
Työohjekortit siltojen vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksissa

Matti Sutinen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Matti Sutinen	
Työn nimi Työohjekortit siltojen vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksissa	
Päiväys	22.3.2011
Sivumäärä/Liitteet	38/16
Ohjaaja(t) Lehtori Matti Mikkonen, Toimialapäällikkö Mika Jääskeläinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomen GPS-Mittaus Oy, Kuopio	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Sillan vedeneristystyöt ovat sillan rakenteiden käyttöiän ja toiminnan kannalta välttämättömiä ja tarkkuutta vaativia toimenpiteitä. Vedeneristystöiden laadunmittaus on yksi mittaus- ja asiantuntijatoiminnan muoto ja rakenteiden hyväksynnän kannalta välttämätön toimenpide. Sillan vedeneristystöiden laadunvalvontamittaukset sisältävät useita eri mittausmenetelmiä, joiden oikeaoppinen suorittaminen on haastavaa. Työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajan käyttöön työohjekortteja ja lomakkeita sillan vedeneristykseen liittyvien mittaustöiden tueksi.</p> <p>Vedeneristykseen liittyvän teorian tiedon ja vedeneristykseen laadunmittaustiedon pohjalta laadittiin työohjekortit ja lomakkeet neljää sillan vedeneristykseen laadunvalvontamittausta varten. Teoriaosuudessa selostettiin vedeneristykseen olennaisesti liittyvä teorian tieto ja neljän mittaustyön menetelmäkuvaustieto. Työohjekortit ja niihin liittyvät lomakkeet laadittiin sähköisesti hyödyntäen saatavilla olleiden tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelmien ominaisuuksia. Lopuksi arvioitiin työohjekorttien käyttöä osana mittaustyötä, sekä niiden vaikutuksia mittaustyöhön. Työohjekorttien arviointi on tehty mittaustyön suorittamisen ja tuloksien käsittelemisen pohjalta.</p> <p>Opinnäytetyön aikana toimeksiantajalta pyydettiin välitöntä palautetta työohjekorttien ulkoasuun sekä työohjeisiin ja lomakkeisiin liittyen. Toimeksiantajan toiveiden huomioonottamisen ja huolellisen lähdetiedon käsittelyn jälkeen lopputuloksena syntyi neljä työohjekorttia lomakkeineen. Työohjekorttien laatiminen ja käsittely sujui saatavilla olleen lähdetiedon ja toimeksiantajan toiveiden suhteen hyvin. Työohjekorttien tulevaisuuden käyttöönoton vaikutus mittaustöihin on arvioitu olevan suuri.</p>	
Avainsanat sillat vedeneristys työohjekortisto laadunvalvonta	
laadunmittaus kannen pintarakenteet	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Construction Engineering			
Author(s) Matti Sutinen			
Title of Thesis Working instructions for qualimetry of waterproofing of bridges			
Date	21 March 2011	Pages/Appendices	38/16
Supervisor(s) Mr. Matti Mikkonen, Lecturer; Mr. Mika Jääskeläinen, Branch Manager			
Project/Partners Suomen GPS-Mittaus Oy			
<p>Abstract</p> <p>Bridge waterproofing is necessary to maintain the long lifetime and operation ability of a bridge. The building phase of waterproofing and the finished waterproofing is supervised by qualimetry of waterproofing. The qualimetry of waterproofing of bridges consists of several different measuring procedures which require knowledge and skill to be completed professionally. The purpose of the thesis was to create working instructions and measuring forms for the partners to support their work in qualimetry of waterproofing of bridges.</p> <p>Based on the facts about waterproofing and qualimetry of waterproofing the working instructions were written. In theory part facts related to waterproofing and four different measuring procedures were explained. Working instructions and forms related to them were drafted by using the features of word processing and spreadsheet programs. In conclusion the use of working instructions in qualimetry and the influence of instructions on measuring procedures were estimated.</p> <p>During the thesis process the partners of the project were asked to give feedback about the layout and features of working instructions and forms. After partner's desires were taken into account and source information was processed four different working instructions and forms were created. The creation and processing of working instruction passed off well in terms of available source information and the partner's desires. The future influence of working instructions on the qualimetry is estimated to be significant.</p> <p>.</p>			
Keywords bridge qualimetry waterproofing working instructions			

Sisältö

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tausta ja tavoitteet	7
1.2	Toimeksiantaja	8
2	SILTOJEN VEDENERISTYS.....	9
2.1	Kannen vedeneristysrakenteet	9
2.2	Vedeneristyksen rasitukset.....	10
2.3	Vedeneristykselle syntyvät vauriot ja niiden syyt.....	11
2.4	Eristyksen yleiset laatuvaatimukset	12
2.5	Eristyksen materiaalien laatuvaatimukset	12
2.5.1	Eristysalustalle suoritettavat laadunvalvontamittaukset	12
2.5.2	Kermieristykselle suoritettavat laadunvalvontamittaukset	13
2.5.3	Mastiksieristykselle suoritettavat laadunvalvontamittaukset.....	13
2.5.4	Nestemäisenä levitettävät eristykset.....	13
3	MENETELMÄKUVAUKSET.....	14
3.1	Makrokarkeuden määrittäminen lasihelmimenetelmällä.....	14
3.1.1	Mittausmenetelmän tarkoitus.....	14
3.1.2	Menetelmän periaate.....	14
3.1.3	Kokeen suorittamiseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet.....	15
3.1.4	Mitattavan pinnan valmistelu	15
3.1.5	Kokeen suoritus.....	15
3.1.6	Mittaus tulosten esittäminen	17
3.1.7	Tutkimusraportin laatiminen mittauksista	17
3.2	Eristyksen tartuntalujuuden mittaaminen tartuntavetokokeella.....	18
3.2.1	Mittausmenetelmän tarkoitus.....	18
3.2.2	Menetelmän suorituksen periaatteet.....	19
3.2.3	Kokeen suorittamiseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet.....	20
3.2.4	Kokeen suoritus.....	20
3.2.5	Tutkimusraportin laatiminen mittauksista	23
3.3	Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden selvittäminen kuivatus- punnitus-menetelmällä.....	24
3.3.1	Mittausmenetelmän tarkoitus.....	24
3.3.2	Menetelmän periaate.....	24
3.3.3	Kokeen suorittamiseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet.....	24
3.3.4	Näytteenoton suorittaminen.....	25
3.3.5	Absoluuttisen kosteuden selvittäminen.....	25
3.3.6	Tutkimusraportin laatiminen mittauksista	26
3.4	Epoksiivieristysjärjestelmän vesitiiveyden mittaaminen matalajännitemenetelmällä	27

3.4.1	Mittausmenetelmän tarkoitus.....	27
3.4.2	Menetelmän periaate.....	27
3.4.3	Kokeen suorittamiseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet.....	27
3.4.4	Mittauskohdat.....	28
3.4.5	Kokeen suorittaminen työmaalla.....	28
3.4.6	Vesitiiveyden arviointi.....	29
3.4.7	Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista	29
4	TYÖN ETENEMINEN	30
4.1	Työohjekorttien suunnittelu.....	30
4.2	Työohjekorttien laatiminen.....	32
4.3	Kenttä- ja älylomakkeiden laadinta	32
4.4	Opinnäytetyön julkisen osion suunnittelu ja laadinta	33
5	TYÖOHJEKORTTIEN ARVIOINTI.....	35
5.1	Työohjeet ja vaatimukset.....	35
5.2	Kenttä- ja älylomakkeet	36
5.3	Tutkimusselostusohje	37
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	38
	LÄHTEET.....	39

LIITTEET

Liite 1 Esimerkki työohjekortista. Tartuntavetokoe.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Sillat ovat tärkeä osa Suomen tiestöä ja infrastruktuuria. Suomessa on yhteensä noin 20000 siltaa, joista maantiesilloja on noin 14000. Uusia siltoja Suomeen rakennetaan vuosittain noin 200 kappaletta, mutta Suomen tiestön ikärakenteesta johtuen vanhoja siltoja joudutaan kasvavassa määrin korjaamaan. Tällä hetkellä vanhoja siltoja ei pystytä korjaamaan niin nopeasti, kuin korjaaminen edellyttäisi. (Liikennevirasto, Tietoa teistä ja liikenteestä, 2010.) Sillanrakentamisessa rakentamisen laadulla ja oikeaoppisella ylläpidolla varmistetaan sillan pitkä käyttöikä. Sillan rakenteilla on jokaisella oma tarkoituksensa ja yksi sillan käyttöiän kannalta merkittävimmistä rakenteista on sillan vedeneristys.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on käsitellä sillan vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksia osana sillanrakennusta. Opinnäytetyön tilaajana on Suomen GPS-Mittaus Oy, joka suunnittelee siltamittausten laajentamista palvelutarjontaansa. Opinnäytetyössä paneudutaan sillan vedeneristysten laadunmittauksissa käytettyihin mittaus- ja koemenetelmiin ja luodaan työn tilaajalle työohjekorttijärjestelmä, jonka avulla tilaaja pystyy helpommin lisäämään vedeneristystöiden laadunvalvontamittaukset osaksi liiketoimintaansa. Työohjekorttien tarkoitus on mahdollistaa mittaushenkilöstön siirtyminen siltamittauksiin oikeaoppisesti, ja ne pyrkivät myös nopeuttamaan ja helpottamaan mahdollisten tulevaisuuden mittaustöiden suorittamista. Opinnäytetyö tarjoaa samalla yleistietoa vedeneristyksistä ja niiden laadunvalvontamittauksista.

Vedeneristystöiden laadunvalvontamittausten suorittamiseksi tässä insinööriyössä laadittiin kirjalliset työohjeet kunkin mittausmenetelmän suorittamiseksi. Työohjeet laadittiin tutustumalla lähdeaineistoon ja sillan vedeneristysten laatuvaatimuksiin. Lähdetiedosta poimittiin toimeksiantajan toiveita kunnioittaen ne asiakokonaisuudet, jotka vedeneristystöiden mittaustyötä ajatellen ovat tärkeitä. Poimittu tieto muokattiin selkeään ja yksiselitteiseen muotoon, jonka pohjalta työohjekortit luotiin. Työohjekorttien ja niihin liittyvien mittauslomakkeiden laadinta suoritettiin sähköisesti tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelmien ominaisuuksia hyödyntäen.

1.2 Toimeksiantaja

Suomen GPS-mittaus Oy on infra-alalla toimiva insinööritoimisto, joka tarjoaa konsultointipalveluja rakennushankkeiden suunnittelun, urakoinnin ja rakennuttamisen osa-alueille. Yritys on perustettu vuonna 1993 ja sillä on toimipaikka Kuopiossa, Jyväskylässä ja Vantaalla. Yhtiö työllistää vakituisesti 21 henkilöä ja sen vuosittainen liikevaihto vuonna 2010 oli 1,5 miljoonaa euroa. Yrityksen toimialaan kuuluvat erilaiset mittauspalvelut, maa- ja kiviaineslaboratoriopalvelut, maanrakennustöiden laadunvalvonta, maaperätutkimukset ja ympäristösuunnittelu. (Suomen GPS-Mittaus Oy, 2008; Suomen GPS-Mittaus Oy:n tilinpäätös 2010.)

Yrityksen erityisosaamisalueisiin kuuluvat mittaus- ja kartoitustekniikka, geotekniikan konsultointipalvelut, pohjatutkimukset ja näytteenotot, tie-, katu- ja aluetekniikan konsultointipalvelut, maa- ja kiviaineislaboratorion palvelut sekä murskaukseen liittyvät asiantuntija- ja laadunvalvontapalvelut, rakennustöiden työjohtopalvelut ja ympäristöön liittyvät palvelut, kuten lupapalvelut ja meluselvityspalvelut. Yritys tarjoaa myös ympäristösuunnittelupalveluita, joiden olennaisena osana on maankäytön suunnittelu. Ympäristölupapalveluiden tarjoaminen on kohdistettu erityisesti jätehuoltoja ja kiviainestuotantoa tarjoaville yrityksille. (Suomen GPS-Mittaus Oy, 2008.)

2 SILTOJEN VEDENERISTYS

2.1 Kannen vedeneristysrakenteet

Vedeneristyksen tarkoitus on säilyttää siltakansi vesitiiviinä ja estää tiesuolujen pääsy sillan kansirakenteisiin. Vedeneristyksen täytyy kestää ympäröivät sää- ja ilmasto-olosuhteet, vedenpaineen vaikutuksen ja liikenteestä aiheutuvat rasitukset. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 196.)

Siltakansi on kantava laatta, jonka päälle vedeneristyskerros ja sen päälliset osat rakennetaan. Vedeneristyksen päälle levitetään muut kannen pintarakenteet: suojakerros, sidekerros ja kulutuskerros. Valmiin eristyksen tarkoitus on suojata siltaa tieltä tulevalta kosteudelta ja suolavedeltä. Eristyksen pitää täyttää sille asetetut vaatimukset. (Siltojen korjaus SILKO 1.801, 1992, 4.)

Suomessa siltojen eristämiseen käytetään pääosin kolmea eri eristystyyppiä, jotka on lueteltu InfraRYL 2006:n osassa 3 sekä SILKO-sillankorjausohjeissa. Nämä eristystyypit ovat

- kermieristys
- mastiksieristys
- massaeristys ja nestemäisenä levitetty eristys.

(InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 197—198; Siltojen korjaus SILKO 1.801, 1992, 4.)

Lisäksi sillan vedeneristyksen onnistumiseen vaaditaan usein betonikannella suoritettavia valmistelevia töitä ennen varsinaisen vedeneristyskerroksen rakentamista. Näitä toimenpiteitä ovat epoksiivistys, kumibitumiliuos pohjustus ja mahdollisten paineentasausverkkojen asentaminen. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 198.)

Valmiin vedeneristyksen päälle levitetään vielä lisäksi suojakerros, johon vaikuttaa vedeneristyksen tyyppi. Kermieristyksille käytetään suojakermiä, kuitukangasta, hiekkaa tai asfalttibetonia. Mastiksieristyksen päälle levitetään suoja-asfalttikerros ja massaeristyksen suojaukseen käytetään valuasfalttia tai suojakermiä. (Siltojen korjaus SILKO 1.801, 1992, 10.)

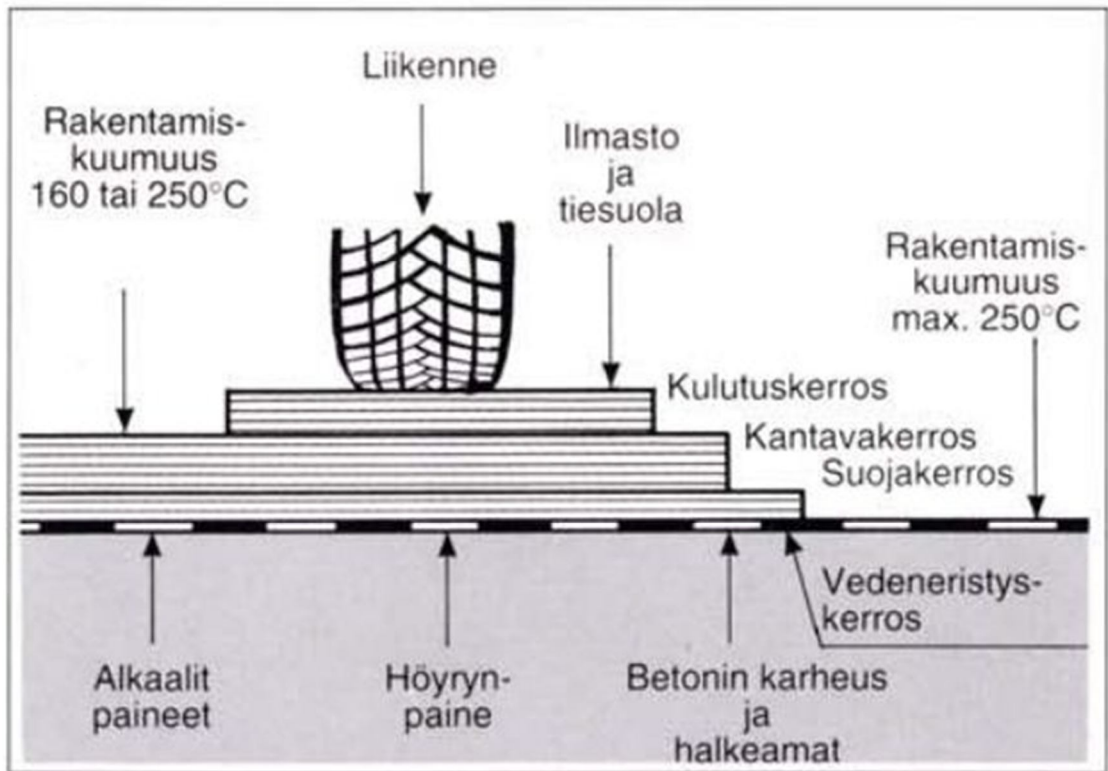
2.2 Vedeneristyksen rasitukset

Sillan vedeneristys altistuu erilaisille rasituksille rakennusvaiheessa ja valmiissa rakenteessa. Vedeneristystä rakentamisen aikana rasittaa erilaiset rakentamisesta syntyvät kuormat, jotka yhdessä epätasaisen eristysalustan kanssa voivat rikkoa eristyksen. Vedeneristyksen voivat rikkoa myös työmaalla käytettävien työkoneiden renkaat, putoavat työvälaineet ja irtokivet. Kemiallisesti vedeneristys altistuu erityisesti työkoneiden polttoainevuodoille. Ennen kuin vedeneristyksen päälle ollaan levitetty suojakerros tai varsinainen päällyste, altistuu vedeneristys sääilmiöille ja ympäristölle. Tällöin vedeneristystä rasittaa erityisesti lämpötilan ja kosteuden muutokset, tuuli ja sade. Suojaamattomana eristys altistuu myös likaantumiselle. Päällystysvaiheen aikana vedeneristys altistuu korkeille lämpötiloille, kun päällysteen lämpötila levitettäessä voi olla jopa +225 °C. Levitettävän päällysteen kuuma runkoaines voi tunkeutua vedeneristykseen saakka ja aiheuttaa vedeneristyskerroksen rikkoutumisen. Lisäksi päällystekerroksen levittämisestä ja jyräämisestä aiheutuvat voimat välittyvät vedeneristykseen. (Siltojen korjaus SILKO 1.801, 1992, 3.)

Valmiin vedeneristyksen rasitukset voivat johtua useasta eri tekijästä. Näitä ovat esimerkiksi seuraavat:

- ajoneuvojen kääntymisestä, jarruttamisesta ja kiihdyttämisestä aiheutuvat voimat
- sillan korjaamisesta ja huoltamisesta aiheutuvat voimat
- lämpölaajenemisesta aiheutuvat voimat
- kansilaatan halkeilusta aiheutuvat voimat
- liikenteen ja veden aiheuttama hydraulinen paine
- höyrynpaine veden ja liuottimien höyrystyessä
(Siltojen korjaus SILKO 1.801, 1992, 3.)

Lisäksi erilaiset sääilmiöt ja ympäristöstä johtuvat rasitukset vaikuttavat vedeneristykseen. Kansilaatan pinnan lämpötilavaihtelu voi olla -40 + 70 °C ja ympäröivän ilman lämpötilavaihtelu sen sijaan -40 + 35 °C. Lisäksi ilman suhteellinen kosteus voi vaihdella välillä 50—100 %. Vedeneristykseen vaikuttavia säästä aiheutuvia rasitetekijöitä ovat vesi, jää ja lumi. (Siltojen korjaus SILKO 1.801. Tiehallinto 1992, 3.)



Kuvio 1. Sillan vedeneristykseen rasitukset. (Siltojen korjaus SILKO 1.801, 3 © Tielaitos.)

2.3 Vedeneristykselle syntyvät vauriot ja niiden syyt

Vedeneristykseen vaurioitumisen syy on yleensä peräisin vedeneristysrakenteiden suunnittelusta, vedeneristystöissä tapahtuneista työvirheistä ja virheistä vedeneristysmateriaaleissa. Tyypillisimpiä vedeneristykseen vaurioita ovat esimerkiksi

- ongelmat eristysalustassa, sen tasaisuudessa, makrokarkeudessa ja kosteusolosuhteissa
- eristyskermin tukikerroksen vaurioituminen esimerkiksi erilaisten emäksien vaikutuksesta
- betonisen kansilaatan erilaiset rakenteelliset tekijät kuten kansilaatan halkeilut
- sillan laitteiden aiheuttamat vauriot
- sillan kuivatuksen puutteellinen toiminta tai täysi puuttuminen
- tiesuolojen aiheuttamat ongelmat eristyksen suojaukselle.

(Siltojen korjaus SILKO 1.801, 1992.)

2.4 Eristyksen yleiset laatuvaatimukset

Sillan vedeneristyksellä varmistetaan, että kannen vedeneristys on vesitiivis. Tällöin eristyksen ja saumojen on kestettävä vuotamatta siltapaikalla vallitsevat ilmasto-olosuhteet ja vedenpaineen sekä liikenteen aiheuttamat rasitukset. Lisäksi niiden tulee kestää lämpötilasta ja kutistumasta aiheutuvat rakenteen muodonmuutokset. Eristyksen täytyy kestää sillalla esiintyvien tiesuolojen, laimeiden happojen ja emästen vaikutukset. Sillan eristysmateriaalilla täytyy olla Tiehallinnon hyväksyntä. Tämä tarkoittaa SILKO-hyväksyntävaatimusten täyttymistä Eristyskerrosten tulee tarttua alustaansa ja toisiinsa siten, etteivät ne liu'u eristysalustan tai toistensa suhteen sillan käyttöönoton jälkeen. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 196—197.)

Siltojen vedeneristystöiden laadunvalvontamittaukset tarkastelevat näiden tavoitteiden täyttymistä. Kokeet voidaan jaotella välittömiin kokeisiin, jotka tutkivat ainoastaan valmiin vedeneristysrakenteen toimivuutta ja vaatimuksenmukaisuutta, ja välillisiin kokeisiin, jotka tutkivat vedeneristystöiden aikana ilmeneviä tärkeitä välitavoitteita ennen vedeneristyksen valmistumista.

2.5 Eristyksen materiaalien laatuvaatimukset

Mikäli vedeneristyksessä käytetään eri materiaaleja, eristysmateriaalinen toimittaja osoittaa ennakkoon riippumattoman aineenkoestuslaitoksen tekemien testien tulosten avulla, että materiaalit ovat yhteensopivia ja että ne voidaan liittää luotettavasti toisiinsa. Jos päällyste tulee suoraan kosketukseen vedeneristyksen kanssa, eristysmateriaali valitaan siten, ettei kuuma päällystemassa vahingoita sitä. Bitumi- ja muovituotteiden yhteensopivuudesta on aina oltava riippumaton aineenkoestuslaitoksen tutkimustulos. SILKO-ohjeissa luetellaan Tiehallinnon hyväksymät eristemateriaalit, joita eristyksessä saadaan käyttää. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 196—197.)

2.5.1 Eristysalustalle suoritettavat laadunvalvontamittaukset

Eristysalustalle suoritettavilla laadunvalvontamittauksilla tutkitaan eristysalustan kelpoisuutta vedeneristyksen rakentamiselle. Eristysalustasta tutkitaan aina eristysalustan tasaisuus, kosteus, karheus, tiivistysepöksiin tai muun tiivistysaineen vesitiiveys sekä tarvittaessa lätköityminen. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207.)

2.5.2 Kermieristykselle suoritettavat laadunvalvontamittaukset

Ainut, aina pakollinen vaatimuksenmukaisuuskoe kermieristyksille on kermieristyksen ja eristysalustan välisen tartuntalujuuden mittaaminen. Tartuntalujuus mitataan pienillä alle 100 m²:n siltakansilla käsikäyttöisesti viiltokokeella ja suuremmilla siltakansilla koneellisesti tartuntavetolaitteella. Muita tarvittaessa kermille suoritettavia vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksia ovat kumibitumin laatuominaisuuksien mittaus padasta ja säkistä, kumibitumilioksen laatuominaisuuksien mittaus ja kermin laatuominaisuuksien mittaus. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207.)

2.5.3 Mastiksieristykselle suoritettavat laadunvalvontamittaukset

Mastiksieristyksille aina suoritettavia laadunvalvontamittauksia ovat mastiksin massanäytteelle suoritettavat sideainepitoisuuden, rakeisuuden ja painuman mittaukset. Tarvittaessa mastiksin massanäytteestä voidaan mitata myös palautuma ja mastiksin sideaineen ominaisuudet. Valmiille mastiksieristykselle suoritettavia mittauksia ovat mastiksieristyksen paksuus- ja vedenpitävyysmittaukset. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207.)

2.5.4 Nestemäisenä levitettävät eristykset

Nestemäisenä levitettävälle eristykselle suoritetaan aina koelevitys ennen varsinaista eristystyötä. Lisäksi valmiista nestemäisenä levitetystä eristykestä mitataan aina eristyksen ja eristysalustan välinen tartuntalujuus sekä eristyksen paksuus. Tarvittaessa nestemäisenä levitettävien eristykseen osa-aineille voidaan suorittaa vaatimuksenmukaisuusmittaukset. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207.)

3 MENETELMÄKUVAUKSET

3.1 Makrokarkeuden määrittäminen lasihelmimenetelmällä

3.1.1 Mittausmenetelmän tarkoitus

Sillan eristysalustan karkeudella tarkoitetaan eristysalustan pientä epätasaisuutta. Karkeutta ei pidä sekoittaa tasaisuuteen, sillä pinnan tasaisuudella tarkoitetaan eristysalustan pitkittäis- tai poikittaissuuntaista epätasaisuutta. Liian suuri betonialustan karkeus aiheuttaa vedeneristyksen kuplimisriskiä ja liian pieni karkeus eli toisien sanoen pinnan sileys aiheuttaa ongelmia eristyskerroksen ja betonialustan tartunnassa. Eristysalustan karkeuden mittaamiseen käytetään Suomessa eurooppalaiseen standardiin SFS-EN 13036-1 perustuvaa Päälystealan neuvottelukunnan hyväksymää lasihelmimenetelmää, PANK-5103. Makrokarkeudella tarkoitetaan epätasaisuutta, jonka aallonpituus on välillä 0,5—50 mm. Sillanrakennushankkeissa tätä menetelmää käytetään betonipinnan ja eristyskerroksen tartuntaominaisuuksien arviointiin ja sillan kannen rakentamiseen käytettävien aineiden menekien selvittämiseen. Tällaisia menekinselvittämistä vaativia aineita ovat esimerkiksi tiivistysepoksit, liimausbitumit sekä erilaiset pohjustusaineet. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 11; PANK-5103, 1997.)

3.1.2 Menetelmän periaate

Lasihelmikokeessa tunnettu määrä lasihelmiä levitetään eristysalustalle, jonka jälkeen mitataan syntyneen lasihelmistä koostuvan alueen pinta-ala. Koska alustalle levitettyjen lasihelmien tilavuus tunnetaan, voidaan lasihelmien tilavuus jakaa syntyneen lasihelmialueen pinta-alalla, jolloin saadaan selville lasihelmikerroksen keskimääräinen paksuus eli samalla myös eristysalustan pintakarkeuden keskimääräinen syvyys. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 11; PANK 5103, 1997.)

3.1.3 Kokeen suoritukseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet

PANK 5103:n menetelmäkuvauksen mukaan kokeen suorittamiseen tarvitaan seuraavat tarvikkeet ja välineet:

1. **Lasihelmiä**, jotka seulotaan seuraavanlaisesti: 90 massa-% läpäisy ISO 565:n mukaisella 0,25 mm seulalla ja 0 massa-% läpäisy 0,18 mm seulalla.
2. **Mitta-astia**, jonka tilavuus on reunoja myöten täytettynä on 25 ml. Astian sisälieriön suositeltu halkaisija on 20—25 mm.
3. **Levitystyökalu**, jolla helmet levitellään eristysalustalle. Työkalun on oltava pyöreä, alapinnastaan kuminen ja noin 25 mm paksu kiekkomainen työkalu. Vaihtoehtoiseksi työkaluksi soveltuu esimerkiksi kovakuminen jääkiekko, johon liimataan kahva työskentelyä helpottamaan.
4. **Erlaisia harjoja**. Kokeessa tarvitaan esimerkiksi jäykkä teräsharja ja pehmeä jouhiharja.
5. **Tuulensuojus**, joka ehkäisee lasihelmien leviämisen tuulen ja ilmavirtausten mukana
6. **Mittanauha**, jolla mitataan lasihelmikerroksen pinta-ala.
7. **Vaaka**, jota käytetään lasihelmien punnitukseen.

3.1.4 Mitattavan pinnan valmistelu

Eristysalustan karheus mitataan vähintään kolmesta kohdasta jokaiselta alkavalta siltakannen 500 m²:n alueelta. Mittauspaikaksi pyritään valitsemaan kuiva ja tasalaatuinen alue, jolla ei saisi esiintyä halkeamia tai saumoja. Kun sopiva paikka on valittu, mitattava pinta puhdistetaan roskista ja epäpuhtauksista harjoilla. Jäykällä harjalla puhdistetaan alue ensimmäiseksi, jonka jälkeen puhdistus viimeistellään pehmeällä jouhiharjalla. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207; PANK 5103, 1997.)

3.1.5 Kokeen suoritus

Kappaleessa 4.1.3 esitetyn mitta-astian mukainen astia täytetään reunojaan myöten kuivilla, kappaleen 4.1.3 mukaisilla lasihelmillä. Mitta-astiaa täyttyä täyttämisen aikana ja täyttämisen jälkeen koputella, jotta lasihelmet tiivistyisivät, eikä mitta-astiassa olevien lasihelmien väliin jää ilmataskuja. Mitta-astiaa kopautellaan niin kauan, kunnes mitta-astia on saatu täytettyä reunoja myöten täyteen. Kokeen onnistumiseksi mitta-astiassa olevien lasihelmien tilavuuden tulee olla sama, kuin

mitta-astian tilavuuden. Kun mitta-astia on saatu täytettyä, lasihelmien pinta tasataan suoralla työkalulla, esimerkiksi viivoittimella. Ennen varsinaista kokeen suoritusta lasihelmet voidaan punnita, jolloin voidaan jokaisessa mittauksessa käyttää myös massaltaan samaa lasihelmimäärää. (PANK 5103, 1997.)

Mitta-astiassa olevat lasihelmet kaadetaan varovasti eristysalustalle, jonka jälkeen niiden levittäminen siihen varatulla, kappaleen 4.1.3 mukaisella levitystyökalulla aloitetaan. Lasihelmet pyritään levittämään ympyrän muotoiselle alueelle siten, että lasihelmet täyttävät eristysalustassa olevat kolot ulottuessaan enintään eristysalustan ylimpien kohtien tasolle. Levitysvaiheessa levitystyökalua ei saa kohtuuttomasti painaa eristysalustaan, jotta lasihelmien leviäminen tapahtuu tasaisesti. (PANK 5103, 1997.)

Lasihelmien levityksen jälkeen syntyneen ympyrän halkaisija mitataan mittanauhalla tasaväliä neljästä eri kohdasta. Jokaisen yksittäisen mittauspaikan mittaustulokset muodostavat aritmeettisen keskiarvon, joka on eristysalustan makrokarkeuden keskiarvo. (PANK 5103, 1997.)



Kuva 1. Eristysalustan pinnan karkeuden mittausvälinesarja: Lasihelmet, mitta-astia, levitystyökalu, metrimitta, tuulensuojus. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 16 © Liikennevirasto 2009.)

3.1.6 Mittaustulosten esittäminen

Mikäli mittauksissa ei ole käytetty kappaleessa 4.1.3 esitettyä 25 millilitran mitta-astiaa, voidaan mitta-astian sisätilavuus laskea seuraavasti:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} \quad (1)$$

jossa V on mitta-astian sisätilavuus (mm^3), d on mitta-astian sisähalkaisija (mm) ja h on mitta-astian korkeus (mm). (PANK 5103, 1997.)

Kun edellä olevalla kaavalla on selvitetty mitta-astian sisätilavuus, voidaan makrokarkeuden arvo laskea seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{Makrokarkeus (mm)} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \quad (2)$$

jossa V on tunnettu lasihelmien tilavuus (mm^3) (mitta-astian tilavuus) ja D on levitettyjen lasihelmien muodostaman ympyrän halkaisija (mm). (PANK 5103, 1997.)

Mikäli mittauksissa käytetään kappaleen 4.1.3 mukaista vakiotilavuudeltaan 25 millilitraista mitta-astiaa, voidaan eristysalustan makrokarkeus selvittää yksinkertaisesti kaavasta

$$\text{Makrokarkeus (mm)} = \frac{31830}{D^2} \quad (3)$$

jossa D on levitettyjen lasihelmien muodostaman ympyrän halkaisija (mm). (PANK 5103, 1997.)

3.1.7 Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista

PANK 5103 menetelmäkuvauksen mukaan laadittavassa tutkimusselostuksessa esitetään

- varmistus mittauksen suorittamisesta PANK:n menetelmäkuvauksen mukaisesti
- ilmoitukset mahdollisista mittaustuloksiin vaikuttaneet poikkeamat mittauksen aikana
- mittauspaikkojen sijainti ja yksilöinti
- mittauksen suorituspäivämäärä

- tarkka lasihelmi määrä kunkin mittauksen suorituksesta
- mahdollisten testimittausten lukumäärä
- jokaisen mittauspaikalle muodostuneen lasihelmiympyrän keskimääräinen halkaisija
- mitatut makrokarkeuden arvot millimetreinä.

3.2 Eristyksen tartuntalujuuden mittaaminen tartuntavetokokeella

3.2.1 Mittausmenetelmän tarkoitus

Eristyksen ja eristysalustan välisellä tartuntalujuudella tarkoitetaan sitä, miten hyvin eristyskerros kestää alustassaan kiinni irtoamatta. Eristysalustan yleisiin laatuvaatimuksiin kuuluu, ettei eristys pääse liukumaan pituus- tai vaakasuunnassa (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 196). Hyvällä tartunnalla varmistetaan eristysalustan pitkä käyttöikä. Tartuntavetokokeella tutkitaan siltakannen eristyksen tartuntalujuutta riittävän monesta kohdasta, jotta eristysalustan tartuntalujuudesta saadaan tarpeeksi kattava kuva, ja saatuja arvoja voidaan verrata vaadittuihin arvoihin. Eristyksen tartuntalujuus mitataan kolmesta kohtaa jokaiselta alkavalta 1000 m² siltakannen alueelta kermieristyksillä ja nestemäisenä levitettäviltä eristyksillä. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207; Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 14.)

Kun eristys on hyvin rakennettu ja se on kauttaaltaan kiinni alustassaan, jäävät veden rakenteelle aiheuttamat haitat paikallisiksi. Siltakannella monin paikoin irtonainen ja huonosti alustaansa kiinnittynyt eristys mahdollistaa veden liikkumisen eristyksen ja siltakannen välissä, eristyksen kuplineissa kohdissa. Tällöin vesi ja kosteus leviävät pitkin siltakantta ja vaurioittavat laajasti betonia ja sen raudoitusta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 14.)

Vedeneristyksen tartunta alustaansa on tärkeää mitata vedeneristyksen ollessa vielä uusi, koska vedeneristyksen tartuntalujuus huononee ajan myötä. Uutena hyvin kiinnittynyt eristys pysyy kuitenkin pitkään kiinni alustassaan, mutta jo alunperin huonosti kiinnittynyt eristys alkaa usein irtoamaan ennen aikaisesta lyhentäen sillan elinikää. Yleisimmät syyt eristyksen ennen aikaiseen irtoamiseen ovat eristysalustan väärä kosteus eristyksen asennusvaiheessa, jälkihoitoaineen riittämätön poistuminen ennen eristyksen asentamista, tartuntasivelyaine riittämätön kuivuminen, eristyksen materiaali- ja työvirheet. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 14.)

3.2.2 Menetelmän suorituksen periaatteet

Silmämääräisissä havainnoissa havainnoidaan eristyksen tartuntaa silmämääräisesti. Aluskermin ulkoisesta kunnosta pystytään jo helposti päättelemään tiettyjä asioita eristykseen liittyen. Aurinkoisella säällä pullistelevat eristykset antavat viitteitä siitä, että eristyksen tartunta eristysalustaan ei ole kattava. Myös erilaiset värierot eristyspinnassa saattavat viestiä ongelmista vedeneristyksessä. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 14.)

Käsin tehtävissä kokeissa voidaan karkeasti arvioida eristyksen tartuntalujuutta, sekä tarkemmin paikantaa eristyksen ongelmakohtia. Eristyksen koputtelu puu- tai metalliseipäällä voi paljastaa huonosti alustaansa tarttuneet eristyksen kohdat, kun seipäällä suoritettut lyönnit vaimenevat eristyksen ja eristysalustan väliin jääneeseen ilmapatjaan. Mikäli eristyksen arvioidaan olevan täysin irti alustastaan, voidaan työmaalla suorittaa viiltokokeita. Näissä kokeissa eristykseen tehdään viilto, josta eristystä revitään käsin. InfraRYL 2006:n mukaan viiltokokeen suorittamiseen käytetään seuraavia ohjeita:

- Eristykseen tehdään eristysalustaan ulottuva viilto, jolla rajataan 30 x 200mm kokoinen alue.
- Kaistanmuotoisen alustan molemmista päistä revitään eristettä irti siihen asti, kunnes siitä saadaan ote.
- Molemmista päistä vedetään eristystä yhtä aikaa suoraan ylöspäin vasten eristysalustaa.

(InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 201.)

Myös viiltokokeessa eristyspinnan lämpötila täytyy mitata, ja sen täytyy sijoittua välille +5...25 °C. Pienillä alle 100 m² siltakansilla käsin tehtävä viiltokoe on korvannut tartuntavetolaitteella tehtävän tartuntavetokokeen. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 15.)

Koneella tehtävät tartuntavetokokeet antavat huomattavasti tarkemman kuvan eristyksen tartuntalujuudesta käsin tehtäviin kokeisiin verrattuna. Koneella tehtävien mittauksen periaate on selvittää eristyksen irrottamiseen vaadittava, siltakannta vasten kohtisuora vetovoima. Käsikäyttöisiä tartuntavetolaitteita voidaan käyttää eristysurakoitsijan omaan laadunvalvontaan, mutta varsinaiseen vaatimuksenosoittamiseen niiden tarkkuus ei riitä. Koneellisia tartuntavetolaitteita voidaan käyttää tarkan tartuntalujuuden laskentaan. Tällaisen tartuntavetolaitteen

voima-alue tulee valita oikein eristystyyppiin nähden. Liian voimakkaat tartuntavetolaitteet aiheuttavat tuloksiin epätarkkuutta pienen vetovoiman alueella ja liian heikkotehoiset laitteet eivät jaksavat vetää eristystä irti alustastaan ollenkaan. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 15.)

3.2.3 Kokeen suoritukseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet

VTT 2651 menetelmäkuvauksen mukaan kokeen suorittamiseen tarvitaan seuraavia tarvikkeita ja välineitä:

1. **Tartuntavetolaite**, jonka vetovoima on riittävä eristyksen irrottamiseen eristysalustastaan. Vetovoiman oltava vähintään 2kN.
2. **Vetolaikkoja**, joiden halkaisija on yleensä 50mm.
3. **Liimaa**, jolla vetolaikat liimataan eristyspintaan.
4. **Mattoveitsiä**, joissa on tasa- ja koukkuterä. Veitsiä käytetään eristyksen leikkaamiseen vetolaikan ympäriltä.
5. **Eristyspinnan karhentamiseen vaadittavat työkalut**. Karhentaminen voidaan suorittaa esimerkiksi hiekkapaperilla.
6. **Lämpömittari**, jolla eristyspinnan lämpötila mitataan.
7. **Lämmitysvälineet**, joilla vetolaikat voidaan halutessa lämmittää.
8. Koepaikkojen **paikkausvälineet**, joilla mittaaja voi tarvittaessa paikata eristykseen syntyneet reiät.
(VTT 2651 – 2001.)

3.2.4 Kokeen suoritus

Kun mittauspaikat on valittu, valmistellaan ne jokaista mittausta varten. Eristyksen pinta karhennetaan niistä paikoista, mihin vetolaikkoja tullaan liimaamaan. Karhennusta ei tarvitse kuitenkaan tehdä kermieristyksille, niiden pinnan ollessa jo valmiiksi riittävän karhea. (VTT 2651 – 2001.)

Tartuntavetokoe suoritetaan kermieristyksillä aluskermin päältä. Muilla eristystyypeillä kokeen mittausajankohta määräytyy eristysmateriaalille asetettujen kovettumisaikojen mukaan. Karhennetun pinnan lämpötila mitataan ja mikäli se asettuu välille +5...+25 °C, pystytään eristyksen pintaan liimaamaan vetokokeessa tarvittavat vetolaikat. Lämpötilasääntö koskee kaikki eristystyyppiä, jotka sisältävät bitumia tai tervaa. Bitumi pehmenee olennaisesti suuremmissa lämpötiloissa ja siksi on tärkeää, että

mitattavan eristyspinnan lämpötila asettuu edellä mainitulle välille. (VTT 2651 – 2001.)



Kuva 2. Tartuntavetolaite Easy-M, akku, vetolaippoja ja eristyksen reunojen leikkausohjaimia. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus © Liikennevirasto 2009.)

Mittausten määrää ja suoritusajankohtaa tarkennetaan yleensä urakka-asiakirjoissa. Tartuntalujuusvaatimuksia koskevat ohjeet esitetään InfraRYL 2006:ssa. Pääasia on, että sillan kannen vedeneristyksestä saadaan kattava kuva, eivätkä mittauspaikat sijoitu siltakannelle vain paikallisesti. Mittauspaikat pyritään kannelta valitsemaan paikoista, missä olosuhteet ovat kosteimmat. Nämä ovat paikkoja, joissa kannen pintavedet virtaavat. Valinta kosteisiin paikkoihin selittyy eristyksen tartuntalujuudella, johon vaikuttaa erityisesti eristysalustan kosteus. (VTT 2651 – 2001.)

Jokaiselle mittauspaikalle liimataan kolme vetolaikkaa, mutta mikäli vetolaikkojen liimauksen pitävyyttä voidaan jostakin syystä epäillä, liimataan eristyspintaan viisi vetolaikkaa kullekin mittauspaikalle. Liimauksessa otetaan huomioon liiman kuivumisajat, sekä liiman ominaisuudet. Liimattava pinta puhdistetaan epäpuhtauksista ja pyyhitään kostealla liinalla, mikäli liiman käyttöohje tämän sallii.

Ennen vetolaikkojen liimaamista epoksiivistyksillä, nestemäisinä levitettävillä eristyksillä ja ohutkerrospäällysteellä, poistetaan vetoalueen reunat esimerkiksi reikäsahalla. Sahausten apuna voidaan käyttää sahausohjainta, jotta haluttu leikkausmuoto saavutetaan. Reunojen poiston jälkeen vetolaikat voidaan liimata eristyspintaan. (VTT 2651 – 2001.)

Kermieristyksillä vetolaikan ympärillä oleva eristys leikataan irti noin 3-5 mm leveältä alueelta. Kun ura on leikattu, voidaan silmämääräisesti tarkastaa eristyksen tartunta eristysalustaan. (VTT 2651 – 2001.)

Liiman kuivumiseen vaikuttavat muun muassa

- ympäristön lämpötila
- eristysalustan lämpötila
- vetolaikan lämpötila.

(VTT 2651 – 2001.)

Vetolaikkoja voidaan lämmittää liiman kuivumisen nopeuttamiseksi. Tällöin vetolaikat lämmitetään ennen liimausta +40 °C lämpötilaan. Liimaussaumaa voidaan myös lämmittää kuumailmapuhaltimella liiman kuivumisen aikana. Mikäli lämmitystoimenpiteitä suoritetaan mittauksena aikana, pitää mittaajan varmistua siitä, että lämpötilat palautuvat ympäröivän ympäristön lämpötilaan ennen varsinaisen vetokokeen aloitusta. (VTT 2651 – 2001.)

Tartuntavetokokeessa vetotarkoitukseen rakennetulla vetolaitteella kuormitetaan eristyspintaa vetämällä. Vetovoimaa nostetaan 0,15 MPa/min. Kuormituksen lisäys nopeus vaikuttaa mittauksen lopputuloksiin, joten menetelmäkuvauksen mukaisesta lisäysnopeudesta ei saa poiketa. Vetolaitteen asentoa tarkkaillaan vetokokeen aikana, jotta eristyspintaan ei kohdistuisi vääntöä, vaan ainoastaan pystysuoraa vetävää voimaa. Kokeen aikana eristys voi irrota eristysalustastaan. Tällöin irrottamiseen vaadittu voima kirjataan ylös ja sitä verrataan tartuntalujuusvaatimukseen. Mittaajan täytyy tässä vaiheessa tutkia eristyksen irtoamisen tyyppin. Mikäli eristys on irronnut alareunaansa pitkin, on kyseessä puhdas tartuntamurtuma. Irtoaminen voi tapahtua myös betonin sisällä, jolloin kyseessä ei ole niinkään eristyksen tartuntaongelma vaan betonin sisäinen vetolujuus. Jos eristyksen irtoaminen koostuu useasta eri irtoamismekanismista, tulee näiden suhteet kirjata ylös mittaamalla murtuneiden alueiden pinta-alat. Jos irtoaminen tapahtuu vetolaikan ja liimauksen välillä, eikä mitattu arvo ylitä tartuntalujuusvaatimusta, ei tätä kyseistä

arvoa oteta huomioon tartuntavetolujuuksien keskiarvon laskennassa. (VTT 2651 – 2001.)

Vetokokeen jälkeen eristypintaan mittausta varten tehdyt reiät paikataan. Kermieristyksillä paikkauksessa täytyy ottaa huomioon riittävä limitys ympäröiviin kermeihin. Epoksiivistyksellä, nestemäisinä levitetyillä eristyksillä ja ohutkerrospäällysteellä paikkauksessa täytyy varmistaa, että paikkamateriaali on samaa eristysmateriaalia kuin ympäröivä eristys. (VTT 2651 – 2001.)

3.2.5 Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista

VTT 2651 menetelmäkuvauksen mukaan laadittavassa tutkimusselostuksessa esitetään

- yksilöintitiedot mittauskohteesta (esimerkiksi työmaan numero, tien numero, sillan nimi jne.)
 - työn tilaajan ja mittaajan yhteystiedot
 - työn tilausnumero ja tilauspäivämäärä
 - eristystyyppiä koskevat tiedot
 - mittaukseen käytetty tutkimusmenetelmä
 - sääolosuhteet
 - mittaustulokset
 - tartuntalujuus jokaisesta yksittäisestä mittauspaiosta yksikössä N/mm^2
 - eristysalustan pintalämpötilat jokaisesta yksittäisestä mittauspaiosta
 - mittausajankohta
 - kokeen tuloksiin mahdollisesti vaikuttaneet seikat
 - tiedot vetoreikien paikkauksesta
- (VTT 2651 – 2001.)

3.3 Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden selvittäminen kuivatus-punnitus-menetelmällä.

3.3.1 Mittausmenetelmän tarkoitus

Mittausmenetelmän tarkoituksena on selvittää betonisen siltakannen absoluuttinen kosteus. Kosteus ilmoitetaan painoprosentteina kuivapainosta. Betonin kosteus vaikuttaa eristyksen tartuntalujuuteen. Vedeneristys ei välttämättä tartu kosteaan alustaan ja toisaalta sillan käyttöikä pienenee, mikäli alunperin kosteaan alustaan asennettu eristys pääsee irtoamaan sillan elinkaaren aikana. Tieto betonikannen kosteudesta on erityisen tärkeä vedeneristysurakoitsijalle. Yli 100 m²:n siltakansilla eristysalustan kosteus ei saa ylittää InfraRYL 2006:ssa annettuja arvoja. (VTT 2650 – 2001.)

3.3.2 Menetelmän periaate

Betonikannen kosteuden määrittämisessä kuivatus-punnitus-menetelmällä kokeen periaate on kostean ja kuivatun betoninäytteen punnitseminen ja punnitustuloksien vertaileminen. (VTT 2650 – 2001.)

3.3.3 Kokeen suoritukseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet

VTT 2650 menetelmäkuvaksen mukaan kokeen suorittamiseen tarvitaan seuraavia tarvikkeita ja välineitä:

1. **Laboratoriovaaka**, jonka punnitustarkkuuden täytyy olla 0,1g.
2. Ilmanvaihdolla varustettu **kuivauskaappi**, jonka lämpötilan mittaustarkkuuden on oltava 2°C.
3. **Raudoituksen ilmaisin**, mikäli sitä tarvitaan.
4. **Porakone**, jolla betoninäyte irrotetaan.
5. **Näytteenottoporanterä**, joka on halkaisijaltaan noin 55 mm.
6. **Kiiloja**, joilla näyte irrotetaan siltakannesta.
7. Painava **vasara**, jolla kiiloja hyväksikäyttäen lyödään näyte irti siltakannesta.
8. Ilmatiiviitä **näytepusseja** ja **pakkaustarvikkeet**, joihin irrotetut näytteet pakataan.
9. **Suojaimet**, joilla kuulo ja näkö tarvittaessa suojataan.
10. Vähintään viisimetrinen **rullamitta**, jota käytetään mittauspaikkojen sijainnin mittaamiseen.

11. **Tarvikkeet**, joilla koereiät pystytään paikkaamaan.
(VTT 2650 – 2001.)

3.3.4 Näytteenoton suorittaminen

InfraRYL 2006:n mukaan siltakannesta mitataan kosteus aina vähintään kolmesta kohdasta. Mikäli siltakansi on suurempi kuin 500 m² lisätään yksi näytteenottopaikka jokaista alkavaa 500 m²:ä kohden. Näytteenottopaikkojen tulisi sijaita kohdissa, joissa siltakannen kosteus on suurin. Näitä kohtia ovat pintavesien virtauskohdat. Näytteenotossa täytyy varmistaa raudoituksen sijainti raudoituksen ilmaisimella, ettei näytteitä oteta paikoista, joissa esijännitetyt teräkset nousevat lähelle kannen pintaa. (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207; VTT 2650 – 2001.)

Kun samalle työkohteelle suoritetaan kosteuden määrittäminen absoluuttisen kosteuden menetelmänä (kuivatus-punnitusmenetelmä) ja porareikämenetelmällä, täytyy näytteet ottaa samana päivänä ja samoista paikoista. Mittauspaikat ovat tällöin 50 cm päässä toisistaan. Kun kokeet suoritetaan näin, ovat tulokset keskenään käyttökelpoisia ja verrannollisia. Jokaisesta mitattavasta kohdasta otetaan 3 absoluuttisen kosteuden näytepalaa rinnakkain, 50 cm päässä toisistaan. (VTT 2650 – 2001.)

Kun näytteenottopaikat on varmistettu, raudoituksen ilmaisimella varmistetaan kunkin mittauspaikan terästen sijainti. Sähköporaa apuna käyttäen porataan 50 mm syvät urat siltakanteen ja kiiloja hyväksikäyttäen lyödään näytepalat irti betonikannesta. Porauksessa ei saa käyttää hyväksi kastelua, joka voisi vääristää mitattavia kosteuden arvoja. Mikäli näytteenottoterä on kappaleen 4.3.3 mukainen ja poraura ulotetaan 50 mm syvyyteen, on syntynyt betonikappale kooltaan noin 250 g. Näytteenottopaikka kirjataan ylös kirjaamalla etäisyys reunapalkista, näyte pakataan ilmatiivisti ja yksilöidään kirjoittamalla pussiin näytteen tunnistetiedot. Syntyneet näytteenottoreiät paikataan välittömästi siihen sopivalla materiaalilla. (VTT 2650 – 2001.)

3.3.5 Absoluuttisen kosteuden selvittäminen

Laboratoriossa jokainen mittanäyte tarkastetaan mahdollisten raudoitusterästen varalta. Mikäli näytteen epäillänsä sisältävän raudoitusta, rikotaan se vasaralla ennen

punnitsemista. Näyte punnitaan ensimmäisen kerran ennen kuivaamista ja mahdollisimman pian ilmatiivistä pussista purkamisen jälkeen (VTT 2650 – 2001.)

Kun näytteet on punnittu, ne kuivataan kuivauskaapissa. Lämpötila nostetaan 105 °C lämpötilaan ja kappaleita kuivataan niin kauan, että punnituksissa voidaan todeta painon pysyvän vakiona. Tavallisesti kappaleet punnitaan kerran päivässä. Kun paino ei enää muutu, kirjoitetaan ylös kappaleen kuivapaino. (VTT 2650 – 2001.)

Punnitusten jälkeen voidaan selvittää betonin absoluuttinen kosteus. Se lasketaan kaavasta:

$$Kosteus (p - \%) = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad (4)$$

jossa m_1 on näytteen massa ennen kuivatusta ja m_2 näytteen massa kuivatuksen jälkeen. (VTT 2650 – 2001).

3.3.6 Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista

VTT 2650 menetelmäkuvauksen mukaan laadittavassa tutkimusselostuksessa esitetään

- työmaan nimi ja numero, mahdollinen tien numero ja tiepiiri sekä kunta, jonka alueella kohde on
- työn tilaajan ja mittaajan yhteystiedot
- näytteenottopäivä
- jokaisen mittauspaikan sijaintitiedot, esimerkiksi mittaamalla etäisyys reunapalkista ja mahdollisesta porareikämenetelmän mittausreiästä
- selostus näytteenottotavasta
- näytteiden koot ja tunnistetiedot
- koemenetelmä (Kuivatus-punnitus vai porareikämenetelmä)
- laboratoriotöihin liittyvät tiedot, kuten kuivauslämpötila ja -aika
- yksittäiset punnitustulokset ja lasketut absoluuttisen kosteuden arvot yhden desimaalin tarkkuudella yksikössä p-%.

(VTT 2650 – 2001.)

3.4 Epoksiivistyksen vesitiiveyden mittaaminen matalajännitemenetelmällä

3.4.1 Mittausmenetelmän tarkoitus

Epoksiivistyksellä tarkoitetaan siltakannen betonin päälle levitettävää epoksiivistystä, jolla betonin pinta tiivistetään vesitiiviiksi ennen varsinaisen vedeneristyksen rakentamista. Tiivistysepoksi on yksi sillanrakentamisessa käytettävä tiivistystyyppi, mutta tiivistyksessä voidaan myös käyttää muuta Liikenneviraston hyväksymää tiivistysmateriaalia. Hyvin rakennetulla tiivistyksellä voidaan tehokkaasti ehkäistä tulevaisuudessa rakennettavan vedeneristyksen kuplimista. Huolimattomasti tai virheellisesti rakennettu epoksiivistys ei toimi vesitiiviinä rakenteena, eikä näin ollen estä vedeneristyksen kuplimista. Tätä varten sillanrakentamisessa käytetään laadunvalvontamittauksena kahta erilaista eristysvastusmittausta, joilla tiivistyksen vesitiiveyttä tutkitaan. (VTT 2654 – 2001.)

3.4.2 Menetelmän periaate

Matalajännitemittauksessa epoksiivistyksen vesitiiveyttä mitataan 500 V jännitteellä. Alhaisen jännitteen etuna on työturvallisuus ja epoksiivistyksen pinnan säilyminen ehjänä. Mittausmenetelmän haittana on siltakannen epoksiivistyksestä saatava pistemäinen kokonainaiskuva. Mittausmenetelmän päällimmäisenä periaatteena on epoksiivistyksestä mitatun eristysvastuksen vertailu pelkän betonin eristysvastuksen mittaukseen. Tyypillisesti esimerkiksi reunapalkista mitattu eristysvastus on noin 60 k Ω eli 0,06 M Ω , kun epoksiivistyksen eristysvastus on vähintään 500 M Ω . (VTT 2654 – 2001.)

3.4.3 Kokeen suorittamiseen tarvittavat tarvikkeet ja välineet

VTT 2654 menetelmäkuvauksen mukaan kokeen suorittamiseen tarvitaan seuraavia tarvikkeita ja välineitä:

1. **Mittauslaite** sähkövastuksen (eristysvastus) mittaamiseen. Mittauslaitteen mittausalueen tulisi ulottua vähintään 2000M Ω :iin, eikä mittauslaitteen mittausjännite saa ylittää 500 V:n jännitettä.
2. **2 mittauselektrodiä** tarvikkeineen ja johtoinen. Suositeltavaa on, että toinen mittauselektrodeista on varustettu virtakytkimellä.
3. Kuparista tehty **levyelektrodi**, joka on muodoltaan neliö. Tämän kuparilaatan paksuus on vähintään 10mm ja sivunmitta 100mm.

4. Imukykyisiä **suodatinkankaan palasia**, jotka ovat mitoiltaan 100 x 100 mm.
5. **Tislattua vettä**, jota käytetään testinesteenä. Tislattuun veteen lisätään sähkönjohtokyvyn kasvattamiseksi ruokasuolaa NaCl suhteessa 10g/1l tislattua vettä. Tislatun veden tunkeutumiskykyä lisätään astianpesuaineella.
6. **Annospullo**, jolla testineste annostellaan.
7. **Iskuporakone**, joka on varustett 8-10 mm poranterillä.
(VTT 2654 – 2001.)

3.4.4 Mittauskohdat

Mittauskohtien valinta suoritetaan siten, että koko siltakannen epoksitiivistyksen vesitiiveydestä saadaan kattava kuva. Näin ollen mittaukset suoritetaan vähintään kolmesta kohdasta eri puolilla siltaa (InfraRYL 2006 Osa 3, 2008, 207). Silmämääräisesti voidaan etsiä mittauskohdiksi epoksitiivistyksen kohtia, joissa epoksitiivistys on silmämääräisesti ohuempi, kuin muualla siltakannella (VTT 2654 – 2001.)

3.4.5 Kokeen suorittaminen työmaalla

Kokeen aloittamiseksi porataan reikä epoksitiivistyksen läpi betonipintaan saakka, kuitenkin betonipintaa vaurioittamatta. 30 cm päähän syntyneestä reiästä asetetaan testinesteessä kasteltu suodatinkankaan palanen. Porareikään tiputetaan testinestettä sen verran, että porareiän pohjalla oleva betonipinta kastuu ilman vesilätäkön muodostumista porareiän pohjalle. Mittauksessa käytettävä kuparilevy asetetaan tämän jälkeen märän suodatinkangaspalan päälle. Tässä vaiheessa on varmistettava, ettei porareiän ja kuparilevyn väliselle alueelle ole muodostunut kosteutta ja, että alue on varmasti kuiva. Levyn ja porareiän väliselle alueelle muodostunut vesi johtaa sähköä ja aiheuttaa virheen mittauksiksi. (VTT 2654 – 2001.)

Mittauksessa toinen mittauselektrodi asetetaan porareikään ja toinen kuparilevyn pintaan. Mittauselektrodi ei saa olla suorassa kosketuksessa testinesteeseen, jotta mittalaitteiston korroosioaurioilta vältyttäisiin. Mittausjännite säädetään 500 V:iin ja mittalaitteen näytöstä luetaan sähkövastuksen arvo kyseisellä mittauspaikalla.

Mittauksen suorittavan henkilön täytyy hallita mittausmenetelmä, ja hänellä tulee olla riittävät valmiudet mittauksen suorittamiseen. (VTT 2654 – 2001.)

Kokeen suorittamisen jälkeen mittareijat paikataan paikka-aineella. Paikka-aine on tiivistysepoksista ja kvartsihiekestä sekoitettua massaa. (VTT 2654 – 2001.)

3.4.6 Vesitiiveyden arviointi

Mitatun sähkövastuksen arvo on kyseisen mittauskohdan eristysvastuksen arvo. Siitä voidaan päätellä epoksiitiivistyksen vesitiiveys. Pääsääntönä voidaan pitää, että kun 95 % mittaustuloksista ylittää 500 000 kΩ:a, eli 500 MΩ:a, on kannen epoksiitiivistys vesitiivis. Tämän arvon alle jäävät mittaustulokset tulisivat ylittää 10 000 kΩ:n arvon. Vertailuarvona voidaan käyttää esimerkiksi sillan reunapalkista mitattua pelkän betonin eristysvastuksen arvoa, joka tyypillisesti on 60 kΩ. (VTT 2654 – 2001.)

3.4.7 Tutkimusselostuksen laatiminen mittauksista

VTT 2654 menetelmäkuvauksen mukaan laadittavassa tutkimusselostuksessa esitetään

- työmaan nimi ja numero, mahdollinen tien numero ja kunta jonka alueella kohde on
- työn tilaajan ja mittaajan yhteystiedot
- mittauspäivä
- jokaisen mittauspaikan sijaintitiedot, esimerkiksi mittaamalla etäisyys reunapalkista ja mahdollisesta porareikämenetelmän mittausreiästä
- mittauksessa käytetty eristysvastusmenetelmä (matala- vai korkeajännitemenetelmä)
- jokaisesta mittauksesta saadut eristysvastuksen arvot
- mahdolliset mittaustuloksiin virhettä aiheuttaneet poikkeumat mittausolosuhteissa.

(VTT 2654 – 2001.)

4 TYÖN ETENEMINEN

4.1 Työohjekorttien suunnittelu

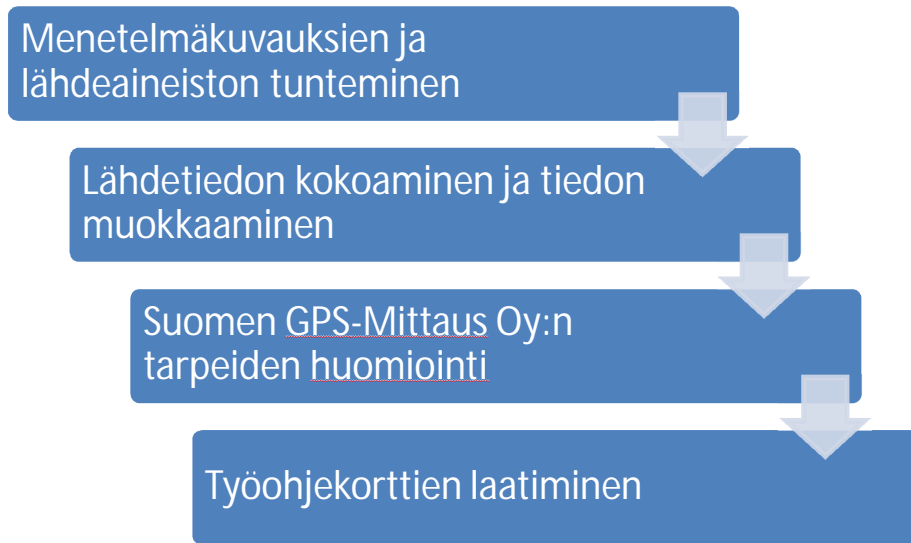
Sillan vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksiin laadittujen työohjekorttien tarkoituksena on ensisijaisesti helpottaa, nopeuttaa ja selkeyttää vedeneristystöihin liittyviä mittaustoimenpiteitä. Työohjekorttien suunnittelussa nämä lähtökohdat olivat päällimmäisenä, kun korttien sisältöä, rakennetta ja ulkoasua suunniteltiin.

Suunnittelu vaati työohjekorttien ja opinnäytetyön tekijältä

- vedeneristystöiden vaatimusten ja mittauksissa käytettävien menetelmäkuvausten hyvää sisäistämistä ja erittelyä
- lähdeoteksiin kirjoitetun tiedon kokoamista ja yhtenäistämistä
- laadunvalvontamittauksien työvaiheiden käytännönläheistä läpikäymistä ja pohdintaa
- Suomen GPS-Mittaus Oy:n tarpeiden pohdintaa ja huomioonottamista
- tiedon muuttamista selkeään ja yksiselitteiseen muotoon.

Ennen työohjekorttien laatimista lähdetietoa koottiin eri lähdeoteksista, jonka jälkeen tietoa muokattiin siten, että sen sisällyttäminen työohjekortteihin oli mahdollista. Lähdetieto koostuu VTT:n ja Päälystelyalan neuvottelukunnan laatimista, mittauksissa käytettävistä menetelmäkuvauksista, Tiehallinnon laatimasta sillan vedeneristystöiden laadunmittausohjeesta, VTT:n vedeneristykseen laadunmittauskurssin sisällöstä ja InfraRYL 2006:n esittämistä vaatimuksista sillan vedeneristysrakentamisessa. Tiedonhankinta opinnäytetyössä oli paikoittain hankalaa vedeneristykseen erikoistyneen luonteen vuoksi. Erityisiä, pelkästään vedeneristystä käsitteleviä teoksia ei ollut saatavilla, joten varsinkin vedeneristystä koskeva yleistieto on koottu SILKO-ohjeista. Omat haasteensa opinnäytetyön laatimisessa loi tiedon sirpaleisuus. Vaikka menetelmäkuvaukset ja mittausohjeet loivat yleensä selkeän kuvan siitä, mitä työmaalla tulee tehdä, InfraRYL 2006:ssa esitettyjen laatuvaatimusten kokoaminen oli haasteellista ja tarkkuutta vaativaa työtä. Lähdeaineiston huolellisella referoinnilla ja tutkimisella varmistettiin kuitenkin se, että referoidusta tiedosta saataisiin muokattua mahdollisimman selkeät ja yksiselitteiset ohjeet. Korttien laatiminen olisi ollut erityisen vaativaa, mikäli menetelmäkuvauksiin liittyvä tieto olisi jäänyt olennaisin osin ymmärtämättä. Tällöin

ohjetiedon luominen olisi ollut kömpelöä ja tiedon painopisteet olisivat voineet sijoittua väärin, mittaustyön kannalta epäolennaisia.



Kuvio 2. Työohjekorttien laatimisen vaiheet. (Sutinen, Matti 2011).

Tiedon muokkaaminen mittaustyötä palvelevaan muotoon oli yksi osa työprosessia. Koska mittaushenkilöstöllä ei välttämättä ole insinöörin tutkinnon veroista teoretietoa mittauksiin liittyvistä fysikaalisista ja kemiallisista ilmiöistä, oli tiedon muokkauksessa tärkeintä saattaa teksti yksinkertaiseen muotoon, josta kuitenkin käy ilmi se tieto, joka mittauksien kannalta on olennaista. Työn raporttia laadittaessa menetelmäkuvauksien kaavat, joita koetuloksien laskennassa hyödynnetään, muutettiin käytännönläheiseen muotoon. Kaavoja ei näin ollen johdettu erikseen, vaan kaavoiksi valittiin sellaiset kaavat, joista koetulokset ja vaatimukset ovat laskettavissa suoraan. Samat kaavat ovat käytössä myös työohjekorteissa ja mittaja pystyy halutessaan käsittelemään tuloksia myös käsin, ilman älylomakkeita.

Työohjekortit toimivat mittausta helpottavana ja nopeuttavana työkaluna. Tämä edellytti, että korteissa esitetyt työvaiheiden kuvaukset olivat käytännön läheisiä ja helposti ymmärrettäviä myös henkilöille, joilla ei ole aiempaa kokemusta sillan vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksista. Korttien suunnittelussa tämä näkökulma täytyi ottaa huomioon riittävän käytännönläheisellä ja seikkaperäisellä lähestymisellä ohjetekstin tuottamiseen. Menetelmäkuvauksissa esitetty osittainen hyvin teoreettinen tieto, ei suoraan kelpaa ohjetekstiksi, vaan työohjekortteja laadittaessa jouduttiin käymään jokainen työvaihe perusteellisesti läpi, ennen kuin varsinainen ohjetekstin tuottaminen aloitettiin.

4.2 Työohjekorttien laatiminen

Työohjekortit laadittiin sähköisesti Microsoft Word 2007 tekstinkäsittelyohjelmalla. Ohjelman valintaan päädyttiin Wordin hyvien tekstinkäsittelyominaisuuksien ja opiskelijan oman mieltymyksen johdosta. Lisäksi Microsoftin tekstinkäsittelyohjelmien markkina-aseman johdosta yhteensopivuusongelmat ovat vähäisiä ja Suomen GPS-Mittaus Oy:n mittaushenkilöstön ei tarvitse näin ollen hankkia erillistä ohjelmistoa työohjekorttien lukemista ja täyttämistä varten. Työohjekorttien lopullinen puhtaaksi kirjoitettu versio on saatavilla sekä docx-muotoisena, että pdf-muotoisena tiedostona. Työohjekortteja varten Wordiin luotiin uusi tyyli. Tyyliin laadittiin kolmiportainen numerointijärjestelmä, joka noudattaa muotoa 1.1.1. Selkeän numerointityylin käyttäminen helpottaa myöhemmin tehtäviä viittauksia työohjekorttien eri kappaleisiin Suomen GPS-Mittaus Oy:n sisäisessä viestinnässä. Työohjekorteissa käytettäväksi fontiksi valittiin Arial sen selkeän luettavuuden johdosta. Korttien rakenne ja ulkoasu pyrittiin myös laatimaan sellaiseksi, että mahdolliset tulevaisuudessa laadittavat ohjekortit muista silloille suoritettavista mittauksista, on helppo yhdistää jo olemassa oleviin kortteihin.

Työohjekorttien ulkoasu laadittiin pääosin sellaiseksi, että yleinen menetelmään liittyvä tieto on kappaleittain kirjoitettuna ja tarvittaessa luetteloituna. Työohjeeseen ja kokeen suorittamiseen liittyvä tieto kirjoitettiin luetteloituna ja numeroituna työn etenemisen mukaan. Mikäli menetelmään tai sen tulosten käsittelyyn liittyi kaavojen käsittelemistä, kirjoitettiin kaavat erilliselle riville ja numeroitiin juoksevasti. Työohjekorttien laadinnan aikana oltiin yhteydessä Suomen GPS-Mittaus Oy:n henkilöstöön, ja pyrittiin selvittämään yrityksen tarpeet. Työn ulkoasun tiimoilta ei toimeksiantajalla ollut erityisiä toiveita, mutta laadinnan aikana korttien ulkoasun yksilöiminen yrityksen tarpeisiin toteutettiin lisäämällä korttien ylätunnisteeseen yrityksen logo.

4.3 Kenttä- ja älylomakkeiden laadinta

Kenttä- ja älylomakkeet laadittiin käyttäen Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Excelliin taulukkolaskentana päädyttiin niiden helpon työstämisen ja muokkaamisen vuoksi, ja myös siksi, että muiden taulukkolaskentaohjelmien saatavuus on heikkoa. Lomakkeiden pohjana käytettiin Liikenneviraston vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksiin laatiman ohjeteoksen liiteosaa, johon Liikennevirasto oli julkaissut esimerkkilomakkeet mittauksista käytettävistä lomakkeista. Näitä mallilomakkeita muutettiin toimeksiantajan tarpeiden mukaiseksi ja niihin lisättiin

älytoimintoja, joissa käytettiin hyväksi Excelin funktio- ja taulukkolaskentaominaisuuksia.

Lomakkeisiin luotiin solut kaikkia menetelmäkuvausten edellyttämiä kirjattavia asioita varten ja soluja muokattiin toimeksiantajan esittämien toiveiden mukaisiksi. Älylomakkeiden laidinnassa erityistä paneutumista myös Excelin käyttöön vaativat Excelin kaavatoiminnot. Opinnäytetyön aikana tutkittiin millä Excelin tarjoamilla kaavoilla älylomakkeiden toiminnot saataisiin parhaiten palvelemaan mittaustöissä tehtävää lomakkeiden käyttöä. Lopullisten kaavojen valintaan vaikuttivat kaavan helppo muokattavuus ja yksinkertainen muoto, joiden avulla mittaustyön mahdollista virhemarginaalia pystytään pienentämään.

4.4 Opinnäytetyön julkisen osion suunnittelu ja laadinta

Opinnäytetyön julkisen osion merkityksen arviointi on aiheellista ennen sen laatimiseen vaikuttaneiden seikkojen käsittelyä. Opinnäytetyön julkinen osio on arvioitava osa opinnäytetyötä, mutta sen lisäksi se on vedeneristystöiden ja vedeneristystöiden laadunvalvontaa käsittelevä asiateos. Julkinen osio laadittiin pitäen silmällä sen merkitystä mittaushenkilöstölle suunnattuna perusteoksena, joka tarjoaa yleistä perustietoa vedeneristyksestä ja menetelmäkuvauksista.

Julkisen osion sisällön valintaan vaikutti saatavilla olleen tiedon muutettavuus mittaushenkilöstölle muutettavaan helppolukuiseen, mutta ammattimaisen tarkkaan asuun. Jo alusta pitäen julkinen osio on pyritty laatimaan siten, että jokainen vedeneristystöiden laadunvalvontamittauksiin paneutuva työntekijä Suomen GPS-mittaus Oy:ssä voisi ammentaa opinnäytetyön julkisesta osiosta pohjatietoa vedeneristykseen liittyen.

Julkisen osion rakenne on suunniteltu loogisesti mittaustöitä ajatellen. Julkisen osion lähdeaineistoon paneutuva osa sisältää tietoa siltojen vedeneristyksen yleisestä rakenteesta, vedeneristyksen rasituksista ja vedeneristysmateriaaleista. Taustaosioon on myös koottu InfraRYL 2006 Osa 3:n mukaiset yleiset laatuvaatimukset, joita menetelmäkuvauskohtaisesti käsitellään myös myöhemmin työn sisällössä. On tärkeää, että mittaushenkilöstö pystyisi tulevaisuudessa hyödyntämään vedeneristykseen liittyvää taustatietoa vedeneristysmittauksia suorittaessaan.

Työn julkiseen osioon on kerätty taustatiedon lisäksi jokaiseen opinnäytetyössä laadittuun työohjekorttiin liittyvä menetelmäkuvaustieto. Menetelmäkuvauksiin

kerättiin saatavilla ollut tieto sillä tarkkuudella, millä tieto on järkevintä esittää opinnäytetyön asiateosluonnetta ylläpitäen.

5 TYÖOHJEKORTTIEN ARVIOINTI

5.1 Työohjeet ja vaatimukset

Työohjekorttien rakenne pyrittiin laatimaan mittaustyön kulkua silmällä pitäen. Työohjekorteissa mittaustöiden ohjeet on esitetty loogisessa järjestyksessä itse mittaustyön etenemiseen nähden. Rakenne on pyritty luomaan sellaiseksi, että kortteja ei tarvitsisi selailta edes takaisin kenttäolosuhteissa. Ohjeet on esitetty siinä järjestyksessä, että mittajaan lukiessa työohjekorttia läpi suorittaessaan mittausta, hänen ei tarvitsisi palata luetussa tekstissä taaksepäin.

Opinnäytetyön näkökulmasta suositeltavaa on, että jokainen mittaja aloittaa työohjekorttien omaksumisen ennen varsinaiselle mittauspaikalle siirtymistä. Työohjekorttien alussa luetellaan työssä tarvittavat välineet ja mittajien olisi hyvä varmistaa, että kyseiset välineet ovat mukana siirryttäessä mittauspaikalle. Mikäli työohjekorttien käyttöä ei pystytä Suomen GPS-Mittaus Oy:n toiminnassa sisäistämään sellaiseksi, että kortit luettaisiin läpi hyvissä ajoin, seuraa niiden käytössä ongelmia.

Korteissa luetellaan ennen varsinaista mittausohjetta mittausten määrät, paikat ja ajankohdat. Näin vältetään niin sanotun turhan työn tekemiseltä, kun mittaushenkilöstöllä on jo ennen varsinaisen mittauksen aloittamista käsitys siitä, miten paljon mittauksia täytyy milloinkin suorittaa. Tämä koskee erityisesti korttien käyttöä tilanteissa, missä kortin täydelliseen opiskeluun ei ole ollut mahdollisuutta, vaan kentälle lähdetään suorittamaan mittauksia puhtaasti kortin ohjeiden varassa.

Mittausohjeet on korteissa lueteltu seikkaperäisesti ja yksityiskohtaisesti siinä järjestyksessä, missä mittaukset etenevät. Ennen kuin sillan kannen rakenteisiin joudutaan tekemään mittaustyön vaatimia toimenpiteitä, on korteissa lueteltu, miten ja miksi kyseinen toimenpide tehdään. Mittausvälineisiin liittyvät valmistelevat työt on lueteltu vaihe vaiheelta siten, että luotettavaan mittaukseen voidaan ryhtyä työohjekorttien mittausvälineille edellyttämien välttämättömien toimenpiteiden jälkeen. Varsinaisen työn suorittamiseen liittyvät ohjeistukset on lueteltu siinä järjestyksessä missä työ suoritetaan, eikä korttia noudattamalla virhemarginaalia teoriassa ole.

Työohjekorteissa esitetty tieto on pyritty esittämään siten, ettei tietoa voida tulkita monella tapaa. Mikäli kortissa ei ole suoraa tietoa annettu, on kirjallisuusviitteet pyritty

laatimaan sellaisiksi, etteivät kortteja työssään käyttävät mittajat voi tulkita työohjekortteja eri tavoin.

Vaatimuksista on työohjekorteissa esitetty InfraRYL:ia vastaavat arvot, joten tulkinnanvaraa ei vaatimuksissa ole. Lisäksi korteissa esitetty mittausohjeistus ja tuloksien kirjaaminen on laadittu siten, että näitä ohjeita noudattamalla mitatut tulokset vastaavat yksiköiltään ja laadultaan InfraRYL:n vaatimuksenmukaisuuden osoittamisen vastaavia arvoja.

5.2 Kenttä- ja älylomakkeet

Kenttälomakkeiden laadinnassa on otettu huomioon Suomen GPS-Mittaus Oy:n tarpeet. Kenttälomakkeiden rakenteellinen jaottelu on selkeä, ja ne on pyritty suunnittelemaan siten, että niiden täyttäminen mittauksen aikana olisi mahdollisimman helppoa ja vaivatonta. Työohjekorttien yhteyteen on myös laadittu ohje kenttälomakkeiden täyttämistä. Mikäli mittaja pystyy ohjeen sisäistämään ennen kenttälomakkeen täyttämistä, ei väärille kirjauksille ja asioiden kirjaamatta jättämiselle jää suurta mahdollisuutta.

Älylomakkeet on laadittu työohjekorttien rinnalle mittaukseen helpottaviksi työkaluiksi. Älylomakkeet oikein täytettynä ilmoittavat välittömästi laskennalliset mittaus tulokset, sekä täyttyvätkö vaatimukset kunkin mittauksen osalta. Täytetyt älylomakkeet voi myös tulostaa ja liittää tutkimusraportin liitteeksi. Tällä tavoin mittauksen tilaaja saa selkeän ja asiallisen kuvan mittaus tuloksista.

Opinnäytetyössä ei ollut tarkoituksena sisällyttää älylomakkeisiin kaikkia mahdollisia mitatuille suureille suunnattuja laskutoimituksia. Sen sijaan älylomakkeisiin asianmukaisesti täytetty tieto on taulukkolaskentaohjelman käyttäjän saatavilla helposti ja vaivattomasti. Taulukkolaskentaan harjaantunut mittaja pystyy selvittämään täytetyistä soluista helposti myös keskiarvoja ja tuloksien hajontaa, mikäli siihen on tarvetta. Toimeksiantaja toivoi, että älylomakkeiden toimintaa muokattaisiin siten, että mahdollinen vedeneristysrakenteiden vaatimuksenmukaisuus tulisi mahdollisimman helposti selvitettyksi, ja tätä varten älylomakkeisiin on lisätty erillinen, vaatimuksenmukaisuuden osoittava sarake. Jokaisessa kortissa sarake käyttää hyväksi Excelin kaavatoimintoja ja vertailee saatuja mittaus tuloksia tai niistä laskettuja arvoja InfraRYL:n vaatimuksiin. Sarakkeen solut ilmoittavat vaatimuksenmukaisuuden täytymisestä ja varoittavat vaatimuksia huonommista tuloksista.

5.3 Tutkimusselostusohje

Jokaisen työohjekortin yhteydessä on myös ohje tutkimusselostuksen laadintaan. Tutkimusselostus toimii mittaajan allekirjoittamana juridisena dokumenttina mittauksen suorituksesta ja sen lopputuloksista. Tutkimusselostusohjeeseen on koottu yhteen tutkimusselostukseen kirjattavat kohdat. Tutkimusselostusohjeen pohjana on käytetty Liikenneviraston ohjetta sillan vedeneristystyömaan laadunvalvontamittauksista, VTT:n ja päällystealan neuvottelukunnan laatimia menetelmäkuvauksia sekä Kyösti Laukkasen laatimaa vedeneristyksen laadunvalvontakurssin materiaalia.

Tutkimusselostuksen laadinnassa mittauksen vastuuhenkilön on helppo koota tutkimusselostusohjeesta ne asiat, jotka menetelmäkuvaus yleensä vaatii kirjattavaksi tilaajalle luovutettavaan tutkimusselostukseen. Vaikka tutkimusselostuksen laatiminen vaatii mittaajalta raakaa raportointitaitoa, on sen laatiminen helpompaa, kun käytössä on tietyt pohjatiedot, joiden pohjalta tutkimusselostus laaditaan. Tutkimusselostusohjeessa esitetyt termit ovat sidoksissa työohjeissa ja lomakkeissa esitettyihin termeihin, jolloin tutkimusselostuksen laatijan on helppo poimia täytetyistä lomakkeista oikeat tiedot tutkimusselostukseen.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sillan vedeneristystöiden laadunvalvonta mittauksiin liittyy monia seikkoja, jotka pitää mittauksen suorituksessa ottaa huomioon. Laadukkaalla mittaustyöllä varmistetaan kuitenkin vedeneristuksen vaatimuksenmukaisuus nopeasti ja kustannustehokkaasti. Työohjekortteihin perustuva mittaustyö voi parhaimmillaan olla sujuvaa ja yksinkertaista, joskin se myös vaatii mittaajalta tarkkuutta ja huolellisuutta. Mittaustyössä korostuu tässä suhteessa huomion kohdistaminen oikeisiin asioihin ja mittaustulosten ymmärtäminen. Vaikka mitatut arvot eivät välttämättä kerro asiaan perehtymättömälle mitään, täytyy mittaushenkilöstön ymmärtää miksi kyseisiä mittauksia suoritetaan. Vieläkin tärkeämpää on mittauksien suorittaminen oikein, jotta mittaustuloksia voitaisiin käyttää hyödyksi. Tässä suhteessa työohjekorttijärjestelmä on kätevä työväline ammattimaisten vedeneristysmittauksien suorittamisessa ja niiden tuloksien käsittelyssä. Työohjekorttien mukaan suoritettua kokeen virhemarginaali on pieni ja Suomen GPS-Mittaus Oy:n sisäistettyä työohjekorttien käytön, muuttuu mittaustyö myös kustannustehokkaaksi. Vaarana työohjekorttien käytössä on mittaustyön muuttuminen rutiininomaiseksi. Vaikka olosuhteet muuttuisivat, pyrkii pitkään työohjekortteja käyttänyt henkilö toimimaan työohjeiden mukaisesti, pohtimatta kuitenkaan olosuhdemuutoksista johtuvia muutoksia koejärjestelyyn ja mittauksen suoritukseen. Rutiininomaisella työskentelyllä voi olla myös positiivinen vaikutus mittauksen kulkuun. Mittaustyö nopeutuu väistämättä ja kun mittaaja on alun perin oppinut työohjekorttien kautta kiinnittämään huomionsa oikeisiin asioihin, säilyvät nämä huomiopisteet myös rutiininomaisessa työskentelyssä.

Työohjekorttijärjestelmän käyttöönotto vaatii yritykseltä ylimääräisen työpanoksen, jotta korttien käyttö saadaan osaksi jokapäiväistä mittaustyötä. Oikein käytettynä kortit voivat kuitenkin tarjota mahdollisuuden nopeaan, laadukkaaseen ja kustannustehokkaaseen mittaustyöhön. Tulevaisuudessa kortit sisällytetään osaksi Suomen GPS-Mittaus Oy:n laatujärjestelmää, jolloin ne toimivat dokumentoinnin välineellä tilaajalle. Lisäksi ne parantavat yrityksen tarjoaman mittaustyön laatua yrityksen sisäisen laadunhallinnan kautta.

LÄHTEET

Liikennevirasto 2010. .Tietoa teistä ja liikenteestä. Sillat. [Viitattu 7.4.2011]
Saatavissa

http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?_pageid=71&_dad=julia&_schema=PORTAL30&menu=5200&_pageid=71&linkki=1021&julkaisu=553&kieli=fi

InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset osa 3. Sillat ja rakennustekniset osat. 2006 Rakennustieto Oy. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

PANK 5103. Päällysteen pintaominaisuudet. Makrokarkeus, lasihelmimenetelmä. Päällystealan neuvottelukunta, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, liite 1.

Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus TIEH 2200059-09. Toteuttamisvaiheen ohjaus. Helsinki 2009: Liikennevirasto.

Siltojen korjaus SILKO. Kannen pintarakenteet, Vedeneristykset 1. 1998. Helsinki: Tiehallitus, suunnitteluosasto, siltayksikkö.

Suomen GPS-Mittaus Oy. Yritysesittely. [Viitattu 20.2.2011]. Saatavissa <http://www.sgmconsulting.fi/>

Suomen GPS-Mittaus Oy. Tilinpäätös 2010.

VTT 2650 – 2001. Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivatuspunnitusmenetelmä, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, liite 3.

VTT 2651 – 2001. Vedeneristyksen ja eristysalustan välisen tartuntalujuuden mittaus työmaalla. Tartuntavetokoe, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, liite 4.

VTT 2654 – 2001. Betonisen siltakannen tiivistysepoxin vesitiiveyden mittaus. Matalajännitemenetelmä, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, liite 5.

VTT2651 – 2001.ERISTYKSEN JA ERISTYSALUSTAN VÄLISEN
TARTUNTALUJUUDEN MITTAUS TYÖMAALLA. TARTUNTAVETOKOE

1 TARVITTAVAT MITTAVÄLINEET

1. **Vetolaite**, joka pystyy tuottamaan eristekerroksen irroittamiseen vaadittavan voiman. Suomen GPS-mittauksen käyttämä vetolaite on Proseq Dyna Z
2. **Vetolaitteen vetolaikat**, jotka ovat halkaisijaltaan 50mm. Halkaisijaltaan tämän mittaiset vetolaikat soveltuvat kermille suoritettavaan vetokokeeseen. Muille eristyskerroksille tarvittavat laikat valitaan seuraavanlaisesti:
 - a. Tiivistysepoksille valitaan halkaisijaltaan 28mm tai 20mm vetolaikat
 - b. Massaeristyksille ja suojakerrokselle valitaan halkaisijaltaan 28mm vetolaikat
3. **Liimaa**, jolla laikat liimataan kiinni eristykseen. Sopiva liima valitaan eristyskerroksen mukaan. Liiman pitävyyttä voidaan haluttaessa testata ennen varsinaisen mittauksen suorittamista.
4. **Vetolaikan tartuntapinnan karhennukseen tarvittavat välineet**, kuten hiekkapaperi. Lisäksi tartuntapinnan puhdistukseen tarvitaan harja ja liina.
5. **Reunojen leikkaamiseen vaadittavat työkalut**.
 - a. Kermillä reunat leikataan esimerkiksi mattoveitsellä. Tarvittaessa käytetään myös koukkuterällä varustettua mattoveistä.
 - b. Tiivistysepoksilla, massaeristyksellä ja ohutkerroseristyksellä irroittamiseen tarvitaan porakone, reikäsaha ja sekä sahauksen ohjain. Sahauksen ohjain voidaan rakentaa vanerista tai kovasta muovista.
6. **Lämpömittari**, jolla eristepinnan lämpötila mitataan. Suomen GPS-mittauksella käytössä on laserosoittimella varustettu infra-punamittari.
7. **Lämmitysvälineet**, joilla liimauspinta tarvittaessa lämmitetään.
8. **Paikkausvälineet**, joilla mittausreiät paikataan. Kermieristeen mittausreikä paikataan kermillä, jonka lämmittämiseen tarvitaan kaasupoltin. Massaeristyksille

ja tiivistysepoksille paikkaukseen tarvitaan samaa eristeainetta, mitä itse eristyksessä on käytetty.



Kuva 2. Vetolaite. Suomen GPS-mittaus Oy:n käyttämä Proceq Dyna Z vetolaite. Valokuva Matti Sutinen 2011.

1. Säädettävät jalat
2. Vetokammen kiinnitysosa
3. Vetotangon kiinnitysosa
4. Runkolevy
5. Digitaalinen manometri
6. Vetotangon säätöpyörä

2 MITTAUS TYÖMAALLA

2.1 Mittausten määrä, paikat ja ajankohdat

1. **Mittausten määrä tarkistetaan urakka-asiakirjoista.** Kysy lisätietoja tarvittaessa vastaavalta työnjohtajalta.
2. Mittauspaikat valitaan siten, että koko sillan peittävästä eristyksestä saadaan **kattava kuva.** Jokaista alkavaa 1000m² aluetta kohden mittauksia suoritetaan 3 x 2kpl. Mittauspaikat jaetaan tasaisesti koko siltakannen eristetyille alueelle. Koska eristysalustan kosteus vaikuttaa eristyksen tartuntalujuuteen, on mittauspaikat hyvä valita alueilta, jonne vesi luonnollisesti virtaa. Näitä ovat esimerkiksi sillan kuivatukseen liittyvät alueet, jonne pintavedet valuvat. Varaudu myös liimaamaan jokaiselle mittauspaikalle vähintään 3 vetolaikkaa. Mikäli sääolot ovat sellaiset, että eristyksen tartuntalujuus on syytä kyseenalaistaa, liimataan jokaiselle mittauspaikalle 5 vetolaikkaa lähekkäin.
3. **Mittausajankohdista esitetään vaatimus urakka-asiakirjoissa.** Sovi mittausajankohdasta lisäksi työmaasta vastaavan henkilöstön kanssa.

2.2 Mittaus eristyksille

1. Mikäli on mahdollista vetokoe pyritään suorittamaan alus- ja pintakermille. Kun mittauspaikat on valittu, **varmista, että eristyspinnan lämpötila on +5 ja +25 asteen välillä.** Lämpötilan mittaamisen voit suorittaa infrapunamittarilla.
2. **Kermieristyksen pintaa ei saa karhentaa,** ennen vetolaikkojen liimauksen aloittamista. Massaeristyksen, epoksitiivistyksen ja ohutkerrospäällysteen pinta karhennetaan esimerkiksi hiekkapaperilla.
3. Puhdista eristyksen pinta pölystä ja roskista esimerkiksi harjalla.
4. Pehdy käytettävissä olevan liiman käyttöohjeisiin, ennen kuin aloitat liimaamisen. Kun olet varmistunut liiman toimivuudesta, **liimaa vetolaikat kermiin lähekkäin toisiaan,** kuitenkin niin, että mahdut työskentelemään vetolaitteen kanssa vetolaikkojen välissä. **Massaeristykseen, epoksitiivistykseen ja ohutkerrospäällysteisiin laikat liimataan vasta reunojen irtileikkaamisen jälkeen.** Mikäli liiman kuivumista halutaan nopeuttaa esimerkiksi sääolojen

vuoksi, voidaan vetolaikka lämmittää 40 asteeseen ennen liimausta. Tarkista kuitenkin lämmityksen sopivuus liimalla ennen lämmityksen tekemistä.

5. Poista vetolaikan ja eristyspinnan välistä pursunut liima ennen sen kovettumista.

6. **Kun olet liimannut vetolaikat, leikkaa veitsellä vetolaikan reunoja pitkin ura aina eristysalustaan asti.** Vetolaikan ympärille on myös syytä leikata 3-5cm leveä kaista, josta kermieristys poistetaan eristysalustaan asti. Näin voidaan silmämääräisesti varmistaa vetolaikan kiinnitys eristyspintaan. Lisäksi vetokoetta suorittaessa on helpompi havaita piste, milloin eristyskerros irtoaa alustastaan. Leikkauksessa on varottava, ettei vetolaikan alla oleva kermi irtoa. Tämän takia on hyvä käyttää koukkuteräistä mattoveistä, jotta leikkausvoima saadaan kermin suuntaiseksi. Massaeristyksillä, epoksitiivistyksillä ja ohutkerrospäälysteillä vetoalueen reunat irroitetaan vetopaikan ympäriltä reikäsahalla. Reikäsahalla leikatessa saha ei saa liikku poikittain, joten leikkauksen apuna voidaan käyttää esimerkiksi vanerista rakennettua ohjainta.

7. **Jos vetolaikkaan on lämmitetty liimauksen nopeuttamiseksi, on sen jäähdyttävä ympärillä vallitsevaan lämpötilaan ennen kuin vetokokeen suorittaminen aloitetaan.**

2.3 Vetokoelaitteen käyttöönotto

1. Jos vetolaitetta ei ole käytetty 2-3 kolmeen kuukauteen, liikuta vetotankoa edestakaisin, jotta se varmasti liikkuu sujuvasti. Pyöritä myös vetokampea sen toimivuuden varmistamiseksi.

2. Käännä vetokampea vastapäivään, niin että se palautuu alkuasentoon. Kun tunnet kammessa pientä vastusta, lopeta kääntäminen. Tämän jälkeen käännä kampea yksi kierros myötäpäivään vapauttaaksesi hydraulijärjestelmän.

3. Kiinnitä vetolaikkaan musta vetonuppi ja yhdistä tähän vetotangon vastakappale. Kun tanko on kiinnitetty vetonuppiin, kierrä vetokampea kunnes tunnet kevyen vastuksen. Vetolaite on tällöin alkuasennossa

4. Eristykseen kohdistuvan vetovoiman tulee olla kohtisuorassa eristyspintaa vasten, joten säädä vetolaitteen jalat siten, että jalkojen ja eristepinnan väliin muodostuu suora kulma.
5. Jalkojen säädön jälkeen löysää vetotangon yläpäässä olevaa pyörää.

2.4 Manometrin käyttöönotto ja asetusten säätäminen

Manometrissä on kaksi erillistä nappia. Vasemmanpuoleista select-nappia käytetään eri toimintojen ja yksiköiden valintaan. Oikeanpuoleista start-nappia käytetään valitun toiminnon tai yksikön valintaan. Start-nappia voidaan käyttää myös mittakellon näyttämään minimi- tai maksimiarvo mitatuista tuloksista.

1. Manometri käynnistetään painamalla select-nappia. Tämän jälkeen manometri näyttää ohjelmiston version, viimeksi mitattujen arvojen skaalan, sen hetkisen mittausarvon ja viimeisimmän mittauksen maksimiarvon.
2. Manometri on säädetty näyttämään oletusyksikkönä N/mm^2 (Laitteen ruudussa nPnn). Tarkista, että kyseinen viesti vilkkuu näytössä.



Kuva 3. Digitaalinen manometri. Proseq Dyna Z vetolaitteen mittakello ja sen näppäimet. Valokuva Matti Sutinen 2011.

2.5 Vetokokeen suoritus

1. Ennen kokeen aloitusta varmista, että vetokokeen valmistelevat työt on suoritettu.
2. Kytke digitaalinen manometri päälle ja varmista, että manometri on säädetty kappaleen 2.4 ohjeiden mukaisesti
3. Select-nappia painamalla vetolaite aktivoituu mittaustilaan
4. Aloita vetokamman kiertäminen myötäpäivää. Tällöin vetovoima eristuspintaa ja vetolaikkaa kohden alkaa lisääntyä sitä myötä, kun vetokampea käännetään. Vetovoimaa tulee lisätä noin $4,8\text{N/mm}^2/\text{min}$. Vedon aikana pitää varmistua, ettei eristuspintaan kohdistu vedon lisäksi vääntöä. Näin ollen varmista, ettei vetokoe pääse pyörimään mittauksen aikana.

5. Vetokampea käännetään tasaisesti ja samalla tarkkaillaan vetolaikkaa. Kun 2 kN voima täyttyy tai eristyskerros irtoaa alustastaan, koe lopetetaan ja manometrin näytöltä katsotaan eristyksen irtoamiseen vaadittu voima.
6. Mittaajan täytyy irtoamisen tapahtuessa tutkia irtoamispinta. Mikäli eristyksen irtoamispintoja on monia (eristys irtoaa esimerkiksi puoliksi eristyksen ja eristysalustan saumasta, ja puoliksi betonin sisältä) kirjataan irtoamispintojen suhteet, esimerkiksi betoni 50%, kermin alareuna 50%

2.6 Lopettavat työt

Mittauksien jälkeen mittauspaikoille syntyneet reiät paikataan. Kermieristykseen syntynyt reikä paikataan kermipalalla, jonka liimauksessa on otettava huomioon riittävä limitys.

Massaeristyksille, epoksitiivistyksille ja ohutkerrospäällysteille paikkaukseen käytetään samaa massaa, mitä itse eristys on.

3 KENTTÄLOMAKE JA SEN TÄYTTÖ

3.1 Kenttälomakkeen täyttäminen

Kenttälomake on tehty mittaajan avuksi helpottamaan mittaustyön kirjanpitoa ja tulosten yhteenkokoamista. Lomakkeesta on kaksi eri kopiota. Paperinen lomake on tarkoitus täyttää sitä mukaa, kun mittaustyöt etenevät ja sähköinen lomake on tulosten tarkastelua ja kokoamista varten. Valmiiseen tutkimusselostukseen liitetään kopio täytetystä kenttälomakkeesta ja tuloste sähköisesti täytetystä lomakkeesta.

3.1.1 Kohteen tiedot

Kenttälomakkeen täyttö aloitetaan kirjaamalla ylös mittauskohteen tärkeimmät tiedot. Tilaajakenttään täytetään mittaustyön tilanteen tahon tiedot. Mittaajan tietokenttään täytetään mittaajan ja mahdollisen mittausapumiehen tiedot. Mittaustyön suorittamisesta täytetään lisäksi erillinen mittauspäiväkirja, jonka rakennushankkeen vastaava työnjohtaja allekirjoittaa ja hyväksyy mitatut suuret. Työmaan nimi-kenttään täytetään työmaan yksilöivät tiedot, esimerkiksi rakennushankkeen nimi, mahdollinen paalulukema tai muu siltatyömaan yksilöivä tieto. Työmaan numerolle varattu kenttä käytetään mahdollisen litteran ilmoittamiseen laskutustyön helpottamiseksi.

Mittauspäivämäärä-kenttään kirjoitetaan tarkka päivämäärä, milloin mittaus on suoritettu. Mikäli mittauksia on suoritettu useampana päivänä, merkitään kyseessä olevat päivämäärät päivämäärä-kenttään. Mittausaikaan merkitään kellonaika, milloin mittauksia on suoritettu.

3.1.2 Mittausmenetelmään liittyvät tiedot

Mittausmenetelmään kirjattavat tiedot ovat mittauksen kannalta keskeisiä asioita, jotka tulee kirjata jokaisen mittauksen yhteydessä. Tiedot liittyvät olennaisesti mittauksen lopputuloksiin ja niitä on syytä käsitellä mittausten tulosten käsittelyn yhteydessä.

Tutkittavan eristeen tyyppi määrää sen, miten mittaus suoritetaan. Erityyppisillä eristeratkaisuilla on myös erilaiset tartuntalujuusvaatimukset, joten mittaajan on tärkeä tietää, minkätyyppisen eristeen kanssa ollaan tekemisissä.

Tartuntavetolaitteen tietoihin täytetään mittauksessa käytetyn tartuntavetolaitteen merkki ja malli sekä lisäksi viimeisimmän kalibroinnin päivämäärä. Mikäli mitatuissa tuloksissa ilmenee epäselvyyksiä, voi tähän vaikuttaa esimerkiksi puutteellinen tai liian kauan sitten suoritettu

kalibrointi. Vetolaitteen kalibrointitodistuksen voi myös esittää liitteenä työn tilaajalle, mikäli sitä pyydetään.

Liiman tyyppi vaikuttaa vetolaikan tartuntaan eristepintaan. Mikäli liimatyyppejä on valittu väärin, vetolaikka repeää ennen aikaisesta eristyspinnasta ja kyseinen veto epäonnistuu. Kun sopiva liimatyyppejä löydetään esimerkiksi esivetojen avulla, kirjataan se kenttälomakkeeseen. Tästä on hyötyä myös jatkomittauksien suorittamisessa, kun hyväksi havaitut liimat on kirjattu ylös. Liiman kuivumisaika on syytä kirjata ylös, jolloin jokaiselle liimatyypille voidaan myöhemmin kirjata ominaiskuivumisajat ja mittauskäytien ajantarpeen selvittäminen helpottuu.

Vetonopeuteen kirjataan vetovoiman lisäys sekuntia kohden, joka mittausmenetelmän ohjeen mukaisesti kuuluu olla $4,8 \text{ N/mm}^2/\text{s}$.

3.1.3 Olosuhteet

Mittausolosuhteisiin kirjataan mittauspäivän vallitsevia olosuhteita. Sää voi vaikuttaa vedeneristeen tartuntalujuuteen, ja siksi sään kannalta poikkeavat ilmiöt on hyvä kirjata ylös.

Ilman lämpötilalla tarkoitetaan ympäröivän ilman lämpötilaa. Sitä ei tule sekoittaa eristepinnan lämpötilaan, jolla on keskeinen merkitys eristyksen tartuntalujuutta määritettäessä ja tartuntavaatimusta tarkistettaessa. Ilman lämpötila tulee kuitenkin olla mittajaan tiedossa varsinkin, jos aiemmin mainittua vetolaikan esilämmittämistä käytetään hyväksi vetolaikan ja eristepinnan liimauksen kuivumisen edistämiseksi. Lisäksi korkea ilman lämpötila voi nostaa myös eristepinnan lämpötilaa, ja aiheuttaa tartuntalujuuden laskemista.

Säätiöjen kirjaamisella kartoitetaan mahdollisesti vedeneristyksen tartuntalujuuteen vaikuttavia seikkoja. Yksi selkeimmiten eristyksen tartuntalujuuteen vaikuttava ilmiö etenkin kermieristyksillä on voimakas auringonpaiste. Suora auringonvalo lämmittää tummaa kermiä huomattavasti, jolloin kermin pintalämpötila voi nousta reilusti yli sallittujen rajojen, jolloin taulukoissa annetut tartuntalujuusvaatimukset eivät enää päde. Muita esimerkiksi mittauksen suorittamiseen vaikuttavia sääilmiöitä ovat esimerkiksi puuskittainen ja kova tuuli, vesisade ja sumu. Ilman suhteelliseen kosteuteen kirjataan mittajaan tiedossa oleva kosteus mittauspäivänä. Huomaa, että suhteellinen kosteus voi vaihtella paljonkin päivän mittaan.

Kenttälomakkeeseen tulisi lisäksi kirjata huomautuksia ja havaintoja kaikista mittaukseen vaikuttavista tekijöistä. Näiden kirjaaminen ylös on välttämätöntä siksi, että mikäli jälkikäteen ilmenee ongelmia mittauksen tulosten tai suorittamisen vuoksi, voidaan oikein täytetyllä kenttälomakkeella saada mittauspäivän olosuhteista mahdollisesti selventävää lisätietoa.

3.1.4 Mittaustulokset

Mittaustulokset kirjataan niille varattuihin sarakkeisiin:

1. Pituussuunnalla tarkoitetaan mittauspisteen sillan suuntaista etäisyyttä sillan eristetyn alueen jommasta kummasta päästä. Pääty voidaan valita itse, mutta mittajaan täytyy kirjata pituussuuntaiset etäisyydet samasta päädyistä koko mittauksen ajan, jotta mittaustulokset ovat yhdenmukaiset.
2. Leveysuunnalla tarkoitetaan mittauspisteen etäisyyttä sillan jommasta kummasta reunasta. Reuna voidaan valita itse, mutta mittajaan täytyy kirjata leveysuuntaiset etäisyydet samasta reunasta koko mittauksen ajan, jotta mittaustulokset ovat yhdenmukaiset.
3. Tartuntalujuuden sarake on tarkoitettu eristyksen irrottamiseen vaadittavan voiman kirjaamiseen. Mikäli kermi ei irtoa lainkaan vetokokeen aikana, kirjataan sarakkeeseen suurin vetovoima, millä kermiä on vedetty.
4. Pintalämpötilan sarakkeeseen kirjataan kunkin mittauskohdan eristyspinnan pintalämpötila ennen vedon aloittamista. Pintalämpötilan kirjaaminen on tärkeää, koska sen perusteella määräytyy tartuntalujuusvaatimus.
5. Tartuntavaatimuksen sarakkeeseen kirjataan kunkin mittauskohdan lämpötilaan perustuva tartuntalujuusvaatimus. Varmista myös, mitä tartuntalujuusvaatimusta mitattavan eristeen tapauksessa käytetään.
6. Poikkeama voidaan määrittää sähköisesti tietokoneella tartuntavetokokeeseen tarkoitettulla Excel-älylomakkeella tai vaihtoehtoisesti laskea itse.

4 VAATIMUKSET

4.1 Vaatimus kermieristyksille

Seuraavassa taulukossa on esitetty tartuntalujuusvaatimus kermieristyksille. Vaatimus muuttuu suhteessa pintalämpötilaan, joten pintalämpötilan tarkka mittaaminen on edellytys luotettaville koetuloksille ja tätä kautta rakenteen hyväksymiselle.

Eristysalustan pintalämpötila (°C)	Tartuntalujuusvaatimus (N/mm ²)
5	1,06
6	1,00
7	0,95
8	0,90
9	0,85
10	0,81
11	0,77
12	0,73
13	0,69
14	0,65
15	0,62
16	0,58
17	0,55
18	0,52
19	0,50
20	0,47
21	0,45
22	0,42
23	0,40
24	0,38
25	0,36

Taulukko 2. Kermieristyksen tartuntalujuusvaatimus. InfraRYL 2006. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat.

4.2 Vaatimus nestemäisinä levitettäville eristyksille

Nestemäisenä levitettäville eristyksille, ei ole selkeää lämpötilan mukana muuttuvaa tartuntalujuusvaatimusta. Kun vetokokeet suoritetaan ohjeen mukaisesti +5 ja +25 celciuksen lämpötilassa voidaan nestemäisenä levitetyn eristyksen tartuntalujuudesta antaa seuraava vaatimus

1. Mitattujen kohtien keskimääräinen tartuntalujuus eristysalustaan tulee olla

$$\geq 1,2\text{N/mm}^2$$

2. Jokaisen mitatun kohdan tartuntalujuus tulee olla

$$\geq 1,0\text{N/mm}^2$$

5 TUTKIMUSSELOSTUKSEN LAATIMINEN

Jokaisesta suoritetusta mittauksesta mittaaja laatii tutkimusselostuksen. Tutkimusselostus laaditaan esimerkiksi Word-tekstinkäsittelyohjelmalla ja sen tulee sisältää seuraavat asiat, jotka mittaaja allekirjoittaa.

- Mittauskohteen tunnistustiedot joilla mittauskohde yksilöidään. Näitä ovat esimerkiksi tien numero, sillan nimi, tien nimi, työmaan nimi ja kunta jonka alueella mitattava kohde on
- Tilaajan tiedot, jotka sisältävät tilausnumeron ja tilauspäivämäärän
- Erityisurakoitsijan tiedot (tällä tarkoitetaan sillan vedeneristystöiden urakoitsijaa)
- Eristyksen rakennetyyppi, esimerkiksi kermieristys ja mastiksieristys
- Tutkimusmenetelmän tyyppi, esimerkiksi viiltokoe ja tartuntavetolaite
- Tutkimusajankohta
- Sää tiedot, esimerkiksi auringonpaiste ja lämpötila
- Koetulokset jokaisesta mittauspaikasta. Nämä tulokset sisältävät
 - Tartuntalujuuden arvon (N/mm²) sekä irtoamispinnan tyyppin, esimerkiksi kermin alareuna, betoni tai liima
 - Eristysalustan pintalämpötila
 - Mittauksen kellonaika
- Mittauksen tuloksiin vaikuttavat tekijät, esimerkiksi kostea ilma
- Vetoreikien paikkauksen tiedot, esimerkiksi paikkausmateriaali
- Tutkimuksen vastuuhenkilö ja hänen yhteystietonsa

6 KIRJALLISUUSVIITTEET

Tämän työohjekortin laatimiseen on käytetty seuraavia teoksia:

Liikennevirasto. Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus TIEH 2200059-09. 2009 Helsinki: Edita Prima Oy

VTT 2651 – 2001. Vedeneristysten ja eristysalustan välisen tartuntalujuuden mittaus työmaalla. Tartuntavetokoe.

Laukkanen, Kyösti. Vedeneristystöiden laadunmittauskurssi. 2007. Espoo: VT

www.savonia.fi

