

Alexi Romppainen

Siltojen vedeneristäminen



Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Kevät 2016



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä(t): Aleksi Romppainen

Työn nimi: Siltojen vedeneristäminen

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennustekniikka

Asiasanat: Sillat, vedeneristys, muotoiluvalu, epoksitiivistys, kermieristys, mastiksieristys, nestemäisenä levitettävä eristys.

Opinnäytetyössä kuvataan betoni- ja teräskantisten siltojen vedeneristämisen eri työtapoja ja mahdollisuuksia, joita siltojen vedeneristämisessä Suomessa käytetään. Työssä kerrotaan siltojen vedeneristämisen yleisimmistä ongelmista ja niiden aiheuttajista.

Savon Kuljetus Oy on kuljetus- ja infra-alan monialayhtiö, joka toimii Suomessa useiden maakuntien alueella. Savon Kuljetus Oy:n infrarakentamisen toimialan yhtenä painopisteenä on sillanrakentaminen sekä näiden peruskorjaus. Yksi tärkeimmistä osa-alueista sillanrakentamisessa sekä -korjauksessa on vedeneristäminen, ja useimmat siltojen rakennevirheistä johtuvatkin juuri vedeneristysten puutteista tai työvirheistä.

Tämän opinnäytetyön aiheena on siltojen vedeneristämisen oikeaoppisten työtapojen ja työvaiheiden kuvaaminen ja siinä painotetaan vedeneristystyön laatuun liittyviä näkökulmia. Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia toimeksiantajan, Savon Kuljetus Oy:n, oppaana sillanrakentamisessa ja -korjauksessa. Opasta voivat hyödyntää vedeneristämistyöntilaaajat ja -valvojat sekä työntekijät. Siihen on koottu ohjeita, määräyksiä ja laatuvaatimuksia vedeneristämisen työvaiheisiin liittyen. Oppaaseen on myös tuotettu toimeksiantajalle työ- ja laadunvarmistusohjeet nestemäisinä levitettävien eristeiden käyttämiseen siltatyömailla.

Työssä painotetaan laadunvalvonnan tärkeyttä eri työvaiheiden aikana ja kerrotaan työaikana suoritettavista laatumittauksista ja -dokumentoinneista. Ohjeet ja määräykset on kerätty Liikenneviraston siltojen korjausohjeista (SILKO) sekä Rakennustiedon InfraRYL-laatuvaatimusjärjestelmästä. Lisäksi opinnäytetyössä esitellään Suomessa käytössä oleva siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjien henkilösertifiointijärjestelmä.

ABSTRACT

Author(s): Aleksi Romppainen

Title of the Publication: Waterproofing of Bridges

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Keywords: Bridges, waterproofing, shape casting, epoxy sealing, bitumen membrane, mastic insulation, liquid insulation

This thesis described various methods and possibilities used in the waterproofing of concrete and steel covered bridges in Finland. In addition, the thesis described the most common problems and their causes on the waterproofing of bridges.

Savon Kuljetus Oy is a Finnish conglomerate which is operating in the fields of logistics and infrastructure. One of their focus points in infrastructure construction is bridge construction and the renovation of bridges. Waterproofing can be seen as one of the main steps in the construction and renovation of bridges, and failures in this sub task can lead to big structural failures.

The aim of the thesis was to describe the waterproofing methods of bridges and emphasize the quality aspects in the different methods of waterproofing. In addition, the thesis will be a guide for the commissioner, Savon Kuljetus Oy, and the guide can be used by subscribers, supervisors and employees. It contains instructions, regulations and quality standards for the waterproofing work. The thesis also produced work instructions and quality assurance of liquid spreadable insulation to be used on bridges for the commissioner Savon Kuljetus Oy.

In the thesis, the importance of quality control in every stage of the waterproofing was emphasized. It included the quality measurements and documents required in waterproofing. Guidelines and regulations were collected from Transport Agency's bridge repair guidelines (SILKO) and Building Information InfraRYL – quality standards system. In addition, the thesis presented the personnel certification system concerning the waterproofing of bridges and other traffic areas.

ALKUSANAT

Suomessa rakennetaan ja peruskorjataan vuosittain satoja siltoja. Peruskorjattavissa silloissa on mukana siltoja, jotka eivät vielä ole saavuttaneet peruskorjausikänsä vaan ne korjataan jonkin ilmenneen vian tai työvirheen vuoksi. Myös viiden tai kymmenen vuoden sisällä rakennettujen siltojen pintarakenteita joudutaan avaamaan jonkin vaurioindikaattorin tullessa esille. Harmillisen usein syynä on siltakannen vedeneristystyöhön liittyvä työvirhe.

Suomessa onkin vuonna 2014 ruvettu kiinnittämään huomiota vedeneristystyöntekijöiden ja -valvojen kouluttamiseen, joka on ja tulee olemaan suuressa merkityksessä tulevaisuuden sillanrakentamiseen ja korjaukseen liittyvissä kustannuksissa.

Työhön tarvittavaa materiaalia minulla on käytössäni nykyisen työpaikkani Savon Kuljetus Oy:n aiemmista työkohteista sekä käymästäni siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristyksen työnjohtajan ja valvojan koulutuksen materiaalista.

Tämä työ toteutetaan yhteistyössä Savon Kuljetus Oy:n kanssa. Haluan kiittää opinnäytetyön toteuttamisessa mukana ollutta Savon Kuljetus Oy:n työmaapäällikköä Mikko Heikkistä asiantuntevasta opastuksesta.

Toivon tämän opinnäytetyön palvelevan vedeneristystyön tilaajia, tekijöitä ja toimittajiaakin. On kaikkien etu jos siltojen vedeneristämiseen löytyisi sellaisia menetelmiä, jotka nopeuttaisivat työtä, parantaisivat laatua, jatkaisivat käyttöikää ja näin laskisivat käyttö- sekä korjauskustannuksia.

Sisältö

1 JOHDANTO.....	1
2 SILLAT SUOMESSA	3
2.1 Betoni- ja teräskantiset sillat.....	3
2.2 Tarkastukset.....	3
2.3 Kuntoluokat	4
2.4 Korjauskustannukset.....	5
3 VESIERISTEIDEN RASITUKSET JA VAURIOT	7
3.1 Rasitukset	7
3.2 Vauriot.....	8
3.3 Vaurioiden korjaus.....	9
3.4 Korjaustavan valinta.....	10
3.5 Tutkimukset.....	10
3.5.1 Tartuntavetokoe	10
3.5.2 Kloridipitoisuuden määrittäminen	11
3.6 Vedeneristyksen paikkakorjaus	12
3.6.1 Pienet paikkaukset.....	13
3.6.2 Suuret paikkaukset.....	14
4 VEDENERISTYKSEN PERUSKORJAUS	16
4.1 Viettokaltevuudet.....	17
4.2 Vanhan eristysalustan purkaminen	17
4.3 Muotoiluvalu	20
4.3.1 Muotoiluvalujen ongelmat.....	20
4.3.2 Muotoiluvalun halkeiluun ja tartuntaan vaikuttavia tekijöitä ...	21
4.3.3 Muotoiluvalun olosuhteet.....	23
4.3.4 Betonin koostumus.....	24
4.4 Betonityön suoritus.....	26
4.4.1 Levitys ja tiivistys.....	26
4.4.2 Hierto.....	28
4.4.3 Jälkihoito	30
5 ERISTYSALUSTA	32
5.1 Alustan tasaisuus ja puhtaus.....	32

5.2 Alustan karheus.....	33
5.3 Alustan kosteus.....	37
5.4 Alustan kuivatus	41
6 VEDENERISTYS.....	43
6.1 Laatuvaatimukset	44
6.1.1 Työnaikainen suojaus	44
6.1.2 Teräskansi.....	46
6.1.3 Puukansi	47
6.1.4 Betonikansi.....	48
6.2 Epoksiivistys.....	48
6.3 Kermieristys.....	54
6.3.1 Betonikannella.....	54
6.3.2 Pohjakermi	55
6.3.3 Läpiviennit.....	57
6.3.4 Pintakermi	59
6.3.5 Teräskannella.....	61
6.3.6 Puukannella	61
6.4 Mastiksieristys.....	61
6.4.1 Betonikannella.....	62
6.4.2 Teräskannella.....	64
6.4.3 Puukannella	64
6.5 Nestemäisinä levitettävät eristeet.....	65
6.5.1 Betonikannella.....	66
6.5.2 Teräskannella.....	68
6.5.3 Puukannella	68
6.6 Eristyksen suojaus	69
6.6.1 Suoja-asfaltti, AB.....	70
6.6.2 Suojabetoni	71
6.6.3 Suodatinkangas ja hiekka	71
6.6.4 Suoja-asfaltti, VA JA KBVA	72
7 LAADUNVARMISTUS	74
7.1 Kermieristeet	75
7.2 Mastiksieristeet.....	75
7.3 Nestemäisenä levitettävät eristeet.....	76

7.4 Tartuntavetokoe	77
8 VEDENERISTÄJIEN KOULUTTAMINEN.....	80
8.1 Sertifikaatti	80
8.1.1 Työkokemus.....	80
8.1.2 Näyttöaineisto	81
8.1.3 Epoksiivistyksset ja kermieristyksset	82
8.1.4 Mastiksieristyksset ja nestemäisinä levitettävät eristyksset	82
9 YHTEENVETO	84
LÄHTEET.....	85

TERMISTÖÄ

Bitumikermieristys

Kumibitumista, tukikerroksesta ja täyteaineista valmistettu eriste. Pintavesien (irtovesi) betonikanteen imeytymisen estävä varsinainen vesieristys.

Epoksointi

Pinnan halkeamien paikkaus ja pinnan eristys vesihöyryltä sekä irtoveden kulkeutumiselta kapillaarisesti sillan alapinnasta.

Epoksi

Kaksikomponenttinen muovipohjainen aine, joka kovettuu kovetinaineen avulla.

Eristysalusta

Muotoiluvalun pinta, joka täyttää eristysalustalle annetut vaatimukset tasaisuuden, kallistusten, karheuden, kosteuden ja puhtauden perusteella ja jolle eristys voidaan suorittaa.

Kuivatusjärjestelmä

Koostuu pintavesiputkista, pintavesikaivoista ja reunasalaojista, joita pitkin irtovesi ohjataan hallitusti pois sillankannelta.

Kuumennettava kermi

Bitumikermieriste, joka liimautuu alustaan sulattamalla kaasupolttimella kermin pohjassa kiinteänä olevaa bitumia.

Liimattava kermi

Bitumikermieriste, joka liimataan alustaan kuumalla kumibitumiliuoksella.

Mastiksieristys

Kumibitumimastiksi, nestemäisenä yleensä kahtena kerroksena levitettävä vedeneristys jonka paksuus vaihtelee 15–30 mm. Valmistetaan hiekasta, kalkkikivijauheesta ja kumibitumista.

Muotoiluvalu

Sillan kannen valaminen peruskorjauksessa, jossa kannen pinta muotoillaan siten, että pintavedet (irtovesi) ohjautuvat pintavesiputkiin ja pintavesikaivoihin.

Nestemäiset vesieristeet

Polyuretaanipohjaiset, polymeerimodifioidut akryylihartsit tai polyureaeristeet, jotka ruiskuttamalla ja/tai siveltyinä levitettynä yhtenä tai useampana kerroksena korvaavat kokonaan tai osittain sillan epoksikermieristykset.

Paineentasausputkisto

Eristeen alla höyrynpainetta tasaava järjestelmä, jossa ilma pääsee virtaamaan paineentasausverkon tai paineentasauskermin avulla paineentasausputkiin.

Pintavesikaivo

Sillankannen läpi menevä vedenpoistokaivo, johon ohjataan pintarakenteen päällä kulkeva irtovesi, (tunnetaan myös käsitteellä ”syöksytorvi”).

Pintavesiputki

Sillankannen läpi menevä vedenpoistoputki, johon ohjataan eristeen päällä kulkeva irtovesi, (tunnetaan myös käsitteellä ”tippuputki”).

Reunasalaoja

Nykyisin usein ruostumaton U-profiili, joka kulkee läpi sillan pintavesiputki-
linjassa. Profiili on peitetty usein bitumikivillä.

Tärypalkki

Muotoiluvalussa käytettävä palkki jota ohjataan valuohjureita pitkin. Pal-
kissa on kiinnitettynä moottori, joka tärinällään tasoittaa ja tiivistää beto-
nimassan.

Viettokaltevuus

Veden virtaussuunnan mukainen kaltevuus.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin oppaaksi vedeneristämistyönjohtajille ja valvojille Savon Kuljetus Oy:n infrarakentamisen osastolle siltojen rakentamiseen ja korjaukseen liittyviin hankkeisiin. Opinnäytetyöhön kasattiin ohjeita useasta eri lähteestä ja sen tarkoituksena on helpottaa vedeneristämistyönjohtajien eri määräysten ja laatuvaatimusten työnaikaista tarkistamista.

Siltojen rakentamiselle ja peruskorjaukselle on annettu tarkat laadunvarmistusohjeet. Ne koottiin Liikenneviraston siltojen korjausohjeista (SILKO) sekä Rakennustiedon infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista (InfraRYL). Ohjeet kirjoitettiin tähän työhön mahdollisimman suorina lainauksina mahdollisten asia- virheiden sekä väärinymmärrysten välttämiseksi. Näin opinnäytetyö toimii parhaalla mahdollisella tavalla oppaana siltojen vedeneristyksen työnaikaisessa laadunvarmistamisessa.

Savon Kuljetus Oy on 1965 perustettu kuljetusalan yritys, joka on myöhemmin kasvattanut toimintaansa pelkästä kuljetusten tilauskeskuksesta infra-alan monialayhtiöksi. Nykyään Savon Kuljetus Oy toimii usean eri maakunnan alueella infrarakentamisen, kuljetus ja rahtiliikenteen, polttoaine myynnin, kiviaines ja multa myynnin sekä kunnossapidon saralla. Savon Kuljetus Oy:n vuosittainen liikevaihto on noin 60 miljoonaa euroa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi siltojen vesieristämisen eri materiaaleja, työtapoja ja niissä esiintyviä työvirheitä ja vaurioita sekä niiden ennaltaehkäisemistä. Sekä vedeneristämisen mahdollisuuksia, joita siltojen vesieristämässä Suomessa on määräysten mukaan mahdollista käyttää.

Siltojen rakentamisessa ja peruskorjauksessa työn tärkeimpiin osa-alueisiin voidaan lukea vesieristäminen, koska sillä on suuri merkitys siihen, kuinka pitkä elinkaari ja sen kustannukset sillalla on.

Vedeneristämistyön olosuhdevaatimukset ovat tarkat. Suomessa tällaisten olosuhteiden saavuttaminen on todella hankalaa ja varsinkin lyhytaikaista nykyisten

lyhyiden ja kosteiden kesien vuoksi. Rakentamisen kiireisten aikataulujen vuoksi uusien ja nopeampien mutta silti laadukkaiden vedeneristämistyötapojen sekä uusien menetelmien löytäminen olisi siltojenrakentajille ja -peruskorjaajille elintärkeää.

Vesieristämistyön laatuun on panostettu Suomessa entistä enemmän korkeiden korjauskustannusten vuoksi. Myös uusien tapojen tutkimiseen pitäisi sijoittaa enemmän resursseja. Muun muassa eteläisessä Suomessa on käytössä enemmän työtapoja kuin muualla Suomessa kuten nestemäisenä levitettävät eristeet. Tämä johtuu mm. siitä, että nestemäisenä levitettävät eristeet vaativat erilaiset pintarakennemateriaalit, joiden toimittaminen muualle Suomeen on usein liian kallista.

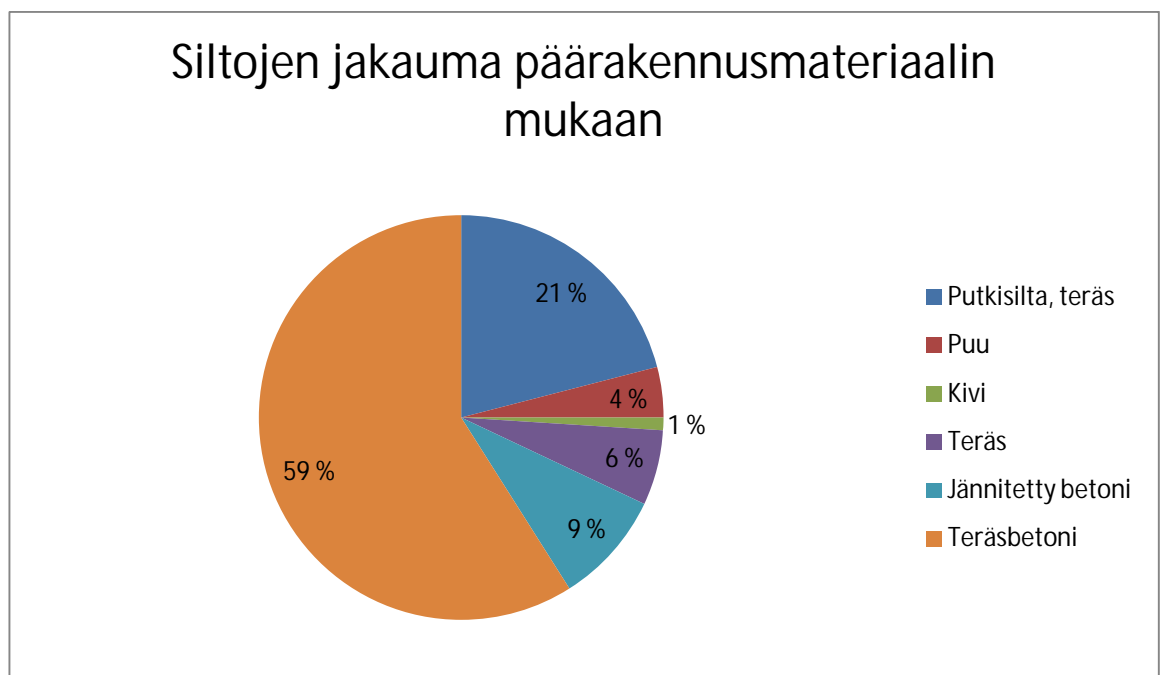
Opinnäytetyössä esitellään sillan vedeneristämisen tarpeellisuus ja käytännön merkitys sekä nykyisin voimassa olevia vedeneristämisen laatu- ja olosuhde vaatimuksia.

Työssä kuvataan sillanrakentamisen ja -peruskorjauksen työvaiheita vedeneristämisen osalta. Opinnäytetyö keskittyy Suomessa usein betoni- ja teräskantis-tiltojen vesieristämisessä käytettäviin materiaaleihin ja menetelmiin sekä vedeneristysten yleisistä vaurioista, niiden aiheuttajista ja ennalta ehkäisemisestä kertomiseen.

2 SILLAT SUOMESSA

2.1 Betoni- ja teräskantiset sillat

Liikenneviraston hallinnassa olevia siltoja on Suomessa 1.1.2015 Liikenneviraston, tekniikka ja ympäristö -osaston julkaisun ”*Liikenneviraston tilastoja 10/2015*” mukaan 15112 kappaletta. Näistä betoni- ja teräsrakenteisia siltoja on 14297 kappaletta eli selkeästi valtaosa. (kuva 1) (Liikenneviraston sillat 1.1.2015)



Kuva 1. Siltojen jakauma päärakennusmateriaalin mukaan.

2.2 Tarkastukset

Tarkastuksia, joissa mahdolliset vauriot huomataan ja kartoitetaan, siltoihin tehdään koko Suomessa vuosittain noin 2500 – 2800 kappaletta (kuva 2).

Siltojen yleistarkastusten määrä on ollut nousujohteinen vuosituhanen vaihteesta eteenpäin tarkastellen. Yleistarkastukseen kuuluu sillan mahdollisten vaurioiden kirjaaminen, päärakennosien kuntotiedot sekä yleiskuntoarvio sillasta. (Liikenneviraston sillat 1.1.2015)



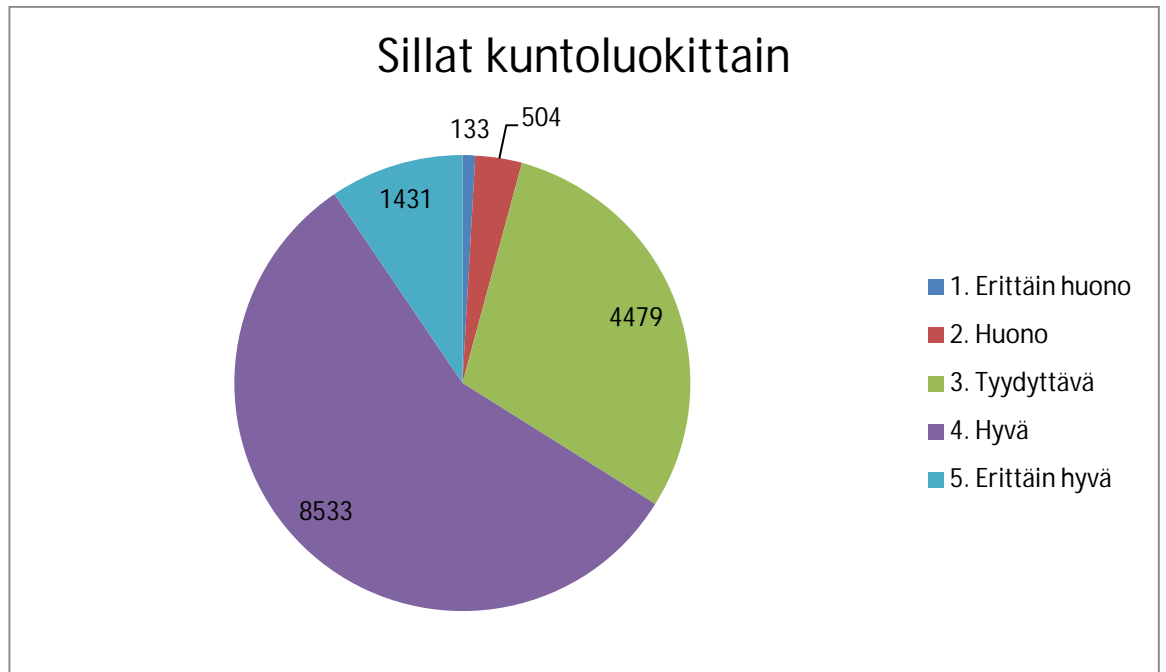
Kuva 2. Vuosittain tehdyt siltojen yleistarkastukset.

2.3 Kuntoluokat

Sillat on jaettu kuntonsa perusteella viiteen eri kuntoluokkaan. Luokitus tehdään pääasiassa, jotta sillat saadaan jaettua ylläpitotarpeiden mukaisesti (kuva 3). (Liikenneviraston sillat 1.1.2015) Kuntoluokat jaetaan:

1. Erittäin huono – peruskorjaus myöhässä
2. Huono – peruskorjaus nyt
3. Tyydyttävä – peruskorjaus tulossa
4. Hyvä – vähäistä kunnostusta

5. Erittäin hyvä – ei ylläpitotarpeita

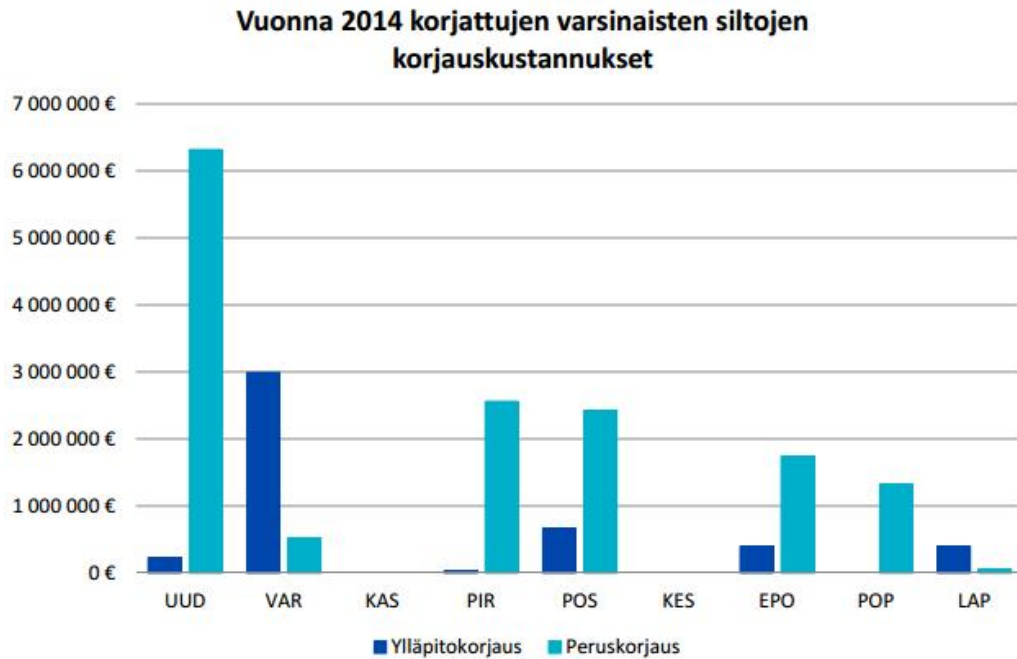


Kuva 3. Sillat kuntoluokittain.

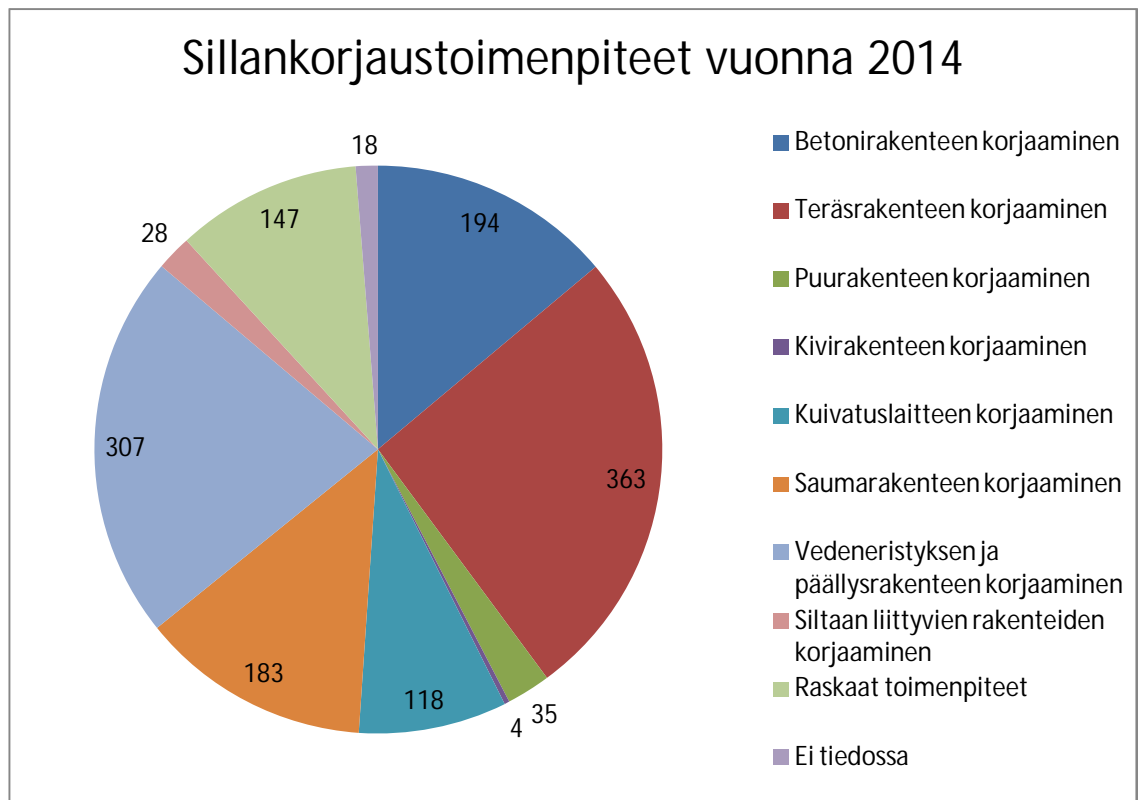
2.4 Korjauskustannukset

Vuonna 2014 Suomessa tehtiin 1400 sillankorjaustoimenpidettä (kuva 5), joista 307 toimenpidettä liittyi vedeneristyksen ja päällysteen korjaamiseen. Sen osuus kaikista sillankorjaustoimenpiteistä on toiseksi suurin ja näin ollen suuri kustannuserä siltojen ylläpitämisessä. Siellä missä liikennemäärät ovat suurimmat siltojen peruskorjauksiin sekä ylläpitokorjauksiin täytyy sijoittaa eniten rahaa.

(Kuva 4) (Liikenneviraston sillat 1.1.2015)



Kuva 4. Siltojen korjauskustannukset vuonna 2014 ELY-keskuksittain (Kuva: Liikenneviraston sillat 1.1.2015)

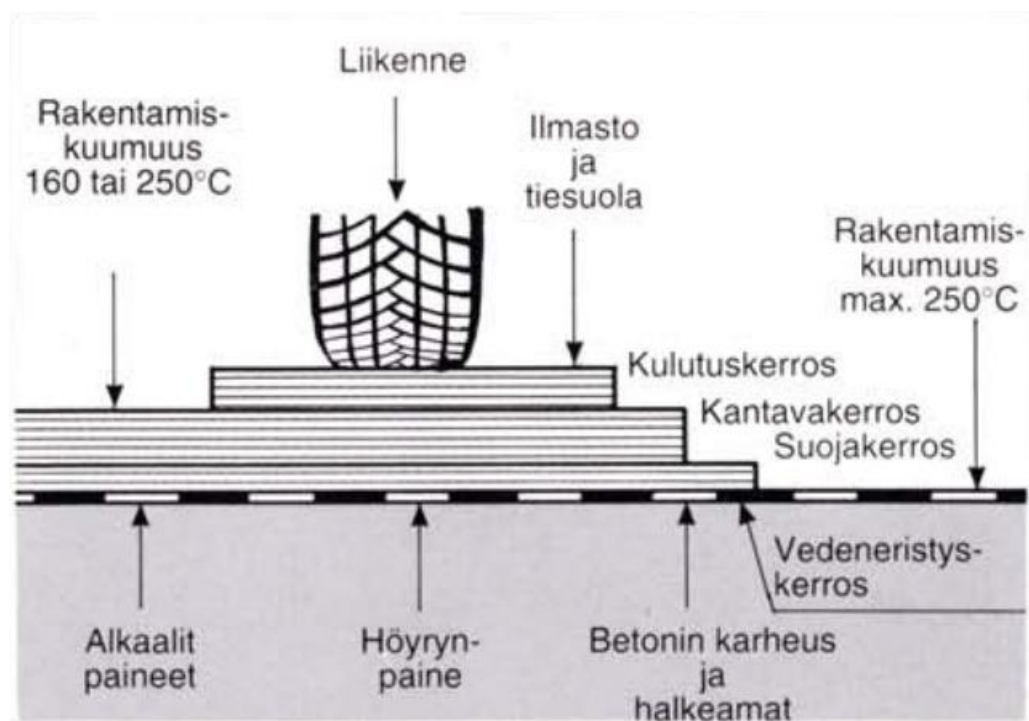


Kuva 5. Sillankorjaustoimenpiteet vuonna 2014

3 VESIERISTEIDEN RASITUKSET JA VAURIOT

3.1 Rasitukset

Suurimmat rasitteet nykyisten siltojen vedeneristeille ovat betonikanteen ylhäältäpäin tulevat ilmastovaikutukset. Tällaisia rasituksia ovat lämpötilavaihtelut ja suhteellisen kosteudenvaihtelut, vesi, jää ja lumi. Muita rasitteita ovat esimerkiksi tiesuolat sekä liikenteen aiheuttamat mekaaniset rasitteet kuten jarrutus, kiihdytys ja kääntövoimat sekä lammikoituneen veden ja liikenteen aiheuttama hydraulinen paine. Lisäksi ylimääräisinä kuormittajina toimivat rakentamis- tai korjausaikaiset pintakerrosten levityksessä käytettävät korkeat lämpötilat, pintojen jyrkimiset ja niiden aiheuttamat vauriot. Sillankannen läpi alhaaltapäin tulevat rasitteet, kuten alkalipaineet ja höyrynpaineet sekä betoninpintaan tulleet liikkuvat ja pysyvät halkeamat. (Kuva 6) (Liikennevirasto, SILKO 1.801 osa 1. 2011)



Kuva 6. Pintarakenteeseen kohdistuvat rasitukset (Kuva: SILKO 1.801 osa 1. 2011)

3.2 Vauriot

Vedeneristeen vaurioiden syntyminen on usein monen eri vaikuttajan summa. Aina ei pystytä varmuudella sanomaan jonkin tietyn asian yksistään olleen vaurion lähtökohta.

”Materiaalin vanheneminen sekä suunnittelu-, materiaali- ja työvirheet aiheuttavat laajoja vaurioita, jotka johtavat vedeneristyksen uusimiseen.” (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

Tavallisimpia vaurioiden aiheuttajia ovat:

- Eristysalusta ei ole ollut ohjeiden ja määräysten mukainen. Alusta on ollut liian kostea tai alustassa on ollut haitallisia aineita kuten työkoneista valututta öljyä tai renkaista kanteen jäänyttä kumia. Kermien asentaminen liian kostealle alustalle aiheuttaa kermin kuplimisen ja irtoamisen alustastaan. Vauriot voivat ilmetä vasta muutaman vuoden kuluttua.
- Eristyskermin tukikerros on vaurioitunut alkalisen (emäksisen) veden vaikutuksesta.
- Kaidepylväät ovat lävistäneet vedeneristyksen.
- Vedeneristys voi rikkoutua myös kannen rakenteellisten halkeamien vaikutuksesta.
- Sillassa kuivatusjärjestelmä on puutteellinen tai se ei toimi.
- Suojabetoni on vaurioitunut suolakorroosion vuoksi.

(SILKO 1.801 osa 1. 2011)

Uudemmissa silloissa, joiden suunniteltu peruskorjausikä ei ole vielä saavutettu tai vanhemmissa silloissa, jotka ovat jo peruskorjattu nykyaikaisilla menetelmillä suurimpia vaurioiden aiheuttajia ovat epoksipinnan epätiivelys tai kermin liimauksen irtoaminen. Tämä aiheuttaa pintarakenteen irtoamisen tai halkeilun.

Tyypilliset tarkastuksissa huomautetut vauriot ilmenevät vesivuotoina kansilaatan läpi, päällysteen halkeilemisena tai murenemisena sekä kansilaatan alapinnan verkkohalkeiluna. (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

3.3 Vaurioiden korjaus

Korjauksen suunnittelu perustuu vedeneristysten ongelmakohtien laajuuteen sekä olemassa olevan vedeneristeen sen hetkiseen ikään ja arvioon jäljellä olevasta käyttöiästä.

”Jos yli kolmannes vedeneristysten pinta-alasta on vaurioitunut ja vaurioita on kaikkialla sillassa, veden eristys uusitaan kauttaaltaan. Muussa tapauksessa harkitaan paikkausmahdollisuuksia.” (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

Siltojen vedeneristysten paikkakorjaaminen on usein vain ”tekohengitystä”. Mikäli sillassa havaitaan yksittäisiä vauriokohtia niin on hyvin todennäköistä, että niitä on enemmänkin. Aina kaikki vauriot eivät tule yhtä aikaa esiin ja siksi vedeneristysten korjaus paikkaamalla ei onnistu täydellisesti. Usein ainut oikea tapa korjata vedeneristys on uusida se kauttaaltaan joko epoksikermieristysnä tai neste-mäisenä levitettävänä eristysnä. (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

3.4 Korjaustavan valinta

Korjaustapa valitaan tutkimalla rakennetta. Tutkimuksia suoritetaan niin paljon, että niistä saadaan tarvittavan kattava kuva koko kansirakenteen vedeneristyksen kunnosta. Tutkimuksista saadaan aikaan arvio siitä kuinka laaja korjaustoi-
menpide on suoritettava. (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

Vedeneristyksen kunto selvitetään aina ennen sillan peruskorjausta tai päällystystä. Kannen pintarakenteet avataan tai siitä porataan lieriöt vähintään kolmesta kohdasta. Paikat valitaan niin, että niiden avulla saadaan riittävä yleiskäsitys kansilaatan kunnosta. Kansilaatan kloridipitoisuudet tutkitaan. Samalla tarkistetaan kuivatuslaitteiden kunto ja laitteiden lisäämisen tarve. Sillan kannen viettokaltevuudet vaaitaan ja selvitetään eristysalustan muotoilutarve (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

Vedeneristyksen alustan kunnostamisen työvaiheet on esitetty liitteessä 1.

3.5 Tutkimukset

3.5.1 Tartuntavetokoe

Tartuntavetokoe suoritetaan Liikenneviraston hyväksymällä tartuntavetokoelaitteella. Koe tapahtuu siten, että kansilaatan pinta hiotaan tasaiseksi noin 200 mm x 200 mm alueelta. Tämän jälkeen betoniin porataan 50 mm lieriöporalla n. 30 mm syvä reikä niin, että betonilieriö jää kiinni alapinnastaan. Betonilieriöön liima-
taan metallinen kiinnityslieriö, johon vetokoelaitte saadaan kiinnitettyä. Veto-
koelaitte tuetaan kansilaattaan ja kiinnitetään metallilieriöön siten, että betonilieriöön saadaan kohdistettua ylhäältäpäin kohtisuora vetovoima. Betonilieriötä vedetään kunnes se irtoaa pohjastaan ja vetokoelaitte näyttää ruudullaan korkeimman vetolujuuden arvon minkä betonilieriö kesti ennen irtoamistaan. (SILKO 1.231 osa 1. 2010)

Kansilaatasta on otetaan tartuntavetokokeet, joilla määritetään kannen kuntoa sen vetolujuuden puolesta. Vetokoepaikat määritellään yleensä sillä perusteella, että missä betonipinnan arvioidaan olevan heikoimmillaan. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi kohdat joissa vesi on seisonut tai kulkenut, kuopat ja pinta-vesiputkilinjat. Vetokokeita suoritetaan niin paljon, että saadaan riittävän kattava kuva kansilaatan kunnosta. Vetokokeiden määrä ilmoitetaan tapauskohtaisesti korjattavan sillan korjaussuunnitelmaselostuksessa. (SILKO 1.231 osa 1. 2010)

”Alustan pinnan vetolujuus tarkastetaan korjaussuunnitelmassa esitetystä laajuudessa. Alustan pinnan vetolujuuden pitää olla vähintään 1,5 N/mm².” (SILKO 1.231 osa 1. 2010)

Betonin tartuntalujuus esitetään kaavalla 1: (Standardi SFS 5446)

$$f_{ctb} = \frac{F}{A}, \quad (\text{kaava 1.})$$

jossa f_{ctb} on tartuntalujuus [N/mm²]

F on murtolujuus [N]

A on koekappaleen tartuntapinta-ala kansilaatassa [mm²]

3.5.2 Kloridipitoisuuden määrittäminen

Kloridipitoisuuden määrittämisellä tutkitaan rakenteen kloridirasitusta ja terästen korroosioriskin suuruutta. Korroosioriskillä tarkoitetaan sitä, kuinka todennäköistä terästen ruostuminen betonin sisällä on. Korroosio riskiin vaikuttaa myös rakenteen suhteellinen kosteus ja se onko betoni myös karbonatisoitunut. Betonin karbonatisoituminen on taas hiilidioksidin tunkeutumista betoniin ja sen aiheuttamaa betonin huokosveden emäksisyyden alenemista. (SILKO 2.240.2007)

Kansilaatan näyteporaukset ulotetaan vähintään 40 mm:n syvyyteen, koska kloridit tunkeutuvat yleensä syvälle ja tutkimuksen tarkoituksena on

selvittää piikkausraja. Kloridipitoisuus saa olla normaalisti raudoitetussa rakenteessa betonin painosta 0,07 % happoliukoisena mitattuna; jännityssä rakenteessa korkeintaan 0,035 %. Jos piikkaus ulottuu raudoitukseen asti, piikkausraja on määritettävä siten, että betoniterästankojen ympärille ei saa jäädä betonia, jonka kloridipitoisuus on yli 0,02 %. Raudoitteen betonipeite mitataan jokaiselta alkavalta 10 m²:n alueelta, jos betonin kloridipitoisuus on kriittinen raudoituksen syvyydellä. Eristysalustan kunnostustapa valitaan vaurioiden ja tutkimustulosten perusteella. (SILKO 2.240.2007)

Vanha vedeneristys voidaan purkaa, joko kaivinkoneeseen tehdyllä terävällä huulilevyllä tai pienillä pinnoilla paineilmapetkeleellä. Jyrsimen käyttäminen eristeen poistamisessa on mahdotonta, koska jyrsimenterien lämmittämä bitumi tarttuu kiinni teriin ja terät menevät niin sanotusti tukkoon, eikä tarvittavaa puhtautta saada kannelle aikaiseksi. Laajoilla pinnoilla voidaan harkita käytettäväksi vesipiikkausta tai jyrsintää vedeneristeen poiston jälkeen. Yleensä lopullinen päätös korjaustavasta tehdään vasta pintarakenteiden poiston jälkeen. (SILKO 2.240.2007)

3.6 Vedeneristyksen paikkakorjaus

Jos vesieristeessä havaittu vika on pinta-alaltaan pieni ja se kohdistuu pelkästään kermieristeeseen (esimerkiksi kermin kupliminen) tai laajempaa korjaustoimenpidettä ei ole olosuhteista tai jostain muusta syystä mahdollista suorittaa, niin vedeneristyksen korjaus voidaan suorittaa paikkakorjauksena Tiehallinnon ohjeiden mukaisesti. (SILKO 2.831 osa2. 2000)

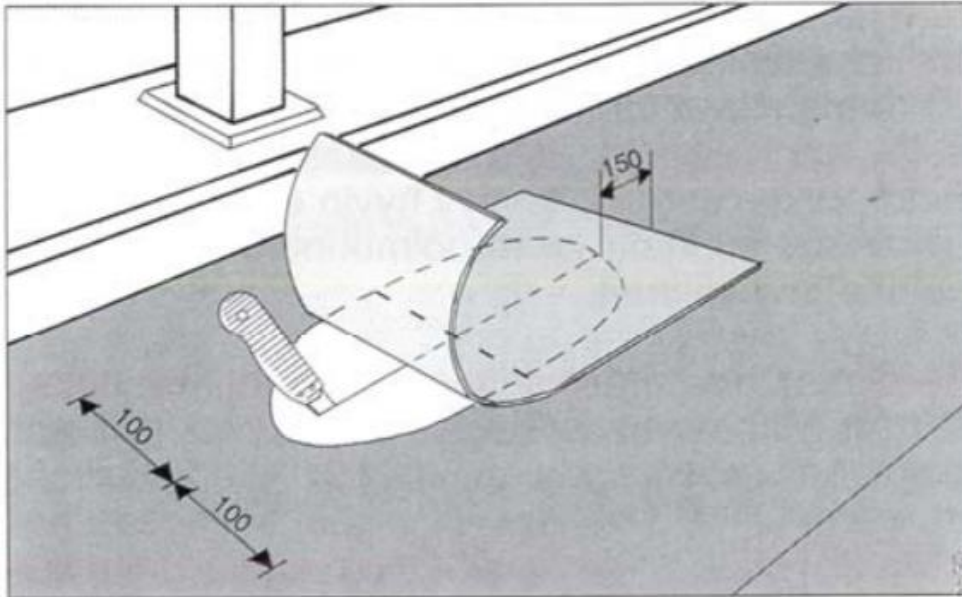
3.6.1 Pienet paikkaukset

Mikäli tutkimuksissa on todettu, että vedeneristeen vauriot ovat vain paikallisia niin sanottuja kermin kuplimisia niin korjaustoimenpiteenä voidaan käyttää paikkausta. Paikkaus voidaan suorittaa poistamalla tien pintarakenne paikallisesti vauriokohdan vain ympäriltä. Tiehallinto on antanut paikkakorjaukseen oman ohjeistuksensa. (SILKO 2.831 osa2. 2000)

Jos liimattuun tai kuumentamalla kiinnitettyyn kermiin tulee ilmakupla, menettellään seuraavasti:” (Kuva 7)

- *Ilmakupla halkaistaan ristiin terävällä mattoveitsellä (varotaan rikkomasta epoksiivistyksen pintaa jos sellainen on olemassa).*
- *Kermin alle kaadetaan ohut kerros kuumaa kumibitumia ja kermi painetaan kiinni eristysalustaan.*
- *Viillon päälle liimataan kuumalla kumibitumilla paikka saumaussääntöjen mukaan.*

”Kohdistuksessa tullut poimu korjataan samalla tavalla. Muut kermit paikataan tuotekohtaisten ohjeiden mukaan. Saumojen kiinnittymistä tehostetaan painamalla tai telalla rullaamalla. (SILKO 2.831 osa2. 2000)



Kuva 7. Kermieristeeseen syntyneen kuplan korjaaminen (Kuva: SILKO 2.831 osa2. 2000)

3.6.2 Suuret paikkaukset

Kun kyseessä on suuri pinta-alaisia vaurioita niin tien pintarakenne poistetaan laajemmin ja vauriokohtat korjataan levittämällä uudet kermi vauriokohtaa laajemmalle alueelle. (SILKO 2.831 osa2. 2000)

Jos kermierityksen paikattava alue on yli 50 m², paikkaus voidaan tehdä kermierityksen uusimisohjetta soveltaen. (SILKO 2.831 osa2. 2000)

Kermien kiinnitystä paikattaessa käytetään liimaamalla kiinnitettäviä kermiä. Kermiä kohdistetaan aluksi paikalleen. Liimaamalla kiinnitettävät kermiä asennetaan siten, että kuumaa kumibitumia kaadetaan kaatonokalla varustetusta kannusta kermirullan eteen niin, että kermiä auki rullattaessa rullan edessä on aaltomainen bitumikerros ja bitumia pursuaa yli reunoista. Kumibitumia käytetään vähintään 1,5 kg/m². Liimauskerroksen paksuuden pitää olla mahdollisimman tasainen. Kumibitumin levityslämpötilan on oltava +180 – 210 °C. Kumibitumin sulatuksessa saa käyttää vain Tiehallinnon siltayksikön hyväksymää sulatuspataa. Jos eristys alus-

ta on riittävän tasainen, paikkaus voidaan tehdä kuumentamalla kiinnitetävillä kermeillä. Vedeneristystyö aloitetaan mahdollisuuksien mukaan viettokaltevuuden alareunasta ja kermit levitetään yleensä sillan pituus-suuntaan. Kermieristyksen saumat liimataan myötäsukaan veden virtaus-suuntaan nähden. Limityksen on oltava reunoissa vähintään 100 mm ja jatkoksissa vähintään 150 mm. (SILKO 2.831 osa2. 2000)

4 VEDENERISTYKSEN PERUSKORJAUS

Kun korjaustavaksi valitaan eristeen uusiminen kokonaan, työ alkaa kaikkien vanhojen pintarakenteiden poistamisella. Pintarakenteiden poiston jälkeen kansilaatan pinnasta näkee usein jo suurimmat vaurioiden aiheuttajat. Näitä ovat laajat kuopat joihin vesi lammikoituu tai riittämättömät kallistukset pintavesiputkiin, jolloin vesi jää seisomaan eristeen päälle eikä poistu pintavesiputkiin. Vanhemmissa rakenteissa usein myös betonin kloridipitoisuus on liian korkea ja kansilaatta on jo rapautunut pinnastaan. Eristysalustan kunnostus tapa valitaan aina tekemällä testejä ja ottamalla näytteitä kansilaatasta. (SILKO 2.240.2007)

Sillan eristysalustan kunnostamiseen johtavia syitä ovat:

- *Kansilaatan betoni on rapautunut tai betonin kosteuspitoisuus on liian korkea. Suhteellinen kosteus saa olla SYL 6:n /2/ taulukon 1 mukaan kermeillä 93 % (absoluuttinen kosteus 5 %), mastiksilla 96 % (absoluuttinen kosteus 6 %) ja massoilla tuotekohtaisten ohjeiden mukainen.*
- *Kansilaatan pinta on epätasainen, kun betoni on tiivistetty tai hierretty huonosti, muotit ovat antaneet myöten tai tuoreeseen pintaan on aiheutettu painumia laudoilla tai kävelemällä.*
- *Eristysalustan viettokaltevuus on riittämätön.*
- *Eristysalustan kloridipitoisuus on liian korkea, jonka seurauksena betoni rapautuu.*
- *Betoniterästankoja on kansilaatan pinnassa.*
- *Eristysalustassa on tartuntaa haittaavaa bitumia tai muuta ainetta.*

(SILKO 2.240.2007)

4.1 Viettokaltevuudet

Viettokaltevuudella tarkoitetaan sillan poikittais- tai pitkittäiskaltevuutta, jonka vesi tarvitsee poistuaakseen painovoimaisesti sillan kansilaatan päältä pintavesiputkiin ja –kaivoihin. (SILKO 2.240.2007)

Sillan kansilaatan yläpinnan kaltevuudet on selvitettävä etukäteen suunnitelmasta tai rakenteita avaamalla, sillä vanhojen siltojen kansilaatat ovat usein joko osittain tai jopa kokonaan vaakasuoria. Vedeneristyksen alustan viettokaltevuuden pitää olla vähintään 1 % mutta suositeltava on 2 % tai enemmän. (SILKO 2.240.2007)

4.2 Vanhan eristysalustan purkaminen

Jos jokin eristysalustan kunnostamiseen johtavista syistä ilmenee tai uuden vedeneristyksen tekeminen vanhalle eristysalustalle ei jostain muusta syystä ole mahdollista, niin kansilaatan pinnan jyrsiminen tai tarvittaessa vesipiikkaaminen epätasaisuuksien ja rapautuneen betonin pois saamiseksi on usein välttämätöntä. Jos taas liian pienet kaltevuudet ovat olleet vaurioiden aiheuttajina silloin ainoana vaihtoehtona on uuden muotoiluvalun tekeminen kansilaatan päälle. (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

Vaatimusten mukaisilla muotoiluvalun tasaisuudella, kallistuksilla ja karheudella on suuri merkitys vedeneristyksen onnistumiseen.

”Tartuntapinta jyrsitään tai vesipiikataan raudoitusta vahingoittamatta” (SILKO 1.801 osa 1. 2011)

Vesipiikkaus ja jyrsimä aloitetaan mallityöllä. Vesipiikkausta varten määritetään paine, vesimäärä ja suutin. Jyrsimää varten määritetään jyrsimä syvyys ja terä. Jos työmenetelmää joudutaan muuttamaan, tehdään uusi mallityö, jonka tilaaja hyväksyy. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

Kun tutkimuksissa on todettu tarpeellinen jrsimis- tai vesipiikkaussyvyys on kuitenkin muistettava, ettei kansilaattaa pureta tarpeettomasti liian syvälle. Raudoituksen syvyyttä on tarkkailtava vesipiikkauksen aikana, koska rauditus voi olla vanhassa rakenteessa suunniteltua pinnemmassakin. Usein huonokuntoinen rapautunut betoni myös irtoaa vesipiikkauksessa yllättävän pienilläkin paineilla. Tällöin on vaarassa, että vesipiikkaus ulottuu sillan pääteräksiin ja niiden alapuolelle pahimmassa tapauksessa heikentäen sillan kantavuutta. (Kuva 8)



Kuva 8. Vesipiikkauksen ulottuminen sillan raudoituksiin.

Optimaalisin tilanne rakenteen purkamisessa on saavutettu, kun huonokuntoinen betoni on saatu pois mutta raudoitusta ei ole näkyvissä (Kuva 9). Huonokuntoisen betonin pois saamisen varmistamiseksi pinnasta otetaan vetokokeita rakenteiden purkamisen aikana siihen tarkoitetulla vetolujuusmittarilla. Pintaa piikataan tai jrsitään kunnes vetolujuudelle asetettu raja-arvo $>1,5 \text{ N/mm}^2$ täyttyy (Kuva 10)



Kuva 9. Kansilaatanpinta vesipiikkauksen jälkeen.



Kuva 10. Tartuntavetokoelaitte.

4.3 Muotoiluvalu

Muotoiluvalu tehdään sillan kansilaatan päälle. Kansilaatan täytyy olla joko vesi-piikattu tai vähintään jyrstetty muotoiluvalun tarttumisen varmistamiseksi. Muotoiluvalun nimi tulee kannen muotoilemisesta betonivalulla siten, että sillan kannelle tuleva irtovesi poistuu painovoimaisesti valumalla pintavesiputkiin ja kaivoihin. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Kansilaatan yläpintaa joudutaan korjaamaan muotoiluvaluilla jos yläpinta on valussa jäänyt epätasaiseksi, vedeneristysalustan kaltevuus ei ole riittävä vedenpoiston kannalta ja vedeneristysalustan korjausten yhteydessä, jolloin vaurioitunut betoni joudutaan poistamaan ja korvaamaan uudella. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Muotoiluvalujen paksuus vaihtelee. Muotoiluvalut ovat yleensä ohuita, SILKO-ohjeen "Veden eristysalustan kunnostus" (2.240) mukaan niiden paksuuden on oltava vähintään 20 mm, korjausten yhteydessä paksuudet ovat olleet enimmillään yli 100 mm. Muotoiluvalujen pinta-ala vaihtelee pienalaisista paikkauksista aina koko sillan kannen alaan. Vedeneristysalustan korjausten yhteydessä pinta-ala on tavallisesti sillan koko kansilaatan ala. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

4.3.1 Muotoiluvalujen ongelmat

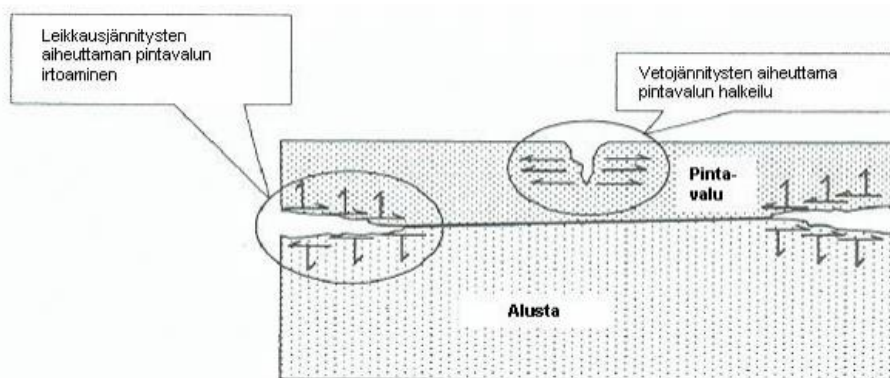
Kansilaatan pinnan puhtaus ja oikea kosteus ovat ratkaisevassa asemassa muotoiluvalun onnistumisessa. Muotoiluvalun valaminen sääsuojassa poistaa riskejä. Esimerkiksi pinnan ennenaikainen kuivuminen auringon paisteen tai tuulen seurauksena aiheuttaa halkeilua. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Muotoiluvalu on päällevalu, jonka yleisimmät laatua koskevat ongelmat ovat valun irtoaminen alustastaan ja halkeilu. (Kuva 11) (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Muotoiluvalun halkeilun ja tartunnan kannalta ongelman muodostavat alustan ja päällevalun erilaiset muodonmuutokset ja jäykkyydet. Alustan muodostava vanha kansilaatta on kuivunut ja kutistunut. Massiivisuudesta johtuen alusta muodostaa lähes ”täysin jäykän esteen” muotoiluvalun muodonmuutoksille, joita aiheuttavat:

- *Plastisessa tilassa tapahtuva kutistuminen (0-2,0 ‰)*
- *Betonin kuivumisesta johtuva kutistuminen (0,4-0,8 ‰)*
- *Ulkoiset lämpötilamuutokset (0-1,0 ‰)*

(Tutkimusraportti nro VTT-S-02259-06, 2006)



Kuva 11. Muotoiluvaluun syntyviä raskituksia ja vaurioita. (Kuva: Tutkimusraportti nro VTT-S-02259-06)

4.3.2 Muotoiluvalun halkeiluun ja tartuntaan vaikuttavia tekijöitä

Muotoiluvalu voi pahimmassa tapauksessa jäädä laajoilta alueilta irti alustastaan, jolloin se joudutaan poistamaan esimerkiksi vesipiikkaamalla uudelleen. Uuden muotoiluvalun tartunta pohjaansa varmistetaan poraamalla lieriöreikä muotoiluvalun läpi vanhaan kansilaattaan.

Tämän jälkeen kiilataan betonilieriö irti alustastaan ja tarkistetaan onko lieriö irronnut kansilaatasta vai valujen rajapinnasta. Mikäli betonilieriö irtoaa valujen rajapinnasta voidaan olettaa, että tartunta on ollut puutteellinen. VTT on tutkimusselosteessaan kertonut muutamia asiaan vaikuttavia syitä. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Alustan kunto ja käsittely ennen valua vaikuttavat muotoiluvalun tartuntaan. Alustan käsittelyn ja kunnan osalta tartuntaan vaikuttavia tekijöitä ovat:

- *Alustan betonin alkuperäinen lujuus ja kunto*
- *Alustan karheus*
- *Alustan lämpötila*
- *Alustan kosteus*
- *Mahdolliset käytetyt tartunta-aineet*
- *Alustan puhtaus.*

(Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Alustan tarvittava karheus muotoiluvalun kiinnittymiseen saavutetaan, joko vesipiikkauksella tai jyrksinnällä. Alustan kosteus taas riippuu usein pintarakenteen purkutavasta ja ulkoisista olosuhteista. Jos pintarakenne on purettu vesipiikkamalla 1-2 vuorokautta aiemmin niin piikkauksen yhteydessä on betoniin imeytynyt vettä siinä määrin, että sen kasteleminen kauttaaltaan uudelleen on turhaa. Jos taas ulkoiset olosuhteet kuten vesisade on kastellut pinnan on pintaa usein kuivattava. Pinnan tulee olla valun alkaessa kosteahko mutta tartuntapinnalla ei saa esiintyä lainkaan irtovettä. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

”Alustan lämpötilan tulisi olla massan lämpötilaa korkeampi valun alussa. Tällöin jäähtymisen aiheuttama kutistuminen pienentää kutistumiseroa sauman molemmilla puolilla.” (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Alustan puhtaudella on suuri merkitys tartuntaan. Alusta on pestävä vedellä heti vesipiikkauksen tai jyrinnän jälkeen. Jos vesipiikkauksesta tuleva ”liete” ehtii kuivaa alustaan niin sen poistaminen on todella työlästä. Alustalla ei saa esiintyä yhtään irtonaista ainesta tai likaa. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

4.3.3 Muotoiluvalun olosuhteet

Muotoiluvalun valuajankohta tulisi mahdollisuuksien mukaan ajoittaa nousevaan ulkolämpötilaan esimerkiksi aamulle. Matalampi aloituslämpötila vähentää pinnan halkeilun riskiä betonin sitoutumisvaiheessa. Keskipäivällä taas lämpötilan ollessa korkeimmillaan syntyy ongelmia pinnan ennenaikaisen kuivumisen vuoksi ja siksi hiertäminen tulisi saada tehtyä ennen lämpimintä vuorokauden aikaa. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

Olosuhteiden on oltava valittujen korjausaineiden vaatimustenmukaiset. Rakenteen lämpötilan on oltava kovettumisen ajan vähintään +5 °C.” Korkeita lämpötiloja on syytä välttää, koska kutistumishalkeilun riski kasvaa. Suositeltava ilman lämpötila muotoiluvalun aikana on +10...+20 °C. Jos ulkoilman olosuhteet eivät ole vaatimusten mukaisia, käytetään sääsuojaa. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

Valuajankohta ja lämpötilan muutokset ensimmäisen vuorokauden aikana vaikuttavat siihen, milloin muotoiluvalun yläpintaan syntyy valun jälkeen ensimmäisen kerran vetojännityksiä. Jotta vetojännitysten syntyminen yläpintaan saadaan siirrettyä mahdollisimman myöhään, olisi valu suoritettava aikaisin aamulla ulkolämpötilan ollessa alhainen. Tällöin sitoutumisen ja lujuudenkehityksen alkaessa ulkolämpötila nousee, jolloin valun pintaosat ovat puristettuja. Jos valu tapahtuu keskipäivällä tai myöhem-

min, jolloin sitoutumisen ja lujuudenkehityksen alkaessa ulkolämpötila laskee, syntyy yläpintaa vetorasituksia. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Haihtuvan kosteuden määrä vaikuttaa plastisessa tilassa tapahtuvaan kurtistumiseen ja halkeiluun. Sääolosuhteiden osalta kosteuden haihtumiseen vaikuttavat

- *Ilman suhteellinen kosteus*
- *Tuulen nopeus*
- *Betonipinnan ja ulkolämpötilan välinen ero.*

[Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006]

Koska muotoiluvalu silloille tehdään usein kaista kerrallaan niin myös työalueen viereisellä kaistalla kulkevista ajoneuvoista aiheutuu rasituksia muotoiluvalun kiinnittymiselle alustaansa. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

*Liikenteen aiheuttama värähtelyn nopeus (heilahdusnopeus) saa olla enintään 20 mm/s (jos mitataan), ellei mitata, sillan osalle on asetettava nopeusrajoitus 15km/h raskaille ajoneuvoille (kokonaispaino \geq 12 tonnia). Kriittinen aika betonointihetkestä lukien on 14 tuntia; jos lämpötila on viileä, betonin pitää saavuttaa 12 MPa:n lujuus. Ajoradan epätasaisuuden on ta-
soitettava. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)*

4.3.4 Betonin koostumus

Betonin koostumus valitaan hankekohtaisen korjaussuunnitelman mukaan. Korjaussuunnitelmassa eritellään betonin lujuusluokka, rasitusluokat, pakkasenkestävyys sekä nykyään usein käytetyn muovikuidun määrä. Muovikuidun lisäämi-

nen betonimassaan vähentää muutoin raudoittamattoman rakenteen halkeilua. Liikenneviraston SILKO-ohjeet antavat muotoiluvalussa käytettävälle betonille vähimmäisvaatimukset. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

Muotoiluvaluun käytettävän betonin puristuslujuuden on oltava vähintään K35 (Nykyisin C28/35) ja pakkasenkestävyys luokan P30. Valun paksuuden on oltava vähintään 20 mm. Betoni saa kutistua enintään 0,6 ‰ (mm/m) 14 vuorokaudessa ja 1,0 ‰ 28 vuorokaudessa. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

Halkeilun syntymisen ehkäisemiseksi muotoiluvalussa käytettävän betonin muodonmuutosten on oltava pieniä ja betonin muodonmuutoskyvyn riittävän suuri. Betonin muodonmuutoksiin ja halkeiluherkkyyteen vaikuttavat:

- *Kutistumaominaisuudet*
- *Muodonmuutosominaisuudet*
- *Lämpötilakerroin*
- *Betoniin lisätyt kuidut.*

Betonin koostumus vaikuttaa merkittävästi sitoutumisajan pituuteen ja lujuuden kehityksen alkuhetkeen. Kuivumiskutistuman suuruuteen ja nopeuteen vaikuttavat betonin koostumuksen ohella valun paksuus ja ympäristöolosuhteet. Betonikoostumuksen valinnalla on pyrittävä mahdollisimman pieneen loppukutistuman arvoon. Kuivumiskutistumaa voidaan pienentää betonikoostumuksen valinnalla:

- *Valitaan vähän kutistuva sementtilaatu*
- *pienennetään vesimäärää*
- *käytetään suurta kiviaineksen raekokoa*
- *valitaan vähän vettä vaativa runkoaine ja sen jakautuma*

- vedenvähennystä tehtäessä ei käytetä liian suuria notkistinannoksia
- käytetään kutistumaa vähentäviä lisäaineita.

(Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Suurin sallittu halkeaman leveys on 0,2 mm; 0,1 mm leveämpien halkeamien yhteenlaskettu pituus neliömetrin alueella saa olla enintään 0,5 m. Halkeiluvaatimukset koskevat myös paikkauksia. Halkeillut alue, joka ei täytä vaatimuksia, imeytetään kuumuutta kestäväällä epoksilla. Muotoiluvalun ja paikkauksen tartuntalujuuden alustaansa ja yläpinnan vetolujuuden on oltava vähintään 1,5 N/mm². (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

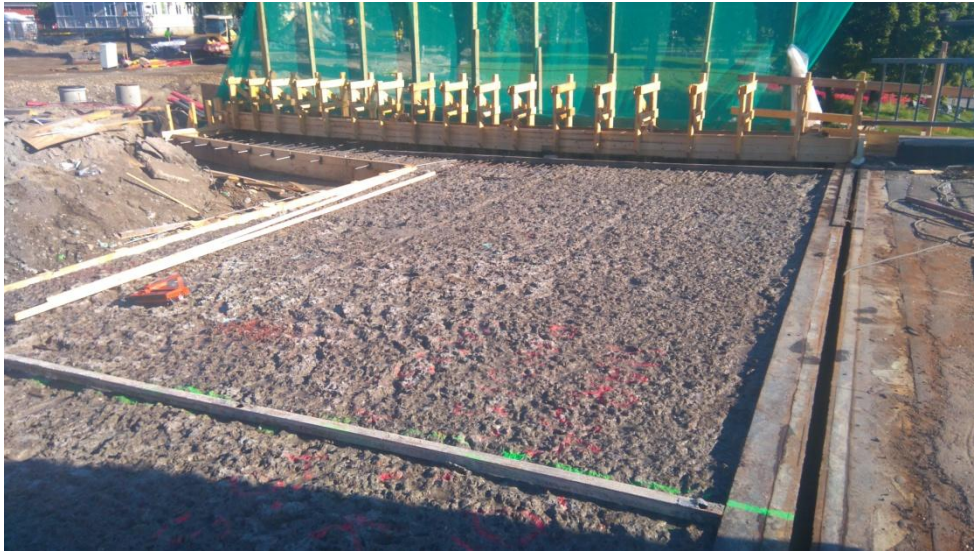
4.4 Betonityön suoritus

4.4.1 Levitys ja tiivistys

Muotoiluvalun levittäminen ja tiivistäminen tapahtuu tärypalkilla tai moottorilinjarilla. Palkkia tai linjaria vedetään ohjureita pitkin eteenpäin, jolloin palkissa oleva epäkeskomoottori myös samalla tiivistää valun tärinällään. Epäkeskomoottorin tärinä riittää tiivistämään varmuudella 100 mm paksuisen valun mutta sitä paksumpien valujen tiivistyminen on testattava etukäteen. Tiivistämisen tarkoitus on poistaa massasta ylimääräinen ilma ja saada runkoaineen osat jakautumaan lähelle toisiaan sekä saada betonimassa leviämään kaikkialle muottien välissä. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

”Betonityön suoritukseen kuuluu tiivistys, pinnan tasaus ja hierto, jälkihoito sekä mahdollinen saumojen sahaus”. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Muotoiluvalua ennen alustaan on tehty ohjurit (Kuva 12), joita pitkin tärypalkkia ohjataan. Ohjurit on asetettu korkoonsa siten, että ne ovat suunnitelmien mukaiset ja täyttävät muotoiluvalulle annetut viettokaltevuusvaatimukset (min. 2 %) Valuohjureiden korkoasemista tehdään pöytäkirjat. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)



Kuva 12. Keski-ohjuri, joka määrää valun harjakorkeuden asennettuna.

Betonityötä aloitettaessa varmistetaan ensimmäisenä valupohjan puhtaus ja kosteus. Mikäli ulkoilman lämpötila on korkea ja valupohja kuiva, niin pohja kannattaa kostuttaa juuri ennen valua mutta ei kuitenkaan niin, että vesi lammikoituu. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Betonimassaa levitetään yleensä pumpulla tärypalkin eteen siten, että betonimassa kulkee ns. aaltona tärypalkin edessä (Kuva 13). Liian paksun betonimassakerroksen pumppaaminen tärypalkin eteen aiheuttaa usein sen, että palkki ei jaksaa kuljettaa massaa eteenpäin vaan pyrkii nousemaan betonimassan päälle. Tämä aiheuttaa lopulliseen betonivaluun harjanteen. Tehokas tärypalkki tasoittaa ja tiivistää valun edetessään ja erillistä tiivistystä ei näin tarvita. Paksuissa valuissa on kuitenkin pidettävä palkin vetonopeus hitaana, jotta betonimassa ehtii tiivistyä kauttaaltaan. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Jos suunnitelmissa on määrätty käytettäväksi varhaisjälkihoitoaineita, niiden levittäminen suoritetaan välittömästi betonin levittämisen perässä. Varhaisjälkihoitoaineita käytetään jos ulkoilman lämpötilat ovat korkeat tai valupaikka on erityisen tuulisella paikalla. Varhaisjälkihoitoaineiden tarkoitus on ehkäistä liian nopeaa kosteudenhaihtumista betonin pinnasta ennen hiertämistä. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)



Kuva 13. Muotoiluvalun levittäminen tärypalkilla.

4.4.2 Hierto

Valettu muotoiluvalun pinta hierretään nykyisin käyttämällä lautashiertimiä. Hiertäminen tasoittaa valussa pintaan mahdollisesti jääneet pienet kohoumat tai urat. Hierron oikea ajankohta on kun betoni on alkanut sitoutua ja valun jälkeen pinnalle erottunut vesi on alkanut imeytyä takaisin betoniin. Hiertämisen tarkoitus on tiivistää betonin pintaosa, vähentää betonin huokoisuutta ja parantaa pinnan kulutuskestävyyttä. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Pinnan hierron tekeminen ”oikeana ajankohtana” on hierron suorituksen ja pinnan laadun kannalta tärkeää. Liian aikaisin tehty hierto voi aiheuttaa pintaa verkkohalkeilua, jonka syynä on hierron yhteydessä pintaan erottuva vesi sekä pintakerroksen sementti- ja hienoainesmäärän kasvu. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Jos varhaisjälkihoitoaineita ei ole käytetty ja pinta on ehtinyt kuivaa liian kuivaksi voi hiertäminen aiheuttaa pintaan halkeamia ja pahimmassa tapauksessa irrottaa valun alustastaan. Jos jo kuivunutta pintaa kastellaan vedellä hierron helpottamiseksi, se voi aiheuttaa pinnan verkkohalkeilua kuivuessaan. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Pinnan hiertämisen aloittaminen oikeaan aikaan vaatii harjaantumista kyseisessä työvaiheessa. Yksi merkki siitä, että valun pintaa voi alkaa hiertämään on se, että valu kestää jo kävellä eikä upota mutta pintaan jää kuitenkin kuviot kenkien pohjasta.

Muotoiluvalujen hierto tehdään nykyisin yleensä poikkeuksetta ulkotiloissa polttomoottori- ja sisätiloissa sähkökäyttöisillä lautashiertimillä (Kuva 14). Ainoastaan vastaviisteet reunapalkkien vieressä ja läpivientien kohdat viimeistellään käshiertimillä. Hierto pyritään tekemään sillan poikittaissuunnassa ja edeten sillan pituussuunnassa kohti valun päätepistettä. Tämä etenemismenetelmä minimoi sitä riskiä, että hiertämisestä jää harjanteita sillan sivusuuntaan, jossa suunnassa vesi poistuu pintavesiputkiin.



Kuva 14. Pinnan hiertäminen lautashiertimellä.

4.4.3 Jälkihoito

Jälkihoidolla tarkoitetaan paitsi jälkihoitoaineen levitystä niin myös betonipinnan peittämistä muoveilla ja pinnan kastelua valun jälkeisinä päivinä. Jälkihoidon pituus on tapauskohtaista mutta yleensä vähintään 7 vuorokautta valusta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Betonirakenteet – SYL3, 2005)

Varsinainen jälkihoito aloitetaan pinnan hierron ja viimeistelyn jälkeen. Sääolosuhteiden ohella jälkihoidon laatu vaikuttaa merkittävästi siihen syntykö halkeilua. Jälkihoitoaineita käytettäessä on muistettava että ne läpäisevät kosteutta ja kosteuden läpäisyn määrä riippuu jälkihoitoaineen käyttömäärästä. (Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006)

Jälkihoitoaineen käytön määrä riippuu tuotekohtaisista ohjeista. Perussääntönä voisi pitää sitä, että jälkihoitoainetta on levitetty riittävästi kun se muodostaa betonivalun pintaan yhtenäisen kiiltävän kalvon. Jälkihoitoaineen on estettävä veden haihtumista siten, että haihtuva vesimäärä on maksimissaan 550 g/m² 72 tunnin aikana. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Betonirakenteet – SYL3, 2005)

5 ERISTYSALUSTA

Eristysalustan vaatimuksenmukaisuus todennetaan erilaisin testauksin. Mikäli vaatimukset eivät täyty on mietittävä mahdolliset korjaavat toimenpiteet, niiden laajuus ja tarpeellisuus. Ennen eristysalustan lopullista hyväksyntää kaikkien testausten tulee olla hyväksytysti suoritettuja ja alustalle suoritetaan vastaanotto-katselmus. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

Betonivalun tai paikkauksen kiinnittyminen alustaansa tarkastetaan koputteleamalla. Tartuntavetokoe on tehtävä joka viidennestä yli neliömetrin paikkauksesta ja muotoiluvalusta vähintään kolmesta kohdasta. Jos tartuntavaatimus ei täyty ($\geq 1,5\text{N/mm}^2$ (SILKO-ohje 1.801)), urakoitsijan on tehtävä poikkeamaraportti ja korjaava toimenpide-ehdotus, jonka tilaaja tarkastaa. Korjaava toimenpide voi olla esimerkiksi injektointi tai paikkauksen uusiminen kokonaan. (SILKO 2.240 osa 2. 2007)

5.1 Alustan tasaisuus ja puhtaus

Eristysalustalle on annettu vaatimukset myös tasaisuuden osalta. Eristysalustan tasaisuusvaatimus on toleranssiltaan pieni, koska alustan poikkeamat kertautuvat eristyskerrosten mukana. Jokainen yli 4 mm kuoppa tai harjanne 1,5 m matkalla joko tasoitetaan hiekkaepoksilla tai jyrsimällä. Tasaisuusvaatimukset katsotaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti riippuen sillan pituus- ja poikkitaikaltevuuksista. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Alustan tasaisuus mitataan oikolaudalla (EN 13036-7, laudan pituus 1,5 m) Yksittäiset kolot (Liite 2.) tasoitetaan kuumuutta kestäväällä tiivistysepoxin ja kuivan hiekan seoksella (tilavuus osina 1:5) tai tiehallinnon hyväksymillä paikkausmassoilla (SILKO-ohje 3.231). Epoksipohjaisten massojen etuna on niiden nopea kovettuminen ja kuivuminen. Jos tasoi-

tettava alue on suurehko ja yhtenäinen, käytetään jyrshintää ja lopputasointus tehdään epoksin ja hiekan seoksella ja Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymillä polymeerisideaineisilla juotosmassoilla (SILKO-ohje 3.231). Epoksitasoitetta käytettäessä sirotellaan tuoreen massan pinnalle hienoa, kuivaa kvartsihiekkää eristyksen tartunnan varmistamiseksi. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Nykyinen tasaisuuden poikkeaman raja-arvo eristysalustalle on 4mm / 1,5m. Tasaisuus on tarkistettava tapauskohtaisesti, että kannattaako suurempiin toimenpiteisiin ryhtyä jos mittapoikkeama on esimerkiksi 5 mm/m mutta pitkiin ja laajoihin yhtenäisiin kuoppiin tai harjanteisiin tulee kiinnittää huomiota. (InfraRYL 2006. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat)

”Eristettävällä pinnalla ei saa olla öljyä, pölyä tai muita epäpuhtauksia.” (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Eristettävä pinta puhdistetaan pölystä ja muista roskista imuroimalla tai mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi lehtipuhaltimella. Mikäli pinnalla esiintyy öljyä tai muita poltto- tai liuotainaineita ne poistetaan Liikenneviraston käyttöönsä hyväksymällä öljynpoistoaineella. Joskus ainoa vaihtoehto poistaa öljytahrat on hioa betonipintaa timanttiterällä tai hiekkapuhaltaa pinta. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

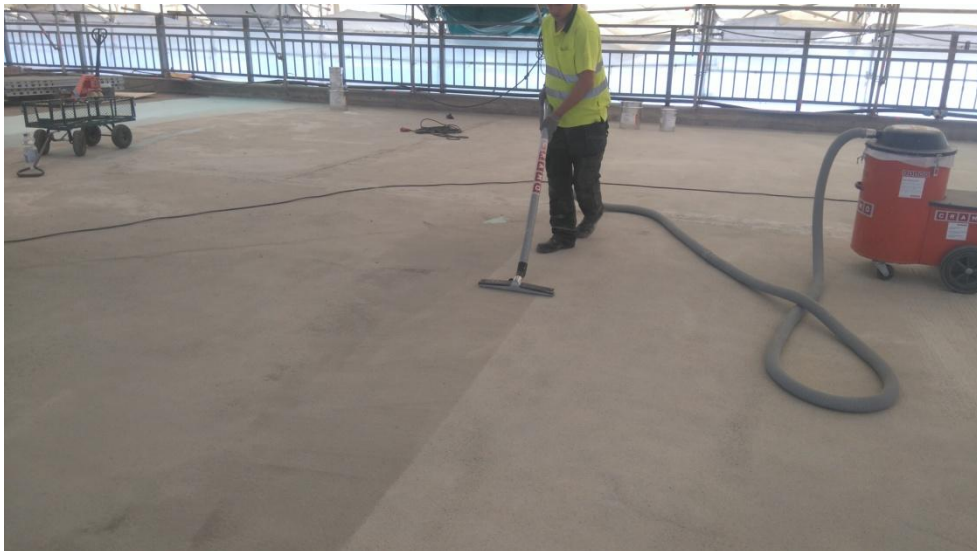
Eristysalustan mahdolliset tasoitukset tulisi tehdä ennen pinnan sinko- tai hiekkapuhallusta, jotta lopputuloksena olisi karheudeltaan tasainen eristysalusta.

5.2 Alustan karheus

Alustan karheus saadaan aikaiseksi sinko- tai hiekkapuhalluksella. Karhentaminen parantaa päälle asennettavan eristeen tartuntaa ja kerrospaksuutta. Pienempien alueiden karhentaminen voidaan toteuttaa myös jyrshinnällä mutta kui-

tenkin niin ettei pinta jyrinnän jälkeen ylitä makrokarheuden ylärajaa. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Tartunnan varmistamiseksi eristettävästä pinnasta poistetaan sementtiliima, jälkihoitoaine, liuottimet, öljy, rasva ja muut epäpuhtaudet sinko- tai hiekkapuhalluksella ja pinta imuroidaan ennen eristystä (Kuva 15). Puhdistusaste on normaalisti suihkupuhdistettu betonipinta, jolloin betonipinnasta on irronnut sementtiliimaa siten, että paljaiden kiviainesraepintojen osuus on vähintään 25% eristettävästä pinnasta. (SILKO-ohje 1.203) (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)



Kuva 15, Sillan kannen imurointi ennen eristämistä.

Eristysalustan betonipinnan karheuden (makrokarheuden) ennen epoksi käsittelyä ja eristämistä tulee olla välillä 0,3 – 1,2 mm. Eristysalustan pinnan karheus mitataan lasihelmimenetelmällä (Kuva 16) (EN 13036-1) jokaista alkavaa 500m² kohden kolmesta kohdasta siltakantta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eristysalustassa ei saa hiekka- tai sinkopuhalluksen jälkeen esiintyä jälkihoitoainejäämiä. Jälkihoitoainejäämät voidaan testata vesiliukoisella väriaineella. Väriainetta kaadetaan kohdalle, jossa epäillään esimerkiksi ulkonäkönsä puolesta

olevan jäämiä jälkihoitoaineesta. Väriaine pyyhitään välittömästi kuivalla kankaalla pois betonin pinnalta ja jos väriaine lähtee tällöin pois, on se merkki jälkihoitoaineesta betonin pinnassa. (InfraRYL 2006. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat)

Mittauspaikat valitaan silmämääräisesti kohdista, joissa epäillään, että makrokarheus joko ylittyy tai alittuu annetuista raja-arvoista. Mittauskohta puhdistetaan pölystä ja muista roskista harjaamalla esimerkiksi teräsharjalla sekä lopuksi pehmeämmällä harjalla tai lehtipuhaltimella. Mittauskohdalla ei tulisi esiintyä valussa halkeamia tai saumoja, jotka vääristävät tulosta. Mittauspaikka tulee suojata tuulelta ja muilta esimerkiksi liikenteen aiheuttamilta ilmavirtauksilta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Lasihelmimenetelmässä käytetään pyöreitä lasihelmiä joiden raekoko tulee olla 0,18 / 0,25 mm. Lasihelmien mitta-astiana käytetään ruostumattomasta teräksestä valmistettua lieriötä, jonka tilavuus on 25000 mm³ (± 0,2 %). Levitystyökaluna voidaan käyttää n. 60 mm halkaisijaltaan olevaa pyöreää ja muovista esinettä, (esim. juniorijääkiekko). (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Menetelmän periaate on kaataa lasihelmet betonivalun päälle yhteen kasaan ja levittää lasihelmiä pyörittävällä liikkeellä kunnes ne ovat valuneet betonipinnan ”koloihin”, eikä lasihelmistä muodostunut alue enää leviä. Lasihelmien levinneisyyden halkaisija mitataan neljästä eri suunnasta ja lopuksi lasketaan näiden halkaisijoiden keskiarvo. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Pinnan makrokarheus lasketaan kaavalla 2: (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

$$[mm] = \frac{4*V}{\pi*D^2}, \quad (\text{kaava 2.})$$

jossa $[mm]$ on makrokarheus,

V on lasihelmimäärä (lieriön tilavuus), $[mm^3]$

D on peitetyn alueen halkaisijan keskiarvo $[mm]$.

Kun mittalieriön tilavuus on 25ml, voidaan makrokarheus laskea yksinkertaisesti kaavalla 3:

$$[mm] = \frac{31830}{D^2}, \quad (\text{kaava 3.})$$

jossa $[mm]$ on makrokarheus,

D on peitetyn alueen halkaisijan keskiarvo $[mm]$.



Kuva 16. Lasihelmikoe, lasihelmien levinneisyyden mittaus.

Vaatimusrajaa (1,2 mm) karheampi betonikannen pinta korjataan hyväksytyllä tasoitteella. Tasoitteella käsitellyn kohdan tulee olla täysin kovettunut ja täyttää eristysalustan enimmäiskosteusvaatimus ennen eristyksen asentamista. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Mikäli pinnan karheus alittaa makrokarheuden alarajan (0,3 mm), karhennetaan pintaa sinko- tai hiekkapuhalluksella tai vaihtoehtoisesti kevyellä jyrinnällä kunnes alusta täyttää eristysalustan makrokarheudelle asetetut vaatimukset. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Karheuden vaatimus perustuu paitsi eristeen eristysalustaan tarttuvuuteen niin myös ensimmäisen eristekerroksen vaaditun paksuuden aikaan saamiseen.

5.3 Alustan kosteus

Muotoiluvalun aloituksen ja pintarakenteiden asentamisen välinen aika voi olla helposti jopa kaksi kuukautta ja isommissa kohteissa vielä enemmän. Tuona aikana, jotta muotoiluvalu kuivuisi nopeasti sekä epoksin ja kermien asennus voidaan toteuttaa on ilman suhteellisen kosteuden oltava korkeintaan 85 % ja ilmanlämpötilan vähintään +10 °C läpi vuorokauden. Mikäli näitä olosuhteita ei voida saavuttaa koko ajanjaksolle muuten kuin ilmaa lämmittämällä ja kuivaamalla on sen kustannukset laskettuihin työkustannuksiin nähden valtavat. Riskinä on jopa se, ettei eristystä saada yhden kesän aikana toteutettua. (InfraRYL 2006. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat)

Eristysalustan kosteus määritetään aina vähintään kolmesta kohdasta kannella. Jos kannen pinta-ala on yli 500 m², lisätään mittauskohtia yksi alkavaa 500 m² kohti. [Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6]

Hiekkapuhallus kannattaa suorittaa kannelle heti jälkihoitamiskauden päätyttyä. Rakenteessa päällimmäisenä olevat sementtiliima ja jälkihoitoaine hidastavat muotoiluvalun kuivumista merkittävästi. Mikäli hiekkapuhallusta ei ole suunniteltu suoritettavaksi niin pian, olisi kannelle parempi tehdä kevyt hionta, joka edesauttaa kuivumista.

Uuden betonikannen eristysalustan pintakerroksen kosteus mitataan absoluuttisena kosteutena kuivatus-punnitusmenetelmällä (VTT-2650) tai suhteellisena kosteutena porareikämenetelmällä (VTT-2649), kun kannen pinta-ala on ≥ 100 m² tai rakennepaksuus ≥ 400 mm. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Kun kannen pinta-ala on alle 100 m² ja rakennepaksuus on alle 400 mm, kannen pinnan kosteutta ei yleensä todeta mittauksin, vaan betonin annetaan kuivua jälkihoidon päättymisen jälkeen vähintään 3 viikkoa ennen eristystöiden aloittamista (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Pintarakenteiden korjauksissa, joissa vanhaa eristysalustan betonia joudutaan poistamaan vesipiikkaamalla tai jyrsimällä ja tekemään muotoiluvalu, eristysalustan kosteus määritetään aina mittaamalla kannen pinta-alasta tai paksuudesta riippumatta edellä mainittujen menetelmien mukaisesti. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Rakennetta voi mitata kuivumisen aikana pintakosteusmittareilla, josta saa viitteitä siitä, koska ainetta rikkovia mittausmenetelmiä kannattaa ryhtyä suorittamaan.

Tiehallinnon nykyisen ohjeistuksen mukaan betonipinnan absoluuttinen kosteus saa olla epoksi-, kermi- tai nestemäisenä levitettävien eristeiden eristämistä ennen korkeintaan 5,0 m-% ja suhteellinen kosteus 93 %. Paineentasauskermin tai kumibitumimastiksin levittämävaiheessa absoluuttinen kosteus 6,0 m-% ja suhteellinen kosteus 96 % (Taulukko 1). Eristämistyön aikana suhteellinen kosteus saa olla enintään 85 %.

Mittausmenetelmänä useimmiten käytetyn kuivaus-punnitusmenetelmän tarkkuuden vuoksi muutaman promillen ylityksiin tai alituksiin kannattaa suhtautua hieman varauksella. Tällaisissa tilanteissa kannattaa suorittaa lisää mittauksia niiden mittauskohtien ympärillä, joissa mittaustulokset poikkeavat muotoiluvalun yleisestä kosteudesta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

VTT:n kuivaus-punnitusmenetelmälle antaman ohjeen (VTT-2650) mukaan absoluuttisen kosteuden määrittämisessä otetaan 3 rinnakkaisnäytettä samalta etäisyydeltä reunapalkista ja noin 50 cm etäisyydeltä toisistaan. (VTT-2650-2013 Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivaus-punnitusmenetelmä)

Näytteenotto suoritetaan lieriöporalla n. 30 mm syvyyteen, jonka jälkeen betoni-lieriö irrotetaan pohjastaan lyömällä kiilalla poralla syntyneeseen uraan. Yksittäisen poranäytteen (betonilieriö) paino tulisi olla noin 150 g. Eli yhden kokonaisen punnitusnäytteen paino tulisi olla 3 rinnakkaisnäytteestä noin 450 g. (VTT-2650-2013 Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivaus-punnitusmenetelmä)

Näytteenottopaikat valitaan siten, että niiden perusteella saadaan riittävä käsitys siltakannen kosteudesta. Vähäisen näytemäärän vuoksi näytteet otetaan erityisesti kohdista, joissa betonin kosteus on todennäköisesti muita kohtia suurempi. Tällaisia kohtia ovat esimerkiksi kohdat, joihin pintavedet valuvat, kuten reunapalkin vierustat ja kourumaiset taitteet sekä kannella mahdollisesti olevat rakenteiden tai rakennustarvikkeiden varjostamat kohdat tai rakennusjätteiden kosteina pitämät kohdat yms. Näytteitä ei tule ottaa kohdista, joissa esijännitysteräokset nousevat lähelle pintaa. (VTT-2650-2013 Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivaus-punnitusmenetelmä)

Kohdat, joissa muotoiluvalu on paksuimmillaan pysyvät yleensä kosteimpina pispään. Näytteenottokohdista tehdään pöytäkirja, johon merkataan näytteen

etäisyys esimerkiksi reunapalkista ja mahdollisesta liikuntasaumasta. Näytteet toimitetaan yleensä laboratorioon mitattaviksi. Näytteet pakataan säilytystä ja kuljetusta varten siten, ettei niiden kosteus pääse muuttumaan tuona aikana (esim. Minigrip-pussi) Näytepusseihin merkitään samat yksilöintitiedot kuin pöytäkirjassa, niin pystytään paikantamaan helposti kohdat, jotka vaativat vielä aikaa kuivumiseen tai erillistä kuivatusta. (VTT-2650-2013 Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaaminen. Kuivaus-punnitusmenetelmä)

Suhteellisen kosteuden mittaaminen eli niin sanottu porareikämittaus tapahtuu betonirakenteeseen poratusta reiästä kapasitiivisella kosteusmittausanturilla. Porareikämittauksella saatuun tulokseen vaikuttavat betonin lämpötila ja päivittäiset lämpötilojen vaihtelut, joten sen luotettavuutta ja soveltuvuutta käytettäväksi vaihtelevissa olosuhteissa siltatyömailla on harkittava. Menetelmä on ainetta rikkova ja vaatii mittauksen suorittajalta erityistä ammattitaitoa. (Tutkimusraportti nro.VTT-S-08802-09,2009)

Taulukko 1. Eristysalustan suurin sallittu kosteus ennen eristystöiden aloitusta. (Taulukko: Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet -SYL 6)

Materiaali	Eristysalustan suurin sallittu kosteus	
	Absoluuttinen kosteus (VTT-2650) m-%	Suhteellinen kosteus (VTT-2649) %
Kauttaaltaan kiinnitetty kermi, nestemäisenä levitettävä eristys tai epoksitiivistys	5,0	93
Paineentasauskermi tai kumibitumimastiksi	6,0	96

Eräitä epoksituotteita käytettäessä voidaan epoksitiivistys tehdä edellä mainittua enimmäiskosteutta määrittävälle alustalle, jos Tiehallinto on tuotemerkkikohtaisesti hyväksynyt käyttöönsä epoksin edustajan laatiman, kosteamman eristysalustan salliman asennusohjeen. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Pelkän muotoiluvalun kuivuminen normaalilla betonimassalla valettuna voidaan laskea "noin" periaatteella 1 cm/vko, joten jos muotoiluvalu on paksuimmalta kohdaltaan 10 cm paksu niin sen eristyskuntoiseksi kuivuminen voi kestää 10 viikkoa. Tähän yhtälöön lisätessä vielä Suomen kosteat ja lyhyet kesät niin eristämiseksi ei jää kovin paljoa aikaa, jolloin olosuhteet olisivat vielä lämpötilojen ja ilmankosteuksien puolesta sellaiset ettei niitä tarvitsisi keinotekoisesti tuottaa lämmittämällä ja kuivaamalla ilmaa.

5.4 Alustan kuivatus

Eristysalustaa voidaan joutua kuivattamaan keinotekoisesti. Tällainen kuivattaminen on erittäin kallista ja tulee ottaa huomioon myös aikataulua ja kustannuksia suunniteltaessa. Jos muotoiluvalun valamisen ajankohta sijoittuu elosyyskuun tienoille niin betonimassana kannattaa harkita nopeammin kuivuvia pikamassoja.

Betonin kosteuspitoisuutta voidaan alentaa kuivattamalla tai eristysalustalle voidaan tehdä tiivistyskäsittely Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymällä kostealle pinnalle tarkoitetulla aineella, mikäli vedeneristystyö halutaan aloittaa nopeammin kuin betonin normaali kuivuminen sallii. (Tiehallinto SILKO 2.240.2007)

Mikäli käytössä on tässä vaiheessa jo sääsuojaus koko eristettävän kannen alalla on mahdollista käyttää joko säteily- tai puhallinlämmittimiä. Tiiviin ja pienen kuutiotilavuuden omaavan sääsuojan sisällä on kuitenkin lämmityksessä muistettava, että nestekaasulla toimivat lämmittimet tuottavat ilmaan kosteutta, jonka poistamiseksi joudutaan harkitsemaan ilmankuivattimia. Suuren kuutiotilavuuden omaavissa sääsuojissa taas lämpötilan saaminen tarvittavan korkealle niin, että siitä on vastaavaa hyötyä, vaatii usein taloudellisesti kannattamattoman määrän lämmitystehoa. Varsinkin jos sääsuojan ulkopuolella vallitsee kylmät ja kosteat olosuhteet on suuren sääsuojan sisälle mietittävä esimerkiksi välikaton rakenta-

mista lämmitettävän kuutiolavuuden pienentämiseksi. (Tiehallinto SILKO 2.240.2007)

Lämpösäteilijöiden määrä ja etäisyys kuivatettavasta pinnasta mitoitetaan haihdutustarpeen mukaan. Yleensä riittää parisäteilijä 20 – 25 m² kohden. Säteilijät kiinnitetään sääsuojan kannattimiin. Etäisyys kuivatettavasta pinnasta pitää olla vähintään 1,5 m ja sääsuojasta 0,5 m. (Tiehallinto SILKO 2.240.2007)

Ilman suhteellista kosteutta sääsuojan sisällä ja betonin kosteutta ja lämpötilaa seurataan mittauksin vähintään kerran vuorokaudessa. Paikkaukset saatavat irrota, jos betonin lämpötila nousee liian korkeaksi. Kosteus ei saa tiivistyä sääsuojan pintaan. Tarvittaessa tuuletuksesta päätetään mittaustulosten perusteella. (Tiehallinto SILKO 2.240.2007)

6 VEDENERISTYS

Sillankorjaustöissä käytetään kolmea eri tyyppistä ratkaisua. (Taulukko 2) Vaihtoehtoina ovat joko kermieristys, mastiksieristys tai nestemäisenä levitettävä massaeristys. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Taulukko 2. Vedeneristys vaihtoehdot ja materiaalit sillankorjauksessa.(Taulukko: Liikennevirasto SILKO 1.801,2011)

VEDENERISTYS-MENETELMÄ	TARTUNTA- TAI TIIVISTYSAINE *)	ERISTYS-MATERAALI	SUOJA-MATERAALI
Kermieristys	Kumibitumiliuos tai epoksitiivistys	Alus- tai pintakermi	Asfaltti AA 5/50 tai AB 5/50 tai kuitukangas ja hiekka
Mastiksieristys	Kumibitumiliuos niille osille, joille ei tule paineentasausverkkoa tai epoksitiivistys	Kumibitumimastiksi, jonka alla käytetään yleensä paineentasausverkkoa	Asfalttisuojakerros AB 11/60
Nestemäisenä levitettävä eristys (massaeristys)	Tuotekohtainen tartunta- ja tiivistysaine	Eristysmassa (PUR tms.)	Valuasfaltti KBVA 11/50 (PUR) tai tuotekohtaisesti hyväksytty suojaus

Periaateratkaisu tehdään vaihtoehtoja vertailemalla. Niistä on laadittu eri SILKO-ohjeet 2.811, 2.812 ja 2.813 / 10-12/. Tällöin verrataan kermi-, mastiksi ja nestemäisenä levitettävää eristystä toisiinsa laadun ja kustannusten suhteen. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

- *Mastiksi eristys tulee kysymykseen, jos sillassa on aikasemmin ollut mastiksieristys ja paineentasausputket. Jos sillassa ei ole paineentasausputkia ja kansilaatta on paksu, mastiksieristystä ei yleensä käytetä, koska mahdollisia vesivuotoja ei tällöin voida havaita ja paineentasausputkien teko nostaa kohtuuttomasti kustannuksia. Epätasainen eristysalusta taas puoltaa mastiksin käyttöä.*
- *Nestemäisenä levitettävä eristys tulee yleensä kysymykseen jos eristysalustassa on paljon halkeamia, sillassa on useita liikuntasauvoja*

joiden kokonaisliikemäärä on alle 5 mm, sillassa on kiviset reunapalkit, jolloin ainakin reunojen vedeneristys tehdään yleensä nestemäisenä levitettävänä eristykseenä tai kansilaatassa on paljon tiivistettäviä läpivientejä. Nestemäisenä levitettävä eristys tulee kysymykseen myös vedeneristyksen korjauksen yhteydessä. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Ratkaisuun vaikuttavat kustannusten lisäksi:

- *Vaurioituneiden kohtien sijainti*
- *Liikennemäärä*
- *Työtekniilliset seikat*
- *Vanhan ja uuden vedeneristyksen yhteensopivuus*

(Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Ennen eristystöiden aloitusta pidetään eristysalustan vastaanottotarkastus, jossa tilaajan, pääurakoitsijan ja eristysurakoitsijan edustajat yhdessä toteavat eritysalustan täyttävän sille asetetut laatuvaatimukset. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.1 Laatuvaatimukset

6.1.1 Työnaikainen suojaus

Valmiit vedeneristyspinnat tulisi peittää muilla kannen pintarakenteilla mahdollisimman nopeasti eristämistyön jälkeen. Jos kuitenkin kannella suoritetaan muita töitä ennen lopullisten pintarakenteiden levitystä niin on valmis vesieristys suojattava esimerkiksi kovalevyillä tai vanereilla.

Suojaus tehdään ettei työkoneiden renkaiden alle joudu vedeneristystä rikkovia kiviainesrakeita yms. Suojaus estää myös sen ettei vedeneristyksen päälle pääse valumaan öljyä tai muita bitumia liuottavia aineita. Mikäli alueella suoritetaan tulitöitä, on huolehdittava ettei myöskään kipinät pääse vaurioittamaan vedeneristystä. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Valmis eristys on suojattava viimeistään yhden viikon kuluessa eristämisen jälkeen. Ennen suojausta pinta on tarvittaessa puhdistettava. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Ennen suojausta on vedeneristeen pinta puhdistettava harjoilla ja puhaltimilla siten, että suojien alle ei jää kiviainesrakeita tai muita teräviä esineitä, jotka voivat rikkoa vedeneristyksen pinnan. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Vedeneristystyölle on annettu olosuhdevaatimukset, joita tulee noudattaa eristystyön onnistumisen takaamiseksi. Sääolosuhteita tarkkaillaan mittauksin ja mittauksista tehdään pöytäkirja, joka liitetään vedeneristystyön laatudokumentteihin. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Olosuhdevaatimukset eristystyön aikana ovat:

- *Ilman suhteellinen kosteus saa olla enintään 85 % RH*
- *Eristysalustan pintalämpötilan tulee olla vähintään 3 °C ilman kastepiste lämpötilan yläpuolella*
- *Eristysalustan pintalämpötilan tulee olla sekä kermi- että polyuretaanieristystöiden aikana vähintään +5 °C ja mastiksieristystöiden aikana vähintään +2 °C.*

(Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

6.1.2 Teräskansi

Teräskannen vedeneristämässä on muistettava se, että se on suojattava korjaussuunnitelman mukaisesti välittömästi suihkupuhalluksen jälkeen sen uudelleen ruostumisen ehkäisemiseksi. Pelkkä ilmankosteus ruostuttaa puhalletun teräspinnan muutamassa tunnissa. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Teräspinnan puhdistuksessa noudatetaan standardin SFS-EN ISO 12944-4 ohjeita ja vaatimuksia. Puhdistettu ja kuiva teräspinta suihkupuhdistetaan asteeseen Sa2½ (SIS 055900). Puhdistus on tehtävä kuivissa olosuhteissa, tarvittaessa suojakatoksessa. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Mastiksi ja kermieristystä käytettäessä on teräspinta korroosiosuojattava välittömästi suihkupuhdistuksen jälkeen kumibitumiliuoksella, jota levitetään 0,1 – 0,2 kg/m² tai jos eristeenä käytetään nestemäisiä levitettäviä eristeitä niin teräspinta korroosiosuojataan kyseisen eristemateriaalin tuotekohtaisella tartuntapohja-aineella. Kiinnitysteräksset on suojattava kuten muukin teräspinta. (Kuva 17) Kumibitumiliuoksen tulee täyttää SILKO-hyväksyntävaatimukset. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)



Kuva 17. Teräspinta korroosiosuojataan esimerkiksi bitumiliuoksella heti hiekkapuhalluksen perässä.

6.1.3 Puukansi

Puukannen kosteutta on tarkkailtava ennen eristystyötä, koska puu imee nopeasti kosteutta ympäröivästä ilmasta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Kannen puutavarassa käytetyn lahonsuojausaineen ja käytettävien eristymateriaalien yhteensopivuus on aina varmistettava. Eristysalustassa ei saa olla yli 2mm korkeaa paikallista hammastusta.

Alustan tulee olla puhdas ja kuiva eikä eristystä saa tehdä sateella. Kun käytetään kermieristystä, nestemäisinä levitettäviä eristyksiä tai ohutkerospäällystettä, on pinta suihkupuhdistettava. Kun käytetään mastiksieristystä, on pinta puhdistettava paineilmalla. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.1.4 Betonikansi

Betonikannen eristämiseksi käytetään aina eristeen alla pohja-ainetta joka sulkee betonin pintahuokokset ja parantaa eristeen tartuntaa alustaansa. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Betoninen eristysalusta esikäsitellään aina joko pohjustamalla kumibitumiliuoksella tai tiivistämällä epoksilla. Tartunta-aine levitetään telalle tai harjalla puhtaalle, kuivalle ja riittävän tasaiselle pinnalle ottaen huomioon määräyksissä esitetyt vaatimukset. Kermi ja mastiksi eristyksen tartunta-aineena käytetään kumibitumiliuosta (0,2-0,3 kg/m²), ellei pintaa ole tiivistetty epoksilla. Mastiksieristyksen tartunta-aine levitetään vain pinnoille, jotka jäävät ilman paineentasausverkkoa. Kumibitumiliuos on sekoitettava huolellisesti aina ennen kuin sitä otetaan astiasta. Nestemäisenä levitettävän eristyksen tartunta-aineena käytetään polyuretaani- tai epoksipohjustetta tuotteen valmistajan ohjeiden mukaan. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

6.2 Epoksitiivistys

Epoksitiivistyksen tarkoitus on estää kosteuden kulkeutuminen sillan kannen läpi varsinaisen vedeneristeen alle. Epoksitiivistys myös suojaa betonia mikäli eristeeseen tulee jokin vaurio, josta mahdolliset maantiesuolat ja muut kemikaalit pääsevät kulkeutumaan veden mukana kannen pinnalle. (Liikennevirasto, SILKO 3.254, 2012)

Eristysalusta tiivistetään epoksilla (Kuva 18) betonikantisilla silloilla, kun sillan kannen rakennepaksuus on vähintään 400 mm ja jokin seuraavista ehdoista on voimassa:

- *Sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajon/vrk*

- *Siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai silta on suolattavan tien ramppisilta*
- *Silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä*
- *Sillan pituuskaltevuus on vähintään 4 %.*

(Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Kansilaatan absoluuttisen kosteuden ollessa $\leq 5,0$ m-% ja eristysalustalle tehtyjen karheus- ja tasaisuusmittausten sekä eristysalustankatselmusten ollessa hyväksytysti suoritettuja on ensimmäisenä työvaiheena mahdollisten kuoppien tasaaminen hiekkaepoksilla (kvartsihiekan ja tiivistysepoxsin seos). Epoksiitiivistys tulee suorittaa Liikenneviraston SILKO -hyväksytyillä tuotteilla. (Liikennevirasto, SILKO 3.254, 2012)

Eristysalustan tiivistysaineet ovat kuumuutta kestäviä ja estävät eristyksen kuplimista aiheuttavan kosteuden pääsyn betonikannesta eristyksen alle. Tiivistysaineilla parannetaan myös betonirakenteiden säilyvyyttä estämällä veden ja kloridien tunkeutumista betoniin. (Liikennevirasto, SILKO 3.254, 2012)

Epoksoimiselle on annettu työohjeet ja määräykset, jonka mukaan epoksoiminen täytyy tehdä kansilaatasta mitattuna laskevaan lämpötilaan ja lopullinen lämpötila kansilaatassa ei saa laskea epoxsin levittämisen eikä kuivumisen aikana alle 10 °C. (Liikennevirasto, SILKO 3.254, 2012)

Vedeneristämisessä eri materiaaleille on annettu yksilöidyt vaatimukset sääsuojauksen käytöstä. Korjauskohteissa sääsuojan käyttö on kuitenkin harkittava aina tapauskohtaisesti tilaajan kanssa. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eristystyöt on tehtävä sääsuojan sisällä jos:

- *Kermi, nestemäinen eristysmateriaali tai tiivistysepoksi asennetaan muulloin kuin 15.5. – 31.8. välisenä aikana.*
- *Mastiksieristys tehdään ilman tiivistysepoksia muulloin kuin 15.5. – 30.9. välisenä aikana.*

Sääsuojan tulee olla vesitiivis kaikissa sääolosuhteissa koko alueellaan ja ulottua reunapalkin ulkopuolella vähintään reunapalkin pystypinnan puoliväihin asti ja sen esteettömän korkeuden kannesta mitattuna sääsuojan sisäpuolella tulee olla vähintään 2,5 m. Sääsuojan tulee ulottua sillan päästä päähän, kun sillan kokonaispituus on enintään 40 m. Sitä pidemmällä silloilla voidaan käyttää siirrettävää sää suojaa. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Epoksitiivistys betonikanteen tehdään kahtena kerroksena (Kuva 19). Ensimmäinen epoksikerros 300 - 500 g/m². Ensimmäisen tiivistyskerroksen päälle sirotellaan kauttaaltaan kvartsihiekkää, jonka tarkoitus on parantaa toisen epoksikerroksen sekä epoksin päälle asennettavan eristeen tartuntaa. Toinen epoksikerros on vähintään 600 g/m². Myös toisen kerroksen päälle voidaan lisätä sirotehiekkää mikäli alueella esiintyy liian sileitä kohtia joihin kermieristyksen on vaikea kiinnittyä. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)



Kuva 18. Epoksiivistitys suoritetaan sääsuojan alla.



Kuva 19. Epoksiivistitys suoritetaan kahtena kerroksena.

”Valmiin epoksitiivistyskerroksen on oltava vesitiivis. Vesitiiviin epoksitiivistysten eristysvastuksen tulee olla vähintään 500M Ω ” (Menetelmä n:o VTT-S-05050-09, 2013)

Ennen varsinaisten mittausten aloittamista tiivistetylle kannelle tehdään silmämääräinen katselmus mahdollisten vuotokohtien paikantamiseksi. Tällaisia silmällä havaittavia kohtia voivat olla ohuet ja huokoiset kohdat, kuplat ja halkeamat. (Menetelmä n:o VTT-S-05050-09, 2013)

Epoksitiivistysten kuivuttua pinnalle suoritetaan VTT:n menetelmä ohjeessa 2651 esitetty korkeajännitemittaus. Mittausta kutsutaan myös kipinäharavamittaukseksi (Kuva 20). Kipinäharavamittauksessa koko epoksitiivistetty alue harataan läpi ”metalliharjalla” johon johdetaan sähköä. Jos epoksin paksuus on jäänyt alueella liian ohueksi tai siinä on reikä niin kipinäharava antaa kohdalla merkkiään, jolloin sähkö lyö läpi betoniin liian ohuesta pinnasta tai reiästä. Läpilyöntijännite näkyy kosketuskohdassa myös kipinöintinä. Sillan raudoitettu betonikansi toimii mittauksessa pääjohteenä. Mittauslaitteen maadoitus kaapeli kytketään sillan rakenteeseen, joka on sähköä johtavassa kontaktissa sillan betonikanteen, (esimerkiksi siltakaide). (Menetelmä n:o VTT-S-05050-09, 2013)

Kipinäharavalla tai silmämääräisesti havaitut reiät merkitään alustaan esimerkiksi tussilla ja paikataan samasta epoksista ja hiekasta tehdyllä seoksella. Kipinäharavointi toistetaan niin useasti, ettei se enää ilmaise poikkeamista. Kipinäharavoinnilla varmistetaan se, ettei päälle asennettavan kermieristyksen alle epoksiin jää reikiä, poikkeavan huokoisia kohtia, kuplia tai halkeamia, joista vesihöyry pääsisi läpi ja aiheuttaisi kermiin ”kuplimista” ja irtoamista. Epoksintityö kestää yleensä kerrosten kuivumisesta johtuen noin 2 – 3 vuorokautta. Kipinäharavamittauksista tehdään pöytäkirja, joka liitetään vedeneristyksen laatudokumentteihin. (Menetelmä n:o VTT-S-05050-09, 2013)

Epoksiivistykselle suoritetaan myös tartuntavetokokeet VTT:n menetelmän VTT-2651 mukaisesti. Tartuntalujuuden tulee olla joka kohdassa vähintään 1,0 N/mm² ja koko alueella keskimäärin 1,5 N/mm². (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)



Kuva 20. Kipinäharava mittaus. (Kuva: YTM-Industrial Oy, Elcometer 266)

6.3 Kermieristys

6.3.1 Betonikannella

Kermieristyksen olosuhdevaatimukset ovat esitettyinä aiemmin tässä opinnäytetyössä. Huomiota kermieristyksen aloittamisessa tulee kiinnittää siihen, että eristettävä alue on ehdottoman puhdas ja kuiva.

Mikäli kosteutta ilmenee tiivistysepoxsin päällä, sitä ei saa kuivata kaasupolttimella (toholla) eikä muutenkaan tarpeettomasti kuumentamalla. Kuivauksen voi suorittaa pehmeäpohjaisella lastalla ja lämmityspuhaltimilla. Tällä tavalla kuivaus suorittamalla vähennetään riskiä siitä, että rikotaan tahattomasti tiivistysepoxsin pinta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Kermieristysrakenteen ja tiivistysepoxsin on oltava Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymiä. Kermit voivat olla liimaamalla kiinnitettäviä tai kuumentamalla kiinnitettäviä (hitsattavia). (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

*Kermieristys tehdään siltakohtaisissa laatuvaatimuksissa määrätyllä kermirakenneyhdistelmällä. Kermit asennetaan sillan pituussuuntaan ja niiden asennus aloitetaan korkeusasemaltaan alimpana olevasta siltakan-
nen kohdasta.* (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Kermieristäminen aloitetaan kohdistamalla ja leikkaamalla oikeankokoiset kermikaistat ja niiden mahdolliset läpiviennit eristettävälle alueelle. Tämän jälkeen kermit pyöritetään takaisin rullalle ja aloitetaan työ limityksen alimmasta rullasta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.3.2 Pohjakermi

Kermieristys voidaan aloittaa välittömästi kipinäharavamittausten jälkeen mikäli epoksitiivistys on todettu tiiviiksi. Ensimmäinen kerros tehdään yleensä liimaamalla erillisellä kumibitumilla pohjakermi epoksitiivistyksen päälle. Kun kermin asennus tehdään kumibitumilla liimaamalla on huolehdittava siitä, että bitumikerros on mahdollisimman tasainen.

Kumibitumi sulatetaan Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymässä termostaatilla ja sekoittimella varustetussa sulatuspadassa. Kumibitumin lämpötila ei saa nousta sulatuspadassa korkeammaksi kuin 210 °C. Kumibitumin levityslämpötilan tulee olla 180 – 210 °C välillä. Kumibitumin ylikuumentaminen voi heikentää sen laatuominaisuuksia. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

”Kumibitumia käytetään vähintään 1,5 kg/m², määrä riippuu alustan karheudesta.” (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Saumat limitetään kuten katoillakin eli kermitys tapahtuu pintavesiputkilinjoista (sillan reunoista) harjalle päin ja harjakermi viimeisenä. Kannen läpiviennit kuten pintavesiputket ja pintavesikaivot varmistetaan vielä ylimääräisellä kumibitumisivelyllä. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Kermien on oltava oikein limitettyjä ja tasaisia poimuja ei saa esiintyä. Kermien limityksen on oltava vähintään 100 mm pituussuuntaan (sivusauma) ja 150 mm poikkisuuntaan (päätsauma). Vierekkäisten kermien päiden jatkoskohdat on porrastettava. Päälle tuleva kermi on limitettävä vähintään 100 mm alla olevan kermin saumoihin verrattuna. (Kuva 21) (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)



Kuva 21. Pohjakermin limitykset ja jatkoskohtien porrastus.

Pohjakermille suoritetaan tartuntavetokokeet, joista tehdään pöytäkirja joka liitetään vedeneristystyön laatudokumentteihin.

Aluskermin tartuntalujuuksien raja-arvot eri lämpötiloissa yli 100 m² siltakansilla on esitetty taulukossa 3. Kuvan mukaisista tartuntavetolujuuksien arvoista saa vähentää 0,10 N/mm², jos tartuntavetokoetta suoritettaessa irtoaminen tapahtuu kiinnitysbitumin sisäisenä koheesiomurtumana. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Jos kannen pinta-ala on alle 100 m² mitataan kermin tartunta eristysalustaan käsin vetäen. Tällöin tartunta on riittävä, jos kermikaista ei irtoa käsin vetämällä tai kermikaista irtoaa siten, että yli 50 %:lle irrotuskohdan pinta-alasta jää bitumia kiinni betoniin. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Taulukko 3. Kermieristyksen tartuntavetolujuusvaatimus siltakannella (yli 100m²). (Taulukko: Sil-
lanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eristysalustan pintalämpötila (°C)	Tartuntalujuus- vaatimus (N/mm ²)	Eristysalustan pintalämpötila (°C)	Tartuntalujuus- vaatimus (N/mm ²)
5	1,06	16	0,58
6	1,00	17	0,55
7	0,95	18	0,52
8	0,90	19	0,50
9	0,85	20	0,47
10	0,81	21	0,45
11	0,77	22	0,42
12	0,72	23	0,40
13	0,69	24	0,38
14	0,65	25	0,36
15	0,62		

6.3.3 Läpiviennit

Läpivienneillä tarkoitetaan sillan vedeneristeen läpäiseviä rakenteita kuten pinta-
vesikaivoja sekä pintavesiputkia. Läpivientien tiivistämisessä on käytettävä eri-
tyistä tarkkuutta koska ne ovat usein kohtia, joista vesi pääsee helpoiten tunkeu-
tumaan eristeen alle ja aiheuttamaan isomman vaurion vedeneristykseen. (Liik-
kennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

*Kannen pinta muotoillaan tarvittaessa tippuputken yläpäässä suppilomai-
seksi siten, että vedet ohjautuvat vedeneristuksen päältä tehokkaasti tip-
puputkeen. Vedeneristys ulotetaan suppilon päälle varoen tukkimasta tip-
puputkea. (Kuva 22) (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)*

Vedeneristys nostetaan syöksytorvien ulkopinnoille ja eristys tehdään yleensä useampana kerroksena. Lopuksi pintaan sivellään eristyksen kanssa yhteensopiva, valumaton vedeneristysmassa. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)



Kuva 22. Vedeneristys pintavesiputken päälle ulotettuna.

Mikäli pintavesiputkilinjaan tulee asennettavaksi salaojaprofiili niin sitä varten asennetaan suojakerros-vaiheessa varauslaudat, joiden jättämään tilaan profiili saadaan asennettua. Jos kyseessä on nestemäisenä levitettävä eristys niin salaojaprofiili painetaan ylempää eristekerrokseen ennen massan sitoutumista tai ruiskutetaan salaojan yli ”panta” mikäli massa on erityisen nopeasti sitoutuvaa. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

6.3.4 Pintakermi

Pintakermin asennus tapahtuu samalla tavalla kuten pohjakerminkin eli reunoilta harjalle päin. Pintakermi on yleensä hitsaamalla asennettavaa. Erillistä kumibitumia ei käytetä vaan kermin pohjassa oleva bitumi sulatetaan kaasupolttimella ja painetaan kiinni alustaan. Saumojen kiinnittymistä tehostetaan esimerkiksi te-laamalla. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Kuumentamalla kiinnitettäessä kuumennus on tehtävä siten, että tartuntapinnan bitumi sulaa rullan edessä pieneksi aalloksi kermin leveydeltä ja leviää kermin molemmille puolille, jolloin kermi kiinnittyy hyvin eristysalustaan. Hitsausbitumia ei saa kuumentaa liikaa. Kuumennus tehdään rivi-polttimella tai käytetään kermirullan vetolaitetta siten, että veto tapahtuu rullan etupuolelta levityssuuntaan päin. Liikaa kuumennettu kermi poi-muuntuu, jolloin se on vaihdettava uuteen. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Eristyskerrosten tulee tarttua alustansa ja toisiinsa siten, etteivät ne liu'u eristysalustan tai toistensa suhteen sillan käyttöönoton jälkeen. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Pintakermiä asennettaessa pohjakermin pinta tulee olla puhdas roskista sekä kuiva. Pinta voidaan kuivata kaasupolttimella kevyesti lämmittämällä. Tässä työvaiheessa tapahtuu usein vahingot, joita joudutaan myöhemmin korjaamaan. Mikäli pohjakermin pinta on kostea ja sen päälle asennetaan pintakermi niin se ei hitsaudu alustansa kiinni vaan kohtaan jää ns. ilmatasku. Ilmataskun sisällä oleva kosteus ei pääse haihtumaan vaan, joko lämpimän ulkoilman vaikutuksesta höyrystyy ja nostaa kermin kuplalle tai kylmän ilman vaikutuksesta jäätyy ja nostaa kermin irti pohjastaan. (Tiehallinto, SILKO 2.833, 2005)

Nämä kuplimiset aiheuttavat puolestaan taas sen, että kuplan päällä oleva pintarakenne pääsee elämään mekaanisten rasitusten vuoksi ja alkaa halkeilemaan ja murtumaan. Myös työvirheistä, kuten liian nopeasta ja puutteellisesta pinta-

kermin hitsaamisesta (Kuva 23) tai kermin pohjassa olevista roskista aiheutuu samaisia vaurioita. Vaikka pohjalla ei kosteutta alunperin olisikaan niin puutteellisesti kuumennettu kohta ei liimaudu alustaan vaan jää ilmataskuja. Kun näihin ilmataskuihin lämpötilojen vaihteluista johtuva kondensiokosteus kasautuu niin vaikutukset ovat täysin samat. (Tiehallinto, SILKO 2.833, 2005)



Kuva 23. Puutteellisesti hitsattu pintakermi, jossa pohjan bitumi ei ole sulanut kiinni alustaansa. Vesieristys voidaan rikkoa vielä pintarakenteen asennusvaiheessakin. Mikäli kermin päälle on korjaussuunnitelmassa määrätty tehtäväksi suojakerros asfaltista, eristys suojataan käyttämällä joko avointa-asfalttia AA 5/50 tai asfalttibetonia AB 5/50. Asfalttimassan levityslämpötila on oltava +130...+150 °C. Suoja-asfaltin korkean lämpötilan vuoksi pintakermi voi sulaa irti pohjastaan ja jäädä kuplalle. Myös asfalttijyrän edestakaiset liikkeet voivat aiheuttaa mekaanisen rasituksen, jonka vuoksi kermi voi rullautua asfaltin alla. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

6.3.5 Teräskannella

Kermieristyksen tekemisessä teräskannelle on voimassa samat vaatimukset ja ohjeistukset kuin betonikansillekin, kuitenkin aina erillisten työsuunnitelmien mukaisesti. Kermieristystä voidaan käyttää teräskantisilla silloilla, joissa ei ole kiinnitysteräksiä. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.3.6 Puukannella

Puukannella kermieristyksen tekemisessä noudatetaan kermieristämisen yleisiä vaatimuksia ja ohjeita kuitenkin sillä poikkeuksella ettei puukannen eristämisessä saa käyttää aluskerminä kuumentamalla kiinnitettävää (hitsattavaa) kermiä. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.4 Mastiksieristys

Kumibitumimastiksi on eristysmassa, joka esivalmistetaan asfalttiasemalla, josta se kuljetetaan työkohteeseen lämmitetyssä ja sekoittimella varustetussa säiliössä. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

”Kumibitumimastiksieristystä voidaan käyttää betoni-, teräs ja puukantisilla silloilla.” (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

6.4.1 Betonikannella

Mikäli mastiksieristys suoritetaan betonikannelle ja muut vaatimukset epoksitiivistyksen suorittamiseksi täyttyvät, kansi tiivistetään tiivistysepoksilla aiempaan tässä opinnäytetyössä esitettyjen ohjeiden ja määräysten mukaisesti. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Mastiksieristystä käytettäessä sillan kansi varustetaan paineen tasausputkilla suunnitelman mukaisesti. Sillankorjauskohteissa kanteen porataan vastaavasti paineentasausreiät (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Puhtaalle ja kuivalle eristysalustalle levitetään sillan pituussuuntaan paineentasausverkko (lasikangasverkko), jonka silmäkoon pitää olla 4-8 mm ja paksuuden vähintään 0,7 mm. Lasikangasverkon on oltava pinnaltaan muovikäsiteltyä. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Paineentasausverkko kiinnitetään alustaan kumibitumilla siten, ettei se massan levityksessä pääse poimuuntumaan. Eristettävä alue jätetään reunoista 200 mm leveydeltä ilman paineentasausverkkoa. Mikäli betonikantta ei ole tiivistetty tiivistysepoksilla, reuna-alueet sivellään 200 mm leveydeltä kumibitumilla ennen varsinaisen mastiksieristuksen levittämistä. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Kumibitumimastiksi levitetään puukolalla kahtena ristikkäisenä kerroksena. Levityslämpötilan pitää olla +180...210 °C. Kumibitumimastiksia käytetään vähintään 55 kg/m² yleensä kahtena kerroksena siten, että eristyskerroksen kokonais on oltava jokaisessa kohdassa vähintään 15 mm ja enintään 30 mm. Pienissä korjauskohteissa levitys voidaan tehdä yhtenä kerroksena. Työsaumoja pyritään välttämään. Mastiksieristuksen saumat tiivistetään lämmittämällä nestekaasuliekillä ja tarvittaessa lisäämällä kumibitumia. Reunat tiivistetään kumibitumilla. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

*Reunapalkin sisäreunaan ja siitä lukien eristyksen päälle 250 mm leveydeltä tehdään aina eristyksen kiinnitystavasta riippumatta kaksinkertainen kumibitumisively (KB100) 2 * 1,5 kg/m². (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)*

Valmis mastiksieristys on pinnaltaan kiiltävä eikä siinä saa esiintyä huokosia tai halkeamia. Valmiin eristyksen päälle ei saa ajaa moottoriajoneuvoilla ennen kuin se on suojattu aiempänä tässä opinnäytetyössä esitetyillä menetelmillä. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Mastiksieristyksen vaatimustenmukaisuus todennetaan seuraavin menetelmin:

- Kerrospaksuusmittaukset vähintään 10 kpl / silta.
- Eristystyön aikana valmiiksi sekoitetusta mastiksista otetaan 5 kg näyte sideainepitoisuus-, rakeisuus- ja painumakokeita varten. Näytteitä otetaan aina 5 kg alkavaa 1500 m² pinta-alaa kohti ja kuitenkin vähintään 2 näytettä.
- Pinnan vaatimuksenmukaisuus todennetaan silmämääräisesti.
- Mastiksieristyksen vedenpitävyys todennetaan vesikokeella. Eristyksen tulee kestää 300 mm vesipatsaan staattinen paine (3kPa) ja kastelu kahden tunnin ajan. Vesipatsaskokeessa 200mm muoviputki liitetään mastiksiin vesitiiviisti ja putki täytetään vedellä. Koe paikaksi valitaan paineentasausputken kohta, jolloin mahdollinen vuoto on välittömästi havaittavissa kannen alapuolella.

(Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.4.2 Teräskannella

Teräskannelle mastiksieristyksen tekeminen edellyttää samoja vaatimuksia kuin betonikannellekin lukuun ottamatta muutamia teräskannelle asetettuja lisämääräyksiä ja -ohjeita.

Alemmaksi eristyskerrokseksi levitetään kumibitumia KB100, vähintään 3 kg/m². Kumibitumin tulee täyttää SILKO-hyväksyntävaatimukset. Myös mahdolliset kiinnitys teräkset on käsiteltävä kauttaaltaan kumibitumilla. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Betonikannelle ja ilman kiinnitysteräksiä olevalle teräksiselle siltakannelle asetetut vaatimukset massamenekestä ovat 55 kg/m² ja eristyksen paksuusvaatimukset vähintään 15 mm ja enintään 30 mm. Kiinnitysteräksillä varustetuilla teräskansilla massamäärävaatimus on 35 kg/m² ja paksuusvaatimus joka kohdassa vähintään 12 mm ja enintään 20 mm. Lisäksi kuuman mastiksikerroksen päälle levitetään läppäsilloilla (nostosilta) tartuntasirotetta 10 kg/m², jonka raekoko on 5/11 mm. Sirotetta ei jyrätä. Sirotetta käytetään parantamaan pintakerroksen tartuntaa. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.4.3 Puukannella

Ennen mastiksin levittämistä puukansi on puhdistettava irtonaisista roskista ja käytävä läpi paineilmapuhalluksella.

Mastiksi levitetään suoraan puhdistetulle pinnalle vaatimusten mukaisesti yhtenä kerroksena. Paineentausverkkoa ei kuitenkaan käytetä kun eristysalusta on puuta. Kumibitumimastiksin massamäärä on vähintään 30 kg/m² ja sallittu massamäärän ylitys 10 kg/m². (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.5 Nestemäisinä levitettävät eristeet

Nestemäisenä levitettävät eristeet ovat elastomeereja eli ne ovat verkkoutumisenkin jälkeen joustavia ja kestävät näin hyvin myös myöhemmin eristysalustaan rakenteiden taipumisesta tai muista muodonmuutoksista syntyviä halkeamia. Nestemäisinä levitettäviä eristeitä voidaan levittää tai vahvistaa kerrospaksuutta ilman edellisen kerroksen kuivumisen odottamista. Nestemäisen eristyksen pinta on tuotemerkestä riippuen pölykuiva ja ns. kävelykuiva jopa 90 minuutissa kun epoksi vaatii vähintään 12 tuntia. Nestemäisenä levitettävät eristeet kestävät lämpötilavaihteluita paremmin kuin kermit eli kestävät pakkasta ja hellettä muuttumatta/vaurioitumatta. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Nestemäisenä levitettävä eristys tehdään mieluiten ruiskuttamalla. Pienehköissä kohteissa tai massan niin vaatiessa se levitetään siveltimellä tai telalla. Eristysmassa levitetään tuotteen vaatimalla tavalla esisivellylle ja kuivalle pinnalle. Vedeneristyksen paksuuden pitää olla keskimäärin 2,5 mm ja joka kohdassa vähintään 2,0 mm. Ruiskutus tehdään kahtena ristikkäisenä kerroksena. (Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011)

Eristyksen paksuus mitataan tarkoitukseen soveltuvalla mittauslaitteella joko eritykseen tehdystä reiästä tai eristyksestä irrotetusta näytepalasta. Paksuutta seurataan myös massamenekin perusteella. Paksuuden mittausmäärät ovat:

- *5 kpl / alkava 250 m² mittausalue, jos mittauskohdat valitaan silmäääräisesti havaintojen perusteella.*
- *1 kpl / alkava 250 m², jos mittauskohtien valinnassa käytetään lisäksi apuna korkeajännitemenetelmää, mutta kuitenkin vähintään 3 kpl / silta.*

(Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Nestemäisenä levitettävän eristyksen yhteydessä käytetään eristysalustan tiivistysainetta, jonka tulee olla eristyksen asennusohjeen mukaista materiaalia. Sen on täytettävä tiivistysaineen vaatimukset (Liite 3.) ja sen tulee olla Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymä tuote. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eristyksen tulee olla kauttaaltaan kiinni alustassaan. Tartunta tutkitaan kolmesta eri kohdasta tehtävillä kahdella eri tartuntavetokokeella jokaista alkavaa 1000 m² kohden. Jos nestemäisenä levitettävä eristys tai sen liimaus sisältää bitumia, tulee tartuntakokeen aikana betonikannen pinnan lämpötilan olla erityksen alla välillä +5...+25°C. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.5.1 Betonikannella

Betonikantiselle eristysalustalle asetetut vaatimukset on esitetty aiemmin tässä opinnäytetyössä ja ovat voimassa myös nestemäisinä levitettävien eristeiden kanssa.

Kannen yläpinnan tiivistysaineen tiiviudet mitataan samalla periaatteella kuin tiivistysepoksilla. Sen on myös täytettävä samat tiiviydelle asetetut vaatimukset kuin tiivistysepoksille on asetettu. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Nestemäisenä levitettävän eristyksen tiheys ei saa alittaa optimia yli 3 %. Optimitiheys määritetään tuotekohtaisesti materiaalin SILKO-hyväksyntätestien yhteydessä tai ennakkokokeissa. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Jokaisen eristystyövuoron alkaessa täytyy tehdä eristysmateriaalista noin 1 m² kokoinen koelevitys muovikelmun päälle. Koelevityksen tarkoitus on saada säädettyä oikea kerrospaksuus ja tiheys. Koe-eristys irrotetaan kelmusta sen kuivut-

tua riittävästi. Koenäytteestä leikataan kolme (100*100) mm² koepalaa joista mitataan ensiksi kerrospaksuudet työntötulkilla. Seuraavaksi koepalat upotetaan nesteeseen, jonka tiheys on 3 % alhaisempi kuin eristemateriaalin optimitiheys. Mikäli näytepalat eivät uppoa testinesteeseen niin niiden tiheys ei täytä laatuvaatimuksia. Tätä testausta jatketaan uusilla näytepaloilla kunnes ruiskutuslaitteet on saatu säädettyä niin, että vaadittu tiheys saavutetaan. Kun vaadittu tiheys on saavutettu niin sen omaavasta koenäytteestä leikataan kaksi näytettä myöhempiä tutkimuksia varten. Näytteiden koko (250*400) mm². Myös eristysmateriaalin osa-aineista otetaan näytteet myöhempiä tutkimuksia varten. Erillisten näytteiden määrän tulisi olla sellainen, että siitä saadaan valmistettua 2,5 kg suuruinen massaseos. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eristystyössä noudatetaan tarkasti tuotekohtaisia käyttöohjeita. Massa ruiskutetaan yleensä kahtena ristikkäisenä kerroksena. Jos ylempi kerros ruiskutetaan seuraavana päivänä, kerrosten välinen tartunta varmistetaan tartunta-aine käsittelyllä, ellei käyttöohje muuta edellytä. Ruiskutuskaistat limitetään vähintään 50 mm. Levitystyön aikana hitaasti kovettuvan, sitoutumattoman erityksen paksuutta seurataan kampatulkilla ja nopeasti kovettuvasta eristyksestä leikataan näytepala, josta kerrospaksuus mitataan esim. työntötulkilla. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eristyksen tartunnan eristysalustaan tulee olla siltakannella keskimäärin $\geq 1,2$ N/mm² ja joka kohdassa $\geq 1,0$ N/mm². Jos tartuntalujuusmittausten keskiarvo on alle 0,80 N/mm² (hylkäysraja), eristys on poistettava huonosti kiinni olevilta kohdilta ja tehtävä uudestaan. Eristyksessä ei saa olla huokosia, kuplia, kuplien puhjetessa syntyviä puolipallon muotoisia kuoppia eikä neulamaisia reikiä.

Näkyviin jäävät erityispinnat on suojattava UV-säteilyä kestävällä pinnoitteella, jonka märkäkalvon paksuus on $\geq 80 \mu\text{m}$, ellei eristys sellaisenaan ole ultravioletisäteilyä kestävä. Eristyksen tulee olla puhdas ja kuiva ennen pinnoitusta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Valmiin eristyskerroksen päällä ei saa ajaa moottoriajoneuvolla ennen aiemmin tässä opinnäytetyössä esitetyn suojauksen tekemistä.

6.5.2 Teräskannella

Nestemäisenä levitettävien eristeiden käyttämisessä teräskannella ovat voimassa aiemmin tässä opinnäytetyössä esitetyt teräskannen puhtaus ja tasaisuus vaatimukset. Kumibitumiliuoksen sijasta nestemäisenä levitettävien eristeiden kanssa käytetään teräspinnan suojaukseen tuotekohtaista Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymää tartunta-ainetta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.5.3 Puukannella

Puukannella käytettävien nestemäisenä levitettävien eristeiden tulee olla liitteen 3. mukaisia. Puukannella ovat voimassa kaikki samat vaatimukset ja määräykset kuin nestemäisenä levitettävien käyttämisessä betonikantisilla silloilla. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.6 Eristyksen suojaus

Eristys suojataan mahdollisimman nopeasti hankekohtaisessa korjaussuunnitelmassa esitetyllä menetelmällä. Suojakerroksina eristeen päällä käytetään nykyisin joko suoja-asfaltteja, valuasfaltteja, suojabetonia tai suodatinkangasta ja suojarahiekkaa.

”Eristyksen suojakerroksen on tartuttava alustaansa ja päällysteeseen siten, etteivät ne liu’u toistensa suhteen sillan käyttöönoton jälkeen.” (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Ennen sillan lopullista suojaamista on valmiin eristyksen pinnan puhtaudesta huolehdittava tarkasti. Tässä vaiheessa vedeneristeen päällä joudutaan ajamaan moottoriajoneuvoilla joiden renkaiden alle ei saa jäädä roskia tai kiviainesrakeita, jotka voivat rikkoa vesieristeen.

Suojakerros asennetaan vesieristeen päälle, joten sen viettokaltevuus määräytyy usein automaattisesti. Mikäli levitys tapahtuu esimerkiksi käsin, niin silloin on huolehdittava, että pinnasta tulee niin tasainen ettei vesi pääse lammikoitumaan sen päälle ja, että viettokaltevuus on vähintään 1 % vedenjohtolaitteiden suuntaan. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eri eristemateriaaleille on annettu suositellut suojausmateriaalit (Taulukko 4). Näistä suosituksista voidaan kuitenkin poiketa tilaajan hyväksynnän perusteella. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Taulukko 4. Eristysten suojaustapoja. (Taulukko: Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Eristystyyppi	Kermirakenteen käyttöluokka	Eristyksen suojaus
Kaksikerroskermieristys	Käyttöluokka 1	Suojakerros AB 5/50 tai AA 5/50
Kaksikerroskermieristys	Käyttöluokka 2	AB 5/50, AA 5/50 tai suojabetoni
Yksikerroskermieristys	Käyttöluokka 3	AB 5/50, AA 5/50 tai suojabetoni
Maakantisella sillalla kaksikerroskermieristys	Käyttöluokka 2	Suodatinkangas ja hiekka tai suojabetoni
Maakantisella sillalla yksikerroskermieristys	Käyttöluokka 3	Suodatinkangas ja hiekka tai suojabetoni
Mastiksieristys		AB 11/60
Nestemäisenä levitettävä eristys		a) 1. päällystekerros KBVA/VA tai b) erillinen tartunta-aine ja/tai sirote asfalttibetonin kanssa, jos Tiehallinto on sen tuotteelle erikseen hyväksynyt
Muu eristys		Erillisen hyväksytyyn suunnitelman mukaan

Annetuissa ohjeissa suojausmateriaalien käytöstä miinuksena nestemäisissä vesieristeissä verrattuna kermieristämiseen on se, että ne vaativat suojaukseen usein asfalttibetonin AB:n sijasta VA:n eli valuasvaltin. Valuasfaltti on huomattavasti kalliimpaa käyttää kuin asfalttibetoni. Valuasfaltin valmistus sijoittuu ainoastaan eteläiseen Suomeen, josta sen kuljettaminen muualle Suomeen on kallista.

6.6.1 Suoja-asfaltti, AB

Suoja-asfaltit levitetään siltakannelle normaalilla asfalttilevittimellä. Suoja-asfaltin viettokaltevuudet määräytyvät eristysalustan kaltevuuden mukaan. Tärkeää on saada aikaiseksi mahdollisimman tasainen kerros, jotta tien sivuttaiskaltevuus säilyy samana vielä viimeisessä asfaltin kulutuskerroksessakin.

Suoja-asfalttikerroksen on oltava joka kohdassa vähintään 20 mm paksu ja sen on täytettävä Päällystysten yleiset laatuvaatimukset. Suojakerroksen pinnan suurin sallittu epätasaisuus on 4 mm / 3 m sillan pituus- ja poikkisuunnassa (EN 13036-7). Massan vaatimustenmukaisuus osoite-

taan Asfalttinormien mukaisesti. Massan levityslämpötila on oltava 130...150°C. Massan levityksessä ei saa käyttää tela-alustaista levitintä. Mastiksieristyksen suojakerroksen asfalttimassa on levitettävä käsityönä kolaten aina, kun mastiksieristyksen lämpötila asfaltin levityshetkellä on yli 20 °C. Massa on tiivistettävä ilman tärytystä enintään 4 t painoisella valssijyrällä, jonka molemmat valssit vetävät. (Kuva 24) (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.6.2 Suojabetoni

Suojabetonin levittäminen eristeen päälle tapahtuu lähes samoin kuin muotoiluvalun tekeminenkin. Betonin pinnan tulee olla mahdollisimman tasainen, jottei vesi jää sen pinnalle seisomaan joka puolestaan voi aiheuttaa pintarakenteen halkeilun ja irtoamisen. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

Suojabetoni tehdään 50 mm paksuisena, teräskuiduilla vahvennettuna laattana. Teräskuitujen määrä on 50 kg/m³. Betonin on oltava pakkasenkestävää (P50), lujuusluokka K45-1. Suurin sallittu poikkema laatan paksuusvaatimuksesta on ±10 mm ja suurin sallittu epätasaisuus 6 mm (EN 13036-7, oikolauta 3m). Ennen asfaltointia betonin lujuuden on oltava vähintään 70 % suunnittelulujuudesta. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.6.3 Suodatinkangas ja hiekka

Suojahiekkaa levitettäessä on varmistuttava siitä ettei hiekan seassa ole raekooltaan suurempia kiviä 2 mm. Suuremmat kivet voivat pintarakenteen alla aiheuttaa vedeneristeen rikkoutumisen.

Suojatessa kermieristys suodatinkankaalla ja 20 mm hiekkakerroksella kankaan on täytettävä Tiehallinnon asettamat suodatinkankaiden käyttöluokan N3 vaatimukset. Käytettävästä kankaasta on oltava hyväksytyt laboratorion tutkimusselostus. Suodatin kanssa kiinnitetään pisteliimauksella alla olevaan kermiin. Kangas ei saa poimuilla. Kiinnitysbitumin on täytettävä kumibitumin KB100 SILKO-hyväksyntävaatimukset. Hiekan maksimi raekoko saa olla enintään 2 mm. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)

6.6.4 Suoja-asfaltti, VA JA KBVA

Valuasfalttien kylmän- ja lämmönkestävyysominaisuudet ovat tavallisia asfaltteja paremmat. Valuasfaltteja käytetään useimmiten nostosiltojen kulutuskerroksissa.

Nestemäisenä levitettävän eristyksen päälle levitetään tuotekohtaisen hyväksynnän mukaan suojakerrokseksi kumibitumivaluasfaltti (KBVA), jonka levityslämpötila on levityshetkellä 200...210 °C tai valuasfaltti (VA), jonka lämpötila on levityshetkellä 230...240 °C tai asfalttibetoni (AB) jos se on hyväksytty SILKO-ohjeiden mukaisessa leikkauslujuustestissä. (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6)



Kuva 24. Suoja-asfaltin levitys kermieristyksen päälle.

7 LAADUNVARMISTUS

Kaikista siltatyömaan vedeneristämiseen liittyvistä työvaiheista tehdään työ- ja laadunvarmistussuunnitelmat ennen töiden aloittamista. Lisäksi työn valmistuttua työvaiheesta tehdään tarkastuspöytäkirjat, joilla todennetaan, että eristyksille on tehty kaikki tarvittavat kokeet ja tarkastukset. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Työn valmistuttua kerätään laaturaportiksi yhdistetty työ- ja laatusuunnitelma, työmaapöytäkirjat, aineistodistukset, mahdolliset poikkemaraportit, vaatimuksen mukaisuuden yhteenvetoraportti. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Laaturaportti luovutetaan tilaajan edustajalle viimeistään vastaanottotarkastuksessa. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Laadunvarmistukset suoritetaan InfraRYL:n osan 3 mukaisesti. Kaikille eristysmateriaaleille yhteistä hyvän lopputuloksen saavuttamisessa ja laadunvarmistamisessa on eristysalustan oikea kosteustila eristysvaiheessa sekä eristeen tartunta pohjaansa. Eri eristysmateriaaleille on annettu ohjeet tartuntavetokokeen suorittamisesta. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

7.1 Kermieristeet

Eristystöitä ei tule aloittaa ennen kuin eristysalustan vastaanottotarkastus on suoritettu ja siinä havaitut puutteet kirjattu ja korjattu. Kermieristeille on olemassa myös varastointiohjeet koska suoraan auringossa varastoidut eristeet voivat menettää ominaisuuksiaan UV-valon vaikutuksesta. (Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

Erityisesti kiinnitetään huomiota kumibitumin kuumentamiseen, jotta sallittua lämpötilaa ei ylitetä. Lämpötilat on merkittävä työmaapäiväkirjaan. Muut laadun varmistuksessa todettavat asiat ovat:

- *Eristysalustan tasaisuus ja puhtaus.*
- *Eristysalustan kosteus ja karheus.*
- *Mahdollisen epoksiivityksen tiiviys ja tartunta.*
- *Kermien liimautuminen ja tartunta.*
- *Kermien suojaaminen työn aikana.*
- *Veden poistuminen valmiin vedeneristyksen päältä.*

(Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006)

7.2 Mastiksieristeet

Tärkeät laadunvarmistustoimet siltapaikalla ovat:

- *Eristysalustan tasaisuus ja puhtaus.*

- *Eristysalustan kosteustila*
- *Tiivistysepoksen tiiviys ja tartunta.*
- *Massan lämpötila*
- *Vedeneristyksen paksuus*
- *Saumojen ja reunojen tiiviys.*
- *Eristysmastiksin pinnan kiiltävyys ja laatu*
- *Vedeneristyksen suojaaminen työaikana.*
- *Veden poistuminen valmiin vedeneristyksen päältä.*

(Tiehallinto, SILKO 2.812, 2009)

7.3 Nestemäisenä levitettävät eristeet

Tärkeät laadunvarmistuksessa todettavat asiat ovat:

- *Eristysalustan tasaisuus ja puhtaus.*
- *Eristysalustan kosteustila ja karheus.*
- *Tiivistysaineen tiiviys ja tartunta.*
- *Eristyksen tiheys koepalasta.*
- *Valmiin vedeneristyksen paksuus.*
- *Valmiin vedeneristyksen tartunta.*
- *Saumojen ja reunojen tiiviys*
- *Vedeneristyksen suojaaminen työn aikana*

- *Veden poistuminen valmiin vedeneristyksen päältä.*

(Tiehallinto, SILKO 2.813, 2009)

7.4 Tartuntavetokoe

Tartuntavetokokeella määritetään kermieristyksen, massaerityksen, epoksiivis-tyksen tai ohutkerrospäällysteen tartunta betoniseen, teräksiseen tai puiseen eristysalustaan. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

”Tartuntalujuus on pinta-alayksikköä kohti tarvittava voima, joka tarvitaan irroit- tamaan eristysmateriaali alustastaan.” (Sillan vedeneristystyömaan laadunmitta- us, TIEH 2200059-09)

Vetolaitteena käytetään laitetta, jonka maksimi vetovoima on vähintään 2 kN ja riittävä eristysmateriaalin vetämiseksi irti alustasta. Kuormituksen tasainen li- säysnopeus vedon aikana tulee olla 0,15 MPa/s ja mittaustarkkuus ± 2 %. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Tartuntavetolaitteen vetolaikat, jotka valitaan tutkittavan erityskerroksen mukaan:

- *Kermille pyöreä vetolaikka \varnothing 50 mm tai neliön muotoisen vetolaikat, sivu 50 tai 44 mm*
- *Massaeristyksille ja ohutkerrospäällysteelle edellä mainittujen lisäksi \varnothing 28 mm vetolaikat.*
- *Tiivistysepoksille \varnothing 28 mm tai \varnothing 20 mm vetolaikat.*

(Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Tarvikkeina tarvitaan liimaa, joka valitaan liimattavien materiaalien, liimauslämpötilan ja kovettumisajan perusteella. Lisäksi tarvitaan mattoveitsi kermieristeen ja lieriöporanterä (sisähalkaisijaltaan sama kuin pyöreän vetokoelaikan läpimitta) epoksitiivistyksen, nestemäisenä levitettävän eristeen ja ohutkerrospäällysteen näytteiden reunojen irrottamista varten. Pintalämpömittari, jonka mittaustarkkuus on 0,3 °C. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Kermieristyksen tartunta tutkitaan mahdollisuuksien mukaan aluskermin päältä ennen pintakermin kiinnitystä. Massaeristyksen ja ohutkerrospäällysteen tutkimusajankohtaa valittaessa otetaan huomioon materiaalin käyttöohjeen mukaiset kovettumisajat. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Vetohetkellä kermieristyksen eristysalustan pintalämpötilan tulee olla välillä +5...+25 °C. Samaa ohjetta eristysalustan lämpötilavaatimuksesta noudatetaan, jos nestemäisenä levitettävä eristys, ohutkerrospäällyste tai niiden liimaus sisältää bitumia tai tervaa. Eristysalustan pintalämpötila mitataan vetokokeen jälkeen eristykseen syntyneen reiän kautta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Mittausten määrästä, suoritusajankohdasta ja tartuntalujuusvaatimuksista (esim. InfraRYL 2006:ssa) annetaan ohjeet urakka-asiakirjoissa. Mittauskohdat valitaan siten, että mittauksella saadaan riittävä käsitys tutkittavan alueen (esim. siltakannen) eristyksen tartunnasta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Eristysalustan kosteudella on suuri merkitys eristyksen tartuntaan. Vetokoepaikoina valitaankin sen vuoksi kohdat, joissa voidaan epäillä kosteuden olevan suurempi kuin muualla siltakannella. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi pinta-vesiputkilinjat. Jokaiseen mittauspaikkaan liimataan vierekkäin kolme vetolaikkaa. Jos sääolosuhteista tai muista syistä on syytä epäillä liiman pitävyyttä niin vetolaikkoja liimataan jokaiseen kohtaan viisi kappaletta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Liimauskohtien esikäsittelyssä noudatetaan käytettävän liiman käyttöohjeita. Kermieristeen pintaa ei tarvitse karhentaa mutta pinta harjataan puhtaaksi pölystä ja muista roskista. Epoksitiivistyksen ja nestemäisenä levitettävän eristeen pintaa karhennetaan vetokoekohdalta esimerkiksi hiekkapaperilla. Ennen liimausta vetokoelue pyyhitään kuivalla kankaalla puhtaaksi pölystä. Mikäli käytettävän liiman käyttöohjeissa käsketään puhdistamaan alue liuottimella niin alue voidaan puhdistaa liima-aineen kanssa yhteensopivaan liuottimeen kostutetulla kankaalla. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Vetolaikat liimataan kermiin ennen kuin reuna-alueita on leikattu. Mahdollinen reunoilta pursunnut ylimääräinen liima poistetaan ennen sen kovettumista. Kun liima on kovettunut, vetolaikan ympärille leikataan 3-5 mm leveä ura. Tämän uran leikkaamalla varmistetaan ettei vedettävä kohta ole kiinnityksessä ympäröivään kermiin ja näin vääristä saatua vetokoetulosta. Leikkaukseen sopii parhaiten koukkuterällä varustettu mattopuukko, jolla saadaan leikkausvoima kohdistettua eristysalustan suuntaiseksi eikä näin tahattomasti paineta kermiä irti vetokoelaikan pohjasta tai vaurioiteta alla mahdollisesti olevaa epoksitiivistystä. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Epoksitiivistysten, nestemäisenä levitettävien eristysten ja ohutkerrospäällysteiden vetoalueiden reunat rajataan ennen vetokoelaikkojen liimausta. Kartioporalla reuna-alueita poratessa on hyvä käyttää esimerkiksi vanerista tehtyä ohjuria. Näin reikä saadaan helpommin porattua eikä terä lähde niin sanotusti vaeltamaan eristeen päällä. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

Tartuntavetokokeen jälkeen paikataan vetokokeen reiät tarkoitukseen soveltuvalla tavalla. Kermieristys voidaan paikata esim. hitsaamalla koestuskohtiin kermipaikat. Nestemäisenä levitettävien eristysten ja ohutkerrospäällysteiden paikkaukseen tulee käyttää tarkoitukseen soveltuvaa paikkausmassaa. Tiivistysepoksille samaa epoksituotetta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09)

8 VEDENERISTÄJIEN KOULUTTAMINEN

Vedeneristäjien ja valvojen kouluttaminen = ongelmien vähentäminen.

Suomessa Liikennevirasto on edellyttänyt 1.5.2014 lähtien, että kaikilla siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden eristystöitä tekevilla henkilöillä on voimassaoleva VTT:n myöntämä henkilösertifikaatti sekä vedeneritystöiden valvojilta ja työnjohtajilta samaiseen koulutukseen osallistumista. (Janne Mäenpää, RATEKO, 2015)

Koulutuksien tarkoituksena on yhdenmukaistaa eri yritysten ja heidän työntekijöiden työtapoja vedeneristystyössä. Yhdenmukaistamisen ja oikeiden työtapojen opettamisen tarkoitus on vähentää sillankorjauksessa ja -rakentamisessa ilmenneitä laadullisia ongelmia ja laskea korjausten sekä ylläpidon korkeita kustannuksia. (Janne Mäenpää, RATEKO, 2015)

Henkilösertifiointiin liittyvät säännöt ja ohjeistukset laatii sekä niiden noudattamista valvoo Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjän henkilösertifioinnin toimikunta. Toimikunta hyväksyy pidettävät koulutusohjelmat ja niiden luennoitsijat. Toimikunta koostuu sekä Liikenneviraston, urakoitsijoiden, asiantuntijoiden, RALA:n VTT:n ja RATEKO:n edustajista. (Janne Mäenpää, RATEKO, 2015)

8.1 Sertifikaatti

8.1.1 Työkokemus

Henkilösertifikaatin saaminen vaatii hakijaltaan työkokemuksen, jonka avulla hakija voidaan katsoa päteväksi suorittamaan alansa töitä.

Henkilösertifioidulta siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjältä edellytetään rakennusalan työkokemusta yhteensä vähintään kolmen

vuoden ajalta sisältäen vähintään vuoden verran työkokemusta siltojen tai muiden liikennöityjen alueiden vedeneristystöistä tai ko. vedeneristeiden korjaamisesta oman henkilösertifikaattinsa pätevyysalueen mukaan. (VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015.)

Osaamisvaatimuksiksi katsotaan, että henkilö tuntee rakennetyypit, määräykset ja ohjeet, eristettävän alustan vaatimukset. Henkilön on myös tiedettävä vedeneristeiden asennukseen liittyvistä asioista, kuten olosuhteiden vaikutukset (lämpö, lujuus, pölyttömyys, puhtaus, kosteusmittaukset, työjärjestykset, työmenetelmät, jälkisuojaus, työturvallisuus ja materiaalien varastoinnit.) Henkilön tulee tuntea laadunvalvonnan mittalaitteet, mittausten suoritukset ja arvioinnit, dokumentoinnit ja raportoinnit. (Janne Mäenpää, RATEKO, 2015)

Sertifikaattia voidaan hakea osa-alueittain eristystavan mukaan:

- Epoksitiivistykset
- Mastiksieristykset
- Bitumikermieristykset
- Nestemäisinä levitettävät eristykset

(Janne Mäenpää, RATEKO, 2015)

8.1.2 Näyttöaineisto

Sertifikaatin hakemiseen vaaditaan näyttöaineistoa, jonka minimivaatimukset on esitetty eristystavoittain. (VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015.)

8.1.3 Epoksiivistytykset ja kermieristykset

Epoksi ja kermieristysten sertifikaatin saaminen edellyttää hakijaltaan eniten työssä hankittua näyttöaineistoa. (VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015.)

Yhteensä vähintään 3000 m² suuruisen alueen osalta siltakansien, pihakansien tai muiden liikennöityjen alueiden uudis- tai korjaustöitä siten, että vähintään puolet edellä mainitusta pinta-alasta (1500 m²) on tehty siltakansilla. Tai siltakansien, pihakansien tai muiden liikennöityjen alueiden uudis- tai korjaustöitä vähintään 12 eri siltakannella, pihakannella tai muulla liikennöidyillä alueella siten, että vähintään puolet edellä mainitusta määrästä (6) on siltakansia. Tai siltakansien uudis- tai korjaustöitä vähintään 6 eri siltakannella, lisäksi näytönantajalla on oltava siltakansien, pihakansien tai muiden liikennöityjen alueiden työkokemusta vähintään 1500 m² suuruisen alueen osalta. (VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015.)

8.1.4 Mastiksieristykset ja nestemäisinä levitettävät eristykset

Mastiksieristeiden ja nestemäisenä levitettävien eristeiden sertifikaattiin näyttöaineistoa tarvitaan vähemmän, joka voi osaltaan johtua myös siitä, että niitä käytetään eristämässä vielä hieman vähemmän kuin epoksi ja kermieristeitä. (VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015.)

Yhteensä vähintään 2000 m² suuruisen alueen osalta siltakansien, pihakansien tai muiden liikennöityjen alueiden uudis- tai korjaustöitä siten, että vähintään puolet edellä mainitusta pinta-alasta (1000 m²) on tehty siltakansilla. Tai siltakansien, pihakansien tai muiden liikennöityjen alueiden uudis- tai korjaustöitä vähintään 12 eri siltakannella, pihakannella tai

muulla liikennöidyillä alueella siten, että vähintään puolet edellä mainitusta määrästä (6) on siltakansia. Tai siltakansien uudis- tai korjaustöitä vähintään 6 eri siltakannella, lisäksi näytöntantajalla on oltava siltakansien, pihakansien tai muiden liikennöityjen alueiden työkokemusta vähintään 1000 m² suuruisen alueen osalta. (VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015.)

Sertifikaatin saat itsellesi suoritettuasiasa hyväksytysti henkilösertifiointi toimikunnan hyväksymän oppilaitoksen järjestämän valmentavan koulutuksen ja tentin sekä toimittamalla tarvittavat näytöt siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristystöistä.

Valmentava koulutus on voimassa kolme vuotta todistuksen päivämäärästä lukien, kirjallinen koe on voimassa kaksi vuotta hyväksymispäivämäärästä lukien ja näyttö on voimassa yhden vuoden 1. arvioidun näytön päivämäärästä lukien. (VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015.)

9 YHTEENVETO

Suomi tunnetaan tuhansien järvien maana, joten tieverkossa on oltava myös tuhansia siltoja, joiden avulla välimatkoja saadaan lyhennettyä eikä tieverkko kulje ainoastaan mantereita pitkin. Kun Suomen maanteillä kulkevien raskaankaluston painoluokkia on nostettu ylöspäin kuljetusten kannattavuuden vuoksi, niin on selvää, että se aiheuttaa haasteita myös tieverkolle ja vanhemmille silloille, joiden rasituskuormat on laskettu niiden rakennusaikana voimassa olevin tiedoin.

Vedeneristämällä suojataan siltojen kantavia rakenteita ja jos vedeneristys pettää niin se aiheuttaa usein sillalle rakenteellista haittaa ja niiden painorajoituksia joudutaan laskemaan. Näin ollen se aiheuttaa haittaa myös tieverkon käyttäjille ja erityisesti ammattiliikenteelle.

Sillanrakentamisen ja -peruskorjauksen suurimpiin ja tärkeimpiin työvaiheisiin luetaan vedeneristäminen, joten myös sen kustannukset hankkeissa ovat suuret. Vedeneristämistyönlaadulla ja laadunvalvonnalla voidaan vaikuttaa tulevien niin sanotusti ylimääräisten korjausten määrään. Tiedossa on, että siltojen peruskorjausten tarve lisääntyy vuosina 2020–2030, kun 1980–1990 luvulla rakennetut sillat alkavat saavuttaa peruskorjausikänsä.

Mikäli vedeneristystyönsuorittajien työtapojen yhtenäistämällä koulutuksien avulla saadaan tällä hetkellä rakennettavien siltojen työvirheistä johtuvien vaurioiden määrät laskemaan niin siihen budjetoituja varoja voidaan käyttää muun teknisen infrastruktuurin parantamiseen ja rakentamiseen.

Tämän opinnäytetyön tärkein tarkoitus on painottaa vedeneristystyön laadunvalvonnan merkitystä eri mittauksen ja testausten keinoin.

LÄHTEET

InfraRYL 2006. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. Haettu sivustolta:

<https://www.rakennustieto.fi/infraryl/>

Janne Mäenpää, RATEKO, 2015. Haettu sivustolta:

<https://www.rakennusteollisuus.fi/RATEKO/Koulutusohjelmat/Henkilösertifiointi/siltaeristys/Siltojen-ja-muiden-liikenneoiteyden-alueiden-vedeneristajan-henkilösertifiointiin-valmentava-koulutus/>

Liikenneviraston sillat 1.1.2015. Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto.

Helsinki2015. Haettu sivustolta:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lti_2015-10_liikenneviraston_sillat_web.pdf

Liikennevirasto, SILKO 1.801, 2011. Haettu sivustolta:

<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/silko1801.pdf>

Liikennevirasto, SILKO 2.831 osa2. 2000. Haettu sivustolta:

<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2831.pdf>

Liikennevirasto, SILKO 3.254, 2012. Haettu sivustolta:

http://www2.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio3/silko_3254.pdf

Menetelmä n:o VTT-S-05050-09, 2013. Haettu sivustolta:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/ohje_2013_vtt_s_05050-09_korkeajannitemenetelma.pdf

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Betonirakenteet – SYL3, 2005. Haettu sivustolta: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl3_2005v.pdf

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Kannen pintarakenteet – SYL 6, 2005. Haettu sivustolta: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl6_2005v.pdf

Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, TIEH 2200059-09, 2009. Haettu sivustolta: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sillanvedeneristysmittaus_2009.pdf

Standardi SFS 5446 Betonin tartuntalujuus

Tiehallinto SILKO 1.231 osa 1. 2010. Haettu sivustolta:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1231_12-10.pdf

Tiehallinto SILKO 2.240.2007. Haettu sivustolta:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2240_2007.pdf

Tiehallinto, SILKO 2.811, 2006. Haettu sivustolta:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2811_07.pdf

Tiehallinto, SILKO 2.812, 2009. Haettu sivustolta:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2812_09.pdf

Tiehallinto, SILKO 2.813, 2009. Haettu sivustolta:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2813_09.pdf

Tiehallinto, SILKO 2.833, 2005. Haettu sivustolta:

<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2833.pdf>

Tutkimusselostus nro VTT-S-02259-06, 2006. Haettu sivustolta:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/muotoiluvaluselostus_2006.pdf

Tutkimusselostus nro VTT-S-08802-09, 2009. Haettu sivustolta:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/vedeneristysalusta_kosteus_selostus_2009.pdf

VTT-2650-2013 Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivauspunnitusmenetelmä. Haettu sivustolta:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/ohje_2013_vtt_2650_betonisen_siltakannen.pdf

VTT, Osaamisvaatimukset: Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjä, 2015. Haettu sivustolta:

<http://www.vttexpertservices.fi/Pages/Osaamisvaatimukset--Siltojen-ja-muiden-liikenn%C3%B6ityjen-alueiden-vedenerist%C3%A4j%C3%A4.aspx>

LIITTEET

Liite 1. Vedeneristyksen alustan kunnostamisen työvaiheet.

Liite 2. Betonikantisen sillan eristysalustan tasaisuuden ohjearvoja ja korjausmenetelmiä.

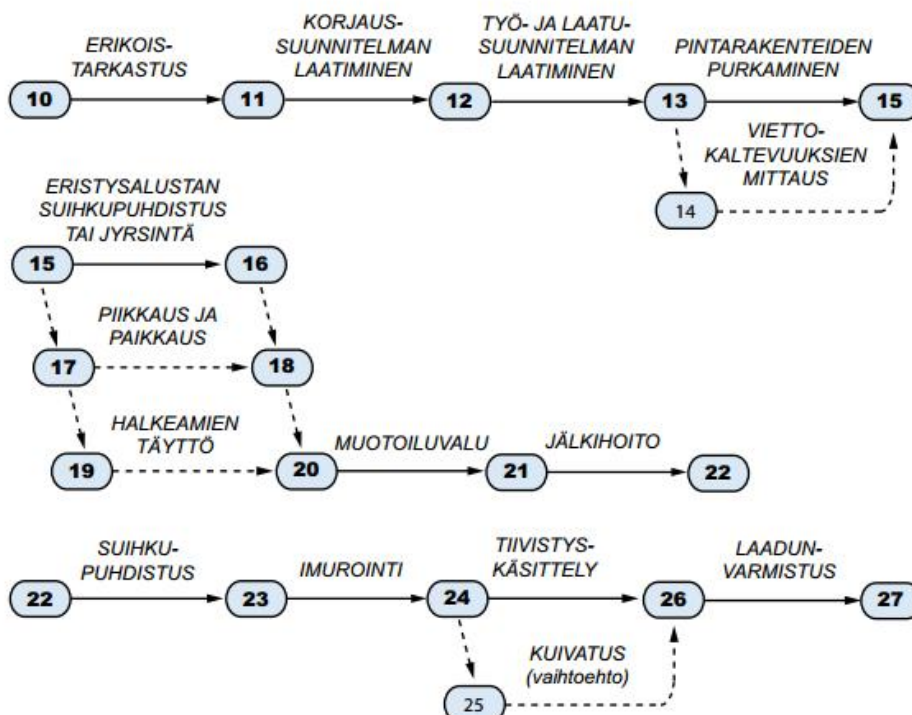
Liite 3. Nestemäisinä levitettävien eristeiden ja niiden kanssa käytettävien eristysalustan tiivistysaineiden SILKO - hyväksyntävaatimukset.

Liite 4. Tiivistysepoksin SILKO - hyväksyntävaatimukset.

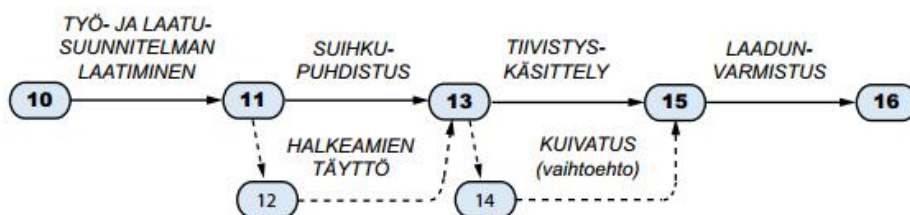
Liite 5. Kermien SILKO - hyväksyntävaatimukset.

Liite 6. Kumibitumiliuoksen ja kumibitumien SILKO – hyväksyntävaatimukset.

Liite 7. Kumibitumimastiksin SILKO – hyväksyntävaatimukset.

VANHA SILTA

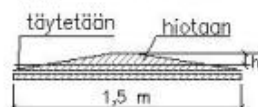
(Työvaiheet 20—23 eivät koske pelkkää tiivistyskäsittelyä)

UUSI SILTA

BETONIKANTISEN SILLAN ERISTYSALUSTAN TASAISUUDEN OHJEARVOJA JA KORJAUSMENETELMIÄ

Mastiksieristys:

- 1) pyörtävä kohouma



Vaatus

$h \leq 4 \text{ mm}/1,5 \text{ m}$

Huom.

–mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi, kun eristyksen pinta kolataan suoraksi

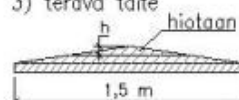
- 2) terävä harjanne



$h < 3 \text{ mm}$

–mastiksikerros voi murtua terävän harjanteen kohdilta (lovivaikutus)

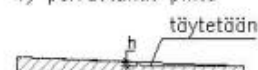
- 3) terävä taite



$h < 4 \text{ mm}/1,5 \text{ m}$

–mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi, kun eristyksen pinta kolataan suoraksi

- 4) porrastunut pinta



$h \leq 4 \text{ mm}$

–mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi tai murtua harjanteen kohdalla

- 5) betoniroiskeet, kivet yms.

poistetaan

- 6) kolot

–kolot paikataan

vesi ei lammikoidu



Kermieristys:

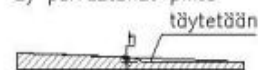
- 1) terävä harjanne tai taite



harjanteen korkeus ei ole rajoitettu

–terävä harjanne voi rikkoa kermin

- 2) porrastunut pinta



$h \leq 4 \text{ mm}$

–kermi voi jäädä irti alustasta pykälän vierestä
–korkea pykälä voi rikkoa kermin

- 3) betoniroiskeet, kivet yms.

poistetaan

–voivat rikkoa kermin

- 4) kolot

–kolot paikataan

vesi ei lammikoidu



Polyuretaanieristys:

Kuten mastiksieristys kohdat 2, 3, 5 ja 6

kuten mastiksi-eristyskohdissa

Pinnan tasaisuus mitataan oikolaudalla (menetelmä EN 13036-7)

NESTEMÄISINÄ LEVITETTÄVIEN ERISTYSTEN JA NIIDEN KANSSA KÄYTETTÄVIEN ERISTYSALUSTAN TIIVISTYSAINEIDEN SILKO-HYVÄKSYNTÄVAATIMUKSET

Ominaisuudet	Yksikkö	Vaatus	Olosuht.	Menetelmä
TIIVISTYSAINE *)				
Tiivistysaineen tuotemerkki		Eristyksen käyttöohjeen mukainen tuote		
Kuivumisaika		Valmist. ilmoitus		
ERISTYSRAKENNE				
Eristyksen paksuus **)	mm	min $\geq 2,0$ ka $\geq 2,5$		SYL6, kohta 6.2.6.4
Tiheyden poikkeama ohjeavosta	%	≤ -3	+ 20 °C	SYL6, kohta 6.2.3.5
Vedenpaine	kPa	≥ 300		SFS-EN 1928 B
Veden imeytyminen	%	$\leq 1,00$		SFS-EN 14223
Mikrokovuus, Shore A		≥ 70	2d, ennen ja jälkeen veden imeytyksen	SFS-EN ISO 868
Tartunta alustaan	N/mm ²	ka $\geq 1,5$ yks. näyte $\geq 1,0$	(23 ± 2) °C	SFS-EN 13596
Halkeaman kestävyys	mm	ei vaurioita	-30 °C	SFS-EN 14224
Leikkauslujuus***)	N/mm ²	$\geq 0,15$	(23 ± 2) °C (50±10) %RH	SFS-EN 13653
UV-kestävyys (QUV vanhennus, jos massa joutuu aurin- gon valolle altiksi eikä suojata esim. maalilla. Vanhennuksen vaikutus: – taivutettavuus, vanhentamaton – taivutettavuus UV-vanhennettu	°C °C	ei olennaista värimuutosta ≤ -25 ≤ -25	UV 70 °C ja vesi 40 °C syklisesti 480 h Ø = 30 mm	EN 1109 SFS-EN 1109
Valuvuus 24 h	mm	$\leq 1,5$	+70 °C	VTT-2635
Lämmönkesto	mm	$\leq 1,5$	+240 °C, 3 min	VTT-2636
Pakkasenkestävyys (Tartunta alustaan ennen ja jälkeen pakkaskokeen)	 N/mm ²	hyvä jäädytys- sulatuskestävyys ka $\geq 1,5$ N/mm ² yks $\geq 1,0$ N/mm ²	-20 /+20 °C 50 sykliä +23 °C	SFS 5447 EN 1542
Yhteensopivuus kumibitumin kanssa Vanhennuksen vaikutus: – vetolujuuden muutos – venymän muutos	 % %	Yhteensopiva ± 15 ± 10	70 °C, 28 vrk	VTT-2653

*) Tiivistysaine toimii nestemäisenä levitettävän eristyksen eristysalustan tiivistysepoksina. Sen tulee täyttää liitteen 4 mukaiset viskositeetti- ja vesitiivisyysvaatimukset ja kaksinkertaisen epoksiivistyksen paksuusvaatimukset. Erikseen sovittaessa voidaan lisäominaisuutena tutkia tiivistysaineen soveltuvuus betoninhalkeamien imeytysaineena, menetelmä VTT TEST R009-05.

Jos tiivistysaineelle haetaan hyväksyntää kostealle pinnalle, tutkitaan liitteen 4 alaviitteessä luetellut lisäominaisuudet.

**) Valmistaja ilmoittaa valmiin eristyksen tavoitepaksuuden (mm) ja sen sallitun vaihteluvälin sekä eristyksen osa-aineiden menekit (g/m²), jotka tarvitaan tavoitepaksuuden mukaisen eristyskerroksen tekemiseen tasaiselle alustalle. Näitä noudatetaan laboratorion näytevalmistuksessa.

***) Leikkauslujuustestissä käytetään tuotekohtaisen hyväksynnän mukaisesti joka asfalttibetonin, valuasfalttia tai kumibitumivaluasfalttia.

TIIVISTYSEPOKSIIN SILKO-HYVÄKSYNTÄVAATIMUKSET^{*)}

Ominaisuus	Yks.	Vaatus	Olosuhteet	Menetelmä
Viskositeetti, maks. sekoitettuna	mPa·s	≤ 4000	12°C	EN ISO 3219
Hehkutushäviö	m-%	≤ 1		termoanalyysi
Käyttöaika	min	≥ 10		Valmist. ilm.
Loppukovuus		≥ 60	+23 °C/RH50%, 7 vrk	DIN 53153 tai vast.
Kovettumisaika	h	≤ 18	+23 °C/RH50%	DIN EN ISO 2815
	h	≤ 40	+12 °C/RH 85%	
Kosteuden tunkeutuminen kovettumisen aikana		- ei kosteuden aiheuttamaa värimuutosta	40h, 12 °C, RH85%	TP-BEL-EP
Haihtumattomia ainesosia	m-%	≥ 98	105 °C/ 3 h	DIN ISO 3251
Veden imukyky	m-%	≤ 2,5		DIN 53495
Vesitiiviyys (ennen ja jälkeen lämpövanhennuksen)	MΩ	≥ 500 ≥ 500	+250°C/60min +420 °C/1 min	VTT-2654 tai TP-BEL-EP
Kuumankestävyys (Tartunta betonin ennen ja jälkeen lämpövanhennuksen)		ei ulkonäkömuutoksia (kuplat, halk. ym.) ei suuria vaurioita	+250 °C/60min +420 °C/1 min	TP-BEL-EP
	N/mm ²	≥ 1,5		
Pakkasenkestävyys (Tartunta betoniin ennen ja jälkeen pakkaskokeen)		hyvä jäädytys-sulatuskestävyys	-20 /+20 °C 50 sykliä	SFS 5447
	N/mm ²	ka ≥ 1,5 N/mm ² yks ≥ 1,0 N/mm ²	+23 °C	EN 1542
Yhteensopivuus kumibitumin kanssa		yhteensopiva		VTT-2653
IR-analyysi		tunnistamistesti		EN 1767
Termoanalyysi		tunnistamistesti		SFS-EN ISO 7111

^{*)} Kaksinkertaisen epoksiitiivistyksen paksuusvaatus:

1. kerros epoksia 300...500 g/m² + sirotehiekkä
2. kerros epoksia vähintään 600 g/m²

KERMIEEN SILKO-HYVÄKSYNTÄVAATIMUKSET**TUOTELUOKAT TL 1 JA TL 2.**

Ominaisuudet	Yksikkö	Vaatus	TL 1 1)	TL 2	Menetelmä
Vetolujuus +23 °C – pituussuunt./ poikkisuunt.	N/50mm	min	750 / 500	500 / 400	EN 12311-1
Venymä +23 °C – pituussuunt./ poikkisuunt.	%	min	15	30	EN 12311-1
Venymä -20 °C – pituussuunt./ poikkisuunt.	%	min	15	30	EN12311-1 mod.
Naulanvarren repäisylujuus – pituussuunt./ poikkisuunt.	N	min	300	130	EN 12310-1
Puhkaisulujuus -10 °C Dynaaminen (isku)	∅ mm	maks	20		EN 12691
Sauman vetolujuus	N/50mm	min	500		EN 12317-1
Vesitiiveys	kPa	min	500	300	EN 1928 B
Siroteen kiinnipysyvyys	%	maks	30	30	EN 12039
Dimensio-stabiiliiteetti (pit.suunt.)	%	maks/ min	± 0,3	± 0,6	SFS- EN 1107
Lämmönkestävyys	°C	min	+ 80	+ 80	SFS- EN 1110
Taivutettavuus - liimattava kermi, pinta ja pohja - hitsattava kermi, pinta - hitsattava kermi, pohja	°C/∅ mm °C/∅ mm °C/∅ mm	maks/maks maks/maks maks/maks	-25/30 -20/30 -10/30	-25/30 -20/30 -10/30	SFS- EN 1109
Pitkäaikaiskestävyys 4) Lämmönkest. (vanh. jälkeen) taivutettavuus (vanh. jälkeen) - liimattava kermi, pinta ja pohja - hitsattava kermi, pinta - hitsattava kermi, pohja	°C °C/mm	- min maks/maks	80 -15/30 -10/30 -0/30	80 -15/30 -10/30 -0/30	EN 1296 (EN 1110) (EN1109)
Nimellispaino 2), 3) - liimattava pintakermi - hitsattava pintakermi - aluskermi - hitsattava aluskermi	g/m ²	nimell.	4500 5500 3500 4500	4000 5000 3000 4000	SFS- EN 1849-1

- 1) TL 1-luokan kermejä käytetään yleensä yksikermirakenteissa, jonka vuoksi niillä on muita tuoteluokkia suurempi lujuus- ja stabiiliiteettivaatus.
- 2) Nimellispainon minimivaatimuksella varmistetaan kermien työstettävyyttä ja vesitiiviys. Arvoista voidaan poiketa, mikäli ennakkokokein, työnäyttein tai muilla hyväksyttävillä meneteltyvoilla osoitetaan tuotteen työstettävyyttä ja vesitiiviys. Muut luokkavaatimukset ovat tällöinkin voimassa.
- 3) Tuotteen valmistaja ilmoittaa tuotteen nimellispainon (MDV). Sallitaan enintään -5 % (toleranssi) ilmoitetusta arvosta.
- 4) Tuote vanhennetaan 70 °C uunissa 12 viikkoa, jonka jälkeen tuotteen ominaisuudet määritetään.

KUMIBITUMILIUOKSEN JA KUMIBITUMIEN SILKO-HYVÄKSYNTÄVAATIMUKSET

Taulukko 1. Kumibitumiliuoksen KBL 20/100 SILKO-hyväksyntävaatimukset.

Ominaisuus	Yks.	Vaatus	Menetelmä
Viskositeetti 50 °C ¹⁾	mm ² /s	12...25	SFS-EN 12595
Rotavaportislaus ²⁾ Tislausjäännös	til-%	≥ 20	PANK 1003 (modif.)
Tislausjäännöksen ominaisuudet - Pehmenemispiste r-k - Liukoisuus tolueniin - Palautuma, 10 °C	°C massa-% %	≥ 70 ≥ 97 ≥ 75	SFS-EN 1427 SFS-EN 12592 SFS-EN 13398
Leimahduspiste	°C	≥ 21	SFS-EN 22719
Kuivumisaika	h	≤ 3	TIE 157

- 1) Viskositeetti määritetään SFS-EN 12595:sta poikkeavassa lämpötilassa
- 2) Kumibitumin eristys polymeeriä rikkomattomalla tavalla

Taulukko 2. Kumibitumien SILKO-hyväksyntävaatimukset.

Kumibitumi	Yksikkö	Vaatus		Menetelmä
		KB85	KB100	
Pehmenemispiste	°C	≥ 75,0	95,0-120,0	SFS-EN 1427
Tunkeuma, 25 °C	1/10 mm	50-100	20-70	SFS-EN 1426
Viskositeetti 180 °C	mm ² /s	≤ 1500	≤ 10 000	SFS-EN 12595
Leimahduspiste	°C	≥ 235	≥ 210	SFS-EN 22592
Palautuma, 10 °C	%	≥ 75	≥ 75	SFS-EN 13398
Kylmätaivutettavuus Ø 30 mm, paksuus 3 mm	°C	≤ -15	≤ -15	SFS-EN 1109

KUMIBITUMIMASTIKSIN SILKO-HYVÄKSYNTÄVAATIMUKSET

Ominaisuus	Yks	Vaatus	Olosuhde	Menetelmä
Sideainepitoisuus	m-%	15 - 22		SFS-EN 12697-1 ja -39
Rakeisuus				
< 0,063 mm	m-%	25...60		SFS-EN 12697-2
0,063...2 mm	m-%	40...75		
> 2 mm	m-%	0		
Painuma	mm	3...10	+20 °C	EN 12697-21 A
Palautuma eristetystä sideaineesta	%	≥ 75	+10 °C	SFS-EN 13398
Muodon pysyvyys	mm	< 10	24 h/ +55 °C	SFS-EN 12970, Annex B
Tartunta betoniin	N/mm ²	≥ 0,45 ≥ 0,85	+21 °C +9 °C	SFS-EN 13596
Leikkauslujuus	N/mm ²	≥ 0,15		SFS-EN 13653
Halkeamankestävyys		a) ei vaurioita	- 10 °C	VTT-2645 mod.
		b) ei läpimeneviä halkeamia	- 20 °C	