

Samuli Saarenoja

Pihakansien vedeneristys

Opinnäytetyö

Syksy 2020

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Tekijä: Samuli Saarenoja

Työn nimi: Pihakansien vedeneristys

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 66

Liitteiden lukumäärä: 3

Pihakannet ovat haastavia rakennuskohteita, joiden tiiveydessä tulee lähes poikkeuksetta ongelmia. Tässä opinnäytetyössä pyrittiin kehittämään pihakansien vedeneristuksen työmaa-aikaista laadunvarmistusta, hyödyntäen pihakansien aineiston lisäksi myös siltarakentamisen aineistoa. Siltojen vedeneristykseen perehtymisen tarkoituksena oli tuoda esille mahdollisia kehitysideoita, joilla voidaan parantaa pihakansien vedeneristuksen laatua. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Peab Oy ja työn päätavoitteena oli laatia pihakansien vedeneristysten tarkastuslista, jota toimeksiantaja käyttäisi työmaa-aikaisen laadunvarmistuksen työkaluna.

Opinnäytetyössä tutkittiin vedeneristystyöhön liittyviä ohjeita ja määräyksiä sekä työnaikaisia laadunvarmistustoimenpiteitä. Työssä tutkittiin myös erilaisia vedeneristysmateriaaleja, työtapoja ja vedeneristykseen liittyviä rakenteita. Opinnäytetyön lähdetietoja kerättiin alan kirjallisuudesta, RT-kortistoista, infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista sekä väyläviraston julkaisuista. Tarkastuslistan sisältö laadittiin opinnäytetyön pohjalta. Tarkastuslistaan tuotiin myös huomioitavia asioita haastattelujen pohjalta.

Pihakansien sekä siltojen vedeneristys tehdään useimmiten kermieristeillä. Silloilla vedeneristettävän alustan vaatimukset ovat tiukemmat kuin pihakansilla varsinkin tasaisuusvaatimusten sekä karheuden mittauksen osalta. Pihakansien vedeneristysten yksityiskohdat ovat muodostuneet ajan saatossa tunnetuimmiksi vedeneristuksen vuotokohdiksi. Yksityiskohtien samankaltaisuuksien vähäisyydestä huolimatta, voi siltojen yksityiskohtien tiivistyksestä ottaa mallia myös pihakansien vedeneristykseen.

Avainsanat: pihakansi, käännetty rakenne, vedeneristys, laadunvarmistus, silta

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author: Samuli Saarenoja

Title of thesis: Waterproofing Yard Decks

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2020

Number of pages: 66

Number of appendices: 3

Yard decks are a challenging component to construct for their waterproofing, and thus almost without an exception cause complications. In the thesis the aim was to develop a quality control of the decks during construction by making use of material considered in building bridges. The reason for looking into building bridges was to bring forward development ideas for improving waterproofing of yard decks. The client of the thesis was Peab Oy. The main goal was to compile a checklist for waterproofing decks, which the client could then use as a tool for construction site quality control.

The thesis investigated instructions and regulations involved in waterproofing as well as quality control during building. Different materials used, ways of working and structures used were also looked into. The source of information for the thesis consisted of literature, Finnish information service of builders, which contains the latest instructions and regulations from the construction industry, and publishings from Finnish Transport Infrastructure Agency (Väylävirasto). The checklist compiled was based on the thesis and interviews made during the work.

Decks as well as bridges are usually waterproofed by using bitumen roofing. Bridges have more strict requirements regarding waterproofing the base than yard decks, especially what comes to leveling and roughness. The details within waterproofing yard decks have become the most common leakage points in construction over time. Despite the lack of similarities in the details compared to bridge building there are many important factors that could be applied when waterproofing yard decks.

Keywords: yard deck, inverted structure, waterproofing, quality assurance, bridge

SISÄLTÖ

| | |
|---|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä..... | 2 |
| Thesis abstract..... | 3 |
| SISÄLTÖ..... | 4 |
| Kuva- ja taulukkoluetelo | 6 |
| Käytetyt termit ja lyhenteet | 8 |
| 1 JOHDANTO | 10 |
| 2 PIHAKANSI JA SEN VEDENERISTYS | 11 |
| 2.1 Käännetty kattorakenne | 11 |
| 2.2 Olosuhdevaatimukset..... | 11 |
| 2.3 Pohjien vaatimukset..... | 12 |
| 2.4 Vedeneristeen vaatimukset..... | 14 |
| 2.5 Pihakannen rakennekerrokset | 18 |
| 2.6 Kaivot ja läpiviennit | 21 |
| 2.7 Liikuntasaumot ja ylösnotot | 24 |
| 3 SILTOJEN VEDENERISTYS | 29 |
| 3.1 Yleistä | 29 |
| 3.2 Olosuhdevaatimukset..... | 30 |
| 3.3 Pohjien vaatimukset..... | 30 |
| 3.4 Kermieristys vedeneristeenä..... | 32 |
| 3.5 Rakennekerrokset..... | 35 |
| 3.6 Läpiviennit..... | 40 |
| 3.7 Liikuntasaumot..... | 41 |
| 4 LAADUNVARMISTUS..... | 47 |
| 4.1 Eristäjien koulutus ja perehdytys..... | 47 |
| 4.2 Työskentelyolosuhteet | 47 |
| 4.3 Vedeneristyksen pohjien laadunvarmistus | 48 |
| 4.4 Tarkastukset ja kokeet | 53 |
| 4.5 Työvaiheiden dokumentointi | 58 |
| 4.6 Suunnitelmat | 59 |
| 5 YHTEENVETO..... | 63 |

| | |
|----------------|----|
| LÄHTEET | 65 |
| LIITTEET | 66 |

Kuva- ja taulukkoluetelo

| | |
|---|----|
| Kuva 1. Sinkopuhallettu betonipinta & käsittelemätön pinta..... | 13 |
| Kuva 2. Bitumikermien käyttötilan mukainen luokittelu kansirakenteissa..... | 15 |
| Kuva 3. Käännetty rakenne..... | 19 |
| Kuva 4. Suljettu rakenne..... | 20 |
| Kuva 5. Kylmä rakenne..... | 21 |
| Kuva 6. Liikennöidyn tason sadevesikaivon periaatekuva | 22 |
| Kuva 7. Peltinen irrotuskaista..... | 24 |
| Kuva 8. Kermieristeen ylösnosto..... | 26 |
| Kuva 9. Kermien asennus ylösnostojen kulmassa | 28 |
| Kuva 10. Betonikantisen sillan pintakerrokset kermieristettä käytettäessä | 37 |
| Kuva 11. Betonikantisen sillan pintarakenteet suojabetonia ja kermieristettä käytettäessä..... | 38 |
| Kuva 12. Betonikantisen kevyen liikenteen sillan pintarakenteet kermieristettä käytettäessä..... | 39 |
| Kuva 13. Yksikuminen liikuntasaumalaite | 45 |
| Kuva 14. Massaliikuntasauma | 45 |
| Kuva 15. Liikuntasaumanauha reunapalkissa..... | 46 |
| Kuva 16. Teräsosilla vahvistettu massaliikuntasauma | 46 |
| Kuva 17. Porareikämittaus ja näytepalamittaus | 49 |
| Kuva 18. Betonialustan tasaisuus kermieristyksillä..... | 51 |
| Kuva 19. Betonialustan tasaisuus mastiksieristyksillä..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Kuva 20. Kolmioviiltokoe | 54 |
| Kuva 21. Vedenpaine koe | 56 |
| Kuva 22. Väriaineellinen vuoto..... | 56 |
| | |
| Taulukko 1. Tiivistys- ja eristysalustan suurin sallittu kosteus..... | 31 |
| Taulukko 2. Kermin tartuntavetolujuusvaatimus..... | 34 |
| Taulukko 3. Eristyksen suojaustavat..... | 40 |
| Taulukko 4. Siltojen eristettävän alustan laadunvarmistus..... | 53 |
| Taulukko 5. Siltakannen tiivistyksen laadunvarmistus | 57 |
| Taulukko 6. Aluskermin tartuntavetokokeet | 58 |

Käytetyt termit ja lyhenteet

| | |
|---------------------------|--|
| Pihakansi | Maantasossa oleva kansirakenne, esimerkiksi sisäpiha, jonka alapuolella sijaitsee parkkihalli tai muita toiminnallisia tiloja. |
| Sinkopuhallus | Vaakasuuntaisten betonipintojen puhdistusmenetelmä. |
| Kermi | Vedeneristykseen käytetty vettä läpäisemätön tuote, jota voidaan käyttää yksinään tai liittää vastaaviin tuotteisiin. |
| Bitumikermi | Bitumista, tukikerroksesta ja täyteaineesta valmistettu vedeneristystuote, joka on tunnettu myös nimellä kattohuopa. |
| Aluskermi | on monikerroksisen kermieristyksen alin kermi. |
| Paineentasauskermi | Aluskermiksi tarkoitettu tuote, jonka alapinnalla oleva kerros sallii kaasujen ja paine-eron tasaantumisen. |
| Kumibitumi | massa, johon on sekoitettu bitumia ja sen venyvyyttä parantavia lisäaineita mm. elastomeerejä. |
| Liikuntasauma | Kahden rakenteen välinen sauma, joka sallii rakenteiden lämpöliikkeet ja muodonmuutokset rakennetta vaurioittamatta. |
| Läpivienti | Vedeneristyskerroksen lävistävä tuote, rakenne tai laite. |
| Ylösnosto | Tarkoittaa vaakatasossa olevan materiaalin (esim. vedeneristeen) nostamista pystypinnalle. |
| Irroitustaista | Kaistamainen materiaali, jonka tehtävänä on estää eristyksen tai muun vastaavan materiaalin tarttumisen alustaansa. |
| Holkka | Kolmionmuotoinen jyrkän kulman loivennus, jota käytetään vedeneristysten ylösnostoissa. |

| | |
|---------------------------|--|
| Bentoniittimatto | Ovat bentoniitista ja geotekstiileistä valmistettuja geokomposiitteja. |
| Mastiksieristys | Kumibitumista valmistettu vesitiivis päällyste, joka on va-luasfalttityyppinen, hienorakeinen sekä bituminen. |
| Vetokoe | Materiaalin tartuntaa mittaava menetelmä, jossa vedetään koneellisesti materiaalia irti alustastaan. |
| Kolmioviiltokoe | Materiaalin tartuntaa mittaava menetelmä, jossa tehdään tasakylkisen kolmion kahta sivua muistuttavat viillot eristeeseen ja viiltojen yhtymäkohdasta vedetään eristettä kohtisuoraan alustaan nähden. |
| Näytepalamittaus | Kosteuden mittausmenetelmä, jossa kosteus mitataan materiaalista otetun näytepalan avulla. |
| Porareikämittaus | Kosteuden mittausmenetelmä, jossa kosteus mitataan paikan päällä, materiaaliin poratun reiän sisältä. |
| Lasihelmimenetelmä | Karheuden mittausmenetelmä, jossa mittaus suoritetaan pinnalle levitettävien pienten lasihelmien avulla. |

1 JOHDANTO

Suomen rakennustyömailla rakennetaan paljon pihakansia varsinkin tiiviisti asutuilla alueilla, joissa tontit ovat pieniä. Pihakansien rakentaminen täysin tiiviiksi on todella haastavaa ja se vaatii suunnittelijoita, työnjohtajilta ja vedeneristystyön tekijöiltä erityistä ammattitaitoa ja tarkkuutta.

Lähes kaikissa pihakansissa on jonkinlaisia vuotokohtia, jonka johdosta pihakansien vedeneristyksestä onkin tullut tunnetusti yksi sen suurimmista ongelmista. Pihakansien vedeneristykset ovat hintavia korjauskohteita, koska vuotokohtien paikantaminen on hankalaa. Vedeneristyksen päällä on useimmiten paljon erilaisia rakennekerroksia, joiden purkaminen ja uudelleen tekeminen tulee jo itsessään kalliiksi. Pihakannet ovat lähes poikkeuksetta vilkkaita alueita, joiden päällä on päivittäin jalankulkijoita ja mahdollisesti ajoneuvoliikennettä.

Peabin pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen yksikkö on kiinnostunut kehittämään pihakansien vedeneristyksen laadunvarmistusta ja ehdotti opinnäytetyön aiheita. Opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa pihakansien vedeneristyksen laadunvarmistusta ja täten minimoida mahdolliset vuotokohtat. Opinnäytetyö painottuu tuotannon aikaiseen laadunvarmistukseen.

Työssä perehdytään pihakansien rakenteisiin, materiaaleihin, vaatimuksiin, työtapoihin ja laadunvarmistustoimenpiteisiin. Työssä käydään läpi RT-kortistoja ja muita tieteellisiä kirjoituksia pihakansien vedeneristyksistä sekä haastatellaan alan ammattilaisia. Työssä perehdytään myös infrapuolen ohjeisiin ja määräyksiin, erityisesti siltarakentamiseen.

Opinnäytetyön päätavoitteena on tuottaa työmaalle käytettäväksi pihakansien vedeneristyksen tarkastuslista, jota noudattamalla päästään tiiviiseen ja kestäväan lopputulokseen minimoiden tulevaisuuden korjaukset. Opinnäytetyössä vertaillaan myös pihakansien ja siltojen vedeneristyksiä ja sen tarkoituksena on löytää kehitysideoita pihakansien vedeneristykseen.

2 PIHAKANSI JA SEN VEDENERISTYS

2.1 Käännetty kattorakenne

Käännettyillä rakenteilla tarkoitetaan kansirakenteita, joiden alla sijaitsee parkkihalli tai muita toiminnallisia tiloja. Käännettyjä rakenteita rakennetaan paljon kerrostalotyömaiden yhteydessä varsinkin pääkaupunkiseudulla. Suurimpina hyötyinä käännettyjen rakenteiden rakentamisessa toimivat ulkonäköseikat, tilaratkaisut ja vedeneristeen sijainnin suoma suoja ulkopuolisilta rasituksilta. (Toimivat Katot 2019, 39.)

Hyötyjen lisäksi näillä on myös haittavaikutuksia, joita ovat muun muassa pitkäaikaisen vedenpitävyyden varmistaminen. Korjaustoimenpiteet ovat poikkeuksetta hintavia päällysrakenteiden purkamisen sekä vuotokohtien paikantamisen takia. Korjaustoimenpiteitä pystytään kyllä ennaltaehkäisemään oikeanlaisella suunnittelulla ja kattavilla laadunvarmistustoimenpiteillä. (Toimivat Katot 2019, 25.)

Kansirakenteita on suunniteltu muutamia omiin käyttötarkoituksiinsa soveltuvia rakenneratkaisuja. Näitä rakenneratkaisuja ovat käännetty-, suljettu- ja kylmä rakenne. Kansirakenteita voidaan rakentaa myös ilman erillistä vedeneristyskerrosta, jolloin vedenpitävyys toteutetaan itse rakenteeseen tai sen päälle tehtyyn erilliseen vesitiiviiseen jännitettyyn betoniin. Pihakansien rakenteet suunnitellaan useimmiten käännetyn tai kylmän rakenteen mukaan. Suljettua rakennetta pyritään pääsääntöisesti välttämään pihakansirakenteita suunniteltaessa. Rakenteista kerrotaan yksityiskohtaisemmin luvussa 2.5. (RT 103277 2020, 2–7.)

2.2 Olosuhdevaatimukset

Pihakansien vedeneristeitä tehdessä kiinnitetään huomiota sääolosuhteisiin. Työkohteen siistinä pitäminen on tärkeää turvallisuuden sekä laadunvarmistuksen vuoksi. Vedeneristystyötä ei saa tehdä vesi- tai lumisateessa, koska silloin ei saada tuotettua hyvää tartuntaa. Talviolosuhteissa huomioidaan olosuhteiden vaikutukset käytettäviin materiaaleihin, työvälineisiin ja työtapoihin. Olosuhteista lisää luvussa 4.2. (Toimivat Katot 2019, 40.)

Asennusolosuhteet tulee aina tarkistaa kosteissa ja kylmissä olosuhteissa lämpötilan ollessa $< 5\text{ °C}$. Sääsuojattomassa työvaiheessa pinnan kostuminen (esim. yökaste) heikentää tartuntaa. Vedeneristystyö on aina suositeltavaa tehdä sääsuojan alla ulkopuolisten rasituksien minimoimiseksi ja hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Sääsuojalla pystytään ehkäisemään esimerkiksi pinnan kostumisen aiheuttama tartunnan heikkeneminen. Sääsuojan tarvetta painostetaan syys- ja talviaikaan. (Toimivat Katot 2019, 40.)

Ennen vedeneristyksen asennusta pinnan lämpötilan tulee olla vähintään 3 °C ylikastepisteen, betonipinnan kosteus bitumikermieristeillä korkeintaan 90 % RH ja nestemäisellä vedeneristeellä toteutettaessa korkeintaan 93 % RH. Betonipinnan kosteus mitataan luvun 4.3 mukaan. (Toimivat Katot 2019, 40.)

2.3 Pohjien vaatimukset

Eristettävän alustan kunto ja vaatimustenmukaisuus on merkittävä osa lopullisen vedeneristyksen pitkäaikaista tiiveyttä. Jokaisessa kolmessa eri rakenneratkaisussa vedeneristyksien pohjien vaatimukset ovat pääosin samat. Rakenteiden alustana käytetään yleisimmin paikalla valettua betonilaattaa tai elementeistä toteutettua laattarakennetta. Elementtiratkaisussa laatan päälle tulee aina valaa erillinen raudoitettu kallistuskerros. (RT 103277 2020, 4–7.)

Vedeneristettävässä alustassa ei saa olla yli 3 mm:ä suurempia rakoja tai jyrkkiä hammastuksia, mikäli aluskermi asennetaan kuumabitumiliimauksella. Hitsattavan aluskermin tapauksessa hammastuksia tulee olla vähemmän. Näitä suuremmat raot ja hammastukset tulee tasoittaa. Tasoitteen tulee täyttää kaikki alustalle asetetut vaatimukset ja kestää työnaikaiset kuumenemiset. Alustan tulee muistuttaa vähintään puuhierrettyä pintaa, josta on poistettu sementtiliimakerros. (RT 103277 2020, 5–8.)

Sementtiliiman poisto (kuva 1.) betonipinnasta toteutetaan sinkopuhaltamalla, hiekkapuhaltamalla tai karkealla hionnalla. Sementtiliiman poiston jälkeen pinta tulee puhdistaa huolellisesti kaikista epäpuhtauksista. Puhdistaminen tapahtuu pääsään-

töisesti paineilmalla tai imuroimalla. Alustan kaltevuus tulee olla kauttaaltaan vähintään 1:80 ja se ei saa olla liian kostea ennen vedeneristeen asentamista. (RIL 107-2012 2012, 157.)



Kuva 1. Sinkopuhallettu betonipinta & käsittelemätön pinta

Ennen kermieristeen asennusta betonipinnan kosteuden tulee olla Toimivat Katot (2019) ohjeiden mukaan 0–10 mm:n syvyydestä mitattuna $RH < 90\%$. Alustan lämpötilan tulee olla 3 °C yli kastepisteen. Betonipinnan kosteuden mittauksesta ja laadunvarmistuksesta lisää luvussa 4.3. (Toimivat Katot 2019, 40.)

Eristettävän alustan betonipinnan vetolujuuden tulee olla vähintään $0,8\text{ N/mm}^2$. Nestemäisillä vedeneristeillä eristettäessä alustan suhteellinen kosteus saa olla 93% RH, joka on suurempi kosteuspitoisuus kuin kermillä eristettäessä. Nestemäisillä vedeneristeillä mm. elastomeerillä eristettäessä, alustan pintalämpötila tulee olla vähintään 3 °C yli kastepisteen. Alustan minimilämpötila kuitenkin yleensä 5 °C , mutta tulee noudattaa materiaalitoimittajan ohjeita. (RT 103277 2020, 4–9.)

Markkinoille on tullut myös uusi vedeneristysmateriaali nimeltään ruiskukumi. Materiaalivalmistajien mukaan ruiskutus voidaan aloittaa jopa viikon kuluttua alustan kallistusvalusta. Ruiskutusta ei tehdä sadepäivien aikana ja ilman sekä ruiskutettavan pinnan lämpötila tulisi olla plussan puolella. Alustasta tulee olla poistettu sementti-liima ja muut epäpuhtaudet, jonka jälkeen pinta puhdistetaan huolellisesti esim. imuroimalla. Hyvän laadun varmistamiseksi voidaan noudattaa yleisiä nestemäisesti le-

vitettävien eristeiden vaatimuksia. Näitä ovat mm. se, että alusta muistuttaa puuhierrettyä pintaa, alustan lämpötila on vähintään 5 °C sekä suhteellinen kosteus enintään 93 % RH. (RT 103104 2019, 1-2.)

Alustan kosteusvaatimusten perustana on se, ettei betonin kutistuminen muodostu haitallisen suureksi tai päällyste ei joudu liialliseen kosteusrasitukseen. InfraRYL:in mukaan tietyt epoksituotteet sallivat alustassa suuremmat kosteuspitoisuudet. Epoksituotteiden materiaalivalmistajien ohjeita tulee noudattaa alustan kosteusvaatimuksissa, jotka ovat yleensä ym. 93 % RH. Alustan kosteusvaatimuksia noudattamalla voidaan välttyä mm. eristeen alustastaan irtoilemiselta. (RT 14-10984 2010, 3–13.)

2.4 Vedeneristeen vaatimukset

Pihakansien vedeneristyksiä toteutetaan pääsääntöisesti kermieristeillä ja neste-mäisesti levitettävillä eristeillä, mutta uusia eristysmateriaaleja pyritään jatkuvasti kehittämään. Pihakannet tulee toteuttaa VE 80R -käyttöluokkien vedeneristyksillä, jotka kiinnitetään kauttaaltaan kuumabitumilla liimaten tai hitsaten (suositellaan kuumibitumia). Alustan kaltevuus ei vaikuta vedeneristemateriaalin valintaan, jos rakenteen päällä on ajoneuvoliikennettä. (RIL 107-2012 2012, 157–161.)

Vedeneristys mitoitetaan bitumikermikatteiden käyttötaulukon (kuva 2.) mukaisesti. VE80R -luokan vedeneristyksiä (tyyppi 1) käytetään, mikäli alue on raskaasti liikennöity, pihakansi, autokansi tai vaikeasti korjattava taso tai kansirakenne. Materiaalivalmistajien (esim. Kerabit Oy) nettisivuilta löytyy eristystuotteet tuoteluokittain TL1 ja TL2. (RT 103277 2020, 3.)

| Tyyppi | Kuvaus | Eristys |
|--------|--|--|
| 1 | Raskaasti liikennöidyt rakenteet (ajoneuvoliikenne), esim. talonrakentamiseen liittyvät sillat, piha- ja autokannet sekä vaikeasti korjattavat tasot ja kansirakenteet (käännetty rakenteet) | Kolminkertainen kermieristys (VE80R) TL2 + TL2 + TL2 tai TL2 + TL2 + TL1 |
| 2 | Kevyesti liikennöidyt rakenteet, esim. tasot, terassit ja parvekkeet, mikäli rakenne on helposti tarkastettavissa ja avattavissa | Kaksinkertainen kermieristys (VE80) TL2 + TL2 tai TL2 + TL1 |

Kuva 2. Bitumikermien käyttötilan mukainen luokittelu kansirakenteissa (RT 103277 2020, 3).

Vedeneristettävään pintaan levitetään bitumi- tai kumibitumiliuos, jonka tarkoituksena on pohjustaa pinta ennen kermien asennusta paremman tartunnan saavuttamiseksi. Alustan pohjustus bitumi- tai kumibitumiliuksella tehdään aluskermin kiinnitystavasta riippumatta. Levitys valmistajan ohjeiden mukaisella menekillä. (Toimivat Katot 2019, 40.)

Kylmässä rakenteessa pintakerroksen ollessa ohut tai voimakkaasti lämpenevä on varmistuttava vedeneristysten tartuntalujuudesta alustaan, ettei vedeneristeen tartunta alustaan pääse jäätymisen tai kosteuden höyrystyminen johdosta heikkeneeseen. Vaihtoehtoinen ratkaisu tähän on asentaa paineentasauskermi pohjakermiksi. (RIL 107-2012 2012, 160.)

Vedeneristettä asentaessa tulee huomioida kaadot, eli veden virtauksen suunta. Toimituksessa pitää pyrkiä siihen, että tulee mahdollisimman vähän vastasaumoja vaikeuttamaan veden virtausta. Liikuntasaumot ja läpiviennit vaikuttavat veden virtaukseen myös, mutta niitä on käsitelty enemmän luvuissa 2.6 ja 2.7. Liikuntasaumojia ei suunnitella niin, että niiden yli virtaa vettä. (RIL 107-2012 2012, 157.)

Kermien limitykset tulee olla sivusaumoissa 100 mm ja päätysaumoissa 150 mm. Sivusaumojen päällekkäisyyksiä ei saa esiintyä vedeneristyksessä, joten saumojen limityksiä tarkkaillaan myös eri kermikerrosten välillä. Alus- ja pintakermit tulee asentaa samansuuntaisesti katteen poimuuntumisen estämiseksi. Vierekkäisten kermien päätysauma porrastetaan toisiinsa nähden. Suositeltava porrastus on 500 mm. (Toimivat Katot 2019, 34, 50.)

Alin kermi voidaan kiinnittää alustaansa liimaamalla tai hitsaamalla, joista suositeltavin on liimaus. Alin kermi kuumabitumilla liimatessa, suositeltavin materiaali on kumibitumi. Menekki liimauksessa on aina vähintään 1,5 kg/m². Hitsattaessa tai liimatessa bitumia tulee olla niin paljon, että se täyttää kaikki alustan ja vedeneristeen välissä olevat tyhjät tilat ja raot. Tällä varmistutaan myös siitä, että mahdollinen vesivuoto vedeneristeen läpi ei pääse kulkemaan vedeneristeen alla. (RT 103277 2020, 9.)

Hitsattavia kermejä asentaessa tulee kermien saumat hitsata täysin kiinni niin, että saumoista pursuaa tasaisesti bitumia. Hitsaus suoritetaan kermin kiinnityspintaa kuumentamalla, rullaa auki rullattaessa. Kermiä tai alustaa ei saa kuumentaa liikaa niin, että niillä on riski vahingoittua. Kermin pintaan ei saa jäädä haitallisia poimuja tai painaumuksia. Tähän on syynä kermin liiallinen kuumentaminen tai työhön liian kuumat sääolosuhteet. (Toimivat Katot 2019, 33.)

Bitumikeittimen lämpötiloja tulee tarkkailla ja niiden tulee pysyä annetuissa rajoissa. Puhalletun bitumin käyttölämpötila on 190...230 °C ja kumibitumin 200...220 °C. Liian kuumaa bitumia ei saa käyttää tai viilentää ja käyttää uudestaan. Liian kuumaksi lämmitetty bitumi on kaatopaikkatavaraa. Bitumikeittimen lämpötilan tarkkailuun ei riitä keittimen oma lämpötilamittari, vaan mittauksia tulee suorittaa myös ulkoisella mittarilla. Bitumikeittimissä tulee olla termostaattilla varustettu lämmönvalvonta-automaattikka, jonka avulla pystytään välttämään bitumin ylikuumentumista. Mikäli käytetään modifioitua liimausbitumia, tulee padassa olla sekoitin. Alle 50 litran keittimet eivät tarvitse termostaattia. (Toimivat Katot 2019, 11.)

Valmiilla vedeneristyspinnalla ei saa esiintyä veden lammikoitumista. Lammikoituminen on sallittua ainoastaan, mikäli se johtuu lähinnä kermieristyksen saumoista. Syvyyttä lammikoilla saa olla enintään 15 mm. (RT 103277 2020, 4.)

Markkinoille on tullut myös uusi vedeneristystuote nimeltään ruiskukumi. Ruiskukumista on 1- ja 2-komponenttisiä vaihtoehtoja. Pihakansilla käytetään pääsääntöisesti 2-komponenttistä BelowGrade tuotetta. Kansirakenteiden yksityiskohdat mm. ylösnostojen ja kaivojen liitokset toteutetaan 1-komponenttisen HB S-200 ja geotekstiilin yhdistelmällä. Yksityiskohdissa noudatetaan materiaalivalmistajan ohjeita. BelowGrade liimautuu täysin alustaansa ja venymä materiaalilla on jopa > 850 %.

Tuote on vesiliukoinen, palamaton, palokuormaa tuottamaton sekä UV-kestäviä. Materiaali kestää jopa $-40\dots+160$ °C lämpötilavaihtelut, eikä asennuksessa tarvitse tehdä tulitöitä. (RT 103104 2019, 1-2.)

Asennusnopeus ruiskukumilla on n. 700–1000 m² päivässä, joka on huomattavasti nopeampaa kuin kermien asennus. Toisen kerroksen ruiskutus voidaan aloittaa heti seuraavana päivänä, ensimmäisen kerroksen valmistumisesta. Ruiskukumin laadunvarmistusta käsitellään luvussa 4.4. (RT 103104 2019, 1–2.)

Pihakansien vedeneristys voidaan toteuttaa myös nestemäisellä vedeneristeellä, jota voidaan asentaa sivelemällä tai ruiskuttamalla. Pihakansilla käytetyt nestemäiset vedeneristeet ovat yleensä 2-komponenttisiä ruiskutettavia elastomeerejä. Nestemäisellä vedeneristeellä eristettäessä alustaan tulee levittää 1- ja 2-komponenttinen tartunta-aine. Se tasoittaa pinnan huokoiset, sitoo pölyä ja parantaa tartuntaa. 2-komponenttisen epoksitartunta-aineen ohjeellinen menekki on 0,2–0,5 kg/m², jonka levityksen jälkeen pinnalle sirotellaan 0,5–1,2 mm rakeista kvartsihiekkää. (RIL 107-2012 2012, 164.)

Kvartsihiekan tarkoitus on parantaa tartuntaa entisestään. Tämän jälkeen voidaan pinnalle tarvittaessa telata 1-komponenttista polyuretaanitartunta-ainetta. Kyseisen aineen ohjeellinen menekki on 50–100 g/m². 1-komponenttista polyuretaanitartunta-ainetta lisättäessä, tulee epoksitartunta-aineen olla täysin kuivanut (n. 10h) ennen tartunta-aineen levittämistä. (RIL 107-2012 2012, 164.)

Vedeneristyksen ruiskutus voidaan aloittaa noin tunnin kuluttua 1-komponenttisen tartunta-aineen telauksesta. Alusta voidaan käsitellä tarvittaessa vain toisella näistä tartunta-aineista, mutta suositeltavaa on käsitellä molemmilla aineilla parhaan tartunnan saavuttamiseksi. Ennen vedeneristeen ruiskuttamista tulee tälle tehdä tarvittavat aloituksen laadunvarmistustoimenpiteet, joita käsitellään enemmän luvussa 4.4. (RIL 107-2012 2012, 164.)

Ruiskutuskerroksen paksuus tulisi olla noin 2–4 mm riippuen rakenteesta. Ruiskutustyön jatkuessa seuraavana työpäivänä, tulee jo ruiskutetun vedeneristeen päälle sivellä praimeria noin 100–200 mm matkalle. Nestemäinen vedeneriste ei saa olla kauaa UV-säteilylle alttiina, joten se pitää suojata tai suojamaalata pikimmiten. Suo-

jattaessa tulee pinta puhdistaa hyvin ennen maalaamiseen ryhtymistä. Vedeneristeen pitää antaa kuivua hieman, ettei maalin haitalliset aineet sekoitu vedeneristeen kanssa. (RIL 107-2012 2012, 165.)

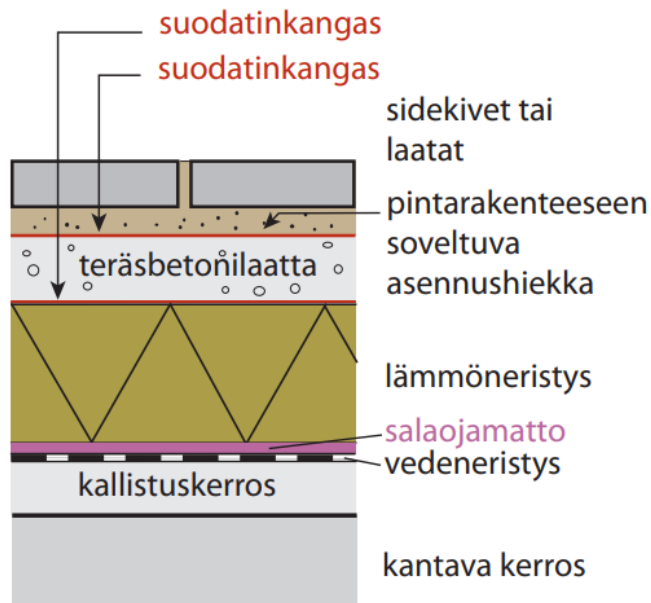
2.5 Pihakannen rakennekerrokset

Kansirakenteita on suunniteltu muutamia eri käyttötarkoituksiin soveltuvia rakenneratkaisuja. Näitä rakenteita on käännetty-, kylmä – ja suljettu rakenne. Mikäli ranteeseen tullaan tekemään istutusalueita viherkasvustoille, tulee vedeneriste suojata juurisuojalla. Juurisuoja estää juurien vaikutuksen vedeneristykseen ja se voidaan toteuttaa fyysisillä- tai kemikaalisilla juurisuojatuotteilla. Näitä ovat mm. suojaavia kalvoja tai kermejä sekä pinnoitteita ja nestemäisiä tiivistysaineita. Juurisuojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi vedeneristeen päälle erillisellä juurisuojakerroksella tai vedeneristeessä voi olla juurisuojainaisuus. Juurisuojausta ei lasketa vedeneristeeksi. (RT 103277 2020, 4–7.)

Kansirakenteiden yleisin ja suositeltavin rakenne on käännetty rakenne (kuva 3.). Rakenteessa vedeneristys on asennettu lämmöneristeen alle ja kiinnitetty kallistuserrokseen. Käännetyn rakenteen lämmöneristykseenä voidaan käyttää suulakepuristettua umpisoluista polystyreeniä (XPS). Suositeltavaa on käyttää puolipontattuja tuotteita. Suorareunaisia levyjä ainoastaan, mikäli eristekerroksia on vähintään kaksi. Tällöin tulee huomioida, että eri kerrosten eristelevyjen saumat eivät ole päällekkäin. Lämmöneristys tulee mitoittaa kestävänsä puristuslujuudeltaan kaikki sen päälle tulevat kuormat. (RT 103277 2020, 4–5.)

Sadevedet johdetaan kaivoille pääosin päällyskerroksilla. Vedeneristeelle päässeet vedet johdetaan kaivoille vedeneristeen pinnassa sijaitsevan salaojamaton avulla. Salaojamaton tulee kestää sille tulevat kuormat niin, että sen vedenjohtamiskyky säilyy, eikä matossa tapahdu merkittäviä muodonmuutoksia. Suodatinkangasta käyttäen pystytään ehkäisemään hienoaineksen kulkeutumista salaojamattoon, millä on tapana heikentää salaojamaton vedenjohtamiskykyä. Suodatinkangas tulee olla vähintään N2 (NorGeo Spec 2012 -luokitus) luokkaa ja se asennetaan suoraan lämmöneristelevyn päälle. (RT 103277 2020, 5–6.)

Käännetyn rakenteen päällyskerroksina käytetään yleensä raudoitettua betonilaat-
taa tai irtolaattoja. Vaihtoehtona on kuitenkin pääsääntöisesti betoni, betonilaatat,
sidekivet, asfaltti tai istutusmaa. Betonilaatat mitoitetaan kohteittain ja jaetaan mah-
dollisesti ruutuihin. Laatoilla toteutettaessa kiinnitykseen ei saa käyttää maakostea
betonia, koska siitä ajansaatossa sadeveden mukana liukeneva kalkkikivi voi tukkia
kaivoja ja viemäreitä. (RT 103277 2020, 6.)



käännetty rakenne

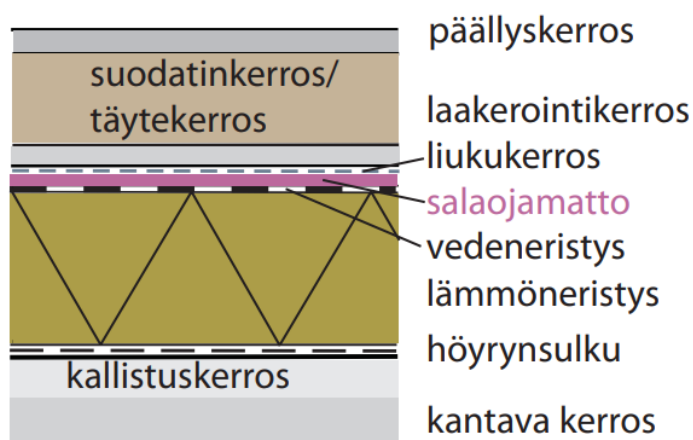
Kuva 3. Käännetty rakenne (RT 103277 2020, 1).

Liikennöityjä tasoja ja pihakansia ei tulisi suunnitella suljettuina rakenteina (kuva 4.),
muuta kuin poikkeustapauksissa, joissa kannet ovat kevyesti kuormitettuja. Sulje-
tussa rakenteessa vedeneriste sijaitsee lämmöneristeen päällä lähellä pintaraken-
teita. Tästä syystä vedeneriste joutuu alttiiksi ulkopuolisille rasituksille mm. jäätymi-
selle, jolloin vedeneriste voi vaurioitua. Lämpötilamuutokset ja niistä aiheutuvat ve-
deneristysmateriaalin muodonmuutokset ovat myös riskinä suljetun rakenteen ve-
deneristeelle. (RT 103277 2020, 6.)

Suljetun rakenteen lämmöneristeen tulee mitoittaa siten, että se kestää kaikki ra-
kenteeseen tulevat kuormat. Lämmöneristeen suunnittelussa tulee myös huomi-
oida, ettei se saa kuormitustilanteissa vaurioittaa sen päällä sijaitsevaa vedeneris-
tettä. Lämmöneriste tulee asentaa tiiviisti, ilman kylmäsiltoja. (RT 103277 2020, 6.)

Höyrynsulku on aina tarpeellinen suljetussa rakenteessa ja se tulee olla riittävän kestävä, jotta sitä voidaan käyttää työaikaisena sääsuojana. Höyrynsulun toissijainen tarkoitus on toimia rakenteen varavedeneristeenä. (RT 103277 2020, 6.)

Vedeneristys tulee laakeroida irti pintarakenteesta. Vedenpoisto tapahtuu päällysrakenteiden ja vedeneristeen päältä niin, että suurin osa vedenpoistosta tapahtuu päällysrakenteiden kautta. Päällysrakenteina käytetään useimmiten betonikiveystä ja laatoitusta. Päällysrakenteissa tulee huomioida se, että kaivoa tulee pystyä huoltamaan. (RT 103277 2020, 6.)



suljettu rakenne

Kuva 4. Suljettu rakenne (RT 103277 2020, 1).

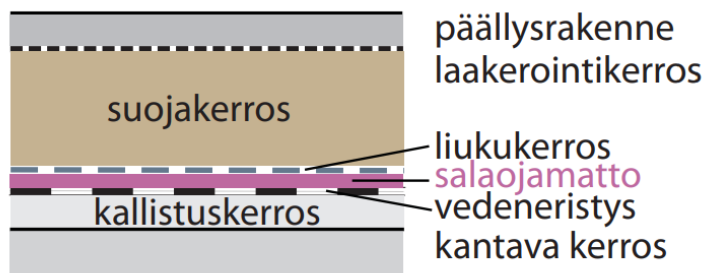
Kylmällä rakenteella (kuva 5.) tarkoitetaan lämmöneristämätöntä rakennetta. Yleisimpiä käyttökohteita on esimerkiksi autokannet, pysäköintitasot sekä pihakannet. Vedeneristys asennetaan käännetyn katon tapaan kallistuskerroksen päälle. Kylmässä rakenteessa vedeneristeen suositeltava kiinnitystapa on kauttaaltaan alustaan kiinnitetty vedeneristys. Mikäli betonin ei anneta kuivua riittävästi ennen vedeneristeen asennusta, havaitaan kylmissä rakenteissa usein vedeneristeen paikoitusta irtoamista alustastaan kosteuden höyrystymisen vuoksi. Rakenteen liukukerros voidaan jättää pois, mikäli suojakerroksena käytetään hyvin liikettä sallivaa materiaalia. (RT 103277 2020, 7.)

Kylmän rakenteen kulutuskerros voidaan toteuttaa esimerkiksi asfaltista, tällöin levitysmenetelmät määräytyvät vedeneristysten lämmönkesto-ominaisuuksien mukaan. Yleensä asfaltti levitetään suoraan vedeneristeen päälle kahtena kerroksena

siten, ettei se mitenkään vaurioita vedeneristystä. Tällöin voidaan liukukerros jättää kokonaan pois. (RT 103277 2020, 7.)

Kulutuserroksen ja lämmöneristyksen päätavoitteena on tuottaa yhtenäinen rakenne mahdollisimman hyvällä tartunnalla. Vedeneristeenä voidaan käyttää myös modifioituja- ja nestemäisesti levitettäviä kermejä, jolloin levitysmenetelmät määräytyvät vedeneristeen mukaan. (RT 103277 2020, 7.)

Rakenteen päällyskerrokset jätetään alustastaan irti päällä kulkevien kuormien vuoksi, kuten esim. ajoneuvojen jarrutusvoimat. Laakerointikerros estää vedeneristeen vaurioitumisen päällysrakenteista johtuvista lämpö- ja kosteusliikkeistä. Kylmän rakenteen päällysrakenteiden riskinä on pakkasen aiheuttama mahdollinen routiminen, joka voi vaurioittaa vedeneristystä. (RT 103277 2020, 7.)



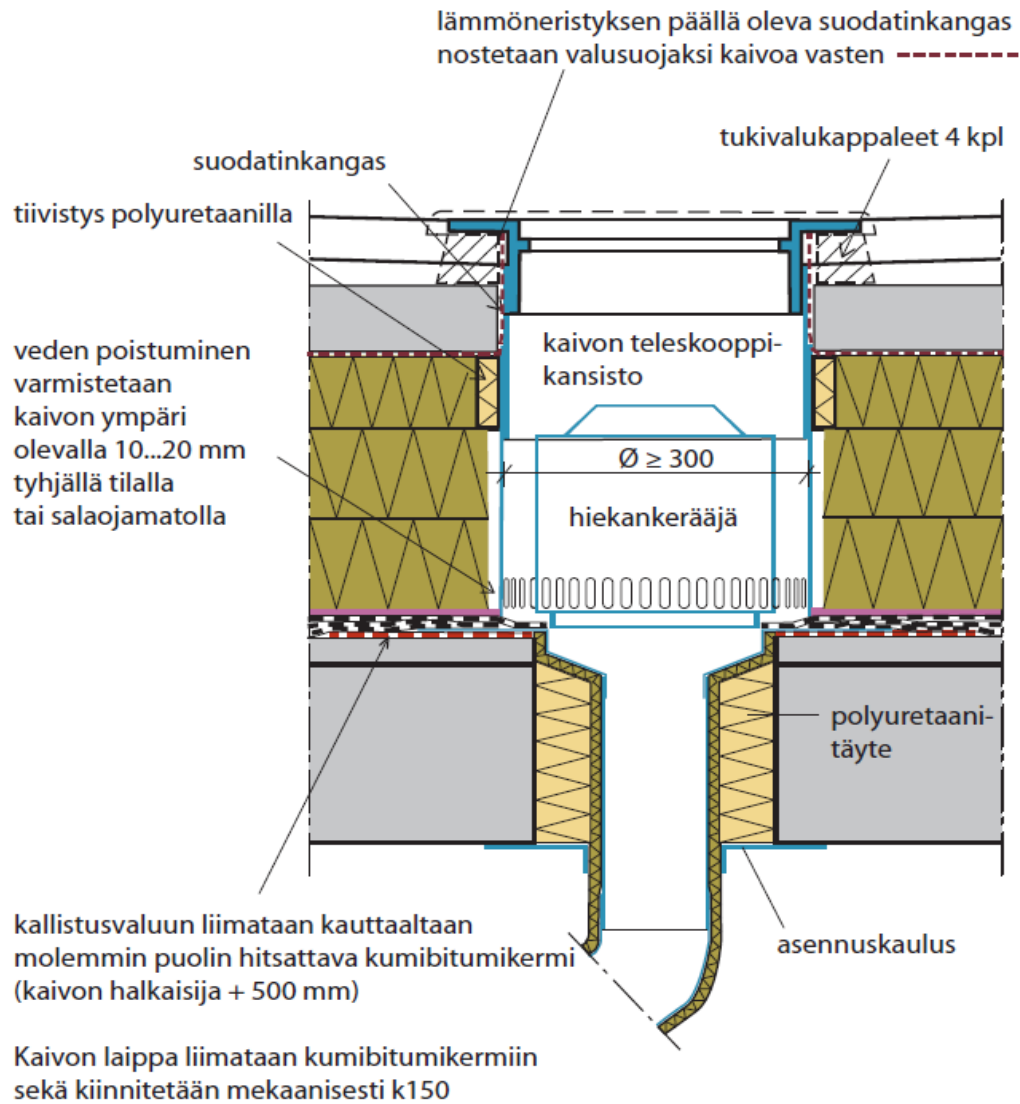
Kylmä rakenne

Kuva 5. Kylmä rakenne (RT 103277 2020, 2).

2.6 Kaivot ja läpiviennit

Pihakansien kaivot (kuva 6.) ja läpiviennit ovat vedenpitävyyden kannalta yksi rakenteen haastavimmista kohdista. Kaivojen materiaalina käytetään pääsääntöisesti haponkestävää terästä, joka kestää mahdollisimman hyvin kaikki ulkopuoliset rasitukset. Muovisia kaivoja ei tulisi käyttää, koska vedeneristeen tartunta muovisiin kaivoihin on huono. Korjaustoimenpiteissä muovisen kaivon hitsaus on lähes mahdotonta, mikäli muovissa on bitumia. Kaivorakenteet mitoitetaan kestäämään päällä kulkevat kuormat. Kaivoina käytetään tarkoitukseen erikseen suunniteltuja käännetyn

katon kaivoja. Vedeneristyksen yksityiskohdista mm. kaivoista, läpivienneistä, liikuntasaumoista ja ylösnostoista tehdään malliasennukset. Niissä tarkistetaan käytetyt materiaalit sekä työmenetelmät. (RT 103277 2020, 15–18.)



Kuva 6. Liikennöidyn tason sadevesikaivon periaatekuva (RT 103277 2020, 15).

Kaivoissa on kiinteä, vähintään 150 mm leveä laippa, johon vedeneristys liimataan kauttaaltaan molemmiin puolin. Laippa tulee kiinnittää mekaanisesti alustaansa k150mm:n jaolla. Kaivon ja viemäriputkien ankkurointiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Suurin osa sadevedestä johdetaan kaivolle päällyskerrosten päältä, mutta kaivossa tulee myös olla vedeneristeen päältä toteutettu vedenpoisto. Vedenpoisto vedeneristeen päältä tapahtuu kaivon kauluksen reikäisen alaprofiilin kautta. Tämän läheisyydessä kaivon ympärillä tulee olla 10–20 mm:ä tyhjää tilaa veden poisjohtamisen varmistamiseksi. (RT 103277 2020, 15–16.)

Pihakansien ollessa liikennöityjä ja sääolosuhteille alttiita, tulee kaivoissa olla myös hiekankerääjä ja saattolämmitys. Hiekankerääjän tarkoitus on estää kaivon tukkeutuminen kaivolle kulkeutuvan hiekan ja muun roskan myötä. Hiekankerääjää tulee tarkkailla ja puhdistaa ajan myötä. Saattolämmitys lämmittää kaivoa ja estää sen jäätyneen talviolosuhteissa. Näin varmistetaan kaivorakenteen ympärivuotinen toimiminen. (Toimivat Katot 2019, 41.)

Läpivientejä tulisi suunnitella kansirakenteisiin mahdollisimman vähän. Läpivientikappalina käytetään ruostumattomia, laipallisia läpivientiputkia. Putkien jatkoksia ja liitoksia ei saisi esiintyä kansirakenteessa vaan ne pitäisi pyrkiä tekemään sen ulkopuolella. Kumisia läpivientikappaleita ei suositella, koska niiden tiiveys ei kestä mahdollisia padotustilanteita. (Toimivat Katot 2019, 41–42.)

Läpivientilaippojen minimileveys tulee olla vähintään 150 mm. Vedeneristys liitetään laippoihin vesitiiviisti. Läpivientikappaleina voidaan käyttää tarkoitukseen soveltuvaa ruostumattomasta teräksestä valmistettua läpivientikappaletta, joka ulottuu vähintään 300 mm valmista päällyskerroksen pintaa ylemmäksi. Läpivientejä tulisi välttää ja niitä olisi suotavaa suunnitella pystypinnoille vaakapintojen sijaan. Mahdollisesti läpiviennit keskitetään yhteiseen kotelorakenteeseen. Suuret ja monimuotoiset läpiviennit koteloidaan myös. Koteloinnissa vedeneristys ulotetaan läpivientirakennetta vasten. Mahdollinen erillinen höyrynsulku tiivistetään kaikkien läpivientien kohdalta huolellisesti. (RT 103277 2020, 15.)

Vaikka pihakansi olisi toteutettu kumibitumikermeillä, voidaan hankalat läpiviennit tai perusmuureissa tiivistys tehdä ruiskutettavalla vedeneristeellä eli polyuretaanielastomeerillä. Tällöin liittymäpaikoissa tulee käyttää pintasirotteellista kumibitumikermiä. (RIL 107-2012 2012, 165.)

Kaivot, läpiviennit ja muut rakenteen yksityiskohdat tulee suunnitella ja toteuttaa huolellisesti. Näiden yksityiskohtien tulee olla vähintään 500 mm:n etäisyydellä toisistaan, jotta vedeneristys voidaan toteuttaa luotettavasti. Vedeneristeen läpäisevät rakenteet suositellaan suunniteltavaksi vähintään 1m etäisyydelle pystyrakenteista esim. seinärakenne. (RIL 107-2012 2012, 119, 121.)

2.7 Liikuntasaumat ja ylösnostot

Liikuntasauaman sijainti on oleellinen asia niiden suunnittelua. Liikuntasauomoihin ei saa kohdistua paineellista vettä ja liikuntasaumat pitää sijoittaa niin, ettei vesi juokse niiden yli kaivoille. Liikuntasauaman kohdalle onkin suotavaa tehdä alustan kallistuskerrokseen kallistus, jolloin vesi ei juokse liikuntasauaman yli. Liikuntasauomoille on suositeltavaa laatia aina oma suunnitelma ja niiden sijainnit suunnitellaan aina tapauskohtaisesti. Suunnittelussa on huomioitava myös rakenteen mahdollinen pysyvä eläminen. (RIL 107-2012 2012, 158.)

Vaakapinnalla sijaitseva liikuntasauama voidaan toteuttaa erillisellä tarkoitukseen soveltuvalla irrotuskaistalla, tai vaihtoehtoisesti sirotepintaisella kermillä. Kermillä toteutettaessa tulee liikuntasauaman kohdalla kermi asentaa sirotepinta alaspäin, jolloin se on irti alustastaan ja sallii rakenteen elämisen. Sirotepintainen kermi sirotepinta alaspäin toimii samanaikaisesti aluskerminä ja vedeneristeen irrotuskaistana. (RIL 107-2012 2012, 158.)

Liikuntasauaman irrotuskaistana voidaan käyttää riittävän ohutta materiaalia, joka ei rasitu työaikaisesta lämmöstä. Sen tulee myös estää vedeneristeen tarttumisen alustaan liikuntasauaman kohdalla, esimerkiksi pelti (kuva 7.). Irrotuskaistan leveys tulee olla vähintään 300 mm. (RIL 107-2012 2012, 158.)

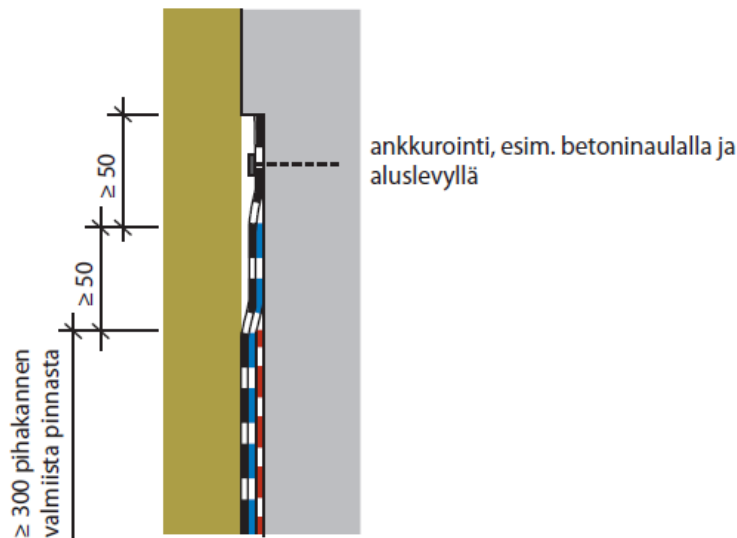
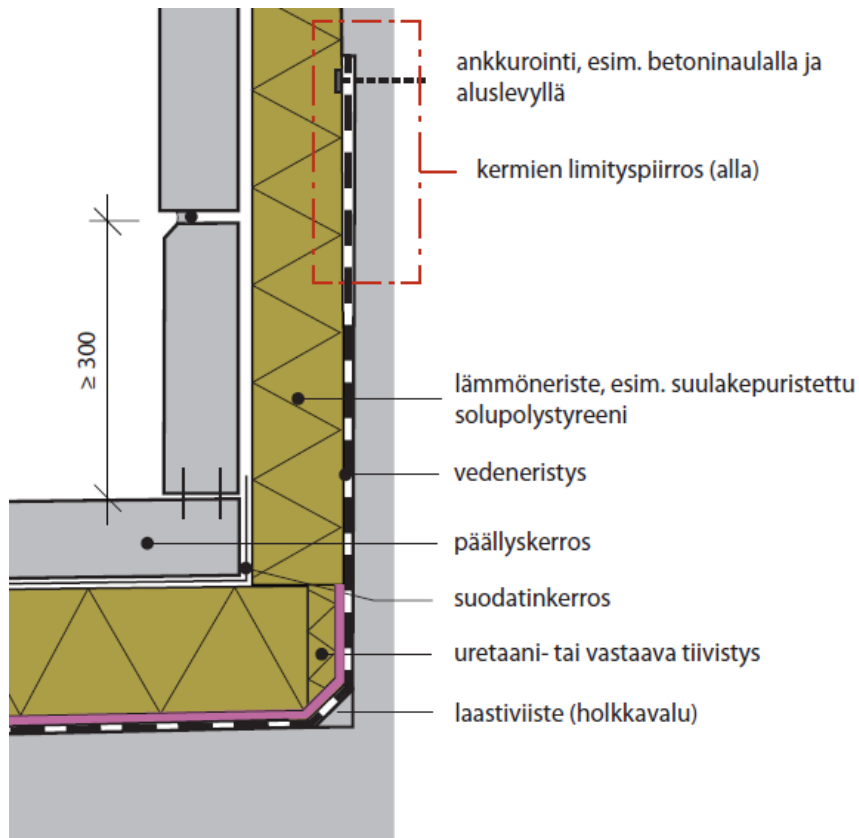


Kuva 7. Peltinen irrotuskaista.

Liikuntasauva joudutaan usein toteuttamaan tarkoitukseen suunnitelluilla liikuntasauvaprofiileilla. Vedeneristys tulee olla kiinnitettävissä vesitiiviisti liikuntasauvaprofiiliin. Profiili tulee mitoittaa rakenteen päällä kulkeville kuormille ja sen tulee olla vesitiivistä materiaalia. (RIL 107-2012 2012, 121.)

Elastomeereillä vedeneristettäessä rakenteessa ei saa esiintyä pystysuuntaista liikettä. Mikäli pystysuuntaista liikettä on odotettavissa, joudutaan erikoisjärjestelyihin. Irrotuskaistana käytetään silikonipaperia tai bitumikermikaistaa. Irrotuskaistalle ei ole tarvetta, jos odotettavissa on vain pientä liikehdintää tason suunnassa. Liikuntasauvan sauma tiivistetään polyuretaanimassalla. Leveiden saumojen yli tulee pohjaksi asentaa ruostumaton teräslevy. (RIL 107-2012 2012, 165.)

Vedeneristeen ylösnostojen (kuva 8.) yhteydessä tulee aina käyttää 90° nostokulman loiventamiseksi tarkoitukseen soveltuvaa holkkia, esim. laastiviiste tai bitumi-holkkia. (Toimivat Katot 2019, 51.)

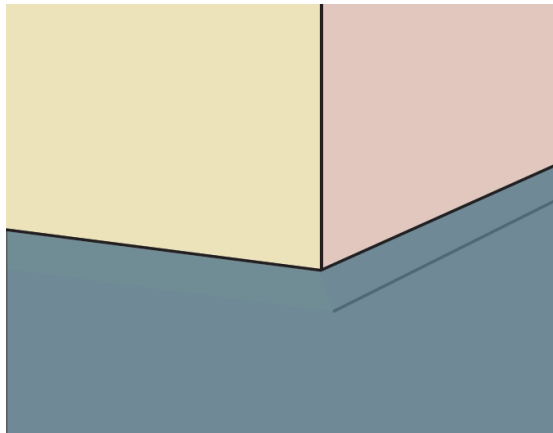


Kuva 8. Kermieristeen ylösnosto (RT 103277 2020, 11).

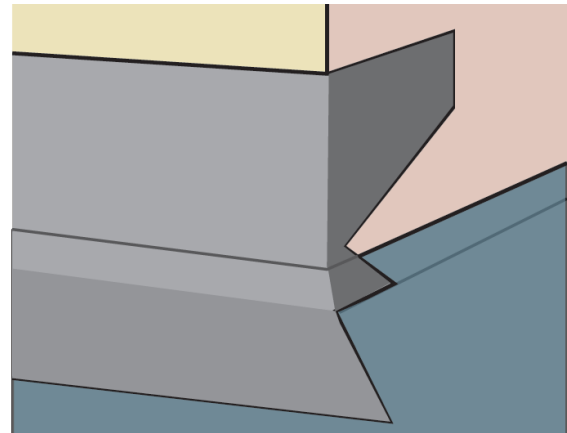
Vedeneristeen ylösnostojen minimikorkeus on 300 mm valmiista pinnasta ylöspäin. Lumen kinostuminen pitää ottaa myös huomioon ja tuoda ylösnostot tarvittaessa sitäkin korkeammalle. Vedeneristysten ylösnostojen tulee aina olla luotettavasti kiinni, ettei ne pääse ajan saatossa ”valumaan”. Kermieristys tulee kiinnittää mekaanisesti ylösnostojen yläpäästä. Suojapelti ei riitä varmistamaan vedeneristeen kiinnitystä luotettavasti. (RIL 107-2012 2012, 157.)

Seinärakenteessa vedeneriste nostetaan aina lämmöneristeen taakse kantavaan kuoreen. Tällöin vedeneriste pystytään kiinnittämään luotettavasti mekaanisella kiinnityksellä, eikä vedeneristykseen alle pääse valumaan kosteutta ylösnostojen yläpäästä. Mikäli seinärakenteessa tai muussa vastaavassa pystyrakenteessa on aukkoja (esim. ovi) alle 300 mm:ä valmiista pinnasta, tulee vedeneristeen kiinnitys suunnitella erikseen vedenpitäväksi. (RIL 107-2012 2012, 157.)

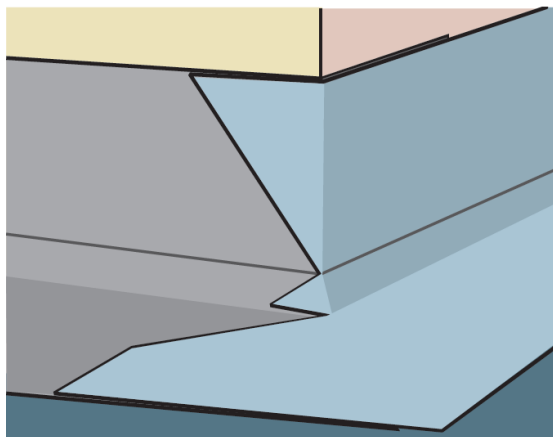
Pihakansien vedeneristeessä ylösnostojen mahdolliset ulko- tai sisäkulmat ovat hankalasti toteutettavia kohtia. Näihin pitää kiinnittää erityishuomiota, että taitokset saadaan toteutettua tiiviiksi. Kulmissa on tärkeää laittaa bitumiliimaa niin paljon, että kermien liitoskohtien saumoista pursuaa sitä ulos. Alla esimerkkikuva työtavasta ylösnostojen kulmassa (kuva 9.). Ulko- ja sisäkulmat toteutetaan samalla periaatteella. Kannen kermieristykset päätetään holkan yläreunaan ja ylösnostot toteutetaan erillisillä ylösnostopaloilla. (RT 103277 2020, 10–13.)



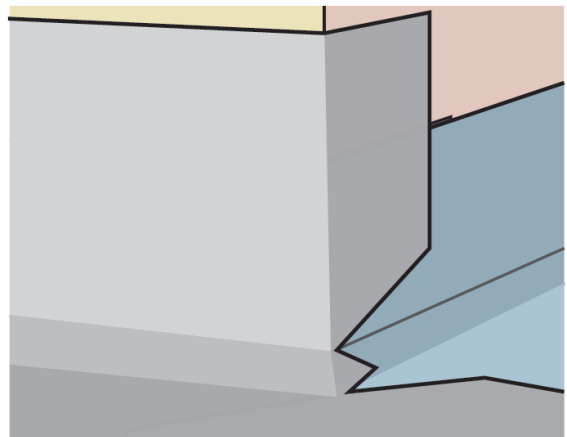
vaakapinnan aluskermi ulotetaan holkan päälle



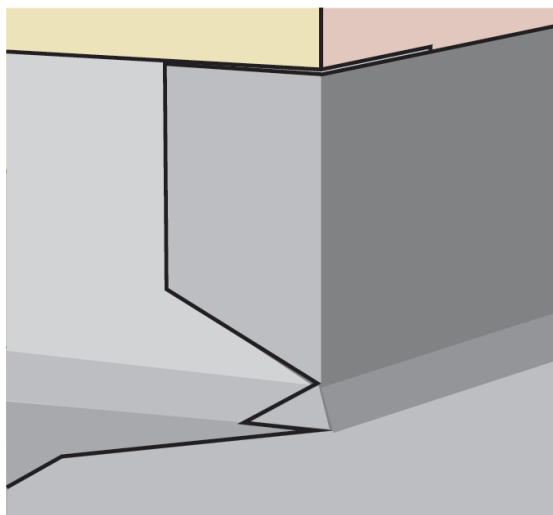
toisen puolen ylösnoston aluskermi



viereisen sivun aluskermi limitetään edellisen sivun aluskermiin päälle



toinen kermikerros nostetaan ≥ 10 cm edellisen yläpuolelle



toinen kermikerros toiseen suuntaan edellisen päälle

Kuva 9. Kermien asennus ylösnostojen kulmassa (RT 103277 2020, 13).

3 SILTOJEN VEDENERISTYS

3.1 Yleistä

Siltarakentamisessa vedeneristyksen alusta voidaan toteuttaa betoni-, teräs- tai puukannella. Näistä alustoista yleisin ja opinnäytetyöhön osuvin on betonikansi, jota käytetään pääsääntöisesti myös pihakansien vedeneristyksen alustana. Tästä syystä tässä opinnäytetyössä perehdytään betonisen kansilaatan ratkaisuun. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.)

Vedeneristystyössä käytettävien materiaalien tulee olla yhteensopivia muiden eristystyössä käytettävien materiaalien kanssa. Kaikkien vedeneristystyössä käytettävien materiaalien tulee olla SILKO- tuotevaatimuksien mukaisia. (InfraRYL 2020, kohta 42310.1.)

Betonisten siltakansien vedeneristysvaihtoehtoja on viisi kappaletta, joita ovat mm. kaksinkertainen kumibitumikermieristys, nestemäisenä levitettävä vedeneristys, kumibitumimastiksieristys, kumimattoeristys ja bentoniittimattosuojaus. (Väylävirasto 2019, 35.)

Kaksinkertaista kumibitumieristystä käytetään silloin, kun vedeneristykselle halutaan mahdollisimman pitkä käyttöikä. Käyttöikä vaatimusten mukaan tehdyille vedeneristeille on (40 vuotta). Nestemäisenä levitettävä vedeneristys mahdollistaa pitkän käyttöiän (40v) lisäksi myös ainoan työsaumattoman ratkaisun. Kumibitumimastiksieristystä käytetään, kun betonialusta on vaikea saada tasaiseksi tai kuivaksi. Tämän eristeen hyötynä on sen nopea tekeminen ja sen kuplimaton koostumus. Arvioitu käyttöikä kumibitumimastiksieristyksellä on 30 vuotta. Kumimattoeristystä käytetään ainoastaan rautatiesiltojen korjaustoimenpiteissä, mikäli työ on tehtävä nopeasti liikenteen vuoksi tai huonokuntoinen alusta estää alustaan kiinnitettävän vedeneristeen asentamisen. Bentoniittimattosuojausta käytetään maantäyttösilloissa, joissa ei ole ajoneuvoliikennettä. (Väylävirasto 2019, 35.)

3.2 Olosuhdevaatimukset

Olosuhteet ovat yksi keskeinen tekijä vedeneristyksen laatuvaatimusten saavuttamiseksi. Oikeanlainen sääsuojaus helpottaa annettuihin lämpötilavaatimuksiin ja kosteusvaatimuksiin pääsemistä. Sillä on suora yhteys vedeneristyksen lopulliseen laatuun. Kastepistelämpötila määritetään ennen vedeneristeen asennuksen aloittamista ja sitä tulee seurata työsuorituksen aikana. Kaikki olosuhteet kirjataan olosuhdepöytäkirjaan. Lisää olosuhdevaatimuksista ja niiden hallinnasta luvussa 4.2. Silloilla eristystöiden ja niihin liittyvien tiivistystöiden olosuhdevaatimukset ovat mm:

- Ilman suhteellinen kosteus enintään 85% (eristystyön aikana)
- Eristettävän alustan lämpötila vähintään 3 °C kastepistelämpötilaa korkeampi (ennen päällystystä)
- Alustan lämpötila tiivistystyön yhteydessä vähintään 10 °C (työn aikana ja aineen kovettuessa)
- Kermin ja nestemäisenä levitettävän eristeen alustan lämpötila vähintään 5 °C (työn aikana)
- Mastiksilla eristettäessä alustan lämpötila vähintään 2 °C (työn aikana). (InfraRYL 2020, kohta 42310.0)

3.3 Pohjien vaatimukset

Alustan yksittäiset kolot voidaan täyttää kuumuutta kestävästä tiivistysaineesta ja kuivan hiekan sekoituksella tai vaihtoehtoisesti tiehallinnon hyväksymillä paikkausmassoilla SILKO-ohjeiden mukaan. Suuret ja yhtenäiset tasoitettavat alueet tulee jyrsiä ja puhdistaa ennen tasoitustyöhön ryhtymistä. Näiden alueiden tasoitus tulisi toteuttaa edellä mainitulla tiivistysaineella ja hiekan sekoituksella tai vaihtoehtoisesti tiehallinnon hyväksymillä juotosmassoilla. Tuoreen epoksitasoitteen päälle tulee sirotella kuivaa kvartsihiekkää, joka parantaa vedeneristyksen tartuntaa. Alustan tasaisuus ja karheus tarkastetaan luvun 4.3 mukaan. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1.)

Alustasta tulee poistaa kaikki tartuntaa heikentävät aineet mm. sementtiliima, jälkitoaaine, öljy, liuottimet, rasva ja muut epäpuhtaudet. Tartuntaa heikentävien aineiden poisto tapahtuu yleisimmin sinko- tai hiekkapuhalluksella, jonka jälkeen pinta

tulee puhdistaa huolellisesti imuroimalla. Alustan tulisi muistuttaa suihkupuhdistetua betonia, jossa paljaiden kiviainesraepintojen osuus on vähintään 25 % eristettävästä pinnasta. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1.)

Puhdistuksen jälkeen mahdolliset halkeamat tulee imeyttää/injektoida tiehallinnon hyväksymällä kumibitumin kanssa yhteensopivalla tiivistysaineella, joka kestää myös työnaikaisen kuumuuden. Alustan karheus ennen epoksikäsittelyä ja eristämistä tulee olla toleranssissa 0,3–1,2mm. Yli 1,2 mm suuremmat karheudet tulee tasoittaa tarkoitukseen soveltuvalla tasoitteella. Ennen tasoitetyöhön ryhtymistä täytyy huomioida, että tasoitettava kohta on täysin kovettunut ja se täyttää sille annetut enimmäiskosteusvaatimukset. Pinnan karheuden ollessa alle 0,3 mm tulee pinta karhentaa uudestaan niin, että se pysyy annetuissa toleransseissa. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1.)

Eristettävän alustan suurin sallittu kosteus ennen tiivistämistä tai eristämistä on ilmoitettu taulukossa 1. Kosteus mitataan absoluuttisena kosteutena kuivatus-punnitus menetelmällä. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1.)

Taulukko 1. Tiivistys- ja eristysalustan suurin sallittu kosteus (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1).

| Materiaali | Alustan suurin sallittu absoluuttinen kosteus kuiva-punnitus menetelmällä m-% |
|--|--|
| Kauttaaltaan kiinnitetty kermi | 5,0 |
| Nestemäinen vedeneriste | |
| Tiivistys | |
| Paineentasauskermi | 6,0 |
| Kumibitumimastiksi, kun alustaa ei käsitellä tiivistysaineella | |

Kastepistelämpötila määritetään eristystyön alkaessa ja sitä tulee seurata työsuorituksen aikana. Olosuhteet kirjataan olosuhdepöytäkirjaan töitä tehdessä. Pöytäkirjaa täytetään kahden tunnin välein, sekä työvuoron alussa ja lopussa. Tiivistettävän ja eristettävän pinnan lämpötilan tulee olla aina vähintään 3 °C korkeampi kuin ilman

kastepistelämpötila. Ilman suhteellisen kosteuden vaatimus töiden aikana on enintään 85 %. Alustaa tiivistäessä tulee pinnan lämpötilan olla vähintään +10 °C niin kauan, että aine on kovettunut. Kermieristyksillä ja nestemäisesti levitettävillä eristeillä tulee noudattaa tuotekohtaisia vaatimuksia. Ellei tuotekohtaisia vaatimuksia ole, tulee pinnan lämpötilan olla työn aikana vähintään +5 °C. Mastiksieristyksillä työnaikainen alustan lämpötila vähintään +2 °C. (InfraRYL 2020, kohta 42310.0.)

3.4 Kermieristys vedeneristeenä

Siltojen vedeneristyksiä tehdään muutamilla tarkoitukseen soveltuvilla menetelmillä, joista pihakansille soveltuvin on kermieristys. Vedeneristyksen betoninen alusta tulee poikkeuksetta esikäsitellä ennen vedeneristeen asentamista. Esikäsitely tehdään rakenteesta riippuen kumibitumiliuoksella 0,2–0,3 kg/m² levittäen tai tiivistysaineella kahteen kertaan tiivistäen valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tiivistysainetta levittäessä tulee ensimmäisen levityskerroksen menekki olla 0,3–0,5 kg/m² + sirotehiekkä ja toisessa kerroksessa vähintään 0,6 kg/m². Valmiin tiivistyskerroksen vesitiiveyden tiiveys tulee olla joka mittauksessa vähintään 500 MΩ. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.1.)

Tiivistyksen ja alustan välinen tartuntalujuus tulee olla joka kohdasta mitattuna vähintään 1,0 N/mm², siten että keskimääräinen mittaustulos ylittää 1,5 N/mm². Tiivistyskerroksen jälkeen tulee valmis pinta eristää vähintään yhden viikon kuluttua, noudattaen kuitenkin materiaalivalmistajan ohjeita. Valmiilla tiivistetyllä pinnalla ei saa kulkea ilman suojausta. Pinta tulee puhdistaa huolellisesti ennen eristystöiden aloittamista. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.1.)

Kumibitumin sulatuspata tulee puhdistaa ennen eristystöiden aloittamista. Padassa tulee aina olla toimiva termostaatti, sekoitin ja lämpömittari. Korkein sallittu sekoituslämpötila kumibitumia sekoittaessa on 210 °C ja levityslämpötila on 180–210 °C. Kumibitumin ylikuumentamista tulee välttää, koska se voi heikentää kumibitumin laatuominaisuuksia. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.2.1.)

Kermien asennus tapahtuu sillan pituussuunnassa niin, että lähdetään korkeussuunnassa matalimmasta kohdasta ylöspäin. Kermit limitetään sivusaumoilla vähintään 100 mm ja päätysaumoilla vähintään 150 mm. Vierekkäisten kermien päät porrastetaan, ettei jatkokset lähde kaikissa samasta kohdasta. Päällekkäisten kermien limityksiä alempiin kermeihin nähden tarkkaillaan myös ja näiden limityksien tulee olla vähintään 100 mm:ä toisistaan. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.2.1.)

Kermeissä ei saa esiintyä poimuja, eikä alustan ja kermin välissä saa olla ilmataskuja. Saumat tulee olla tiiviitä ja kermien limityskohdat tulee telata kauttaaltaan alustaansa. Mikäli aluskerminä käytetään paineentasauskermiä, tulee sillan molempien reunojen viereen ensimmäinen kermikaista asentaa tavallisella aluskermillä kauttaaltaan alustaan kiinnitettynä. Paineentasauskermit limitetään kauttaaltaan kiinnitettyihin tavallisiin aluskermeihin ja ne kiinnitetään alustaansa pisteittäin. Paineentasauskermiä käytettäessä tulee kansi varustaa suunnitelmien mukaan paineentasausputkilla. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.2.1.)

Aluskermin tartuntalujuusvaatimus (Taulukko 2.) poimitaan ao. taulukosta, jonka vaatimukset ovat kermieristysrakenteista riippumatta samat kaikissa tapauksissa. Taulukon väliarvot tulee interpoloida. Mikäli tartuntavetokokeessa irtoaminen tapahtuu kiinnitysbitumin sisäisenä koheesiomurtumana, voi taulukon mukaisista arvoista vähentää 0,10 N/mm². Paineentasauskermin tartunta mitataan kermin liimatulta osalta, joiden vaatimukset ao. taulukon mukaan. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.2.1.)

Taulukko 2. Kermin tartuntavetolujuusvaatimus (RT 103277 2020, 19).

| Alustan lämpötila | Käännetyt rakenteet | Sillat, InfraRYL 2020/1 taulukko 42310:T2 |
|--------------------------|----------------------------|--|
| °C | N/mm ² | N/mm ² |
| 5 | 0,53 | 1,06 |
| 6 | 0,50 | 1,0 |
| 7 | 0,48 | 0,95 |
| 8 | 0,45 | 0,90 |
| 9 | 0,43 | 0,85 |
| 10 | 0,41 | 0,81 |
| 11 | 0,39 | 0,77 |
| 12 | 0,37 | 0,73 |
| 13 | 0,35 | 0,69 |
| 14 | 0,33 | 0,65 |
| 15 | 0,31 | 0,62 |
| 16 | 0,29* | 0,58 |
| 17 | 0,28* | 0,55 |
| 18 | 0,26* | 0,52 |
| 19 | 0,25* | 0,50 |
| 20 | | 0,47 |
| 21 | | 0,45 |
| 22 | | 0,42 |
| 23 | | 0,40 |
| 24 | | 0,38 |
| 25 | | 0,36 |

Mikäli tartuntalujuusvaatimukseen ei päästä, tulee vaatimukset alittaneet osuudet purkaa ja tehdä ne uudestaan. Jokaisesta yksittäisestä kermieristyksen tartuntalujuuden mittaustuloksesta lasketaan, montako prosenttia mittaustulos on ym. taulukon vaatimuksista. Eristys on poistettava ja kermi uusittava, jos kaikista näin lasketujen tartuntalujuuden mittaustulosten prosenttilukujen keskiarvo on alle 60 %. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.2.1.)

Mikäli kermeissä on havaittavissa kuplimista, tulee kuplineet kohdat aina korjata. Ylikuumentaminen voi aiheuttaa kermien vaurioitumista tai poimuuntumista, jolloin kohdat tulee aina purkaa välittömästi ja vaihtaa virheettömään kermiin. Siltojen reu-
napalkkien sisäreunasta 250 mm:ä keskelle päin, tehdään kaksinkertainen kumibi-
tumisively eristyksen kiinnitystavasta riippumatta. Tuotteen on täytettävä SILKO-hy-
väksyntävaatimukset. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.2.1.)

Kermieristystä ei saa kuormittaa huomattavasti ennen kuin eristys on suojattu. Eris-
tyksen päällä saa liikutella painavaa tavaraa tai ajaa autolla vain poikkeustapauk-
sissa, levittämällä kuljetettavalle alueelle vähintään 5 mm:ä paksua vaneria jaka-
maan painoa laajemmalle alueelle. Tällöinkään kuormaa ei saa seisottaa eristyksen
päällä. (InfraRYL 2020, kohta 42310.0.)

Betonikannen vedeneristys voidaan toteuttaa myös kermieristyksestä poiketen
muilla vedeneristystuotteilla, joita ovat mm. mastiksieristys, nestemäisesti levitettä-
vät eristykset, bentoniittimattoeristys sekä korjaustoimenpiteissä paljon käytetty ku-
mimattoeristys. Bentoniittimattoeristystä käytetään pääsääntöisesti holvirakentei-
sillä vihersilloilla. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.2.)

3.5 Rakennekerrokset

Siltojen rakennekerrokset muistuttavat pihakansien kylmää kansirakennetta. Läm-
möneneristettä ei pääsääntöisesti käytetä ja vedeneristeen päällä sijaitseva suojaker-
ros on yleisimmin asfalttia tai betonia. Erillistä ehjää salaojakerrosta (salaojamatto)
ei käytetä. (Väylävirasto 2019, 52.)

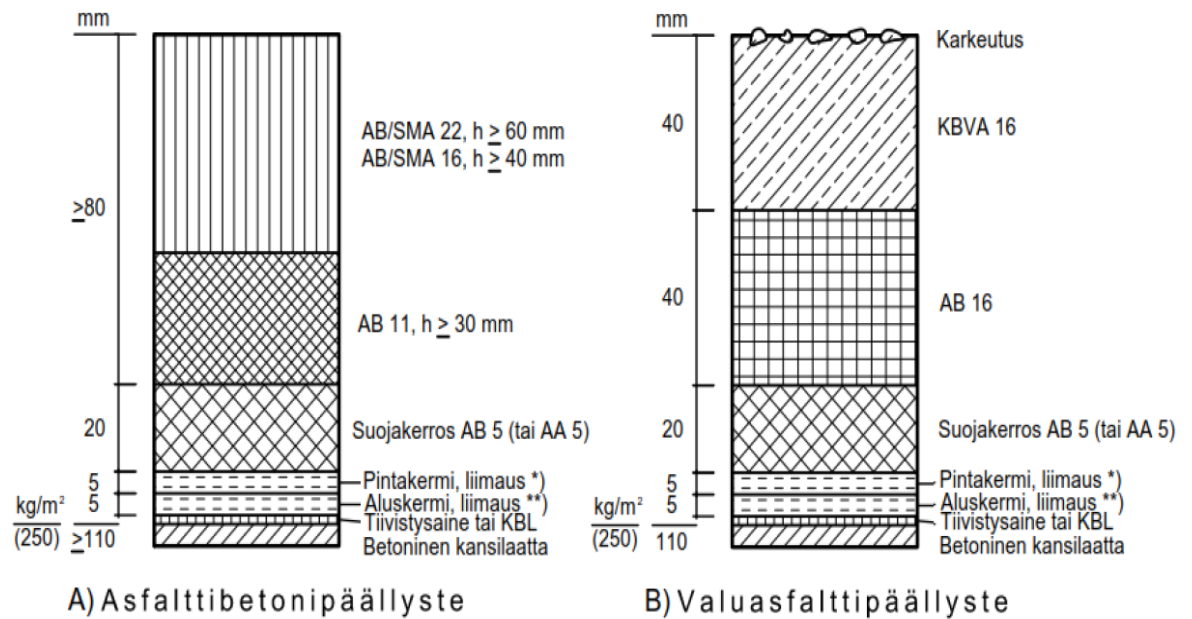
Tie- ja rautatiesiltojen yleisimmin käytetyistä pintarakenneratkaisuista on tehty Väy-
läviraston ohjeissa muutamia rakenneleikkauskuvia. Näistä leikkauksista otetaan
tarkempaan tarkkailuun tiesiltojen leikkaukuvat, missä on betoninen kansilaatta
kermieristysten alustana. Leikkauksuvissa rakennekerrosten paksuudet ovat ilmoi-
tettu millimetreinä ja ne ovat määrääviä mittoja. Neliökuormat ovat suuntaa-antavia.
Vilkaasti liikennöidyillä silloilla, joiden keskivertoliikenne vuorokauden aikana on yli
12 000 kertaa, tulee kerrospaksuudet ja materiaalit sopia tilaajan kanssa erikseen.

Tällaisessa vilkkaan liikenteen tapauksessa, alla olevat leikkauskuvat eivät sovellu suoraan käytettäväksi. (Väylävirasto 2019, 52.)

Kaksinkertainen kermieristys on tieliikennesiltojen käytetyin vedeneristysmenetelmä, joka sopii pääsääntöisesti kaikille silloille. Kyseinen eristys kiinnitetään kauttaaltaan alustaansa, joko liimaamalla tai hitsaamalla. Rakenne koostuu alus- ja pintakermeistä, joista aluskermi voidaan rakenteen vaatiessa vaihtaa paineentasauskermiksi. (Väylävirasto 2019, 37.)

Kaikissa ao. leikkauskuvissa asfalttibetoni (AB) pintarakennetta käytetään, kun sillan kulutuskerrokselle halutaan samat kulutus- ja kitkaominaisuudet viereisten teiden kanssa. Kumibitumivaluasfaltti (KBVA) pintarakennetta käytetään, mikäli pintarakennetta halutaan käyttää osittain rakenteen vedeneristeenä. (Väylävirasto 2019, 45.)

Betonikantisen sillan rakenneleikkaus, jossa vedeneristeenä on kermieriste ja suojakerros toteutettu asfalttibetonilla tai avoimella asfaltilla (kuva 10.). Rakenteen päällystekerroksena toimii asfalttibetoni (AB) tai kivimastikiasfaltti (SMA) kahteen kertaan levitettynä, jossa alemman kerroksen maksimirakekoko on pienempi. Kulutuskerroksen alla on sideainekerros, joka on asfalttibetonia. Sideainekerroksen alapuolella on ym. suojakerros. Leikkauskuvassa on piirretty rakenteen pohjalle tiivistysaine tai kumibitumiliuos (KBL). Nämä merkinnät eivät tarkoita vaihtoehtoisia tuotteita, vaan rakennesuunnittelijan on kohdekohtaisesti suunniteltava soveltuvin pohjakäsittely kyseiseen rakenteeseen. (Väylävirasto 2019, 52.)



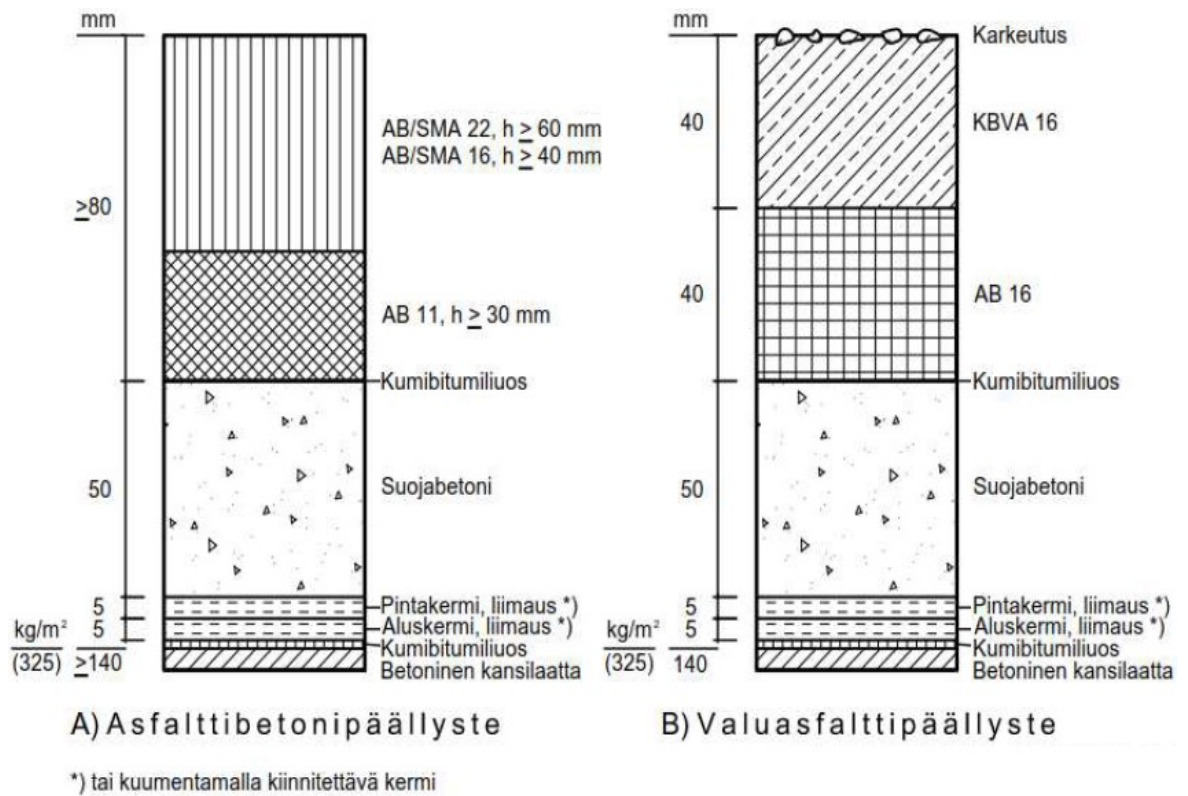
*) tai kuumentamalla kiinnitettävä

**) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai paineentasauskermi (jos suunnitelmassa on niin esitetty)

Kuva 10. Betonikantisen sillan pintakerrokset kermieristettä käytettäessä (Väylävirasto 2019, 52).

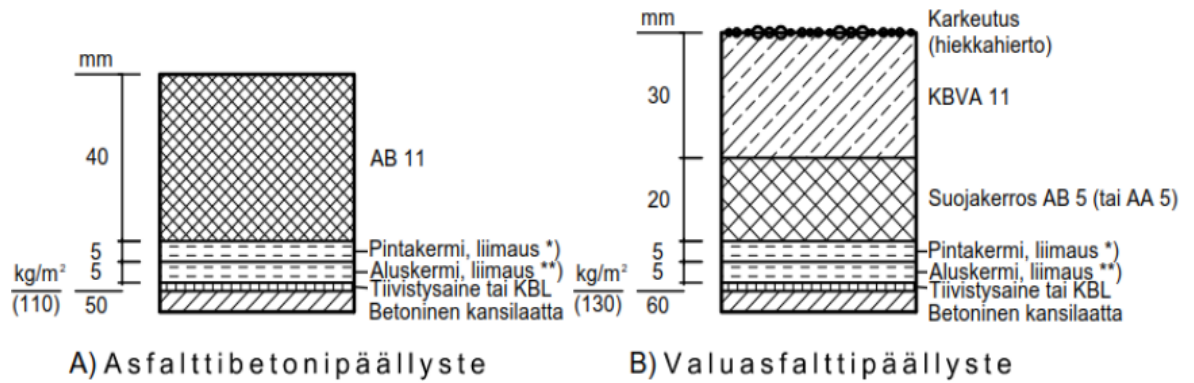
Rakenneleikkaus, jossa vedeneristeen suojakerros on toteutettu asfalttibetonin sijaan suojabetonilla (kuva 11.). Rakenne eroaa ym. rakenteesta suojakerroksen materiaalin ja sen päälle levitettävän kumibitumiliuoksen osalta. (Väylävirasto 2019, 53.)

Suojabetonin käyttö kasvattaa pintarakenteen paksuutta, eikä suojabetonoidun eristeen alla saa käyttää alustan tiivistystä. Pintarakenteen paksuuden kasvaminen tulee huomioida sillan reunapalkkien ja liikuntasauvojen korkeusaseman suunnittelussa. Suojabetonin kovettumisaika on huomioitava aikataulussa. Suojabetonin raudoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti joko ruostumattomalla harjateräsverkolla, tavallisella harjateräsverkolla tai teräskuitubetonilla. (Väylävirasto 2019, 43.)



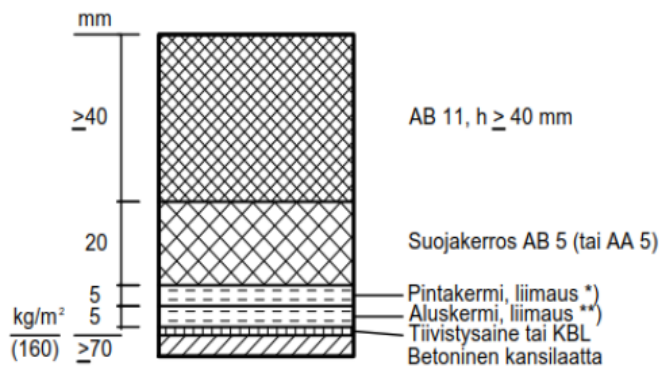
Kuva 11. Betonikantisen sillan pintarakenteet suojabetonia ja kermieristettä käytettäessä (Väylävirasto 2019, 53).

Kevyesti liikennöityjen siltojen tapauksessa rakennepaksuus on huomattavasti matalampi (kuva 12.). Rakenne voidaan toteuttaa asfalttibetonilla ilman suojakerrosta, suoja-asfaltin ja valuasfalttipäällysteen yhdistelmänä tai suoja-asfaltin ja asfalttibetonipäällysteen yhdistelmänä. (Väylävirasto 2019, 53.)



*) tai kuumentamalla kiinnitettävä kermi

***) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai paineentasauskermi (jos suunnitelmassa on niin esitetty)



*) tai kuumentamalla kiinnitettävä kermi

***) tai kuumentamalla kiinnitettävä tai paineentasauskermi (jos suunnitelmassa on niin esitetty)

Kuva 12. Betonikantisen kevyen liikenteen sillan pintarakenteet kermieristettä käytettäessä (Väylävirasto 2019, 53).

Kermieristysrakenteet jaetaan käyttöluokkiin 1 ja 2. Käyttöluokat määrittävät vedeneristysrakenteen lopulliset vaatimukset. Vedeneriste tulee suojata mekaaniselta rasitukselta, ellei kyseessä ole mastiksilla eristetty silta. Tällöin päällyste voidaan tehdä jopa suoraan eristeen päälle ilman suojakerrosta. Eristyksen suojaustapoja on esitetty Taulukossa 3. (Väylävirasto 2019, 42.)

Taulukko 3. Eristyksen suojaustavat (Väylävirasto 2019, 42).

| Eristystyyppi | Kermirakenteen käyttöluokka | Eristyksen suojaus |
|---|-----------------------------|---|
| Kaksikerroskermieristys | Käyttöluokka 1 | AB 5 (20 mm), AA 5 (20 mm) tai suojabetoni |
| Kaksikerroskermieristys | Käyttöluokka 2 | AB 5 (20 mm), AA 5 (20 mm) tai suojabetoni |
| Maatäyttöisen sillan kaksikerroskermieristys | Käyttöluokka 2 | Suodatinkangas ja hiekka tai suojabetoni |
| Tukikerroksellisen rautatiesillan kaksikerroskermieristys | Käyttöluokka 2 | Suojabetoni |
| Mastiksieristys | | Ei suojakerrosta tai tarvittaessa AB11 (25 mm) |
| Nestemäisenä levitettävä eristys | | a) 1. päällystekerros VA/KBVA tai b) erillinen tartunta-aine ja/tai sirote asfaltti-betonin (AB) kanssa, jos Väylävirasto on sen tuotteelle erikseen hyväksynyt c) rautatiesilloilla suojabetoni |
| Muu eristys | | Erillisen hyväksytyyn suunnitelman mukaan |

3.6 Läpiviennit

Läpivienneillä tarkoitetaan kansirakenteen vedeneristeen lävistäviä rakenteita. Siltarakentamisessa tavanomaisia läpivientejä ovat hulevesi- ja tippuputket. Siltakan-
nen pituuden ollessa yli 10 metriä, varustetaan kansi yleensä eristystyyppistä riippu-
matta tippuputkilla. Tippuputkena käytetään pääsääntöisesti 90 mm:n putkea, jota
pienempiä putkia saa käyttää vain tilaajan luvalla. Kansirakenne muotoillaan siten,
että siihen muodostuu vettä keräävät taitteet, joiden kohdalle tippuputket asenne-
taan. Ajoinreunoihin ja reunapalkkien juurella oleviin taitteisiin tulee tippuputket
asentaa k3000 jaolla. Sillan pituussuuntaan nähden poikkisuunnassa liikunta-
saumojen viereen, asennetaan tippuputket jaolla k2000. Tippuputkia tai hulevesi-
putkia ei saa sijoittaa risteävän väylän päälle. (Väylävirasto 2019, 60.)

Siltakannen pituuden ollessa yli 25 metriä, varustetaan se hulevesiputkilla. Hulevesiputket sijoitetaan vettä kerääviin taitteisiin, sillan tukien kohdalle. Yksi hulevesiputki saa kattaa 400 m² siltakannen valuma-alueesta. (Väylävirasto 2019, 60–62.)

Tippuputkien materiaalina käytetään ruostumatonta terästä. Mahdolliset hitsaukset toteutetaan ruostumattomiksi. Tippuputkien asennuksesta laaditaan laatusuunnitelma, johon sisältyy laatuvaatimukset, mittaukset, mittauksen raportointi, vaatimustenmukaisuuden osoittaminen ainetodistuksineen ja poikkeamaraportit. Tippuputken laipallinen suppilomainen yläosa asennetaan niin, että sen reunat ovat betonipinnan tasalla. Laipan ympäristö tiivistetään +210 °C kuumuutta kestäväällä kaksinkertaisella epoksihartsisivelyllä. (InfraRYL 2020, kohta 42541.)

Hulevesiputket toteutetaan haponkestävästä teräksestä. Mahdolliset hitsaustyöt haponkestäviä lisäaineita käyttäen. Hulevesiputkien asennuksesta laaditaan samanlainen laatusuunnitelma kuin ym. tippuputkien osalta. Hulevesiputket tuodaan päällysteen tasalle toleranssissa +0...-10 mm. Putken yläpinnan säleet tulee asentaa sillan poikkisuuntaisesti. (InfraRYL 2020, kohta 42542.)

Vedeneristys kiinnitetään suppilon päälle tukkimatta tippuputkea. Hulevesiputkissa vedeneristys liitetään puskusaumalla ja liitos tiivistetään kaksinkertaisella kumibitusivelyllä. Tippuputkilinjaan voidaan myös asentaa salaojalinja. Tällöin kermieristyksen päälle päällysteen suoja- ja sidekerrokseen jätetään tila salaojaprofiilille puusoiron avulla. (Liikennevirasto 2018, 21.)

3.7 Liikuntasauamat

Liikuntasauamat sallivat rakenteen liikkumisen vahingoittamatta siltarakennetta. Siltarakentamisessa liikuntasauमारakenteet eroavat pihakansirakenteiden liikuntasaumoista huomattavasti. Silloilla liikuntasaumat tehdään useimmiten käyttäen erillistä liikuntasaumalaitetta. Liikuntasaumat voidaan myös toteuttaa massaliikuntasaumana teräsrakenteilla vahvistettuna tai ilman (kuva 16.). (Väylävirasto 2019, 21–22.)

Siltojen yleispiirustuksien yleisteksteissä tulee liikuntasaumoista esittää aina liikuntasaumojen vedenpitävyysvaatimukset, sijainti tuittain ja liikuntasaumatyyppi. Mikäli

liikuntasaumatyyppinä on monikuminen liikuntasaumalaite, tulee tällöin yleisteksteissä mainita myös kumien määrä laitteessa. Liikuntasaumojen suunnitelmat voidaan esittää sillan mittapiirustuksissa tai laatia erillinen liikuntasaumasuunnitelma, jonka mukaan liikuntasaumatoimittaja pystyy laatia yksityiskohtaisemman liikuntasaumasuunnitelman tuotteelle. Erillisessä liikuntasaumasuunnitelmassa tulee esittää liikuntasaumojen:

- liikuntasaumalaitteiden tukikaistat ja tukikaistan materiaali
- tukikaistan alustan käsittely
- mitat
- sijainti
- asento
- raudoitustiedot
- liittyminen kantavaan rakenteeseen
- liittyminen pintarakenteisiin
- liikuntasaumalaitteen teräsprofiilin pään muotoilu sekä peitelevyjien mitat ja kiinnitys
- mitoittavat kokonaisliikemäärät
- suunnittelussa käytetty sallittu liikevara
- ennakot taulukkomuodossa eri asennuslämpötiloille, joiden yhteydessä liikuntasauman otaksuttu asento sillan päällysrakenteen lämpötilan ollessa 0 °C, kun viruma ja kutistuma ovat täysin kehittyneet. (Väylävirasto 2019, 21–22.)

Liikuntasaumojä pystytään toteuttamaan muutamilla vaihtoehtoisilla ratkaisuilla, joita ovat liikuntasaumalaite (kuva 13.), massaliikuntasauma (kuva 14.), liikuntasaumanauha (kuva 15.) ja suunnitelmakohtainen liikuntasauma. Suunnitelmakohtaisia liikuntasaumojä käytetään pääosin rautatiesilloilla. Liikuntasaumalaitteisiin kuuluu yksi- tai monikumiset liikuntasaumalaitteet, sormiliikuntasaumat, mattoliikuntasaumat ja peitelevyasaumat. Liikuntasaumassa käytettävien aineiden ja tarvikkeiden tulee säilyttää toiminnalliset ominaisuutensa koko liikuntasaumarakenteen suunnitellun käyttöjän ajan. Tieliikenteen ja kevyen liikenteen silloilla käytetään vain väyläviraston käyttöluvan saaneita liikuntasaumalaitteita, joista on laadittu käyttöluvaluettelo väyläviraston internetsivuille. (Väylävirasto 2019, 15–22.)

Liikuntasaumarakenteen kaikki osat ja kiinnitykset kestävät sillan kuormituksesta ja liikkeistä aiheutuvat rasitukset. InfraRYL 2020 kohdan 42510.1 mukaan, liikuntasaumarakenteen tulee säilyttää toimintakykynsä lämpötila-alueella $-40... +60$ °C. Kyseisiä kuormia ovat esimerkiksi käytönaikaiset jarrutusvoimat tai lämpötilaeroista johtuvat lisäkuormat. Saumat kestävät vuotamatta sään vaihtelut, rakenteen kutistumasta aiheutuvat muodonmuutokset, vedenpaineen ja liikenteen aiheuttaman rasituksen. Asennuksessa ja suunnittelussa huomioidaan, että vesi ei saa lammikoida liikuntasaumalaitteen kohdalle siltakannella. Vedeneriste liitetään liikuntasaumarakenteeseen rakenteellisesti niin, että se on vesitiivis. Liikuntasaumalaitteiden kulutuskestävyys mekaanista kulutusta vastaan on hyvä. Saumalaitteiden tulee kestää myös tiesuolojen, öljyn, bensiinin, laimeiden happojen, emästen, otsonin ja UV-säteilyn vaikutusta. Kulumiskestävyysvaatimus on viereisten päällysteiden kanssa vastaava vaatimus. Saumalaitteiden teräsprofiilit ja tartunnat tulee olla hitsattavaa laatua. (InfraRYL 2020, kohta 42510.4.)

Mikäli saumalaite asennetaan kokonaisuutena paikalleen, tulee kumiprofiili olla paikallaan ennen asennusta. Saumalaitteen tartunnat ulottuvat betoniin ajoväylällä 200 mm syvyyteen ja jalkakäytävällä 120 mm syvyyteen betonirakenteen yläpinnasta mitattuna. (InfraRYL 2020, kohta 42510.3.3.)

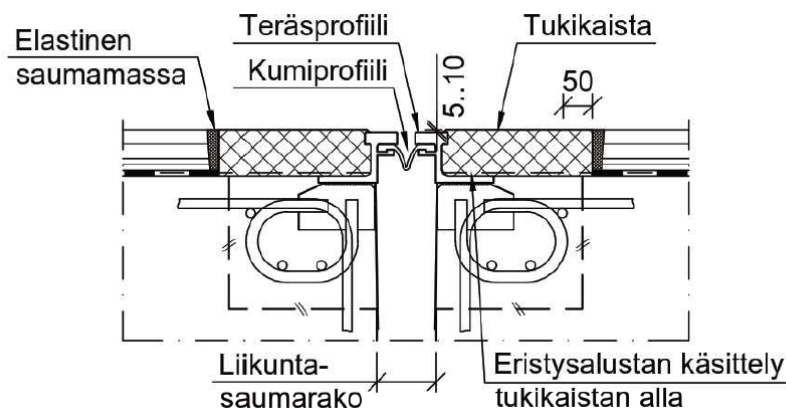
Liikuntasaumalaitteen asennustyöstä vastaava urakoitsija laatii työhön teknisen työsuunnitelman ja työvaiheen laatusuunnitelman, jotka toimitetaan tilaajalle viimeistään kaksi viikkoa ennen asennusta. Asentamisen yhteydessä tulee tarkistaa, että liikuntasaumalaite toimii suunnitellulla tavalla ja ennako on oikein. Ennako määräytyy liikuntasaumalaitteen asennuslämpötilan mukaan. Suunnittelijat eivät tiedä päällysrakenteen tai laitteen asennuslämpötilaa tarkasti suunnitteluvaiheessa, niinpä he määrittävät ennakon usealle eri lämpötilalle. Ennakon varmistus asennustyön aikana on urakoitsijan vastuulla. Liikuntasaumalaite tulee olla korkeusasemalta viereiseen tukikaistaan nähden -5 mm. Liikuntasaumalaite ei saa olla ikinä korkeammalla kuin viereinen tukikaista, niinpä liikuntasaumalaitteen korkeusaseman toleranssi on $+0...-5$ mm:ä viereiseen tukikaistaan nähden. Mikäli liikuntasaumalaite jatkuu reunapalkin ulkoreunaan saakka, tulee sen teräsprofiili ulottaa 100 mm:ä reunapalkin ulkoreunan ulkopuolelle ja sen kumiprofiili ulottaa 50 mm:ä teräsprofiilin ulkopuolelle. (InfraRYL 2020, kohta 42510.3.3.)

Liikuntasauvoja voidaan tiivistää liikuntasauமானauhan avulla esimerkiksi reunapalkkien liikuntasaumoissa, jonka päälle asennetaan SILKO-tuotevaatimusten mukainen saumamassa. Saumanauhan pituuskaltevuus sillan poikkisuunnassa on vähintään 2,5 % vesien poisjohtamisen varmistamiseksi. Solukumipohjainen tai paisuva saumanauha tulee aina olla puristetussa tilassa kovettunutta betonia vasten. Ennen saumanauhan asennusta tulee pystysuorat betonipinnat käsitellä kumibitumisivelyllä kahteen kertaan tai valmistajan erikseen ilmoittamalla materiaalilla. Suositeltavaa on, että nauha asennetaan lämpötilan ollessa 0-15 °C. PVC-pohjainen saumanauha tulee asentaa ennen betonointia niin, ettei siihen synny missään vaiheessa suurta puristusjännitystä. Sääolosuhteiden osalta suositeltava lämpötila on yli +15 °C. Reunapalkin ulkoreunaan ulottuvat saumanauhat ulotetaan 50 mm:ä reunapalkin ulkopuolelle. (InfraRYL 2020, kohta 42510.3.2.)

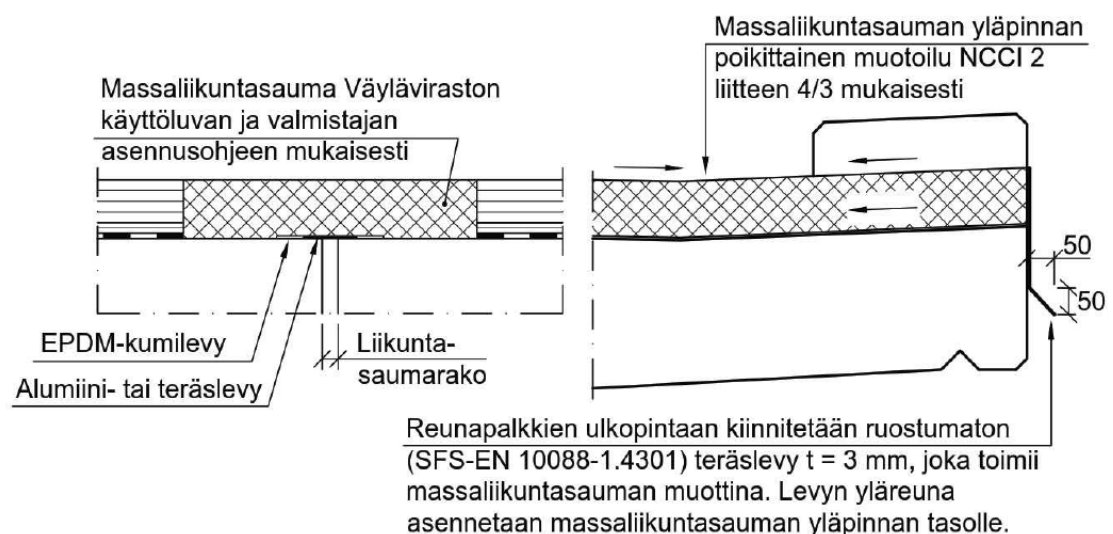
Liikuntasaumalaitteen yläreunoille tehdyt tukikaistat ovat osa liikuntasaumalaitteen rakennetta. Tukikaistan leveys tulisi olla vähintään 250 mm ja korkeus yli 75 mm:ä, ellei kyseessä ole yksi- tai monikumisen liikuntasaumalaitteiden tukikaista, jolloin tukikaistan korkeus on yleensä 70 mm:ä. Betonilla tai erikoisbetonilla toteutettuja tukikaistarakenteita ei suositella käytettäväksi muualla kuin maantiesilloilla, joiden keskivertoliikenne on alle 3000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Niitä ei suositella, koska niissä esiintyy paljon halkeamia, lohkeamia ja purkautumista sekä ne kestävät huonosti nastarengaskulutus ja liukkaudentorjuntasuolan kulutusta. Korjaustoimenpiteet ovat myös työläitä toteuttaa samalla materiaalilla. Suositeltavia materiaaleja tukikaistarakenteisiin on kumibitumivaluasfaltti (KBVA) ja massaliikuntasaumamassa. Näissä materiaaleissa esiintyy hyvin vähän halkeamia, lohkeamia ja purkautumista sekä niiden nastarengaskulutus on hyvä. Korjaustoimenpiteet voidaan toteuttaa samalla materiaalilla ja ne eivät ole yhtä työläitä kuin betonisella tukirakenteella. Massaliikuntasaumamassasta tehty tukikaista on täysin vesitiivis ja kumibitumiasfaltista tehty tukikaista lähes vesitiivis, kun taas betonista tehty tukikaista ei ole vesitiivis. (Väylävirasto 2019, 63–66.)

Tukikaistan ja massaliikuntasauaman alustan käsittelyssä liikuntasauman läheisyydessä käytetään pääosin kumibitumisivelyä ja epoksitiivistystä päällysrakenteesta riippuen. Mikäli tukikaista tehdään kumibitumivaluasfaltista, ei se tarvitse vesitiivey-

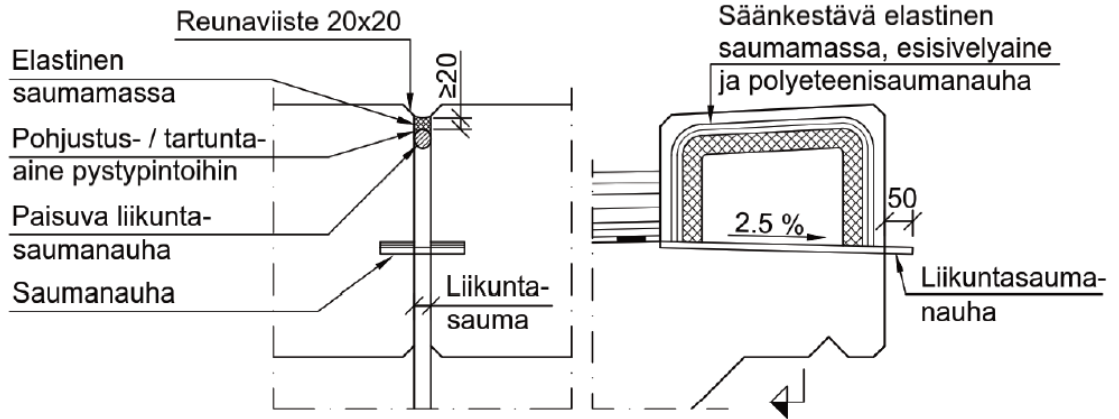
tensä vuoksi alustan käsittelyä. Suositeltavaa on kuitenkin alusta käsitellä kaksinkertaisella kumibitumisivelyllä. Betonisen tukikaistan alusta tulee poikkeuksetta käsitellä kaksinkertaisella kumibitumisivelyllä, kaksinkertaisella epoksiitiivistyksellä tai vaihtoehtoisesti molemmilla. Massaliikuntasaumamassalla toteutetussa tukikaistassa alustan käsittelyä ei tarvitse toteuttaa, koska massa on itsessään todella vesitiivistä. Massaliikuntasaumassa kuitenkin alusta käsitellään käyttöluvan mukaisesti. Siltakannen vesieriste ulotetaan aina kiinni tukikaistaan tai massaliikuntasamaan mahdollisimman tiiviisti. Mikäli tukikaista valetaan ennen kannen vedeneristystä, tulee vedeneriste nostaa 50 mm:ä tukikaistaa vasten ja kiinnittää se siihen. Muissa tapauksissa vedeneriste katkaistaan niin, että se ulottuu 50 mm:ä tukikaistan alle. (Väylävirasto 2019, 63–66.)



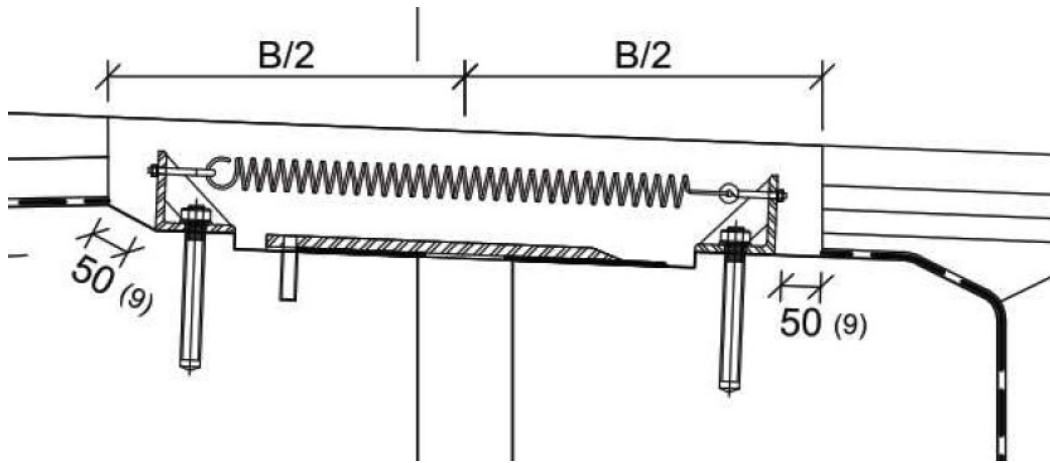
Kuva 13. Yksikuminen liikuntasaumalaite (Väylävirasto 2019, 17).



Kuva 14. Massaliikuntasauva (Väylävirasto 2019, 17).



Kuva 15. Liikuntasaumanauha reunapalkissa (Väylävirasto 2019, 17).



Kuva 16. Teräsosilla vahvistettu massaliikuntasauma (Väylävirasto 2019, 70).

4 LAADUNVARMISTUS

4.1 Eristäjien koulutus ja perehdytys

Pihakansilla vedeneristäjien tulee olla perehtynyt liikennöityjen tasojen vedeneristystyöhön ja huomioitava tulitöihin liittyvät riskit. Vedeneristäjien tulee hallita käytävien tarvikkeiden työmenetelmät. (RT 103277 2020, 8.)

Siltarakentamisessa pintarakenteita johtavan henkilön tulee olla perehtynyt siltojen eristystöihin, sekä hänen on omattava vähintään kahden vuoden kokemus siltojen eristystöistä. Eristystyön toteuttava urakoitsija tulee olla tilaajan käyttöönsä hyväksymä. Esimerkiksi RATEKO järjestää koulutuksia siltojen vedeneristystöiden työjohtajille, valvojille sekä vedeneristäjille. (InfraRYL 2020, kohta 42300.6.)

4.2 Työskentelyolosuhteet

Työkohteen työskentelyolosuhteet mm. sääolosuhteet ja siisteys vaikuttavat suoraan työn lopulliseen laatuun varsinkin pihakansien vedeneristykseen liittyen. Pintojen pitää olla hyvin puhtaat vedeneristyksen kaikissa vaiheissa sekä kosteus mahdollisimman vähäistä. Vedeneristystöitä ei tule tehdä vesi- tai lumisateessa heikon tartunnan vuoksi. Mahdollisesti jäätyneet pinnat tulee sulattaa ja märät pinnat kuivata ennen eristeen kiinnittämistä, ottaen huomioon kuitenkin betonipinnan alin sallittu lämpötila eristystyön aikana. Asennusolosuhteissa noudatetaan materiaalivalmistajien antamia ohjeita. Talviolosuhteissa huomioidaan materiaalien jäykkyys, liimabitumin nopeampi jäähtyminen sekä polttimen liekin tehon heikkeneminen. Käytettävät materiaalit ovat suositeltava varastoida lämpöisessä tilassa ennen asennusta. (Toimivat Katot 2019, 11.)

Työmaaolosuhteiden tasalaatuisuuden hallinta, sekä annettujen laatuvaatimusten saavuttaminen edellyttää usein kunnollista sääsuojauksa. Sääsuojauksen pääperiaatteet tulee esittää vedeneristysuunnitelmassa. Sääsuojauksa suunniteltaessa huomioidaan esimerkiksi kuivaus, lämmitys, ulkoisten olosuhteiden hallinta ja mahdolliset patatyöt. (RT 103277 2020, 18.)

Silloilla ilman suhteellinen kosteus saa eristystyön aikana olla enintään 85 %. Kastepistelämpötila määritetään eristystyön alkaessa ja sitä tulee seurata työsuorituksen aikana. Betonialustan lämpötila tulee olla vähintään 3 °C kastepistelämpötilaa korkeampi ennen päällystystä. Alustan lämpötilan tulee olla tiivistystyön aikana ja sen kovettuessa vähintään +10 °C, sekä kermiä ja nestemäistä eristystä asennettaessa vähintään + 5 °C. Mastiksilla eristettäessä alustan lämpötila tulee olla vähintään +2 °C. Olosuhteet kirjataan olosuhdepöytäkirjaan työvuoron alussa, lopussa sekä kahden tunnin välein. (InfraRYL 2020, kohta 42310.0.)

Alustan tiivistyksen ja eristystöiden aikana seurataan ja dokumentoidaan mm. ilman suhteellista kosteutta, ilman kastepistelämpötilaa, ilman lämpötilaa, alustan lämpötilaa ja sen muutoksia työn ja kovettumisen aikana. Sääolosuhteet tulee mitata ja tallentaa eristys- ja tiivistystyön alkaessa, päättyessä sekä kahden tunnin välein työn aikana. Työmailla voidaan käyttää olosuhteiden seuraamiseen esimerkiksi pientä siirrettävää sääasemaa, joka tallentaa olosuhdetiedot automaattisesti. Sääasemalla suositeltava automaattinen tallennus on 15 min välein. (Liikennevirasto 2017, 14–16.)

Siltojen eristystyöt ja niihin liittyvät tiivistystyöt tehdään aina sääsuojan sisällä. Sääsuoja suunnitellaan kohdekohtaisesti niin, että se antaa alustalle kuivumiselle ja eristystyön suorittamiselle suotuisat olosuhteet. Oikeanlainen sääsuojaus suojaa kantta tehokkaasti ulkopuolisilta rasituksilta. (Liikennevirasto 2017, 14–16.)

4.3 Vedeneristyksen pohjien laadunvarmistus

Pihakansilla vedeneristettävän alustan tasaisuus tulee olla riittävä. Alustassa ei saa olla yli 3 mm:ä suurempia rakoja tai jyrkkiä hammastuksia. Raot ja hammastukset > 3 mm:ä vaatimus on luokiteltu kuumabitumiliimaukselle, mutta mikäli aluskermi hitsataan alustaansa, tulee pyrkiä vielä tasaisempaan alustaan. Alustan tasaisuuden mittaussuunnitelmaa ei ole määritetty, toisin kuin siltarakentamisessa alustan tasaisuus mitataan oikolaudalla ja karkeus lasihelmikokeella. (RT 103277 2020, 5–8.)

Pihakansilla vedeneristettävän betonipinnan kosteus tulee mitata ennen vedeneristystyön aloitusta. Eristettävän alustan suhteellisen kosteuden vaatimus on bitumikermeillä enintään 90 % RH ja elastomeerillä enintään 93 % RH. Mittaus suoritetaan näytepalamenetelmällä yleisimmin 0–10 mm syvyydeltä, mutta poikkeustapauksissa 0–5 mm syvyydeltä. Mittaus voidaan myös suorittaa 0–5 mm:n syvyydeltä, mikäli on epäilyksenä, että alustan pintakerros on jostain syystä kosteampi kuin 10 mm:n syvyydeltä mitattuna. Mittapisteyden määrä harkitaan tapauskohtaisesti huomioiden eri alueiden eriävät kuivumisolosuhteet ja alueen koko. Mittauspisteiden paikkojen valitsemisessa voidaan hyödyntää pintakosteudentunnistinta, jonka avulla löydetään kosteimmat kohdat. Mittaukset kannattaa suorittaa aina kannen kosteimmasta ja kuivimmasta kohdasta. (RT 103277 2020, 8.)



Kuva 17. Porareikämittaus ja näytepalamittaus (RT 14-10984, 1).

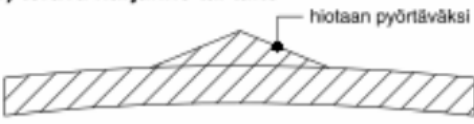


Kosteuden mittaus tulee suorittaa RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus mukaisesti. Näytepalamittaus (kuva 17.) voidaan suorittaa $-20\dots+80\text{ °C}$ lämpötiloissa ja mittaussyvyys tulisi olla vähintään 2 mm. Näytepalamittauksista suositellaan enemmän kuin porareikämittauksista, koska se on nopeampi, luotettavampi ja olosuhteisiin nähden suotuisampi. Porareikämittauksista käytettäessä tarkin mitaustulos saadaan lämpötilojen ollessa $+15\dots+25\text{ °C}$. Mittaukselta vaadittaessa hyvää tarkkuutta ja lämpötilan poiketessa käyttölämpötilasta yli 5 °C tai ym. vallitsevien lämpötilojen rajoittaessa, tulee mittaus suorittaa näytepalamenetelmällä. Alustan kosteuden mittauksen ja niiden laatuvaatimusten perustana on se, ettei betonin ku-

tistuminen muodostu haitallisen suureksi tai päällyste ei joudu liialliseen kosteusra-
situkseen. Alustan kosteusvaatimuksia noudatettaessa vältytään päällysteen mikro-
bivaurioilta, kemiallisilta vaurioilta, haitallisilta kosteusliikkeiltä ja päällysteen irtoa-
miselta. (RT 14-10984 2010, 3–13.)

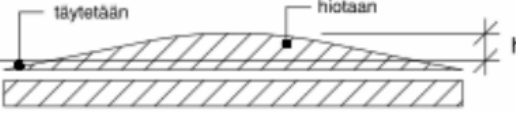
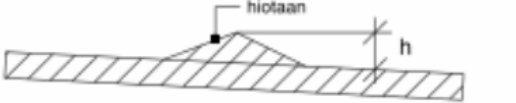
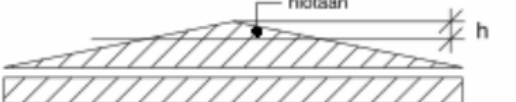


Eristettävän alustan betonipinnasta tulee poistaa tartuntaa heikentävä ja kuivumista
hidastava sementtiliimakerros sekä betonin jälkihoitoaineet. Poistaminen tapahtuu
useimmiten hionnalla tai sinkopuhalluksella. Sementtiliiman ja jälkihoitoaineiden
poistamisen jälkeen on erittäin tärkeää puhdistaa alusta huolellisesti. Puhdistus voi-
daan toteuttaa esimerkiksi paineilmalla tai imuroimalla. (RT 103277 2020, 9.)

Pihakansien vedeneristettävän betonialustan vetolujuus tulee varmistaa standar-
dien mukaisesti (menetelmä SFS 5445 ja SFS 5446). Vedeneristettävän pinnan ve-
tolujuus tulee olla vähintään $0,8 \text{ N/mm}^2$. Kyseessä on siis betonipinnan vetolujuus,
ei vedeneristeen ja betonin välinen vetolujuus. (RT 103277 2020, 18.)

Siltarakentamisessa alustan tasaisuus mitataan 1500 mm:ä pitkällä oikolaudalla
(menetelmä SFS-EN 13036-7). Mittauksessa noudatetaan kuvien 18. ja 19. vaati-
muksia. Polyuretaanieristyksillä vedeneristettäessä noudatetaan samoja alustan
tasaisuusvaatimuksia kuin mastiksieristyksillä pois lukien kohta (5). Eristettävän be-
tonialustan karheus tulee olla toleranssissa $0,3 \dots 1,2 \text{ mm}$, joka mitataan lasihelmi-
menetelmällä. Tätä sileämmät tai karheammat kohdat käsitellään joko tarkoitukseen
soveltuvalla tasoitteella tai sinko- tai hiekkapuhalletaan niin, että karheus pysyy an-
netuissa toleransseissa. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1.)

| | | |
|--|---|---|
| <p>1) terävä harjanne tai taite</p>  | <p>Vaatus</p> <p>harjanteen korkeus ei ole rajattu</p> | <p>Huom.</p> <p>terävä harjanne voi rikkoa kermin</p> |
| <p>2) porrastunut pinta</p>  | <p>Vaatus</p> <p>≤ 4 mm</p> | <p>Huom.</p> <p>kermi voi jäädä irti alustasta pykälän vierestä, korkea pykälä voi rikkoa kermin</p> |
| <p>5) betoniroiskeet, kivet yms.</p> | <p>Vaatus</p> <p>poistetaan</p> | <p>Huom.</p> <p>voivat rikkoa kermin</p> |
| <p>6) kolot</p> <p>- kolot paikataan</p>  | <p>Vaatus</p> <p>vesi ei lammikoidu</p> | |

Kuva 18. Betonialustan tasaisuus kermieristyksillä (InfraRYL 2020, kohta 42300: liite 1).

| | | |
|--|---|---|
| <p>1) pyörittävä kohouma</p>  | <p>Vaatus</p> <p>$1h \leq 4$ mm/1,5 m</p> | <p>Huom.</p> <p>mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi, kun eristyksen pinta kolataan suoraksi</p> |
| <p>2) terävä harjanne</p>  | <p>Vaatus</p> <p>$h < 3$ mm</p> | <p>Huom.</p> <p>mastiksikerros voi murtua terävän harjanteen kohdilta (lovivaikutus)</p> |
| <p>3) terävä taite</p>  | <p>Vaatus</p> <p>$h < 4$ mm/1,5 m</p> | <p>Huom.</p> <p>mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi, kun eristyksen pinta kolataan suoraksi</p> |
| <p>4) porrastunut pinta</p>  | <p>Vaatus</p> <p>≤ 4 mm</p> | <p>Huom.</p> <p>mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi, kun eristyksen pinta kolataan suoraksi</p> |
| <p>5) betoniroiskeet, kivet yms.</p> | <p>Vaatus</p> <p>poistetaan</p> | |
| <p>6) kolot</p> <p>- kolot paikataan</p>  | <p>Vaatus</p> <p>vesi ei lammikoidu</p> | |

Kuva 19. Betonialustan tasaisuus mastiksieristyksillä (InfraRYL 2020, kohta 42300: Liite 1).

Siltojen vedeneristettävä betonialusta puhdistetaan pinnan sementtiliimasta ja muista epäpuhtauksista sinko- tai hiekkapuhalluksen avulla. Puhdistuksen jälkeen pinta imuroidaan huolellisesti. Alustan puhdistusaste tulee olla suihkupuhdistettu betonipinta, jossa paljaiden kiviaineraepintojen osuus on 25 % eristettävästä pinnasta. Eristettävän betonialustan karheus tulee olla toleranssissa 0,3...1,2 mm:ä, joka mitataan lasihelmikokeella. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1.)

Vedeneristettävän alustan absoluuttinen kosteus kartoitetaan aluksi pintakosteusmittarin avulla. Tulokset dokumentoidaan kohdilta, joissa kosteus ylittää vaatimukset. Mittauksia jatketaan niin kauan, että arvot pysyvät kaikkialla annettujen vaatimusten sisällä. Alustan kosteuden ollessa pintamittarilla mitattuna sallituissa arvoissa, mitataan kosteimpien alueiden absoluuttinen kosteus ns. kuivatus-punnitusmenetelmällä 30 mm:n syvyydeltä (menetelmä VTT-2650). Mittausmäärät osoitettu taulukossa 4. (InfraRYL 2020, kohta 42310.2.1.)

Taulukko 4. Siltojen eristettävän alustan laadunvarmistus (InfraRYL 2020, kohta 42310.5.1).

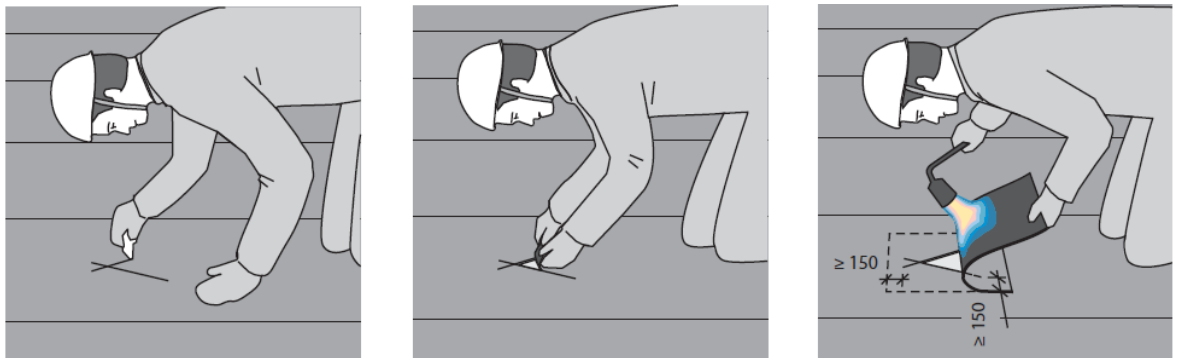
| Ominaisuus | Mittausmäärä |
|----------------------------------|--|
| Tasaisuus | Koko kansi |
| Kosteus pintamittarilla | Koko kansi, varsinkin kosteimmat alueet. Vähintään 10 mittausta, kun silta on alle 100m ² . Tämän jälkeen 1 mittaus alkavaa 20m ² kohden. |
| Absoluuttinen kosteus näytteestä | Sillan ollessa < 500m ² otetaan 3 mittauskohtaa, joista jokaisesta 3 näytettä. Tämän jälkeen 1 kohta alkavaa 300m ² kohti, josta kolme näytettä. |
| karheus | 3 kohtaa sillan ollessa < 500m ² , jonka jälkeen 1 kohta alkavaa 300m ² kohti. Mittaus karheimmista ja sileimmistä kohdista. |
| Lätäköityminen | Koko siltakansi silmämääräisesti |

4.4 Tarkastukset ja kokeet

Pihakansien vedeneristystöiden yhtenä tärkeimmistä asioista toimii kattava laadunvarmistus, eli tarkastukset, mallit, kokeet ja dokumentointi. Näitä tulee tehdä kattavasti ennen eristystöiden aloittamista, sen aikana sekä työn valmistuttua. Tarkastuksissa varmistetaan, että alusta, eristyskerrokset, erityiskohdat ja suojaukset ovat ohjeiden ja määräysten mukaisia. Suurissa ja vaativissa kohteissa on suositeltavaa laatia erillinen kirjallinen laatusuunnitelma. Kaikista vedeneristykseen liittyvistä työvaiheista tehdään mallit ja mallit tarkastetaan sekä vedeneristeen tartunta alustaan testataan. Vedeneristuksen tiiviys todetaan, jonka suositeltavin menetelmä on vedenpainekoe. (RT 103277 2020, 18.)

Pihakansissa vedeneristeen tarttuminen alustaansa mitataan aina vähintään kolmioviiltokoe -menetelmällä. Kolmioviiltokokeita (kuva 20.) tehdään vähintään 3 kpl

jokaista alkavaa 500 m² kohden. Kolmioviiltokokeessa viilletään testattavaan eristeeseen 2 kpl noin 100 mm pitkät viillot, jotka muodostavat kolmion sivut. Tartutaan kermiin sormiotteella viiltojen leikkauskohdasta ja vedetään sitä alustaan nähden kohtisuoraan ylöspäin. Mikäli kermi irtoaa, ei tartunta ole riittävä. Kolmioviiltokokeen jälkeen tulee irti revitty kermin pala kiinnittää alustaansa uudestaan ja päälle hitsata tai liimata uusi paikka. Uuden paikan tulee olla niin iso, että se ylittää kolmioviiltokokeessa tehdyn ”reiän” vähintään 150 mm:ä joka kohdasta. (RT 103277 2020, 18.)



Kuva 20. Kolmioviiltokoe (RT 103277 2020, 18).

Erikseen sovittaessa, voidaan uudiskohteissa aluskermin tartunta suorittaa SILKO-ohjeiden mukaisella menetelmällä. Tällöin voidaan kermin tartuntalujuusvaatimukset määrittää taulukon 2. käännetty rakenteet mukaan. Taulukossa tähdellä (*) merkityt arvot tarkoittavat, että nuo alle 0,3 N/mm² arvot sallitaan yli 20 °C lämpötiloissa mitattuna ainoastaan, jos kermin irtoaminen tapahtuu kiinnitysbitumin koheesiomurtumana. Menetelmä parantaa laadunvarmistuksen tasalaatuisuutta. (RT 103277 2020, 19.)

Nestemäisillä vedeneristeillä tartunta alustaan tarkastetaan vetokokeen avulla. Tartunnan mittapisteitä otetaan vähintään 3 kpl jokaista alkavaa 500 m² kohti. Tartunta alustaan tulee olla keskimäärin 1,2 N/mm², mutta paikoittain vähintään 0,8 N/mm². Vedeneristeen menekkiä seurataan pinta-alayksikköä kohden sekä tarvikkeiden rahtikirjoista. Nestemäisen vedeneristeen kalvon paksuutta mitataan näytepaloista. Näytepaloja otetaan yhtä paljon kuin vetokokeita, joten noudatetaan ym. laajuutta. Kalvopaksuus on yleensä 2-4 mm:ä, mutta tulee niissä noudattaa materiaalityöntekijän ohjeita. (RT 103277 2020, 9,19.)

Ennen nestemäisen vedeneristeen asennusta tulee eristettä ruiskuttaa astiaan, josta tarkistetaan, että onko aine kunnossa. Kun astiaan ruiskutettu aine on tarkastettu, tehdään muovin päälle koeruiskutus. Muovin päälle ruiskutettu koepala säilytetään laadunvarmistuksen vuoksi, jonka jälkeen voidaan aloittaa vedeneristettävän alustan ruiskutus. Työn edetessä otetaan eristyksestä koepaloja, joiden ainevahvuutta mitataan. (RIL 107-2012 2012, 165.)

Vedeneristeiden valmistuttua vedenpitävyys voidaan varmistaa vedenpainekeella ja sähköisillä vedenpitävyyden tarkastusmenetelmillä. Pihakannet ovat haasteellisia korjata, joten vedenpainekeetta suositellaan. Mikäli kyseessä on erittäin vaativa kohde, voidaan lisävarmistukseksi asentaa kosteusanturit ennen vedeneristystä. Kosteusantureiden avulla kosteustilaa voidaan seurata tarkasti. Ennen vedenpainekeeseen veden laskemista, on tärkeää tukkia tarkasteltavan alueen kaivot ja muut vedenpoistumisreitit väliaikaisesti. (RT 103277 2020, 19.)

Vedenpainekeessä (kuva 21.) vedeneristyksen päälle lasketaan vettä 100–300 mm. Mikäli pinnat ovat kaltevia, voidaan vedeneristettä vahingoittamatta tehdä vedelle virtausesteet/altaat. Vedenpaineen annetaan vaikuttaa eristykseen 12–24 tuntia, jonka aikana rakenteen alapuolelta tarkastellaan mahdollisia vuotoja. Erityishuomiota tarkkailussa kiinnitetään läpivienteihin. Vuotokohtien havaitsemiseen on hyödyllistä käyttää myös väriainetta, jota sekoitetaan vedenpainekeeseen veteen. Väriaine hohtaa, kun sitä osoittaa UV-valolla, joten vuodot on entistä helpompi havaita (kuva 22.). Vedenpainekeiden jälkeen vedeneriste suojataan. (RT 103277 2020, 19.)



Kuva 21. Vedenpainekoe.



Kuva 22. Väriaineellinen vuoto.

Pihakansien vedeneristys ruiskukumilla toteutettaessa, laadunvarmistus varmistetaan seuraamalla materiaalimenekkiä työn aikana. Valmistajan ohjeiden mukainen materiaalimenekki on $2,7 \text{ l} / \text{m}^2$, jonka paksuus tulisi olla n. 2 mm. Materiaalipaksuus on siis sama kuin muilla nestemäisesti levitettävillä vedeneristeillä, joissa paksuus on 2–4 mm. Valmiin ruiskukumieristyskiven vedentiiveys voidaan mitata vedenpainekoe menetelmällä. Vaatimuksena vedenpainekokeelle on se, että valmis eristys on kuivunut 72 tuntia ennen vedenpainekokeiden aloitusta. (RT 103104 2019. 1–2.)

Silloilla betonikannen tiivistyksen vesitiiveys mitataan korkea- ja matalajännitemenetelmillä. Jännitteen läpilyöntikohdissa (matalajännitemittaus) eristysvastuksen tulee olla vähintään 500MΩ. Vaatimuksen alittuessa tiivistetään korjattava kohta uudelleen, jonka jälkeen suoritetaan uusi matalajännitemittaus. Mittausreiät tulee paikata. (InfraRYL 2020, kohta 42310.3.1.)

Taulukko 5. Siltakannen tiivistyksen laadunvarmistus (InfraRYL 2020, kohta 42310.5.1).

| Ominaisuus | Mittausmäärä |
|------------|--|
| Tiiveys | Korkeajännitemenetelmällä mitataan koko kansi. Matalajännitemenetelmällä vähintään 3kpl / silta. |
| Tartunta | Silta alle 500m ² = 3 mittauskohtaa. Silta yli 500m ² = lisätään 1 kpl mittauskohtia jokaista 300m ² kohden. Jokaisesta mittauskohdasta tehdään 2 kpl vetokokeita. Mikäli tartuntavaatimukseen ei päästä, tehdään alittuneen mittauskohdan läheisyydestä 2 kpl vetokokeita lisää |

Siltojen aluskermin tartunta tutkitaan viimeistään 10 vuorokauden kuluttua kermin levityksestä. Kokeessa noudatetaan soveltumin osin menetelmää (VTT 2651), jossa tartunta testataan moottorikäyttöisellä vetolaitteella ja alustan lämpötila on + 5°C...+ 25°C välillä. Tartunnan vähimmäisvaatimukset lämpötiloittain voi poimia taulukosta 2. sillat sarakkeen alta. Mikäli kermin irtoaminen tapahtuu kiinnitysbitumin sisäisenä koheesiomurtumana, voi taulukon mukaisista arvoista vähentää 0,10 N/mm². (InfraRYL 2020, 42310.3.2.1.) Tartunnan mittausmääriä pinta-aloittain on esitetty alla olevassa taulukossa 6. (InfraRYL 2020, kohta 42310.5.2).

Taulukko 6. Aluskermin tartuntavetokokeet (InfraRYL 2020, kohta 42310.5.1).

| Ominaisuus | Mittausmäärä |
|------------|--|
| Tartunta | <p>Silta alle 500m² = 3 mittauskohtaa. Silta yli 500m² = lisätään 1 kpl mittauskohtia jokaista 300m² kohden.</p> <p>Jokaisesta mittauskohdasta tehdään 2 kpl vetokokeita.</p> <p>Mikäli tartuntavaatimukseen ei päästä, tehdään alittuneen mittauskohdan läheisyydestä 2 kpl vetokokeita lisää</p> |

Mastiksieristyksillä eristyksen paksuutta mitataan levitystyön aikana. Mittauksia suoritetaan kolmesta kohdasta siltaa, pinta-alan ollessa alle 500m². Mikäli pinta-ala ylittää 500m², lisätään mittauskohtia kolme kohtaa jokaista alkavaa 300m² kohden. Vedenpitävyyttä mitataan vähintään yhdellä vesipatsaskokeella koko kansilaatan alalta. Eristyksestä otetaan massanäytteitä, joista tutkitaan materiaalin sideainepitoisuutta, rakeisuutta sekä painumaa. Kannen pinta-alan ollessa alle 1500m², otetaan kannen alalta 2 massanäytettä tutkintaan. Mikäli pinta-ala ylittää em. suuruuden, lisätään yksi näyte jokaista alkavaa 1500m² kohden. (InfraRYL 2020, kohta 42310.5.1.)

Nestemäisenä levitettävällä eristyksellä tehdään aina työvuoron alussa koelevitys, josta tarkastellaan massan ominaisuuksia. Eristyksen tartuntaa alustaansa mitataan kolmesta kohdasta sillan ollessa alle 500m². Pinta-alan ylittyttyä lisätään yksi kohta jokaista alkavaa 300m² kohti. Jokaisesta tartunnan mittauskohdasta otetaan kaksi vetokoetta. (InfraRYL 2020, kohta 42310.5.1.)

4.5 Työvaiheiden dokumentointi

Pihakansilla laadunvarmistuksista pidetään pöytäkirjaa. Vedeneristeen kaikkia työvaiheita ja yksityiskohtia on suositeltavaa valokuvata tai videoida. Valokuvauksen ja

videoinnin avulla pystytään palaamaan piilossa oleviin rakenteisiin vielä vuosienkin päästä. (RT 103277 2020, 18.)

Siltarakentamisessa vedeneristystyön yhteydessä täytetään olosuhdepöytäkirjaa. Olosuhteita kirjataan pöytäkirjaan työvuoron alussa, lopussa ja kahden tunnin välein työn aikana. (InfraRYL 2020, kohta 42310.0.)

Urakoitsija on velvollinen osoittamaan, että valmis rakenne ja siinä käytetyt materiaalit ovat kelpoisia rakenteeseen. Kelpoisuuskokeita ja muita laadunvarmistustoimenpiteitä dokumentoidaan töiden aikana. Siltatyöstä laaditaan laaturaportti, jonka liitteeksi luovutetaan mm. kelpoisuuskokeiden pöytäkirjat ja muut laadunvarmistustoimenpiteiden yhteenvedot. Laaturaportti luovutetaan tilaajan edustajalle. (InfraRYL 2020, kohta 42001.4.8.1.)

4.6 Suunnitelmat

Liikennöidyn tason vedeneristyksestä tulee aina tehdä vedeneristyssuunnitelma. Suunnitelmaan sisältyy piirustukset, työselostus sekä yksilöidyt laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet. Työselostuksessa tulee esittää:

- laatutaso ja materiaalit
- käytettävät tarvikkeet
- työmenetelmät
- työturvallisuuden huomioonottaminen
- vedeneristykseen vaikuttavat tekijät, esimerkiksi sääsuoja ja tulitöihin liittyvät riskit. (RT 103277 2020, 2.)

Piirustuksissa tulee esittää vähintään seuraavat:

- kannen korkeudet ja kallistukset
- vedeneristyksen ylösnostokorkeudet
- vedeneristyksen alustan tuuletusjärjestelyt
- konehuoneet ja laitteet
- kaivot ja muut läpiviennit
- ovien kynnyслиittymät

- rakenteelliset liikuntasaumamat
- vedeneristyksen liikuntasaumamat. (RT 103277 2020, 2.)

Kaikista vedeneristyksen yksityiskohdista mm. kaivot, ylösnostot, oviliittymät ja läpiviennit laaditaan kohdekohtaiset yksityiskohtapiirustukset riittävän pienessä mittakaavassa (1:5...1:10). Näissä piirustuksissa yksilöidään kaikki asennettavat varusteet ja niiden kiinnitystavat alustaan, vedeneristykseen ja pintakerroksiin. Lisäksi vedeneristys suunnitelmassa esitetään yksilöidyt laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet. (RT 103277 2020, 2.)

Rakennusvalvonta voi vaatia vaativiin kohteisiin (pihakansi) ulkopuolisen tarkastuksen suunnitelmille. Suunnitelman ulkopuolinen tarkastus on muissakin tapauksissa kannattava toimenpide suunnitelmien laadun varmistamiseksi. Tällöin suunnitelmat tarkastutetaan kolmannella osapuolella rinnan suunnittelun kanssa. Laatuvaatimukset on suositeltava esittää jo tarjouspyynnön yhteydessä ja dokumentoida sopimusta tehdessä. Suunnittelijat ja urakoitsijat kokoavat rakenteiden kunnossapitotehtävät ja niiden ajoituksen huoltokirjaan. (RT 103277 2020, 2.)

Sillan kannen pintarakenteiden urakoitsijan tulee aina laatia työstä tekninen työsuunnitelma ja laatusuunnitelma. Urakoitsijan täytyy huolehtia myös dokumentoinnista ja vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta. (InfraRYL 2020, kohta 42001.4.4.)

Teknisessä työsuunnitelmassa esitetään yksityiskohtaisesti kohteessa käytettävät resurssit, työkapasiteetit, työtavat, työjärjestys, työvaiheet, aikataulu, noudatettavat vaatimukset ja ohjeet. Suunnitelmaan liitetään myös terveydelle haitalliset aineet ja niiden suomenkieliset käyttöohjeet, tuoteselosteet sekä käyttöturvallisuustiedotteet. Suunnitelma tulee toimittaa tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen kyseisen työvaiheen aloitusta, ellei InfraRYL jakson 42000 muissa osissa ole annettu tarkempaa tietoa. Mikäli työsuunnitelmassa poiketaan sillan rakennussuunnitelmasta, tulee suunnitelma toimittaa tilaajalle hyväksyttäväksi kaksi viikkoa ennen kyseisen työn aloittamista ja siinä pitää esittää, miltä osin poiketaan suunnitelman vaatimuksista. (InfraRYL 2020, kohta 42001.4.4.)

Sillan eristystöiden teknisessä työsuunnitelmassa esitetään:

- pinnan ja pinnalle kondensoituneen kosteuden kuivatus ennen eristystä
- betonipinnan virheiden ja epätasaisuuksien korjaustarpeet
- eristettävän pinnan suojaus pölyltä ja muulta likaantumiselta
- sementtiliimat ja muiden tartuntaa heikentävien aineiden poisto
- esikäsitteleminen ja tartuntakäsittely
- eristyskerrokset työvaiheittain
- eristysten limityskaavio, asennustapa ja asennussuunta
- kalusto, mm. patatyypit sekä laitteet
- kerrospaksuuden mittaaminen
- massamenekin seuraaminen
- eristysten suojaaminen
- eristysten reunojen, läpivientien ja liikuntasauvojen tiivistäminen
- varautuminen sääolosuhteiden muutoksiin
- sääsuojan käyttö
- työturvallisuus ja paloturvallisuus
- ympäristösuojelu, SILKO-ohje 1.111
- eristysmateriaalien säilytys suojassa, sekä lämpötarkkailu
- laadunmittauksen välineistö ja mitta-alat
- ainetta rikkomattomien menetelmien käyttö
- vaurioiden ja mittauspaiikkojen yksityiskohtaiset korjausmenetelmät. (Inf-raRYL 2020, kohta 42300.3.)

Siltojen jokaisesta työvaiheesta laaditaan laatusuunnitelma, mutta samassa suunnitelmassa voidaan esittää jopa useamman työvaiheen laadunvarmistus. Työvaiheen laatusuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle vähintään viikkoa ennen kyseisten töiden aloittamista. Työvaiheen laatusuunnitelmaan tulee mm:

- yleiskuvaus työvaiheen toteutuksesta ja sen menettelyistä, ellei ole laadittu erillistä teknistä työsuunnitelmaa
- kaikki työhön liittyvät laadunvarmistustoimenpiteet esim. mittaukset ja tarkastukset
- rakenteelle vaaditut toleranssit
- kelpoisuuden osoittaminen, johon määrät, menettelyt, välineet, ajankohdat, vastuuhenkilöt ja tutkimuslaitokset

- kelpoisuuskokeiden tulosten dokumentointi. (InfraRYL 2020, kohta 42001.4.3.)

Siltojen eristystöiden laatusuunnitelmassa on mainittava myös em. mainittujen asioiden lisäksi eristysurakoitsijan omassa laadunvalvonnassa käytettävät mittalaitteet ja rikkomattomien mittausmenetelmien tyyppi, tarkoitus sekä käytön laajuus. Laatusuunnitelmassa esitetään kelpoisuuskokeiden tekeminen mm. eristysalustan, alustan tiivistystöiden, vedeneristystyön aikaisen olosuhdemittauksen ja valmiin vedeneristyksen osalta. Kelpoisuusmittaukset dokumentoidaan kenttämittauslomakkeille. (InfraRYL 2020, kohta 42300.4.)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin pihakansien ja siltojen vedeneristykseen, sekä niiden ohjeisiin ja määräyksiin. Pihakansilla vedeneristysalustana on yleisimmin betoninen alusta, joten siihen keskityttiin niin pihakansien kuin siltojenkin osalta. Työssä tutustuttiin pihakansilla käytettyihin vedeneristysmateriaaleihin, työtapoihin sekä niiden laadunvarmistustoimenpiteisiin. Siltojen vedeneristyksistä tarkempaan tarkkailuun otettiin pihakansilla usein käytetty kermieristys, mutta muitakin eristysvaihtoehtoja sivuutettiin varsinkin laadunvarmistuksen osalta. Haastattelussa oli kaksi henkilöä, jotka omaavat kattavan kokemuksen rakennusosalta. Haastatteluissa selvitettiin pihakansien vedeneristyksen nykytilaa sekä tuotiin esille hyödyllisiä tapoja siltarakentamisen puolelta.

Pihakansien vedeneristykset toteutetaan pääsääntöisesti kermieristeillä. Opinnäytetyön tekijä suosittelee yrityksiä vahvasti ottamaan nestemäisesti levitettävät vedeneristeet kokeiluun. Saumaton ratkaisu on aina parempi vaihtoehto padotustilanteissa ja vaikeasti toteutettavat nurkat sekä läpiviennit saadaan tiiviimmäksi. Nestemäisesti levitettävien eristeiden tuotantonopeus on myös pääsääntöisesti nopeampaa kuin kermieristeiden asennus sekä aineiden elastisuus on hyödyllinen ominaisuus rakenteiden eläessä.

Siltojen kansirakenteet ja vedeneristys eroavat pihakansien rakenteista suuresti. Kermieristys asennetaan samoilla limityksillä ja pääsääntöisesti samoilla menetelmillä, mutta alustan vaatimukset ovat tarkempia. Samankaltaisia yksityiskohtia esim. ylösnostoja ja läpivientejä ei pääsääntöisesti ole sekä liikuntasaumaratkaisut eroavat pihakansien liikuntasaumoista täysin. Siltojen yksityiskohtien mm. reunapalkkien nostot ja hulevesiputkien tiivistys toteutetaan kuitenkin kaksinkertaisella kumibitumisivelyllä, eikä kermiä nosteta samalla tavalla kuin pihakansirakenteissa. Kaksinkertainen kumibitumisively pihakansien yksityiskohtiin olisi suotava lisävarmistus laadun parantamisen kannalta mm. hankalasti toteutettaviin nurkkiin sekä läpivientien tiivistykseen. Siltakannen alustan tasaisuus mitataan 1500 mm:ä pitkällä oikolaudalla, joka on toinen pihakansien laadunvarmistukseen soveltuva menetelmä.

Haastatteluissa kävi ilmi, että pihakansien vedeneristettävän alustan laadunvarmistuksessa on vielä kehitettävää. Vastaan on tullut pääsääntöisesti kylmiä kansirakenteita ja niissä on ilmennyt monesti vuotoja. Vuotaneet kohdat ovat lähes poikkeuksetta olleet vedeneristyksen yksityiskohtia ja vuodot ovat johtuneet suunnitteluvirheistä sekä työnaikaisista virheistä. Suunnitteluvirheitä pystytään ehkäisemään ennen vedeneristyksen aloitusta pidettävässä suunnitelmakatselmuksessa, jossa tulee haastattelujen pohjalta ottaa suurempaan tarkkailuun varsinkin vedeneristyksen yksityiskohtaiset detaljit. Työnaikaisia virheitä pyritään ehkäisemään muun muassa opinnäytetyössä laaditun tarkastuslistan avulla. Kaivoissa ja läpivienneissä tulisi suosia pyöreitä läpivientikappaleita, jotka ovat tarkoitukseen soveltuvaa materiaalia esim. haponkestävä teräs. Muovisia kaivoja ja kumisia läpivientejä ei käytetä.

Työn päätavoitteena oli laatia työmaalle käytettäväksi vedeneristyksen tarkastuslista (liite 1.). Tarkastuslistaan on kerätty alustan, eristyksen, olosuhteiden sekä laadunvarmistuksen vaatimukset ja ohjeet. Tarkastuslistaan on lisätty myös siltarakentamisen aineistosta poimitut hyödylliset tekijät sekä haastatteluista ilmi tulleiden ongelmien ehkäisy. Tarkastuslistalla pyritään helpottamaan työnjohtajien arkea, sekä parantamaan lopullisen vedeneristyksen laatua.

LÄHTEET

InfraRYL 2020/1. 2020. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. 42000 Sillat. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy. [Viitattu 7.10.2020]. Saatavana: https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/Infra-RYL/2020_1/42000.html. Vaatii käyttöoikeuden.

Kattoliitto ry. 2019. Toimivat Katot 2019. Vaasa: Waasa Graphics Oy.

Liikennevirasto. 2017. Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus 2017. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Liikennevirasto. [Viitattu 11.10.2020]. Saatavana: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-02_sillan_vedeneristystyomaan_web.pdf

Liikennevirasto. 2018. SILKO 1.801. Kannen pintarakenteet. Vedeneristykset. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 17.9.2020]. Saatavana: https://julkaisut.vayla.fi/silat/silko/kansio1/s1801_web.pdf

RIL 107-2012. 2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 103104. 2019. Ruiskukumi-pinnoitteet, Ruiskukumi. Lahti: Ruiskukumi.

RT 103277. 2020. Liikennöidyn tason vedeneristykset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Helsinki: Rakennustieto.

Väylävirasto. 2019. Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.9.2020]. Saatavana: https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2019-04_toss_web.pdf

LIITTEET

Liite 1. Pihakannen vedeneristystyön tarkastuslista

Liite 2. Lisätietojen pöytäkirja

Liite 3. Aliurakoitsijan omavalvontapöytäkirja

LIITE 1 Pihakannen vedeneristystyön tarkastuslista

| Pihakannen vedeneristystyön tarkastuslista | | Kunnossa | Korjattavaa | Materiaalit | Mallit | Valokuvaus | Olosuhteet | Numerointi | Kohde | | |
|--|-------------------------|--|-------------|-------------|--------|------------|------------|------------|---------------------------------|--|--|
| Rakenneos | Vaaitimus | pvm | pvm | X | X | X | X | | Työnumero | | |
| | | | | | | | | | Työnjohtaja | | |
| | | | | | | | | | Lähde | Ohje | |
| Alustavat työt | Yleistä | TJ sopimus ja urakkarajat selvitetty | | | | | | | | | |
| | Suunnitelmakatselmus | Pihakannen vedeneristyksestä aina vedeneristysuunnitelma missä: Piirustukset, työselostus, laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet. Työselostuksessa (Laatutaso, materiaalit, tarvikkeet, työmenetelmät, työturvallisuus, sääsuojan käyttö ja tulityön riskit). Piirustuksissa (Kannen korkeudet & kallistukset, ylösnostokorkeudet, alustan tuuletusjärjestely, konehuoneet & laitteet, kaivot & läpiviennit, ovien kynnyssiitymät, rakenteelliset- ja vedeneristykseen liikuntasaumamat). Vedeneristykseen yksityiskohtia laaditaan kohdekohtaiset detaljit, joissa (Yksilöitynä kaikki varusteet & niiden kiinnitys alustaan, vedeneristykseen ja pintakeroksiin). | | | | | | | | | |
| | Aloituspäivä & TTS | Aloituspäivä pidetty urakoitsijan kanssa. Normaalin aloituspäivän lisäksi käydään tarkasti läpi laatuvaatimukset ja vedeneristykseen yksityiskohtia urakoitsijan kanssa. Vedeneristystyöntekijöiden nokkamies myös mukaan aloituspäivä. Työn turvallisuus suunnitelma laadittu ja siihen perehdytty. | | | | | | | | | |
| | Mestari tarkastus | Tarkastetaan, että alusta ja työalue on vedeneristystyön edellyttämällä tasolla. Tarkastuslistan (Eristysalusta) mukaiset asiat tarkistettu. Urakoitsija allekirjoittaa. | | | | | | | | | |
| | Aliurakoitsija | Silloilla ja muilla liikennöidyillä alueilla tulee vedeneristäjällä olla siltojen vedeneristäjän sertifikaatti kohteessa käytettäviin vedeneristystyyppeihin. | | | | | | | | | |
| Eristysalusta | Malli | Eristysalustasta allekirjoitettu mallikatselmus | | | | | | | | | |
| | Yleistä | Alustan tarkastelussa ja mittauspaikoissa painopiste vedeneristykseen yksityiskohtien lähetyville | | | | | | | | | |
| | Kaltevuus | ≥ 1:80 | | | | | | | | | |
| | Tasaisuus | Ei rakoja tai haitallisia halkeamia, Hammastukset < 3 mm | | | | | | | | | |
| | Sementtiliiman poisto | Alustasta on poistettu pinnan vetolujuutta ja tartuntaa heikentävä sementtiliima | | | | | | | | | |
| | Puhdistus | Alusta on puhdistettu huolellisesti | | | | | | | | | |
| | Karheus | Vastaa puuhierrettyä pintaa | | | | | | | | | |
| | Betonipinnan vetolujuus | Vähintään 0,8 N/mm ² | | | | | | | | | |
| | Esikäsitely | Esisively bitumiliuksella tai epoksiivistys (suunnitelmien mukaan) (myös ylösnostot) | | | | | | | | | |
| | Kosteus | Betonin huokosilman suhteellinen kosteus ennen eristystöitä: Kermieristyksillä enintään 90 % RH, mikäli valmistajalla ei ole muita ohjeita Elastomeereillä enintään 93 % RH, mikäli valmistajalla ei ole muita ohjeita | | | | | | | | | |
| | Alustan lämpötila | Alustan pintalämpötila ennen eristystöitä: 3 °C yli kastepisteen, elastomeereillä kuitenkin vähintään +5 °C | | | | | | | | | |
| | Muut olosuhteet | Vedeneristystöitä ei tehdä vesi- tai lumisateella | | | | | | | | | |
| | Ilman kosteus | Ilman suhteellinen kosteus eristystyön aikana enintään 85 % | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 6 | RT 103277 | Tarkastetaan suunnitelmien mukaisuus, työmenetelmät, materiaalit |
| | | | | | | | | | 7 | Haastattelut | Yksityiskohtien läheisyydessä havaittu kermin alustastaan irtoamista |
| | | | | | | | | | 8 | RIL 107-2012 | Laser, vatupassi tai muu soveltuva menetelmä |
| | | | | | | | | | 9 | RT 103277 | Oikolauta, 1500 mm (InfraRYL 2020) |
| | | | | | | | | | 10 | RIL 107-2012 | Sinkopuhallus, hiekkapuhallus tai karkea hionta |
| | | | | | | | | 11 | RIL 107-2012 | Imurointi, paineilma tai muu soveltuva menetelmä | |
| | | | | | | | | 12 | RT 103277 | Silmämääräisesti | |
| | | | | | | | | 13 | RT 103277 | SFS 5445 & SFS 5446 | |
| | | | | | | | | 14 | RT 103277 | Valmistajan ohjeen mukaisella menekillä. Koko eristettävältä alalta | |
| | | | | | | | | 15 | Toimivat Katot 2019 & RT 103277 | Näytepalamittaus (suositeltavin) 0-10 mm syvyydeltä. Poikkeustapauksissa 0-5mm syvyydeltä (mikäli epäily, että pinnasta kosteampi kuin 10mm syvyydestä). Mittausmäärät kohdekohtaisesti. Mitataan kuivimmat ja kosteimmat kohdat | |
| | | | | | | | | 16 | Toimivat Katot 2019 & RT 103277 | Noudatetaan aina materiaaltoimittajan ohjeita | |
| | | | | | | | | 17 | Toimivat katot 2019 | Tarvittaessa sääsuojaus (suositeltavin) | |
| | | | | | | | | 18 | InfraRYL 2020/1 | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------|--|--|--|--|--|----|-----------|--|---|
| Kermieristys | Malli | Jokaisesta eristekerroksesta mallikatselmus | | | | | | 19 | RT 103277 | Tarkastetaan suunnitelmien mukaisuus, työmenetelmät, materiaalit |
| | Bitumikeitin | Keittimessä tulee olla toimiva termostaatti ja sekoitin | | | | | | 20 | Toimivat Katot 2019 | Lämpötilaa seurataan keittimen oman mittarin lisäksi ulkoisella mittarilla. |
| | Käyttölämpötilat | Kumbitumin käyttölämpötila on +200...+220 °C Puhalletun bitumin käyttölämpötila on +190...+230 °C | | | | | | 21 | Toimivat Katot 2019 | Keittimen lämpötilat tarkastetaan ja dokumentoidaan työvuoron alussa, lopussa sekä kahden tunnin välein työn aikana. |
| | Aluskermi | Hitsatessa tai liimatessa bitumia tulee olla niin paljon, että se täyttää kaikki alustan ja vedeneristeen välissä olevat tyhjät tilat ja raot. Liimauksen menekki aina vähintään 1,5 kg/m ² | | | | | | 22 | RT 103277 | Noudatetaan materiaalivalmistajan ohjeita, Ylikuumennettua bitumia ei saa käyttää |
| | Limitykset | Kermin limitys sivusaumoissa 100 mm, päätysaumoissa 150 mm. Vierekkäisten kermien päätysaumat porrastetaan, suositus on 500 mm. Eri kermikerrokset tulisi aina asentaa samansuuntaisesti siten, että saumat eivät ole päällekkäin. Suositeltava limitys 100 mm. | | | | | | 23 | InfraRYL 2020/1 & Toimivat Katot 2019 | Liimaus on suositeltavin kiinnitystapa |
| | Hitsaus | Kermien saumat hitsataan täysin kiinni niin, että saumoista pursuaa tasaisesti bitumia | | | | | | 24 | Toimivat Katot 2019 | Kermin pintaan ei saa jäädä haitallisia poimuja tai painaumia |
| | Vastasaumat | Veden virtausta heikentäviä vastasaumojia tulee välttää | | | | | | 25 | RIL 107-2012 | Kermieristeen asennuksessa tulee huomioida myös kaadot, eli veden virtauksen suunta. Kermit on suositeltavaa asentaa siten, että vastasaumojia tulee mahdollisimman vähän |
| | Tartunta | Aluskermien tartunta varmistetaan aina vähintään kolmioviiltokokeella. Voidaan hyödyntää myös SILKO- ohjeiden mukaista vetokoea | | | | | | 26 | RT 103277 | Kokeita tehdään vähintään 3 kpl jokaista alkavaa 500 m ² kohti. Mikäli kokeessa kerminpala irtoaa sormiteella kohtisuoraan vedettäessä, ei tartunta ole riittävä. Testatut kohdat paikataan (vähintään 150 mm ylittävä paikka). Moottoroidulla vetolaitteella tehdessä, voidaan noudattaa (RT 103277) taulukon (2) arvoja. |
| | Lammikoituminen | Valmiilla vedeneristyspinnalla ei saa esiintyä veden lammikoitumista. Lammikoituminen sallittua ainoastaan, mikäli se johtuu kermien saumoista ja syvyys on < 15 mm | | | | | | 27 | RT 103277 | Tarkistetaan silmämääräisesti sekä mitaamalla |
| | Vedenpainekoe | Eristyksen päällä vettä 100-300 mm kauttaaltaan. Annetaan vaikuttaa 12-24 tuntia. Eriyishuomointi sekä dokumentointi yksityiskohtiin mm. läpiviennit ja kaivot. | | | | | | 28 | RT 103277 | Kokeen aikana tarkastellaan rakennetta alapuolelta, että havaitaanko vuotoja, vuodot dokumentoidaan ja korjataan. Kaikkialla vähintään 100 mm vettä, tarvittaessa jaetaan kokeet lohkoihin, että saavutetaan vähimmäisvaatimus |
| | Salaojitus | Suunnitelmien mukaan | | | | | | 29 | RT 103277 | Vedeneristys suojakerroksineen yhtäjaksoisesti valmiiksi |
| Suodatinkangas | Suunnitelmien mukaan | | | | | | 30 | RT 103277 | Vedeneristys suojakerroksineen yhtäjaksoisesti valmiiksi | |
| Elastomeerit | Malli | Jokaisesta eristekerroksesta mallikatselmus | | | | | | 31 | RT 103277 | Tarkastetaan suunnitelmien mukaisuus, työmenetelmät, materiaalit |
| | Testi ruiskutus | Ruiskutetaan astiaan, josta tarkistetaan onko aine kunnossa | | | | | | 32 | RIL 107-2012 | Aina työvuoron alussa (InfraRYL 2020/1) |
| | Koepala | Ruiskutetaan muovin päälle, josta otetaan koepala dokumentointiin | | | | | | 33 | RIL 107-2012 | Testiruiskutuksen yhteydessä |
| | Menekki | Materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan | | | | | | 34 | RT 103277 | Seurataan pinta-alayksikköä kohden sekä tarvikkeiden rahtikirjoista |
| | Työsauma | Mikäli saman eristekerroksen tekoa jatketaan seuraavana päivänä, tulee jo ruiskutetun päälle sivellä praimeria n. 100-200 mm matkalla | | | | | | 35 | RIL 107-2012 | Tällä parannetaan kohdan tartuntaa. |
| | UV- säteily | Nestemäisesti levitettävät vedeneristeet eivät saa yleensä olla kauaa UV- säteilylle alttiina. Noudatetaan materiaalivalmistajan ohjeita. | | | | | | 36 | RIL 107-2012 | Valmis vedeneristys tulee suojata mahdollisimman nopeasti eristyksen valmistuttua |
| | Ainevahvuus | Kalvopakisuusvaatimus yleensä 2-4 mm. Noudatetaan kuitenkin materiaalivalmistajan ohjeita | | | | | | 37 | RT 103277 | Kalvopakisuuden koepaloja otetaan 3 kpl jokaista alkavaa 500 m ² kohti |
| | Tartunta | Vähintään 0,8 N/mm ² , mutta keskimäärin yleensä 1,2 N/mm ² . Ellei materiaaltoimittaja esitä muuta vaatimusta | | | | | | 38 | RT 103277 | Tartuntavetokeet 3 kpl jokaista alkavaa 500 m ² kohti. Tartuntavetokee erillisellä moottoroidulla vetolaitteella. Noudatetaan (RT 103277) taulukon (2) vaatimuksia |
| | Vedenpainekoe | Ym. Vedenpainekoe vaatimusten mukaan | | | | | | 39 | RT 103277 | Ym. Ohjeiden mukaan |
| | Salaojitus | Suunnitelmien mukaan | | | | | | 40 | RT 103277 | Vedeneristys suojakerroksineen yhtäjaksoisesti valmiiksi |
| | Suodatinkangas | Suunnitelmien mukaan | | | | | | 41 | RT 103277 | Vedeneristys suojakerroksineen yhtäjaksoisesti valmiiksi |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|---|--|--|--|--|--|--|----|-----------|---|--|
| Yksityiskohdat | Kaivot | Haponkestävää terästä. | | | | | | | 42 | RT 103277 | Muovisia kaivoja ei käytetä | |
| | | Kiinteä ≥ 150 mm leveä laippa, johon vedeneristys liimataan kauttaaltaan molemmin puolin. Laippa kiinnitetään mekaanisesti alustaan | | | | | | | | 43 | RT 103277 | Laipan kiinnitys mekaanisesti alustansa k150 jaolla. Alustaan liimataan molemminpuolin hitsattava kumibitumikermit (kaivon halkaisija + 500 mm). Kannen "ehjät" kermit voidaan tuoda laipan päälle |
| | | Vedenpoistoreikien ympärillä 10-20 mm tyhjää tilaa | | | | | | | | 44 | RT 103277 | Varmistetaan vedenpoistoreikien toimivuus sekä estetään tukkeutuminen |
| | | Malli | | | | | | | | 45 | RT 103277 | Tarkastetaan suunnitelmienmukaisuus, työmenetelmät, materiaalit |
| | Läpiviennit | Laipallinen ja ruostumatonta terästä. Laipan leveys vähintään 150 mm | | | | | | | | 46 | Toimivat Katot 2019 | Kumisia läpivientikappaleita ei käytetä, ei kestä padotustilannetta |
| | | Läpivientikappale uiottuu vähintään 300 mm valmiin päällyskerroksen pintaa ylemmäksi | | | | | | | | 47 | RT 103277 | Kohdekohtainen suunnittelu |
| | | Käytetään pyöreitä läpivientikappaleita. | | | | | | | | 48 | Haastattelut | Vedeneristeen tiivistys paremmin toteutettavissa |
| | | Minimoidaan vedeneristeen läpäisevät kiinnityksen (kaiteet yms.) | | | | | | | | 49 | Haastattelut | Mikäli kansirakenne sen sallii, siirretään kiinnitykset vedeneristeen päälle esim. erikseen valettuun anturaan = vähemmän läpivientejä |
| | | Kaksinkertainen kumibitumisively läpivienteihin ja hankalasti toteutettaviin nurkkiin | | | | | | | | 50 | InfraRYL 2020/1 | Sopii käytettäväksi sirotepintaisen kermin kanssa & parantaa tiiviyttä |
| | Malli | | | | | | | | 51 | RT 103277 | Tarkastetaan suunnitelmienmukaisuus, työmenetelmät, materiaalit | |
| | Liikuntasaumot | Ei saa kohdistua paineellista vettä, eikä vesiä saa johtaa liikuntasauaman yli | | | | | | | | 52 | RIL 107-2012 | Liikuntasaumot sijoitetaan esimerkiksi kallistuksien korkeimpaan kohtaan niin, että niihin ei muodostu paineellista vettä, eikä vesi virtaa niiden yli |
| | | Tarkoitukseen soveltuvaa materiaalia. Irroituskaisista ≥ 300 mm. Suositeltava = 500 mm | | | | | | | | 53 | RIL 107-2012 | Irroituskaisiat suunnitellaan tapauskohtaisesti esim. sirotepintainen kermit sirotepinta alaspäin tai erillisellä tarkoitukseen soveltuvalla materiaallilla esim pelti. |
| | | Malli | | | | | | | | 54 | RT 103277 | Tarkastetaan suunnitelmienmukaisuus, työmenetelmät, materiaalit |
| | Ylösnotot | Vähintään 300 mm valmiista pinnasta ylöspäin | | | | | | | | 55 | RIL 107-2012 | Lumen kinoutuminen ylösnoton viereen huomioidaan korkeudessa |
| | | Ylösnostojen kulma loivennetaan tarkoitukseen soveltuvalla holkkarakenteella, esim. bitumiholkka tai laastiviivite | | | | | | | | 56 | RT 103277 | Vedeneriste kiinnitetään holkkaan, sekä holkka alustansa. Suunnitelmien mukaan. (Detalji). |
| | | Ylösnosto erillisellä ylösnostopalalla | | | | | | | | 57 | RT 103277 | Kannen vedeneristettä ei viedä kermieristyksen tapauksessa ehjänä ylös asti, vaan ylösnosto toteutetaan erillisellä ylösnostopalalla. Vaakapinnan kermit holkan yläreunaan. |
| | | Mekaaninen kiinnitys yläpään suunnitelmien mukaan | | | | | | | | 58 | RIL 107-2012 | Suojapelti ei riitä mekaaniseksi kiinnitykseksi |
| | | Seinärakenteen kohdalla nostetaan aina lämmöneristeen taakse kantavaan kuoreen | | | | | | | | 59 | RIL 107-2012 | Esikäsitelly myös lämmöneristeen taakse kantavaan kuoreen. |
| | | Ovi- ja ikkuna-aukot alle 300mm valmiista pinnasta ylöspäin tulee vedeneristeen kiinnitys suunnitella erikseen vedenpitäväksi. | | | | | | | | 60 | RIL 107-2012 | Haastattelussa tämä nostettiin myös esille. Erityishuomiota tähän |
| | | Ylösnostojen kulmat ja nurkat suunniteltava tapauskohtaisesti ja sivelävä kaksinkertaisella kumibitumisivelyllä tiivistyksen parantamiseksi | | | | | | | | 61 | RT 103277 & Haastattelut | Varsinkin kolminkertaista kermieristystä todella vaikea toteuttaa tiiviksi tällaisissa nurkkatapauksissa. Erityishuomiota tähän |
| | Malli | | | | | | | | 62 | RT 103277 | Tarkastetaan suunnitelmienmukaisuus, työmenetelmät, materiaalit | |

LIITE 2 Lisätietojen pöytäkirja

| Huomiot, Korjaukset, Tarkastukset, Lisätiedot | | |
|---|--|--|
| Kohde | | |
| Työnumero | | |
| Tarkastuslistan numero | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Päivämäärä | | |
| Allekirjoitukset | | |

LIITE 3 Aliurakoitsijan omavalvontapöytäkirja

| Aliurakoitsijan omavalvonta: Huomiot, Lisätiedot, Olosuhteet, Keittimen lämpötilat | | | |
|--|------------|----------------------------|----|
| Olosuhteet dokumentoidaan työvuoron alussa, lopussa sekä kahden tunnin välein työn aikana. Tilaaja toimittaa työmaalle olosuhteiden mittauslaitteet, joita aliurakoitsija seuraa sekä dokumentoi eristystyön aikana. Lisäksi urakoitsijan pitää täyttää yllä esitetty tarkastuslista omavalvontana. | | | |
| Kohde | | Lisätiedot & Huomiot | |
| Työnumero | | | |
| Aliurakoitsija | | | |
| Tarkastuslistan numero | | | |
| Kello | Päivämäärä | Ilman lämpötila | °C |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Kello | Päivämäärä | Ilman suhteellinen kosteus | % |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Kello | Päivämäärä | Ilman kastepistelämpötila | °C |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Kello | Päivämäärä | Alustan pintalämpötila | °C |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Kello | Päivämäärä | Bitumikeittimen lämpötilat | °C |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Allekirjoitukset | | | |