



## Tutkintaselostus

B 1/1998 Y

### Tornan sillan sortuminen 6.8.1998 Imatralla

Onnettomuuden ja sen vaaratilanteen tutkinnan tarkoituksena on onnettomuuksien ennaltaehkäiseminen. Tutkinnan ja tutkintaselostuksen tarkoituksena ei ole käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

ISBN 951-836-019-7  
ISSN 1239-5323

Oy Edita Ab, Helsinki 1999

## ALKULAUSE

Imatralla, Tainionkosken voimalaitoksen yläpuolella oleva Tornan silta sortui kansirakennetta purettaessa 6.8.1998 noin kello 07.40. Siltakansi tuettiin ensin kahdella tukitornilla jännevälillä kolmannespisteissä. Sitten kantavat betonikaaret katkaistiin tyvestä ja aloitettiin betonikaarten poisto. Kun ylävirran puoleisen kaaren poisto oli edennyt keskiosaan asti, silta romahti. Siltakannen pääpalkit jäivät päistään virtapilarien päälle roikkumaan keskikohdan pudotessa uoman pohjaan asti. Siltakannella oli sortumishetkellä kolme henkilöä työssä. Kaksi heistä onnistuttiin pelastamaan. Yksi henkilö hukkui voimakkaassa virtauksessa.

Onnettomuus katsottiin suuronnettomuuden vaaratilanteeksi ja Onnettomuustutkintakeskus määräsi 10.8.1998 tutkintalautakunnan selvittämään sillan sortumista ja sen syyt (B 1/1998 Y).

Onnettomuuden välitön tekninen syy oli sillan idänpuoleisen tukitornin pettäminen nurjahtamalla. Tukitorni ja sen kiinnitysosat yksittäisinä komponentteina olisivat kestäneet siltakannen aiheuttamat kuormitukset, mutta eivät kokonaisuutena. Purkusuunnitelmasta poiketen tukitorneissa ei ollut virran suuntaisia vinotukia, mikä olisi estänyt sortumisen aloittaneen liikkeen. Purkamisen aikana ei seurattu sillan tai tukirakenteen siirtymiä, mikä olisi varoittanut sortumavaarasta. Sillan purkusuunnitelmaa ei oltu tehty työn vaativuuteen nähden riittävän perusteellisesti. Se puolestaan vaikeutti valvontaorganisaation mahdollisuuksia tarkastaa suunnitelman turvallisuus. Valvonnassa puutteet ja vaarat olisi siitä huolimatta pitänyt havaita. Onnettomuudessa menehtynyt henkilö oli uimataidoton. Työntekijöillä ei ollut pelastusliivejä eikä hukkumisvaaraan oltu varauduttu riittävästi.

Tutkintaselostuksen luonnoksen turvallisuussuositukset lähetettiin lausunnolle onnettomuuksien tutkinnasta annetun asetuksen (79/96) 24 §:n 1 momentin mukaisesti liikenneministeriölle, sosi- ja terveysministeriölle ja ympäristöministeriölle. Tutkintaselostuksen luonnos toimitettiin myös IVO Power Engineering Oy:lle (Fortum Oy), Megasiirto Oy:lle, Kymen työsuojelupiirille ja Imatran kaupungille tiedoksi ja mahdollisia kommentteja varten. Lausunnot ovat tämän tutkintaselostuksen liitteenä.

Tämä tutkintaselostus on myös internet-osoitteessa [www.onnettomuustutkinta.fi](http://www.onnettomuustutkinta.fi) tai [www.aib.fi](http://www.aib.fi).

## SISÄLLYSLUETTELO

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| ALKULAUSE.....                                               | I  |
| 1 ONNETTOMUUDEN KUVAUS .....                                 | 1  |
| 1.1 Tornan silta .....                                       | 1  |
| 1.2 Sillan sortuminen .....                                  | 2  |
| 1.3 Onnettomuuden pelastustoimet.....                        | 6  |
| 1.3.1 Pelastautuminen .....                                  | 6  |
| 1.3.2 Hätäilmoitus.....                                      | 6  |
| 1.3.3 Hälytykset.....                                        | 7  |
| 1.3.4 Pelastusviranomaisten toiminta .....                   | 7  |
| 1.3.5 Poliisin toiminta .....                                | 9  |
| 1.4 Vahingot .....                                           | 9  |
| 1.5 Muita riskitekijöitä.....                                | 10 |
| 1.6 Tiedottaminen .....                                      | 11 |
| 2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA.....                                | 12 |
| 3 SILTAHANKKEEN ORGANISAATION TURVALLISUUSTOIMINTA.....      | 13 |
| 3.1 Siltahankkeen toteutusorganisaatio.....                  | 13 |
| 3.2 Toimenpiteet turvallisuuden varmistamiseksi.....         | 15 |
| 3.2.1 Säädösperusta .....                                    | 15 |
| 3.2.2 Toteutusorganisaation muodostaminen.....               | 15 |
| 3.2.3 Rakennuttamisen turvallisuustehtävien hoitaminen ..... | 16 |
| 3.2.4 Sillan purkutyön suunnittelu .....                     | 19 |
| 3.2.5 Vanhan sillan purkutyön toteutus.....                  | 22 |
| 3.3 Onnettomuuden syntyyn myötävaikuttaneet tapahtumat ..... | 25 |
| 3.4 Viranomaisten valvonta.....                              | 27 |
| 3.4.1 Valvovat viranomaiset .....                            | 27 |
| 3.4.2 Rakennusvalvontaviranomaisen toiminta .....            | 27 |
| 3.4.3 Työsuojeluviranomaisen toiminta.....                   | 28 |
| 4 PURKAMISEN FEM-SIMULOINTI .....                            | 33 |
| 4.1 Sillan rakennekuvaus.....                                | 33 |
| 4.2 FEM idealisointi.....                                    | 34 |
| 4.3 Kuormitukset .....                                       | 37 |
| 4.4 Simuloinnin kulku .....                                  | 39 |
| 4.5 Tulokset.....                                            | 40 |
| 4.6 Tukitornin vinotukien merkitys .....                     | 46 |



|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 4.7 | Sillan sortumistapahtuma.....        | 48 |
| 4.8 | Tutkintalautakunnan päätelmät.....   | 49 |
| 5   | YHTEENVETO ONNETTOMUUDEN SYISTÄ..... | 51 |
| 5.1 | Välitön tekninen syy .....           | 51 |
| 5.2 | Onnettomuuden perussyö .....         | 51 |
| 5.3 | Myötävaikuttaneet tekijät .....      | 52 |
| 6   | SUOSITUKSET .....                    | 54 |

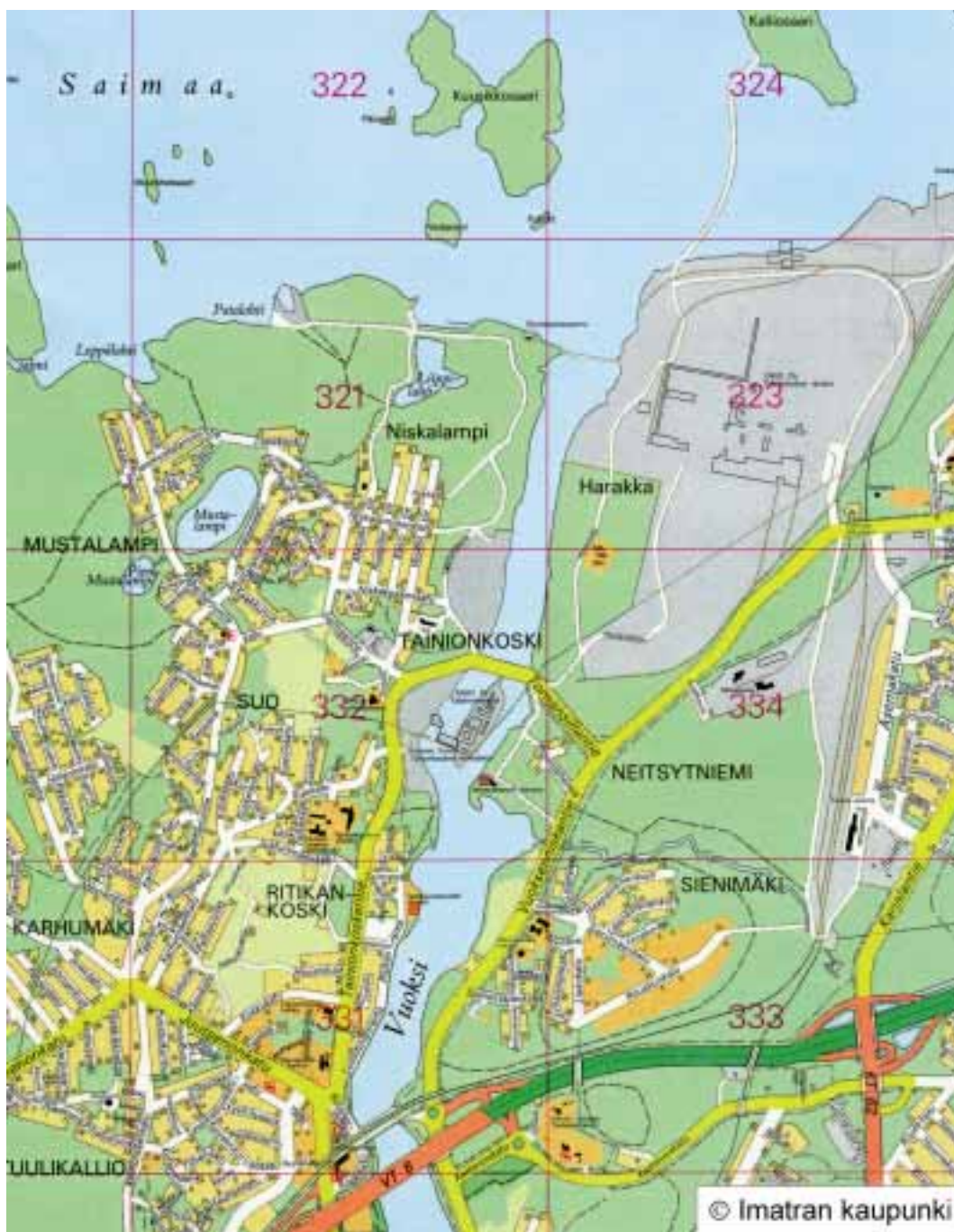
## LIITTEET

## LÄHDELIITTELUETTELO

## 1 ONNETTOMUUDEN KUVAUS

### 1.1 Tornan silta

Tornan silta sijaitsee Imatran kaupungissa Tainionkosken kaupunginosassa noin 1,2 km alavirtaan Vuoksen suulta Tainionkosken voimalaitoksen yläpuolella.



Kuva 1.1 Karttakuva Tornan sillasta.

Tornan sillan on aiemmin omistanut Imatran Voima Oy, mutta uusien omistusjärjestelyjen jälkeen sillan kansirakenteen omistaa Imatran kaupunki ja sen tukirakenteet Imatran Voima Oy. Silta on pääosin 1940-luvulla rakennettu Langer-palkkisilta, jossa on molemmin puolin laattapalkkiosuudet. Sillan kokonaispituus on noin 215 m, josta kahden Langerpalkkijänteen yhteispituus on noin 102 m. Sillan länsipään laattapalkkisilta (35 m) on rakennettu 1987, jolloin uoma on levennetty sillan kohdalta Tainionkosken voimalaitoksen laajennuksen yhteydessä. Langersillan kokonaisleveys on noin 5,6 m. Sillalla oli yhden ajokaistan levyinen ajorata, joka oli liikennevaloin ohjattu. Ajoradan leveys oli noin 3,1 m. Ajoradan vieressä alavirran puolella oli noin 1,8 m leveä yhdistetty pyörätie ja jalkakäytävä. Sillalle oli tienpitäjä asettanut ajoneuvoille 12,5 t:n painorajoituksen. Se oli ilmoitettu liikennemerkein.



Kuva 1.2 Ilmakuva Tainionkosken voimalasta ja Tornan sillasta.

## 1.2 Sillan sortuminen

Imatran kaupunki oli laatinut siltaa varten projektisuunnitelman. Projektin tehtävänä oli rakennuttaa ja rakentaa uusi sillan kansirakenne entisen tilalle. Vanhan sillan purkamista varten oli purku-urakoitsija laatinut kansirakenteen purkusuunnitelman.

Purkusuunnitelman mukaan Langer-palkkisillan alle rakennetaan kaksi tukitornia, jotka kiinnitetään kierretangoin uoman pohjassa olevaan kallioon. Siltakannen päältä poistetaan asfalttikerrokset sillan painon pienentämiseksi. Betonikaaret katkaistaan kannan läheltä siltakannelta käsin iskuvasaralla piikkaamalla. Betonikaarien sisältä esiin tulleet



teräkset katkaistaan polttoleikkaamalla ja hydraulisella timanttisahalla. Betonikaaret pa-loitellaan noin 4,50 - 6,60 metrin osiksi ja siirretään pois siltakannelta.



Kuva 1.3 Iskuvasara piikkaamassa.

Itäpuolisen Langer-palkkisillan betonikaarien purku oli aloitettu 31.7.1998 keskivirran puolelta.

Ylä- ja alavirran puoleisten betonikaarien jännityksen katkaisemisen jälkeen betonikaaria ryhdyttiin poistamaan alavirran puolelta. Kaivinkone ajettiin sillalta länsirannalle. Tämän jälkeen sillalle ajettiin länsirannalta kuorma-auto, saksilava ja puominosturi. Hydraulinen timanttisaha tarvitsi voimanlähteen, joka otettiin kuorma-autosta. Lisäksi kuorma-auton Hiab-nosturiin oli kiinnitetty tynnyri, jossa ollutta vettä käytettiin sahauksen aikana. Saksilavalta käsin poistettavaan kaaren osaan kiinnitettiin roput puominosturilla nostamista varten. Saksilava siirrettiin betonikaaren katkaisukohtaan, miltä käsin itse katkaisu suoritettiin. Puominosturi kannatteli samanaikaisesti poikkileikkavaa kappaletta. Kun betonikaaren teräkset oli katkaistu, puominosturi vei nosturissa kiinni olleen betonikaaren kappaleen länsirannan varastoalueelle. Betonikaaret oli katkaistu 4,40 – 6,60 m pituisiin osiin. Töiden päätyttyä siltakannella olleet työkonet ajettiin yöksi rannalle. Alavirran puoleista betonikaarta oli purettu puoleen väliin, minkä jälkeen purettiin ylävirran puoleista kaarta.

Keskiviikkona 5.8. ylävirran puoleista kaarta oli purettu lähes puoleen väliin asti. Purkutyöt loppuivat tuolloin noin kello 17.00. Torstaina 6.8. sillalla purkutyöt jatkuivat aamulla kello 7.00 alkaen. Betonikaaresta piti poistaa länsipuolen viimeinen pala ennen sillan puolta väliä. Siltakannella työskenteli tuolloin kolme työmiestä. Lisäksi siltakannella oli puominosturi, saksilava ja kuorma-auto. Noin kello 7.40 purettavana ollut Langer-



palkkisilta sortui. Siltakannen pääpalkit jäivät päistään virtapilarien päälle roikkumaan niiden keskikohtien pudotessa uoman pohjaan asti noin 6 - 7 metrin syvyyteen.

Siltakannella sortumishetkellä työskennelleet kolme työmiestä joutuivat veden varaan. Yksi työntekijä hukkui, toinen ajautui voimakkaan virran mukana 125 m ja kolmas työntekijä 190 m Tainionkosken voimalaitoksen suuntaan.

Tapahtumahetkellä Vuoksen virtaama oli  $810 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Kuva 1.4 Kuva sillasta (länsiranta, alavirta).



Kuva 1.5 Kuva sillasta (itäranta, alavirta).



Kuva 1.6 Kuva sillasta sillan pituussuuntaisesti.

### **1.3 Onnettomuuden pelastustoimet**

#### **1.3.1 Pelastautuminen**

Romahtaneelta siltakannelta Vuokseen joutuneista työntekijöistä pisimmälle alavirtaan ajautui vuonna 1956 syntynyt nosturinkuljettaja. Hän ajautui poikki olleen turvapuomin itäpuolisen pään ohi noin 5 - 6 metrin päästä.

Viereisellä toisella rakennustyömaalla oli työntekijöitä, jotka patoseinän reunalta heittivät virtaan ensin sähköjohdon, mutta se oli liian lyhyt. Tämän jälkeen virtaan heitettiin pitkä köysi, josta nosturinkuljettaja sai otteen ajaututtuaan virran mukana 190 metriä.

Köyden avulla nosturinkuljettaja vedettiin virtauspadon reunaan, missä virtaan laskettiin leveä kaapelihylly. Kaapelihyllyä pitkin nosturinkuljettaja onnistui kiipeämään patoseinän päälle.

Vuokseen joutuneista työntekijöistä toinen, vuonna 1978 syntynyt metallimies pääsi uimalla romahtaneesta siltakannesta irronneiden puuosien päälle.

Ajaututtuaan 125 metriä alavirtaan metallimies sai itärannalla virtauspadon reunaa vasten poikki olleesta turvapuomista otteen. Metallimies piti turvapuomista kiinni niin kauan, kunnes alemmaksi virtaan ajautunut nosturinkuljettaja oli pelastettu. Metallimies kiipesi patoseinän päälle samaa kaapelihyllyä pitkin kuin nosturinkuljettaja.

Kolmas työntekijä painui voimakkaassa virtauksessa pinnan alle ja hänet löydettiin hukuneena 2 h 40 min kuluttua onnettomuudesta sortuneen sillan keskikohdasta 13 metriä Tainionkosken voimalaitoksen suuntaan.

#### **1.3.2 Hätäilmoitus**

Imatran pelastuskeskus sai ilmoituksen onnettomuudesta välittömästi kello 7.42.

Sen teki matkapuhelimella viereisellä tutkimuskeskuksen työmaalla noin 150 metrin päässä ollut rakennusmestari. Rakennusmestari oli sisällä työmaakopissa ja kuultuaan romahduksen hän oli tullut ulos ja samalla nähnyt kahden miehen ajautuvan virran mukana kohti Tainionkosken voimalaitosta. Samassa rakennusmestari soitti hätäpuhelun, jossa hän kertoi Tornan sillan työmaalla autonosturin kaatuneen ja kahden miehen joutuneen veden varaan. Suljettuaan puhelimen rakennusmestari oli lähtenyt etsimään köyttä työmaakopistaan. Pelastuskeskuksen päivystäjä soitti takaisin hätäilmoituksen tehneelle rakennusmestarille kello 7.46, jolloin tapahtumatietoja voitiin tarkentaa siten, että kaksi miestä oli saatu pelastettua rantaan ja yksi oli kateissa.

### 1.3.3 Hälytykset

Hätäilmoituksen saatuaan pelastuskeskuksen päivystäjä antoi hälytysohjeen mukaisesti seuraavat hälytykset:

| <i>Kello</i> | <i>Kohteessa</i> | <i>Hälytetty yksikkö</i>                                     |
|--------------|------------------|--------------------------------------------------------------|
| 7.43         | 7.47             | I 11 Imatran pelastuslaitoksen ensivasteyksikkö              |
| 7.43         | 7.48             | I 151 Imatran pelastuslaitoksen pelastussukeltajat           |
| 7.44         | 7.49             | I 3 Imatran pelastuslaitoksen johtauto                       |
| 7.45         | 7.49             | I 191 Imatran pelastuslaitoksen sairaankuljetuksen ensilähtö |
| 7.46         | 8.08             | I 23 Enso-Gutzeit Oy:n tehdaspalokunta.                      |

Lisäksi pelastuskeskuksen päivystäjä teki seuraavat ilmoitukset:

| <i>Kello</i> | <i>Ilmoituksen kohde</i>     |
|--------------|------------------------------|
| 7.49         | Imatran poliisilaitos        |
| 8.03         | Sähkölaitos                  |
| 8.10         | Etelä-Suomen lääninhallitus. |

### 1.3.4 Pelastusviranomaisten toiminta

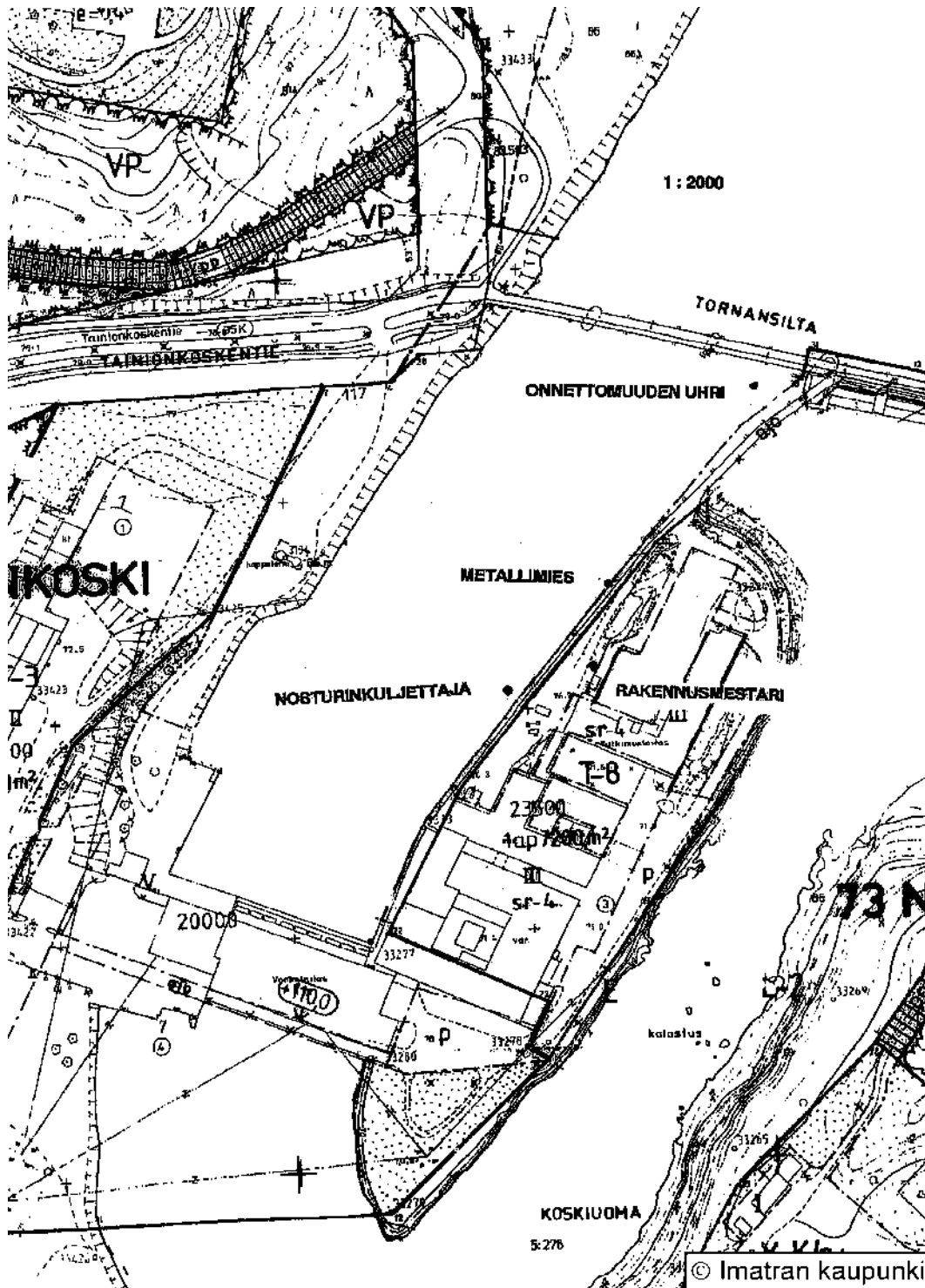
Kun Imatran pelastuslaitos oli saanut pelastuskeskuksesta hälytyksen kello 7.43, onnettomuuspaikalle lähtivät ensivasteyksikkö (I 11), pelastussukeltajien auto (I 151) sekä ensilähdön ambulanssi (I 191). Lisäksi sinne lähti johtautolla (I 3) päällystöpäivystäjänä vuorossa ollut palomestari.

Palomestari saapui onnettomuuspaikalle kello 7.49. Hätäilmoituksen tehnyt rakennusmestari antoi palomestarille tilanneselvityksen, jonka mukaan kaksi henkilöä oli saatu pelastetuksi Vuoksesta, mutta yksi oli edelleen kateissa.

Pelastuslaitoksen pelastussukeltaja suoritti välittömästi romahtaneen sillan luona pinta-pelastussukelluksen, jolloin tarkastettiin muun muassa siltakannen päällä olleet kuorma-auto ja puominosturi. Tässä vaiheessa syvempi sukellus kiellettiin liian vaarallisena työnä, koska romahtaneen sillan käyttäytymisestä ei ollut minkäänlaista varmuutta. Palomestari pyysi kello 7.54 pelastuskeskusta ilmoittamaan Imatrankosken voimalaitoksen valvomoon, että Vuoksen virtaamaa Tainionkosken voimalaitoksen yläpuolella on saata-va pienemmäksi, jotta pelastustöitä pystytään suorittamaan.

Virtaamaa pienennettiin normaalista 810 m<sup>3</sup>/s pelastusvaiheessa 200 m<sup>3</sup>/s antamalla seis-komento Tainionkoski 4 - 3 koneistoille. Kello 8.30 virtaamaa pienennettiin arvoon 110 m<sup>3</sup>/s. Kaksi pelastuslaitoksen sukeltajaa suoritti tuloksettomana etsinnän Tainionkosken voimalaitoksen välppien läheisyydessä. Välillä virtaamaa suurennettiin etsintöjen helpottamiseksi. Samalla tehtiin havaintoja vesivastuksen tilapäisen kasvamisen aiheuttamista vaikutuksista sillan rakenteisiin ja siten myös sukeltajien työturvallisuuteen. Kello 10.20 sukeltaja löysi kateissa olleen työntekijän hukkuneena noin 13 metrin päässä romahtaneen sillan keskikohdasta Tainionkosken voimalaitoksen suuntaan.

Sairaankuljetusyksikkö tarkasti Vuoksesta pelastetut kaksi työntekijää tapahtumapaikalla. Toinen työntekijä vietiin Honkaharjun sairaalaan jatkotutkimuksiin. Onnettomuuspaikalla suoritettujen pelastustoimien jälkeen palomestari antoi luvan lisätä virtaaman 500 m<sup>3</sup>/s. Ohijuoksutus oli tuolloin 300 m<sup>3</sup>/s.



Kuva 1.7 Piirros onnettomuuspaikasta.

### 1.3.5 Poliisin toiminta

Imatran poliisilaitos sai tiedon tapahtuneesta onnettomuudesta pelastuskeskuksen kautta kello 7.49. Poliisille tulleen tiedon mukaan Tornan sillan työmaalla oli tapahtunut työtapaturma. Kolme miestä oli joutunut veteen. Kaksi heistä oli saatu ylös, mutta yhtä etsittiin edelleen. Poliisilaitoksella tehtävä kirjattiin B-tehtävänä. Tehtävuokituksen mukaan tehtävä suoritetaan välittömästi, ei kuitenkaan hälytysajona.

Onnettomuuspaikalle lähti järjestysosaston hälytyspartio (IM 581), joka oli tapahtumapaikalla kello 8.13. Tällöin poliisille selvisi onnettomuuden todellinen laajuus. Hälytyspartiassa toiminut partionjohtaja totesi onnettomuuspaikan olevan luonteeltaan sellainen, ettei varsinaista eristämistä tarvitse suorittaa. Pelastustyöntekijöille voitiin taata riittävä työrauha. Myöhemmin tapahtumapaikalle tulivat tutkijat päivystys- ja rikososastosta. Päivystystutkinnan tutkija ryhtyi hankkimaan ja kirjaamaan tietoja tapahtuneesta sekä haastattelemaan paikalla olleita henkilöitä. Rikososaston tutkija dokumentoi onnettomuuskohteen ja välittömän lähiympäristön videokuvaamalla.

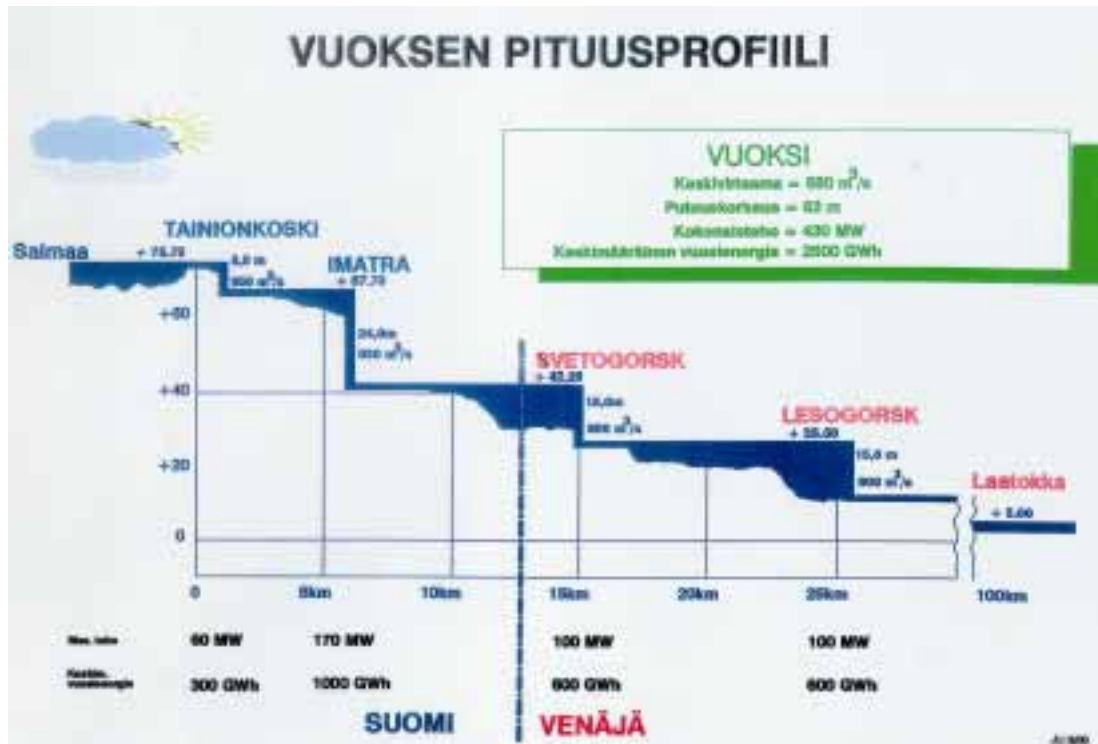
Tutkinnanjohtajana toiminut rikoskomisario sai tiedon onnettomuudesta kello 8.00.

Poliisi ilmoitti tapahtuneesta onnettomuudesta Kymen työsuojelupiiriin kello 9.00.

### 1.4 Vahingot

Sillan sortumishetkellä siltakannella ollut onnettomuuden uhri kuoli hukkumalla voimakkaassa virtauksessa. Työntekijä seisoj onnettomuushetkellä siltakannella kuorma-auton ja saksilavan läheisyydessä.

Aineelliset vahingot koostuivat lähinnä siltakannella olleista työkaluston saamista vaurioista. Muun muassa puominosturi tuhoutui korjauskelvottomaksi. Onnettomuuden jälkeen eri yhteyksissä Vuoksen virtaamaa on jouduttu pienentämään normaalista ohjauksutusten avulla, jolloin Tainionkosken voimalaitokselle on aiheutunut tuotantotaloudellisia menetyksiä. Pelastustöiden aikana Imatrankosken voimalaitoksen valvomosta tehtiin ilmoitus Venäjän puoleiselle Svetogorskin voimalaitokselle veden juoksutusmäärien mahdollisesta muuttumisesta.



Kuva 1.8 Kaaviokuva Vuoksen pituusprofiilista.

## 1.5 Muita riskitekijöitä

Uoman pohjassa olevan maapadon poistoon imuroimalla ei ryhdytty osaltaan sen takia, ettei maapadosta mahdollisesti irtoava hienojakoinen maa-aines aiheuttaisi ongelmia voimalaitoksen koneistolle.

Jos romahtanut siltarakenne olisi päässyt rikkomaan itärannalla olevaa ylisyöksypatoa, olisi se saattanut pahimmillaan johtaa hallitsemattomaan veden tuloon Saimaasta Vuokseen Tainionkosken voimalaitoksen ohi. Imatrankosken voimalaitos olisi ehkä kyennyt estämään vedenpinnan rajun nousun Tainionkosken ja Imatrankosken voimalaitoksen välisellä alueella avaamalla kaikki patoluukut täysin auki Imatrankoskeen ja juoksuttamalla vettä täydellä teholla voimalaitoksen läpi. Lisäksi osa vedestä olisi mennyt ylisyöksypadon yli vanhaan uomaan.

Jos Tainionkosken voimalaitoksen ylisyöksypato olisi vaurioitunut ja sellaisen tapauksen varalta tehty pelastussuunnitelmat eivät olisi toteutuneet, olisi Saimaan vedenpinta saattanut laskea noin 4 - 5 metriä.

Pelastustöiden alkuvaiheessa toisen työmaan työntekijöiden paikallaololla ja aktiivisella pelastustöihin ryhtymisellä oli ratkaiseva merkitys hukkuneiden lukumäärän pienuuteen.



## **1.6 Tiedottaminen**

Imatran poliisilaitoksen rikososaston tutkinnanjohtajana toimiva rikoskomisario antoi onnettomuudesta lehdistötiedotteen 6.8.1998.

Imatran poliisilaitoksella järjestettiin julkiselle sanalle 7.8.1998 tiedotustilaisuus, jossa olivat edustajat IVO PE:stä, sosiaali- ja terveysministeriöstä, Kymen työsuojelupiiristä, Imatran poliisilaitokselta sekä Onnettomuustutkintakeskuksesta.

## 2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA

Onnettomuustutkintakeskus sai tiedon Tornan sillan sortumisesta sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosastolta 6.8.1998 aamupäivällä.

Onnettomuuden alustavat selvitykset onnettomuuspaikalla 6.8.1998 tekivät onnettomuustutkintakeskuksen pyynnöstä erikoistutkija **Pertti Pitkänen** ja tutkija **Timo Tirkkonen** Valtion teknillisestä tutkimuskeskuksesta.

Koska purettavana olleen Tornan sillan sortumista pidettiin suuronnettomuuden vaaratilanteena Onnettomuustutkintakeskus määräsi päätöksellään 6.8.1998 (B1/1998Y) tutkintalautakunnan selvittämään sortumista ja sen syitä. Tutkintalautakunnan puheenjohtajaksi määrättiin suostumuksensa mukaisesti professori **Mauri Määttä** Teknillisestä korkeakoulusta, jäseniksi insinööri **Kalervo Haapala** Tielaitoksesta, ylikonstaapeli **Vesa Pirinen** Imatran kihlakunnan poliisilaitokselta ja diplomi-insinööri **Esa Virtanen** sosiaali- ja terveysministeriöstä. Tutkintalautakunta kutsui pysyväksi asiantuntijaksi tekniikan tohtori **Hannu Tarvaisen** Tapaturmavakuutuslaitosten Liitosta.

Imatran kihlakunnan poliisilaitos on suorittanut asiassa esitutkinnan. Tutkinnan johtajana on ollut rikoskomisario **Veikko Nyyssönen**. Esitutkintapöytäkirjat ovat olleet lautakunnan käytettävänä.

Lautakunta on työnsä aikana kuullut asiantuntijoina piiripäällikkö **Pasi Hasua**, ylitarkastaja **Risto Talkaa** ja työsuojeluinsinööri **Pekka Valtosta** Kymen työsuojelupiiristä työsuojelutarkastuksiin liittyvistä kysymyksistä. Rakennustarkastukseen liittyvistä asioista lautakunta on kuullut hallitusneuvos **Klaus Fröseniä** ympäristöministeriöstä ja rakennustarkastaja **Ritva Ihalaista** Imatran kaupungin rakennusvirastosta.



### 3 SILTAHANKKEEN ORGANISAATION TURVALLISUUSTOIMINTA

#### 3.1 Siltahankkeen toteutusorganisaatio

Imatran kaupunki osti vuonna 1998 tehdyllä kaupalla Tornan sillan kansirakenteet Imatran Voima Oy:ltä (IVO). Sillan perustusrakenteet jäivät IVO:n omistukseen. Imatran kaupunki ryhtyi IVO:n kanssa tehdyn sopimuksen perusteella rakennuttamaan vanhan sillan paikalle uutta siltaa. Kaupunki sai uudelle sillalle toimenpideluvan 20.2.1998.

Imatran kaupunki päätyi rakennuttajana toteuttamaan hanketta projektinjohtourakkana. Kaupunki valitsi projektinjohtourakoitsijaksi aikaisempaa maakauppaa koskevasta sopimuksesta johtuen perustelluista syistä ilman kilpailua IVO Power Engineering Oy:n (IVO PE), jota se piti tehtävään sopivana hyvän paikallistuntemuksen sekä siltojen rakentamisen asiantuntemuksen perusteella. Urakkasopimuksessa (3.2.1998) projektinjohtourakoitsijan suoritusvelvollisuudeksi on määritetty: sillan rakentaminen, projektin johto, suunnittelu, rakennuttaminen ja toteutusvalvonta.

Imatran kaupunki perusti hankkeen johtamista varten rakennustoimikunnan, johon kuului edustajat Imatran kaupungilta, Imatran Voima Oy:ltä sekä IVO PE:stä. Toimikunnan tehtäväksi on mainitussa urakkasopimuksessa määritetty seuraavaa:

- rahoitusasiat ja niiden seuranta,
- tavoitehinnan seuranta ja mahdollinen muuttaminen,
- aliurakoitsijoiden hyväksyminen,
- ristiriitatilanteiden hallinta ja erimielisyyksien ratkaiseminen,
- sidosryhmäasioiden hoito ja
- laajuusmuutokset, -lisätyöt ja niiden aikatauluvaikutukset.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan Imatran kaupunki jätti tällä sopimuksella itselleen osan rakennuttamistehtävistä, jota valtaa se käytti rakennustoimikunnassa. Rakennustoimikunta oli edellä mainittujen tahojen välinen yhteistyöelin, jolla ei liene ollut juridista asemaa turvallisuusasioiden vastuunkantajana.

IVO PE tilasi uuden sillan suunnittelun Suunnittelukortes Oy:ltä. Vanhan sillan purkamisen ja sittemmin uuden sillan teräsrakenteiden asennuksen IVO PE tilasi urakkakilpailun perusteella Megasiirto Oy:ltä, jonka kanssa tehtiin sopimus 11.6.1998. Valintakriteereiksi IVO PE:n edustajat ovat todenneet halvimman tarjoushinnan lisäksi Megasiirto Oy:n kokemuksen suurten siltarakenteiden siirrossa ja rakennusaikaisten tuentojen suunnittelussa sekä yrityksen toimitusjohtajan sukellustaidon.

Megasiirto Oy teki purkutyöt pääasiassa omaa työvoimaa käyttäen. Sillan kannen päällä olleen asfalttikerroksen poistamisen Megasiirto tilasi Lahtinen Ky:ltä. Sillan purkamisessa tarvittavien tukitornien asennustyöhön liittyvän sukellustyön Megasiirto Oy tilasi tuntilaskutustyönä Sukellustyö Wihuri Oy:ltä. Tämä oli puolestaan palkannut itselleen apumiehen tätä työtä varten. Kummankaan työn tilauksesta ei ole olemassa kirjallista sopimusta. Megasiirto Oy tilasi lisäksi raskaita nostoja varten työmaalle puominosturin kul-

jettajineen P. Sinkkonen Oy:ltä niinikään tuntilaskutustyönä. Tästä ei ole kirjallista sopimusta. Kierretankojen kallioon poraamista varten Megasiirto Oy tilasi vaunuporakoneyötä Terramare Oy:ltä. Myöskään tästä ei ole kirjallista sopimusta.

Imatran kaupunki suoritti itse liikennesuunnittelun sekä putkistosuunnittelun ja asennuksen uuteen siltaan.

Purkutyön aikana Sonera Oy on käynyt purkamassa siltaan kiinnitettyjä kaapeleita. Tämä työ lienee tehty Imatran kaupungin ohjaamana, koska sille kuuluu hankkeessa sidosryhmäyhteistyö.

|                                                   | TILAAJA                                                                                    |                                                               |                                                                                                |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TOIMITTAJA / URAKOITSIJA                          | Imatran kaupunki                                                                           | IVO Power Engineering                                         | Megasiirto Oy                                                                                  |
| IVO Power Engineering (projektinjohtourakoitsija) | Rakennuttaminen, projektin johto, sillan suunnittelu ja rakentaminen, toteutuksen valvonta |                                                               |                                                                                                |
| Suunnittelukortees Oy                             |                                                                                            | Uuden sillan suunnittelu vanhan sillan tukirakenteiden päälle |                                                                                                |
| Megasiirto Oy                                     |                                                                                            | Vanhan sillan purku, uuden sillan kannatirakenteiden asennus  |                                                                                                |
| P. Sinkkonen Oy                                   |                                                                                            |                                                               | Puominostot sillan purkuun liittyvissä nostoissa                                               |
| Sukellustyö Wi-huri Oy                            |                                                                                            |                                                               | Tukitorien asentamiseen liittyvät sukellustyöt (oli palkannut itselleen apumiehen)             |
| Imatran kaupunki                                  | Liikennesuunnittelu, putkistosuunnittelu ja asennus uuteen siltaan                         |                                                               |                                                                                                |
| Sonera Oy                                         | Siltaan kiinnitettyjen kaapeleiden purku                                                   |                                                               |                                                                                                |
| Terramare Oy                                      |                                                                                            |                                                               | Vaunuporakoneella kierretankojen asennusta Vuoksen pohjaan                                     |
| Lahtinen Ky                                       |                                                                                            |                                                               | Asfaltin poisto vanhan sillan päältä, sillan betonikaarien katkaisu koneellisesti piikkaamalla |

Kuva 3.1 Kaavio Tornan sillan purkuhankkeen toteutusorganisaatiosta.

## **3.2 Toimenpiteet turvallisuuden varmistamiseksi**

### **3.2.1 Säädöspерusta**

Onnettomuustutkinnassa organisaation turvallisuustoiminnan "mallina" on käytetty valtioneuvoston päätöksessä rakennustyön turvallisuudesta (629/94) annettuja määräyksiä hankkeeseen osallistuvien velvollisuuksista (jäljempänä käytetään lyhennettä RakVNP).

### **3.2.2 Toteutusorganisaation muodostaminen**

Hankkeen toteutusorganisaatiossa eri tahojen työturvallisuusvelvoitteet, erityisesti yhteistyön järjestämisessä, ovat laajemmat silloin, kun kyseessä on yhteinen rakennustyömaa. RakVNP:n mukaan yhteisellä rakennustyömaalla tarkoitetaan rakennustyömaata, jolla samanaikaisesti työskentelee kahden tai useamman työnantajan palveluksessa olevia työntekijöitä taikka itsenäisen työnsuorittajan lisäksi joko vähintään toinen itsenäinen työnsuorittaja tai vähintään yksi jonkin työnantajan palveluksessa oleva työntekijä.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan sillan purkutyömaa oli RakVNP:ssä tarkoitettu yhteinen rakennustyömaa (vrt. kohta 3.1).

RakVNP:n määritelmien (2 §) mukaan päätoteuttajalla tarkoitetaan pääurakoitsijaa taikka sellaisen puuttuessa rakennuttajaa tai muuta, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta. Rakennuttaja voi tilata rakennuttamistehtävät esimerkiksi rakennuttajakonsultilta, joka on tällöin pykälässä tarkoitettu muu, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta.

Valmisteltaessa rakentamisen toteutusta erillisinä urakoina, rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, on määritettävä eri urakoitsijoiden töiden ja työvaiheiden yhteensovittamisen säännöt turvallisuuden varmistamiseksi (RakVNP 5 § 2 mom.). Olennaista on, että kaikkien hankkeeseen osallistuvien osapuolten tehtävät ja työnjako on organisoitu niin selkeästi ja sellaisella tavalla, että turvallisuuden varmistamisen edellytykset ovat olemassa kaikissa hankkeen eri vaiheissa.

Imatran kaupunki on päättänyt hankkeen toteutuksen organisointitavasta ja päättänyt projektinjohtourakka-malliin. Tämän organisaatiomallin yksi tyypillinen piirre on se, että rakennuttaja (rakennuttamistehtävät hoitava taho) toimii myös työmaan "pääurakoitsijana". Imatran kaupungin ja projektinjohtourakoitsijaksi valitun IVO PE:n sopimuksessa (3.2.1998) on rakennuttamistehtävät sovittu IVO PE:lle. Kaupunki on jättänyt kuitenkin osan rakennuttamistehtävistä itselleen muun muassa aliurakoitsijoiden hyväksynnän. Imatran kaupungin edustajan haastattelun (9.10.1998) mukaan myös uuteen siltaan kiinnitettävien installaatioiden rakennuttaminen kuului kaupungille. Sopimuksen kohdan 4.2 ja liitteen 3 mukaan sillan putkistosuunnittelu kuului kaupungille, eikä sillan "pääsuunnittelijalle" Suunnittelukortes Oy:lle. Sopimuksessa ei ole selkeästi todettu, kenen tehtävä oli hoitaa RakVNP:n 4 ja 5 §:issä tarkoitettua rakennuttajan tehtäviä ja oliko ne jotenkin jaettu sopimusosapuolten kesken. Sopimuksessa ei ole myöskään

todettu selkeästi, mikä yritys rakennustyömaalla oli RakVNp:ssä tarkoitettu päätoteuttaja.

Haastattelujen perusteella (9.10.1998) kävi ilmi, ettei Imatran kaupungin edustaja eivätkä IVO PE:n edustajat olleet riittävästi selvillä RakVNp:n vaatimuksista rakennuttajalle ja päätoteuttajalle. IVO PE ei ollut selkeästi nimennyt työmaalle RakVNp:n 9 §:n 2 momentissa tarkoitettua työtä johtavaa vastuunalaista henkilöä. Rakennuttajalle ja päätoteuttajalle kuuluvien turvallisuustehtävien hoidossa on jäljempänä raportista ilmenevällä tavalla ollut puutteita.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan vastuiden ja tehtävien epäselvyys johtui osittain siitä, että Imatran kaupungin ja IVOPE:n tehtäviä koskevissa asiapapereissa käytetyt termit ovat epäselviä. Turvallisuustehtävien määrittelyssä olisi voitu käyttää RakVNp:ssä määriteltyjä termejä (esimerkiksi päätoteuttaja), mikä tutkintalautakunnan käsityksen mukaan olisi selventänyt osapuolten tehtäviä ja tehtäväjakoja.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan rakennushankkeen organisaatiota muodostettaessa olisi tullut huolehtia siitä, että RakVNp:ssä määrätyt turvallisuuden varmistamisen päätehtävät on selkeästi jaettu ja tiedostettu eri osapuolten kesken erityisesti rakennuttamistehtävien ja päätoteuttajalle kuuluvien tehtävien osalta. Turvallisuustehtävien hoidossa ilmenneet puutteet johtuivat tutkintalautakunnan mielestä ainakin osittain siitä, että hankkeen eri osapuolet eivät riittävästi tiedostaneet heille kuuluvia velvollisuuksia. Tutkintalautakunnan käsitys on, että vastuu- ja tehtäväjaon epäselvyys on välillisesti myötävaikuttanut turvallisuusasioiden puutteelliseen huomioimiseen purkamistyön suunnittelun ja toteuttamisen eri vaiheissa.

Tutkintalautakunnan mielestä, koska muuta ei ole urakkasopimuksissa selkeästi sovittu, projektinjohtourakoitsija IVO PE oli sillan purkuhankeessa RakVNp:ssä tarkoitettu muu, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta. Lisäksi IVO PE oli hankkeessa päätoteuttaja.

### **3.2.3 Rakennuttamisen turvallisuustehtävien hoitaminen**

#### **Sillan suunnittelun turvallisuusvaikutuksista huolehtiminen**

Rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, on huolehdittava, että rakennushanketta valmisteltaessa arkkitehtonisessa-, rakennusteknisessä ja teknisten järjestelmien suunnittelussa otetaan huomioon rakennustyön toteuttamisen turvallisuus (RakVNp 4 § 1 mom.).

IVO PE oli tilannut sillan suunnittelun Suunnittelukortes Oy:ltä (Projektisuunnitelman sivu 5, kohta 7).

Sillan suunnittelu oli tehty täysin erillään vanhan sillan purkamisen suunnittelusta.

Tutkintalautakunta katsoo, että uuden sillan suunnittelussa ei ole voitu vaikuttaa vanhan sillan purkamisen turvallisuuteen, koska uuden sillan suunnittelu on ollut riippumaton vanhan sillan kansirakenteesta.

### **Turvallisuustietojen antaminen purkutyön suunnittelua varten**

Rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, on laadittava rakennustyön suunnittelua ja valmistelua varten asiakirja, joka sisältää rakennushankkeen ominaisuuksista ja luonteesta aiheutuvat ja sen toteuttamiseen liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot. Asiakirjassa on otettava huomioon työmaahan liittyvä teollinen tai muu siihen rinnastettava toiminta (RakVNp 5 § 1 mom.).

IVO PE:lle kuului sopimuksen mukaan rakennuttamistehtävät, jotka liittyivät vanhan sillan purkamiseen. Turvallisuusasiakirjaa ei ole mainittu IVO PE:n tarjouspyyntöön (28.4.1998) sisältyvässä asiakirjaluettelossa eikä IVO PE:n ja Megasiirto Oy:n välisessä urakkasopimuksessa (10.6.1998). Turvallisuusasiakirjan laatimisvelvollisuus on kuitenkin mainittu projektipäällikön toimenkuvassa. Haastatteluissa IVO PE:n edustajat ovat todenneet, että turvallisuusasiakirjaa ei ole laadittu, mutta heidän laatukäsikirjassaan on annettu yleisohjeet turvallisuuden hoitamiseksi.

Purkamiseen liittyviä turvallisuustietoja ei ole juuri lainkaan käsitelty muissakaan hankke-asiakirjoissa. Imatran kaupungin ja IVO PE:n sopimuksessa ei ole mainittu, mitkä ovat hankkeen työturvallisuustavoitteet ja millä menettelyillä työturvallisuus pyritään hankkeen eri vaiheissa varmistamaan. IVO PE:n laatimassa projektisuunnitelmassa (10.3.1998) ei ole kannanottoja työturvallisuuden hoitamiseksi. Kohdassa 3 "Projektin tavoitteet ja riskit" ei ole asetettu työturvallisuudelle tavoitteita eikä riskeissä ole käsitelty projektiin liittyviä työturvallisuusriskejä. Rakennuttamistehtäviin kuuluvaa turvallisuusasiakirjan laatimista ei ole mainittu Imatran kaupungin ja IVO PE:n välisessä sopimuksessa.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan rakennuttaja (Imatran kaupunki) ja projektinjohtourakoitsija eivät riittävästi selvittäneet hankkeen valmistelun yhteydessä hankkeeseen liittyviä turvallisuusriskejä. Tutkintalautakunnan mielestä riskeinä olisi ollut tunnistettavissa ainakin RakVNp:n liitteessä 2 lueteltuja vaaraa aiheuttavia töitä.

Tutkintalautakunnan mielestä vanhan sillan purkamista ei ole (osittain turvallisuusriskien kartoituksen puuttumisen vuoksi) mielletty niin vaativaksi tehtäväksi, että sen toteuttajaksi olisi osattu hakea erityistä purkutöiden asiantuntijaa.

IVO PE:n laatiman asiakirjan "rakennusselitys, yleinen osa" (23.4.1998), joka koskee uuden sillan rakentamista sekä vanhan sillan purkamista, normiluettelossa (s. 2) ei ole mainittu työturvallisuusmääräyksiä eikä RIL:n ohjetta "tukitelineet RIL 147-1993". Rakennusselityksen kohdassa 01.64 "Telineet ja tukirakenteet" on kehoitettu ottamaan tukitelineen suunnittelussa huomioon veden virtauspaine  $1 - 2,25 \text{ kN/m}^2$ . Purkutyötä koskevaa tietoa on annettu kohdassa 11 "Raivaus ja purku", jossa ainoa turvallisuuden kannalta merkityksellinen tieto on siltakannen kuormitus kolmannespisteistä tuettuna. Tarjouskyselyn asiakirjoihin sisällytetyssä alustavassa purkusuunnitelmassa on annettu tieto, että tukitornien kohdalla joen pohja on kalliota. Megasiirto Oy:n laatima sillan tuentasuunnitelma perustui tähän tietoon, mikä osoittautui tukitornien perustusten tekovaiheessa erheelliseksi.



Tutkintalautakunnan mielestä muun muassa tarjouskyselyssä ja IVO PE:n ja Megasiirto Oy:n väliseen urakkasopimukseen sisältyvissä asiakirjoissa annettujen uoman pohjatietojen paikkansapitävyyttä ei oltu riittävästi tarkistettu, vaan urakoitsijalle annetut tiedot perustuivat olettamuksiin ja olivat osittain virheelliset. Lisäksi tiedot sukellustyöhön käytettävissä olevasta ajasta olivat puutteelliset, koska veden virtaamaa ei voitu sähkövoimalan juoksutustarpeen vuoksi vähentää riittävästi.

Tutkintalautakunnan käsitys on, että yleisohjeet eivät korvaa turvallisuusasiakirjaa, jossa on tarkoitus antaa nimenomaan hankkeen ominaisuuksista ja luonteesta johtuvat turvallisuutta koskevat erityistiedot. Turvallisuusasiakirjassa olisi tullut antaa ainakin seuraavat hankekohtaiset erityistiedot:

- uoman pohjan kantavuutta koskevat tiedot tarkistettuina ja
- Vuoksen voimakkaan virtauksen ja sen säätelymahdollisuuksien rajoitukset muun muassa sukellustyön aikatauluihin.

Tutkintalautakunta on sitä mieltä, että tukitornien perustusten tekovaiheessa uoman pohjassa havaittu maapato aiheutti tarpeen muuttaa tuennan rakennetta. Tätä ei ehditty suunnitella kunnolla. Aikapaine aiheutti myös sen, että vedenalaisissa töissä esiintyi puutteita (ks. kohta 3.2.5).

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan purku-urakoitsijalle annettujen lähtötietojen puutteellisuus on heikentänyt hänen mahdollisuuksiaan suunnitella sillan tuenta ja muu purkutyö niin, että työ olisi voitu tehdä turvallisesti.

### **Eri urakoitsijoiden töiden ja työvaiheiden yhteensovittaminen**

Valmisteltaessa rakentamisen toteutusta erillisinä urakoina, rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, on määritettävä eri urakoitsijoiden töiden ja työvaiheiden yhteensovittamisen säännöt turvallisuuden varmistamiseksi (RakVNp 5 § 2 mom.). Perinteisen pääurakoinnin sijaan on tullut muita toteutusmuotoja. Rakennustyön toteuttavat esimerkiksi samanarvoiset urakoitsijat ilman pääurakoitsijaa. Tällaisissa tapauksissa ongelmaksi on muodostunut se, että välttämätön koordinaatio eri urakoitsijoiden töiden ja työvaiheiden yhteensovittamisesta puuttuu. Turvallisuuden kannalta on olennaista, että kaikkien työmaalla toimivien osapuolten tehtävät ja työnjako on organisoitu niin selkeästi ja sellaisella tavalla, että turvallisuuden varmistamisen edellytykset ovat olemassa kaikissa työn toteutuksen vaiheissa.

Megasiirto Oy:tä ei ole urakkasopimuksessa nimetty pääurakoitsijaksi. IVO PE:n ja Megasiirto Oy:n välisessä urakkasopimuksessa (vrt. kohta 14 ja 15) ei ole nimetty IVO PE:tä eikä muutaakaan tahoa työmaan päätoteuttajaksi, jonka tehtävänä olisi huolehtia työmaan turvallisuuden ja terveyden kannalta tarpeellisesta työmaan yleisjohdosta (RakVNp 9 §). Päätoteuttajan on nimettävä yleisjohtoa varten pätevä vastuuhenkilö. IVO PE on nimennyt työkohteeseen rakennuttajan edustajan, paikallisvalvojan sekä projektipäällikön. Nimeämisiin liittyvistä tehtävämäärittäyksistä ei käy selkeästi ilmi, tarkoitetaanko jollakin näistä nimikkeistä RakVNp:ssä tarkoitettua vastuuhenkilöä. Paikallisvalvoja ei tiedostanut olevansa edellä tarkoitettu päätoteuttajan vastuuhenkilö. Sopimuksen koh-

dassa 14 Megasiirto Oy:n toimitusjohtaja on todettu urakoitsijan edustajaksi työkohteessa seuraavissa tehtävissä: vastuunalainen työnjohtaja sekä työsuojelupäällikkö. Toimitusjohtaja on haastattelussa todennut, että hän ei myöskään ollut tiedostanut olevansa edellä tarkoitettu päätoteuttajan vastuuhenkilö, mutta oli kuitenkin tehnyt joitakin vastuuhenkilölle kuuluvia tehtäviä. Hän oli muun muassa ilmoittanut työsuojelupiiriin puhelimitse työn alkamisesta.

Tutkimuskeskus OHS:n käsityksen mukaan työmaan johto- ja valvontatehtäviä hoitaneiden henkilöiden turvallisuusvastuut ja turvallisuustehtävät ovat jääneet epäselviksi. Tämä osaltaan heikensi työmaan työnjohtajan edellytyksiä huolehtia työmaan turvallisuudesta.

### 3.2.4 Sillan purkutyön suunnittelu

Päätoteuttajan on ennen rakennustyön aloittamista suunniteltava eri töiden ja työvaiheiden tekeminen sekä niiden ajoitus siten, että työt ja työvaiheet voidaan tehdä turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa työmaalla työskenteleville tai muille työn vaikutuspiirissä oleville. Ne erityiset turvallisuustoimenpiteet, jotka koskevat tämän päätöksen liitteessä 2 tarkoitettuja erityisiä turvallisuus- ja terveysvaaroja sisältäviä töitä, on otettava huomioon suunnittelussa (RakVNp 7 § 1 mom.).

Yhteisellä rakennustyömaalla on päätoteuttajan huolehdittava:

- 1) 7 §:ssä edellytetystä suunnittelusta johtuvien toimenpiteiden täytäntöönpanosta ja seurannasta;
- 2) 7 §:ssä tarkoitetun suunnittelun ajan tasalla pitämisestä; jne. (RakVNp 10 §).

Purkutyön suunnittelusta ja purkutyömenetelmistä on annettu määräyksiä RakVNp 43 ja 44 §:issä.

### Sillan työnaikaisen tuennan suunnittelu

Tukitelineiden, joiden tehtävänä on rakenteiden työnaikainen tukeminen, suunnittelusta ja rakentamisesta on Suomen Rakennusinsinöörien Liiton RIL ry julkaisema ohje RIL 147-1993 "Tukitelineet".

Purettavan sillan työnaikaisen tuennan suunnittelu on ollut keskeinen osa purkus suunnittelua. Kohdassa 4 on käsitelty purkus suunnitelman lähtötietoja, jotka ovat olleet monilta osin puutteelliset. Sillan tuennan suunnitteluun ovat liittyneet seuraavat vaiheet ja tapahtumat:

- Megasiirto Oy:n vastaava työnjohtaja käytti purkutyösuunnitelman pohjana Insinööritoimisto Pontekin laatimaa tuennan periaatesuunnitelmaa (25.6.1986).
- Työnjohtaja esitteli työsuojelupiirin tarkastajille 25.6.1998 tätä suunnitelmaa sekä suusanallisesti ajatuksiaan suunnitelman tarkentamiseksi. Työsuojelupiiri on tarkastuspöytäkirjassaan (1.7.1998) todennut, että esitettyjen suunnitelmien mukaan voidaan toimia.

- Työnjohtaja havaitsi 14.7. tehdyssä uoman pohjan tarkastussukelluksessa, että pohja ei ollutkaan kokonaan kalliota, vaan tukitornien perustamiskohdassa oli vanhan maapadon jäänteitä, jotka hankaloittivat tukitornien perustamista.
- Työnjohtajan ja IVO PE:n paikallisvalvojan kanssa käytyjen keskustelujen perusteella todettiin, että maanpoistoa ei kireästä aikataulusta johtuen ehditä suorittaa. Lisäksi oli vaara kaivettaessa irtoavan maa-aineksen joutumisesta turbiineihin. Sen vuoksi tukitornit perustettiin kallioon maan läpi porattavien kierretankojen varaan.
- Työnjohtaja laati tältä pohjalta yksityiskohtaisemman purkusuunnitelman 17.7.1998. Sitä korjattiin 23.7.1998. Suunnitelma sisälsi tukirakenteista rakennepiirustukset, yleiskuvauksen tunkkausmenettelystä sekä lujuuslaskelmia tukitornien yksittäisten rakenneosien kestävydestä. Tukirakenteen toiminnasta kokonaisuutena yhdessä purettavan sillan kanssa ei ole tehty laskelmia.
- Työnjohtaja luovutti purkusuunnitelman paikallisvalvojalle, joka kertoi lähettäneensä sen IVO PE:n suunnittelijoiden tarkastettavaksi Myyrmäen toimistoon.
- IVO PE:n suunnittelija on haastattelussa todennut saaneensa sanotun 23.7.1998 tarkennetun suunnitelman. Suunnitelmaan sisältyneissä asiakirjoissa ei ollut lujuuslaskelmia. Suunnittelija oli asian havaittuaan pyytänyt purku-urakoitsijaa toimittamaan laskelmat.
- IVO PE:n suunnittelija ei ollut haastattelujen mukaan pyynnöstä huolimatta saanut lujuuslaskelmia ja oli ilmoittanut tästä toimeksiantajalleen projektinjohtajalle.
- Megasiirto Oy:n työnjohtaja totesi haastattelussa, että koska IVO PE ei esittänyt suunnitelmaan huomautuksia, hän tulkitsi suunnitelman hyväksytyksi.

Tukitelineen rakennesuunnitelma oli raportin kohdassa 4 esitetyllä tavalla virheellisesti laadittu. Tukitelineen rakentamisessa tehtiin sellaisia virheitä, jotka ovat heikentäneet telineen kantavuutta.

Tukirakenteen puutteellinen ja suorastaan virheellinen suunnittelu on tutkintalautakunnan selvitysten mukaan ollut perussyynä onnettomuuteen.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan tuentasuunnitelman olisi ensisijassa pitänyt perustua selkeisiin rakenneratkaisuihin, joiden toimintatapa olisi ollut helpommin laskennallisesti hallittavissa. Tällaisia laskennallisesti vaikeasti hallittavia rakenteen epämääräisyyksiä olivat muun muassa:

- sillan epäkeskinen tuenta tukitorneille
- kierretankojen varaan perustaminen (kierretankojen epäkeskisyys tukitornin tukijalkaan nähden) ja
- tukitornin ja sillan kannen väliset rakenneosat.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan sillan tuentaan käytetyn tukitelineen suunnittelu erityisesti purku-urakoitsijan käyttämillä rakenneratkaisuilla on ollut erittäin vaativa tehtävä, jota urakoitsija ei ollut hahmottanut. Tuentasuunnitelman olisi pitänyt sisältää koko tukirakennelmaa koskevat lujuustarkastelut, jossa olisi tarkasteltu tuentaa ja purettavaa siltaa yhdessä toimivana rakenteena.

Tukitelineiden suunnittelun ja rakentamisen valvonnasta on työturvallisuussäädösten lisäksi varsin tarkkoja ohjeita RIL:n tukitelineohjeessa. Julkaisu sisältää ohjeita muun muassa tukitelinesuunnitelman tarkastamisesta, tukitelineen tarkastamisesta ennen telineen käyttöönottoa sekä tukitelineen valvonnasta sen kuormittamisen aikana. Tukitelineohje esittää rakennuttajalle keskeistä asemaa tarkastusten ja valvonnan toteuttamisessa.

Koska purkutyösuunnitelman laatiminen oli sovittu purkutyöurakoitsijalle Megasiirto Oy:lle, olisi tutkintalautakunnan käsityksen mukaan IVO PE:lle kuulunut suunnittelun valvonta ja siihen liittyen suunnitelman tarkastaminen ja hyväksyntä. Tätä tehtävää korostaa kaupungin ja IVO PE:n sopimus, että IVO PE tarkastaa purkutyösuunnitelman.

Tutkintalautakunnan mielestä IVO PE:n puolesta hankkeeseen kytketyt henkilöt eivät olleet hahmottaneet tukitelineen suunnittelua kyseisissä olosuhteissa vaativaksi tehtäväksi. Ehkä tästä syystä IVO PE:n valvonta oli liian passiivista, eikä se pystynyt tunnistamaan suunnittelussa tehtyjä virheitä. Tutkintalautakunnan mielestä jo suunnitelman silmämääräinen tarkastelu olisi asiantuntijalle paljastanut rakenteen epämääräisyydet, joista johtuen telineen toimintatapa oli vaikea hallita.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan RakVNP:n säännökset sekä tukitelineohje RIL 147-1993 antavat tähän tapaukseen hyvin soveltuvia menettelytapoja, joiden noudattaminen olisi saattanut estää onnettomuuteen johtaneiden suunnitteluvirheiden syntymisen tai paljastaa ne niin, että ne olisi voitu korjata.

### **Turvallisuuden huomioonottaminen purkutyösuunnitelmassa**

Purkutyösuunnitelmassa (laadittu 17.7.1998, korjattu 23.7.1998) ei ole esitetty toimenpiteitä työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi. Purkutyösuunnitelman kohdassa 2.0 on maininta, että työntekijöiden kanssa käydään läpi ennen purkutyön aloittamista työturvallisuusohjeet, jotka on laadittu erityisesti tätä työtä varten. Purku-urakoitsijan työnjohtaja (Megasiirto Oy:n toimitusjohtaja) on haastattelussa 12.8. todennut, että tällaisia ohjeita ei ole kirjallisina tehty. Työsuojelupiirin suorittamassa tarkastuksessa 25.6.1998 on annettu ohjeet veden varaan joutuneiden pelastamiseksi. Näitä olivat turvapuomin sijoittaminen veden pintaan alajuoksulle sekä kahden pelastusveneen sijoittaminen molemmille rannoille. Purkusuunnitelmaan näitä toimenpiteitä ei ole kirjattu.

Urakkasopimuksen kohdassa 14 on todettu, että työmaan työsuojelupäällikkö (purku-urakoitsijan työnjohtaja) laatii työsuojeluohjelman, joka käydään piirin työsuojeluhenkilöiden kanssa yhdessä läpi. Haastatteluissa on käynyt ilmi, että kumpikaan sopijapuolista ei ole ollut tietoinen siitä, mitä kyseisen työsuojeluohjelman tulisi sisältää. Työsuojelu-

jelupääällikkö on haastatteluissa todennut, ettei hän ole laatinut työsuojeluohjelmaa eikä sitä ole häneltä IVO PE:n taholtakaan pyydetty.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan purkusuunnitelmassa, työturvallisuusohjeissa tai työsuojeluohjelmassa tms. turvallisuussuunnitelmassa olisi tullut ottaa kantaa ainakin RakVNp:n liitteessä 2 lueteltujen vaaraa aiheuttavien töiden turvallisuuden varmistamiseen. Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan liitteessä 2 mainituista vaaraa aiheuttavista töistä olisi jo purkutyön suunnittelua aloitettaessa ollut tunnistettavissa ko. työkohteissa toteutuvaksi ainakin seuraavat:

- *kohta 1.* korkealta putoamisen vaara (betonikaarien katkaisuvaihe),
- *kohta 5.* hukkumisvaara (työt tehtiin virtaavan veden yläpuolella),
- *kohta 7.* työt, joissa käytettiin sukellusvälineitä (tukitornien perustukset tehtiin sukellustyönä) ja
- *kohta 11.* rakenteiden purkutyö (työn kohteena oli sillan purkaminen).

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan tukitelineiden mahdollisen sortumisen aiheuttaman työturvallisuusriskin poistamiseksi olisi hyvän tukitelinesuunnittelukäytännön mukaisesti tullut suunnitella tukirakennelman kuormituksenaikaisten siirtymien seuraamiseksi luotettavat menettelytavat. Siirtymien seuranta olisi tutkintalautakunnan käsityksen mukaan todennäköisesti paljastanut etukäteen sortumisen alkamisen, jolloin työntekijät olisivat ehtineet poistua sillalta ennen onnettomuutta.

Tutkintalautakunnan käsitys on, että purkusuunnitelman asianmukaiseen tarkastukseen olisi kuulunut pyytää purku-urakoitsijalta ennen työn aloittamista toimenpidesuunnitelma vaarojen torjumiseksi.

### 3.2.5 Vanhan sillan purkutyön toteutus

#### Tukitelineen rakentaminen

Purku-urakoitsijan työnjohtajan tehtäviin kuului huolehtia siitä, että tukiteline rakennettiin sellaiseksi, että purkutyö voitiin tehdä turvallisesti. Työnjohtaja teki itse vedenalaisia sukellustöitä muun muassa tukitornien perustuksen rakentamista, jolloin hänellä on ollut mahdollisuus valvoa työn toteutusta. Työnjohtaja on tavallaan jatkanut tukirakennelman suunnittelua sen rakentamisen edetessä.

Megasiirto Oy oli antanut kierretankoja varten tarvittavien reikien kallioon porauksen Terramare Oy:lle, jolla oli tehtävään tarvittava vaunuporakone. Kierretankojen ja niitä ympäröivien suojaputkien (betoni-injektointia varten) asentamisen sekä betoni-injektoinnin sukellustyönä teki Sukellustyö Wihuri Oy:n sukeltaja. Purku-urakoitsijan työnjohtaja osallistui itse jossain määrin muun muassa betoni-injektointiin. Työn toteutuksessa on tutkimuksissa todettu seuraavia puutteellisuuksia:

- tukitornien perustamisessa käytetyt kierretangot oli asennettu epäkeskisesti tornien tukijalkoihin nähden,
- kaikki kierretangot eivät tavoitteesta huolimatta ulottuneet kallioon,
- kierretankojen ympärille asennetut suojaputket eivät olleet kaikilta osin menneet kallioon asti, minkä työnjohtaja kertoi saaneen tietoonsa sukeltajalta vasta onnettomuuden jälkeen,
- kaikki suojaputket eivät olleet täynnä betonia,
- tukitornien päälle asennettujen HEB-palkkien kiinnityshitsaukset oli toteutettu huonosti ja
- lisäksi työnjohtaja oli oman harkintansa tuloksena jättänyt tukitornia jäykistäviä vinositeitä pois.

Tutkimuslautakunnan käsityksen mukaan tukitornien rakenteet toteutettiin huolimattomasti, vaikkakin suurimmaksi osaksi tukitelineen suunnitelleen työnjohtajan hyväksymänä. Huolimattomasti toteutetut tukirakenteet hyväksyttiin osittain siitä syystä, että rakenteilla uskottiin olevan varmuutta riittävästi. Tutkimuslautakunnan käsityksen mukaan rakenteiden huolimaton toteuttaminen, erityisesti vinojäykisteiden poisjättäminen, heikensi tukitornien kantokykyä.

Työtelineelle on RakVNp 12 §:n mukaan tehtävä käyttöönottotarkastus ennen telineen käyttöönottamista. Päättöteuttajan nimeämän vastuuhenkilön tai tämän tehtävään määräämän henkilön on tehtävä tarkastus. Tarkastuksista on pidettävä pöytäkirjaa (RakVNp 14 §).

Tukiteline toimi samalla työtelineenä, koska työntekijät työskentelivät tämän telineen varassa. Työsuojelupiirin tarkastaja on todennut, että työmaalla ei ole tehty työtelineille eikä myöskään kyseiselle tukitelineelle käyttöönottotarkastuksia.

Tutkimuslautakunnan käsityksen mukaan käyttöönottotarkastuksessa pitäisi yhtenä olennaisena asiana varmistaa, että teline on tehty suunnitelman mukaan. Käyttöönottotarkastus olisi pitänyt tässäkin tapauksessa tehdä, mutta koska suunnitelma oli puutteellinen ja virheellinen, tarkastuksessa tuskin olisi pystytty tunnistamaan kaikkia telineen puutteita. IVO PE:n edustaja olisi saattanut silmämääräiselläkin tarkastuksella kuitenkin havaita vinositeiden puuttumisen. (Vinositeiden käyttö olisi todennäköisesti estänyt tukirakenteen sortumisen.)

### **Purkutyövaihe**

#### Turvatoimet sillan sortumisen varalta

Sillan mahdollisen sortumisen varalta ei laadittu turvallisuusohjeita. Sillan ja tukirakenteiden käyttäytymistä oli seurattu ainoastaan betonikaarien ensimmäisen katkaisun ajan,

jolloin sillan paino siirtyi tukitornien varaan. Tällöin ei tukitelineessä todettu ylisuuria muodonmuutoksia.

Tutkintalautakunnan tutkimusten mukaan betonikaaren katkaisu ei ollut kuitenkaan pahin kuormitustilanne ajatellen nimenomaan itäpuolen tukitornia. Tutkintalautakunnan mielestä kenelläkään työmaalla olleista henkilöistä ei ollut edes riittävää käsitystä siitä, miten kuormat tukitelineelle jakautuvat eikä näin ollen siitä, mikä oli tukitelineelle kriittisin kuormitustilanne. Tukirakenteiden siirtymien seuranta kriittisimmän kuormitustilanteen ajaksi ei ollut järjestetty.

#### Turvallisuustoimenpiteet hukkumisen estämiseksi

Työsuojelupiirin tarkastajien vaatima turvapuomi oli asennettu alajuoksulle, mutta se oli jo ennen onnettomuutta katkennut eikä sitä oltu korjattu. Piirin vaatimia pelastusveneitä ei ollut pelastusvalmiudessa onnettomuushetkellä.

Sukeltajan apumiehelle oli annettu ohjeet käyttää kelluntaliiviä, mutta ei muille.

Betonipalkin katkaisua suorittanut henkilö käytti henkilönostimella työskennellessään turvavyötä putoamisen estämiseksi. Turvavyö ei ollut valjastyypinen, kuten sen olisi siinä työssä pitänyt olla. Jos turvavyö olisi ollut sillan sortuessa kiinni, se olisi todennäköisesti hukuttanut työntekijän.

Tutkimuksissa kävi ilmi, että onnettomuudessa hukkunut työntekijä oli lähes uimataidoton. Muut kaksi veden varaan joutunutta työntekijää, jotka pelastuivat, osasivat uida. Työnjohtaja kertoi haastattelussa tienneensä hukkuneen työntekijän uimataidottomuudesta etukäteen. Tätä ei oltu kuitenkaan otettu huomioon turvallisuustoimenpiteissä.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan kelluntaliivi olisi ollut käyttökelpoinen ratkaisu hukkumisen estämiseksi kaikille sillan kannella työssä olleille työntekijöille, erityisen tärkeä se olisi ollut uimataidottomalle henkilölle. Tutkintalautakunnan käsitys on, että kelluntaliivin käyttäminen olisi todennäköisesti estänyt hukkumisen.

#### Työmaan turvallisuusseuranta

Rakennustyömaalla on työn aikana ajoittain, mikäli mahdollista ainakin kerran viikossa tehtävissä kunnossapitotarkastuksissa tarkastettava muun muassa työmaan ja työkohteiden yleisjärjestys, putoamissuojaus, valaistus, rakennustyön aikainen sähköistys, nosturit, henkilönostimet ja muut nostolaitteet, nostoapuvälineet, rakennussahat, telineet, kulkutiet sekä maan ja kaivantojen sortumisvaaran estäminen.

Tarkastuksissa on kiinnitettävä huomiota siihen, että 10 §:ssä tarkoitetut toimenpiteet hoidetaan oikea-aikaisesti ja yhteensovitettuina (RakVNp 13 §).

Päätoteuttajan nimeämän vastuuhenkilön tai tämän tehtävään määräämän henkilön on tehtävä tarkastukset. Tarkastuksista on pidettävä pöytäkirjaa (RakVNp 14 §).

Työsuojelupiirin tarkastaja on onnettomuutta tutkiessaan todennut, että työmaalla ei ole tehty viikottaisia kunnossapitotarkastuksia. Purku-urakoitsijan pitämässä työmaapäiväkirjassa ei ole merkintää, että turvallisuustarkastuksia olisi tehty. Työmaapäiväkirjaan on merkitty muistiin joitakin toimenpiteitä, joilla työturvallisuutta on pyritty hoitamaan. IVO PE:n edustaja ei ole haastattelujen mukaan vaatinut tarkastusten tekemistä.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan työmaalla olisi pitänyt pitää turvallisuustarkastuksia, joiden lähtökohtana olisi varmistaa turvallisuussuunnitelmien toteutuminen sekä työsuojelupiirin antamien ohjeiden toteutuminen. Asianmukaiset tarkastukset olisivat paljastaneet ainakin piirin vaatimien pelastusveneiden ja turvapuomin puuttumisen. Turvapuomi olisi nopeuttanut veden varaan joutuneiden pelastustöitä.

### 3.3 Onnettomuuden syntyyn myötävaikuttaneet tapahtumat

Keskeisenä onnettomuuteen vaikuttavana tekijänä tutkintalautakunta pitää sitä, että vanhan sillan purkutyö oli erittäin vaativa työ. Tätä kukaan hankeorganisaatioon kuullut henkilö ei riittävästi tiedostanut. Purkutyö oli poikkeuksellisen vaativa siksi, että se tehtiin vuolaan virran yläpuolella ja työnaikaiset tukirakenteet jouduttiin tekemään vedenalaisena työnä. Vaativuutta lisäsi se, että joen virtaama oli sateisesta kesästä johtuen poikkeuksellisen suuri ja virtaaman säätelymahdollisuudet taloudellisista syistä rajoitetut.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan onnettomuuden syntymiseen vaikuttivat seuraavat puutteet organisaation muodostamisessa ja organisaation toiminnassa:

Rakennuttaja ja sen valitsema projektinjohtourakoitsija kytkivät hankkeen valmisteluun sellaiset henkilöt, jotka eivät olleet perehtyneet RakVN:n vaatimuksiin rakennuttajan ja päätoteuttajan turvallisuustehtävistä:

- turvallisuustehtävistä ja tehtäväjaosta ei eri osapuolten kesken sovittu hankkeen valmisteluvaiheen osalta eikä myöskään myöhemmin työmaatoteutuksen osalta,
- työmaan turvallisuudesta vastaavat henkilöt jäivät nimeämättä.

Projektinjohtourakoitsija ei selvittänyt hankkeeseen sisältyviä turvallisuusriskejä:

- sillan purkutyön riskejä ei tunnistettu,
- purkutyön vaativuus ei ollut riittävästi kriteerinä purku-urakoitsijan valinnassa
- hankkeesta ei laadittu turvallisuusasiakirjaa.

Projektinjohtourakoitsija valitsi työmaavalvojakseen henkilön, joka ei ollut perehtynyt RakVN:n vaatimuksiin eikä omannut kokemusta sillan purkutöistä:

- päätoteuttajan velvollisuudeksi säädetyistä turvallisuustehtävistä ei ollut työmaalla riittävästi tietoa.



Projektinjohtourakoitsija valitsi sillan purkamiseen purku-urakoitsijan, joka täytti hyvin sen valintakriteerit, mutta joka ei hahmottanut purkutyön suurta vaativuutta:

- purkutyön suunnittelussa ei ollut käytössä tehtävän vaativuuden edellyttämää tietoa.

Projektinjohtourakoitsija antoi purku-urakoitsijalle uoman pohjaolosuhteista ja sukellustyön aikataulutukseen vaikuttavista asioista tarkistamattomia ja osin virheellisiä tietoja:

- pohja ei ollut kokonaan kalliota, mikä edellytti muutoksia tukitelineen perustuksiin,
- öisin tehtäviin sukellustöihin käytettävissä ollut aika jäi purku-urakoitsijan olettaa aikaa lyhyemmäksi ja
- purku-urakoitsija suunnitteli sillan tuennan virheellisesti.

Purkusuunnitelmassa oli lisäksi seuraavia puutteita:

- sillan siirtymien työaikaista tarkkailua ei suunniteltu ja
- toimenpiteitä hukkumisen torjumiseksi (yksi työntekijöistä oli uimataidoton) ei suunniteltu.

Projektinjohtourakoitsija valvoi purkusuunnittelua passiivisesti:

- suunnitelmalta ei vaadittu riittävää laatua,
- sillan tuentasuunnitelmaa ei tarkastettu kunnolla ja
- suunnittelun puutteet ja virheet eivät paljastuneet.

Purku-urakoitsija poikkesi tukitelineen rakentamisessa suunnitelmistaan:

- jäykistävät vinositeet jätettiin tukitornista pois,
- suunnitelmasta poikettiin myös muilla tavoin (vrt. kohta 3.2.5),
- tuennan kantavuus heikkeni alkuperäiseen suunnitelmaan nähden.

Projektinjohtourakoitsija ja purku-urakoitsija eivät tarkastaneet telinettä ennen purkutyön aloittamista:

- myös pelastustoimenpiteistä annettujen ohjeiden toteutuminen jäi varmistamatta (jätettiin korjaamatta työsuojelupiirin määräämä turvapuomi ja varaamatta pelastusveneet rantaan riittävään pelastusvalmiuteen).

Tukiteline ja silta sortuivat Vuokseen. Seurauksena yksi sillalla työskennellyt henkilö hukkui ja kaksi muuta veden varaan joutunutta pelastettiin.



### **3.4 Viranomaisten valvonta**

#### **3.4.1 Valvovat viranomaiset**

Tutkintalautakunta on selvittänyt viranomaisten toimintaa siitä näkökulmasta, mitä mahdollisuuksia viranomaisilla on ehkäistä Tornan sillan sortumaonnettomuuden kaltaisia onnettomuuksia.

Kyseessä olevan sillan purku kuuluu sekä rakennusvalvontaviranomaisten että työsuojeluviranomaisten valvontaan. Rakennusvalvonnassa toimivaltainen viranomainen oli Imatran kaupungin rakennuslautakunta ja sen alaisuudessa toimiva rakennustarkastaja. Työsuojelun valvonta onnettomuuskohteessa kuului Kymen työsuojelupiirille.

Maantiesiltojen rakentamista valvoo lisäksi lähinnä rakennuttamiseen liittyvänä hallinnon sisäisenä toimintana Tielaitos. Tielaitos (Tiehallinto) tieviranomaisena huolehtii omien siltatöidensä osalta suunnitelmien tarkastamisesta ja työnaikaisesta valvonnasta. Sille eivät kuitenkaan kuulu Tornan sillan kaltaisten, kuntien omien siltojen valvonnasta vastaaminen.

Seuraavassa tarkastellaan tarkemmin rakennusvalvontaviranomaisen ja työsuojeluviranomaisen toimintaa.

#### **3.4.2 Rakennusvalvontaviranomaisen toiminta**

##### **Rakennusvalvonnan perusteet**

Rakennusvalvonnan tehtävä on valvoa rakennuslain sekä sen nojalla annettujen Suomen rakentamismääräyskokoelman määräysten toteutumista rakentamisessa. Rakennuslakia on täydennetty rakennusasetuksella. Rakennuslaki on juuri uusittu ja uudistus tulee voimaan 1.1.2000. Rakennusasetusta uudistetaan parhaillaan.

Tutkintalautakunnan käsitys on, että rakennuslaissa rakennus ja rakennusluvan vaatimus on määritelty siten, että lain perusteella on vaikea sanoa, mihin rakennusvalvonnalla on oikeus ja velvollisuus puuttua.

Imatran kaupungin rakennustarkastajan mukaan valvonta kohdistuu vain sellaiseen rakentamiseen, johon vaaditaan rakennuslupa tai toimenpidelupa. Siltojen rakentaminen ei edellytä rakennustarkastajan mukaan rakennuslupaa. Kaikille rakennettaville rakenteille, joilla on merkitystä ympäristölle, on haettava toimenpidelupa. Toimenpidelupaa myönnettäessä tarkastellaan rakennushankkeen vaikutusta kaupunkikuvaan. Lupaehdotuksiin ei sisälly lainkaan rakenteiden lujuuteen eikä rakennustyöhön kohdistuvia katselmuksia eikä muutakaan valvontaa.

Rakennustarkastajan mukaan rakennuslupa edellytetään vain taloille. Valvonta kohdistuu lähinnä rakennuskaavan toteutumisen varmistamiseen. Rakenteiden lujuuslaskelmat tulevat viranomaiselle tiedoksi, mutta niitä ei virallisesti tarkasteta tai hyväksytä. Rakennus-

nusten purkamisen yhteydessä rakennusvalvontaviranomainen ei vaadi purkusuunnitelmia tehtäväksi eikä nähtäväkseen.

Rakennusvalvonta voi sovittaa rakennuslupaa koskevan hakemuksen tarkastamisen hankkeen ja suunnittelussa käytetyn asiantuntemuksen mukaisesti. Rakennusvalvonnan tehtäviin kuulua valvoa tiettyjen viranomaiskatselmusten lisäksi, että hankkeen toteuttavat pätevät suunnittelijat ja toteutusta johtaa pätevä vastaava työnjohtaja. Tarkastajan mukaan Imatran kaupungin rakennusvalvonnalla ei ole riittävää asiantuntemusta sillan rakentamiseen liittyvien lujuuslaskelmien tarkastamiseen.

Työsuojelupiirin tarkastajat totesivat haastattelussa, että kuntien kanssa on sovittu rakennusluvista tiedottamisesta työsuojelupiiriin. Imatran kaupungin rakennustarkastaja ei ollut tietoinen sopimuksesta.

Rakennustarkastajan mukaan hankkeissa, joissa on uusia työpaikkoja enemmän kuin viisi, edellytetään työsuojelupiirin lausunto ennen luvan myöntämistä. Mitään kirjallista sopimusta rakennusluvista tiedottamisesta ei todennäköisesti ole, koska lähikunnatkaan eivät ole tietoisia kyseisestä sopimuksesta.

#### **Toteutettu rakennusvalvonta Tornan sillan purkuhankkeessa**

Imatran kaupunki (siltakannen omistaja) oli hakenut Tornan sillan rakentamiselle toimenpideluvan, joka sille oli myönnetty 20.2.1998. (Imatran kaupunki oli tavallaan itse myöntänyt luvan itselleen.)

Rakennustarkastajan mukaan rakennusvalvonta ei ole valvonut millään tavalla sillan purkutyötä, koska se ei kuulu sen toimivaltaan. Rakennustarkastaja ei ollut ilmoittanut työsuojelupiiriin toimenpideluvasta, koska ei ollut tietoinen tällaista menettelyä koskevan sopimuksen olemassaolosta.

Tutkintalautakunnan käsitys on, että rakennusvalvontaviranomaisen tehtäviin kuuluu varsin vähän rakenteiden lujuuteen kohdistuvaa valvontaa ja kunnan omistamien siltojen osalta tämä valvonta puuttuu kokonaan. Rakennusvalvonnalla ei ole ollut valvontaa koskevista säännöksistä johtuen mahdollisuutta vaikuttaa sillan sortumisen estämiseen.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan toimenpideluvasta ilmoittaminen työsuojelupiiriin olisi lisännyt työsuojeluviranomaisen mahdollisuuksia valvoa rakennushankkeen valmisteluvaihetta.

### **3.4.3 Työsuojeluviranomaisen toiminta**

#### **Työsuojeluvalvonnan perusteet**

Viranomaisen tehtävät työsuojelun valvonnassa määrittelee laki työsuojelun valvonnasta ja muutoksenhausta työsuojeluasioissa (131/73). Laki on vuodelta 1973 ja sitä on myöhemmin täydennetty ja uudistettu. Tässä tutkintaselostuksessa laista käytetään lyhennettä TsValL.

Keskeisimmät velvoitteet viranomaisvalvonnan määrästä ja laadusta sisältyvät TsVall 3, 4 ja 15 §:iin.

Tarkastuksia on toimitettava niin usein ja niin tehokkaasti kuin valvonnan kannalta on tarpeellista (3 § 1 mom.).

Tutkintalautakunnan saaman käsityksen mukaan työsuojelupiirit voivat oman harkintansa perusteella itse valita valvonnan kohteeksi otettavat työmaat samoin ne menettelytavat, joilla työmaata valvotaan. Työsuojelupiiri voi harkintansa mukaan tehdä työmaalle niin monta tarkastusta kuin katsoo tarpeelliseksi. Piirin ei ole pakko tarkastaa kaikkia työmaita. Piiri voi itse päättää myös, tehdäänkö sen työmaalle antamien ohjeiden noudattamisen seurantatarkastuksia vai uskooko se, että ohjeita noudatetaan ilman jälkivalvontaa.

Jos tarkastuksessa tai muutoin havaitaan, että työpaikan rakennuksissa, laitteissa tai oloissa on puutteellisuuksia tai epäkohtia, joiden korjaaminen tai poistaminen on työnantajan velvollisuutena, taikka jos työnantaja ei noudata hänelle tässä laissa tai sen nojalla annetuissa säännöksissä tahi määräyksissä asetettuja velvollisuuksia, tarkastuksen toimittajan on työnantajan tai hänen edustajansa kanssa neuvoteltuaan annettava asianmukaiset ohjeet puutteellisuuksien korjaamiseksi tai epäkohdan poistamiseksi (15 § 1 mom.).

Tutkintalautakunnan saaman käsityksen mukaan tarkastaja voi itse oman ammattitaitonsa ja kokemuksensa perusteella valita ne aiheet, joiden säädöstenmukaisuutta hän työmaalla kulloinkin valvoo. Hän voi myös harkintansa mukaan päättää, kuinka laajasti ja syvällisesti on tarpeen perehtyä työmaan turvallisuuteen tai turvallisuustoiminnan toimivuuteen. Tutkintalautakunnan mielestä kaikki turvallisuuteen vaikuttavat asiat eivät ole työmaalla silmämääräisen tarkastelun perusteella havaittavissa. Valvontaa koskevat säädökset eivät puutu siihen, kuinka tarkastajan tulisi valvoa suunnitelmien sisältöä. Tarkastukset eivät myöskään voi olla kaiken kattavia, eikä tarkastusta tästä syystä ole pidettävä työmaan turvallisuustason ja turvallisuustoiminnan kaikinpuolisena hyväksymisenä.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan työmaalla pitäisi voida luottaa siihen, että tarkastajan ohjeina antamien ratkaisukeinojen noudattaminen johtaa riittävään turvallisuuteen. Lisäksi työmaalla on myös perusteltua syytä pitää hyväksyttynä sellaisia asioita, joihin tarkastaja ei ole puuttunut, mutta jotka hänen olisi pitänyt ammattitaitonsa ja tarkastuksen luonne ja kattavuus huomioonottaen havaita ja tunnistaa.

Jos tarkastuksessa tai muutoin todetaan, että työpaikalla vallitsevasta puutteellisuudesta tai epäkohdasta aiheutuu työntekijälle hengen tai terveyden menettämisen vaara, eikä työnantaja asetetussa määräajassa korjaa puutteellisuutta tai poista epäkohtaa, tarkastuksen toimittaja voi, asianomaisia kuultuaan, kieltää laitteen tai työmenetelmän käyttämisen taikka työnteon jatkamisen, kunnes puutteellisuus on korjattu tai epäkohta on poistettu. Jos hengen tai terveyden menettämisen vaara on välitön, tarkastuksen toimittajan on, mikäli mahdollista asianomaisia kuultuaan, heti annettava tässä tarkoitettu kiello (16 § 1 mom.).

Tutkintalautakunnan saaman käsityksen mukaan työn kieltämisen aiheuttavan vaaran on oltava konkreettinen, kuten putoamisen vaara, asbestipölylle altistumisen vaara tai vaikkapa koneen suojaamattoman terän aiheuttama vaara. Työsuunnitelman puuttuminen, työmaatarkastuksen tekemättä jättäminen tai turvallisuusasiakirjan puuttuminen eivät ole kiellon perusteita.

TsValL:ssä on säädetty myös tarkastajan oikeuksista puuttua asioihin. Oikeudet ja juridiset mahdollisuudet puuttua asioihin ovat laajat, eikä niitä tässä yhteydessä erikseen ole tarvetta tarkastella.

Työsuojelun valvonta työpaikoilla kuuluu työsuojelupiirien työsuojelutoimistoille. Imatralla työsuojelun valvonta kuuluu Kymen työsuojelupiirille.

Työsuojelupiirin piiripäällikön mukaan Kymen työsuojelupiirin alueella rakennusalan työsuojelun valvontaan on varattu noin neljä henkilötyövuotta. Piirissä on yhteensä viisi rakennusalan valvontaan erikoistunutta tarkastajaa. Valvottavia rakennustyömaita, jotka täyttävät yhteisen rakennustyömaan kriteerit, on piirin alueella vuosittain niin paljon, että ei ole mahdollista tarkastaa kaikkia työmaita. Piiri pyrkii valitsemaan työmaat sen mukaan, kuinka merkittäviä työsuojeluriskejä niissä tiedetään olevan. Merkittävä osa valvonnasta ja tarkastuksista suunnataan ministeriön ja piirin yhdessä sopimien toimintalinjojen perusteella, jotka edellyttävät piirin resurssien suuntaamista myös muuhun kuin tapaturmantorjuntaan.

Piiripäällikön mukaan rakennusalan valvontaa vaikeuttaa jonkin verran se, että piirillä ei ole tietoa kaikista käynnissä olevista rakennustyömaista, koska kaikista työmaista ei tehdä alkamisilmoitusta. Tällaisten työmaiden tuleminen työsuojelupiiriin tietoon on satumanvaraista.

### **Toteutettu työsuojeluvalvonta Tornan sillan purkuhankkeessa**

Megasiirto Oy:n työnjohtaja teki Tornan sillan rakennustyömaan alkamisesta ilmoituksen Kymen työsuojelupiiriin työsuojelutoimistoon puhelimitse ennen työn alkamista. Kirjallista alkamisilmoitusta työmaasta ei ole tehty. Työsuojelupiiri sai siltahankkeen aloitusajan kohdasta tiedon ensimmäisen kerran purku-urakoitsijan puhelinilmoituksen perusteella. Imatran kaupunki ei ole myöskään ilmoittanut työsuojelupiiriin sillan rakentamisen toimenpideluvasta.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan työsuojelupiiri ei saanut työmaan alkamisesta tietoa niin aikaisin, että se olisi hyvin pystynyt puuttumaan hankkeen valmisteluvaiheeseen, kuten projektinjohtourakoitsijan riskien arviointiin, turvallisuusasiakirjan laadintaan tai purku-urakoitsijan valintamenettelyyn.

Työsuojelupiiri oli tehnyt työmaalle ennen onnettomuutta yhden valvontakäynnin, jota oli työmaalta pyydetty. Tarkastuksen pääasiallinen kohde oli purettavan sillan purkusuunnitelman läpikäynti. Tarkastuksen teki 25.6.1998 kaksi työsuojelupiiriin insinööriä.

Tarkastuspöytäkirjassa n:o 924/98 1.7.1998 tarkastuksen kohteeksi/aiheeksi on kirjattu Imatran Tornan sillan purku ja uusien palkkien asennus/työnsuunnittelu.

Pöytäkirjan mukaan Megasiirto Oy:n vastaava työnjohtaja esitteli sillan purkusuunnitelman. Haastattelujen mukaan suunnitelma oli Insinööritoimisto Pontekin 25.6.1986 laatima luonnos purettavan sillan työnaikaisesta tuennasta sekä sillan rakenteiden purkamisjärjestyksestä. Vastaava työnjohtaja oli suullisesti kertonut tarkastajille ajatuksiaan siitä, miten tuenta tarkemmin toteutetaan. Tarkastajien mukaan työnjohtajan esityksistä sai sellaisen yleisvaikutelman, että työturvallisuusasioita pyrittiin työmaalla hoitamaan hyvin. Tarkastuksessa ei kuitenkaan käyty läpi hankkeen organisaation (rakennuttaja, pää toteuttaja, suunnittelijat, purku-urakoitsija) käytännön menettelyjä työturvallisuuden varmistamiseksi.

Tarkastuksessa käytyjen keskustelujen perusteella tarkastajien antamista ohjeista on pöytäkirjaan kirjattu seuraavaa: Esitettyjen suunnitelmien mukaan voidaan toimia. Samalla sovittiin, että alajuoksun puolelle veden pintaan pingotetaan puomi, mihin mahdollisesti veden varaan joutunut voi tarttua. Lisäksi sovittiin sijoitettavan molemmille rannoille pelastusvene. Sovittiin samoin, että ulkopuolisilta estetään pääsy työmaa-alueelle. Tarkastajien kertoman mukaan tarkastuksessa oli keskusteltu siitä, että työntekijöiden tulee olla uimataitoisia. Kelluntaliivin käytöstä oli myös keskusteltu, mutta käyttöä ei pidetty välttämättömänä silloin, kun siltakannella työskennellään suojakaiteiden sisäpuolella.

Tarkastuksen jälkeen purku-urakoitsijan työnjohtaja oli laatinut tarkennetun purkusuunnitelman 17.7, jota oli edelleen muutettu 23.7. Näitä tarkennettuja suunnitelmia ei ole käyty työsuojelupiirin tarkastajien kanssa läpi. Työsuojelupiiri ei ole pyytänyt tarkennettuja suunnitelmia nähtäväkseen.

Tarkastuksen (26.6.1998) jälkeen työsuojelupiiri ei ennen onnettomuutta tehnyt työmaalle tarkastuksia eikä muutakaan valvontaa.

Haastatteluissa Megasiirto Oy:n ja IVO PE:n edustajat totesivat saaneensa sen käsityksen, että työsuojelupiirin tarkastajien kannanotot suunnitelmasta tarkoittivat sitä, että viranomaisena olisi hyväksynyt suunnitelman. Julkisten tiedotusvälineiden edustajat kyselivät myös heti onnettomuudesta tiedon saatuaan sitä, oliko purkusuunnitelma työsuojeluviranomaisen hyväksymä. Hyväksynnästä keskusteltiin myös onnettomuutta koskevassa tiedotustilaisuudessa.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan työmaan johdosta vastaaville henkilöille oli muodostunut sellainen käsitys, että purkutyön suunnittelu oli työsuojelullisesti kunnossa ja, että he olivat hoitaneet velvollisuutensa työsuojeluviranomaisiin päin. Tätä käsitystä saattoi vahvistaa se, että tarkastajat eivät pyytäneet erikseen tarkentamaan suunnitelmia eikä tarkennettuja suunnitelmia nähtäväkseen.

Tutkintalautakunnan mielestä työmaalla tulkittiin työsuojeluviranomaisen tarkastus virheellisesti purkusuunnitelman hyväksynnäksi. Toteutetun tarkastuksen luonne huomioonottaen tarkastajilla ei olisi ollut mahdollista pystyä tunnistamaan tuennan rakenteissa olevia puutteita, varsinkin kun suunnitelma oli luonnosvaiheessa. Tutkintalautakunnan käsitys on, että myöskään työsuojelutarkastajat eivät tunnistanee sillan tuennan

suunnittelun suurta vaativuutta eivätkä osanneet kiinnittää riittävästi huomiota sillan romahtamisen vaaraan.

Tutkintalautakunnan mielestä tarkastus kohdistui yksinomaan työmaan fyysisiin vaaratekijöihin ja annetut ohjeet osuivat siinä todellisiin vaarakohtiin. Käytetty valvontamennettely ei kuitenkaan paljastanut niitä puutteita hankeorganisaation turvallisuustoiminnassa. Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan hankeorganisaation turvallisuustoiminnan puutteiden tunnistaminen ja niiden korjaaminen työmaan alkuvaiheessa olisi poistanut joitakin onnettomuuteen myötävaikuttaneita tekijöitä. Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan tällaisia tunnistettavissa olevia puutteita olivat:

- turvallisuusasiakirjaa ei ollut laadittu,
- projektinjohtourakoitsija ei ollut nimennyt työmaalle vastuullista työnjohtajaa,
- projektinjohtourakoitsijan työmaavalvojalla (paikallisvalvoja) ei ollut kokemusta purkutöistä eikä hän tuntenut RakVNp:n määräyksiä päätoteuttajan turvallisuustehtävistä,
- purkutyösuunnitelmassa ei esitetty toimenpiteitä turvallisuuden varmistamiseksi ja
- työmaalla ei tehty turvallisuustarkastuksia.

## 4 PURKAMISEN FEM-SIMULOINTI

Elementtimenetelmä (Finite Element Method) on numeerinen rakenneanalyysimenetelmä, jossa rakenne mallinnetaan erillisiä pieniä yksinkertaisia osia eli elementtejä käyttäen. Kunkin elementin rakenteellista toimintaa kuvataan sen solmupisteissä vaikuttavilla voimilla ja solmupisteiden siirtymillä sekä niitä toisiinsa sitovilla tasapainoyhtälöillä. Koko rakenne yhdistetään sitomalla yhteen vierekkäisiin elementteihin liittyvät yhteiset solmupisteet. Elementistä toiseen välittyvistä voimista koostuvat silloin koko rakenteen tasapainoyhtälöt. Syntyneen suuren yhtälöryhmän muodostamiseen ja ratkaisuun tarvitaan tietokonetta. Ratkaisuna saaduista siirtymistä voidaan laskea elementtien – eli minkä tahansa rakenteen osan – sisäiset voimasuureet ja jännitykset. Elementtimenetelmän avulla voidaan mallintaa ja ratkaista sellaisia monimutkaisia rakenteita, joita muuten ei pystytä analysoimaan. Nyt kuvattavassa sortuneen sillan FEM-mallissa tukitorneineen on kaikkiaan 359 elementtiä, 243 solmupistettä ja reunaehtojen huomioimisen jälkeen 1304 yhtälöä.

FEM-simuloinnin tarkoituksena on tutkia tietokonemallilla numeerisesti Tornan sillan staattista toimintaa. Ensin lasketaan sillan siirtymä ja rasiustila ennen tukitornien asennusta, sitten seurataan purkamisen edistymistä asettamalla vuoron perään tunkkausvoimat ja kiinnittämällä tukipalat, katkaisemalla ja sitten poistamalla betonikaaret, sekä lisäämällä sillalla olevien työkonoiden kuormien vaikutus. Näin saadaan selville rakenteen siirtymätila purkamisen eri vaiheissa sekä tukitornien ja jalkojen kuormitukset tärkeimmissä työvaiheissa. Rakenteen stabiliteetti lasketaan myös purkamisen kannalta kriittisissä vaiheissa. Tietokonemallilla voidaan selvittää myös ”mitä jos” kysymykset, esimerkiksi tukitorneista puuttuneiden vinositeiden vaikutusta.

### 4.1 Sillan rakennekuvaus

Tornan silta, entiseltä nimeltään Tainionkosken silta, koostuu länsipään kolmiaukkoi-sesta teräspalkkisillasta ja itäpään kahdesta Langer-jännevälistä, ks. kuva 1.2. Sortunut osa on itäisin Langer- jänneväli. Langer- sillassa kannen pääpalkit tuetaan kaarirakenteella. Tornan sillan 50,6 m jänneväliä toisistaan 5,6 m etäisyydellä olevat kannen teräksiset pääpalkit on tuettu 10 m korkeisiin betonikaariin riipputangoilla. Päistään betonikaaret liittyvät toisiinsa teräsbetonisten poikkipalkkien välityksellä. Nämä tarjoavat samalla kiinnityskohdat siltalaakereille. Lisäksi betonikaaret on liitetty toisiinsa kuudella betonisella poikkipalkilla. Pääpalkit on koostettu niittaamalla teräslevyistä ja L-profiileista. Pääpalkit on sidottu toisiinsa poikkipalkkeilla, joiden päällä ovat sekundääriset pitkittäispalkit, toiset poikittaispalkit, kansilankutus ja asfaltti. Poikittaissidonnassa on 6,3 m välein järeämmät poikkipalkit. Lisäksi poikittaispalkiston alla on diagonaalit vaa-kajäykisteinä.

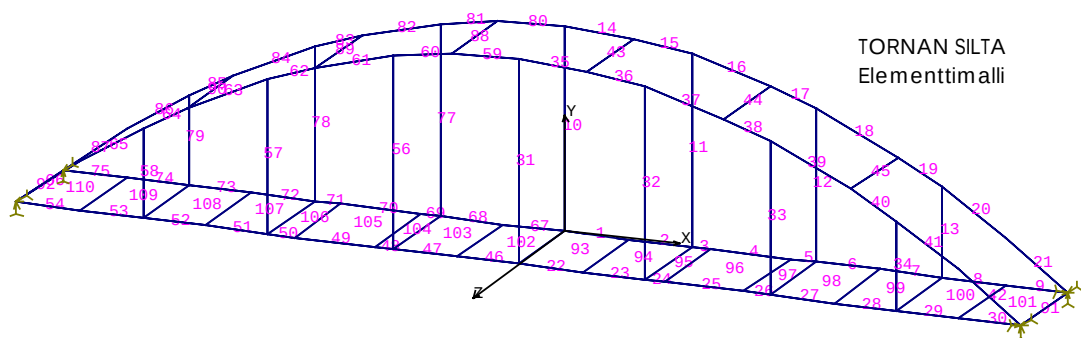
Langer- osan rakenne on kuvattu piirustuksissa: Imatran Voima, Tornan silta, 1043....1060. Alkujaan piirustukset on tehty vuonna 1943. Sillan teräsosat ovat sotasaa-lista Syväriltä ja ne tuotiin Imatralla ja koottiin Langer sillaksi vuosina 1943-1944. Sillan rakenteista on tehty useita kuntotutkimuksia, (ks. lähdeliiteluettelo), joiden mukaan kan-



tavat rakenteet ovat hyvässä kunnossa. Ko. liiteraporteista on saatu myös tiedot betonin lujuudesta.

## 4.2 FEM idealisointi

Rakenneanalyysiä ja purkamisen ajaksi tehdyn tuennan simulointia varten sillan rakenteista tehtiin elementtimalli, kuva 4.1. Selkeitä osia ovat betonikaaret ja niihin suoraan liittyvät osat sekä pääpalkit, jotka kuvataan palkkielementeillä. Poikittais- ja pitkittäispalkistot, lankut, asfaltti ja kaiteet ovat sekundäärirakenteita. Tärkeää on pääpalkkien sitominen toisiinsa sekä poikittaisjäykkyys. Sekundäärirakenteiden pitkittäisjäykkyys on merkitykseltään pääpalkkeihin verrattuna. Pyrittäessä yksinkertaiseen, turhia vapausasteita välttävään, FEM-malliin, ei sekundäärirakenteista kannata kuvata jokaista palkkia erikseen. Kansirakenteen poikittais- ja pitkittäispalkisto mallinnetaan ekvivalenttina ortotrooppisena laattana, joka kuvaa kannen jäykkyysjakauman ja massan kokonaisuudessaan oikeana. Toisin sanoen sekundääripalkiston taivutusjäykkyys levitetään tasan ja kautuneeksi koko kannen alueella ja korvikelaatan materiaalin tiheys valitaan antamaan oikea kokonaisuudessa kannen sekundäärirakenteille ja asfaltille.

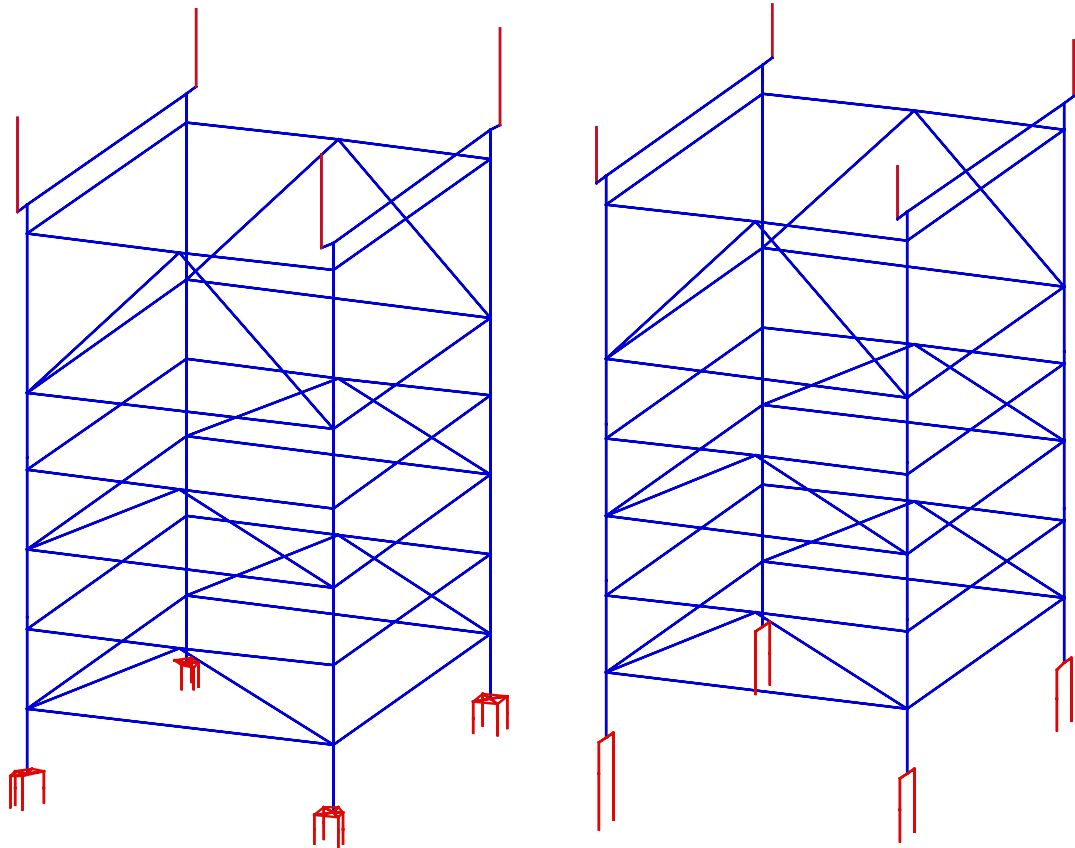


Kuva 4.1 Sillan elementtimalli

Tukitornit mallinnetaan palkkielementeillä, kuva 4.2. Alkuperäisiin tukitornin kantaviin rakenteisiin on tehty ainoana yksinkertaistuksena jalkojen jatkosten laippaliitosten oletta- minen täysin jäykäksi. Todellisuudessa laippaliitos joustaa, vaikkakin on puristettuna. Siten lasketut nurjahdusvoimat ovat todellisuudessa pienempiä. Tukitornin päätykehiä yhdistävät vaakasidepalkit on kiinnitetty kehiin ainoastaan yhdellä pultilla, eivätkä siten välitä momenttia.

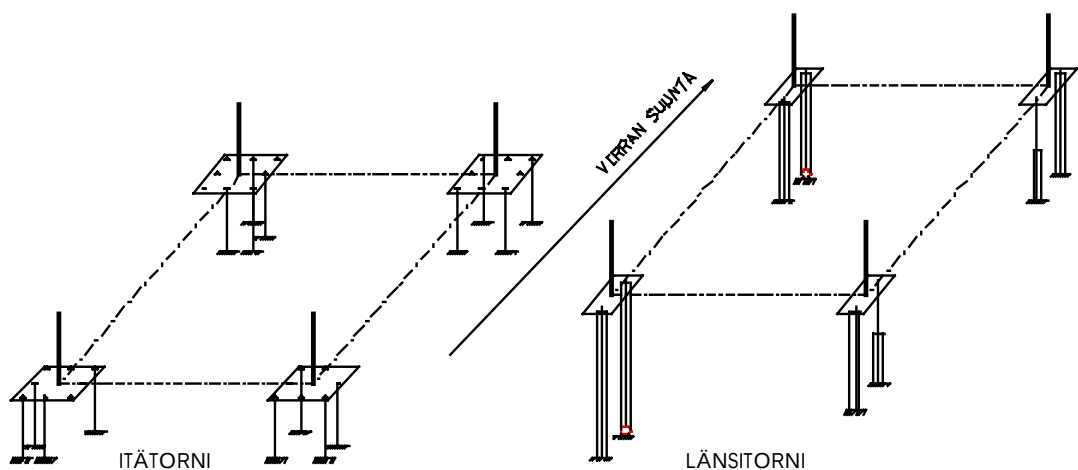
Tuenta pohjaan kierretankojen ja suojauputkien välityksellä on kuvattu purkutyössä toteutetun mukaisesti, kuva 4.3. Kierretankojen epäsymmetrinen sijainti tukitornin jalkojen suhteen on kuvattu tarkasti. Kiinnitys kallioon on kuitenkin oletettu jäykäksi myös siinä itätornin jalassa, jonka alla oleva kivi/betonilohkare irtosi perustuksesta kaatuneeseen jalkaan kiinnittyneenä. Ainoastaan kahdessa länsitornin jalassa, joissa putket olivat kaatuneet suorana, kiinnitys perustaan on nivel. Suojauputkien jäykkyyttä ei huomioitu niissä kahdessa tapauksessa, joissa betoni puuttui sisältä yläpäässä. Kierretankojen ja jalan alapään laipan liitos oletetaan niveleksi. Kierretanko sijaitsee laipan ylisuudessa

reiässä aluslevyjen välissä mutterien puristamana. Tutkimusten mukaan osa muttereista oli löysällä, joten momentin välitys on ollut kyseenalaista.



Kuva 4.2 a) Itätorni

b) Länsitorni



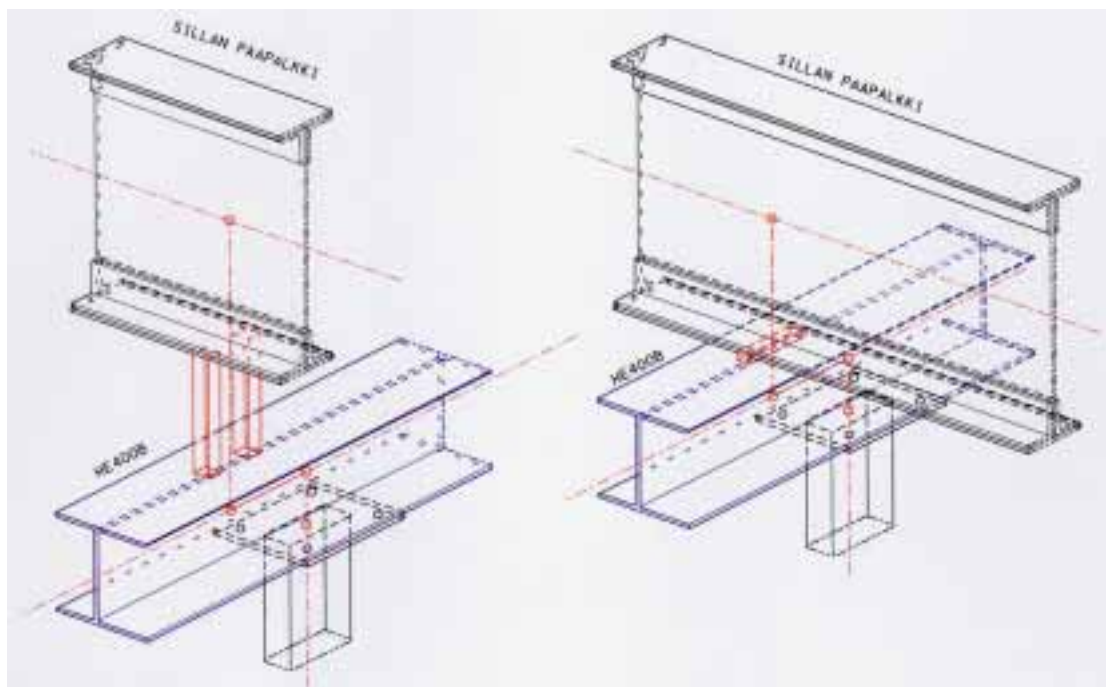
Kuva 4.3 Tukitornien kiinnitys pohjaan.

Kierretankojen kiinnityslaippa oli ruuvattu kiinni jalan alapään laippaan, mikä myöskään ei ole täysin jäykkä kiinnitys. Mallissa jalan alapään laippa ja kierretankojen kiinnityslaippa korvattiin yhteisellä laattalla, jolle laskettiin ekvivalentti paksuus. Länsitornin jalkojen

alalaippa korvattiin ekvivalentilla taivutuspalkilla. Suuruusluokka-arvio osoittaa, että kierretankojen kiinnityslaipat ovat lähellä myötämistä nimellisellä 300 kN jalan kuormalla.

Tukitornien yläpään laippojen päälle laitettiin poikittain HE400B palkit, joiden päältä tunkkausvoima välittyi pääpalkkeihin, ja joihin hitsattiin kiinni tuentapalat länsitornissa ja putkipalkit itätornissa. Tukivoima siirtyy jalan päästä HE400B palkin uumaan ja siitä ulospäin 300 mm, jonka jälkeen se siirtyy välipaloihin ja edelleen ylöspäin pääpalkin uumaan, kuva 4.4a. Tarkka rakennekuvaus edellyttäisi kuorielementtien käyttöä ja suurta määrää lisää vapausasteita. Tärkeintä on pystykuorman siirtyminen ja välipalojen momentin välityskyky. Itätornissa kuvan 4.4a mukaisessa tapauksessa putkipalkit toimivat lähinnä nivelinä z-akselin suhteen. x-akselin suhteen taivutusjäykkyys koostuu kahden palkin yhteistoiminnasta. Kuvan 4.4b mukaisessa länsitornin tuennassa momentti välittyy myös z-akselin suhteen. Kummassakin tapauksessa palkkien uuman taipuminen veltostuttaa rakennetta. HE400B palkista mallinnettiin 4 m pitkä osa kuorielementeillä ja laitettiin pituusakselin suuntainen momentti alalaipan keskelle. Syntyneestä kulmanmuutoksesta laskettiin ekvivalentti palkin taivutusjäykkyys, joka mallintaa HE 400 B palkin uuman taipumisesta johtuvaa muodonmuutosta. Näin korvattu tuenta on staattisesti ekvivalentti z-suuntaisen momentin suhteen, mutta hiukan liian jäykkä x-suuntaiselle momentille, koska pääpalkin uuman taipumista ei ole huomioitu.

Tutkintaselostuksen lausuntopyyntökierroksen vastauksista ilmeni, että tukitornien päällä olleet HE-palkit olivat kuvasta 4.4 poiketen todellisuudessa HE300B palkkeja. Tästä johtuen tukitornin yläpään kiinnitys sillan pääpalkkeihin on ollut laskentamallissa hiukan todellista veltompi, eli todellisuudessa tukitornien kantavuus on ollut hiukan parempi pääpalkkien suuntaan. Havaitulla erolla ei ole kuitenkaan mitään merkitystä lopputuloksen kannalta, sillä sillan sortuminen on alkanut tukitornien pettämisellä virran suuntaan.



Kuva 4.4 a) Itätornin välipalkit

b) Länsitornin kiilapala

Tukitornien jalat ovat 7 m pitkät ja kantavat suuria aksiaalkuormia. Niiden alapään tuenta kierretankojen varaan itätornissa on epäkeskeinen, kuva 4.3, jolloin aksiaalivoimien vaikutus alkaa näkyä myös taipumissa. Tämän takia analyysissä huomioidaan geometrinen jäykkyys jo staattisia tukireaktioita laskettaessa eikä pelkästään stabiliteettianalyysissä.

Läntinen tukitorni oli asennuksessa jäänyt yläpäästään epäkeskeiseksi myös siltakanneen nähden. HE400B palkin kiinnihitsausjälkien perusteella tornin länsipuolen sijainti oli 200 mm myötävirtaan. Sitä, onko tuenta myös pohjassa ollut epäkeskeinen, ei ole pystytty tarkistamaan. Epäkeskisyyden merkitys on lopputuloksen kannalta vähäinen. Tuennan painopisteen 200 mm sijaintipoikkeaman takia jalkojen tukireaktiot muuttuvat noin 7 %. Missään simuloinnin vaiheessa sortuma ei kuitenkaan alkanut länsitornista. Itätornin asema siltaan nähden oli mittaustarkkuuden rajoissa keskeinen.

#### 4.3 Kuormitukset

Sillan ja tukitornien kuormitukset johtuvat lähes yksinomaan rakenteiden omasta painosta. Tärkeimpiä komponentteja ovat betonikaaret, siltakanne pääpalkit, poikittaiset ja pitkittävät sekundäärikannatteet sekä kansilankusto. Kaikki kuormat on numeerisessa simuloinnissa tulkittu staattisina ilman sysäyskertoimien vaikutusta. Nosturien ja ajoneuvojen liikkeistä sekä piikkauksesta syntyvät dynaamiset kuormat on oletettu merkityksettömän pieniksi rakennepainon rinnalla.

Noin 10 cm kerros asfalttia, jonka tiheys on  $2050 \text{ kg/m}^3$ , aiheuttaa koko kannelle 550 kN kuorman. Ennen purkamista siltakannesta oli poistettu asfalttia arviolta 80%. Poiston jälkeen jää asfalttikuormaa 110 kN.

Betonikaarten paino vaihtelee lakipisteen 7,2 kN/m ja kannan 9,9 kN/m välillä. Yhteensä betonipainoa kertyy kaarista, välipalkeista ja laakeripukin poikkipalkista 1207 kN.

Yhteensä tietokonemalli laski alkuperäisen 50,6 m jännevälän rakenteiden kokonaispainoksi 2039 kN sen jälkeen, kun 80 % asfaltista oli poistettu. Kun betonikaarten purku oli edennyt sortumatilanteeseen oli rakennepainoa jäljellä 1520 kN. Tämän lisäksi tulevat sortumatilanteen kuormat siltakannelle, kuorma-auto 140 kN, nosturiauto 220 kN ja saksilava 34 kN. Kuormien sijainti on esitetty kuvassa 4.10. Pyöräkuormat on siirretty suoraan sekundäärirakenteista pääpalkkien varaan.

*Taulukko 4.1 Kuormitusvertailu (\* 80% poistettu ennen purkua).*

| Rakenneosia  | Todellinen (kN) | FEM-malli (kN) | Tarjouspyyntö (kN) |
|--------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Kansirakenne | 876             | 721            | 596                |
| Teräspalkit  | 745             | 292            | 596                |
| Puut         | 131             | 429            | 0                  |
| Betoni       | 1207            | 1207           | 1191               |
| Asfaltti     | 91 *            | 111 *          | 248                |
| Yhteensä     | 2174            | 2039           | 2035               |

Siltakannen teräsosien määräksi saatiin punnitsemalla neljän näytepalan keskiarvona 1500 kg/m. Tästä johtuva kuorma on 14,7 kN/m, yhteensä 745 kN. Taulukkoon 4.1 on kerätty tutkimustulosten perusteella päätelty todelliset, FEM-mallissa käytetyt ja urakatarjouspyynnössä annetut kuormitusten arvot purkutilanteessa. FEM-mallin pystysarakkeessa teräspalkkien paino sisältää vain pääpalkit, noin 260 kN, ja ripustustangot. Siltakannen poikittaiset ja pitkittävät sekundäärirakenteet sekä kansilankut on sisällytetty taulukon puut-sarakkeeseen ja huomioitu sitten yhdessä asfaltin kanssa ekvivalenttina laattana. FEM-mallin kokonaiskuorma on 6 % todellista pienempi. Siten sen antamat tulokset antavat liian optimistisen kuvan siltatuennan kantokyvystä.

Purkusuunnitelman lähtötietona urakan tarjouspyynnössä oli sillan kokonaispainoksi arvioitu 2035 kN. Tämä on purkamistilanteessa 6% todellista pienempi sen jälkeen, kun asfaltti on poistettu, mutta jopa 20 % pienempi, jos asfaltti on mukana. Betonipainosta kaarien kantojen yhdyspalkkien paino 122 kN siirtyy kuitenkin suoraan siltapilareille, eikä esiinny jännevälän kuormana. Jos tämä huomioidaan em. prosenttiluvut pienenevät 1 % ja 16 % suuruisiksi. Lisäksi vielä itse kaarien kuormitus keskittyy lähemmäksi siltalaakereita, mikä pienentää purkutyön aikaisten tukien kuormitusta tarjouspyynnössä esitettyyn tasajakautumaan verrattuna. Siten todellisten ja tarjouspyynnössä esitettyjen painojen ero jää tukitornien kuormituksen kannalta vähäiseksi. Purkukaluston ja työmiesten aiheuttama kuorma siltakannella oli yhteensä noin 400 kN, kun taas purkusuunnitelmassa esiintyy arvio 250 kN.

Virtauksen paine tukitorniin laskettiin  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  virtaamalle, joka aiheuttaa noin  $0,85 \text{ m/s}$  virtausnopeuden ja  $360 \text{ N/m}^2$  dynaamisen paineen. Vastuskertoimena nelikulmioputkilla käytetään arvoa 2,0. Laskemalla yhteen kaikkien vedenalaisten tukitornin palkkien kokonaisvastus saadaan virran voimaksi 4,4 kN. Tässä ei ole huomioitu virtauksen  $25^\circ$  vioutta ja tukitornin päätyjä yhdistäviä vastaavasti vinossa olevia vaakapalkkeja.

#### 4.4 Simuloinnin kulku

Ensin lasketaan pelkän sillan taipuma ja tukireaktiot. Tunkkaus toteutetaan aloittaen itätornin ala- ja keskivirran puoleisesta nurkasta ja kiertäen vastapäivään. Tunkkausvoima 125 kN nostaa pääpalkkia 4,6 mm ja painaa tukitornin nurkkaa alas 3,0 mm, eli siirtymä on yhteensä 7,6 mm. Tämän jälkeen kiinnitetään putkipalkit ja siirrytään seuraavan nurkan tunkkaukseen. Nyt viereinen, jo kiinni hitsattu nurkka, vastustaa siirtymiä ja vähentää ensimmäisen nurkan kuormitusta. Sama toistuu muissa tukitornin nurkissa. Lopputulos on se, että ainoastaan viimeksi tunkattu nurkka, itäisen tornin ylä- ja keskivirran puoleinen nurkka, kantaa nimellisen tunkkauskuorman 125 kN muiden ollessa vain vähän kuormitettuja.

Elementtianalyysissä tunkkauksen jälkeinen kiinnihitsaus muuttaa rakennetta. Analyysi muuttuu reunaehtojen muuttuessa epälineaariseksi. Käytännössä tilanne simuloidaan sarjalla lineaarisia ratkaisuja. Ensin lasketaan pelkän rakennepainon aiheuttamat siirtymät, joiden perusteella päivitetään solmupistekoordinaatteja. Sitten poistetaan maan vetovoima ja lasketaan yksi kerrallaan kunkin tunkkausvoiman siirtymät, joilla kullakin päivitetään solmupistekoordinaatteja ennen hitsattavaa välipalaa kuvaavan elementin liisäystä. Menetelmä simuloi tarkasti todellisuudessa muuttunutta geometriaa tunkkausten ja hitsausten edetessä.

Länsitornin tunkkaus oli korvattu kiilauksella, 3-5 mm kussakin nurkassa. Kiilaus aloitetaan länsitornin ylävirran rannapuoleisesta jalasta ja muut jalat kierretään myötäpäivään. Simulointi toteutettiin skaalaamalla tunkkausvoimaa niin suureksi, että pääpalkin ja tukitornin jalan siirtymäeroksi tulee 4 mm. Tämä edellyttää aina kahta kuormitusaskelta, sillä jäykkyyden muuttuessa etukäteen ei tiedetä, kuinka suuri tunkkausvoima tarvitaan. Ensin otetaan 10 kN tunkkausvoima ja lasketaan siirtymäero, jota vertaamalla 4 mm tiedetään, kuinka suuri kokonaistunkkausvoiman tulisi olla. Koska siirtymät ovat jo päivittyneet on vielä lisättävä puuttuva osa kuormituksesta ja suoritettava sitä vastaava siirtymien päivitys ennen kiinnihitsaamista. Menetelmä on jälleen tarkka, mutta työläs toteuttaa. Samoin kuin tunkkauksessa, jälleen ainoastaan viimeinen tukipiste jää kantamaan suunniteltua kiilausta vastaavan voiman.

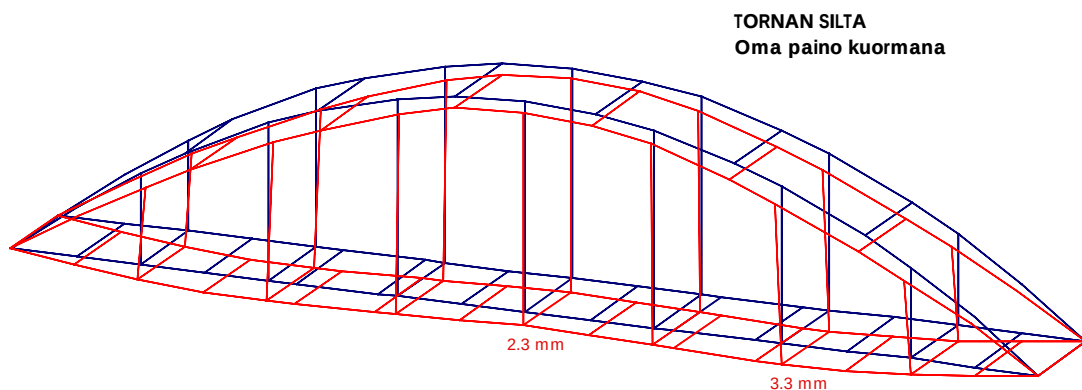
Tukireaktiot voi summata kullakin kuormitusaskeleella siirtymien kanssa samanaikaisesti. Stabiliateettianalyysi edellyttää eri elementtien todellisen jännitystilän tuntemista. Ohjelmisto ei tue kuitenkaan rakenteen sisäisten jännitysten summaamista edellä kuvatulla tavalla. Tunkkaussimulointi on kuitenkin tuonut esille todelliset siirtymäerot pääpalkkien ja tukitornien kesken. Kun nämä laitetaan vaikuttamaan samanaikaisesti alkuperäiseen rakenteeseen gravitaatiokuorman kanssa saadaan todelliset sisäiset jännitykset ja lähtökohta stabiliateettianalyysille.

Betonikaaren katkaisu ja voiman laukaisu voidaan toteuttaa kahdella tavalla. Muutetaan kaaren alapään elementin ominaisuudet sellaisiksi, että se ei enää vastaanota voimia toisessa päässään lainkaan tai poistamalla alin elementti kokonaan. Jälkimmäistä käytetään, sillä se on huomattavasti helpompi toteuttaa. Virhettä tulee siinä, että hiukan enemmän painoa poistuu kuin todellisuudessa suoritettussa katkaisussa. Sama toistetaan toiselle kaarelle.

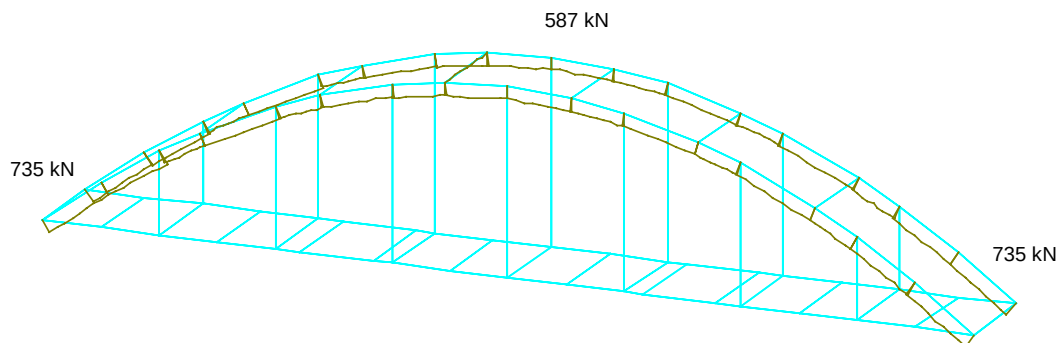
Kaaren purkaminen toteutetaan siten, että ensin poistetaan alavirran puoleiset kaari- ja yhdys-elementit keskikohtaan asti, ja sen jälkeen vastaavasti ylävirran puolelta keskikohdasta viimeistä edelliseen elementtiin asti. Tämän jälkeen asetetaan sortumatilanteen kuormat siltakannelle, kuorma-auto 140 kN, nosturiauto 220 kN ja saksilava 34 kN, kuva 4.10. Kustakin purkuvaiheesta ja lopullisesta kuormitus-tilanteesta tulostetaan tukitornien jalkojen tukireaktiot alustaan. Stabiiliteettianalyysi suoritetaan purkamisen tärkeimmissä etapeissa.

#### 4.5 Tulokset

Sillan suurin taipuma oman painon johdosta ilman tukitorneja on 3,4 mm jännevälillä neljännespisteiden alueella, kuva 4.5. Betonikaari osoittautuu erittäin jäykäksi ja tukee hyvin keskiosaa, jonka taipuma on pienempi, vain 2,3 mm. Kaarivoima on laella 587 kN ja kannassa 735 kN, kuva 4.6. Kaaren ja pääpalkkien momentit ovat pieniä. Osoittautuu, että kaaren suunnittelu on 40-luvulla onnistunut hyvin.

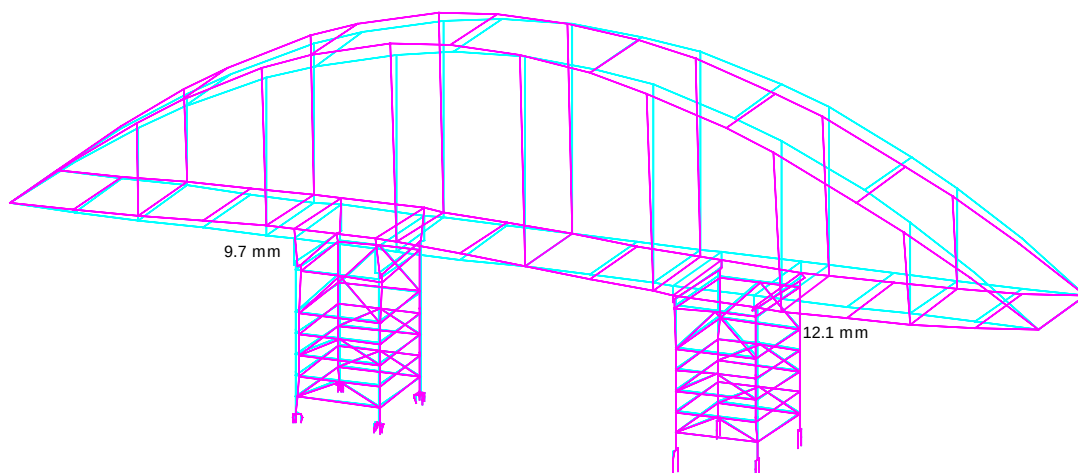


Kuva 4.5 Sillan staattinen taipuma. Oma paino, 80 % asfaltista poistettu.



Kuva 4.6 Kaarivoima ennen tuentaa, oma paino, 80 % asfaltista poistettu.

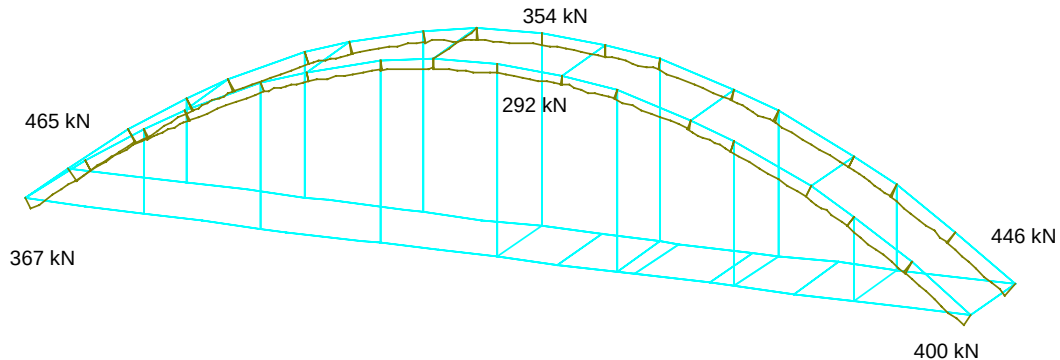
Siirtymätila tunkkauksen ja kiilauksen jälkeen on esitetty kuvassa 4.7. Tunkkaus nostaa itätornin kohtaa enimmillään 9,7 mm, mutta länsitornin kohta jää vielä kiilauksen jälkeenkkin 12,1 mm alemmaksi. Osoittautuu, että tunkkauksessa silta käyttäytyy lähes siten kuin keskikohta olisi tuettu nivelellä.



Kuva 4.7 Siirtymätila tunkkauksen jälkeen.

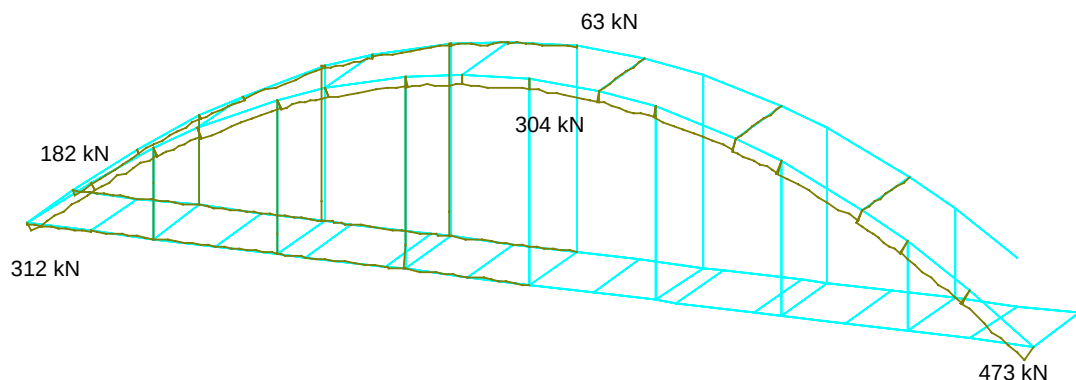
Kaarivoimat ovat pienentyneet tunkkauksen ansiosta, mutta epätasaisesti ja vain vajaaseen puoleen alkuperäisestä, kuva 4.8. Kaarivoimat ovat kauttaaltaan alavirran puolella suuremmat, mikä osoittaa epäonnistuneen tunkkausjärjestelyn.





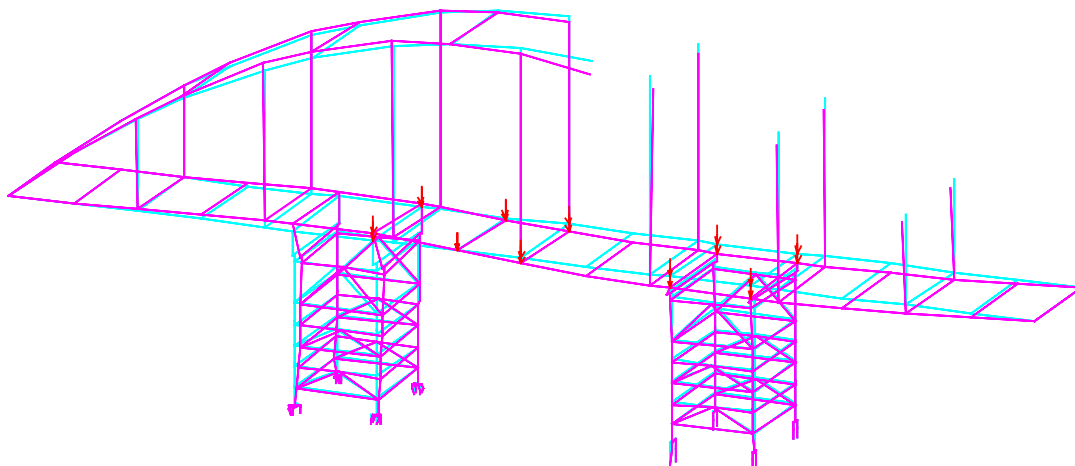
Kuva 4.8 Kaarivoimat tunkkauksen jälkeen.

Alavirran puoleisen kaaren kannan katkaisun jälkeen lännenpuoleinen kaarivoima laukeaa lähes kokonaan. Ylävirran puoleisen kaaren voimat lisääntyvät vain hiukan. Itäpäässä myös ylävirran puoleisen kaaren tyven voima pienenee, kuva 4.9. Katkaisukohdassa kaaren pää painuu alas 6,7 mm, rantaa kohti 1.1 mm ja ylävirtaan 2.6 mm. Kaaren suunnassa pään laskettu siirtymä on 6,8 mm. Muodonmuutokset ovat selvästi pienempiä kuin mitä mittaushavainnot, n. 20 mm, kaaren katkaisun yhteydessä. Syynä ovat joko piirustuksia veltommat pääpalkit tai tunkkausvoimat ja kiilaus ovat olleet suunniteltua vähäisempiä. Kolmas vaihtoehto on, että läntisen tukitornin alalaipat ovat antaneet tässä vaiheessa vähän periksi. Kun myös ylävirranpuoleisen kaaren tyvi katkaistaan, laukeavat molempien kaarien aksiaalivoimat kauttaaltaan. Tukitornien lopullinen kuormittuminen ei muutu vaikka nyt simuloinnissa kaarten katkaisu tehtiin väärässä järjestyksessä. Todellisuudessa laukaistiin ylävirran kaarivoima ensin.



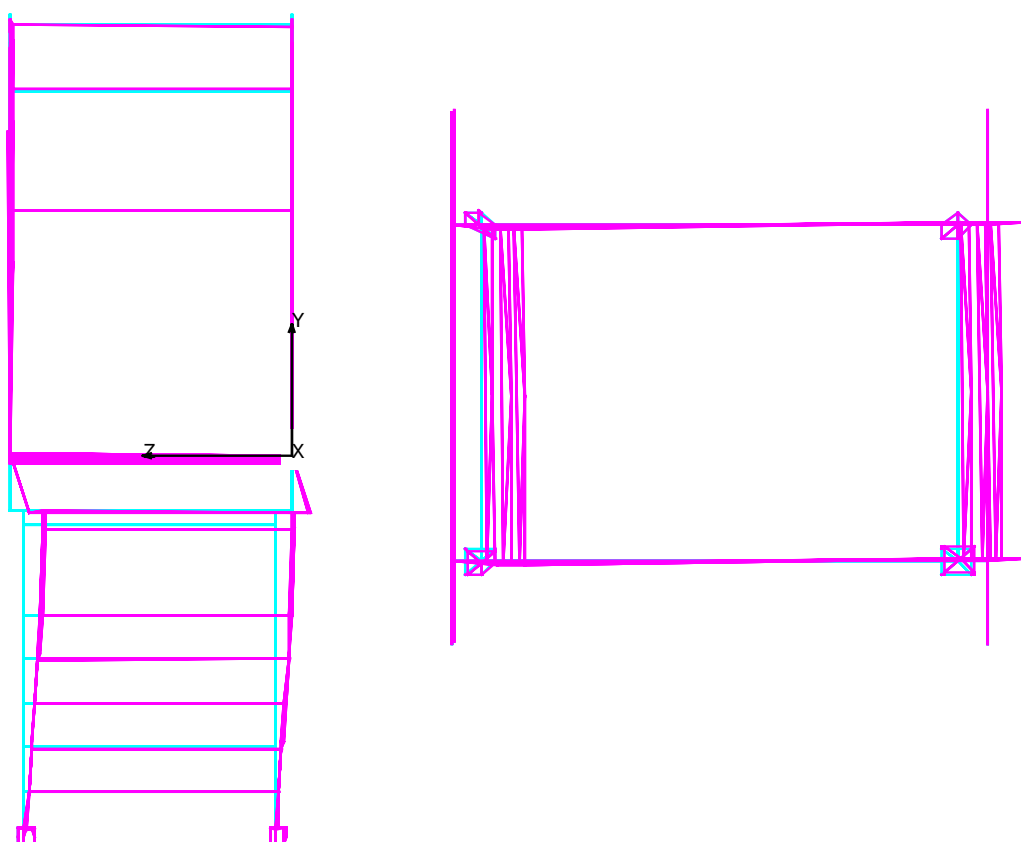
Kuva 4.9 Kaarivoimat katkaisun jälkeen.

Kun purkaminen on edistynyt sortumista edeltäneeseen tilanteeseen ja kannelle on asennettu nosturi, saksilava ja kuorma-auto, tulevat siltakannen ja tukitornien muodonmuutokset kuvan 4.10 mukaisiksi. Suurin taipuma pääpalkissa on 12,8 mm, eli miltei sama kuin tunkkauksen jälkeen. Merkillepantavaa on se, että itäisen tukitornin yläpää on siirtynyt myötävirtaan 17 mm ja samalla se on kiertynyt vastapäivään nurkan itä-länsi siirtymän ollessa noin 5 mm. Sama siirtymätilanne on havaittavissa jo heti alavirran puoleisen kaaren katkaisun jälkeen, mutta puolta pienempänä.



Kuva 4.10 Siirtymätila juuri ennen sortumista.

Lisäämällä virtauskuorma 4,4 kN kummallekin tukitornille, kasvaa itätornin yläpään siirtymä 38 mm suuruiseksi virran suunnassa. Itäinen tukitorni on herkkä virran suuntaisten voimien vaikutukselle. Taipumat ovat siksi suuria, että ne olisi helposti huomattu, mikäli tukitornin yläpään siirtymiä olisi seurattu purkamisen aikana. Kuva 4.11 osoittaa itäisen tukitornin siirtymätilaa juuri ennen sortumaa.



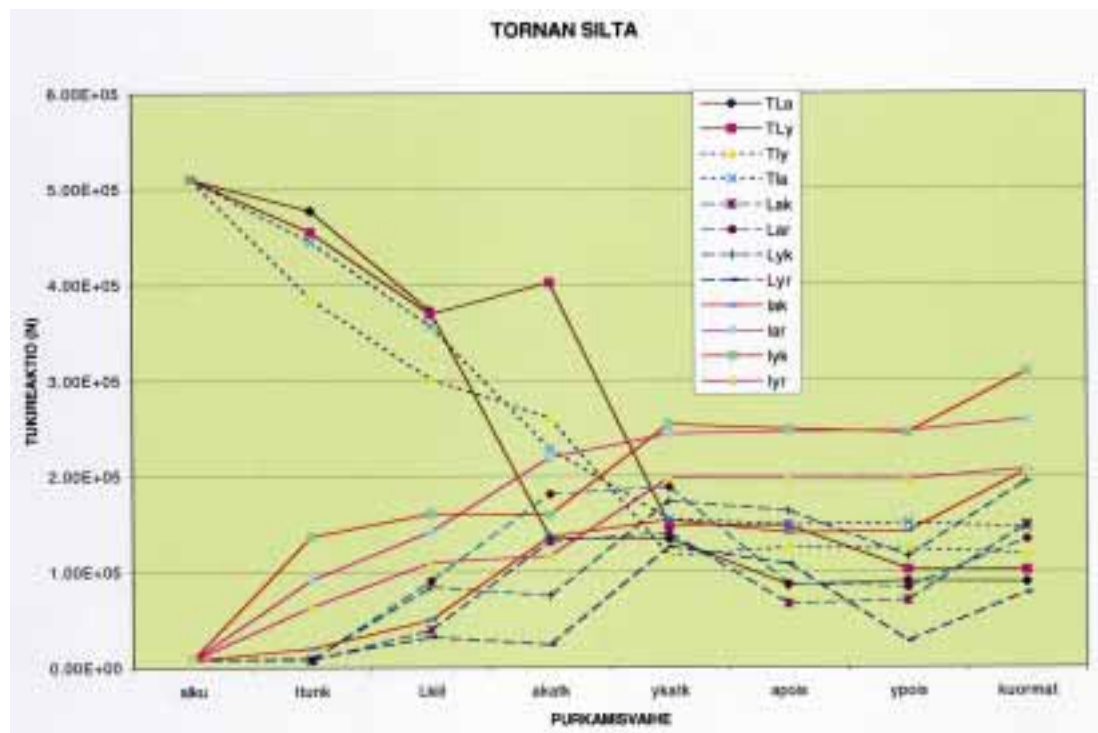
Kuva 4.11 Itäisen tukitornin siirtymätila jännevälän suuntaan ja päältä katsottuna ennen sortumavaihetta.

Tornien jalkojen tukivoimat samoin kuin siltalaakerivoimat on esitetty kuvassa 4.12 tunkkauksen ja purkamisen eri vaiheissa. Kuvan koodimerkinnät ovat seuraavat:

- T Tukilaakeri
- L Läntinen torni
- I Itäinen torni
- a alavirran puoleinen jalka
- y ylävirran puoleinen jalka
- k keskivirran puoleinen jalka
- r rannanpuoleinen jalka.

Esimerkiksi lar tarkoittaa itäisen tukitornin alavirran ja rannanpuoleista jalkaa. Eri työvaiheiden jälkeiset tilanteet on lyhennetty:

- tunk tunkkaus
- kiil kiilaus
- katk kaaren katkaisu
- pois kaaren puoliskon poisto
- kuormat nosturi, kuorma-auto ja saksilava tuotu kuormaksi.

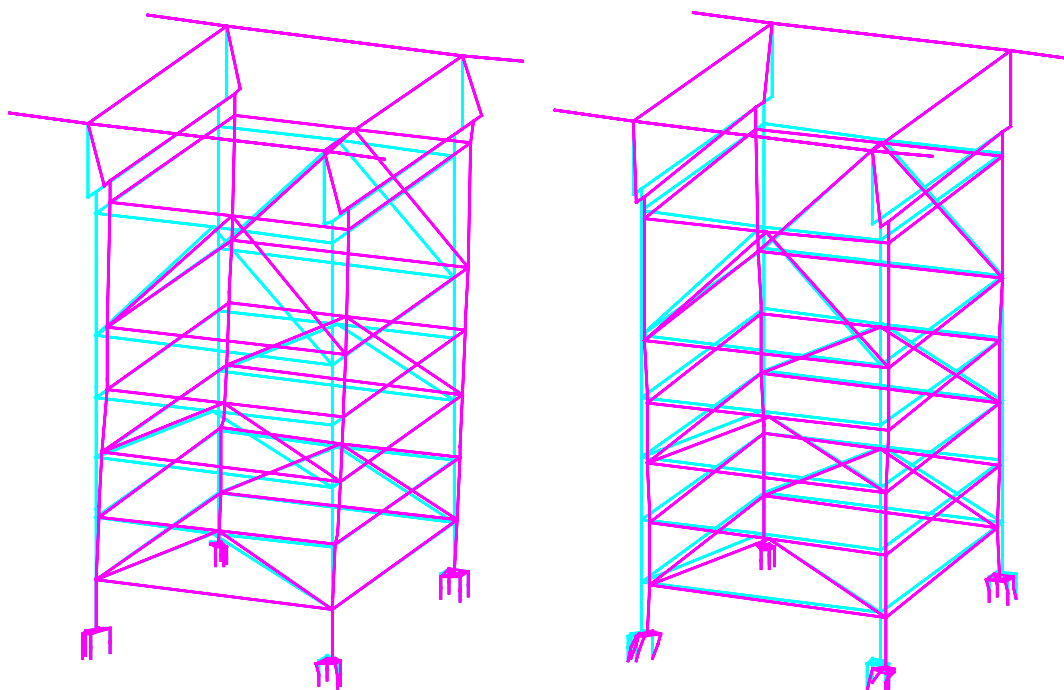


Kuva 4.12. Siltalaakerien ja tukitornin jalkojen voimat purkamisen eri vaiheissa.

Tulokset osoittavat tukivoimien epätasaisen jakautumisen tunkkauksen ja kiilauksen seurauksena, sekä muutokset purkamisen edistyessä. Viimeksi tunkattu kohta, itäisen tornin ylä- ja keskivirran puoleinen jalka (lyk), saa suurimman tukireaktion. Alavirran puoleisen kaaren katkaisun yhteydessä itätornin alavirran ja rannanpuoleinen jalka saa suurimman arvon, mutta kun myös ylävirran puoleinen kaari on katkaistu, nousee vii-

meksi tunkattu tukivoima (Iyk) jälleen suurimmaksi. Kaarten purkamisen edistyessä kuorma pienenee, mutta vain länsitornin ja siltalaakerien kuormat pienenevät. Kun purkaminen on edistynyt sortumista edeltäneeseen tilanteeseen on simuloinnissa lisätty kuormat siltakannelle. Tällöin kaikkien tornin jalkojen tukivoimat kasvavat ja suurin jalan kuormitus (Iyk) on hiukan yli nimellisen 300 kN.

Stabiliateettianalyysi kaarten katkaisun jälkeen antaa varmuudeksi 1,8 ensimmäisellä ominaismuodolla, jossa HE400B päällä olevat putkipalkit lähtevät kaatumaan virran suunnassa. Ominaismuoto tarkoittaa sitä siirtymätilaa, jolla rakenne menettää stabiiliiteettinsa ja samalla kyvyn kantaa lisää kuormaa. Nurjahdusvarmuus on stabiiliiteetin menettämiseen tarvittavan ja vaikuttavan kuormituksen suhde. Käytännössä vain ensimmäinen ominaismuoto voi esiintyä, sillä toisen tai korkeamman ominaismuodon esiintyminen edellyttää rakenteen lisätuentaa, jotta se ei menetä stabiiliiteettiaan alemmilla muodoilla ja alemmilla kuormituksilla. Toisen muodon varmuus on 2,7, kun myös kierretangot nurjahtavat. Kun kaaret on puoliksi purettu, vastaavat varmuudet ovat 1,8 ja 2,8. Kun kuorma-auton, saksilavan ja nosturin paino lisätään ensimmäisen muodon varmuus 1,5 ja toisen muodon 2,2 tasolle. Virtakuormitus 4,4 kN ei muuta näitä nurjahduskuorman arvoja. Kuvassa 4.13 on esitetty stabiiliiteetin menetyksen alkutilanne. Länsitornissa tai sillan rakenteissa kummallakaan näistä muodoista ei ole merkittävää siirtymää. Vasta kolmannella tai neljännellä ominaismuodolla, kuormitusmonikerralla 3,1 tai 3,5, länsitornin nivelenä kaatuvaan kierretankoon syntyy nurjahdus, mutta tällöinkin itätornin muodonmuutokset ovat hallitsevia. Siten on selvää, että sillan sortuminen on alkanut itäisen tukitornin peittämisestä.



Kuva 4.13. a) 1. Ominaismuoto  $n=1,5$

b) 2. Ominaismuoto,  $n=2,2$

Siltakannessa tai länsitornissa ei ole merkittäviä siirtymiä näillä muodoilla.

On huomattava, että elementtimenetelmällä laskettu nurjahduskuorma on yläraja jo suoraan elementtimenetelmän teoriaan liittyvien yksinkertaistusten johdosta. Toiseksi kaikki rakenne-elementit oletetaan ideaalisiksi. Nyt tukitornien laippajatkokset sisältävät sekä epäkeskeisyyttä että joustoa, mitkä molemmat alentavat nurjahduskuormaa. Onnettomuuden jälkeisessä tarkastuksessa todettiin itätornin jalkojen laippajatkosten pulteista kahdeksan olevan löysällä (sormin kierrettävissä/välystä). Myös yksi alalaipan pulteista oli löysällä. Länsitornin laippajatkoksen pulteista neljä oli löysällä. Löystyminen on ollut ilmeisesti seurausta virtauksen aiheuttamasta värähtelystä tukitorneissa, sekä kaarten katkaisussa käytetyn iskuvasaran aiheuttamista värähtelyistä. Näiden lisäksi elementtimenetelmällä laskettua nurjahdusvoimaa pienentävät vielä irrallisessa lohkarieessä olleen jalan tuennan epämääräisyys ja maapadon pehmeyden mahdollinen vaikutus.

Normien mukaisessa □-menettelyssä 7 m pitkälle yhtenäiselle RHS 200x100x5 nurjahdussauvalle edellytetään varmuutta 2,43, mikä ei vielä sisällä kierretankojen epäkeskeisyyden eikä yläpään välipalojen stabiliteettia heikentävää vaikutusta. Huomioiden alapään kierretangot ja yläpään etäisyydet palkkien painopisteakseleista sekä putkipalkit tulee kokonaispituudeksi 8,8 m, jolle □ = 3,83 olettamalla päätykiinnitys nivelliseksi. Tämä vaatimus on paljon suurempi kuin laskettu 1,5, jota edelleen kaikki aiemmin kuvatut poikkeamat yhtenäisestä nurjahdussauvasta pienentävät. Selvästikään tukitorni kaikkine kiinnitysjatkeineen ei ole täyttänyt nurjahduksen suhteen riittävää varmuutta. Arvoa □ = 3,83 vastaava sallittu kuorma itäisen tukitornin yhdelle jalalle olisi vain 168 kN ja varmuus siten alle 0,7.

#### 4.6 Tukitornin vinotukien merkitys

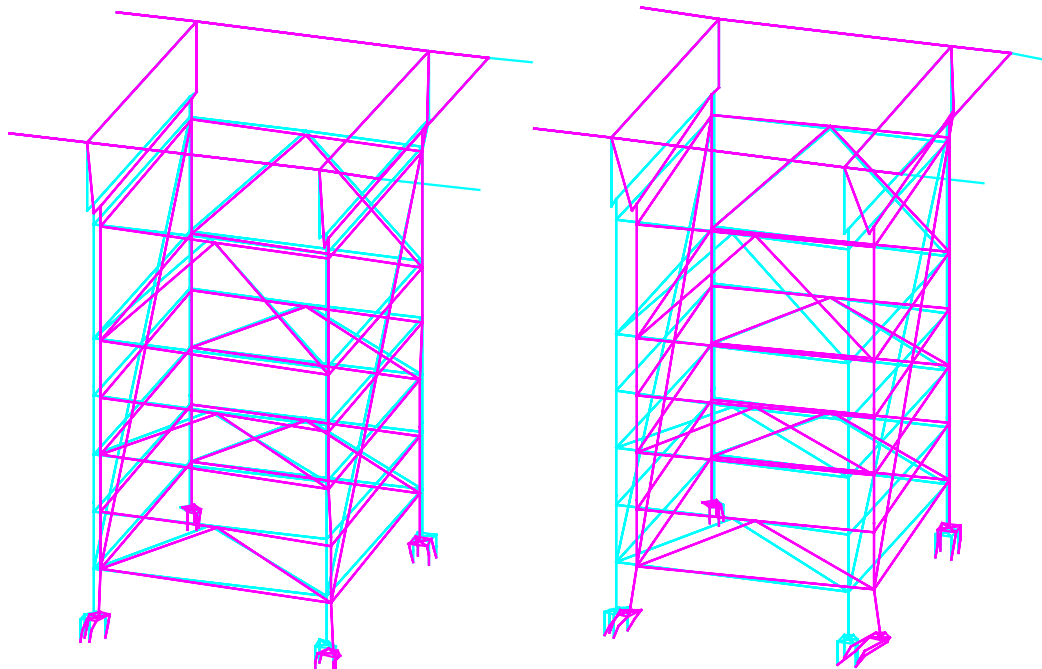
Muodonmuutostila, kuva 4.10, ja ensimmäinen nurjahdusmuoto itätornissa, kuva 4.13, osoittavat molemmat tukitornin yläpään vaakasiirtymää virran suunnassa. Jos tukitornissa olisi ollut purkusuunnitelman piirustuksessa 22.7.98 esitetty vinotuet, olisi virran suuntainen siirtymä estynyt, jolloin tornin nurjahduskuorma olisi noussut arvoon 2,2, kuva 4.14, ja onnettomuutta ei ilmeisesti olisi tapahtunut. Purkusuunnitelmassa ei oltu annettu vinotuen dimensioita. Laskelmassa käytettiin samoja 40x40x3 profiileja kuin tukitornien päätydiagonaaleissa.

Sama tulos saadaan, jos tukitornin yläpää sidotaan diagonaalilla sillan pääpalkkeihin estämään virran suuntainen liike, kuva 4.15. Nyt ensimmäisen ja toisen nurjahdusmuodon varmuudet ovat 2,1 ja 2,3.

Kummassakin vinositeen tapauksessa toisen muodon nurjahduksessa korostuu kierretankojen epäkeskeinen taipuma. Toista muotoa vinotuet eivät pysty poistamaan ja sen nurjahduskuorma on hyvin lähellä ensimmäistä muotoa. Siten diagonaaleista huolimatta varmuus nurjahduksen suhteen olisi jäänyt sallittua pienemmäksi vaikkakin varmuuden parantuminen 1,5:stä 2,1:een olisi riittänyt estämään nyt tapahtuneen onnettomuuden.

Urakoitsijan kuulusteluissa vasta 24.3.1999 esitettiin, että tukitornin yläpään virransuuntaista liikettä olisi rajoitettu diagonaalilla ketjusiteellä. Tämän olemassaolosta ei ole kuitenkaan näyttöä. Sen jäykkyydestä ja sijoituksesta ei ole riittävää tietoa, jotta voitaisiin laskennallisesti ennustaa sen parantava vaikutus nurjahdusvarmuuteen. Vaikutus

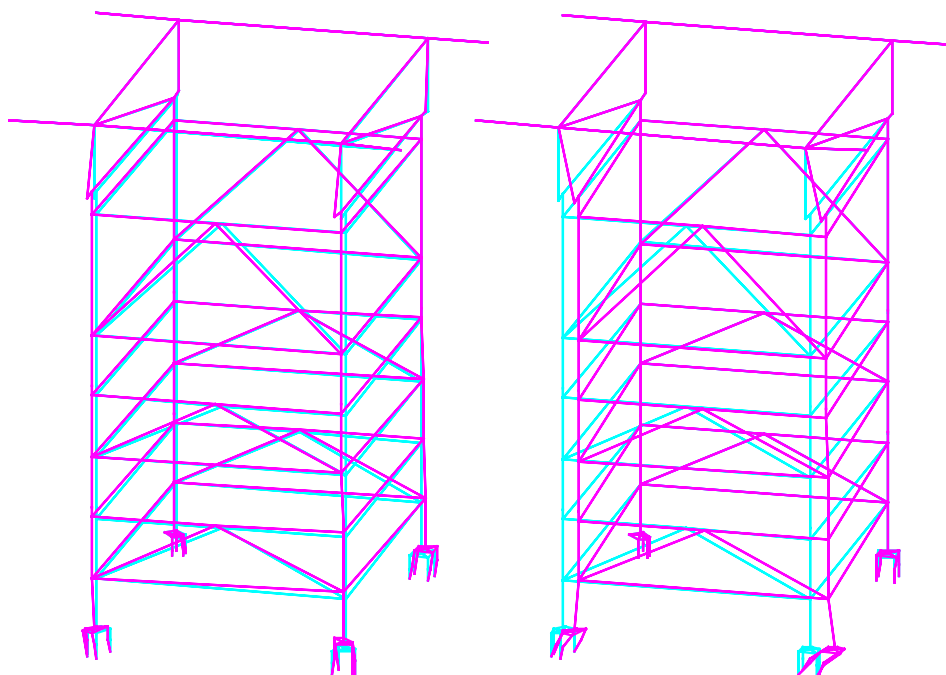
on ilmeisen vähäinen. Toinen selitys on se, että työmaalla olisi huomattu kuvan 4.11 mukainen sivusiirtymä ja tätä olisi yritetty estää ketjusidonnalla.



Kuva 4.14. a) 1. Oinaismuoto  $n=2,2$

b) 2. Oinaismuoto,  $n=2,3$

Siltakannessa tai länsitornissa ei ole merkittäviä siirtymiä näillä muodoilla.



Kuva 4.15. a) 1. Oinaismuoto  $n=2,1$

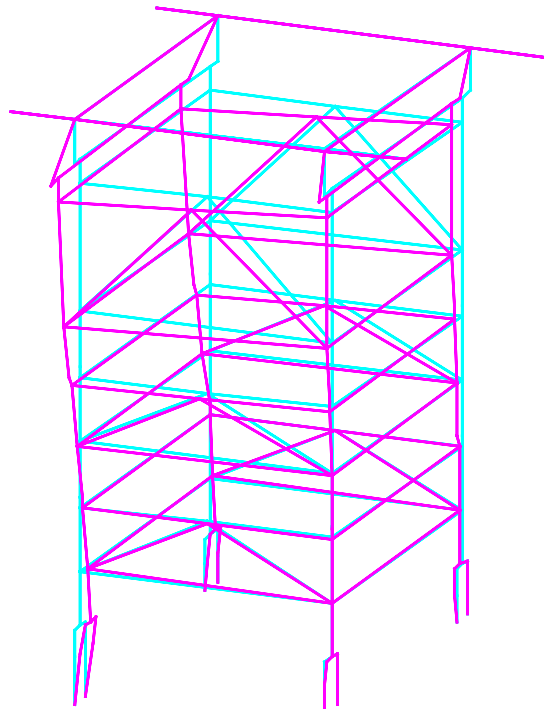
b) 2. Oinaismuoto,  $n=2,3$

Siltakannessa tai länsitornissa ei ole merkittäviä siirtymiä näillä muodoilla.

#### 4.7 Sillan sortumistapahtuma

FEM-simuloinnin perusteella voidaan päätellä sillan sortumistapahtuman kulku. Sortuminen on lähtenyt liikkeelle itäisen tukitornin nurjahtamisella kuvan 4.13 mukaisesti kuvan 4.10 alkusiirtymätilanteesta. Siltakannen pääpalkkien ja tukitornin jalkojen päissä olevien yhdyspalkkien välissä olleet putkipalkit, kuva 4.4a, ovat lähteneet nurjahtamaan virran suuntaan tukitornin yläpään kanssa.

Nurjahduksen edetessä vähäiset hitsit putkipalkkien päissä ovat pettäneet, jonka jälkeen itäinen tukitorni on menettänyt suuren osan kantokyvystään. Seurauksena on ollut raju länsitornin lisäkuormittuminen. Keskivirran alavirran puoleisen tukijalan kuorma on noussut 664 kN ja ylävirran 724 kN suuruisiksi. Rannanpuoleisiin jalkoihin on syntynyt vetoa 53 ja 106 kN verran! Keskivirran puoleiset jalat ovat välittömästi menettäneet stabiiliteettinsä nurjahtamalla. Kun itätornin kantokyky on hävinnyt on länsitornin teoreettinen varmuus nurjahtamista vastaan vain 0,94 (ideaalinen matemaattinen malli), mikä vastaa normien mukaista varmuutta noin 0,4. Länsitornin nurjahdusmuoto on yläpään siirtyminen vastavirtaan ja alapään kierretankojen taipuminen virran suuntaan, kuva 4.16. Siten varsin pieni itätornin kantokyvyn väheneminen riitti aloittamaan länsitornin nurjahduksen. Itätornin pettäessä länsitornin lisäkuormittuminen sisälsi lisäksi vielä dynaamisen sysäyskertoimen, mikä edelleen pienensi länsitornin mahdollisuuksia vastustaa sille siirtynyt lisäkuormitus.



Kuva 4.16. Länsitornin nurjahdusmuoto itätornin kantokyvyn häviämisen jälkeen,  $n=0,94$ .

Tukitornien alapään kierretangot ovat todennäköisesti myös lähteneet taipumaan (nurjahdustaivutus) melko pian yläpään nurjahduksen edetessä. Tämän jälkeen siltakannen

pääpalkit eivät ole enää kestäneet vaan keskeltä alkanut myötäminen on kehittynyt plastiseksi niveleksi kumpaankin pääpalkkiin. Tämä mahdollisti siltakannen romahtamisen Vuokseen siten, että kumpainenkin puolisko säilyi lähes suorana, kuva 1.2. Alas romahtaessaan siltakansi on ruhjonut tukitornit lopullisesti. Aluksi siltakannen puoliskot ovat kallistuneet alaspäin suoraan, jolloin siltalaakerit ovat kaatuneet myös suoraan jännevälin suuntaan. Kannen pääpalkkien alareunat iskeytyivät kuitenkin jännevälin suhteen vinossa olevien siltapilarien reunaan epäsymmetrisesti: lännen puolella ylävirran ja itäpuolella alavirran puoleinen palkki ensin. Tämä aiheutti kannen puoliskojen pituussuuntaisen kiertymisen toistensa suhteen romahduksen viimeisessä vaiheessa.

#### 4.8 Tutkintalautakunnan päätelmät

FEM-simulointi osoittaa, että sillan sortuminen on lähtenyt liikkeelle itäisen tukitornin yläpään siirtymästä virran suuntaan ensimmäisen nurjahdusominaismuodon mukaisesti.

Itäisen tukitornin yläpään tukirakenne tornin yläpään ja sillan pääpalkkien välissä ei sitonut virran suuntaista liikettä.

Länsitornin kiilapalat estivät tukitornin yläpään virransuuntaisen liikkeen.

Purkusuunnitelmasta poiketen tukitorneissa ei ollut virran suuntaisia vinotukia, mikä olisi estänyt sortumisen aloittaneen liikkeen.

Purkamissuunnitelman mukainen tuentatapa on johtanut hankalasti käyttäytyvään rakenteeseen, jonka staattinen toiminta on vaikeasti analysoitavissa.

Sillan ja tukitornien yhteistä staattista toimintaa ei tarkasteltu missään vaiheessa kokonaisuudessaan. Siitä syystä tunkkausjärjestyksen vaikutusta tukitornien epätasaiseen kuormittumiseen ja kuormitusten muuttumista purkamisen eri vaiheissa ei pystytty hahmottamaan.

Stabiliateettianalyysiä ei ole tehty muuten kuin yksittäisille komponenteille. Tukitornin liitoskomponentit peruskallioon ja sillan pääpalkkeihin tarkasteltiin erillisinä rakenteina, mikä on vastoin aksiaalikuormitettujen jatkuvien rakenteiden nurjahduksen mitoitusperiaatteita. Kokonaisuuden nurjahduskuormaa ei voi ennustaa kytkemättä erillisiä osia yhtenäiseksi rakenteeksi.

Purkusuunnitelmassa ei esitetty tunkkausmenetelmää tai tunkkausjärjestystä. Vuoron perään eri nurkista tehty yksittäinen tunkkaus ja sidonta on täysin väärä. Kaikki tukipisteet on tunkattava samanaikaisesti yhtä suurilla voimilla ja sen jälkeen vasta tehtävä kiinnityspalojen asennus.

Tunkkaus oli täysin epäonnistunut johtaen liian pieneen alkutuentaan ja epätasaiseen tukivoimien jakautumaan sekä sillan eri puoliskoilla että tukitornien jaloissa. Nyt sillan pääpalkit jännittyivät siten, että purkamisen edistyessä kuormaa siirtyi itätornille.

Tunkkausjärjestys on johtanut myös tukitornin esitaipumaan, mikä on edesauttanut stabiliteetin menetystä ensimmäisellä ominaismuodolla.



Useita nurjahduskuormaa pienentäviä poikkeamia ideaalirakenteesta, kuten esimerkiksi kierretankojen epäkeskisyyttä tai laippaliitosten joustoa, ei huomioitu purkamissuunnitelmassa millään lailla.

Purkamisen aikana ei tehty sillan tai tukirakenteiden siirtymien seurantaa. FEM analyysin mukainen itäisen tukitornin yläpään virtauksen suuntainen siirtymä olisi ollut helposti havaittavissa ja olisi varoittanut sortumavaarasta.

Tukitornin purkusuunnitelmassa esitettyjen vinositeiden puuttuminen virran suunnassa oli ratkaiseva toteutusvirhe. Tilannetta pahensivat edelleen tukitornien alapään epäkeskeiset kiinnitykset.

Tukitornien siirtymiä ei tarkkailtu lainkaan purkamisen aikana. Virran suuntaisen siirtymän kasvaminen olisi varoittanut sortumavaarasta.

Muilla purkutyön toteutuksen puutteilla, riittämätön kierretankojen betonointi, vajavaiset hitsit, tukitornin asennusepäkeskeisyys, jne., oli vähäinen vaikutus.

Urakkatarjouspyynnössä oli esitetty todellista pienempi siltarakenteiden "noin" paino. Urakoitsijan tulee kuitenkin itse varmistua todellisista kuormista. Mikäli tuentasuunnitelma olisi tehty kunnolla, olisi tämä kuormanlisä mahtunut hyvin nurjahduksen suuriin varmuuskertoimiin. Lisäksi poistettu asfaltti kompensoi ilmoitettua suuremman kuormituksen.

Tornan sillan purkusuunnitelmaa ei oltu tehty työn vaativuuteen nähden riittävän perusteellisesti, mikä vaikeutti valvontaorganisaation mahdollisuuksia tarkastaa purkusuunnitelman turvallisuutta. Valvonnan olisi pitänyt kuitenkin kyetä havaitsemaan vaarat ja puutteet sekä vaatimaan tarkennuksia ennen työn etenemistä kriittiseen vaiheeseen.



## 5 YHTEENVETO ONNETTOMUUDEN SYISTÄ

### 5.1 Välitön tekninen syy

- \* Onnettomuus johtui idänpuoleisen tukitornin pettämisestä nurjahtamalla. Nurjahdus lähti liikkeelle tukitornin yläpään siirtyessä virran suuntaan. Tätä edesauttoivat tukitornien esikuormitustunkkauksen aiheuttamat alkusiirtymät ja virran paine.
- \* Itäisen tukitornin pettämisen tapahduttua kuormaa siirtyi läntiselle tukitornille, joka sortui myös nurjahtamalla.
- \* Seuraavaksi pettivät siltakannen pääpalkit. Plastiset nivelet kehittyivät pääpalkkeihin jännevälin keskellä, jolloin sillan keskiosa retkahti alas siltakannen puoliskojen säilyttäessä suoruutensa.

### 5.2 Onnettomuuden perussy

#### Tuentasuunnitelma:

- \* Purkusuunnitelmasta puuttuivat koko tukitornin kantavuustarkastelut sekä tukitornin ja sillan yhteistoiminnasta johtuvat kuormien jakautumisen selvitykset purkamisen eri vaiheissa.
- \* Tuennan kantavuus oli laskettu virheellisesti kytkemättä osakomponentteja kierretankoja, varsinaista tukitornia ja yläpään palkkeja sekä kiilapaloja yhtenäiseksi rakennekokonaisuudeksi.
- \* Neljän pisteen tuenta tukitornissa ilman kuorman keskittämistä (tasausta) oli virheelinen. Tuentasuunnitelmasta puuttuivat yksityiskohtaiset ohjeet tunkkaus- ja kiinnitysjärjestelmästä, jolla voitaisiin taata tukitornien tasainen kuormittuminen.

#### Toteutus:

- \* Tukitornin rakenteisiin ei asennettu tuentasuunnitelmassa esitettyjä vinositeitä, jotka olisivat estäneet tukitornin yläpään liikettä virran suunnassa ja parantaneet merkittävästi tuennan kantokykyä (vinositeidenkään kanssa tuenta ei olisi täyttänyt normien mukaista kantavuusvaatimusta).
- \* Toteutettu tunkkaus- ja kiinnitysjärjestys johti työmaalla hallitsemattomaan staattiseen rakennekokonaisuuteen. Tukitornin jalat esikuormittuivat epätasaisesti, minkä lisäksi kuorma ei jakautunut tasan tukitornien kesken.

### 5.3 Myötävaikuttaneet tekijät

#### Puutteet toteutusorganisaatiossa:

- \* Tornan sillan uudisrakentamiseen liittyvän vanhan sillan purkutyön osuus kokonaisorganisaatiossa oli esitetty epämääräisesti. Suunnittelun, valvonnan ja toteutuksen vastuunjako purkamisen osalta oli jäänyt epäselväksi kaikille osapuolille: turvallisuusjohtamisesta vastuullisia henkilöitä ei nimetty
- \* Purkuhankkeen valmistelusta ja toteutuksesta vastanneet henkilöt eivät olleet perehtyneet valtioneuvoston päätökseen rakennustyön turvallisuudesta no 629/94. Muun muassa tästä johtuen purkuhankkeen riskejä ei kartoitettu etukäteen eikä rakennuttajan turvallisuusasiakirjaa laadittu.
- \* Purkusuunnitelma oli lyhyt ja puutteellinen. Projektinjohtourakoitsija ei saanut eikä osannut vaatia riittävästi tietoa pystyäkseen päättämään, oliko purkusuunnitelma turvallinen.

#### Puutteet toteutuksessa:

- \* Työntekijöiden hukkumisvaaraan ei oltu varauduttu riittävästi. Purkusuunnitelmassa ei oltu esitetty toimenpiteitä hukkumisvaaran torjumiseksi. Purkutyössä veden päällä olevilla rakenteilla työskennelleillä miehillä ei ollut pelastusliivejä. Suojapuomi, jonka varaan virran vietäväksi mahdollisesti pudonneet olisivat voineet pelastautua, oli aiemmin katkennut, eikä sitä oltu vahvistettu eikä asennettu uudelleen.
- \* Työmaan turvallisuustarkastuksia, eikä näin ollen tukitelineen käyttöönotto-tarkastustakaan oltu tehty. Tukitornin vinositeiden poisjättäminen ei paljastunut.
- \* Tukitornien esikuormittamiseen käytetty tunkkaus toteutettiin virheellisesti yksi jalka kerrallaan. Kun tukitornin yksi jalka oli tunkkaamalla ja sen jälkeen heti kiinnittämällä esikuormitettu, aiheutti seuraavan jalan tunkkaus välittömästi edellä saavutetun esikuorman huomattavaa alentumista. Lisäksi itätornin tunkkauksen suorittaminen yksistään ennen länsitornia aiheutti pääpalkkeihin sellaisen taipumatilan, että länsitorni jäi jo tunkkauksen jälkeen alkuperäistä tasapainotilaansa alemmaksi. Tästä johtuen länsipään kuormituksen vähentyminen purkamisen edistyessä aiheutti itäisen tukitornin kuorman lisääntymistä.
- \* Tukitornien ja sillan kannen siirtymätilaa ei seurattu mittauksilla purkamisen aikana. Numeerisen analyysin perusteella on ilmeistä, että sortumavaarasta olisi saatu varoitusta hyvissä ajoin, jos tukitornin yläpään siirtymiä olisi seurattu.
- \* Tukitornien yläpään kiinnityshitsaukset yhdys- ja pääpalkkeihin oli tehty puutteellisesti. Tukitornien alapään kierretangot oli virheellisesti asennettu. Niiden sijoittelu oli epäsymmetrinen, minkä lisäksi ne olivat puutteellisesti kiinni pohjakalliossa. Lisäksi kierretankojen vahvistamista varten tankojen ympärille asennettujen putkien täyttö betonimassalla oli jäänyt osittain vajaaksi.

Puutteet viranomaisvalvonnassa:

- \* Työsuojelutarkastajat eivät osanneet ottaa purkusuunnitelmaa tarkastellessaan sillan tuennan turvallisuuteen riittävästi kantaa purkutyön vaativuuteen nähden. Sillan purkuvaiheen tuennan suunnitteluvirheet eivät paljastuneet työsuojelutarkastuksessa.
- \* Voimassa oleva rakennuslainsäädäntö ei edellytä rakennusvalvontaviranomaisilta siltatöiden osalta rakenteiden lujuuden ja kantavuuden valvontaa. Lainsäädäntö ja sen valvonta painottuvat asemakaavallisiin näkökohtiin. Tästä johtuen rakennusvalvonta ei puuttunut tuennan kantavuuteen.
- \* Työsuojeluviranomaiset eivät kiinnittäneet valvonnassaan huomiota sillan purkutyöstä vastuussa olevien tahojen työturvallisuustoiminnan menettelytapoihin, mistä johtuen organisaation turvallisuustoiminnan puutteellisuudet eivät tulleet esiin.

## 6 SUOSITUKSET

### 6.1 Termistön yhtenäistäminen

Rakennus- ja työsuojelusäädöksissä on käytetty erilaisia termejä organisaation eri osapuolista ja niiden tehtävistä. Viranomaisten käyttämien termien vastaavuus olisi selvitettävä, minkä perusteella termit tulisi yhtenäistää tai niiden käytöstä tulisi laatia ohjeet.

### 6.2 Vastuunjaon selkiyttäminen

Rakennustöihin osallistuvien tahojen vastuun jaosta laadittuja määräyksiä tulisi selkiyttää tai vastuunjaosta ja eri osapuolten tehtävistä tulisi laatia selkiyttäviä ohjeita.

### 6.3 Viranomaisten keskinäisen yhteistyön kehittäminen

Rakennusvalvonta- ja työsuojeluviranomaisten yhteistyötä rakentamisen valvonnassa tulisi kehittää erityisesti niissä asioissa, joissa rakennuksen ja rakenteiden huono laatu aiheuttaa turvallisuus- ja terveysriskejä rakennustyöntekijöille. Kantavien rakenteiden huono lujuus ja stabiliteetti saattaa aiheuttaa turvallisuusriskin työmaalla.

### 6.4 Turvallisuusjohtamisen ja -ohjauksen menettelyjen valvonta

Työsuojeluviranomaisten tulisi suunnata enemmän valvontaa rakennushankkeiden valmistelu- ja toteutusorganisaatioiden menettelytapoihin turvallisuuden varmistamisessa.

### 6.5 Turvallisuusriskien tunnistaminen

Työturvallisuusriskien tunnistaminen tulee saada systemaattisena menettelynä osaksi kaикentasoista suunnittelua, jolla vaikutetaan työoloihin. Eri suunnittelutilanteisiin sopivia vaarojen tunnistamisen menetelmiä tulee kehittää. Myös viranomaisten tulee kehittää omaan käyttöönsä soveltuvia vaarallisten valvontakohteiden tunnistusmenetelmiä. Jos riski on ilmeinen on voitava käyttää asiantuntijoita sekä arvioinnissa että valvonnassa.

### 6.6 Purkutyön suunnittelun laadun parantaminen

Purkusuunnitelman tulee olla riittävän tarkka, jotta se kattaa toteuttamisen kannalta kaikki oleelliset vaiheet, ja jotta valvojilla on mahdollista varmentua suunnitelman pätevyydestä. Purkutyön suunnittelulta tulisi vaatia samaa laatutasoa kuin uudisrakentamisessa.

### 6.7 Kelluntaliivin käytön lisääminen

Veden yllä toteutettavissa töissä tulisi käyttää kelluntaliivejä aina, kun ei voida varmistua siitä, että työskentelyalusta ei sorru tai kaadu veteen tai, että ihmiset eivät muuten puutoa veteen.

#### 6.8 Rakennuslainsäädännön täydentäminen

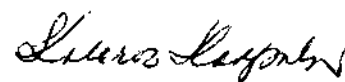
Rakennuslainsäädäntöä on täydennettävä yksityisteiden ja katusiltojen rakennusvalvonnan osalta kattamaan myös rakenteiden lujuus ja stabiliteetti.

#### 6.9 Rakennusalan turvallisuussäädöksiin perehdyttämisen lisääminen

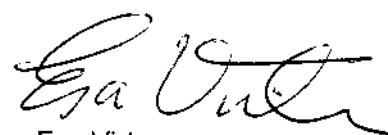
Rakennusalan keskeisten turvallisuussäännösten tuntemusta olisi saatava parannettua täydennyskouluttamalla sekä projektien suunnittelijoita että toteuttajia.

Helsingissä 29.11.1999

  
Mauri Määttä

  
Kalervo Haapala

  
Vesa Pirinen

  
Esa Virtanen

  
Hannu Tarvainen

## LÄHDELIITTELUETTELO

1. Imatran poliisilaitoksen esitutkintapöytäkirja 6120/R/11679/98
2. Työturvallisuuslaki 28.6.1958 (299/1958) myöhempine muutoksineen
3. Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta 23.6.1994 (629/1994)
4. Tukirakenteet, RIL 147-1993, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.
5. Kantavuuden tarkistus, -68, VTT A4087/68 (sisältää profiilitiedot)
6. Kuntotarkistus JUVA Oy, -95, (silmämääräinen)
7. Kunnossapitotarkastus -95, Ins.tsto Konstru
8. Sukellustarkastus, -95
9. Tornan sillan kuntotutkimuksen yhteenveto ja kunnostusohjelma, VTT RTE30853/96
10. Tornan sillan kuntotutkimus/Sillan teräsosien erikoistarkastus, VTT VAL618-5209
11. Tornan sillan kiinnikkeiden tarkastus, VTT VAL618-5208
12. Tornan siltaan käytettyjen materiaalien hitsattavuusselvitys, VTT VAL53-6002
13. Tornan sillan teräsosien pintakäsittelyn korjaustoimenpiteiden..., VTT RTE56309/95
14. Tornan sillan betonirakenteiden kuntotutkimus, VTT RTE30011/96
15. Tornan sillan puukannen tarkistus, VTT RTE30742/96
16. Purku- ja korjausrakentamisen työturvallisuus VTT Tiedote 1152, 1990
17. Purku- ja korjausrakentamista suunnittelevan turvallisuusopas VTT Tiedote 1152, 1990
18. Rakennustöiden turvamääräykset, RAK
19. Siltapiirustukset, O Hannelius, 1943, (IVOPE)
20. Siltapiirustukset, Ins. Tsto Pontek ky, 1988, (IVOPE)
21. Siltapiirustukset, Suunnittelukortes Oy, 1988, (IVOPE)
22. Projektisuunnitelma, IVOPE
23. Sopimusasiakirjat, IVOPE
24. Purkusuunnitelma, Megalift Oy
25. Kansirakenteen purkusuunnitelma. Megasiirto Oy, 23.07.1998
26. Purkusuunnitelman lujuuslaskelmat, Megalift Oy
27. Kannatinpilarin piirustukset
28. Kannatinpilarin lujuuslaskut
29. Koiton yläpohjasortuman tutkijalautakunnan mietintö, pj. Kalle Tanskanen, 1986
30. Tielaitoksen siltayksikön ohjeistus purkutöistä
31. Vakuutuslaitosten tapaturmalautakunta (Tarvainen, Seppänen)
- 32- Holmatro-tunkin painemittarin tarkistus. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, 14.10.1998
33. Tapaturmaselostus, luonnos. Kymen työsuojelupiiri 11.8.1998
34. Tapaturmaselostus,. Kymen työsuojelupiiri 8. 10.1998
35. Valokuvat
36. Videonauhoitukset

Lähdeliitteet on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa.

## **LAUSUNNOT**

- Liikenneministeriön lausunto 1837/40/99, 11.10.1999
- Sosiaali- ja terveysministeriön lausunto 185/04/1999, 20.10.1999
- Ympäristöministeriön lausunto 7/556/99, 15.10.1999
- Imatran kaupungin lausunto 65/99, 11.10.1999
- IVO Power Engineering Oy:n (nyk. Fortum Engineering) lausunto 22.10.1999
- Megasiirto Oy:n lausunto 19.10.1999



11.10.1999

1837/40/99

Onnettomuustutkintakeskus  
Yrjönkatu 36  
00100 HELSINKI

Viite Lausuntopyyntö 9.9.1999

Asia Lausunnon antaminen tutkintaselostukseen  
otettavasta suosituksesta

Liikenneministeriö toteaa yleisesti, että luonnoksessa esitetyt suositukset ovat tärkeitä ja oleellisia Tornan sillan sortuman kaltaisten onnettomuuksien ehkäisemiseksi tulevaisuudessa.

Liikenneministeriö puoltaa suosituksen 6.1 ja 6.2 kohdissa mainittuja termistön yhtenäistämistä ja vastuunjaon selkiyttämistä. Samalla liikenneministeriö esittää harkittavaksi, voisiko suosituksen viimeisen kohdan lopussa olevan virkkeen siirtää 6.2 kohtaan joko sellaisenaan tai muutettuna sanamuotoon: "Eri osapuolten on parannettava rakennusalan keskeisten turvallisuussäädösten tuntemustaan." – Liikenneministeriön hallinnonalalla ainakin Tielaitos on laatinut aiheesta julkaisun "Rakennus- ja kunnossapitohankkeiden turvallisuusasioiden dokumentointi" (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 5/1997).

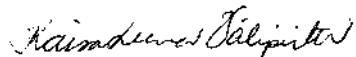
Suosituksen 6.7 kohdassa ehdotetaan lainsäädännön täydentämistä yksittäisten siltatöiden rakennusvalvonnan osalta. Liikenneministeriö pitää suositusta perusteltuna, koska siltatyöt ovat turvallisuuden kannalta vaativia kohteita. Tielaitos on huolehtinut teettämiensä siltojen suunnitelmien tarkistamisesta ja töiden valvonnasta, joten Tielaitoksen osalta ei sen oman käsityksen mukaan ole tarvetta rakennusvalvontaa koskevien säännösten tarkistamiseen.

Tielaitos on pyytänyt, että tutkintaselostuksen 3.4.1 kohta täsmennettäisiin kuulumaan seuraavasti: Tielaitos (Tiehallinto) tieviranomaisena huolehtii omien siltatöidensä osalta suunnitelmien tarkastamisesta ja työnaikaisesta valvonnasta. Sille ei kuitenkaan kuulu Tornan sillan kaltaisten, kuntien omien siltojen valvonnasta vastaaminen.

Osastopäällikkö

  
Niilo Laakso

Hallitusneuvos

  
Kaisa Leena Välipirtti

Tiedoksi: Tielaitos

D:\Teksti\Torna.doc L

Postiosoite

Käyntiosoite

Puhelin

Telekopio

PL 235

Eteläesplanadi 16, Helsinki

(09) 1601

(09) 160 2596

00131 HELSINKI

(09) 160 2590 (tiedotus)



Onnettomuustutkintakeskuksen kirje 9.9.1999

## **TORNAN SILLAN SORTUMINEN 6.8.1998 IMATRALLA**

Sosiaali- ja terveysministeriö esittää lausuntonaan kohteliaimmin seuraavaa:

Sosiaali- ja terveysministeriön käsityksen mukaan Onnettomuustutkintakeskuksen tutkintalautakunta on selvittänyt kiitettävällä tavalla Tornan sillan purkutyössä tapahtuneen ennenaikaisen sortuman tapahtumat sekä sen taustalla olevat organisatoriset ja tekniset seikat. Hyvää on myös se, että tutkinnassa on tarkasteltu viranomaisten toimintaa onnettomuuden ehkäisemisen kannalta.

Lautakunnan suosituksista sosiaali ja terveysministeriö lausuu seuraavaa:

### **Yleistä:**

Suosituksista ei riittävästi käy ilmi, minkä tahon tutkintalautakunnan käsityksen mukaan pitäisi ryhtyä toimenpiteisiin kunkin suosituksen toteuttamiseksi. Lisäksi suosituksissa on käytetty mm. termiä valvonta siten, että ei aina käy ilmi, tarkoitetaanko viranomaisvalvontaa vai hankeorganisaation sisäistä valvontaa.

Ministeriö ehdottaa tutkintalautakunnalle harkittavaksi, voisiko suosituksien mahdolliset toteuttajat tuoda raportissa tarkemmin esiin ja voisiko viranomaisille kohdistetut suositukset ryhmitellä erilleen muille tahoille tarkoitetuista suosituksista.

Ministeriön käsityksen mukaan tutkimustulosten hyödyntämistä edesauttaisi, jos Onnettomuustutkintakeskus jakaisi raporttejaan mahdollisimman laajasti. Tässä tapauksessa tärkeitä jakelun kohteita olisivat keskeisimmät rakennuttaja- ja suunnitteluorganisaatiot sekä suurimmat päätötoteuttajana toimivat rakennusyritykset tai ainakin niitä edustavat liitot ja järjestöt.

### **Suositus 6.1:**

Termistöjen yhtenäistämisessä tulisi viranomaisten käyttämien termien lisäksi tarkastella myös muiden rakentamista ohjaavien tahojen käyttämiä termejä. Termistöjen muuttaminen säädöksiin on hidas toimenpide, mistä syystä keskeisten ja sekaannusta aiheuttavien termien käytöstä olisi ehkä parempi laatia ohjeita rakentamisen osapuolten käyttöön.



### **Suositus 6.2:**

Ministeriön käsityksen mukaan vastuiden ja tehtäväjaon epäselvyys rakennushankkeissa johtuu monesti siitä, että hankkeesta vastaavat osapuolet eivät ole riittävästi perehtyneet eri tahojen turvallisuustehtäviä koskeviin määräyksiin eivätkä näin ollen tunne vaatimuksia riittävästi. Voi olla jopa niin, että tehtäväjako, joka on aina hankekohtainen asia, jätetään tietoisesti liian yleisluonteisten pelisääntöjen varaan.

Ministeriön käsityksen mukaan säästöjen tuntemusta pitäisi lisätä. Lisäksi pitäisi kehittää hankkeiden johtamiseen ja ohjaukseen menettelyjä, joilla eri osapuolten turvallisuustehtäville luodaan selkeä jako ja yhteistyölle selkeät pelisäännöt. Rakennusvalvonta- ja työsuojeluviranomaisten yhteistyössä on kehittämisen tarvetta tutkintalautakunnan suosituksen mukaisesti.

### **Suositus 6.3:**

Rakennushankkeiden riskien tunnistaminen on ennen muuta rakennushankkeiden toteuttamisesta vastaavien tahojen velvollisuus. Riskien arviointi tulisi saada osaksi kaikkea suunnittelua, jota rakennushankkeiden yhteydessä tehdään. Tämän tueksi olisi tarpeen kehittää sopivia riskien arviointimenetelmiä eri suunnittelutilanteisiin. Valvontaviranomaisilla ei ole voimavaroja valvoa etukäteen kaikkia vaaratilanteita. Valvonnan tueksi on kuitenkin tarpeen kehittää parempia menetelmiä tunnistaa valvontakohteiden turvallisuusriskit niin, että valvonta voitaisiin entistä paremmin kohdistaa vaarojen torjunnan kannalta tehokkaasti.

### **Suositus 6.4:**

Ministeriön käsityksen mukaan viranomaisilla ei ole voimavaroja, eikä koko maata ajatellen ehkä pätevyytäkään, arvioida vaativimpien hankkeiden suunnitelmia. Purkusuunnitelmien laatua on kuitenkin suosituksen mukaisesti tarpeen kehittää. Turvallisuuden parantamiseksi tulisi erityisesti kehittää purkusuunnitelmien tilaajien eli rakennuttajien tai muiden hankkeen päätoteuttajien menettelyjä varmistua sekä suunnittelijoiden, että suunnitelmien pätevyydestä. Tämä edellyttäisi myös suunnitelmien vaativuuden ja riskien tunnistamismenettelyjen kehittämistä.

### **Suositus 6.5:**

Suojaliivien käyttö on säästöjen mukaan pakollista kaikissa töissä, joissa on veteen putoamisen ja hukkumisen vaara. Tornan sillan onnettomuustapauksessa eräs syy suojaliivien käyttämättömyyteen lienee ollut se, että kukaan rakentamisen osapuolista ei tunnistanut sillan sortumisvaaraa. Ministeriön käsityksen mukaan ensisijainen toimenpide turvallisuuden varmistamiseksi ko. tapauksissa on se, että rakenteiden suunnittelun yhteydessä tunnistetaan turvallisuusriskit ja rakenteiden riittävällä ja oikealla suunnittelulla estetään rakenteiden sortuminen.

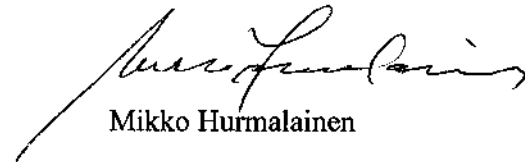
**Suositus 6.6:**

Työturvallisuusvaatimusten tasossa ei ole eroa rakentamisen ja purkamisen välillä. Ongelmana lienee se, että purkutöitä suunnittelevat ja toteuttavat tahot eivät tiedon puutteen vuoksi tai muusta syystä ota riittävän vakavasti purkutöihin liittyviä vaaroja. Työsuojeluviranomaisten tiedossa on purkutöiden vaarallisuus, mistä syystä niihin kohdistetaan valvontaa nyt jo paljon. Viranomaisten voimavarat eivät kuitenkaan riitä kattavaan valvontaan. Yksi keino purkutöiden turvallisuuden parantamiseksi on purkutyön vaaroista ja vaarojen torjunnan menettelyistä tiedottaminen ja asian tärkeyden korostaminen julkisuudessa. Purkutöiden teettäjien tulisi kiinnittää enemmän huomiota valitsemiensa purku-urakoitsijoiden ammattitaitoon.

**Suositus 6.7:**

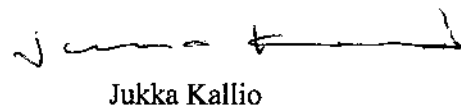
Turvallisuussäädösten tuntemuksessa on toivomisen varaa ja sitä tulee parantaa.

Osastopäällikkö



Mikko Hurmalainen

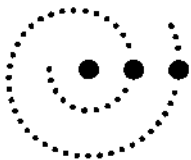
Johtaja



Jukka Kallio

Tiedoksi: Kansliapäällikkö

Markku Lehto



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ  
MILJÖMINISTERIET

Päiväys  
Datum

Dnro  
Dnr

15.10.1999

7/556/99

Onnettomuustutkintakeskus  
Yrjönkatu 36  
00100 Helsinki

Viite  
Hänvisning Lausuntopyyntönne 9.9.1999

Asia  
Ärende Luonnos tutkintaselostukseksi Tornan sillan sortumisesta 6.8.1998 Imatralla

Ympäristöministeriöltä on pyydetty lausuntoa asiakohdassa mainitusta luonnoksesta tutkintaselostukseksi.

Kiitämme meille annetusta mahdollisuudesta tutustua edellä mainittuun luonnokseen. Koska ympäristöministeriö ei ole sillanrakentamista koskevissa asioissa toimivaltainen viranomainen, emme kuitenkaan katso tässä tapauksessa aiheelliseksi antaa asiasta lausuntoa.

Rakennusneuvos



Heikki Aho

Yli-insinööri



Jaakko Huuhtanen



ONNETTOMUUSTUTKINTAKESKUS  
Hallintopäällikkö Pirjo Valkama-Joutsen  
Yrjönkatu 36  
00100 Helsinki

---

Asia:luonnos tutkintaselostukseksi Tornan sillan sortumisesta

**KOMMENTIT EDELLÄ MAINITTUUN LUONNOKSEEN**

**kohta 3.4.2 Rakennusvalvontaviranomaisen toiminta**

**Rakennusvalvonnan perusteet**

4. kappaleen kaksi ensimmäistä lausetta esitän korvattavaksi seuraavasti:

**Rakennustarkastajan mukaan rakennuslupa vaaditaan uudisrakennusten rakentamiseen. Rakennuslupavaiheessa varmistetaan, että kaava- ja muut rakentamista koskevat määräykset toteutuvat ja rakentamisen valvonnan laajuus määritellään hankekohtaisesti.**

5.kappale esitän korvattavaksi seuraavasti:

**Rakennusvalvonta voi sovittaa rakennuslupaa koskevan hakemuksen tarkastamisen hankkeen ja suunnittelussa käytetyn asiantuntemuksen mukaisesti. Rakennusvalvonnan tehtäviin kuulua valvoa tiettyjen viranomaiskatselmusten lisäksi, että hankkeen toteuttavat pätevät suunnittelijat ja toteutusta johtaa pätevä vastaava työnjohtaja. Tarkastajan mukaan Imatran kaupungin rakennusvalvonnalla ei ole riittävää asiantuntemusta sillan rakentamiseen liittyvien lujjuuslaskelmien tarkastamiseen.**

6.kappaleen loppuun esitän lisättäväksi:

**Hankkeissa, joissa on uusia työpaikkoja enemmän kuin viisi edellytetään työsuojelupiirin lausunto ennen luvan myöntämistä. Mitään kirjallista sopimusta rakennusluvasta tiedottamisesta ei todennäköisesti ole koska lähikunnatkaan eivät ole tietoisia kyseisestä sopimuksesta.**

Imatralla rakennusvalvonta kuitenkin lähettää parin kuukauden välein tiedot myönnettyistä luvista työsuojelupiireille. Rakennusvalvonnan postikirjan mukaan on lähetetty 2.3.1998 päätöslista myös ajalta 8.11.97 -27.2.98 työsuojelupiirille. Tornansiltaa koskeva päätös on tehty 20.2.98, joten työsuojelupiirillä olisi pitänyt olla tieto ko. luvasta.

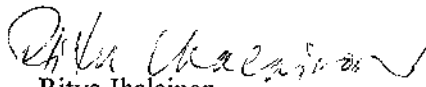
## **Toteutettu rakennusvalvonta Tornan sillan purkuhankkeessa**

1.kappaleen lopussa suluissa olevan huomautuksen esitän korvattavaksi:

**Luvan hakijana ja luvan myöntäjänä on ollut eri toimielimet. Imatral-  
la rakennusvalvonta kuuluu ympäristötoimeen ja on näin ollen ollut  
täysin riippumaton luvan hakijana olleesta teknisestä toimesta lupa-  
asiaa käsiteltäessä.**

Lopuksi

Uusi maankäyttö- ja rakennusasetus on hyväksytty 10.9.1999. Siinä ei mainita erikseen siltojen toimenpideluvanvaraisuudesta siinä muodossa kuin aikaisemmassa laissa. Uuden asetuksen 62 §:n 1 mom. kohdan 10 mukaiset kaupunki- tai ympäristökuvaan merkittävästi ja pitkäaikaisesti vaikuttavat järjestelyt tai muutokset voidaan kunnan harkinnan mukaan määrätä joko lupa- tai ilmoituksenvaraiseksi. Näin ollen rakennusvalvonta voi siltojen rakentamiseen vastaisuudessaakin ottaa kantaa harkintansa mukaan ja lähinnä kaupunkikuvallisessa mielessä.

  
Ritva Ihalainen  
rakennustarkastaja

ONNETTOMUUSTUTKINTAKESKUKSELLE

Asia: Tornan sillan sortuminen 6.8.1998 Imatralla. Tutkintaselostus  
B 1/1998Y. Onnettomuustutkintakeskuksen lausuntopyyntö.

Lausunnonantaja: IVO Power Engineering Oy, Vantaa  
(1.1.1999 alkaen Fortum Engineering Oy)



Lausuntopyyntönne johdosta esitämme kunnioittavasti seuraavaa.

### 1. Siltahankkeen organisaatio

Onnettomuustutkintakeskuksen tutkintaselostuksen 24.8.1999 mukaan Imatran kaupunki on toteuttanut Tornan sillan siltahankkeen projektinjohtourakkana, jolloin projektinjohtourakoitsijana on toiminut IVO Power Engineering Oy (seuraavassa IVO PE). Tutkintalautakunnan mielestä IVO PE on ollut sillan purkuhankkeessa RakVNP:ssä 629/1994 tarkoitettu ”muu, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta” ja siten hankkeen pää toteuttaja (tutkintaselostus, s. 11). Tutkintalautakunnan mukaan kysymyksessä oleva kohde on ollut RakVNP:ssä tarkoitettu yhteinen rakennustyömaa.

Kiistämme olleemme siltahankkeen päätoteuttaja. Meidän ja kaupungin välisen urakkasopimuksen mukaan projektinjohtourakoitsijan suoritusvelvollisuudeksi on määritelty sillan rakentaminen, projektin johto, suunnittelu, rakennuttaminen ja toteutusvalvonta. Urakkasopimuksemme toimituskokonaisuus on kuitenkin rajattu koskemaan maatukien välistä aluetta sillan laakeripetien alapintaan saakka. Sillassa olevat installaatiot ja liittyminen katu-, viemäri- ja vesijohtoverkkoon on kuulunut tilaajan, siis Imatran kaupungin toimituskokonaisuuteen. Liitämme ohcen kaavion Tornan siltahankkeen toteutusorganisaatiosta: **Liite 1**.

Emme ole toimineet minkäänlaisessa sopimus- tai koordinointisuhteessa niihin yhtiöihin ja organisaatioihin, jotka ovat olleet sopimussuhteessa suoraan kaupunkiin. Näin ollen meillä ei ole ollut mahdollisuutta puuttua koko hankkeen työsuojeluasioihin, vaan tilaajan oma organisaatio on osittain vastannut työsuojelusta.

Käsityksemme mukaan päätoteuttajalla tarkoitetaan sitä tahoa, jolla on mahdollisuus vaikuttaa työturvallisuuteen liittyviin seikkoihin yli urakkarajojen, esimerkiksi koordinoimaan eri urakoitsijoiden työtehtäviä tarpeen vaatiessa. Tällaista asemaa IVO PE:llä ei ole ollut.

Siltahankkeen päätoteuttaja on ylin työturvallisuudesta vastaava taho. Tornan sillan osalta Imatran kaupunki on vastannut hankkeeseen kuuluvista töistä kokonaisuutena. IVO PE ei edellä olevaan viitaten ole ollut hankkeen päätoteuttaja.

Tutkintalautakunta lienee crehtynyt työmaan organisoinnin ja urakoiden aikataulujen osalta, sillä tutkintaselostuksen 24.8.1999 liitteenä olevassa kaaviossa 3.1. ei ole huomioitu töiden toteutusjärjestystä eikä eri urakoitsijoiden kanssa sovittuja aikatauluja.

**Onnettomuuden sattuessa työmaalla työskenteli ainoastaan Megasiirto Oy.**

Tutkintaselostuksesta saa sellaisen virheellisen käsityksen, että työmaalla olisi onnettomuusaikana ollut myös muita urakoitsijoita. Työmaa ei siis onnettomuushetkellä ollut RakVNp:n tarkoittama yhteinen rakennustyömaa.

## 2. Turvallisuuden toteuttamiseksi luotu organisaatio

RakVNp:n 9 §:n mukaan

”Päätoteuttajan on huolehdittava turvallisuuden ja terveyden kannalta tarpeellisesta työmaan yleisjohdosta ja osapuolten välisen yhteistoiminnan ja tiedonkulun järjestämisestä, toimintojen yhteensovittamisesta sekä työmaan yleisestä siisteydestä ja järjestyksestä.

Edellä 1 momentissa tarkoitettuja tehtäviä johtamaan on siinä veloitettun nimettävä työmaata varten pätevä vastuuhenkilö ja hänelle tarvittaessa sijainen. Samoin jokaisen työnantajan on nimettävä teettämänsä työn johtoa ja valvontaa varten siihen pätevä ja vastuunalainen henkilö.”

Mikäli meidän katsotaan toimineen hankkeen päätoteuttajana, olemme käsityksemme mukaan joka tapauksessa täyttäneet meille kuuluvat velvollisuudet. Omaan vaikutuspiiriimme kuuluvien urakoiden osalta olemme huolehtineet töiden yhteensovittamisesta RakVNp:n 5 §:n 2 momentin mukaisella tavalla aikatauluttamalla työt ja määrittelemällä vastuut mahdollisimman selkeästi onnettomuuden jälkeen ajankohtaisiksi tulevilla rinnakkaisissa töissä. Eri urakoitsijoiden työt on organisoitu siten, ettei niistä ole aiheutunut vaaraa toisille urakoitsijoille tai muille työn vaikutuspiirissä oleville. Näin ollen olemme huolehtineet työmaan osapuolten välisen yhteistoiminnan ja tiedonkulun järjestämisestä sekä toimintojen yhteensovittamisesta.

Edelleen olemme urakkasopimuksessamme Megasiirto Oy:n kanssa nimenomaisesti sopineet, että **urakoitsija nimeää kohteeseen työsuojelupäällikön, joka laatii työsuojeluohjelman (urakkasopimus, kohta 14). Urakkasopimuksessa on myös määrätty, että työsuojeluohjelma on tarkistettava yhdessä työsuojeluviranomaisen kanssa. Megasiirto Oy:n kanssa solmimassamme urakkasopimuksessa työsuojelupäälliköksi on nimetty Erkki Mäki.**

Erkki Mäki on siis nimetty johtamaan RakVNp 9 §:ssä tarkoitettuja tehtäviä työmaalla. Mäki on ollut täysin pätevä toimimaan kysymyksessä olevassa tehtävässä, sillä hän on koulutukseltaan insinööri ja hänellä on huomattava kokemus silta- ja vesirakennustöistä. Mäki on myös sukellustaitoinen.

Onnettomuustutkintakeskuksen tutkintaselostuksessa olevan kaavion 3.1 mukaan Megasiirto Oy:n urakka on käsittänyt vanhan sillan purun ja uuden sillan kannatinrakenteiden asennuksen. Tältä osin on huomattava, että Megasiirto Oy on KVR-urakoitsijana vastannut myös purkutöiden suunnittelusta. Urakkasopimukseen liitetyn rakennusselityksen kohdan 1182 mukaan urakoitsijan on ennen purkutyön aloittamista ollut velvollinen laatimaan **yksityiskohtaisen purkusuunnitelman työn toteuttamiseksi**. IVO PE:n toimittama purkusuunnitelma on siis ollut alustava, kuten tarjouspyynnöstämme 3.6.1998 käy ilmi (tarjouspyyntö, kohta 2). Rakennusselityksen kohdan 1181 mukaan Megasiirto Oy:n velvollisuuksiin on kuulunut myös sillan työnaikaisen kannatuksen järjestäminen.

Megasiirto Oy on siis vastannut purkutyön suunnittelusta, toteutuksesta ja työtuloksen toimivuudesta. Edelleen Megasiirto Oy on urakkasopimuksemme 14 kohdan mukaan vastannut työsuojeluohjelman laatimisesta. Kysymyksessä oleva purkutyö on vaatinut erityisosaamista, minkä vuoksi on selvää, ettei kukaan muu kuin työmenetelmät ja kalustot valinnut Megasiirto Oy ole kyennyt yksityiskohtaisesti arvioimaan purkutyöhön liittyviä työturvallisuusnäkökohtia ja huomioimaan ne suunnittelussaan.

Onnettomuustutkintakeskuksen lausunnon mukaan olennaista on, että kaikkien hankkeeseen osallistuvien osapuolten tehtävät ja työnjako on organisoitu niin selkeästi ja sellaisella tavalla, että turvallisuuden varmistamisen edellytykset ovat olemassa kaikissa

hankkeen eri vaiheissa (tutkintaselostus, s. 11). Haastattelujen perusteella on tutkintalautakunnan mukaan käynyt ilmi, ettei Imatran kaupungin edustaja eivätkä IVO PE:n edustajat ole olleet riittävästi selvillä RakVN:n vaatimuksista. Emme myöskään tutkintalautakunnan mukaan olleet selkeästi nimenneet työmaalle RakVN:n 9 §:n 2 momentissa tarkoitettua vastuunalaista henkilöä (tutkintaselostus, s. 12).

Edellä olevaan viitaten kiistämme tutkintaselostuksessa esitetyt väitteet. Työturvallisuutta on korostettu laatimassamme projektisuunnitelmassa ja toteutustapasuunnitelmassa sekä Megasiirto Oy:n kanssa solmimassamme urakkasopimuksessa, jossa on edellytetty, että purku-urakoitsija konsultoi työsuojeluviranomaisia työsuojeluohjelman laatimisessa. Olemme täyttäneet työsuojeluun liittyvät velvollisuutemme, emmekä ymmärrä, mitä olisimme edellä olevan lisäksi itse voineet tehdä turvallisuuden parantamiseksi työmaalla purkutöiden aikana.

Erkki Mäki on ilmoittanut tutkintalautakunnan haastatteluissa, ettei hän ”tiedostanut olevansa edellä tarkoitettu päätoteuttajan vastuuhenkilö, mutta on kuitenkin tehnyt joitakin vastuuhenkilölle kuuluvia tehtäviä (tutkintaselostus, s. 15). Pidämme Mäen ”tietämättömyyttä” käsittämättömänä, sillä Mäen tehtävistä on sovittu urakkasopimuksessa. Myös se, että hän on suorittanut osan vastuuhenkilölle kuuluvista tehtävistä, tukee väitettämme Mäen roolista hankkeessa.

### 3. Ns. turvallisuusasiakirjan laatiminen

RakVN:n 5 §:n 1 momentin mukaan rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta on laadittava rakennustyön suunnittelua ja valmistelua varten asiakirja, joka sisältää rakennushankkeen ominaisuuksista ja luonteesta aiheutuvat ja sen toteuttamiseen liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot.

Tutkintalautakunnan mukaan turvallisuusasiakirjaa ei ole mainittu yhtiömme tarjouspyyntöön 28.4.1998 sisältyvässä asiakirjaluettelossa eikä meidän ja Megasiirto Oy:n välisessä urakkasopimuksessa 10.6.1998. Turvallisuusasiakirjan laatimisvelvollisuus on kuitenkin mainittu projektipäällikön toimenkuvassa. Haastatteluissa yhtiömme edustajat ovat tutkintalautakunnan mukaan todenneet, ettei turvallisuus-

asiakirjaa ole laadittu, mutta IVO PE:n laatukäsikirjassa on annettu yleisohjeet turvallisuuden hoitamiseksi (tutkintaselostus, s. 13).

Edellä olevan johdosta toteamme, että turvallisuusasiakirjan laatiminen on urakkasopimuksen 10.6.1998 perusteella kuulunut Megasiirto Oy:lle ja asiakirja on myös laadittu yhtiön toimesta. Viittaamme työmaapäiväkirjan n:o 2 liitteenä olevaan Kymen työsuojelupiirin pöytäkirjaan 1.7.1998 (924/98), joka koskee 25.6.1998 pidettyä työsuojelutarkastusta. Kyseisessä tilaisuudessa on ollut läsnä työsuojelupiirin edustajat, Megasiirto Oy:n toimitusjohtaja Erkki Mäki ja IVO PE:n edustaja rakennusmestari Matti Toikka.

Pöytäkirjan 1.7.1998 mukaan **Megasiirto Oy:n toimitusjohtaja Erkki Mäki on esitellyt työsuojeluviranomaisille sillan purkusuunnitelman, joka on hyväksytty viranomaisten toimesta**, edellyttäen, että veden pintaan alajuoksun puolelle asennetaan puomi ja molemmille rannoille sijoitetaan veneet: **Liite 2.**

Megasiirto Oy on hankkinut puomin ja veneet ja sijoittanut ne sovittuihin paikkoihin. **Koska purkusuunnitelma on hyväksytty työsuojeluviranomaisten toimesta, olemme perustellusti olleet siinä käsityksessä, että kaikki työsuojeluun liittyvät näkökohdat on riittävästi huomioitu Megasiirto Oy:n suunnitelmassa.** Megasiirto Oy:n suunnitelma on käsityksemme mukaan täyttänyt turvallisuusasiakirjan vaatimukset.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan purkamiseen liittyviä turvallisuustietoja ei ole juuri lainkaan käsitelty muissakaan hankeasiakirjoissa (tutkintaselostus, s. 13). Kiistämme tämän väitteen. Purkamiseen liittyviä turvallisuusasioita on käsitelty seuraavissa asiakirjoissa:

- projektisuunnitelma
- toteutustapasuunnitelma
- Megasiirto Oy / IVO PE urakkasopimus
- urakkaneuvottelupöytäkirja
- rakennustoimikunnan pöytäkirja

- rakennusselitys aikataulu
- työsuojelupiirin pöytäkirja 1.7.1999
- työmaapöytäkirjat

Edellä olevaan viitaten kiistämme toimineemme huolimattomasti työturvallisuuteen liittyvien asiakirjojen laatimisessa.

#### 4. Purkutöiden suunnittelua varten annetut tiedot

Tutkintalautakunnan mukaan IVO PE:n tarjouskyselyyn sisältyneessä alustavassa purkusunnitelmassa on annettu tieto, että tukitornien kohdalla joen pohjalla on kalliota. Megasiirto Oy:n laatima sillan tuentasuunnitelma on perustunut tähän tietoon, joka on osoittautunut tukitornien perustusten tekovaiheessa erbeelliseksi (tutkintaselostus, s. 13). Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan purku-urakoitsijalle annettujen lähtötietojen puutteellisuus on heikentänyt hänen mahdollisuuksiaan suunnitella sillan tuenta ja muu purkutyö niin, että työ olisi voitu tehdä turvallisesti (tutkintaselostus, s. 14).

Edellä olevan johdosta toteamme, että normaalissa suunnittelukäytännössä rakennetut kanavat kuvataan piirusmerkintöjä käyttäen. Käytössä olleiden dokumenttien mukaan pohja on louhittua kalliota. Edelleen Megasiirto Oy:lle annetut lähtötiedot ovat olleet tarjouspyyntöaineistoa, jota urakoitsija on voinut hyödyntää urakkalaskennassaan. Urakoitsijan velvollisuutena on ottaa yksityiskohtaisesti selvää työmaalla vallitsevista olosuhteista tukitornien lopullisessa suunnittelussa.

Edellä olevaan viitaten kiistämme syylistyneemme laiminlyöntiin lähtötietojen antamisessa tai heikentäneemme urakoitsijan mahdollisuuksia suorittaa purkutyö turvallisesti.

Edelleen perusteet esimerkiksi kuormitusten määrittelemiseksi ovat olleet riittävän tarkat. Urakoitsijan velvollisuutena on ollut valita purkamistapa ja tarvittava kalusto sekä arvioida siitä aiheutuvat suunnittelutarpeet. Myös juoksutusten vaatimukset työlle on ennakoitu urakka-asiakirjoissa. Urakoitsija ei ole missään vaiheessa väittänytään, että urakka-asiakirjat tältä osin olisivat ristiriidassa todellisten olosuhteiden kanssa.

Kiistämme, että purkutöiden suunnittelua varten annetut tiedot olisivat olleet virheellisiä tai puutteellisia.

#### 5. Sillan työnaikainen tuenta

Tutkintalautakunnan mukaan Megasiirto Oy:n laatiman tukitelineen rakennesuunnitelma on ollut virheellinen. Tukitelineen rakentamisessa on tehty virheitä, jotka ovat heikentäneet telineen kantavuutta. Tukirakenteen puutteellinen ja suorastaan virheellinen suunnittelu on tutkintalautakunnan mukaan ollut perussyynä onnettomuuteen (tutkintaselostus, s. 16).

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan IVO PE:lle olisi kuulunut suunnittelun valvonta ja siihen liittyen suunnitelman tarkastaminen ja hyväksyntä. Tätä tehtävää korostaa tutkintalautakunnan mukaan kaupungin ja IVO PE:n välinen sopimus, jonka mukaan yhtiömme tarkastaa purkutyösuunnitelman. Tutkintalautakunnan mukaan jo suunnitelman silmämääräinen tarkastelu olisi paljastanut asiantuntijalle rakenteen epämääräisyydet, joista johtuen telineen toimintatapa on ollut vaikea hallita (tutkintaselostus, s. 17).

Edellä olevan johdosta toteamme, että Megasiirto Oy:n toteuttama suunnitelma on ollut erilainen kuin se periaatesuunnitelma, joka on esitetty meille hyväksyttäväksi. Toteutusvaiheessa tehdyistä olellisista muutoksista johtuen emme ole voineet ennakoida tulevia ongelmia. Olennaisin Megasiirto Oy:n tekemä muutos oli sillan teräksisen kansirakenteen sitominen osaksi kehärakennetta ja tunkkien käyttö.

Edelleen toteamme, ettei rakennuttajan taholta tapahtuva valvonta YSE 1983 11 §:n mukaan vähennä urakoitsijan vastuuta työvirheestään. Valvojan tehtäviin ei kuulu varmistautua siitä, että urakoitsijan suunnittelema rakenne on virheetön, vaan urakoitsija on lähtökohtaisesti velvollinen suorittamaan työnsä virheettömästi.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan tukitelineiden mahdollisen sortumisen aiheuttaman työturvallisuusriskin poistamiseksi olisi hyvän tukitelinesuunnittelun mukaisesti tullut suunnitella tukirakennelman kuormituksenaikaisten siirtymien

seuraamiseksi luotettavat menettelytavat. Siirtymien seuranta olisi tutkintalautakunnan käsityksen mukaan todennäköisesti paljastanut etukäteen sortumisen alkamisen, jolloin työntekijät olisivat ehtineet poistua sillalta ennen onnettomuutta. Tutkintalautakunnan käsitys on edelleen, että purkus suunnitelman asianmukaiseen tarkastukseen olisi kuulunut pyytää purku-urakoitsijalta ennen työn aloittamista toimenpidesuunnitelma vaarojen torjumiseksi (tutkintaselostus, s. 18).

Edellä olevan johdosta viittaamme edellä esittämäämme. Megasiirto Oy on ollut sillan purkutyön erikoisasiantuntija, joka on laatinut työsuojeluviranomaisten hyväksymän purkus suunnitelman ja työsuojeluohjelmineen. Olemme perustellusti olleet siinä uskossa, että suunnitelma täyttää kaikki työsuojelulliset vaatimukset. Työsuojeluviranomaiset eivät ole vaatineet purku-urakoitsijalta edellä mainittua toimenpidesuunnitelmaa eikä muutakaan lisäselvitystä. Vastuu tukirakenteiden toimivuudesta on ollut Megasiirto Oy:llä.

Edellä olevaan viitaten kiistämme tutkintalautakunnan väitteen siitä, etteivät IVO PE:n edustajat ole hahmottaneet tukitelineen suunnittelua vaativaksi tehtäväksi ja että tästä syystä yhtiömme suorittama valvonta on ollut liian passiivista eikä sen yhteydessä ole pystytty tunnistamaan suunnittelussa tehtyjä virheitä. Olemme painottaneet työturvallisuuskäytäntöjä Megasiirto Oy:n kanssa tekemässämme urakkasopimuksessa. Lisäksi olemme edellyttäneet, että Megasiirto Oy laatii purkutyölle työsuojeluohjelman, joka käydään läpi yhdessä työsuojeluviranomaisten kanssa. **Emme ole olleet velvollisia epäilemään viranomaisten ammattitaitoa työsuojeluun liittyvissä kysymyksissä.**

#### 6. Tukitelineen rakentaminen

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan tukitornien rakenteet toteutettiin huolimattomasti, vaikkakin suurimmaksi osaksi tukitelineen suunnitelleen työnjohtajan hyväksymänä. Huolimattomasti toteutetut tukirakenteet hyväksyttiin osittain siitäkin syystä, että rakenteilla uskottiin olevan riittävästi varmuutta. Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan rakenteiden huolimatonta toteuttaminen, erityisesti vinojäykisteiden poistaminen, heikensi tukitornien kantokykyä (tutkintaselostus, s. 19).



Ennen purkutöiden aloittamista Megasiirto Oy oli antanut ymmärtää, että purkutyössä tullaan käyttämään valmistelineitä. Nämä kuuluvat yleensä tyyppihyväksyntämenettelyn piiriin, eivätkä siis edellytä rakennelaskelmia. Meillä ei siten ole ollut mitään syytä epäillä rakenteiden varmuutta. Tietoomme ei myöskään tullut, että tukirakenteet olisi toteutettu huolimattomasti. Olemme olleet oikeutettuja luottamaan siihen, että Megasiirto Oy on YSE 1983 16 §:n mukaisesti käyttänyt työssään ammattitaitoisia työntekijöitä, joilla on ollut riittävä asiantuntemus kaikkien purkuun liittyvien työvaiheiden suorittamiseksi.

#### 7. Turvatoimet sillan sortumisen varalta

Tutkintalautakunnan mukaan sillan mahdollisen sortumisen varalta ei ollut laadittu turvallisuusohjeita. Sillan ja tukirakenteiden käyttäytymistä oli seurattu ainoastaan betonikaarien ensimmäisen katkaisun ajan, jolloin sillan paino siirtyi tukitornien varaan.

Edellä olevan johdosta toteamme, että Megasiirto Oy oli esitellyt IVO PE:lle erilaisen version siitä, missä katkaisuvaihe oli kriittisin ja tätä työvaihetta seurattiin tarkasti. Emme ole tältäkkään osin syyllistyneet huolimattomuuteen.

#### 8. Turvallisuustoimenpiteet hukkumisen estämiseksi

Työsuojelupiirin tarkastajien vaatima turvapuomi on tutkintalautakunnan mukaan asennettu alajuoksulle, mutta se oli jo ennen onnettomuutta katkennut eikä sitä ollut korjattu. Piirin vaatimia pelastusveneitä myöskään ei ollut pelastusvalmiudessa onnettomuushetkellä (tutkintasclostus, s. 20).

Mikäli näin on tapahtunut, niin Megasiirto Oy on toiminut vastoin itse laatimaansa työ- ja turvallisuusohjelmaa ja viranomaisten ohjeita jättäessään huolehtimatta katkenneen puomin korjaamisesta ja veneiden pitämisestä pelastusvalmiudessa. Megasiirto Oy:n edustaja Erkki Mäki on ollut työmaan työsuojelupäällikkö, jonka velvollisuuksiin on kuulunut huolehtia edellä mainittujen puutteiden poistamisesta.

Tutkimuksissa on käynyt ilmi, että onnettomuudessa hukkunut työntekijä oli lähes uimataidoton. Työnjohtaja on kertonut haastattelussa tienneensä työntekijän uimataidottomuudesta etukäteen, mutta tätä ei ollut otettu huomioon turvallisuustoimenpiteissä (tutkintaselostus, s. 20). Tutkintalautakunnan käsitys on, että kellunta-liivin käyttäminen olisi todennäköisesti estänyt hukkumisen.

Emme ole olleet tietoisia Megasiirto Oy:n työntekijöiden uimataidosta. Mielestämme Megasiirto Oy:n ja sen työsuojelupäällikkönä toimivan edustajan olisi tullut vaatia työntekijöiltä uimataitoa tai huolehtia siitä, että uimataidottomalla työntekijällä on kelluntaliivi.

#### 9. Työmaan turvallisuusseuranta

Työsuojelupiirin tarkastaja on onnettomuutta tutkiessaan todennut, ettei työmaalla ole tehty viikoittaisia kunnossapitotarkastuksia eikä purku-urakoitsijan pitämässä työmaapäiväkirjassa ole merkintää siitä, että turvallisuustarkastuksia olisi tehty. Työmaapäiväkirjaan on merkitty joitakin toimenpiteitä, joilla työturvallisuutta on pyritty hoitamaan. Yhtiömme edustaja ei ole haastattelujen mukaan vaatinut tarkastusten tekemistä (tutkintaselostus, s. 21).

Edellä olevan johdosta toteamme, että työmaalla oli nimeämämme työsuojelupäällikkö, jonka tehtäviin kuului huolehtia turvallisuustarkastusten pitämisestä. Tarkastuksia on myös pidetty työmaapäiväkirjojen osoittamalla tavalla.

#### 10. Onnettomuuden syntyyn myötävaikuttaneet tapahtumat

Tutkintalautakunnan mukaan rakennuttaja ja projektinjohtourakoitsija kytkivät hankkeen valmisteluun sellaiset henkilöt, jotka eivät olleet perehtyneet RakVNP:n vaatimukseen rakennuttajan ja päätoteuttajan turvallisuustehtävistä. Kiistämme tämän väitteen. RakVNP:n vaatimukset ovat olleet IVO PE:n edustajien tiedossa ja niitä on korostettu laatimissamme asiakirjoissa.

Tutkintalautakunnan mukaan projektinjohtourakoitsija on valinnut työmaavalvojakseen henkilön, joka ei ollut perehtynyt RakVN:n vaatimukseen eikä omannut kokemusta sillan purkutöistä. Kiistämme tämänkin tutkintalautakunnan väitteen. Työmaan työsuojelupäälliköksi nimeämällemme Erkki Mäellä on ollut tehtävän hoitamiseen tarvittava asiantuntemus ja kokemus. Tutkintalautakunta ei ole lähemmin perustellut sitä, miksi insinööri Mäkeä tulisi pitää työturvallisuusmääräyksiin perehtymättömänä henkilönä. Urakkasopimusta solmittaessa meillä ei ole ollut mitään syytä epäillä Mäen kykyä suoriutua sopimastamme tehtävästä.

#### 11. Lopuksi

Pyydämme kunnioittavasti, että onnettomuustutkintakeskus ottaa edellä esittämämme huomioon lopullista tutkintaselostusta laadittaessa.

Vantaalla lokakuun 22 päivänä 1999

FORTUM ENGINEERING OY

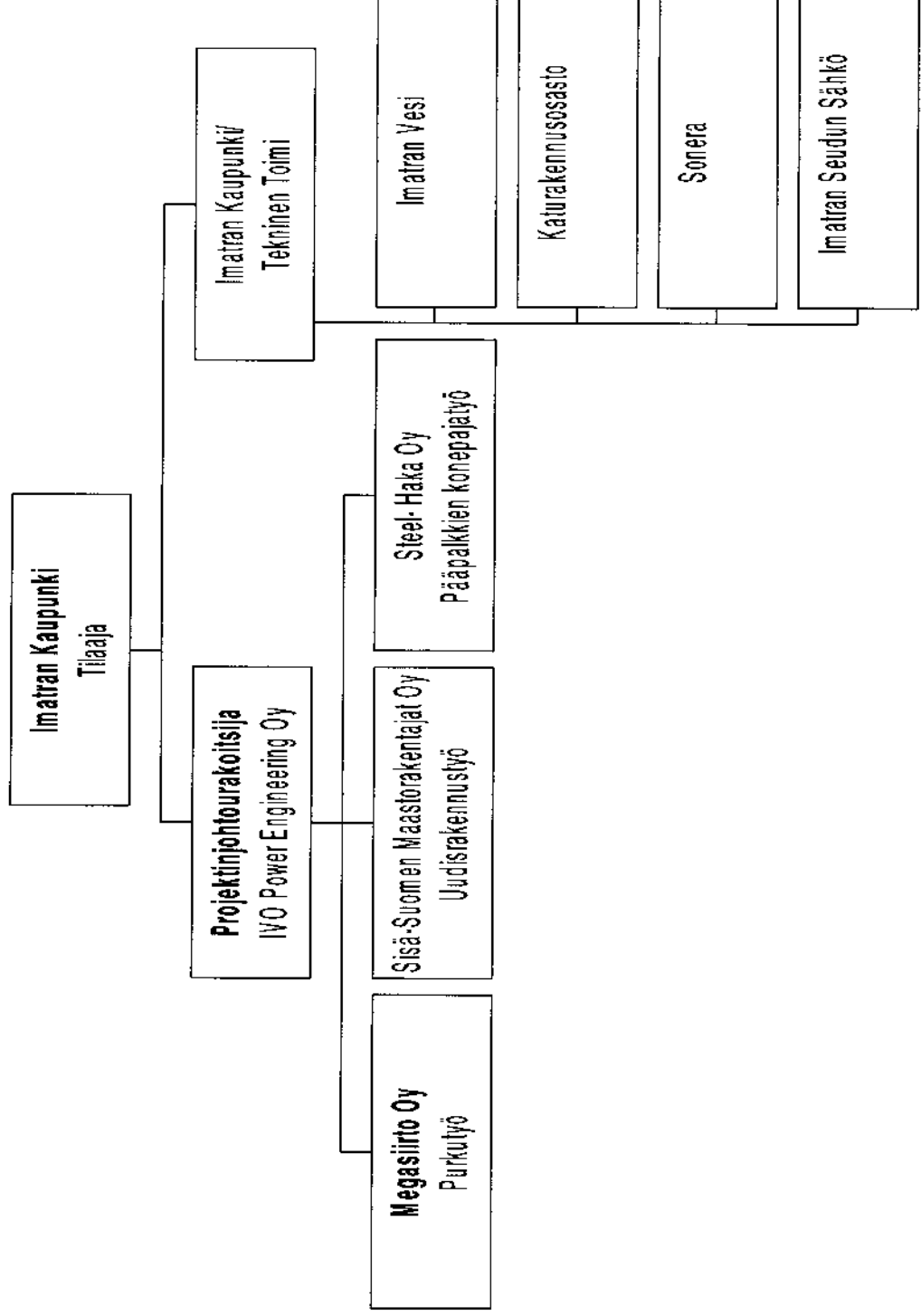
Vantaa



LIITTEET Toteutusorganisaatio (liite 1)

Kymen Työsuojelupiirin pöytäkirja 1.7.1998 (liite 2)

**TORNAN SILTA**  
**Toteutusorganisaatio**



**KYMEN TYÖSUOJELUPIIRI**

PL 145 (Pormestarinkatu 1)  
53101 LAPPEENRANTA  
Puh. 05-6261  
Telefax 05-626 4145

**PÖYTÄKIRJA**

Nro 924/98

1.7.1998

**TYÖSUOJELUTARKASTUS**

|                             |                                                                                            |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tarkastuspäivä              | 25.6.1998                                                                                  |
| Työnantaja                  | Megasiirto Oy                                                                              |
| Postiosoite                 | Kuortaneentie 959, 60640 ISOKOSKI                                                          |
| Tarkastuksen<br>kohde/aihe  | Imatran Tornansiilan purku ja uusien palkkien asennus /<br>työn suunnittelu                |
| Tarkastuksen<br>toimittajat | Ylitarkastaja Risto Talka<br>Työsuojeluinsinööri Pekka Valtonen                            |
| Osanottajat                 | Toimitusjohtaja Erkki Mäki, Megasiirto Oy<br>Insinööri Matti Toikka, IVO Power Engineering |

**YLEISTÄ**

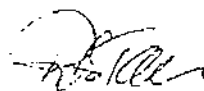
Johtaja Erkki Mäki esitteli sillan purkusuunnitelman.

**TODETTIIN / SOVITTIIN**

Esitettyjen suunnitelmien mukaan voidaan toimia. Samalla sovittiin, että alajuoksun puolelle veden pintaan pingotetaan puomi, mihin mahdollisesti veteen joutunut voi takertua. Lisäksi sovittiin sijoitettavan molemmille rannoille vene.

Samoin sovittiin, että ulkopuolisilta pääsy työmaa-alueelle estetään.

Ylitarkastaja



Risto Talka

JAKELU Megasiirto Oy / Toimitusjohtaja Erkki Mäki

TIEDOKSI Insinööri Matti Toikka / IVO Power Engineering

*Varatuomari*

***Veikko Tastula***

***Asianajotoimisto Oy***

***Kauppakatu 15 B 4, 60100 Seinäjoki***

***Puh. 06-4140 401 fax 4140 443***

Onnettomuustutkintakeskus  
Yrjönkatu 36  
00100 Helsinki  
Fax 09-18257811

Viite: Kirjeennä 9.9.1999/Luonnos tutkintaselostukseksi Tornan sillan sortumiseksi

#### KOMMENTTI

Kommentin antaja

Megasiirto Oy, Nurmo  
Kuortaneentie 959  
60640 Isokoski

Asiamies ja yhteystiedot

Asianajaja Veikko Tastula, Seinäjoki  
Kauppakatu 15 B 4, 60100 Seinäjoki  
P. 06-4140401 F. 06-4140443

Asia, jossa kommentti annetaan

Onnettomuustutkintakeskuksen luonnos 24.8.1999 tutkintaselostukseksi Tornan sillan sortumisesta 6.8.1998 Imatralla.

Megasiirto Oy esittää seuraavat kommentit noudattaen lunnoksen mukaista asiajärjestystä.

### 3. SILTAHANKKEEN ORGANISAATION TURVALLISUUSTOIMINTA

#### 3.2.3 Rakennuttamisen turvallisuustehtävien hoitaminen

Tutkijalautakunta katsoo, että uuden sillan suunnittelussa ei ole voitu vaikuttaa vanhan sillan purkamisen suunnitteluun.

Rakennettuja tukitorneja kuitenkin käytettiin uuden siltakannen paikoilleen asentamisessa.

### 3.2.4 Sillan purkutyön suunnittelu

Luonnoksen (s.16 ) mukaan työnjohtajan ja IVO PE:n paikallisvalvojan kanssa käytyjen keskustelujen perusteella olisi todettu, että maanvaihtoa ei kireästä aikataulusta johtuen ehditä suorittaa, vaan tukitornit perustetaan kallioon porattavien kierretankojen varaan.

Kuitenkin pääasiallinen syy siihen, ettei maapadon jäännöksiä ryhdytty poistamaan oli se, että IVO katsoi olevan vaarana, että kaivettaessa irtoava maa-aines saattaa joutua turbiineihin.

Alkuperäisenkin suunnitelman mukaisesti tukitornit oli suunniteltu perustettavaksi kallioon porattavien kierretankojen varaan. Kun länsitornin alueella todettiin maapadon jäännöksiä, vain sen kiinnittämistä koskevia suunnitelmia jouduttiin muuttamaan. Itätornin osalta suunnitelmat jäivät entiselleen.

### 3.2.5 Vanhan sillan purkutyön toteutus

Työn toteutuksessa on tutkimuksessa todettu muun ohella, etteivät kaikki suojaputket olleet täynnä betonia.

Megasiirto Oy katsoo, että virtauksien vaikutus betonin pysymiseen suojaputkissa olisi tullut tutkia. Myöhemmin lännenpuoleisen Langer-palkkisillan tuentatöiden yhteydessä virtauksien todettiin huuhtovan betonia suojaputkista.

Edelleen tutkimuksen tuloksena todetaan, että työnjohtaja oli oman harkintansa tuloksena jättänyt tukitornia jäykistäviä vinositeitä pois.

Vinositeitä ei kuitenkaan ollut tarkoitus jättää kokonaan pois. Ne oli tarkoitus asentaa myöhemmin ennen siltakannen pääpalkkien katkaisua ja irroittamista virtapilareilta. Tässä vaiheessa, kun tukitorneille kohdistuva pystykuorma oli betonikaarien poistamisen vuoksi olennaisesti vähentynyt, rakennelma olisi ollut herkin virran aiheuttamalle paineelle.

### 3.4.3 Työsuojeluviranomaisen toiminta

Työsuojeluvalvonnan toteutuksen kohdalla luonnoksessa esitetään, että tarkastuksesta laadittuun pöytäkirjaan olisi tarkastajien antamista ohjeista kirjattu sopimus alajuoksun puolelle veden pintaan pingotettavasta puomista.

Puomin asentamisesta sovittiin Megasiirto Oy:n edustajan Erkki Mäen esityksestä.

#### 4. PURKAMISEN FEM-SIMULOINTI

##### 4.1 Sillan rakennekuvaus

Sillan rakennekuvauksessa ei ole kiinnitetty huomiota siihen, että betonikaarien katkaisun jälkeen sillan staattinen malli on verrattavissa kolmiaukkoiseen palkkisiltaan, jossa betonikaaret ovat vain kuormana. Tätä olettamusta tukevat myös laskenta-asiakirjat.

##### 4.2 FEM-idealisointi

Luonnoksen tekstissä ja kuvissa (s.31 ja kuvat 4.4 a ja b) tukitornien yläpään laippojen päälle kerrotaan laitettun poikittain HE400B palkit. Palkkien oikea koko oli HE300B.

##### 4.3 Kuormitukset

Luonnoksessa on arvioitu siltakannesta ennen purkamista poistetun asfaltin määräksi 80 prosenttia. Tämä tarkoittaisi, että asfalttia olisi jäänyt noin yhden metrin kaista sillan kannelle. Valokuvista voidaan kuitenkin todeta, että jäljellä oleva asfaltin määrä sillä alueella, mistä tukitornien kuorma kertyy, on vähäisempi, enintään viisi prosenttia. Siltalohkon itäpäässä oli kyllä noin viiden metrin mittainen alue, mistä asfalttia ei oltu poistettu jalkakäytävän osuudelta, mutta se ei juurikaan vaikuta tukitornien kuormiin.

Luonnoksen sivulla 33 on tarkasteltu sillan eri osien painoa ja niiden vaikutusta tukitornien kuormitukseen. Noudatettu tarkastelutapa, jossa tutkitaan kokonaispainoja metripainojen sijasta, johtaa virheelliseen lopputulokseen. Esimerkiksi betoniosien tasoitetusta (=tasajakauma) metripainosta huomattava osa muodostuu päätypalkkien betonista, joiden paino, aivan kuten luonnoksessa on todettukin, siirtyy suoraan siltapilareille.

Megasiiirto Oy katsoo, että oikea tapa olisi tarkastella tarkemmin niitä kuormia, jotka vaikuttavat tukitornien kuormiin.

Ensiksi on todettava, että laskenta-asiakirjat antavat ristiriitaisia lähtöarvoja ainakin teräsrakenteen painon osalta. Alapaarteen paino laskettuna rakennusselityksestä sivun 7 mukaan on 746 kg/m, kun taas piirustuksesta Pontek R-TA14-1215-1120 saadaan painoksi 1106 kg/m.

Oheisessa toimitusjohtaja Erkki Mäen laatimassa liitteessä verrataan ensin korjaussuunnitelman perusteeksi laskettuja kuormia rakennusselityksen tiedoista laskettavissa oleviin kuormiin.



Kun kuormasta jakaantuu noin 17 metrin osuus yhdelle tukitornille, saadaan 30 kN/m metrikuorman mukaan laskettuna kuormaksi 510 kN. Näin voidaan todeta, että pysyvän kuorman osalta purkusuunnitelmassa esitetty 0,5 MN:n kuorma vastaa tarjouspyyntöasiakirjojen antamia tietoja.

Työskentelykuormaa sillan kannelle oli laskettu 0,25 MN yhtä tukitornia kohti eli yhteensä 0,5 MN. Sortumistilanteessa kannella olleen kaluston paino ei ylittänyt tätä kuormaa, kuten luonnoksessa virheellisesti esitetään.

Seuraavaksi liitteessä verrataan jälkikäteistietojen perusteella laskettuja todellisia kuormia edellä laskettuihin purkusuunnitelman ja tarjousasiakirjojen mukaisiin kuormiin.

Todellinen kuorma on ollut ilman asfaltin ja puukannen painoa 18 prosenttia ja ne mukaan lukien 40 prosenttia laskettuja suurempia.

Urakka-asiakirjojen valossa on ollut erittäin hyvä ratkaisu poistaa asfaltti ennen varsinaista purkutyötä.

Megasiirto Oy katsookin, että luonnoksessa perusteettomasti väheksytään tarjouspyynnön (=rakennusselityksen ja piirustus Pontek R-TA14-1215-1120) antamien virheellisten metripainojen vaikutusta.

Luonnoksessa virtauksen paine tukitorniin on laskettu 800 m<sup>3</sup>/s, joka aiheuttaa noin 0,85 m/s virtausnopeuden ja 360 N/m<sup>2</sup> dynaamisen paineen. Tuentatöiden aikana kuitenkin havaittiin, että virtausnopeus ja sen aiheuttama paine voimakkaasti vaihtelivat sen mukaan, mikä tai mitkä voimamallaitoksen turbiineista kulloinkin olivat toiminnassa. Erityisesti itäpuolen tukitornia asennettaessa virtausnopeuden havaittiin merkittävästi kasvavan silloin kun vesi ohjattiin idän puolella olevien turbiinien läpi.

Toinen havainto virtausten suhteen oli se, että samoin Vuoksen itärannan puolella olevan valssipadon patoamisvaikutus aiheutti itätornin läheisyydessä voimakkaita pyörteitä ja virtausten muutoksia.

Tämän vuoksi Megasiirto Oy pitää tutkimuksen kannalta tärkeänä, että veden juoksutus ennen sortumistilannetta selvitetään ja vallinnutta juoksutus- ja vedenkorkeustilannetta vastaavat virtausnopeudet ja niiden aiheuttama paine itätornin alueella kokeellisesti selvitetään.

#### 4.4 Simuloinnin kulku

Luonnoksesta saa käsityksen, että jännitys olisi laukaistu ensin alavirran puoleisesta kaaresta kun se todellisuudessa laukaistiin ensin ylävirran puoleisesta kaaresta. Kummankin kaaren katkaisun jälkeen purkaminen toteutettiin luonnoksessa kerrotun mukaisesti.

#### 4.5 Tulokset

Kun luonnoksessa on analysoitu siirtymiä ja muodonmuutoksia purkutyön eri vaiheissa, siirtymät on määritetty FEM-mallin tuloksina. Eräiltä osin siirtymistä on tehty luotettavat havainnot purkutyön aikana. Megasiirto Oy katsoo, että FEM-mallin määrittämiä tulisi korjata niin, että mallintamisen mukaiset siirtymät vastaisivat todellisia. Ainakin seuraavat kaksi havaintoa on riidattomasti todennettavissa.

Tukitornia tunkattaessa tehdyissä mittauksissa todettiin, ettei tukitornin ja sillan väli muuttunut. Näissä mittauksissa tarkkuus on 0-3 mm. Kun itäisen tukitornin kohta sillasta ei noussut, myöskään läntisen tornin kohta ei laskenut. Kun muodonmuutoseroja ei ollut, ei myöskään ollut eroja voimissa. Kaarien katkaisun jälkeen molemmat tornit ovat saaneet yhtä suuren kuorman sillan alapääteeseen taipuessa. Näin sillä seikalla, onko tunkkaus onnistunut vai ei, ei ole merkitystä.

Toinen varma havainto on betonikaarien liike niitä katkaistaessa ja jännityksiä laukaistaessa. Mitattu siirtymä oli 20 mm (mittaustarkkuus  $\pm 1$  mm). Mittaus tehtiin kaariin varta vasten maalatuista merkeistä. Sillan jäykkyyttä ja tukitornien esikivistysvoimaa tulisi tarkastella siitä lähtökohdasta, että havainnon ja mallinnoksen lukemat ovat yhtä suuret.

Tämä havainto on myös täysin linjassa ensimmäisen havainnon kanssa tukien sitä, että tukitornit ovat saaneet yhtä suuren kuorman kaaria katkaistaessa.

#### 4.6 Tukitornin vinotukien merkitys

Luonnoksessa esitetään, että urakoitsijan kuulustelussa vasta 24.3.1999 esitettiin, että tukitornin yläpään liikettä olisi rajoitettu diagonaalisella ketjussteelillä. Ajankohdan myöhäisyys johtuu kuulustelujen viivästyemisestä, sillä edellinen kuulustelu oli 10.3.1999 ja sitä edeltävä jo 19.11.1998.

Mainittuina siteinä käytettiin kahta kuormansidontaliinaa eikä kuormansidontaketjuja kuten Erkki Mäen kuulustelussa on erehdyksessä ilmoitettu. Liinojen sallittu vetokapasiteetti on 40 kN/kpl.

Liinat asennettiin ylävirran puolella sillan alapääteeseen avokoukku alalaipan reunan taakse. Alavirran

puolella liina kiersi tukitornin ylimmän vaakareivan alapuolelta ja kiersi siltaan hitsatun telinekonsolin kautta niin, että liinan lukkopään koukku oli kiinnitetty poikkipalkkiin HE300B. Rauno Ranta asensi liinat ennen kuin itäisen tukitornin tunkkaus tehtiin ja putkipalkit hitsattiin paikoilleen sillan ja tukitornin väliin.

Toinen liinoista näkyy poliisin hallussa olevassa valokuvassa, joka esittää Rauno Rantaa hitsausmaski päässä. Hitsauksen jälkeen Rannan asiaa nimenomaisesti tiedustellessa Erkki Mäki oli neuvonut jättämään liinat paikoilleen.

#### 4.8 Tutkintalautakunnan päätelmät

Tutkijalautakunta katsoo, että urakoitsijan olisi tullut itse varmistua todellisista kuormista.

Purkusuunnitelman laatimisen perustana oli tilaajan esittämä Insinööritoimisto Pontek Kruus & Myllymäki Ky:n periaatesuunnitelma ja piirustus. Laatiija on yksi arvovaltaisimmista siltasuunnittelijoista Suomessa. Asiakirjat oli vielä laadittu hyvin luotettavan kuvan antavalla tavalla. Lisäksi tiedossa oli, että VTT oli suorittanut sillan kuntotutkimuksen ja samalla määrittänyt rakenteiden dimensiot.

Megasiirto Oy:llä ei näin ollut aihetta lähtökohtatietojen suoritettua perusteellisempaan tarkistamiseen. Tältä pohjalta arvioituna tutkijalautakunnan kanta tarkistamisvelvollisuudesta vaikuttaa kohtuuttomalta.

#### PAIKKA JA AIKA

Seinäjoki, lokakuun 19 päivänä 1999

MEGASIIRTO OY

Laati

  
Veikko Tastula  
asianajaja, Seinäjoki

LIITE

Laskelma 15.10.1999/Erkki Mäki

## MEGASIIRTO OY

Erkki Mäki  
Kuorsantie 959 ~ 80640 ISOKOSKI ~ SUOMI FINLAND EUROPE  
Puhelinnumero: +358 (0)6 4145541 ~ Faksi: +358 (0)6 4148641  
Käsi puhelin gsm +358 (0)400 187 067

18. lokakuuta 1999

### LIITE KOMMENTTIIN 19.10.1999

Purkusuunnitelmassa kuormia laskettaessa otettiin huomioon betonikaarien koko sillä alueella, miltä tukitornien kuormitus kertyy.

|                                                           |                                          |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| -betonikaarien paino laella                               | $7,1+7,1 \text{ kN/m}=14,1 \text{ kN/m}$ |
| -betonikaarien paino 7,5 m tuelta                         | $8,3+8,3 \text{ kN/m}=16,7 \text{ kN/m}$ |
| -edellisten keskiarvo                                     | 15,4 kN/m                                |
| -poikkipalkit $6 \times 17,6 \text{ kN} / 50,6 \text{ m}$ | 2,1 kN/m                                 |
| -betonikaaret ja poikkipalkit                             | 17,5 kN/m                                |

Teräsrakenteet laskettiin piirustuksesta Pontek R-TAI4-1215-1120

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| -alapaarre                                    | 10,9 kN/m |
| -pystytuot $30,5 \text{ kN} / 50,6 \text{ m}$ | 0,6 kN/m  |
| -teräsrakenteet yhteensä                      | 11,5 kN/m |

Betoni- ja teräsrakenteet yhteensä 29 kN/m

Kun Rakennusselityksen (23.4.1998/Asko Laine) sivulta 8 lasketaan metripainot yhteen siten, että betonirakenteiden metripainosta vähennetään päätypalkkien paino saadaan betoni- ja teräsrakenteiden painot (asfalttihan oli kannelta poistettu) seuraaviksi:

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| -betonin metripaino                                                                            | 23,5 kN/m |
| -päätypalkkien paino<br>$2 \times 5,0 \text{ m}^2 \times 23,5 \text{ kN/m}^2 / 50,6 \text{ m}$ | 4,6 kN/m  |
| -betonikaarien ja -poikkipalkkien<br>metripaino $23,5 \text{ kN/m} - 4,6 \text{ kN/m}$         | 18,9 kN/m |

Teräsrakenne

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| -kannen teräksiset tukirakenteet | 11,8 kN/m |
|----------------------------------|-----------|

Betoni- ja teräsrakenteet yhteensä 30,6 kN/m

Paino on 1,6 kN/m suurempi kuin purkusuunnitelmaa laatiessa käytetty, mutta siinä ei ole huomioitu betonikkaarien hoikkeneumista vaan on oletettu betonikaaretkin tasapaksuiksi, joten ero siten pienenee.

Todelliset kuormat, jotka sillankannella vaikuttivat, olivat betonikaarien ja poikkipalkkien osalta seuraavat:

|                                                                       |                 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| -betonikaaret $0,355 \text{ m}^2/\text{m} \times 23,5 \text{ kN/m}^2$ | 8,34 kN/kaari-m |
| -molemmat kaaret siltametreinä                                        |                 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 2*8,34 kN/m*1,1=                  | 18,4 kN/m |
| -poikkipalkit 6*17,6 kN / 50,6 m= | 2,1 kN/m  |
| -betonirakenteet yhteensä         | 20,5 kN/m |

Teräsrakenteiden todellinen paino

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| -alapaarre                        | 14,7 kN/m |
| -pystytuet (30,5 + 13) kN/50,6 m= | 0,86 kN/m |
| -yhteensä                         | 15,6 kN/m |

Betoni- ja teräsrakenteet yhteensä

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| -betonirakenne           | 20,5 kN/m |
| -teräsrakenteet yhteensä | 15,6 kN/m |
| -yhteensä                | 36,1 kN/m |

Erotus asiakirjojen ja todellisen välillä on siis

$$36,1 \text{ kN/m} - 30,6 \text{ kN/m} = 5,5 \text{ kN/m}$$

Mikä on suhteellisesti

$$5,5/30,6 \cdot 100\% = 18 \%$$

Mikäli lasketaan koko sillan painoa huomioiden myös asfaltti ja puukansi eli tilanne ennen purkua

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Asiakirjojen mukaan      |           |
| -betoni- ja teräsrakenne | 30,6 kN/m |
| -asfaltti ja puulankutus | 4,9 kN/m  |
| -yhteensä                | 35,5 kN/m |

Todellinen tilanne

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| -betoni- ja teräsrakenne | 36,1 kN/m |
| -puukansi                | 2,6 kN/m  |
| -asfaltti                | 10,9 kN/m |
| -yhteensä                | 49,6 kN/m |

Erotus on tällöin

$$49,6 \text{ kN/m} - 35,5 \text{ kN/m} = 14,1 \text{ kN/m}$$

Mikä on suhteellisesti

$$14,1/35,5 \cdot 100\% = 40 \%$$

Nurmossa 15.10.1999

  
Erkki Mäki  
Toimitusjohtaja