

Ramboll  
etunimi.sukunimi@ramboll.fi  
[www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi)

Viite: tarjouspyyntö 23.4.2021  
sähköposti (Mika Laine, Guy  
Rapaport)

# ALUSTAVA TUTKIMUSSUUNNITELMA: TOPINOJAN RISTEYS T-4040 (TURKU)

Projekti Topinojan risteysilta (T-4040), erikoistarkastus ja jänteiden  
suojaputkien NDT- tutkimukset  
Päivämäärä 4.5.2021  
Laatija Guy Rapaport

## 2. Tutkittava rakenne ja tutkimusten tavoite

Tutkittava rakenne on teräsbetoninen vuonna 1994 valmistunut jännitetty betoninen jatkuva ontelopalkkisilta. Sillan maa- ja välituet on perustettu maan tai tb- paalujen varaan (lyöntipaalut).

Ominaistiedot (taitorakennerekisteri) ovat seuraavat:

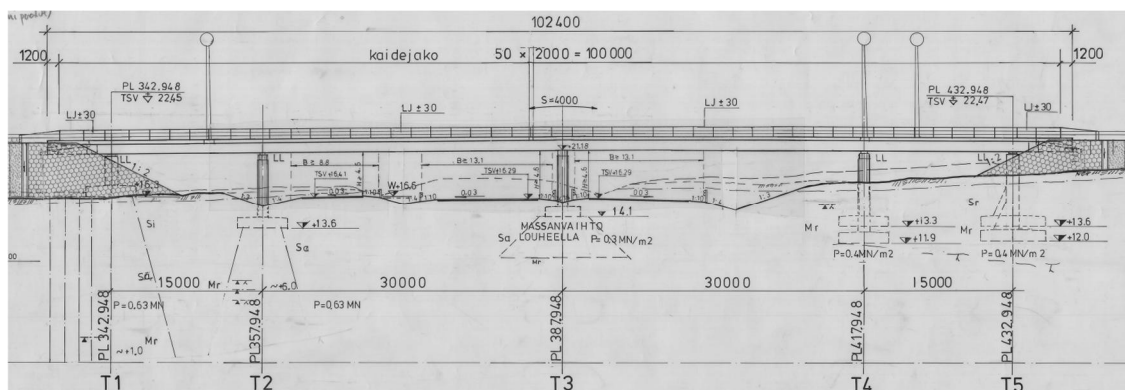
- jännemitat [m] 2,5+15+30+30+15+2,5 m
- kokonaispituus 102,4 m
- kannen pituus 95 m
- kokonaisleveys 18,8 m
- hyödyllinen leveys 18,0 m
- kannen pinta-ala 1786 m<sup>2</sup>
- vinous 18,5 gon

Sillan suunnittelukuorma on Lk1, Ek1 /TIEL91.

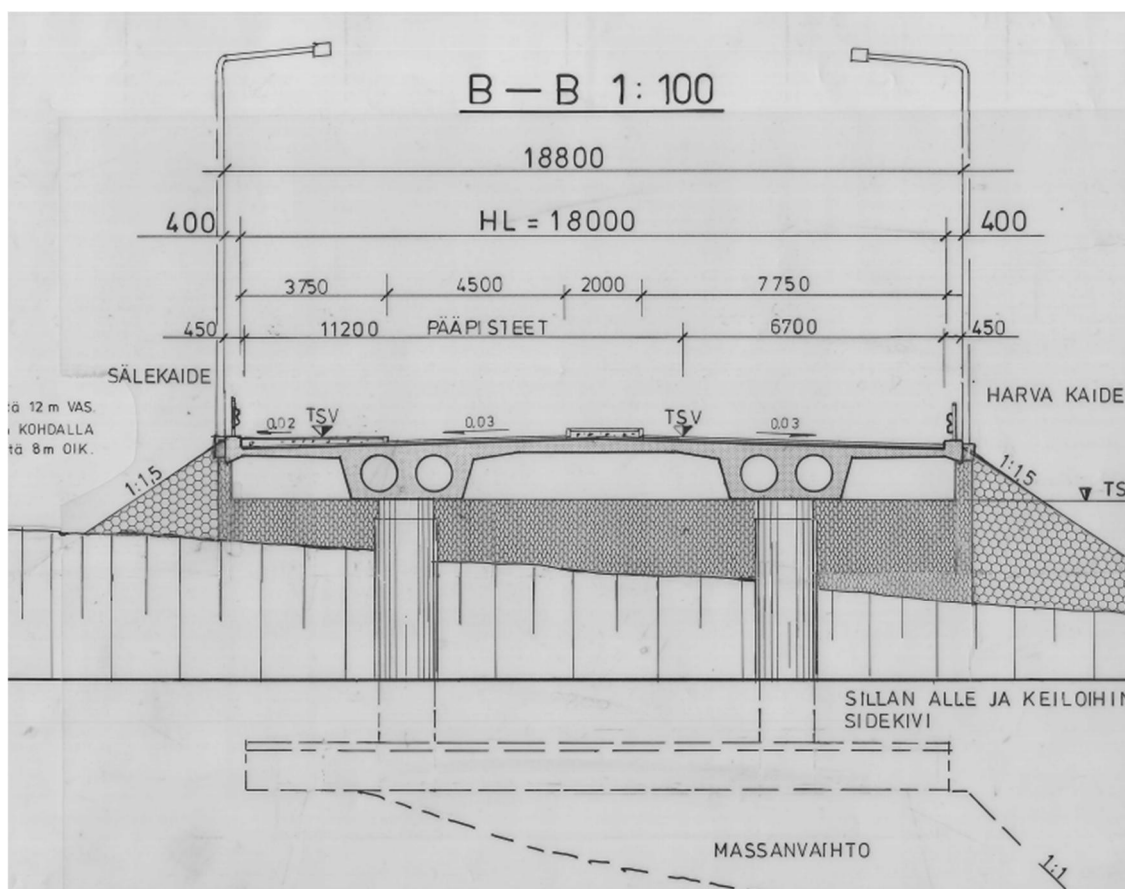
Kansilaatan poikkikallistus on kaksisuuntainen, 3 % ajoradoilla, 2 % korotetulla jk/pp väylällä. Sillan pituuskaltevuus on kupera sillan keskipisteen suhteen.

Väylätiedot ovat seuraavat:

- ylittävä väylä: Pitkäsaarekatu Turussa, joka liittyy Topinojan jätekuskukselle. Sillalla on yksi kaista /suunta + KT40 kääntymiskaistoja, sillasta (1 kpl) ja siltaan (idän puolella vain yksi kääntymiskaistan päätyosa). Sillan vasemmalla puolella on korotettu jk/pp väylä. Sillan päissä on KT40 liittymä/ramppi. KVL ei ole tiedossa, voimme arvioida, että se on suhteellisen vähäinen (<5000 ajoneuvoja / pv.).
- alittava väylä: KT40 (Turun kehätie). KVL tiedot siltapaikalla ei ole tiedossa, kuitenkin vierekkäisen sillan kohdalla (T-1945) taitorakennerekisterin mukaisesti KT40 KVL on 12 900/pv, eli väylä on vilkkaasti liikennöity. Naantalin suunnassa on 2 ajokaistaa ja Salon suunnassa 2 ajokaistaa + ramppikaista. Nopeusrajoitus paikalla on todennäköisesti 100 km/h



Kuva 1. Sillan pituusleikkaus yleispiirustuksesta.



Kuva 2. Sillan poikkileikkaus yleispiirustuksesta.

Tutkimuksen tavoitteena on määrittää sillan kunto sekä arvioida jänteiden suojustukien injektoinnin onnistuminen.

Erikoistarkastus tehdään kesällä 2021.

### 3. Lähtötiedot

Lähtötietoina tarkastukselle toimivat taitorakennerekisterin tiedot, rakennussuunnitelma-aineisto, jonka tilaaja toimitti tarjousta varten, edellisen yleistarkastuksen tiedot sekä tarjouksen laatijan havainnot siltapaikalta (14.9.2020).

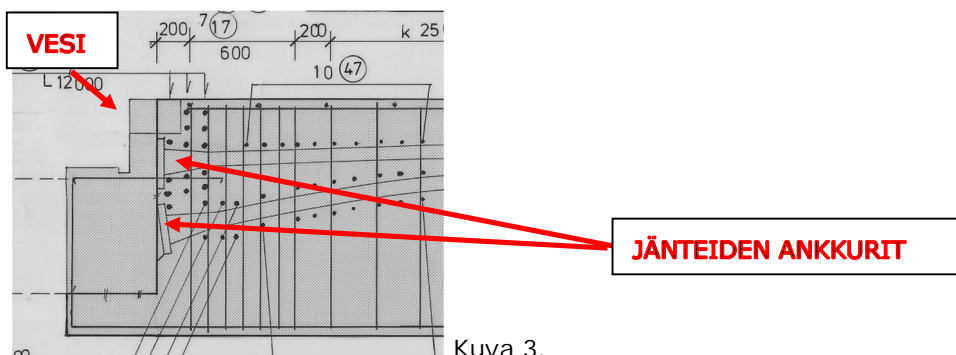
Edellinen yleistarkastus on tehty vuonna 2018 (Turun Ammattikorkeakoulu). Merkittävät säilyvyysongelmat yleistarkastuksen perusteella ovat reunapalkkien ja kansilaatan halkeilu

sillan päissä, ulokkeiden/palkkien päiden paikalliset (mutta voimakkaat) vesivuodot, liikuntasaumalaitteiden reunakaistojen halkeilu ja kumiprofiilien irtoamat → liikuntasaumalaitteet vuotavat, kaiteiden juurikorokkeiden halkeilu ja laakereiden vakavat siirtymät.

14.9.20 käynnillä siltapaikalla tilaajan kanssa kartoitettiin seurantaan varten laakereiden asennot (raportoitu erikseen tilaajalle). Kartoituksessa havaittiin, että laakerien asennot ovat erittäin vakavasti poikkeavat (jopa 100 mm) ja liikuntasuunta on sillan keskukseen päin (odotettu liikesuunta pitäisi olla sillan päiden suuntaan).

Vuoden 2011 yleistarkastuksessa todettiin, että liikuntasaumalaitteet vuotivat erittäin pahasti sillan päissä → vesi (mahdollisesti kloridipitoinen) vuotaa jänteiden ankkurointikohtilla! kts. kuva 3.

Kosteus- ja mahdollisesti myös kloridirasitus jänteiden ankkurointialueella on erittäin vakava säilyvyysongelma jännitysjärjestelmälle, koska se voi aiheuttaa vaarallisia jänteiden korroosiovaurioita. Tilanne saattaa olla vakavampi, jos jänteiden suojaputket ovat puutteellisesti injektoidut.



Kuva 3.

Lisäksi, jos kannen vesieriste vuotaa, on mahdollista, että vesi on päässyt suojaputkiin, mikäli suojaputkien injektointi on puutteellinen.

#### 4. Tilaaja

Turun Kaupunki  
 Kaupunkiympäristötoimiala / Kaupunkirakentamisen palvelualue /  
 Kaupunkiympäristön toteutussuunnitteluyksikkö  
 Mika Laine / Suunnitteluinsinööri; [mika.laine@turku.fi](mailto:mika.laine@turku.fi)  
 PL 355, 20101 TURKU

#### 5. Resurssit

Projektipäällikkö, päätarkastaja ja NDT- asiantuntija:  
 Ins. (tekn. yliopisto) Guy Rapaport (Väyläviraston sillantarkastaja, FISE kuntotutkija),  
 p. 040 824 5622.  
 Tarkastaja ja NDT- asiantuntija: DI Tuomo Siitonen (Väyläviraston sillantarkastaja, FISE kuntotutkija).

Muut sillantarkastajat nimetään myöhemmin. Kaikilla tarkastukseen osallistuvilla on kokemusta vastaavista siltojen erikoistarkastustehtävistä.

Liikennejärjestelyt, henkilönostot (osa) ja liikennejärjestelyiden suunnittelun toteuttaa alihankintana Ramudden Oy (yhteyshenkilö Mika Palo, p. 0400 877641).

## 6. Tutkimusohjelma (erikoistarkastus)

Tämä tutkimusohjelma ja esitetyt määrät ovat alustavia ja niitä tarkennetaan rakenteessa tai niiden tutkimuksissa havaittujen vaurioiden, ongelmien ja suunnittelutarpeiden perusteella. Tutkimusohjelma on laadittu käytössä olevien lähtötietojen perusteella.

Rakenteiden todennäköisimmät vauriomekanismit ovat betonin pakkasrapautuminen, karbonatisoitumisen mahdollistama raudotteiden korroosio, kloridien aiheuttama korroosio sekä rakenteellinen tai kuivumiskutistuman aiheuttama halkeilu. Jännitetyissä silloissa mahdolliset vauriot / puutteet ovat lisäksi jänteiden suojaputkien epäonnistuneet injektointilaastityöt, kloridipitoinen injektointilaasti, jänteiden korroosiovauriot (voi aiheuttaa vetyhaurastumista, vetymurtumaa ja jänneterästen säröytymistä) ja ruostumisvauriot jänteiden ankkurointialueilla.

Näytteenotto tehdään timanttipurakoneella. Näytteet tutkitaan laboratoriossa seuraavan periaatteen mukaisesti:

- ohuthieanalyysit alihankintana
- puristuslujuus lieriönäytteistä alihankintana
- vetolujuudet lieriönäytteistä laboratoriossa, alihankinta tai Ramboll Finland Oy
- kloridianalyysit jauhe- tai lieriönäytteistä, Ramboll Finland Oy
- karbonatisoituminen lieriönäytteistä tai siltapaikalla, alihankinta tai Ramboll Finland Oy
- vedeneristeen haitta-aineet alihankintana laboratoriossa
- sillankaiteiden haitta-aineet alihankintana laboratoriossa
- saumamassojen ja maalipintojen (kaiteet) haitta-aineet alihankintana laboratoriossa.

Laboratoriotöiden alihankinnat suorittaa akkreditoitu laboratorio.

Seuraavassa taulukossa on esitetty jako eri osakokonaisuuksiin ja alustavat tutkimusmäärät. Tutkimusmäärät noudattavat yleisesti sillan erikoistarkastus ja korjaussuunnittelun ohjetta 30.11.2015 (Helsingin, Espoon, Vantaan kaupungin ja U-Ely) huomioiden ohje LO28/2018 Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset oleellisin osin.

ALUSTAVA TUTKIMUS-		T-4040 Topinojan risteysilta (Turku)										
OHJELMA	OHUTHIE	VETOLUJUUS		KLORIDIPITOISUUS (srj.)		KARBONATISOITUMINEN		PURISTUSLUJUUS				
	OHJE	2021 ET	OHJE	2021 ET	OHJE	2021 ET	OHJE	2021 ET	OHJE	2021 ET		
<b>ALUSRAKENNE</b>												
<b>MAATUET</b>												
siipimuri T1 oik			1	1	1	1	1	1				
siipimuri T1 vas			1	1	1	1	1	1				
alusrak. Reunapalkki T1 oik.				1		1		1				
alusrak. Reunapalkki T1 vas.												
siipimuri T7 oik				1		1		1				
siipimuri T7 vas			1	1	1	1	1	1				
alusrak. reunapalkki T7 oik.												
alusrak. reunapalkki T7 vas.				1		1		1				
<b>VÄLITUET</b>												
VT 2 pileri (yläpää, ei rasitettu)			1	0	1	1	1	0				
VT 3 pileri (2 kpl) (tien lähellä)		1	1	1	3	6	1	1				
VT 4 pileri (2 kpl) (keskisaari)	1	1	1	2	3	6	1	2				
VT 5 pileri (2 kpl) (e rasitettu)				1	1	2		1				
VT 6 pileri (yläpää, ei rasitettu)					1	1		1				
<b>REUNAPALKIT</b>												
päälysrak. reunapalkki 1-7 vas.	1	1	2	2	2	3	2	2				
päälysrak. reunapalkki 1-7 oik.		1	1	2	1	3	1	2				
<b>PÄÄLYSRAKENNE</b>												
palkki T1 (uloke)-T3 (vesivuoto)		1		1		1		1				1
palkki T3-T4 (ramppi+KT40 yli)	1	1	1	1	1	2	1	2				1
palkki T4-T5 (KT40 yli)	1	1	1	1	1	2	1	2				
palkki T5-T7 (uloke)			1	1								1
välilaatta		1		1		1		2				
reunauloke vas.		1		1	1	1		2				
reunauloke oik.		1		1		1		2				
päätypalkit T1 / T7 (=etumuurit)	1	1	1-2	1	1	1	2	2				
<b>PINTARAKENNE / PALKIN YP</b>												
AVAUKSET: 6...7 KPL 1000-5000m2)	3	7	4	7	6...7	7						
kansilaatan yläpinta)	8	18	16	29	19	44	13	27	0		3	
<b>YHT.</b>												

Punainen teksti: poikeama ohjeesta

Sillan erikoistarkastus ja korjaussuunnittelu  
Helsinki, Espoo, Vantaa, U-ELY

30.11.2015

Pintarakenteet ja kansilaatan yläpinta 1786 m<sup>2</sup>

Kansilaatan poikkikallistus on kaksisuuntainen, 3 % ajoradoilla, 2 % korotetulla jk/pp väylällä. Tutkimukset suoritetaan kannen pituudella, painottaen poikkikallistuksen alimpia kohtia ja sillan päitä. Tarvittaessa sijaintia tarkistetaan vesivuotovaurioiden perusteella.

- pintarakenteiden avaukset 7 kpl
- ennen rakenneavauksia pintarakenteet arvioidaan S`MASH\* Impulse-Response-menetelmällä (säävaraus huomioiden). S`MASH tutkimusalueiden yhteinen pinta-ala on noin 80- 100 m<sup>2</sup>.

Näytteenottoa tarkennetaan S`MASH tulosten perusteella (ei jk/pp väylän kohdalla, jossa on soratäyttö). Koska sillan vasemmalla puolella on vain yksi ajokaista (lännen ajosuunta) kannen pintarakenteet tutkitaan vain T1 pää lähellä liittymäkaistan päässä, mikäli tämä on mahdollista suorittaa turvallisesti.

Betoninäytemäärät on esitetty taulukossa. Lisäksi otetaan näytteitä tutkittavaksi vedeneristeen PAH- ja asbestianalyysit (1 kpl/tutkimus).

Lisäksi suoritetaan vaaitus (pisteitä tuki kohdissa sillan kannella) ja varmistetaan päämitat.

Betonipeitteet tutkitaan kattavasti kaikista näkyvistä rakenneosista tutkimusalueilla. Kloridianalyysisarjat suoritetaan syvyyksille 0-20 ja 20-40, pillareissa ja maatuissa myös 40-60 mm.

\*S`MASH –tutkimusjärjestelmä, esittely:

S`MASH –järjestelmän avulla voidaan arvioida siltojen pintarakenteiden ja kansilaatan yleistä kuntoa asfalttipinnasta tai kannen betonin yläpinnasta.

Tutkimukset voidaan tehdä betonin tai pintarakenteiden pinnasta. Tutkimustuloksien avulla kartoitetaan nopeasti tutkitut alueet ja paikannetaan epäilyttävät alueet, epäilyn taso sekä todennäköinen vaurion tyyppi.

Kansilaatan kunnan arviointi, eli onko betonissa vaurioita kuten delaminaatiota (kerroshalkeilua esim. pakkasrapautumisen tai alkalisulfaattireaktion takia) tai valuvikoja (harvavalua, merkittäviä tyhjälajeita betonissa tms.) on mahdollista tehdä betonin tai asfaltin pinnasta, jos pintarakenteiden ja kansilaatan välinen tartunta on riittävä. Jos tartunta ei ole riittävä, systeemin avulla voimme osoittaa, että vedeneristys ei enää toimi tai pintarakenteet ovat vaurioituneet, mikä on tietenkin vakava vaurio itsessään. Suoraan kansilaatan yläpinnasta on mahdollista arvioida muun muassa delaminaatiota muotoiluvalun ja piikatun betonin välillä sekä betonin valuvikojen kohtia.

Tutkimustuloksien tulkinnassa otetaan huomion enimmäkseen Average Mobility (AM) arvoja koska se kuvaa hyvin pintarakenteiden kuntoa, kun tutkimukset tehdään asfaltin pinnasta.

Pintarakenteiden kuntoarvioinnissa tärkein arvo on Average Mobility (AM). Suhteellisesti korkeat AM arvot voivat viitata siihen, että alueella pintarakenteet ovat irronneet toisistaan tai ne ovat varioituneet (esim. alustasta irronnut vesieriste). Ne voivat myös viitata kannen yläpinnan heikentymiseen esim. pakkasrapautumisen seurauksena tai että muotoiluvalun tartunta kannen betonissa on puutteellinen. Yleisesti voimme sanoa, että suhteellisesti korkeat AM- arvoalueet ovat ongelmallisia.

Impulse-Response -tutkimusmenetelmä on myös ASTM -hyväksytty tutkimusmenetelmä (ASTM C1740-10, "Standard Practice for Evaluating the Condition of Concrete Plates Using the Impulse-Response Methods", julkaistu 1/2011).

## 7. Tutkimusohjelma, jänteiden NDT tutkimukset

Vuodesta 2009 lähtien Rambollin tarkastustehtävissä kaikkien (ELY- keskuskeskukset, kaupungit) tutkittujen jännitettyjen siltojen jänteiden suojaputkien injektointi arviotiin NDT tutkimusjärjestelmien avulla. Jännitettyjen siltojen NDT-tutkiminen on myös erittäin tärkeä aihe Väyläviraston näkökulmasta. Ramboll seuraa ja raportoi Väylävirastolle jatkuvasti Suomessa tutkittujen jännitettyjen siltojen kuntoa NDT tutkimusten perusteella ("Jännitettyjen siltojen NDT- tutkimuksien yhteenveto" selvitystyöt 2009-2014 ja 2015-2016 ja ilmeisesti 2017-2021).

Kalustokorvaus MIRA Tomograferille ja Impact-Echo NDT järjestelmille on yhteensä 500€ / tutkimuspäivä.

Jänteiden NDT- tutkimuksia tehdään MIRA- ja Impact-Echo (I-E) DOCTer- systeemien avulla. Tarkastuksen tavoitteena on selvittää pituussuuntaisten jänteiden suojaputkien sementti-injektointin onnistuminen valituissa tutkimuskohdissa NDT-menetelmin (2-3 aluetta tässä tapauksessa) sekä arvioida silmämääräisesti jänteiden korroosioaste avauksen avulla (1 kpl tässä tapauksessa). NDT- tutkimuksien perusteella valitaan järkeviä suojaputkien avauskohtia. Ramboll Finland Oy on Suomen ainoa Impact-Echo tutkimusmenetelmän toimittaja.

MIRA – ja DOCTer tutkimusprosessi sisältää seuraavat vaiheet:

- Tutkimuskohdan valinta, alustavasti 2-3 tutkimusalueetta, joka tutkimusalueella tutkitaan 1-2 suojaputkea (suojaputket on järjestetty kahdessa rivissä). Alustavat tutkimusalueet: 1 kpl aukon T3-T4 keskialueelta, 1 kpl aukon T4-T5 keskialueelta ja 1 kpl aukossa T1-T2 vesivuodon alueella. Aukkojen numerointi on jännityspiirustuksen mukaisesti.
- Valitulla tutkimuskohdalla tehdään suojaputkien / jänteiden skannaus MIRA- tomografin ja I-E DOCTerin avulla (joka toinen MIRA tutkimuspisteessä). Skannaus

tehdään betonipinnan lähellä sijaitsevalle suojaputkille ja se tehdään tiheästi korkeaa resoluutiota varten. Skannauksen pituus on noin 1-1,5 m.

- Skannauksen tulkinta tehdään paikan päällä ja päätetään, mistä kohdasta suojaputki avataan (1 kohta).
- Valitussa avauskohdassa (1 kpl) tehdään varovainen timanttiporaus, suojaputken avaus, injektointimassan arviointi ja silmämääräinen jänteiden ruostumisasteen arviointi (ohjeen TIEH 3200835 - 2003 mukaan). Jos on mahdollista, otetaan injektointimassasta näyte kloridipitoisuusanalyysia varten (max. 2 kpl, HL ja VL tutkimus). Mikäli suojaputken sisällä on kosteutta, otetaan vesinäyte PH:n ja kloridipitoisuustutkimista varten.
- Lisäksi kaikista NDT-tutkituista suojaputkista varmistetaan injektointilaastin onnistuminen pienellä porareiällä suojaputkeen asti ja sen läpi. Tutkimukset tehdään korkearesoluutioendoskoopin avulla.
- Työn jälkeen porareiät paikataan
- Tarkastusraportti

#### HUOMI!

- Pääkannattajien jännekaapeleita ei poisteta tutkittavaksi. Jänneterästen vetyhaurastuminen, vetyurtuma ja jänneterästen säröytyminen on mahdollista todeta vain katkaisemalla jänneteräksiä ja erikoislaboratoriotutkimuksella (esim. VTT:n laboratoriossa). Tämä arviointi ei sisälly tähän tarkastustehtävään, vaan tässä on arvioitu mahdollista riskin lisääntymistä em. vaurioille ja silmämääräisesti näkyvät vauriot.
- Jänteiden ankkureita ei ole mahdollista tutkia NDT- tutkimussysteemien avulla eikä rakennetta rikkomalla ilman että aiheutetaan vakavaa vahinkoa jänteille. Tämän takia jänteiden ankkureita ei tutkita tässä tehtävässä.

NDT -mittauslaitteiston lyhyt esittely ja ominaisuudet:

#### MIRA Ultraääni 3D tomografi

MIRA on matalataajuisia ultraääni - leikkausaaltoja käyttävä 3D tomografiajärjestelmä rakennetta rikkomattomaan (NDT) betonitestaukseen. MIRA -tomografi toimii sykäyskaiku testausmenetelmällä ja tuottaa lähes reaaliaikaista graafista värikuvaa testattavan kohteen rakenteen sisältä sen sijaintipaikalla.

#### The Impact – Echo DOCTer System

DOCTeria käytetään pääosin betonirakenteiden kunnan ainetta rikkomattomaan tutkimiseen, kuten betonirakenteen yleinen kunto, valuviat ja halkeilu. Laitteella voidaan myös määrittää tarkasti rakenteiden paksuuksia ja se soveltuu myös esimerkiksi asfalttikerroksen paksuuden mittaukseen. Myös betonirakenteiden halkeaman syvyys voidaan määrittää tarkasti ja sen perusteella tiedetään halkeaman tyyppi/vakavuus. DOCTer Impact-ECHO systeemi tuottaa tietoa, josta siihen liittyvä ohjelma muodostaa graafista kuvaa.

Yleisestikin NDT –tutkimuksissa tulkinnan oikeellisuuden kannalta on välttämätöntä, että mahdollisista vauriohavainnoista saadaan saman suuntaiset tulokset useammalla menetelmällä. Tutkimusprosessi Impact-Echo systeemillä on ASTM:n hyväksymä (Yhdysvaltalainen standardi).

## 8. Muuta

Näytteenotto kohtien paikkaus tehdään Liikenneviraston käyttöönsä hyväksymällä SILKO-tuotteella, valumaton (pakkasenkestävä) paikkauslaasti.

Ennen töiden aloittamista tutkimukseen osallistuvat henkilöt perehdytetään. Erikoistarkastuskohteille laaditaan yleinen turvallisuussuunnitelma.

Tutkimusten perusteella esitetään perustellut johtopäätökset rakenteen kunnosta sekä korjaustoimenpide-ehdotukset vaihtoehtoiseen ja kustannusarvioineen.

Kuopiossa, 3.5.2021

Ramboll Finland Oy  
Guy Rapaport