



# Purettavan sillan sortuminen Mikkelissä 15.6.2015



## ALKUSANAT

Onnettomuustutkintakeskus päätti turvallisuustutkintalain (525/2011) 2 §:n nojalla tutkia Mikkelissä 15.6.2015 purkutyön yhteydessä tapahtuneen kevyen liikenteen sillan sortuman. Sortuma tapahtui odottamatta aiheuttaen vaaraa tien käyttäjille sekä työmaan henkilöstölle. Tutkintaryhmän johtajaksi nimitettiin DI Seppo Suuriniemi ja jäseniksi RI YAMK Toni Kekki sekä tutkija Juho Henttonen. Tutkinnanjohtajana toimi johtava tutkija Kai Valonen.

Tutkintaselostuksessa esitetään tapahtumat ennen onnettomuutta, sortuman aikaan ja sen jälkeen sekä analysoidaan tapahtumaan vaikuttaneita syitä. Lopuksi esitetään turvallisuus-suosituksia, jotka toteuttamalla vastaavanlaiset onnettomuudet voidaan välttää tai joilla voidaan lieventää niiden seurauksia.

Tutkinnan tarkoituksena on yleisen turvallisuuden lisääminen, onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäiseminen sekä onnettomuuksista aiheutuvien vahinkojen torjuminen. Tutkintaa ei tehdä oikeudellisen vastuun kohdentamiseksi. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

Tutkinnassa selvitettiin tapahtumien kulkua, sortumaan johtaneita tekijöitä, purkutyön suunnittelua ja toteutusta sekä viranomaisten toimintaa. Sillassa käytettyä materiaalia tutkittiin laboratoriossa.

Onnettomuuteen osallisille sekä tutkittavan onnettomuuden alalla valvonnasta vastaaville viranomaisille on varattu tilaisuus antaa lausuntonsa tutkintaselostuksen luonnoksesta. Lausunnot on otettu huomioon tutkintaselostusta viimeisteltäessä. Yhteenveto lausunnoista on tutkintaselostuksen lopussa. Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei julkaista.

Tutkintaselostus sekä sen tiivistelmä ja mahdolliset liitteet on julkaistu Onnettomuustutkintakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa [www.turvallisuustutkinta.fi](http://www.turvallisuustutkinta.fi).

# SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	2
1 TAPAHTUMA.....	5
1.1 Yleiskuvaus, kohde ja sääolosuhteet .....	5
1.2 Tapahtumien kulku.....	5
1.3 Pelastustoiminta.....	8
1.3.1 Hälytykset ja ilmoitukset .....	8
1.3.2 Toiminta tapahtumapaikalla.....	8
1.4 Poliisin toiminta .....	9
1.5 Vahingot .....	9
1.6 Viestintä.....	9
2 TAPAHTUMAN TAUSTATIEDOT.....	10
2.1 Silta .....	10
2.2 Olosuhteet .....	18
2.3 Tapahtumaan liittyvät organisaatiot ja henkilöt .....	18
2.4 Viranomaiset ja muut toimijat.....	19
2.5 Pelastustoimintaan osallistuneiden organisaatioiden toiminta.....	19
2.6 Tallenteet .....	19
2.7 Sädökset, määräykset, ohjeet ja muut asiakirjat .....	20
2.8 Muut tutkimukset .....	21
3 ANALYYSI.....	22
3.1 Tapahtuman analysointi.....	22
3.1.1 Sillan purkutyö osana tiehanketta.....	22
3.1.2 Purkutyön suunnittelu .....	22
3.1.3 Sillan purku.....	23
3.1.4 Hallitsematon jatkuva sortuma.....	23
3.1.5 Liikenteen hallinta .....	23
3.2 Pelastustoimien analysointi.....	24
3.3 Viranomaisten toiminnan analysointi .....	24
4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOTEAMUKSET .....	25
4.1 Toteamukset.....	25
4.2 Tapahtuman syyt .....	25
5 TOTEUTETUT TOIMENPITEET .....	26
6 TURVALLISUUSUOSITUKSET .....	27
6.1 Purkutyön suunnittelun parantaminen .....	27
LÄHDELUETTELO .....	28
YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA .....	29

## LIITTEET

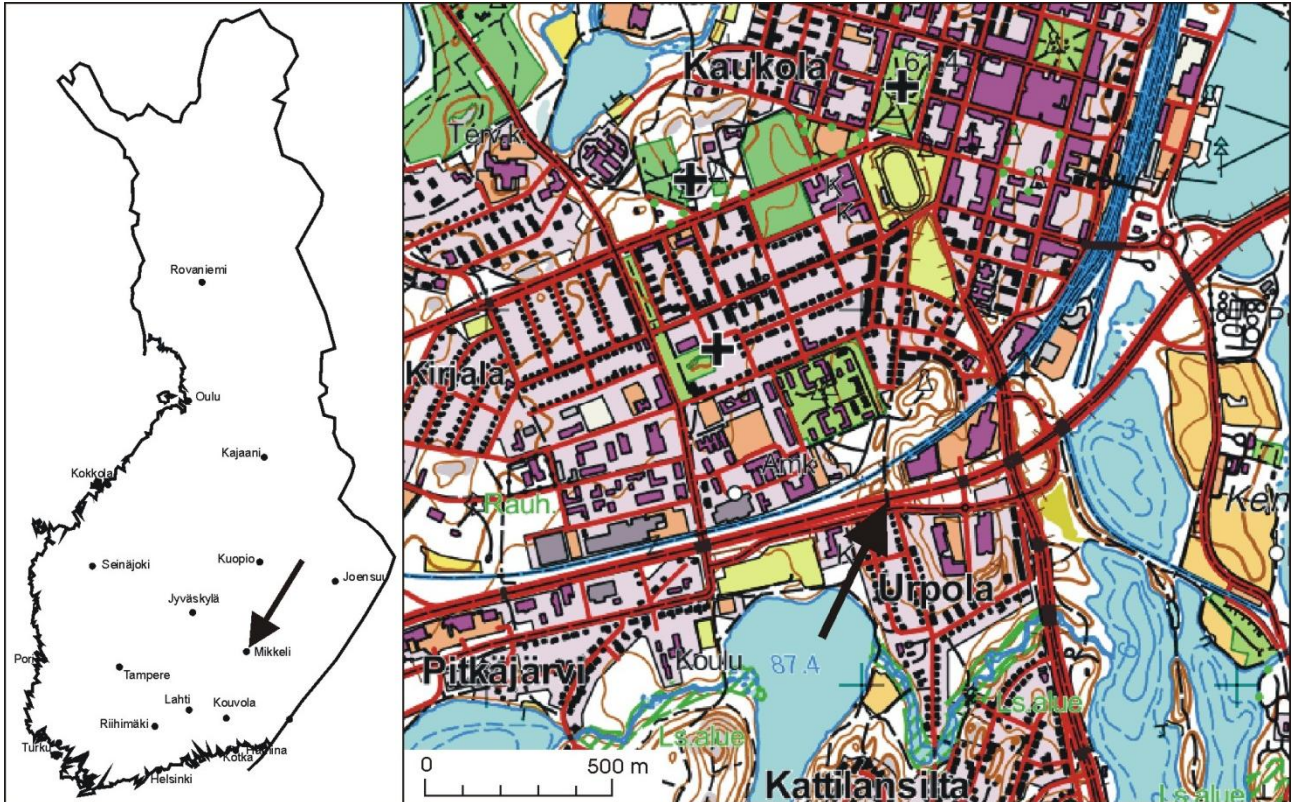
Accimap-kaavio (julkaistaan erikseen)

# 1 TAPAHTUMA

## 1.1 Yleiskuvaus, kohde ja sääolosuhteet

Mikkelissä valtatie 5:llä purettavana ollut Selännekadun kevyen liikenteen silta sortui hallitsemattomasti 15.6.2015 noin kello 12.58. Sortuma katkaisi valtatie liikenteen usean tunnin ajaksi.

Sää Mikkelissä oli tapahtumahetkellä puolipilvinen ja lämpötila noin +12 astetta.



Kuva 1. Selännekadun kevyen liikenteen silta lähellä Mikkelin keskustaa. (Karttapohja: KTJ/oikeusministeriö/MML)

## 1.2 Tapahtumien kulku

Mikkelissä valtatiellä 5 oli meneillään laajat muutostyöt. Osana muutostöitä oli määrä purkaa Selännekadun kevyen liikenteen silta, joka ylitti valtatie. Silta yhdisti Brahenkujan ja Selännekadun. Silta oli kolmiaukkoinen ja betonirakenteinen. Kannen kantava osa muodostui ripalaattaelementeistä. Ripalaatta on betonielementti, jossa on kansilaatta ja kaksi sitä tukevaa kannen alapuolista palkkia.

Purkusuunnitelman mukaan silta piti purkaa vähäisen liikenteen aikana yöllä, jolloin liikenteen katkaisun haitta olisi ollut pienin. Pääurakoitsija kuitenkin esitti aliorakoitsijalle, että purkamista aloitettaisiin jo päivällä 15.6.2015. Tarkoitus oli, että päivällä puretaan maatuen ja pilarin välinen osa, jonka alla ei ole ajorataa. Yöllä oli tarkoitus purkaa pilarien välinen osa, jonka alla on valtatie ja Rinnekadun kiertotie. Suunnitelman muuttamisesta ei sovittu tilaajan tai valvojan kanssa.



Kuva 2. Kartta työmaan liikennejärjestelyistä. (Kuva: OTKES)



Kuva 3. Tietyömaan yleissuunnitelma Pitkäjärven ja Aseman välillä. (Kartta: Liikennevirasto)



Kuva 4. Silta ennen purkutyön alkua. (Kuva: Pääurakoitsija)

Aamulla pääurakoitsija ja aliurakoitsija tekivät katselmuksen sillalle. Mukana oli myös kaivinkoneenkuljettaja, joka oli keskeisin purkutyötä tekevä henkilö. Katselmuksen jälkeen kaivinkoneenkuljettaja keskusteli sillan purkamiseen liittyvistä asioista toisen kaivinkoneenkuljettajan sekä purku-urakoitsijan työmaapäällikön kanssa. He päätyivät työtapaan, jossa ensin piikataan kaivinkoneella sillan kansilaatta mahdollisimman kevyeksi. Sen jälkeen piikkaus jatkuisi sillan jännebetonipalkkeihin. Oletuksena oli, että sillan kansirakenne taipuu hitaasti ja vajoaa lopuksi maahan saakka. Näin oli toimittu aiemminkin.

Purkaminen aloitettiin sillan Brahenkujan puoleisesta aukosta, joka oli ajoradan ulkopuolella. Kaivinkoneen kuljettaja aloitti työn piikkaamalla mahdollisimman laajalta alueelta sillan kannan. Kannan keventämisen jälkeen kuljettaja pyysi katkaisemaan valtatie liikenteen, vaikka kannan ei vielä ollut tarkoitus tulla alas. Liikenteen katkaisemisesta oli sovittu aloituspalaverissa ja siksi paikalla oli liikenteen pysäyttäjät. Rinnekadulla pysäyttäjää ei ollut.

Liikenne pysäytettiin kello 12.55, jolloin piikkausta jatkettiin sillan kansielementtien palkkeihin. Kun kannan neljästä palkista kaksi oli piikattu poikki, koko kansilaatta katkesi ja putosi hallitsemattomasti noin kello 12.58. Sillan Brahenkujan puoleinen pää putosi ensin maatuella työntäen sillan kantta kohti valtatie. Pilarin varassa ollut kannan toinen pää putosi ja osui samalla siltaa kannattavaan pilariin, joka katkesi. Pilari kaatui valtatielle. Sillan keskimmäisen kansielementin pää putosi katkenneen pilarin mukana sen osien päälle. Rinnekadun puoleinen siltakannen pää jäi pystyssä säilyneen pilarin varaan. Sillan kolmannen aukon kansi pysyi alkuperäisellä paikallaan pilarin ja maatuen varassa (kuva 5).

Sortuman aikaan Rinnekadulla ei ollut liikenteenohjausta. Sortuman jälkeen kannen ali ajoi kolme autoa, minkä jälkeen liikenne saatiin pysäytettyä. Hieman myöhemmin työmaahenkilöstö arvioi ajamisen Rinnekadulla turvalliseksi ja päästi ajoneuvoja kulkemaan. Kun ruuhka saatiin purettua, katkaistiin kaikki liikenne ja aloitettiin raivaustyöt.

Sortuma häytti liikennettä noin kahden tunnin ajan. Sillan sortuneiden osien raivauksen ajan valtatie liikenne kierrätettiin Mikkelin keskustan läpi. Raivaustöiden aikana sekä valta-

tien että Rinnekadun liikenne oli pysäytetty. Rinnekadun liikenne palautui normaaliksi hie-  
man valtatieä aikaisemmin.

Rinnekadun puoleisen pystyyn jääneen pilarin ja maatuen välinen osa purettiin seuraavana  
yönä. Työvaiheiden aikana liikenne pysäytettiin Rinnekadulla. Valtatiellä liikenne pysäytettiin  
vain hetkellisesti.



Kuva 5. Sillan kolmannen aukon kansi pysyi alkuperäisellä paikallaan pilarin ja maatuen varassa  
(oikealla). Sortuneen sillan etupuolelle näkyvä Y:n muotoinen pilari on pystytetty uutta sil-  
taa varten. Oikealla olevat autot ovat Rinnekadulla ja valtatie on vasemmalla. (Kuva: Pää-  
urakoitsija)

## 1.3 Pelastustoiminta

### 1.3.1 Hälytykset ja ilmoitukset

Ensimmäinen puhelu hätäkeskukseen tuli jo ennen sillan sortumista kello 12.43 työmaan ohi  
ajaneelta henkilöltä. Soittaja epäili purkutyön turvallisuutta ja toivoi, että joku kävisi tarkas-  
tamassa työn turvallisuuden. Hätäkeskuspäivystäjä antoi tehtävän Etelä-Savon poliisilaitok-  
sen partiolle.

Seuraava puhelu hätäkeskukseen tuli kello 13.12 pääurakoitsijan tietyömaan liikennejärjeste-  
lyistä vastaavalta, joka ilmoitti että työmaalla purettavana ollut kevyen liikenteen silta oli tul-  
lut yllättäen alas. Hätäkeskuspäivystäjä kertoi, että paikalle on jo tulossa poliisin partio. Puhe-  
lusta selvisi, että pelastuslaitoksen yksiköille ei ollut tarvetta.

Sortumasta tehtiin lisäksi kaksi muuta hätäilmoitusta kello 13.12 ja kello 13.19.

Onnettomuustutkintakeskus ei saanut tapahtumasta ilmoitusta. Alustava tutkinta aloitettiin  
tiedotusvälineistä saadun tiedon perusteella.

### 1.3.2 Toiminta tapahtumapaikalla

Paikalle ei tarvittu ensihoitoa eikä pelastusyksiköitä, koska henkilövahinkoja ei tullut. Myös-  
kään raivausapua ei tarvittu.



Sortuneen sillan osien raivaaminen tehtiin työmaan neljällä kaivinkoneella. Sortuneet sillan osat pilkottiin paloiksi, jotka työnnettiin tieltä penkalle.

#### 1.4 Poliisin toiminta

Poliisipartio saapui kohteeseen pian sortuman jälkeen ennen raivaustöiden aloittamista. Partio pyysi paikalle teknisen rikostutkinnan partion, joka dokumentoi paikan ennen raivaustöitä ja raivaustöiden aikana. Poliisipartio ei puuttunut Rinnekadun liikenteen jatkumiseen romah-  
taneen sillan alitse. Valtatien liikenteen partio katkaisi edellisestä rampista. Partio ohjasi ajoneuvot Mikkelin keskustan kautta.

Poliisipartio teki sortumasta sekalaisilmoituksen. Sellainen tehdään poliisin tehtävästä, joka edellyttää poliisin käyntiä, mutta ei välttämättä sisällä rikosta.

Poliisi luovutti keräämänsä aineiston Onnettomuustutkintakeskuksen käyttöön.

#### 1.5 Vahingot

Sortuminen ei aiheuttanut henkilövahinkoja, sillä silta ei osunut ajoneuvoihin. Piikkausta tehnyt kaivinkone oli maatuen päällä, joten se ei pudonnut. Sillalla oli vähän ennen sortumaa työmaan henkilöitä, mutta he olivat sortumahetkellä poistuneet.

Pudonneen keskijänteen alle jäi liikennekaistoja erottavia betonielementtejä, joista kolme vaurioitui korjauskelvottomiksi. Muita materiaalivahinkoja ei syntynyt, sillä silta oli tarkoitettu purettavaksi. Ympäristövahinkoja ei tullut.

Liikenne ruuhkaantui hetkeksi pahoin. Vaikutukset olivat vähäisiä.

#### 1.6 Viestintä

Tapahtumapaikalta soitettiin pian pääurakoitsijan työmaapäällikölle. Työmaapäällikön seurassa ollut työpäällikkö soitti yhtiön johdolle. Työmaapäällikkö ilmoitti tapahtumasta Liikenneviraston projektipäällikölle, joka ilmoitti asiasta kriisiviestintäohjeen mukaisesti Liikenneviraston johdolle. Urakoitsija otti yhteyttä viestintätoimistoon, joka teki asiasta tiedotteen.

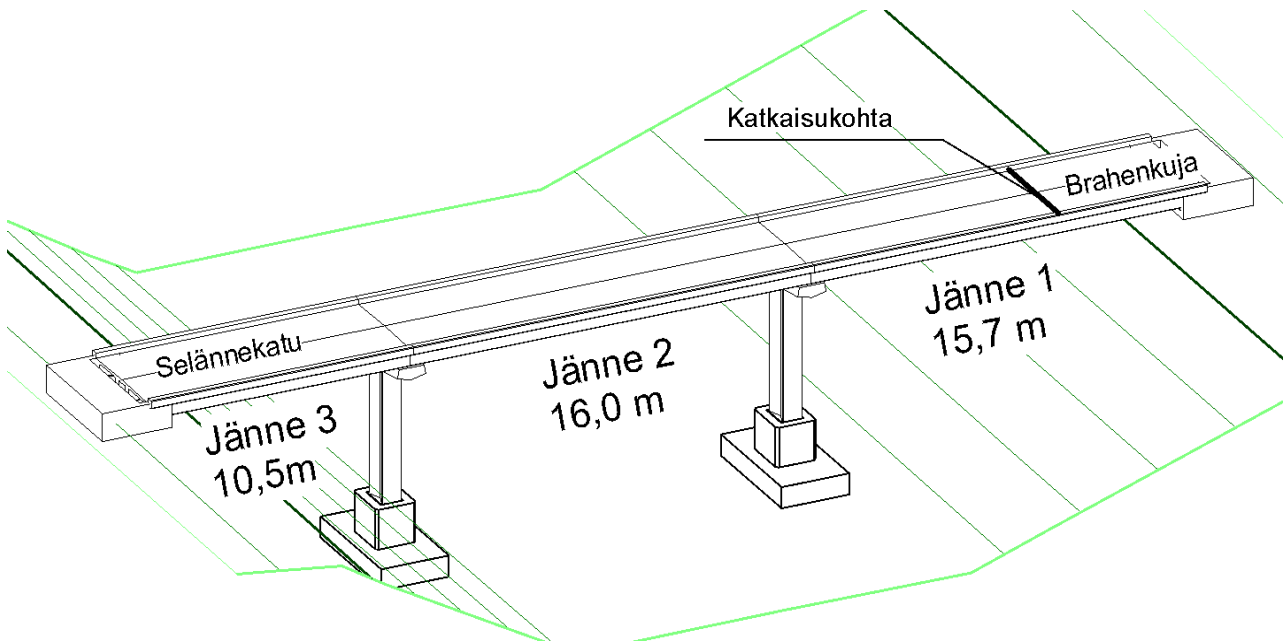
Vaaratilanteesta levisi tieto tiedotusvälineissä, joiden verkkosivuilla julkaistiin myös video sortuman etenemisestä.

Liikennevirasto julkaisi kello 13.24 liikennetiedotteen, jossa ilmoitettiin että tie on ajoittain suljettu liikenteeltä Pitkäjärven ja Mikkelin liittymien välillä Urpolan kohdalla. Lisätietona todettiin, että poliisi ohjaa ajoittain liikennettä. Tilanteen päättymisestä tiedotettiin kello 15.35.

## 2 TAPAHTUMAN TAUSTATIEDOT

### 2.1 Silta

Onnettomuus koski kevyen liikenteen siltaa, joka oli rakennettu 1980-luvun alussa. Silta oli kolmiaukkoinen. Jänneiden pituudet olivat 10,5, 16,0 ja 15,7 metriä. Sillan kokonaispituus oli 46 metriä. Sillan kulkuleveys oli 4,25 metriä. Siltakannen kokonaisleveys oli 4,61 metriä. Sillan alikulkukorkeudeksi oli suunnitelmiin merkitty >5,0 metriä. Tarkkaa alikulkukorkeutta ei ollut mitattu, mutta suunnitelmien mukaisen korkeuden voidaan arvioida täyttyneen. Tämä ilmenee valokuvien mittasuhteista sekä siitä, että alikulkeva liikenne ei ole törmännyt sillan kanteen.



Kuva 6. Sillan rakenne ja kohta, josta sillan kansilaatta purkutyötä tehdessä katkesi. (Kuva: OTKES)

Sillan rakentaminen perustui 1970-luvun loppupuolella laadittuihin tyyppisiltasuunnitelmiin. Tätä siltaa varten oli tehty kohdekohtaisia muutoksia 1980-luvun alussa, mikä oli tuolloin tavanomaista tyyppisiltoja rakennettaessa. Silta oli kantavilta osiltaan betonirakenteinen.

Sillan suunnittelu perustui vuonna 1975 julkaistuun kuormitusnormiin<sup>1</sup>. Sillan kansi oli suunniteltu tasaiselle kuormalle<sup>2</sup>  $P=4 \text{ kN/m}^2$  ja telikuormalle  $2 \cdot 60 \text{ kN}$ . Suunnittelukuormat vastasivat kyseisen siltatyyppin käytön aikaisia kuormituksia. Pilarien suunnittelussa tuli ottaa huomioon myös törmäyskuorma, jonka suuruus oli tien suunnassa  $1\,000 \text{ kN}$  ja tietä vastaan kohtisuorassa suunnassa  $300 \text{ kN}$ . Törmäyskohta oli normien mukaan 1,2 metriä tienpinnan yläpuolella. Törmäyskuormat pysyivät samoina myös vuonna 1978 käyttöön otetussa normin uudessa painoksessa, joka oli voimassa sillan suunnitelmia päivitettäessä<sup>3</sup>.

Törmäyskuorma kanteen esiintyy Suomessa ensimmäistä kertaa ohjeessa<sup>4</sup>, joka ilmestyi keuhäkuussa 1982 sillan viimeisten suunnitelmaversioiden valmistumisen jälkeen. Tämän sillan palkkimaista kansirakennetta ei ollut suunniteltu keuhämään alikulkevan liikenteen aiheuttamaa törmäyskuormaa.

<sup>1</sup> RIL 59e, 79b 1975

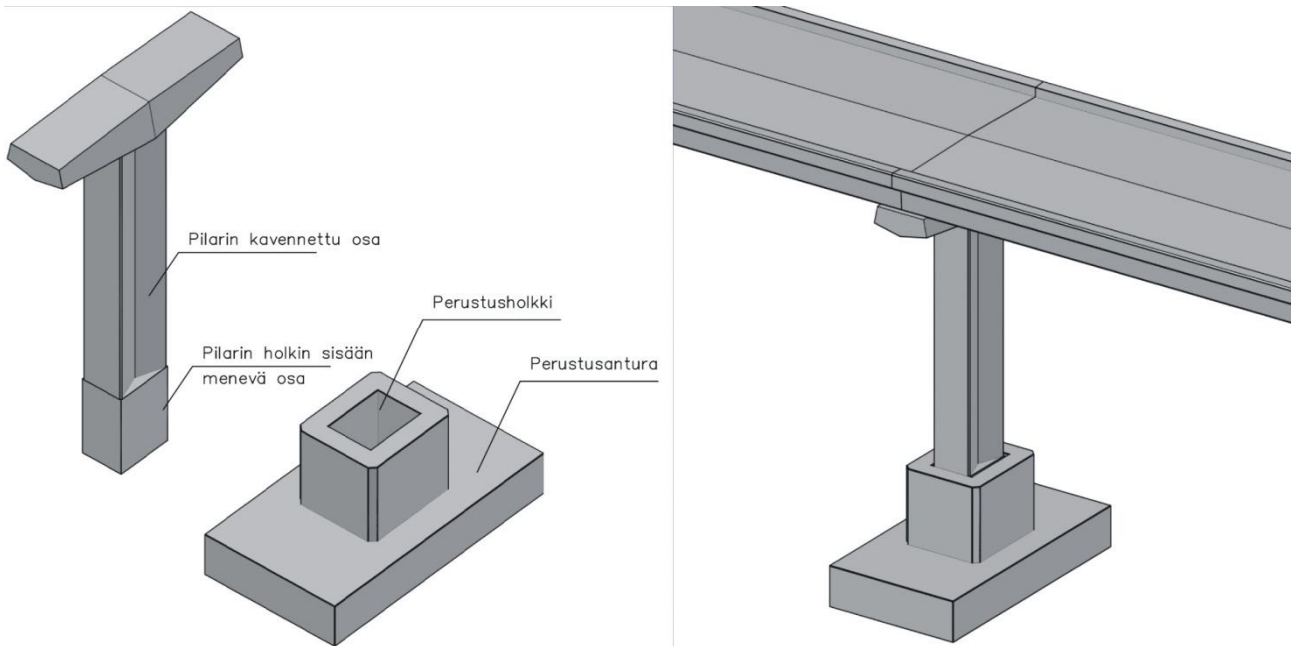
<sup>2</sup> Voiman suuruusyksikkö on kilonewton (kN). 10 kilonewtonia vastaa yhden tonnin painoa.

<sup>3</sup> RIL 59f, 79c 1978

<sup>4</sup> RIL 144 1982

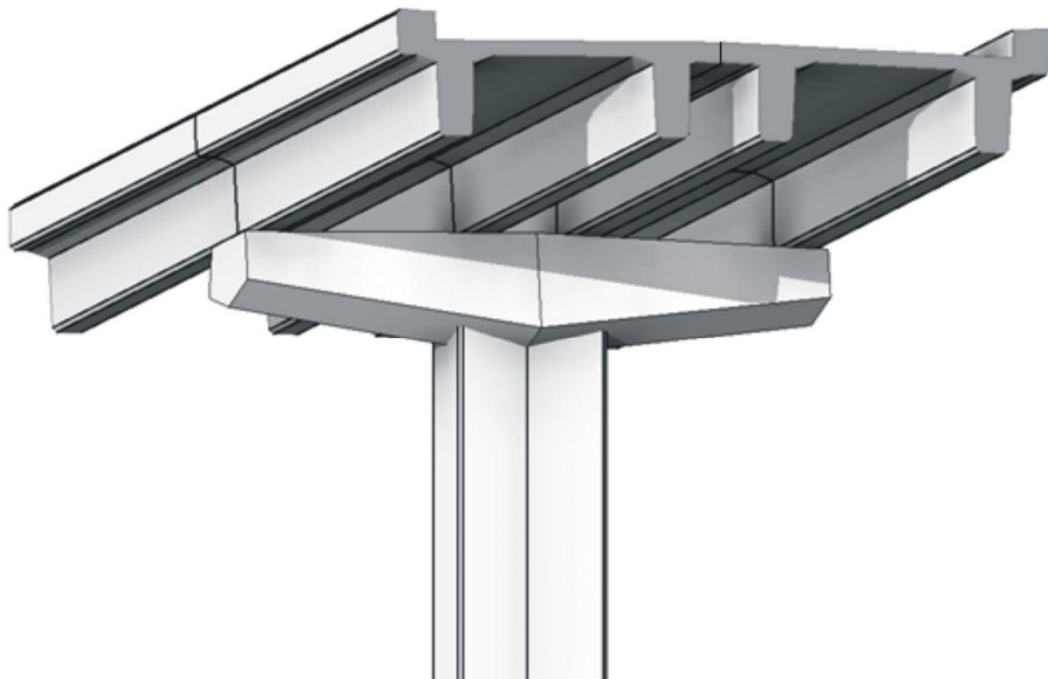
Sillan perustukset olivat paikallavalettuja. Valun yhteydessä pilarien alla oleviin perustuksiin oli valettu kiinni elementtirakenteiset perustusholkit kuvan 7 mukaisesti.

Elementtirakenteiset pilarit oli asennettu holkkien sisään ja välissä ollut rako valettu täyteen saumabetonia.



Kuva 7. Sillan kannen tukeutuminen pilariin ja edelleen perustukseen. (Kuva: OTKES)

Sillan kansilaatan kantava osa muodostui esijännitetyistä elementtivalmisteisista ripalaatoista, jotka oli suunniteltu kevyen liikenteen siltoja varten. Ripalaatta on betonielementti, joka muodostuu kansilaatasta ja sen alapuolisesta kahdesta palkista. Ripalaattojen päällä oli vesieristyskerros, jonka päällä oli paikalla valettu pintalaatta. Pintalaatan raudoituksena oli harjateräsverkko, joka sijaitsi pintalaatan poikkileikkauksen korkeussuunnassa keskeisesti. Raudoituksen tarkoitus oli toimia halkeilua estävänä vahvikkeena.



Kuva 8. Sillan kannen havainnekuva. (Kuva: OTKES)

Ripalaatat tukeutuivat pilareihin kumilevylaakerien avulla. Ne sallivat laattoihin lämpötilamuutoksista syntyvät vaakaliikkeet. Pilarien päällä oli betoniset korotusvalut, jotka estivät kannen poikittaissuuntaisen liukumisen pois pilarien päältä. Vastaavaa kannen pituussuuntaista tuelta pois siirtymisen estävää rakennetta pilareissa ei ollut. Tuella pysymisen hoiti kumilaakerin ja betonin välinen kitka. Ehjässä sillassa myös maatuet estävät kannen liikkumista sillan pituussuunnassa.

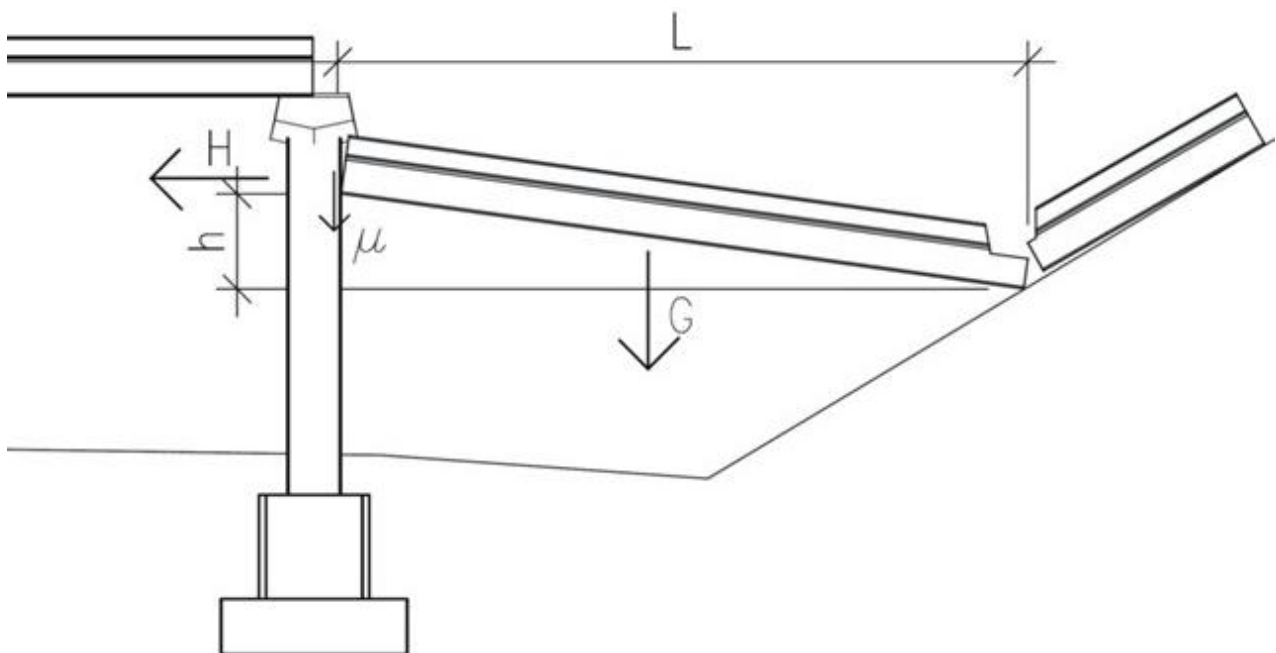
Purkaminen tehtiin piikaten betonia tela-alustaiseen kaivinkoneeseen liitettyä hydraulivasaraa käyttäen. Kannen laattaosa piikattiin ensin lähes kokonaan pois katkaisukohtasta. Kansi putosi, kun piikkaus eteni kansielementtien palkkeihin saakka ja niistä kaksi oli katkaistu.

Ensin tuelta putosi kannen maatuen puoleinen pää, koska kannen molemmat päät olivat pelkkien kumilevylaakerien varassa ja katkeamiskohta oli lähempänä maatukea kuin pilaria. Kannen maatuen puoleinen pää kallistui enemmän, liukui pois tuelta ja siirtyi kohti valtatievissä ollutta pilaria. Katkaistun kansilaatan valtatievissä puoleinen pää törmäsi pudotessaan laatua tukeneeseen pilariin aiheuttaen siihen merkittävän vaakakuorman sekä kitkan vaikutuksesta myös jonkin verran pystykuormaa.

Pilariin kohdistuneiden voimien tarkastelulla on merkitystä arvioitaessa sitä, olisiko pilarin pitänyt kestää siltäkannen putoaminen pilaria päin. Voimien suuruutta ei voi määrittää tarkasti, koska katkaisukohta ja pilariin törmäyksen kansilaatan osan pituus ja putoamisnopeus eivät ole tarkasti tiedossa. Syntyviä voimia havainnollistaa kuva 9. Vaakavoimaa on merkitty kirjaimella H ja siihen liittyvä kitkakertoimen  $\mu$  aiheuttama pystyvoima on  $\mu \cdot H$ . Katkaistun kansilaatan pilarin puoleisen osan pituus on L. Kansilaatan katkenneen osan päiden välistä korkeuseroa ja siten kaltevuutta osoittaa merkintä h. Painoa kuvaa voima G.

Ajoneuvolla törmäystilanne on erilainen kuin tämä tapahtuma. Törmäyksessä suunta on todennäköisesti tien suuntainen. Lisäksi törmäyksessä kuorma siirtyy lähes yksinomaan pilarin alaosaan pitkin perustukseen ja edelleen maaperään, koska silta ei anna pilarille paljoonkaan vaakatukea.

Kuvassa 9 esitetty vaakavoima voidaan laskea kaavasta  $H = \frac{LG}{2 \cdot (h + L\mu)}$



Kuva 9. Voimat vauriotilanteessa. (Kuva: OTKES)

Syntyneessä kahden betonin välisessä liukupinnassa kitka vaihtelee noin välillä 0,5–1,0. Jos kitkaa käytetään hyväksi esimerkiksi käsiteltäessä betonirakenteen liukumismahdollisuutta pois tuelta, voidaan rakentamismääräyskokoelman osan B4 2005 mukaan käyttää kitkakerrointa 0,5. Kitkan suuruuteen vaikuttaa betonipintojen sileys ja myös se, liukuvatko pinnat toisiaan vasten vai ovatko ne paikoillaan.

Katkennan kannen kokonaispituus oli 16 metriä. Katkeamiskohtan ja pilarin välisen osan pituus oli likimäärin 10 metriä ja paino noin 35 tonnia. Syntyneen vaakavoiman suuruutta staattisessa tilassa kuvaa taulukko 1.

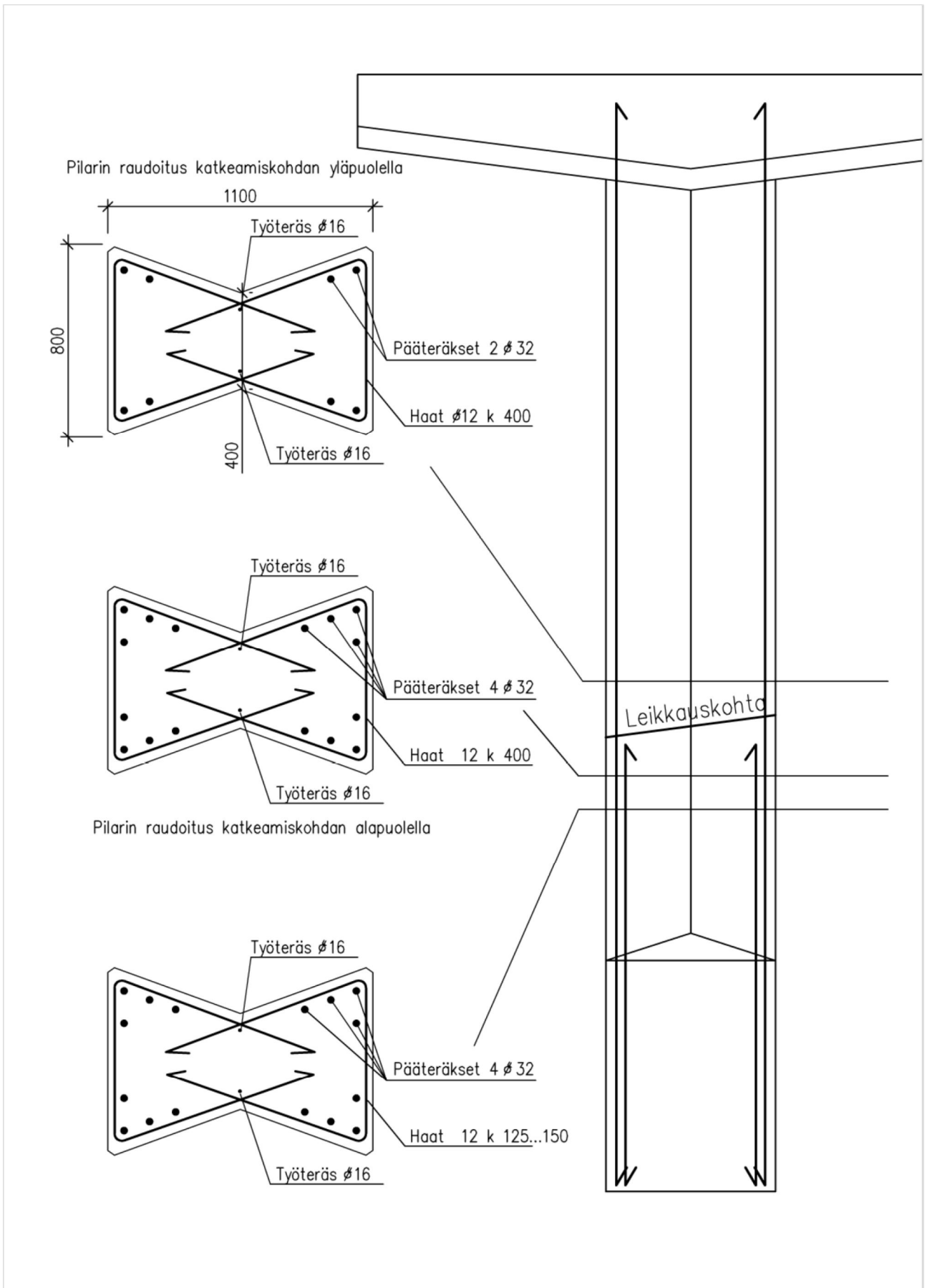
Taulukko 1. Vaakavoimakomponentin arvoja staattisessa tilassa eri lähtöarvoilla

$\mu$	h/L			
	1/3	1/5	1/10	1/15
<b>1</b>	131 kN	144 kN	161 kN	165 kN
0,5	210 kN	250 kN	293 kN	303 kN

Jo varsin hidaskin putoamisliike kaksinkertaistaa törmäysvoiman eli voidaan todeta, että pysyäkseen ehjänä törmäyksessä pilarin olisi tullut kestää suuruusluokkaa 300–500 kN (30–50 tonnia) oleva vaakakuorma. Törmäysvoimaa lisää jonkin verran se, että putoava kansi ei ole vielä täysin katkennut eli kannen katkeamiskohta ei ole vielä puhdas nivel. Samoin törmäysvoimaa kasvattaa se, ettei katkeamiskohta ole vielä pudonnut maahan saakka sekä luiskaa pitkin mahdollisesti liukuvan osan aiheuttava työntövoima. Merkittävän lisän pilariin kohdistuviin rasituksiin aiheuttaa myös se, että putoava kansi mahdollisesti törmää ensin poikkileikkaukseltaan X:n muotoisen pilarin toiseen reunaan aiheuttaen huomattavan vääntörasituksen.

Vääntömomentti on noin 0,5 metriä kertaa törmäysvoima ja poikkileikkauksen vääntömomenttikapasiteetti noin 300 kNm. Leikkausvoimakapasiteetti on noin 600 kN eli kumpikin rasitus on lähellä pilarin kestävyyttä. Niiden vaikuttaessa yhdessä rasitus on tasolla kaksi kertaa kestävyys, joten pilarin rikkoutuminen oli johdonmukainen seuraus.

Kuvassa 10 on esitetty pilarin yläosan poikkileikkaus. Siitä voi päätellä, että pilarin yläosa on mitoitettu ensisijaisesti siihen kohdistuvaa pystykuormaa varten. Pilarin alaosassa sekä pilarin pystyraudoitus että hakaraudoitus on paljon runsaampi. Sillä on varmistettu, että pilari pystyy siirtämään sen alaosaan kohdistuvan törmäyskuorman luotettavasti perustukseen saakka ja kuorma voi siirtyä siitä edelleen maaperään.



Kuva 10. Pilarin rauditus (Kuva: OTKES)

Kuvassa 11 on ote sillan murtumistapaa esittävästä videosta, jonka mukaan pilari on murtunut siten, että siihen on syntynyt vino halkeama. Murtumisen on siis aiheuttanut pilariin kohdistunut leikkausvoima, jonka vaikutusta on mahdollisesti lisännyt vääntömomentti.



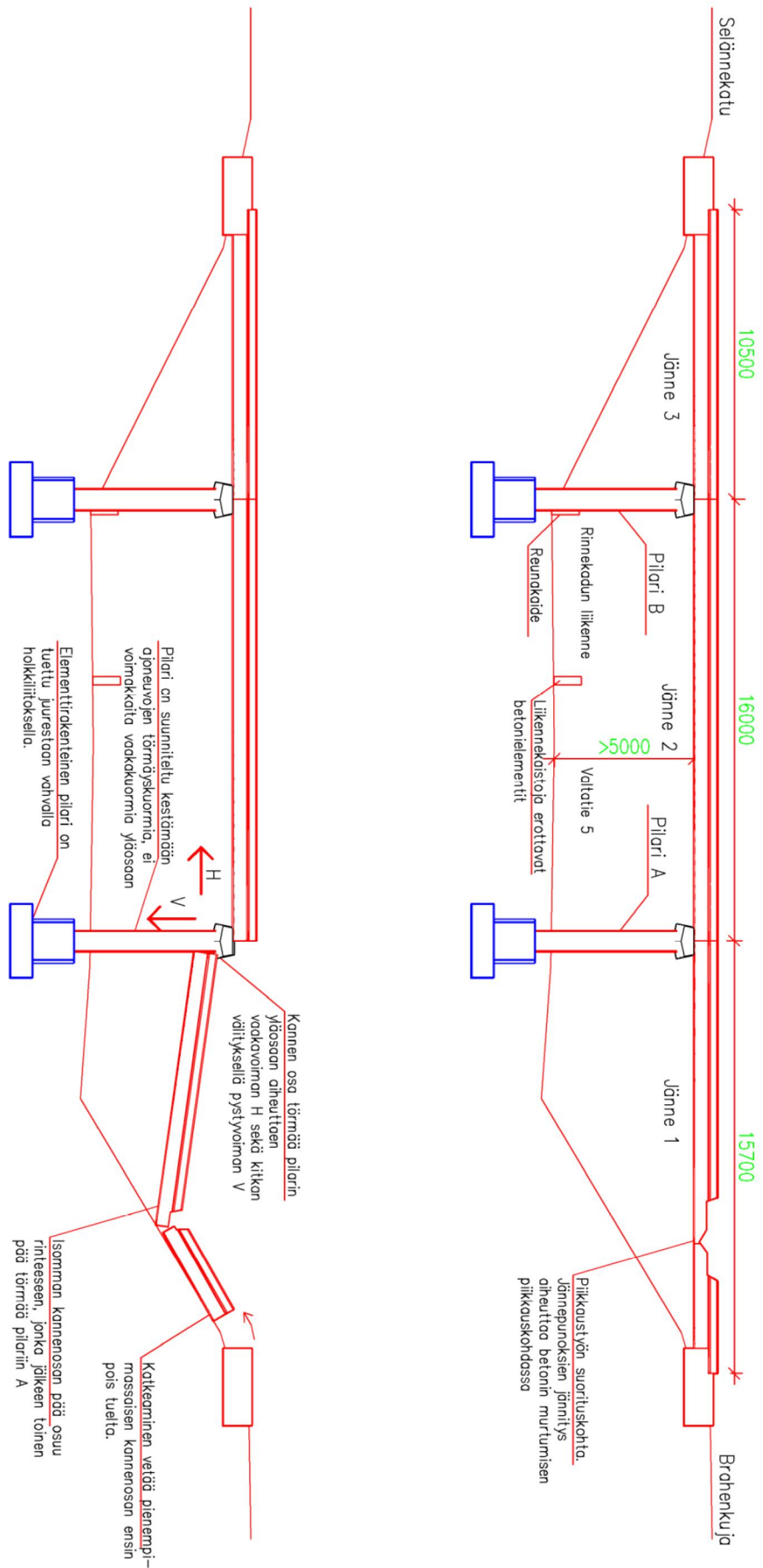
Kuva 11. Pilarin murtumistapa (Kuva: Ulkopuolinen kuvaaja)

Betonirakenteissa ei ollut silminnähten olosuhteiden aiheuttamia vaurioita, esimerkiksi rapautumista. Betoniteräkset olivat hyväkuntoisia ja suunnitelmien mukaisia. Katkenneen ripaalaatan jännepunoksissa ei ollut merkkejä vaurioista eikä punosten ankkuroinnin luistamisesta. Raudoituksissa ei ollut havaittavissa korroosiovaurioita.

Betonirakenteista otettiin koekappaleita betonin kelpoisuuden määrittämiseksi. Ehjäksi jääneistä betonirakenteista otettiin lieriökoekappaleita timanttiporaamalla. Kaksi otettiin katkenneesta pilarista ja neljä katkenneen laatan ripaosista.

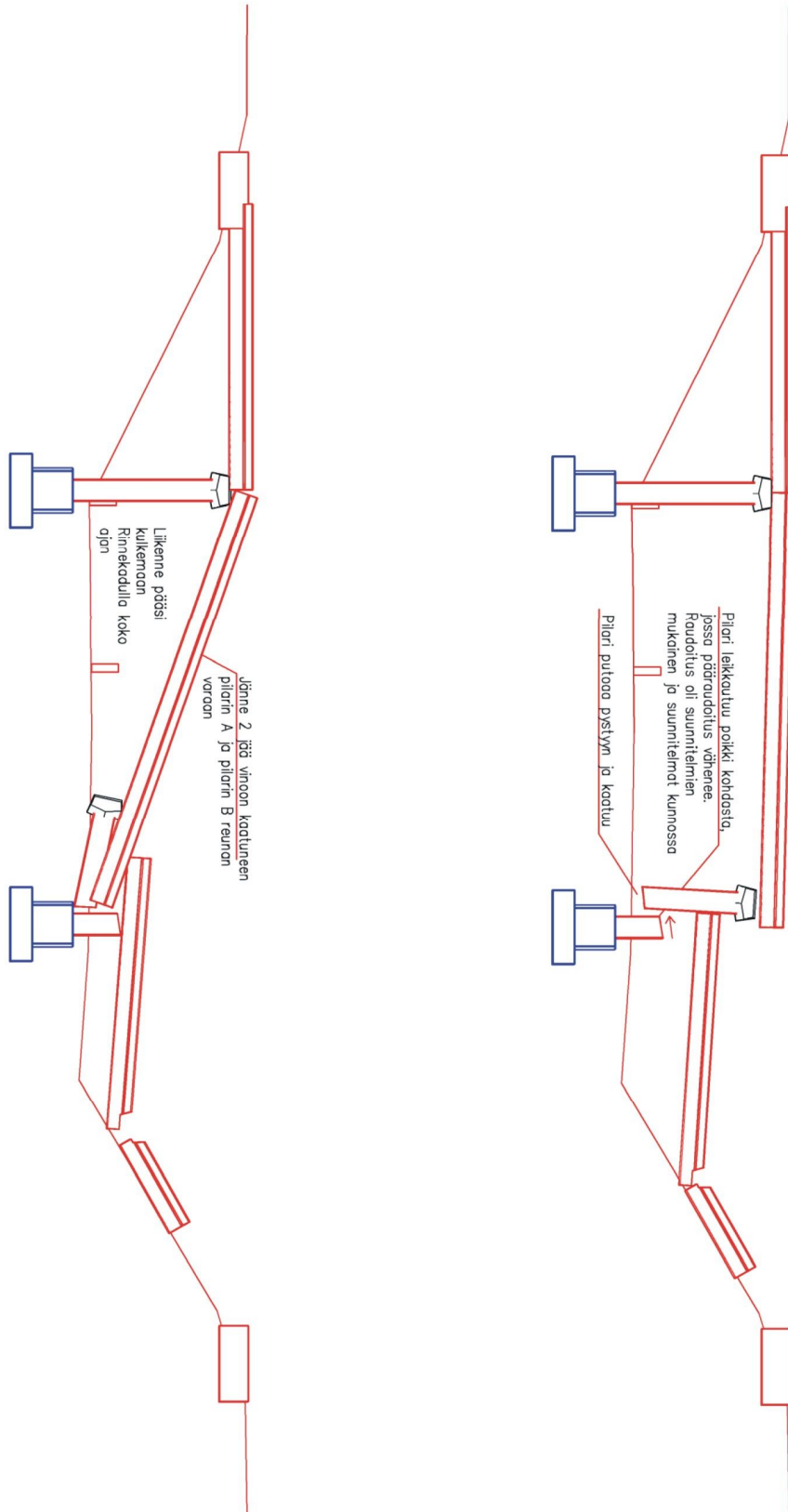
Betonin lujuusvaatimukset pilareille olivat K40-1, jossa K on kuutiopuristuslujuuden vertailuarvon merkintä, 40 on lujuus [MN/m<sup>2</sup>] ja merkintä 1 on 1. luokan betonirakenne eli korkein laatuvaatimus. Palkkirakenteiden merkintä oli vastaavasti K50-1. Puristuslujuuskokeissa rakenteille saadut lujuusarvot olivat 63,0–78,5 MN/m<sup>2</sup> vertailulujuuskeskiarvon ollessa  $f_{cm} = 70,4$  MN/m<sup>2</sup>.

Puristuslujuus täytti betonille asetetut vaatimukset. Betonia voidaan pitää kohteelle asetetut laatuvaatimukset täyttävänä.



Kuva 12. Kuvasarja sortumisen vaiheista, osa 1. (Kuva: OTKES)





Kuva 13. Kuvasarja sortumisen vaiheista, osa 2. (Kuva: OTKES)

## 2.2 Olosuhteet

Sääolosuhteilla ei ollut tapahtuman syntyyn merkitystä. Sää oli puolipilvinen, lämpötila noin +12 astetta ja näkyvyys hyvä.

Työmaalla vallinneet olosuhteet olivat tavanomaiset, eikä työmaalla ollut erityistä kiirettä. Liikenne työmaan ympäristössä oli melko vilkasta, koska oli juhannusviikko. Purkutyö oli suunniteltu tehtäväksi yöllä, jolloin liikenne olisi ollut huomattavasti vähäisempää. Purkamisajankohtaa oli kuitenkin muutettu. Muutoksesta ei ollut erillistä suunnitelmaa eikä siitä keskusteltu tilaajan kanssa.

Valtatie 5 on itäisen Suomen pääväylä. Sen liikennemäärä on päivittäin noin 15 000–20 000 ajoneuvoa. Ajoneuvojen määrä tapahtuman aikaan ei ole tarkasti tiedossa, koska Liikenneviraston liikennemääriä laskeva anturi oli poistettu tietyön takia. Lähimmät anturit ovat Toivossa 38 kilometriä tapahtumapaikasta etelään ja Nuutilanmäessä 25 kilometriä pohjoiseen.

## 2.3 Tapahtumaan liittyvät organisaatiot ja henkilöt

Liikennevirasto toimi kohteessa suunnitelmien ja toteutusurakan tilaajana. Liikennevirasto tilaajavirastona pitää huolta valtion tiestöstä ja tilaa palvelut väyläpidon tuottajilta. Se toimii rakennuttajatahona väylien korjaus- ja uudisrakennushankkeissa. Liikennevirasto omisti tapahtuman aikaan yhteensä 2 079 kevyen liikenteen siltaa, mutta tämän sillan omisti Mikkelin kaupunki. Liikennevirasto päätti purkaa ja rakentaa uuden sillan samalla kun valtatieparannus Pitkälän ja Aseman välillä tehdään.

Urakasopimuksen koko laajasta parannustyöstä Liikennevirasto teki suuren tien- ja maanrakennusalan toimijan kanssa. Lisäksi Liikennevirasto tilasi kohteen rakennuttamiseen ja valvontaan liittyvät konsulttipalvelut alaan erikoistuneelta yritykseltä. Tämän paikallisvalvojan tehtävänä oli toimia tilaajan edustajana työmaan päivittäisten käytäntöjen seuraamisessa. Työtä tehnyt henkilö on ensi sijassa tie- ja liikennetekniikan asiantuntija. Liikenneviraston oma henkilöstö toimi projektissa hallinto- sekä rakennuttamistehtävissä ja vieraili työmaalla noin kerran kuukaudessa, lähinnä työmaakokousten yhteydessä.

Liikennevirasto antoi urakoitsijalle turvallisuusasiakirjan, joka sisälsi työ- ja liikenneturvallisuutta koskevat asiat, turvallisuussäännöt ja menettelyohjeet sekä riskienhallintasuunnitelman pohjan. Turvallisuusasiakirja oli laadittu urakan kilpailuttamista varten 13.6.2014 eli vuoden ennen sortumaa. Tällöin ei ollut vielä tiedossa, miten purku tullaan suorittamaan. Tarkoitus oli, että turvallisuusasiakirja pidetään ajan tasalla.

Pääurakoitsija toimitti laatimansa toteutussuunnitelmat ja niitä koskevan turvallisuussuunnitelman hanketta hoitavalle Liikenneviraston edustajalle ja kohteeseen valitulle konsultille. Pääurakoitsija oli laatinut turvallisuussuunnitelman Liikenneviraston toimittamien asiakirjojen perusteella. Turvallisuussuunnitelma sisälsi riskienarvioinnin ja riskienhallintasuunnitelman. Vaaraksi oli tunnistettu purettavien siltarakenteiden sortuminen, mutta riskiä ei ollut arvioitu tai käsitelty enempää. Työn aikana liikennettä ohjasivat pääurakoitsijan liikenteenohjaajat.

Pääurakoitsija valitsi sillan purkutöihin aliurakoitsijan kilpailuttamalla. Piikkausta teki aliurakoitsijan työntekijä. Paikalla oli myös työtä seuraamassa ja ohjaamassa purkuurakoitsijan työmaapäällikkö ja pääurakoitsijan siltatyöstä vastaava henkilö. Aliurakoitsija oli tehnyt ylimalkaisen purkusuunnitelman, jonka se oli esitellyt pääurakoitsijalle. Suunnitelma sisälsi listan kohtia, joissa oli kerrottu muun muassa tienpinnan suojaamisesta ja purkujätteen jatkokäsittelystä. Työtapaa ei ollut yksilöity, ja suunnitelmassa oli mainittu kaksi työkalua, joilla purku voidaan tehdä. Suunnitelmasta puuttui ohjeet liikenteen pysäyttämistä purkamisen ede-

tessä. Purkutyön aloituspalaverissa oli sovittu, että kaivinkoneen kuljettaja ilmoittaa kun liikenne pitää pysäyttää.

Purkutyötä tehnyt urakointiyritys oli toiminut pitkään alalla. Yritys purkaa merkittävän osan Suomessa purettavista silloista.

## 2.4 Viranomaiset ja muut toimijat

Liikennevirasto vastaa maanteiden ja niihin kuuluvien eurooppateiden (TEN-T -tieverkko) rakentamisesta ja kunnossapidosta. Se tuottaa myös teiden ja siltojen suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä määräyksiä ja ohjeita.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi kehittää liikennejärjestelmän turvallisuutta ja vastaa liikennejärjestelmään liittyvistä viranomaistehtävistä. Trafi huolehtii liikenteen turvallisuutta edistävien ohjeiden laatimisesta ja valvoo maantietoita koskevan ohjeiston noudattamista muutamassa esimerkkihankkeessa vuodessa.

Trafi järjesti noin viikkoa ennen vaaratilannetta työmaalla auditoinnin, jossa Liikennevirasto oli mukana. Auditoinnissa käsiteltiin muun muassa vaarallisia työvaiheita työmaalla yleensä. Auditoinnissa olivat mukana Trafi, Liikennevirasto, Pohjois-Savon ELY-keskus, Mikkelin kaupungin edustaja, rakennuttajakonsultti ja pääurakoitsija.

ELY-keskuksella on tehtäviä koskien tienpitoa, liikenneturvallisuutta, tieoloja ja julkisen liikenteen järjestämistä. ELY-keskukset toimivat tienpidon osalta Liikenneviraston ohjauksessa. Etelä-Savon tienpidosta huolehtii Pohjois-Savon ELY-keskus. Isoimpien tiehankkeiden toteuttamisesta huolehtii ELY-keskuksen sijaan Liikennevirasto.

Aluehallintovirasto AVI:n työsuojelun vastuualueen keskeinen tehtävä on valvoa työturvallisuutta ja tehdä työturvallisuustarkastuksia, antaa ohjeita ja raportoida havaituista puutteista. AVI oli tehnyt työsuojelutarkastuksen lokakuussa 2014 ja toukokuussa 2015 koskien kaivinkoneita ja niillä työskentelyä. Työsuojelutarkastuksessa AVI kiinnitti huomiota valaistukseen, sähköistykseen ja työmaan sisäisen liikenteen järjestämiseen. Lisäksi tarkastuksessa käsiteltiin työtapaturmien torjuntaa ja käytettiin MVR työturvallisuuden arviointimenetelmää. Tulevien purkutöiden suunnitteluun ja niihin liittyviä riskejä ei pöytäkirjan mukaan käsitelty. Vaaratilanteen jälkeen 17.9.2015 AVI:n tekemässä, kohteen asiakirjoihin perustuvassa tarkastuksessa todettiin runsaasti puutteita sekä pää- että aliurakoitsijan toiminnassa.

## 2.5 Pelastustoimintaan osallistuneiden organisaatioiden toiminta

Varsinaisia pelastustoimia ei tarvittu. Toimet rajoittuivat lähinnä liikenteen ohjaukseen.

## 2.6 Tallenteet

Purkamista sivusta seurannut henkilö videoi tapahtuman, koska arvioi purkutavan vaaralliseksi. Sillan sortuman jälkeen kuvaaja lähetti materiaalin yhdelle tiedotusvälineelle, joka julkaisi sen verkossa. Onnettomuustutkintakeskus sai tehdyn kuulemisen yhteydessä luvan käyttää videota. Videosta ilmenee tehty työ ja kannen putoamisen eteneminen.

Onnettomuustutkintakeskus pyysi hätäkeskukselta hätäilmoitustallenteet, joita oli yhteensä neljä.

## 2.7 Säädökset, määräykset, ohjeet ja muut asiakirjat

Valtioneuvoston asetusta<sup>5</sup> rakennustyön turvallisuudesta sovelletaan muun muassa kaikenlaisten rakennusten ja rakennelmien sekä maa- ja vesirakentamisen rakennus-, asennus- ja purkutöissä. Lisäksi asetusta sovelletaan hankkeiden valmistelutöissä sekä suunnittelussa.

Purkutyötä varten on rakenteiden ja rakenneosien ominaisuudet, lujuus ja kunto selvitettävä siten, että työ voidaan tehdä turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa työntekijän terveydelle. Työ on tehtävä sellaisessa järjestyksessä, että rakennelman sortuminen vältetään. Tällaiseksi työksi katsotaan elementtirakenteisen sillan purkaminen.

Ennen rakennus- tai purkutyön alkua on päätoteuttajan tehtävä ennakoilmoitus työsuojeluviranomaiselle (AVI).

Suomessa ei ole laadittu purkutöihin liittyviä suunnittelu- eikä tarkastusohjeita. Purkutyön suunnitteluun ja toteutukseen viitataan valtioneuvoston asetuksessa, mutta tarkentavia ohjeita ei ole. Purkutyöhenkilöstölle ei ole asetettu erityisvaatimuksia pätevyyden suhteen. Purkutyölle ei vaadita rakennuslupaa.

Sillan rakenteellisen suunnittelun ohjeisto on muuttunut 1980-luvulla olleesta. Yksi muutos on eurooppalaisen suunnitteluohjeiston, eurokoodien, käyttöönotto 2000-luvulla. Liikennevirasto on tehnyt eurokoodien soveltamiseen kansallisen ohjesarjan nimeltään NCCI6. Kuormituksille on olemassa sovellusohje NCCI 1, jossa numero viittaa vastaavaan eurokoodien standardisarjan numeroon. Betonirakenteille on olemassa sovellusohje NCCI 2. Mitoituksessa sovellettavat törmäyskuormat eivät ole kasvaneet merkittävästi. Raudoituksen osalta pilarin hakaraudoitukselle on ohjeistettu maksimihakaväliksi 250 millimetriä ja pääraudoituksen muutoskohdissa 150 millimetriä. Muilta osin betonirakenteiden tekniset ominaisuudet vastaavat likimain nykyohjeistusta.

Valtion tieverkon työmailla työskentelevien on suoritettava Tieturva 1 -koulutus. Lisäksi työnjohtajien edellytetään suorittavan Tieturva 2 -koulutuksen. Koulutukset ovat Liikenneviraston ohjeistamia. Tieturva on koulutusohjelma, jonka avulla Liikennevirasto maanteiden ylläpitäjänä varmistaa tiellä työskentelevien perehdytyksen tiellä tehtävän työn erityispiirteisiin. Kunnissa vastaavia koulutuksia ovat Kataturva 1 ja 2.

Tieturvakoulutuksessa painotetaan työ- että liikenneturvallisuutta. Purkutöiden turvallisuuden erikoiskysymyksiä siinä ei käsitellä.

Maantielaki<sup>7</sup> antaa tehtäviä Liikennevirastolle ja Trafille. Liikenne- ja viestintäministeriö määrää valtakunnallisesti merkittävät runkotiet, valtatie ja kantatiet. Liikennevirasto puolestaan määrää, mitkä tiet luokitellaan seututeiksi ja yhdysteiksi. Maantielain 11§ määrittää tienpitoviranomaiseksi toimivaltaisen ELY-keskuksen. Samassa pykälässä määritetään Liikennevirasto tieturvallisuudirektiivissä tarkoitetuksi toimivaltaiseksi organisaatioksi.

Maanteiden suunnittelun prosessin käynnistämisen päättää tienpitoviranomainen. Se on niin sanottu rakennushankkeeseen ryhtyvä, jolle on kirjattu velvollisuudet hankkia lausunnot tarvittavilta viranomaisilta ja laittaa suunnitelman eri vaiheet nähtäville.

---

<sup>5</sup> VNp 205/2009

<sup>6</sup> Non-contradictory complementary information

<sup>7</sup> Maantielaki 503/2005

Liikennevirasto on eräin poikkeuksin tie- ja yleissuunnitelmat hyväksyvä taho. Virasto tiedottaa suunnitelman hyväksymisestä kunnalle, ELY-keskukselle ja maakunnan liitolle ja tarvittaessa muille viranomaisille.

Liikennevirasto on veloitettu huolehtimaan Euroopan laajuisen tieverkon maanteillä (TEN-T-verkosto, Suomen osuus), että

- yleis- ja tiesuunnitelmaa laadittaessa, ennen tien avaamista ja tien käytön alkuvaiheessa tehdään tieturvallisuusarviointi
- määräjain tehdään turvallisuustarkastuksia ja selvitetään tietöiden mahdollisia vaikutuksia tieturvallisuuteen
- vähintään joka kolmas vuosi tehdään tieverkon käyttöä koskeva selvitys, jonka perusteella tieosuudet jaetaan luokkiin onnettomuusalttiuden ja tieverkko sen turvallisuuden parantamismahdollisuuksien mukaan
- vaarallisimmista tieosuuksista tiedotetaan tienkäyttäjää

Trafi valvoo, että Liikennevirasto noudattaa veloitteitaan. Trafin on arvioitava ne tieosuudet, joiden parantaminen on luokitusten mukaan tärkeintä. Trafi vastaa tieverkostolle arvioita tekevien tieturvallisuusarvioijien koulutuksesta.

## 2.8 Muut tutkimukset

Tapahtumaa koskevan AVI:n raportin mukaan purkusuunnitelma oli niin yleisluontoinen, että sen perusteella purkutyötä ei voi tehdä turvallisesti. Suunnitelmalla ei voi välittää suunnittelijan tahtoa toteuttajalle. Suunnitelmasta puuttui monia oleellisia asioita, kuten liikenteenohjaustarpeen määrittely työn eri vaiheissa.

Liikennevirasto oli tehnyt turvallisuusasiakirjojen tarkastuspöytäkirjan ennen sortumaa 9.6.2015. Johtopäätöksessä todettiin että "Vt 5 Mikkelin kohta -hankkeen turvallisuusasiat oli erittäin hyvin hoidettu turvallisuuden omavalvontakäynnillä läpikäytyjen aihealueiden puitteissa. Käyntiin sisältyi myös työmaahan tutustuminen, jossa ei kuitenkaan tehty työmaakierrosta tai arvioitu järjestelmällisesti työnaikaisten liikennejärjestelyiden ohjeiden mukaisuutta. Pääpiirteissään työnaikaiset liikennejärjestelyt olivat kuitenkin asianmukaiset".

Liikennevirasto teki uuden turvallisuusdokumenttien tarkastuksen sortuman jälkeen 10.7.2015. Silloin todettiin, että turvallisuusasiakirjat, turvallisuussäännöt ja menettelyohjeet oli tehty. Niitä ei kuitenkaan ollut päivitetty 13.6.2014 jälkeen. Riskienhallintasuunnitelmana oli käytetty Liikenneviraston infra-riskikarttaa. Riskit oli arvioitu puutteellisesti, eikä suunnitelmaa ollut päivitetty urakan edetessä. Vaarat oli kuitenkin tunnistettu laajasti, esimerkiksi rakenteiden sortumisen mahdollisuus oli mainittu. Urakoitsijan turvallisuussuunnitelma täytti vaatimukset. Sillan purkusuunnitelmaa ei ollut päivitetty, kun oli tehty päätös aloittaa purkutyö päivällä.

## 3 ANALYYSI

### 3.1 Tapahtuman analysointi

Analysoinnissa on käytetty Accimap-menetelmää. Analyysitekstin jäsentely perustuu tutkinnassa laadittuun Accimap-kaavioon.

Rakenteet olivat suunnitelmien mukaisia, eikä niissä ollut vikaa. Purkaminen oli suunniteltu hyvin pelkistetyksi, minkä vuoksi purku eteni odottamattomalla tavalla. Purkusuunnitelma oli toimitettu hankkeen tilaajalle, joka ei vaatinut suunnitelman täydentämistä. Suomessa ei ole olemassa ohjetta sillan purkusuunnitelman laatimista ja tarkastamista varten.

#### 3.1.1 Sillan purkutyö osana tiehanketta

Sillan purkutyö oli osa isompaa valtatie 5:n parannushanketta. Hankkeeseen sisältyi kaksi purettavaa siltaa.

Hankkeen suunnitteluvaiheessa tehdyssä riskienarvioinnissa oli tiedostettu joitakin purkutöihin liittyviä riskejä, mutta ei siltarakenteiden hallitsematonta alastuloa. Riskienhallintasuunnitelmassa ei käsitelty siltojen hallitsemattoman sortuman vaaraa. Siltojen purkamiset olivat varsin pieni osa työn kokonaisuudesta, minkä vuoksi ilmeisesti ne jäivät vain vähäiselle huomiolle suunnitelmia laadittaessa. Riskienhallintasuunnitelman, turvallisuusasiakirjan sekä purkusuunnitelman nähneistä useista toimijoista kukaan ei huomannut purkutyön turvallisuuden vähäistä käsittelyä.

Työmaalle oli tehty viikkoa ennen sortumaa Trafín järjestämä auditointi. Tietyöhankkeisiin osallistuu lähes aina usean ammattikunnan edustajia. Pääroolissa ovat yleensä tie- ja liikenteen tekniikan edustajat. Pienempää osaa töistä hoitavat siltatekniikan asiantuntijat, joiden osalliselle kuitenkin voisi olla tarvetta.

Purkutöille ei ole asetettu pätevyysvaatimuksia eikä siihen tarvita erillistä lupaa. Viranomaiset luottavat toimijoiden ammattitaitoon ja kykyyn arvioida riskejä. Työmaata valvova viranomaiskenttä on monimutkainen ja eri viranomaiset tuntevat vain oman toimialueensa.

Ainoat määräykset purkutyöhön ovat valtioneuvoston päätöksessä<sup>8</sup>. Sen mukaan purkutyö tulee tehdä turvallisesti. Muuta ohjeistoa ei ole.

#### 3.1.2 Purkutyön suunnittelu

Sillan purkutyö kuului hankkeessa toimineelle aliurakoitsijalle, joka laati purkusuunnitelman. Urakoitsijalla oli kokemusta ensisijaisesti siltojen purkamisesta, mutta työn suunnitteluun ei osallistunut siltojen rakennetekniikan asiantuntijaa. Suunnittelussa nojaututtiin aikaisempaan kokemukseen sillan purkamisessa. Purkusuunnitelma oli suppea eikä se ohjannut paljonkaan purkutyön käytännön toteutusta eikä sillan purkamiseen tai liikenteen turvallisuuden liittyviin riskeihin varautumista.

Tehtyä suunnitelmaa ei noudatettu. Purku oli suunniteltu tehtäväksi yöllä vähäisemmän liikennehaitan vuoksi, mutta purkaminen päätettiin aloittaa pääurakoitsijan aloitteesta päivällä. Muutoksesta ei sovittu tilaajan eikä valvojan kanssa. Purkamisella ei ollut työmaa-aikataulun puolesta erityistä kiirettä. Suunnitelmaan ei ollut yksilöity purkutapaa. Vain purkamiseen mahdollisesti käytettävät työkalut oli mainittu. Suunnitelmassa ei huomioitu liikenteen katkaisun ohjeistamista riittävästi. Suunnitelmasta puuttui myös varautuminen sillan hallitsemattomaan putoamiseen.

---

<sup>8</sup> 205/2009

Tilaaaja ja sen konsultit olivat vaatineet suunnitelman nähtäväksi ja pitivät sitä riittävänä. Tässäkään portaassa ei ollut siltarakennetekniikan ammattilaista. Tilaaaja ja konsultit luottivat purku-urakoitsijan ammattitaitoon.

Siltojen purkusuunnitelman laatimisohjetta tai purkusuunnitelman tarkastusohjetta ei ole, eikä suunnitelmien tekoon tai tarkastajaksi ole pätevyysvaatimuksia. Nykyinen tilanne ei varmista purkusuunnitelman riittävää tasoa.

### 3.1.3 Sillan purku

Purkutyötä tehtäessä keskeinen päätöksenteko jäi aloituskokouksessa sovitun mukaisesti kaivinkoneen kuljettajalle. Kuljettajan piti kokemukseensa perustuen ilmoittaa, milloin valtatie liikenne pitää pysäyttää. Työtä tehtiin vaaraa aiheuttavalla tavalla.

Purkutyötä aloitettaessa osattiin kiinnittää huomiota työstä aiheutuviin betoniroskeisiin, jotka ovat vaarallisia tienkäyttäjille ja voivat vahingoittaa ohiajavia ajoneuvoja. Sen sijaan sillan yllättävän sortuman ei arveltu olevan mahdollista.

Työmaaorganisaatio jätti liikaa vastuuta yksittäiselle kaivinkoneen kuljettajalle.

### 3.1.4 Hallitsematon jatkuva sortuma

Sillan piikattavana ollut kannen osa romahti odottamattomasti ja äkillisesti. Pudotessaan kannen valtatie puoleinen pää törmäsi sillan pilariin katkaisten sen. Pilarin katkeaminen oli keskeinen tekijä vaaratilanteen syntymisessä, sillä sen seurauksena katkenneen pilarin osia ja valtatie päällä olleen kansiosan toinen pää putosivat tielle. Sortuman jatkuminen oli mahdollista myös tämän jälkeen, koska tien yläpuolelle olleen kannen osan tukeutuminen ei ollut luotettavaa ja kannen putoaminen olisi voinut jatkua edelleen. Syntyneessä tilanteessa liikenteen ei olisi pitänyt päästä kulkemaan pudonneen sillan kannen alitse, sillä sortuneet rakenteet aiheuttivat selvän vaaran tiellä kulkevalle liikenteelle.

Sillan rakenne oli rakennusaikaisten vaatimusten mukainen, eikä jatkuva sortuma ollut seurausta sillan huonosta kunnosta tai rakenteellisesta viasta. Sillan kunto oli hyvä purkuaikaan. Pilarin katkeaminen oli luonnollinen seuraus sen yläosaan kohdistuneesta putoavan kannen aiheuttamasta suuresta vaakavoimasta.

Sillan kannen äkillinen putoaminen ja pilarin poikkileikkautuminen oli ymmärrettävä seuraus kannen palkkien katkaisemisesta. Äkillisen sortuman vaaraa ei tiedostettu, joten pääurakoitsijan aloitteesta sillan purku päätettiin aloittaa päivällä. Alkuperäisen suunnitelman mukaan purku olisi tehty vähäisemmän liikennemäärän takia yöllä.

### 3.1.5 Liikenteen hallinta

Piikkaustyön edettyä kannesta palkkeihin kaivinkoneen kuljettaja ilmoitti liikenteen pysäyttämistarpeesta, vaikka sillan kantta ei ollut vielä tarkoitus pudottaa alas. Valtatie liikenne pysäytettiin, mutta Rinnekadulle ei ollut liikenteenohjaajia. Sillan sortuman jälkeen kolme autoa Rinnekadulla pääsi ajamaan osittain sortuneen kannen ali, vaikka sortuman jatkuminen oli mahdollista. Liikenne pysäytettiin, mutta hieman myöhemmin liikenteen annettiin jatkua.

Työmaahenkilöstön valmiudet reagoida poikkeukselliseen tilanteeseen turvallisella tavalla olivat riittämättömät, vaikka sillä oli työn edellyttämät Tieturva-koulutukset. Liikenne pudonneen sillan kannen alitse pääsi kulkemaan myös siksi, että paikalle ei ollut varattu riittävästi liikenteenohjaajia. Äkillisen liikenteen ruuhkautumisen vuoksi paine tien avaamiselle oli suuri, mikä vaikutti päätökseen ajattaa autoja osittain sortuneen sillan kannen alta.

Tien yläpuolelle jääneiden sillan osien pysymisestä ylhäällä ei voinut olla varma silmämääräisellä tarkastelulla. Tien päälle jääneeseen sillan rakenteeseen oli saattanut tulla sortumassa betonin lujuutta heikentäviä vaurioita. Lisäksi sillan rakenteissa olleiden jännepunoksien paikallaan pysymistä ei voitu tarkastaa.

Työturvallisuussäädösten mukaan suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota muun ohella toimintaan tapaturmissa ja onnettomuustilanteissa. Näyttää siltä, että säännös ei tuota läheskään sen tasoista valmiutta onnettomuustilanteisiin kuin saadaan pelastuslain mukaisella pelastussuunnittelulla. Onnettomuuden sattuessa on tärkeää, että esimerkiksi liikenteen ohjaus, hälytykset ja omatoimista pelastustoiminta on suunniteltua. Onnettomuustyömaalla paras valmistautuminen ja kyky oli kriisiviestintään, jota oli myös harjoiteltu yhdessä viranomaisten kanssa.

Sillan sortumisen jälkeen työmaalla ei toimittu järkevällä tavalla, kun ajoneuvoja pääsi ja päästettiin kulkemaan osittain sortuneen sillan ali. Liikenteen ohjaus yllätyksellisessä tilanteessa osoittautui muutoinkin hankalaksi tehtäväksi. Poikkeavaan tilanteeseen oli varauduttu etupäässä kriisiviestinnän osalta. Ongelmia tuli, vaikka tässä onnettomuudessa vahingot olivat vähäiset. Suuressa onnettomuudessa toimintakykyä olisi tarvittu selvästi enemmän.

Suurelta tietyömaalta voidaan odottaa hyvää varautumista ja kykyä toimimiseen erilaisissa poikkeavissa tilanteissa. Omatoimisiin pelastustoimenpiteisiin, hälyttämisiin ja viranomaisyhteistyöhön tulisi pystyä.

### 3.2 Pelastustoimien analysointi

Sortumasta ei syntynyt tilannetta, joka olisi vaatinut pelastustoimia.

### 3.3 Viranomaisten toiminnan analysointi

Purettavana ollut silta oli rakennettu sen aikaisten rakentamismääräysten mukaisesti. Silta oli hyvässä kunnossa. Työmaata suunniteltaessa pääurakoitsija oli tehnyt tilaajan vaatiman riskianalyysin vaarallisista töistä. Siinä käsiteltiin useita riskejä, muun muassa purkutöihin liittyviä. Sortuman riskiä ei tiedostettu eikä siihen varautumista mitenkään vaadittu. Mahdollisen sortuman seurauksia ei myöskään ennakoitu. Purkusuunnitelman nähneet viranomaiset eivät havainneet puutteita suunnitelmassa. Kukaan purkusuunnitelman nähneistä tahoista ei ollut siltojen rakennetekniikan ammattilainen. Viranomaiset olivat luottaneet urakoitsijoiden ammattitaitoon.



## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOTEAMUKSET

### 4.1 Toteamukset

1. Sillan purkusuunnitelma oli hyvin pelkistetty eikä siinä ollut esitetty riittävän laajasti purkutyön suorittamiseen liittyviä seikkoja. Suunnitelmassa ei millään tavalla varauduttu myöskään siihen, että jotakin yllättävää voi tapahtua. Mikään purkusuunnitelman saanut taho ei tunnistanut suunnitelman puutteita.
2. Sillan purkaminen eteni hallitsemattomasti ja aiheutti vaaratilanteen tiellä. Tapahtuneeseen ei ollut varauduttu, eikä ollut suunnitelmaa miten syntyneessä tilanteessa olisi pitänyt toimia.
3. Syntynyttä vaaratilannetta varten ei ollut liikenteen järjestely- eikä ohjaussuunnitelmaa. Paikalla ei ollut riittävästi liikenteenohjaajia.
4. Kukaan paikalla olleista ei tunnistanut riskejä, joita kohdistui osittain alas tulleen sillan kansiosan ali kulkevaan liikenteeseen. Osittain sortuneen kannen ylhäällä pysymistä ei ollut mahdollista silmämääräisesti varmistaa.
5. Työturvallisuussäädöksissä on kohtia, joiden tarkoitus on varmistaa hyvät valmiudet onnettomuustilanteessa toimimiseen. Näyttää kuitenkin siltä, että vastaavanlaista varautumisen tasoa ei niillä saavuteta kuin saadaan muilla toimialoilla pelastuslain mukaisessa pelastussuunnittelussa.

### 4.2 Tapahtuman syyt

Hallitsemattomaan sortumaan johti selkeästi puutteellinen purkusuunnitelma, jota ei edes noudatettu. Purkutyön suunnittelua ja pätevyyskoskevat vaatimukset olivat siinä määrin yleisluonteisia, että ne eivät takaa kunnollista suunnitelmaa ja varmasti päteviä toimijoita. Rakenneteknistä asiantuntemusta ei vaadita suunnittelun millään portaalla.

Purkutyö aiheutti tapahtumaketjun, jonka seurauksena sillan ajoradan päällinen kansi putosi alas toisesta päästään. Liikenteen kulkemista ei rajoitettu riittävästi ajoradan alueella tapahtumahetkellä ja sortuman jälkeen. Poikkeavaan tapahtumaan ei ollut varauduttu.

Useat purkusuunnitelman saaneet eri tahot eivät havainneet puutteita tai kommentoineet selkeästi vaillinaista purkusuunnitelmaa.

Työmaaorganisaatio sekä hankkeen toimijaosapuolet olivat laatineet työmaalle riskienhallintasuunnitelman, jossa purkutyö oli esitetty riskipitoisena työvaiheena. Kuitenkin työn suorituksessa luotettiin purkutyöurakoitsijaan ja lopulta yksittäiseen kaivinkoneenkuljettajaan. Riskien moniportainen hallinta petti.

Purkusuunnitelmalle ja purkutyön tekijälle ei ole tarkentavia vaatimuksia tai ohjeita, joilla voisi tarkastella onko purkutyö riskienhallinnan puolesta kunnossa. Tämä keskeinen puute vaikeutti puuttumista purkusuunnitelman tasoon, joka puolestaan mahdollisti tapahtumaketjun syntymisen.

## 5 TOTEUTETUT TOIMENPITEET

Liikennevirasto on valmistellut malliasiakirjan sillan purkutyö- ja turvallisuussuunnitelman laatimiseksi sekä täydentänyt turvallisuussääntöjen ja menettelyohjetta siltojen purkamistyön osalta. Asiakirjat tulevat olemaan osana Liikenneviraston toimintajärjestelmästä saatavia asiakirjoja.

Keskeisinä ajatuksia täydennyksille ovat

- purku-urakoitsija osoittaa perehtyneensä purettavaan siltaan
- on käynyt läpi urakka-asiakirjojen kirjauksiin purettavaa siltaa koskien
- on käyttänyt riittävää asiantuntemusta purkusuunnitelmaa laatiessaan erityisesti, jos purkaminen koskee kantavia rakenteita
- on selvittänyt purkamiseen liittyvät vaarat sekä tunnistanut riskit ja jos on todennut ne liian suuriksi, on harkinnut purkutavan uudelleen.

Lopuksi pääurakoitsija tarkastaa purku-urakoitsijan tekemän purkutyöselostuksen ja täydentää laaditut asiakirjat purkutyö- ja turvallisuussuunnitelmaksi, ottaen vastuun työstä tilaajan suuntaan.

Liikenneviraston käynnistämä turvallisuuskoordinaattorikoulutus tulee osaltaan parantamaan menettelyitä turvallisempaan suuntaan.

## 6 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

### 6.1 Purkutyön suunnittelun parantaminen

Silta sortui selvästi aiemmin, äkillisemmin ja laajemmin kuin purkutyötä tehneet olivat oletaneet. Olennaista tämänkaltaisten tilanteiden välttämiseksi on suunnitelmallisuus, jota myös työturvallisuusasetus<sup>9</sup> korostaa. Purku tulee suunnitella hyvin, jotta siitä ei aiheudu vaaraa työmaan henkilöstölle eikä sivullisille. Siltojen ja muiden järeiden rakenteiden toiminnan ymmärtäminen vaatii rakenteiden mekaniikan osaamista, jollaista ei tämän purkutyön suunnittelussa hyödynnetty. Suunnitelma oli suppea.

Onnettomuustutkintakeskus on tutkinut myös vuonna 1998 tapahtuneen Tornan sillan sortumisen Imatralla. Silloin tutkinnassa havaittiin sama ongelma, että purkusuunnitelmaa ei ollut tehty työn vaatavuuteen nähden riittävän perusteellisesti. Se myös vaikeutti valvontaorganisaation mahdollisuuksia tarkastaa suunnitelman turvallisuus.

Onnettomuustutkintakeskus toistaa Tornan sillan sortumaa käsittelevässä tutkinnassa annetun suosituksen nyt Liikenne- ja viestintäministeriölle osoitettuna. Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

*Liikenne- ja viestintäministeriö huolehtii, että valtion ja kuntien siltojen purkusuunnitelmia varten laaditaan ohjeet ja minimivaatimukset. 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. [2016-S1]*

Hyvä pohja purkusuunnittelun ohjaukselle on onnettomuuden jälkeen Liikenneviraston valmisteleva ohjeistus, jota olisi hyvä käyttää myös kuntien toteuttamissa purkutöissä.

Helsingissä 19.2.2016

Kai Valonen

Seppo Suuriniemi

Juho Henttonen

Toni Kekki

---

<sup>9</sup> 205/2009 mm. 10§, 49§

## LÄHDELUETTELO

1. Päätös tutkinnan aloittamisesta Y2015-01
2. Työmaata ja erityisesti sillan purkua koskevat tarjous- ja tilausasiakirjat, jotka sisältävät muun muassa
  - Työmaata koskevat urakkaohjelma, turvallisuusasiakirja, turvallisuussäännöt ja menettelyohjeet sekä riskikartta
  - Pääurakoitsijan laatima projektin turvallisuussuunnitelma, riskianalyysi ja eri osa-alueiden turvallisuussuunnitelmia
  - Purku-urakoitsijan purku- ja jätteenkäsittelysuunnitelma
  - Kriisiviestintäsuunnitelma
3. Liikenneviraston ja Trafín ennen onnettomuutta tekemät tarkastusasiakirjat
4. Selvitys työmaan liikennejärjestelyistä ennen ja jälkeen onnettomuuden
5. Työmaakokouksen 9 kuukausiraportti ja riskianalyysi toukokuulta 2015
6. Kuulemiset
7. Betonin puristuslujuuden mittaustulokset
8. Pääurakoitsijan poikkeamaraportti sortumasta
9. Työmaalle sortuman jälkeen tehdyn työsuojelutarkastuksen tarkastuskertomus
10. Sää tiedot
11. Hätäkeskustallenteet
12. Liikenneviraston liikennetiedotteet
13. Läheisten liikennemäärien mittauspisteiden mittaustiedot
14. Onnettomuustutkimuskeskuksen, poliisin teknisen rikostutkimuskeskuksen ja pääurakoitsijan valokuvat
15. Sivullisen ottama videotallenne sillan purusta ja sortumisesta
16. Sillan rakentamisen aikaiset piirustukset
17. Tie- ja vesirakennushallituksen julkaisu jännitetystä kevyen liikenteen sillasta vuodelta 1980
18. Asiakirjat liikennehallinnon työnjaosta
19. <http://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/ohjeluetelo>
20. Liikenneviraston tietyömaita koskevat ohjeet
21. Rakenteiden kuormitusnormit, Rakenteiden kuormitusnormien selityksiä RIL 59 e, 79b 1975
22. Rakenteiden kuormitusnormit, Rakenteiden kuormitusnormien selityksiä RIL 59 f, 79c 1978
23. Rakenteiden kuormitusohjeet RIL 144-1982
24. Suomen rakentamismääräyskokoelma B4 Betonirakenteet, ohjeet 2005

## YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA

Tutkintaselostusluonnos on ollut lausunnolla liikenne- ja viestintäministeriössä, sosiaali- ja terveysministeriön Työsuojeluosastolla, Liikennevirastossa, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafissa, Etelä-Savon ja Pohjois-Savon ELY-keskuksissa, pääurakoitsijalla, purku-urakoitsijalla ja valvojalla.

### Sosiaali- ja terveysministeriö

Sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosasto tarkentaa lausunnossaan, että työmaalle tehdystä työsuojelutarkastuksessa oli muun ohella käsitelty turvallisuussuunnittelua, perehdyttämistä ja viikoittaisten kunnossapitotarkastusten pitämistä. Tarkastuksen aikaan ei vielä ollut sillan purkusuunnitelmaa olemassa, joten sitä ei tarkasteltu.

STM korostaa, että purkutyön suunnitteluun ja toteutukseen on vaatimuksia työturvallisuusasetuksessa<sup>10</sup>. Ministeriö ehdottaa, että tutkinnassa esitettäisiin suosituksena työturvallisuusasetuksen 6–8 §:t, jotta nämä vaatimukset osattaisiin ottaa huomioon vastaavien tilanteiden torjunnassa. STM:n mukaan suositusten tulee olla riittävän yksityiskohtaisia myös lainsäädännön osalta.

Ministeriö tuo esille, että myös onnettomuustilanteeseen varautumiseen on velvoitteita työturvallisuuslaissa<sup>11</sup>.

### Liikennevirasto

Lausunnossaan Liikennevirasto esitti tarkennuksia ja muutoksia eri tekstikohtiin sekä sortumaa esittäviin piirroksiin. Liikennevirasto korostaa, että purku oli tarkoitus tehdä hiljaisen liikenteen aikaan yöllä. Liikennevirasto ei saanut tietoa suunnitelman muutoksesta. Suunnitelmaa pidettiin riittävänä yöaikaan tehtävää purkua ajatellen.

Liikenneviraston mukaan liikenteen pysäyttämässä oli mukana kaivinkoneenkuljettajan ohella purku-urakoitsijan työmaapäällikkö ja että liikenteen pysäyttämistä oli sovittu aloituspäätöksessä. Pysäyttämisen piti koskea myös Rinnekatua.

Siltojen mitoitusvaatimuksista ja raudoituksista Liikennevirasto toteaa, että nykykäytännön mukaan suunniteltuna pilari olisi kestänyt paremmin palkin putoamisesta aiheutuneet voimat.

Projektista laaditut asiakirjat olivat sisältönsä ja päivitystarpeensa puolesta silloisen ohjeistuksen mukaisesti ajan tasalla. Turvallisuusasiakirjassa oli tunnistettu sillan sortumaan liittyvät vaarat, mutta niitä ei ollut arvioitu tai muuten käsitelty, koska asiakirjaa laadittaessa ei ollut tietoa, miten urakoitsija tulee sillan purkamaan. Turvallisuusasioita oli tarkasteltu säännöllisesti muun muassa jokaisessa työmaakokouksessa.

Työmaalla oli annettu perehdytystä toiminnasta onnettomuustilanteesta ja laadittu kriisiviestintäohje. Kriisiviestintää ja toimintaa erilaisissa kriisitilanteissa oli myös harjoiteltu yhteistyössä pelastusviranomaisen kanssa. Osittain sortuneen kansilaatan ali kulkemisen vaara tunnistettiin, mutta riski arvioitiin pieneksi.

Purkutyön suunnittelulta tulisi vaatia samaa laatutasoa kuin uudisrakentamisen työsuunnittelulta. Uudisrakentamisen rakennussuunnitelmatasoon pätevyysvaatimuksineen ei purkutyön kaltaisessa työsuunnittelussa pitäisi pyrkiä.

---

<sup>10</sup> 205/2009

<sup>11</sup> 738/2002 44 §, 47 § ja 57 §

## Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi)

Liikenteen turvallisuusvirasto toteaa, että vuonna 2010 aloitettu tieliikenteen turvallisuusvas-  
tuiden määrittely on jäänyt kesken. Jatkomäärittelyä on tehty virkamiestyöryhmässä, jonka  
ehdotuksia ei ole kaikilta osin toimeenpantu.

Teiden infrastruktuurin liikenneturvallisuuteen liittyvät tehtävät ovat hajanaisia, eikä tämä  
parhaalla mahdollisella tavalla edistä liikenneturvallisuutta.

Trafin tehtäviä pitäisi laajentaa siten, että Trafille määriteltäisiin infrastruktuurin turvallisuu-  
denvalvonta. Trafi auditoisi ja hyväksyisi Liikenneviraston tieliikenteen turvallisuusjohtamis-  
järjestelmää. Tarkoituksena olisi varmistaa, että Liikenneviraston johtamisjärjestelmässä olisi  
turvallisuusnäkökulma otettu huomioon. Valvontatehtävä kattaisi myös maantietunneleita  
koskevien tehtävien hoitamisen, sekä tienpidon teknisten ohjeiden antamista koskevan pro-  
sessin.

Trafilta ei ole huomautettavaa lausuntoluonnoksen turvallisuussuosituksiin.

## ELY-keskus

ELY-keskukset toteavat, että tarvetta lausunnon antamiseen ei ole.

## Pääurakoitsija

Pääurakoitsijan lausunnossa todetaan, että Liikenneviraston kannanotto vastaa pääurakoitsi-  
jan näkemystä asiassa.