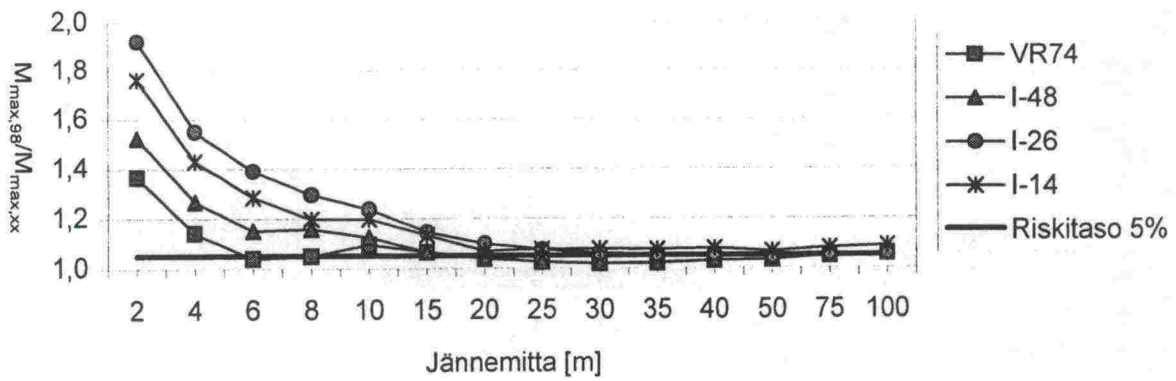
### Momenttisuhde VR-98 1-aukkoinen betonisilta



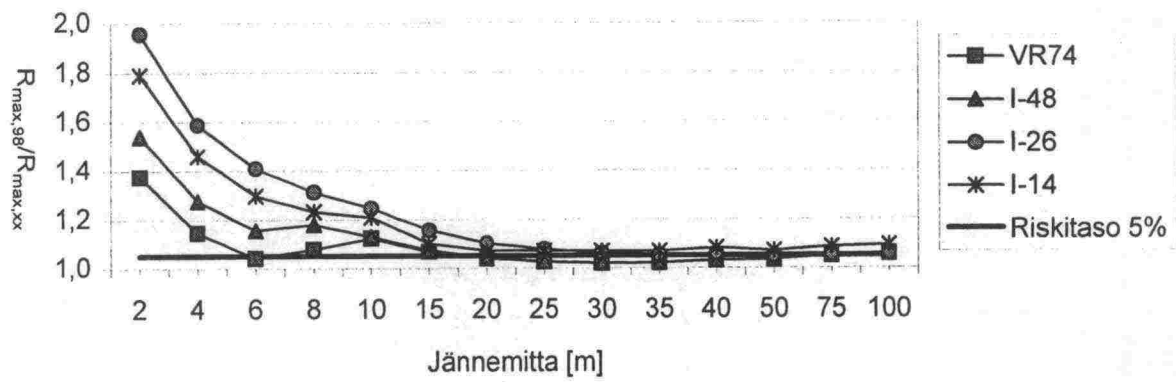
### Tukivoimasuhde VR-98 1-aukkoinen betonisilta



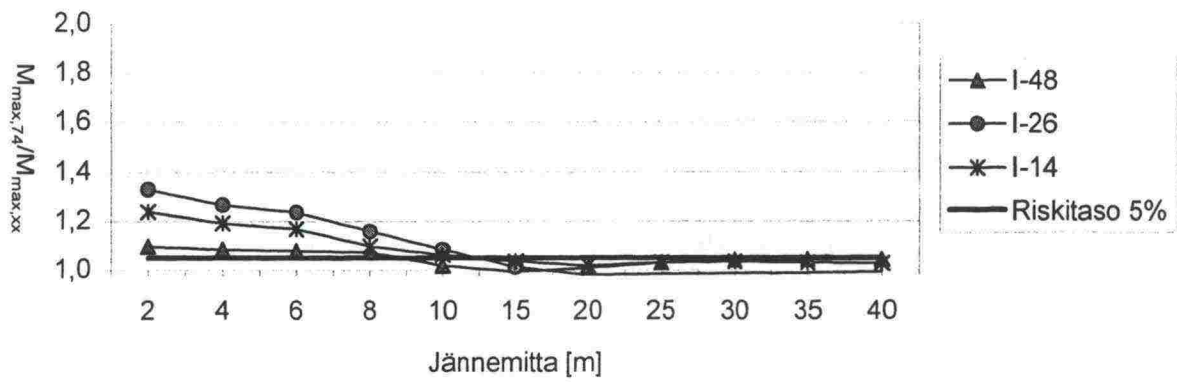
### Momenttisuhde VR-98 1-aukkoinen terässilta



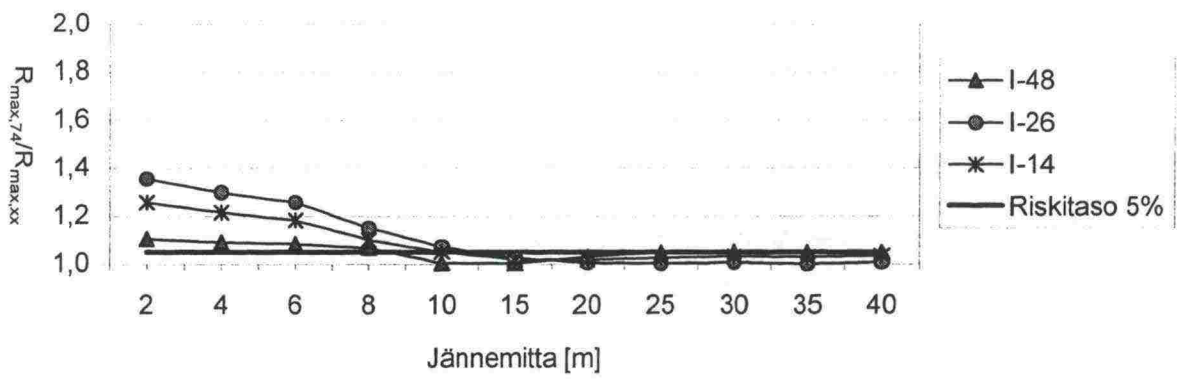
### Tukivoimasuhde VR-98 1-aukkoinen terässilta



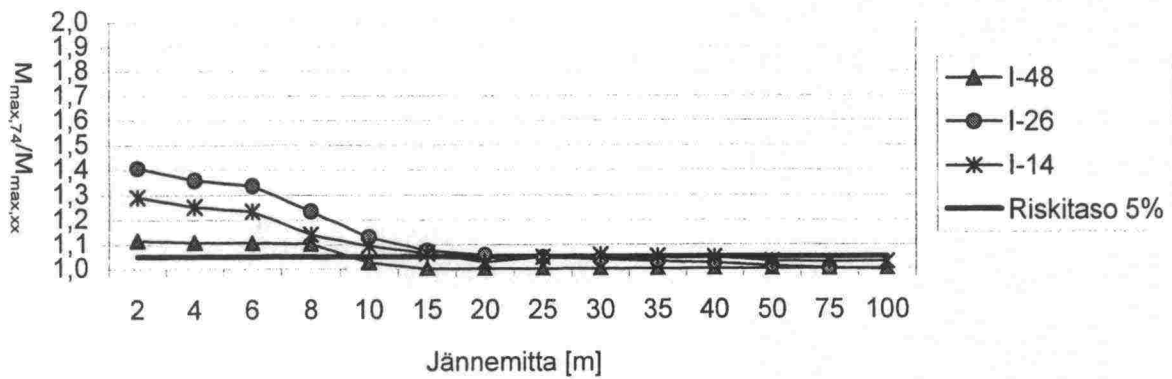
### Momenttisuhte VR-74 1-aukkoinen betonisilta



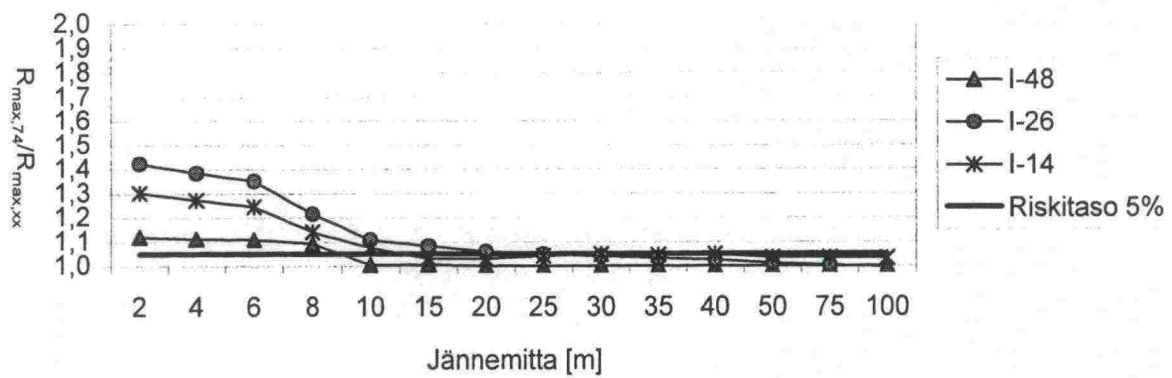
### Tukivoimasuhde VR-74 1-aukkoinen betonisilta



### Momenttisuhte VR-74 1-aukkoinen terässilta

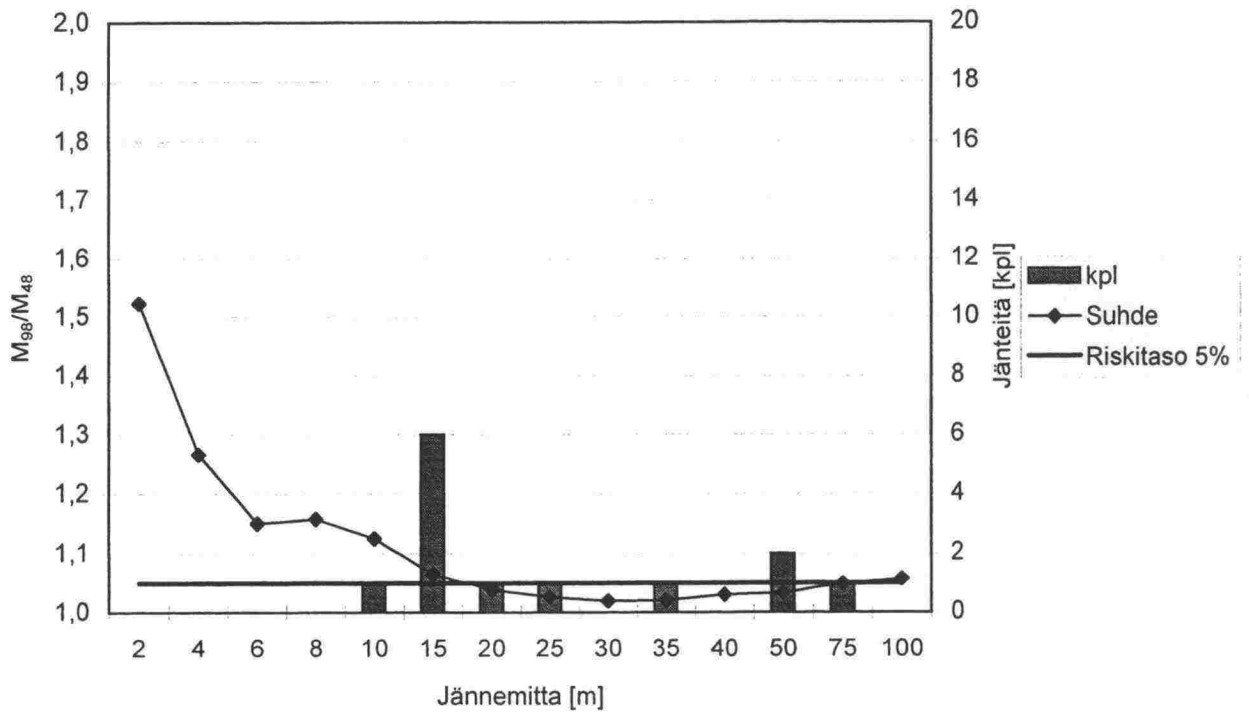


### Tukivoimasuhde VR-74 1-aukkoinen terässilta

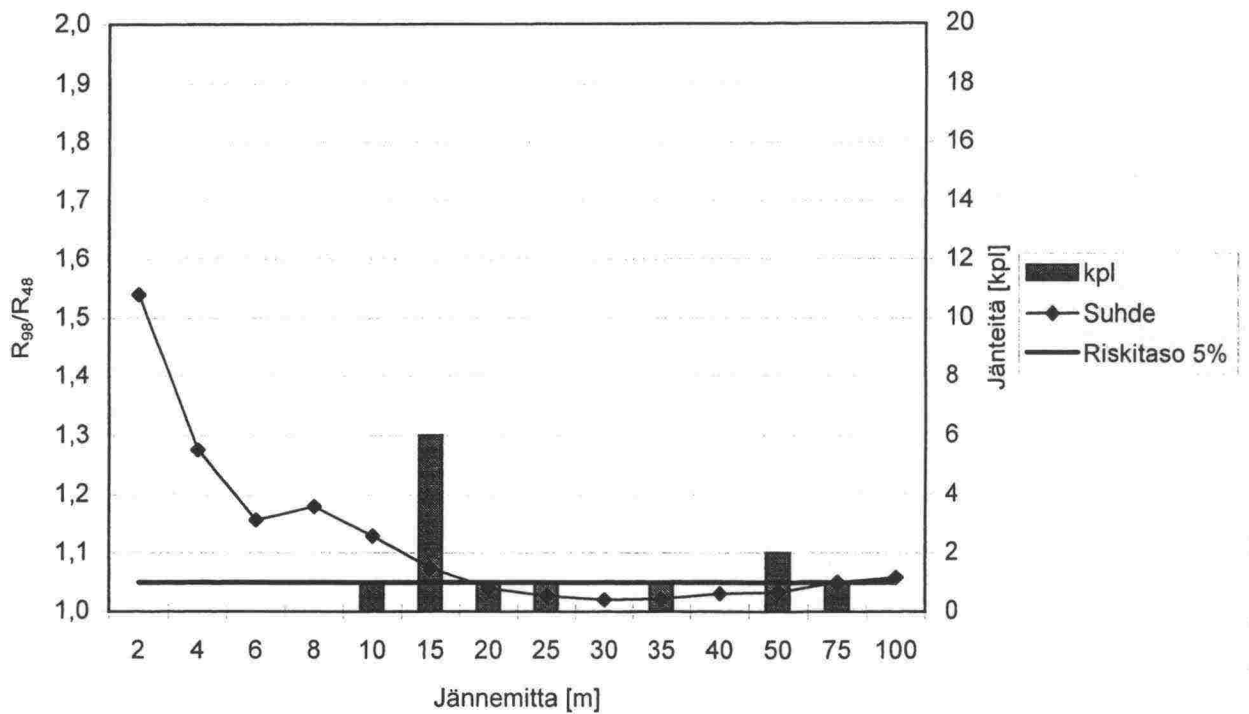


1-AUKKOINEN TERÄSSILTA I-48

Momenttisuhde

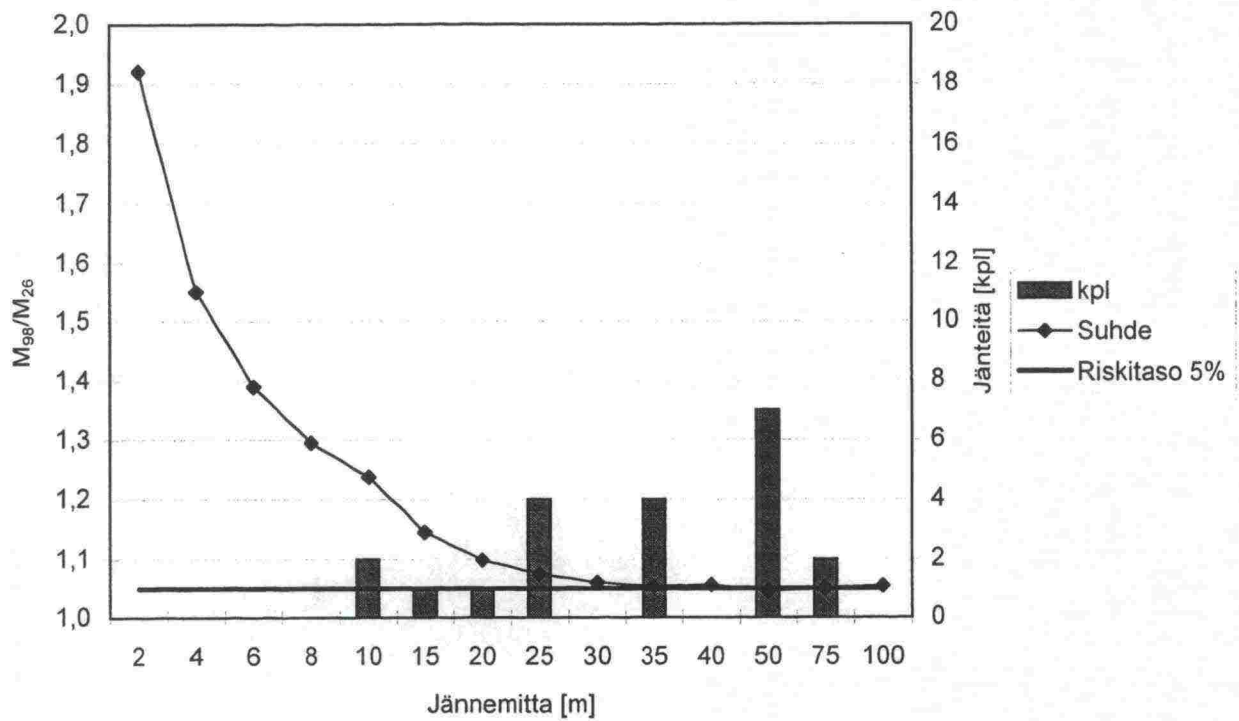


Tukivoimasuhde

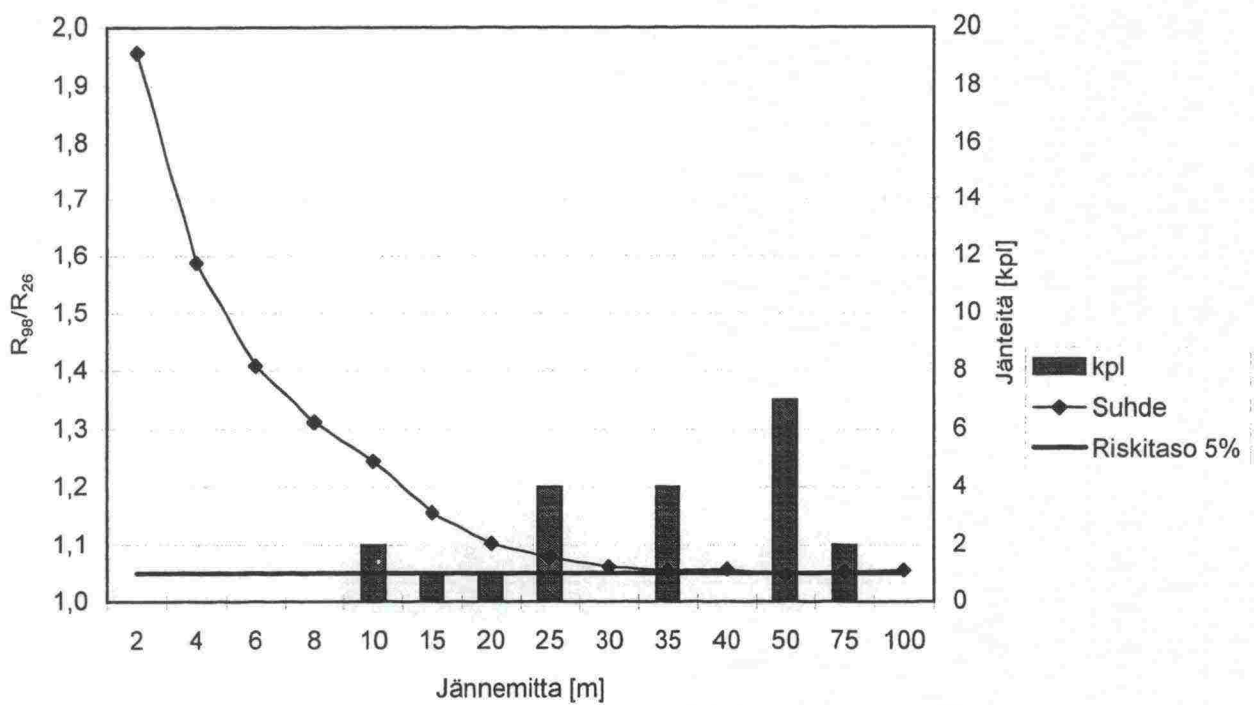


## 1-AUKKOINEN TERÄSSILTA I-26

## Momenttisuhde

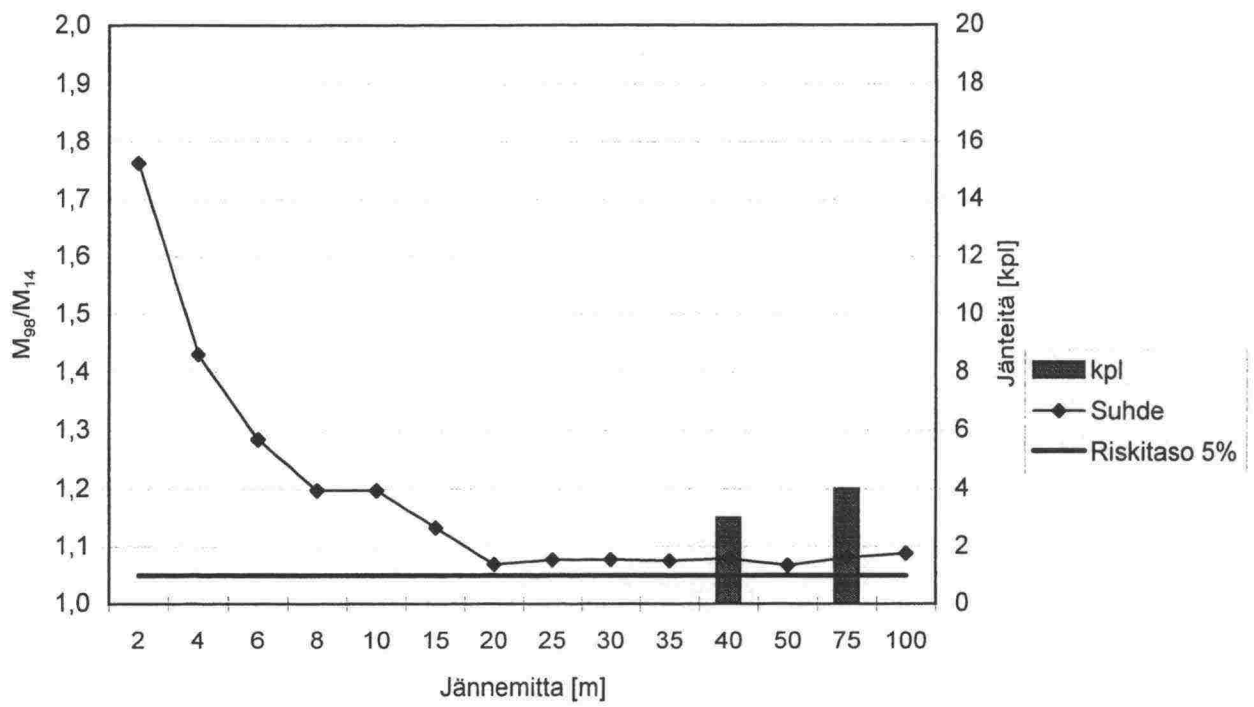


## Tukivoimasuhde

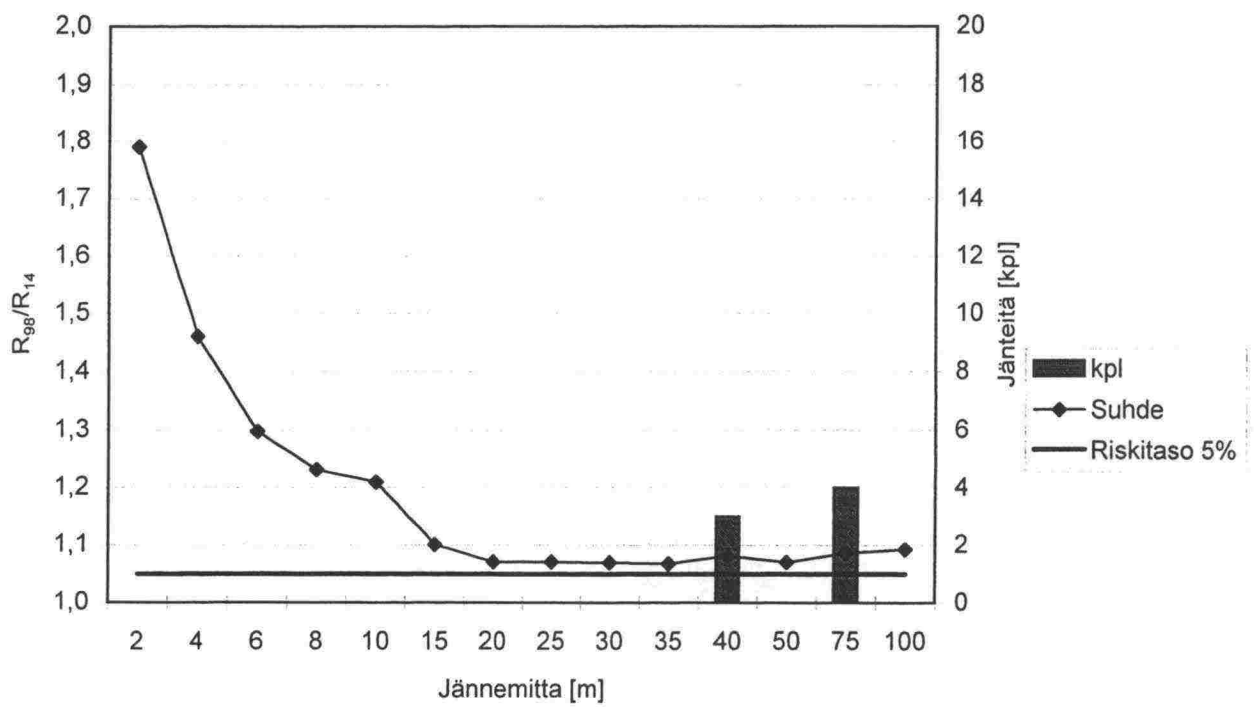


1-AUKKOINEN TERÄSSILTA 1914

Momenttisuhde

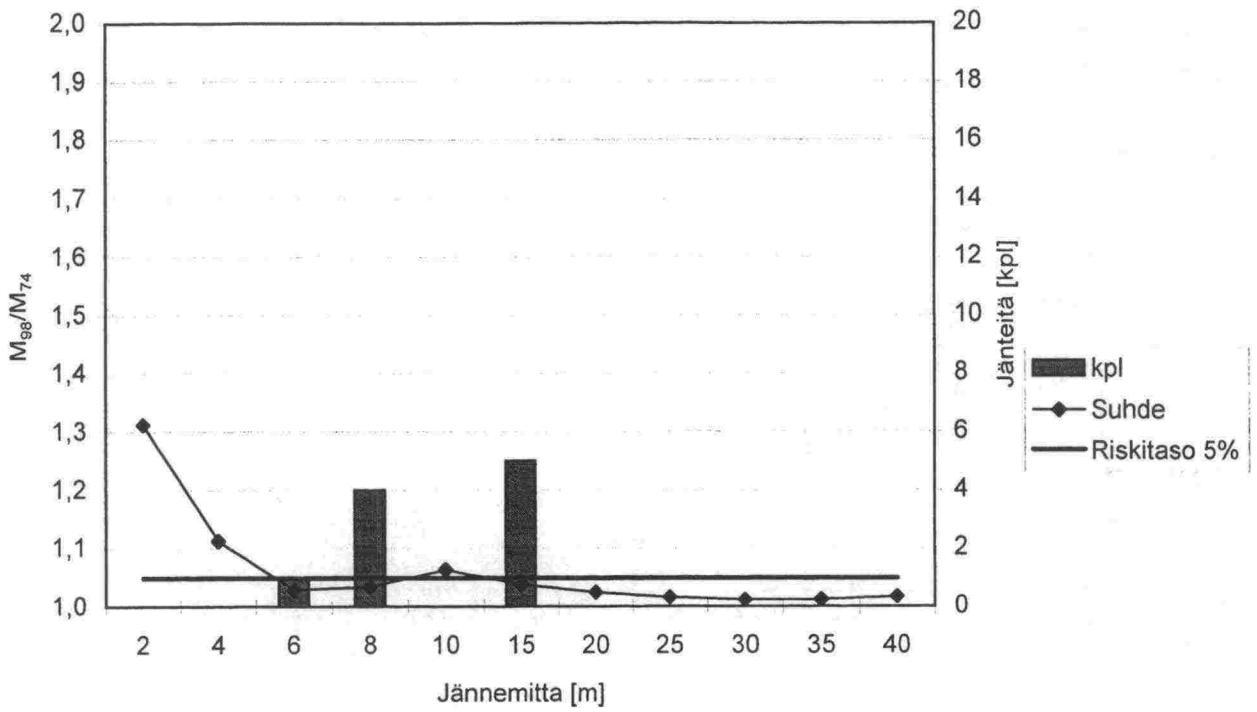


Tukivoimasuhde

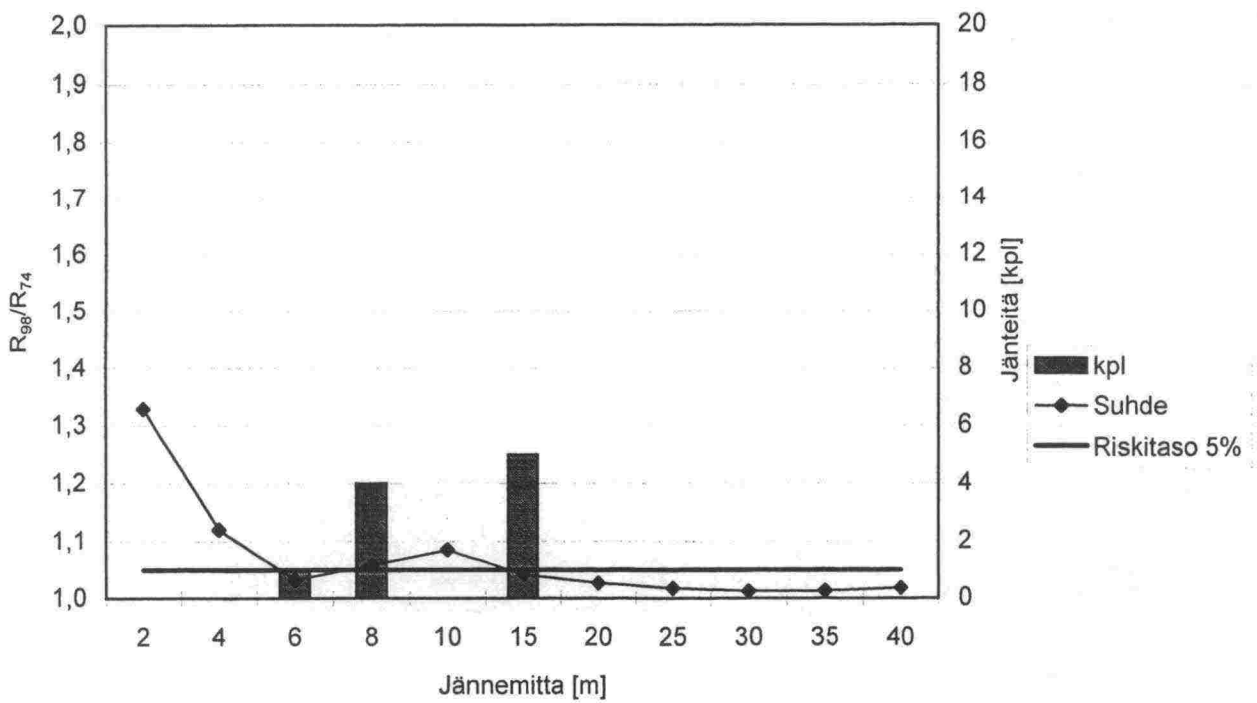


1-AUKKOINEN BETONISILTA VR-74

Momenttisuhde



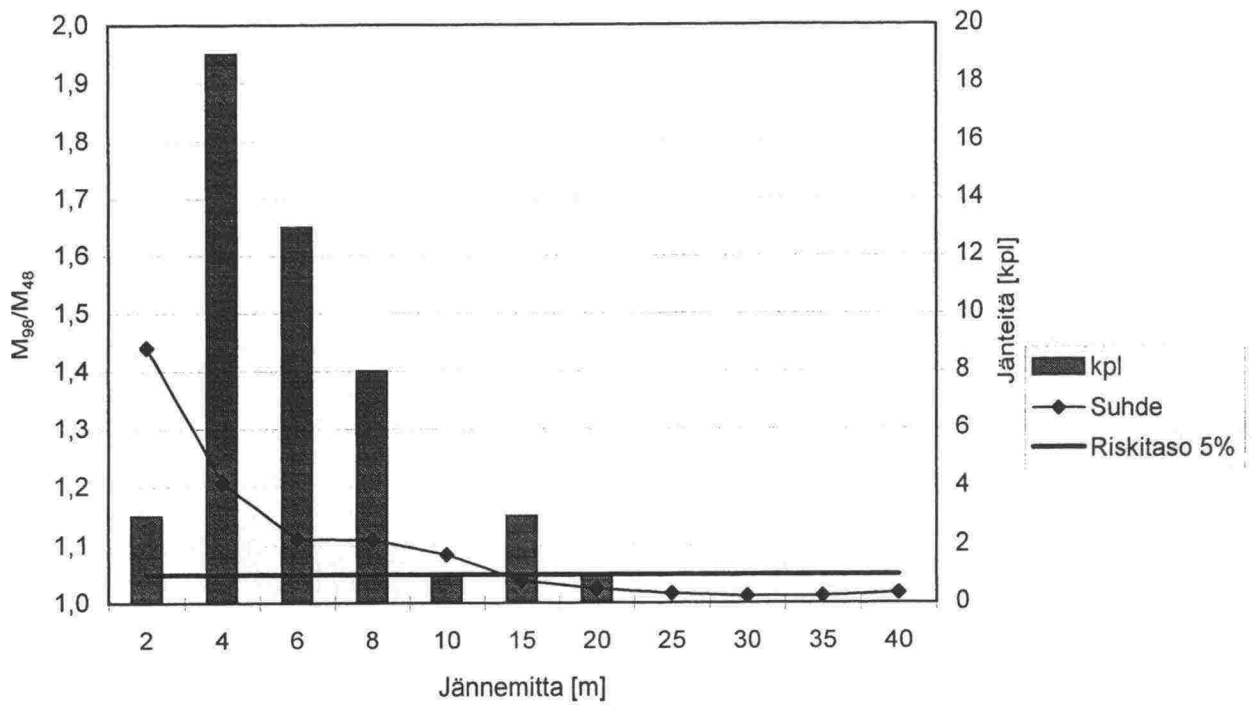
Tukivoimasuhde



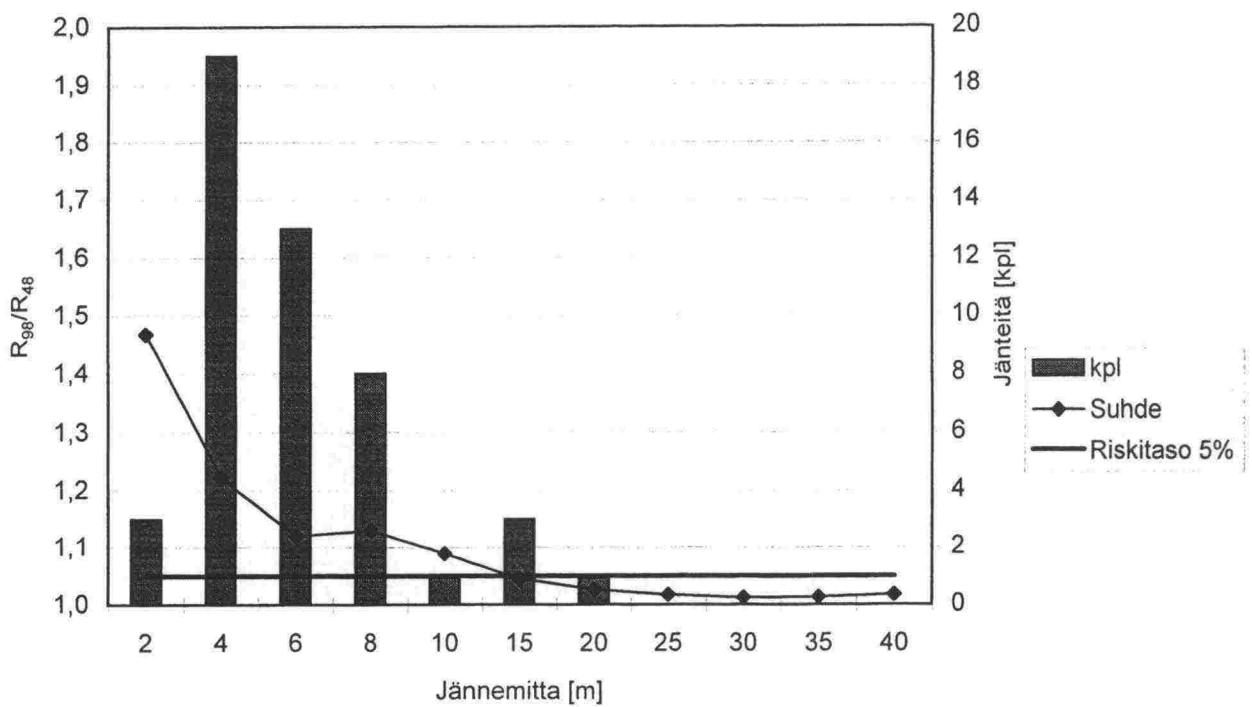


## 1-AUKKOINEN BETONISILTA I-48

## Momenttisuhde

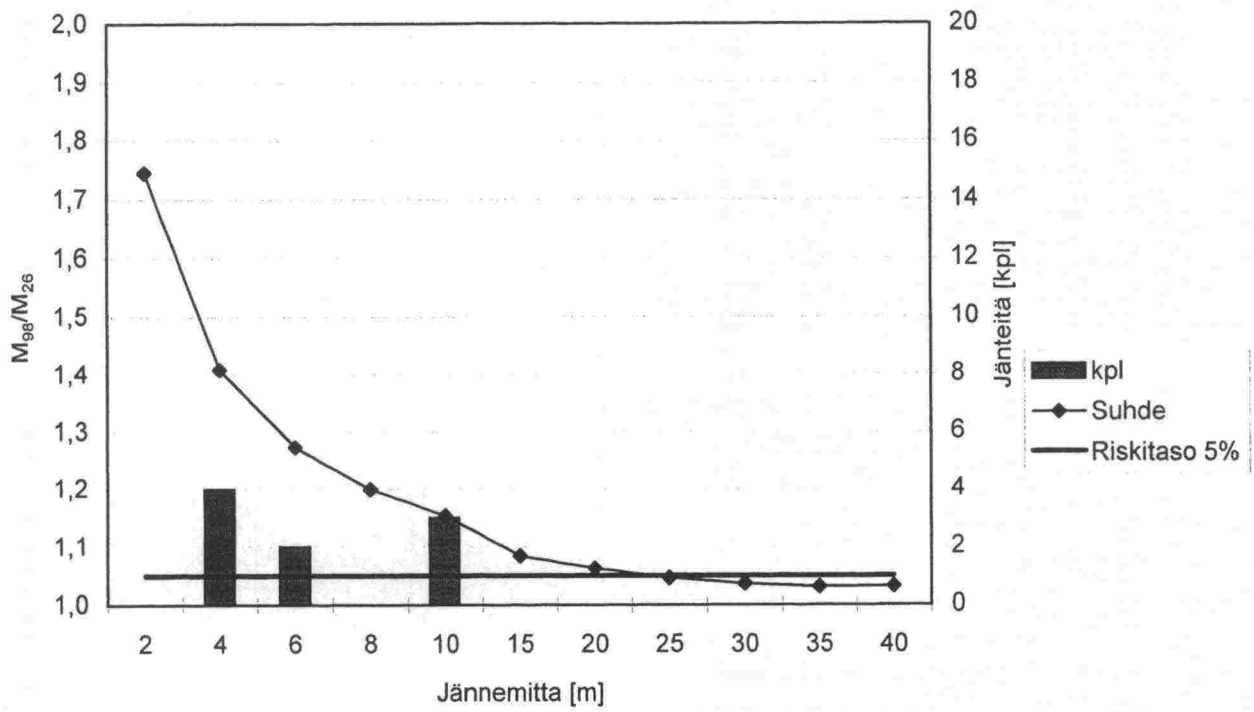


## Tukivoimasuhde

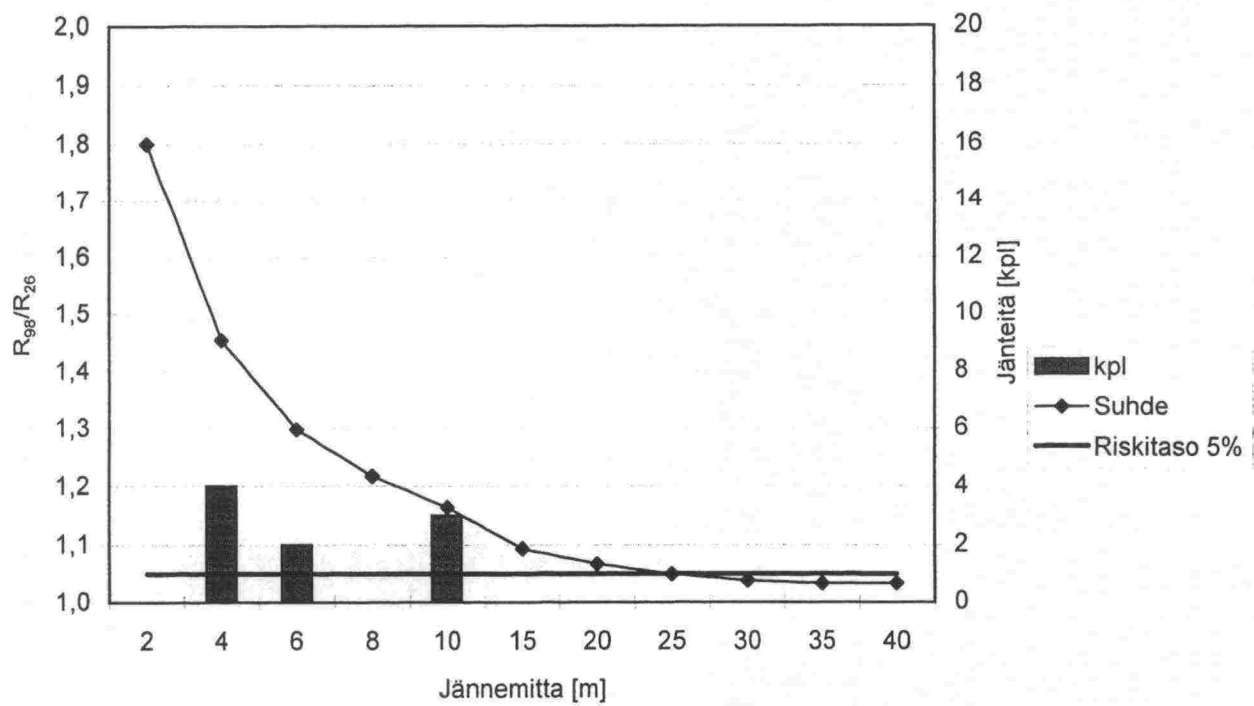


## 1-AUKKOINEN BETONISILTA I-26

## Momenttisuhde



## Tukivoimasuhde



<i>Kumulatiivinen bruttotonnikertymä (milj. br-t)</i>				
<i>Rataosa</i>				
	<i>Raahe-Tuomioja</i>	<i>Ylivieska-Oulu</i>	<i>Oulu-Laurila</i>	<i>Laurila-Tornio</i>
1900->	179	425	279	122
1905->	179	423	278	122
1910->	179	420	276	121
1915->	178	415	273	120
1920->	177	409	268	119
1925->	176	402	264	117
1930->	175	392	257	115
1935->	174	380	249	112
1940->	172	365	239	109
1945->	170	354	231	106
1950->	169	340	222	103
1955->	166	321	209	98
1960->	163	298	194	93
1965->	160	275	178	88
1970->	150	248	157	81
1975->	128	215	134	73
1980->	105	175	109	63
1985->	67	133	76	44

Riski I	Lyhyt teräsbetoninen laattasilta, I-48 tai vanhempi				
Riski II	Lyhyt terässilta, I-48 tai vanhempi				
Riski III	Terässilta, väsyminen sekä sekundäärit				
Riski IV	Vanhat laakeripallit				
Riski V	Vanhat perustukset (usein ns. "kalmur")				
Riski VI	Vanha laattakehäsilta				
Riski VII	Vanhat laakerit				
<i>Riskisilta kuuluu ryhmiin I, II tai V</i>					
<i>Tarkistettava silta kuuluu ryhmiin III, IV, VI tai VII</i>					
<i>Muut sillat kuuluvat riskittömiin siltoihin</i>					
<b>Riskitaulukko</b>					
<b>Rataosa</b>	<b>Km+ m</b>	<b>Sillan nimi/tyyppi</b>	<b>Riskiryhmä</b>	<b>Toimenpide</b>	
Rautaruukki - Tuomioja	0730 + 0610	Ristikarinsalmi/ratasilta	VI	Tarkistus	
Rautaruukki - Tuomioja	0729 + 0433	Rojuniemi/aliulkusilta	VI	Tarkistus	
Rautaruukki - Tuomioja	0728 + 0790	Ruonaojankadun aliulkusilta			
Rautaruukki - Tuomioja	0728 + 0518	Ratakadun aliulkusilta	VI	Tarkistus	
Rautaruukki - Tuomioja	0728 + 0367	Ruonanoja/ratasilta			
Rautaruukki - Tuomioja	0728 + 0288	Ruonanoja/ratasilta	VI	Tarkistus	
Rautaruukki - Tuomioja	0727 + 0894	Kummatin alikäytävä S4			
Rautaruukki - Tuomioja	0727 + 0280	Kirkkokadun aliulkusilta	VII	Tarkistus	
Rautaruukki - Tuomioja	0726 + 0977	Palokunnankadun alikäytävä			
Rautaruukki - Tuomioja	0725 + 0711	Ouluntien alikäytävä S9			
Rautaruukki - Tuomioja	0722 + 0222	Pattijoki/ratasilta	III, IV, V	Riski	
Rautaruukki - Tuomioja	0706 + 0654	Olkijoki/ratasilta	I, IV	Riski	
Rautaruukki - Tuomioja	0701 + 0185	Topinaaloppi/ratasilta	I, IV, V	Riski	
Rautaruukki - Tuomioja	0698 + 0848	Lapinaseman rumpu/ratasilta	I, Tarkistus	Riski/Tarkistus	
Tuomioja - Laurila	0701 + 0973	Tuomiojan II ratasilta	I, IV	Riski	
Tuomioja - Laurila	0704 + 0213	Ohtuanoja/ratasilta	II, III, VII	Riski	
Tuomioja - Laurila	0705 + 0647	Koulun alikäytävä			
Tuomioja - Laurila	0705 + 0684	Siikajoki/ratasilta	III, VII	Tarkistus	
Tuomioja - Laurila	0705 + 0684	Siikajoki/ratasilta	III, VII	Tarkistus	
Tuomioja - Laurila	0706 + 0281	Puro/ratasilta	I, IV	Riski	
Tuomioja - Laurila	0706 + 0606	Sammalkankaan aliulkusilta			

Tuomioja - Lauria	0708 + 0610	Revonnevanviemäri/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0719 + 0466	Tikkaperänviemäri/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0720 + 0704	Liminganjärvenviemäri/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0724 + 0922	Liminganjoki (Värminkoski)/ratasilta		
Tuomioja - Lauria	0727 + 0310	Okkosenpuro/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0728 + 0243	Kauppakadun alikulkusilta		
Tuomioja - Lauria	0729 + 0847	Ruotsinoja/ratasilta	II, III, VII	Riski
Tuomioja - Lauria	0730 + 0568	Temmesjoki/ratasilta	III, VII	Tarkistus
Tuomioja - Lauria	0731 + 0636	Ruhkaoja/ratasilta	I, tarkistus	Riski/Tarkistus
Tuomioja - Lauria	0732 + 0496	Keskioja/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Lauria	0732 + 0990	Linjaoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0733 + 0249	Uusioja/ratasilta	I, tarkistus	Riski/Tarkistus
Tuomioja - Lauria	0735 + 0129	Ruotesalmenoja/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Lauria	0735 + 0579	Tupoksen alikulkusilta		
Tuomioja - Lauria	0735 + 0817	Peräoja/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Lauria	0739 + 0310	Tuohinonviemäri/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0740 + 0836	Asemantien aikäytävä		
Tuomioja - Lauria	0743 + 0331	Väärälänviemäri/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0744 + 0532	Peräkuvalan ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Lauria	0744 + 0878	Kuivalan alikulkusilta		
Tuomioja - Lauria	0746 + 0740	Perkkiöntien alikulkusilta		
Tuomioja - Lauria	0747 + 0035	Viskarin aalloppi/ratasilta		
Tuomioja - Lauria	0747 + 0541	Villiperänpolun aikäytävä	I, IV	Riski
Tuomioja - Lauria	0748 + 0300	Kaakkurin alikulkusilta		
Tuomioja - Lauria	0749 + 0080	Nokelan aikäytävä		
Tuomioja - Lauria	0749 + 0080	Nokelan aikäytävä		
Tuomioja - Lauria	0749 + 0459	Nokelanojan rumpu/ratasilta	I, Tarkistus	Riski/Tarkistus
Tuomioja - Lauria	0750 + 0805	Anttilanojan rumpu/ratasilta		
Tuomioja - Lauria	0752 + 0209	Kaupunginojan rumpu/ratasilta		
Tuomioja - Lauria	0752 + 0268	Saaristonkadun aikäytävä		
Tuomioja - Lauria	0752 + 0683	Oulun asematunneli/aikäytävä		
Tuomioja - Lauria	0752 + 0970	Heikinkadun aikäytävä	VI	Tarkistus
Tuomioja - Lauria	0752 + 0970	Heikinkadun aikäytävä	II, IV	Riski
Tuomioja - Lauria	0753 + 0142	Intionpolun aikäytävä		
Tuomioja - Lauria	0753 + 0543	Kenttätien alikulkusilta		

Tuomioja - Laurila	0753 + 0958	Kasarmintien alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0754 + 0168	Oulujoen ratasilta	III, VII	Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0754 + 0359	Hintantien alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0754 + 0618	Tulliväylän alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0754 + 0755	Kiertotien alikukusilta S12		
Tuomioja - Laurila	0755 + 0131	Kalliotien aikäytävä		
Tuomioja - Laurila	0755 + 0371	Tarmontien aikäytävä		
Tuomioja - Laurila	0755 + 0857	Tuiran alikukusilta	VII	Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0757 + 0381	Tervahovintien alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0757 + 0890	Telapolun aikäytävä		
Tuomioja - Laurila	0758 + 0459	Koskelanpuron ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0758 + 0513	Mustasuontien alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0759 + 0172	Keulapolun aikäytävä		
Tuomioja - Laurila	0759 + 0846	Biologinpolun aikäytävä		
Tuomioja - Laurila	0761 + 0291	Kuivasojan ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0762 + 0296	Laholaisen alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0763 + 0198	Risuutiyn alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0764 + 0287	Kalimientien alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0764 + 0576	Siminkaakkurin ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0765 + 0200	Kellon alikukusilta S22		
Tuomioja - Laurila	0766 + 0389	Kalimenpuro/ratasilta	III, V, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0766 + 0659	Penttilän alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0769 + 0126	Kellolampi/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0770 + 0090	Lähdesuonoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0771 + 0330	Ryöminki/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0772 + 0950	Sauvonsuo/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0774 + 0300	Haapalahdenoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0774 + 0839	Kiiminginjoki/ratasilta	III, VII	Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0774 + 0839	Kiiminginjoki/ratasilta	II, III, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0774 + 0839	Kiiminginjoki/ratasilta	II, III, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0776 + 0817	Lehmisuon alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0777 + 0180	Vareputaanjoki/ratasilta	II, III, V, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0779 + 0477	Rämönöjora/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0783 + 0667	Pilkasuo ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0786 + 0830	Liedesjoen ratasilta	V	Riski

Tuomioja - Laurila	0789 + 0475	Ijoen ratasilta	II, III	Riski
Tuomioja - Laurila	0789 + 0475	Ijoen ratasilta	III, VII	Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0789 + 0475	Ijoen ratasilta		
Tuomioja - Laurila	0791 + 0635	Raasakka: yläkanavan rautatiesilta	VII	Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0792 + 0565	Varpasuonpuron ratasilta	I	Riski
Tuomioja - Laurila	0798 + 0119	Harisojan ratasilta	V	Riski
Tuomioja - Laurila	0799 + 0224	Perso-ojan ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0800 + 0857	Muhojoen ratasilta	V	Riski
Tuomioja - Laurila	0804 + 0263	Vuornosjoen ratasilta		
Tuomioja - Laurila	0806 + 0066	Olhavanjoki/ratasilta	II, III, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0806 + 0066	Olhavanjoki/ratasilta	II, III, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0810 + 0231	Käärmeoja/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0811 + 0284	Antinoja	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0812 + 0096	Säynävänjoki/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0814 + 0968	Koivuoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0819 + 0056	Karinoja/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0821 + 0259	Pudasjoja/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0824 + 0394	Kuivajoen rautatiesilta		
Tuomioja - Laurila	0832 + 0960	Simojoki/ratasilta	III, VII	Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0832 + 0960	Simojoki/ratasilta		
Tuomioja - Laurila	0833 + 0325	Vänttämöntien alikukusilta		
Tuomioja - Laurila	0833 + 0368	Oritojan alikäytävä		
Tuomioja - Laurila	0833 + 0769	Ainolan alikäytävä		
Tuomioja - Laurila	0833 + 0976	Koivujan ratasilta	II, III, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0836 + 0451	Väljoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0840 + 0040	Viantienjoki/ratasilta	II, III, VII	Riski
Tuomioja - Laurila	0840 + 0359	Kirnatinoja/ratasilta	I, IV	Riski
Tuomioja - Laurila	0841 + 0384	Arolanoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0842 + 0749	Tikkalanoja/ratasilta		
Tuomioja - Laurila	0843 + 0695	Riitaoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0844 + 0091	Rajastenoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0846 + 0855	Kirnuoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0849 + 0845	Karsimamaanoja/ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0852 + 0506	Iso-Ruonanojan ratasilta	I, IV, V	Riski
Tuomioja - Laurila	0853 + 0656	Vähäruonanoja/ratasilta	V	Riski

Tuomioja - Laurila	0856 + 0410	Kulmankylän aikäytävä			
Tuomioja - Laurila	0856 + 0714	Jarkon alikukusilta	III		Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0857 + 0772	Karjalahdenoja/ratasilta	I, IV, V		Riski
Tuomioja - Laurila	0860 + 0878	Marttalanoja/ratasilta	I, IV, V		Riski
Tuomioja - Laurila	0862 + 0356	Rautiolan alikukusilta	III		Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0864 + 0365	Akkunusjoen silta/alikukusilta	I, IV		Riski
Tuomioja - Laurila	0865 + 0004	Kemi-Isohaara/ratasilta	II, III, VII		Riski
Tuomioja - Laurila	0865 + 0070	Silta turbiinikanavan ja uit. (Isohaaran voimalaitos)/ratasilta	Tarkistus!		Tarkistus
Tuomioja - Laurila	0865 + 0302	Laurilan alikukusilta	VI		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0866 + 0749	Pikarijängän alikukusilta			
Laurila-Haaparanta	0867 + 0891	Luikon alikukusilta	VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0868 + 0710	Kiikkaranoja/ratasilta	II, III, VII		Riski
Laurila-Haaparanta	0870 + 0793	Kaakamojoki/ratasilta	III, VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0875 + 0461	Ruonan- eli Laivajärvenojansilta/ratasilta	I, IV, V		Riski
Laurila-Haaparanta	0877 + 0157	Kyläjoki/ratasilta			
Laurila-Haaparanta	0877 + 0934	Kyläjoen alikukusilta 3			
Laurila-Haaparanta	0878 + 0495	Kyläjoen alikukusilta 1			
Laurila-Haaparanta	0878 + 0724	Kyläjoen alikukusilta 2			
Laurila-Haaparanta	0880 + 0760	Raumonjoen ratasilta	III, VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0880 + 0760	Raumonjoen ratasilta			
Laurila-Haaparanta	0882 + 0242	Keropudaksen ratasilta	III, VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0882 + 0806	Torpin alikukusilta			
Laurila-Haaparanta	0884 + 0794	Tornion aseman alikukusilta	Tarkistus!		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0884 + 0794	Tornion aseman alikukusilta			
Laurila-Haaparanta	0884 + 0943	Vanhan Kemintien alikukusilta	Tarkistus!		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0884 + 0943	Vanhan Kemintienalukusilta			
Laurila-Haaparanta	0885 + 0824	Kirkkoputaan alikukusilta			
Laurila-Haaparanta	0885 + 0824	Kirkkoputaan alikukusilta			
Laurila-Haaparanta	0885 + 0825	Miukin alikukusilta			
Laurila-Haaparanta	0886 + 0341	Pirkkiönjoen ratasilta	III, VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0886 + 0480	Alikukusilta	I, IV, V		Riski
Laurila-Haaparanta	0887 + 0145	Tornionjoki/ratasilta	III, VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0887 + 0145	Tornionjoki/ratasilta	III, VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0887 + 0145	Tornionjoki/ratasilta	III, VII		Tarkistus
Laurila-Haaparanta	0887 + 0145	Tornionjoki/ratasilta	III, VII		Tarkistus



- 1/1997 Railway Industry Structures and Capital Investment Financing
- 2/1997 Nopean junaliikenteen aluekehitysvaikutukset
- 3/1997 Rautateiden henkilöliikenteen ennustemalli (RALVI)
- 4/1997 Kilpailuedellytykset ja niiden luominen Suomen rataverkolla
- 5/1997 Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2020
- 1/1998 Rataverkon jatkosähköistyksen yhteiskuntataloudellinen vaikutus selvitys
- 2/1998 Suomen rautatieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä (RAILI 96)
- 3/1998 Rautateiden tavarakuljetusten laatutekijät
- 4/1998 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997 - 99
- 5/1998 Rataverkon kehittämisen yhdyskuntarakenteellisten vaikutusten ja menetelmien arviointi
- 6/1998 Yksityisrahoituksen käyttömahdollisuudet Suomen ratahankkeissa
- 1/1999 Ratarakenteen instrumentoinnin kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
- 2/1999 Rautatieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset
- 3/1999 Rautatieliikenteen aiheuttama värinä, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
- 4/1999 Ratarakenteen instrumentointi- ja mallinnussuunnitelma, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
- 5/1999 Rautatietärinän mittauskäytäntö Pohjoismaissa
- 6/1999 Radan tukikerroksen ja alusrakenteen kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot

RATAHALLINTOKESKUS  
KAIVOKATU 6, PL 185  
00101 HELSINKI

TEKNINEN YKSIKKÖ

Lisätietoja: Pasi Leimi, puh. (09) 5840 5184, sähköposti: [pasi.leimi@rhk.fi](mailto:pasi.leimi@rhk.fi)  
Jakelu: Sinikka Kiikka, puh. (09) 5840 5192, sähköposti: [sinikka.kiikka@rhk.fi](mailto:sinikka.kiikka@rhk.fi)

ISBN 952-445-026-7  
ISSN 1455-2604