



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston ohjeita
49/2023

SILKO 1.251

Betonin suojaaminen (sisältö vastaa
versiota 11/12)

siltojen
SILKO
korjaus





Väylävirasto
Trafikledsverket

Ohje

19.3.2024

VÄYLÄ/7865/06.04.01/2023

Vastaanottaja	Korvaa
-	SILKO 1.251 Betonin suojaaminen (11/12)
Säädösperusta	Voimassa
-	1.4.2024
Väylämuoto	Kohdistuvuus
taitorakenteet	suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito
Asiasanat	Käyttäjärühmät
betoni, suojaus	suunnittelijat, urakoitsijat, kunnossapitäjät

SILKO 1.251 Betonin suojaaminen (sisältö vastaa versiota 11/12)

Tässä ohjepäivityksessä on täsmennetty Väyläviraston roolia. Sisällöllisesti ohje on muuttumaton. Väylävirasto ei toimi ohjeessa mainittujen tuotteiden hyväksyjänä, vaan Väylävirasto tilaajana asettaa tuotteille vaatimuksia ja arvioi tuotteiden vaatimustenmukaisuuden.

Liikennevirasto, taitorakenneyksikkö 2012

- Kehittämispäällikkö Ossi Räsänen, pj. Liikennevirasto, taitorakenneyksikkö
- Silko betonityöryhmä

Konsultit:

- Matala Consulting
- Huura Oy

Piirrokset:

- Kuvat 12, 13, 14, 15, 16 ja 17: lähde mainittu kuvatekstin yhteydessä
- Muut piirrokset: Huura Oy

Valokuvat:

- Kuva 3: Värineuvosto r.y.
- Kuva 23: Seppo Matala, Matala Consulting
- Kuva 24: Harri Lukkarinen, VR-Track

- Muut kuvat: Huura Oy

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö	Minna Torkkeli
Rautatiejohtaja	Jukka Ronni
Tieliikennejohtaja	Jarmo Joutsensaari
Asiantuntija, sillat	Jari Nikki

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää tienpidon ja rautatietoimintojen osalta.

Voit antaa palautetta ohjeesta ohjeen yhteyshenkilölle (etunimi.sukunimi@vayla.fi) tai Väyläviraston teknisten ja turvallisuusohjeiden palautteenantokanavaan (teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi).

Dokumentin sisältö ei ole kaikilta osin saavutettava.

LISÄTIETOJA

Jari Nikki

Väylävirasto

www.vayla.fi

PL 33, 00521 Helsinki

Puhelin 0295 34 3000

etunimi.sukunimi@vayla.fi

Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki

Faksi 0295 34 3700

kirjaamo@vayla.fi

Sisällys

1	YLEISTÄ.....	6
1.1	OHJEEN KÄYTTÖALUE.....	6
1.2	SUOJA-AINEIDEN KÄYTÖN HISTORIA.....	8
1.3	SUOJA-AINEITA VAURIOITTAVAT TEKIJÄT.....	10
1.4	BETONIN SUOJAUSTYÖN VAIHEET.....	12
1.5	TERMIT JA MÄÄRITELMÄT.....	12
2	BETONIN SUOJAUSTYÖN SUUNNITTELU.....	17
2.1	SUOJATTAVAN RAKENTEEEN TARKASTUS.....	17
2.2	SUOJAUSTYÖN PERIAATERATKAISUN TEKO.....	18
2.3	SUUNNITELMAN LAATIMINEN.....	22
2.4	SUOJAUSTYÖN TYÖ- JA LAATUSUUNNITELMA.....	23
3	BETONIN SUOJA-AINEET.....	24
3.1	VETTÄHYLKIVÄT IMPREGNOINTIAINEET.....	25
3.2	IMPREGNOINTIAINEET.....	26
3.3	PINNOITTEET.....	27
3.3.1	PINNOITTEIDEN YLEISIÄ OMINAISUUKSIA.....	27
3.3.2	PINNOITETYYPPIEN OMINAISUUKSIA.....	27
3.3.3	KARBONATISOITUMISTA ESTÄVÄT PINNOITTEET.....	29
3.3.4	HALKEAMIA SILLOITTAVAT PINNOITTEET.....	30
3.3.5	SILOTTEET JA TASOITTEET.....	32
3.4	TÖHERRYSTENESTOAINET JA PUHDISTUSMENETELMÄT.....	32
3.4.1	BETONIRAKENTEEEN PUHDISTETTAVUUS.....	32
3.4.2	TÖHERRYSTENESTOAINET.....	33
3.4.3	TÖHERRYSTENPOISTOAINET.....	33
3.4.4	PUHDISTUSMENETELMÄT.....	34
4	SUOJA-AINEIDEN LAATUVAATIMUKSET.....	34
4.1	TESTATTAVAT OMINAISUUDET.....	35
4.2	VETTÄHYLKIVÄT IMPREGNOINTIAINEET.....	37
4.3	IMPREGNOINTIAINEET.....	39
4.4	PINNOITTEET.....	41
4.5	TÖHERRYSTENESTOAINET.....	44
4.6	MUUT VAATIMUKSET.....	48
4.6.1	SUOJAUSTYÖLLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET.....	48
4.6.2	MALLITYÖ (ENNAKKOKOE).....	49
5	BETONIRAKENTEEEN SUOJAUSTYÖ.....	49
5.1	TYÖTASOT JA SÄÄSUOJAT.....	49
5.2	PINNAN ESIKÄSITTELY.....	51

5.2.1	PINTOJEN PUHDISTUS.....	51
5.2.2	TÖHERRYSTEN POISTO.....	52
5.2.3	RAUDOITUSTANKOJEN KÄSITTELY.....	52
5.2.4	BETONIPINTOJEN PAIKKAUS.....	52
5.2.5	SEMENTTILIIMAN POISTO.....	52
5.2.6	TARTUNTAPINNAN KOSTEUSTILA.....	54
5.3	SUOJA-AINEIDEN LEVITYS.....	54
5.3.1	HUOKOSTEN TÄYTTÖ JA TASOITUSTYÖT.....	54
5.3.2	LEVITYS SIVELTIMELLÄ TAI HARJALLA.....	55
5.3.3	RUISKULEVITYS.....	56
5.3.4	PINNOITEKALVON PAKSUUS.....	57
5.3.5	PINNOITTEEN MENEKIN LASKEMINEN.....	57
5.4	JÄLKIHOITO.....	58
6	TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU.....	58
6.1	TYÖTURVALLISUUS.....	58
6.2	YMPÄRISTÖNSUOJELU.....	60
7	LAADUNVARMISTUS.....	61
7.1	LAADUNVARMISTUKSEN TAVOITTEET.....	62
7.2	KORJAAJAN PÄTEVYYS.....	62
7.3	KORJAUSTYÖN VALMISTELU.....	62
7.4	TYÖNAIKAISET KOKEET JA VALVONTA.....	63
7.5	KELPOISUUSKOKEET JA KELPOISUUDEN OSOITTAMINEN.....	64
7.6	LAATURAPORTTI.....	64
8	TÄYDENTÄVÄT OHJEET.....	64

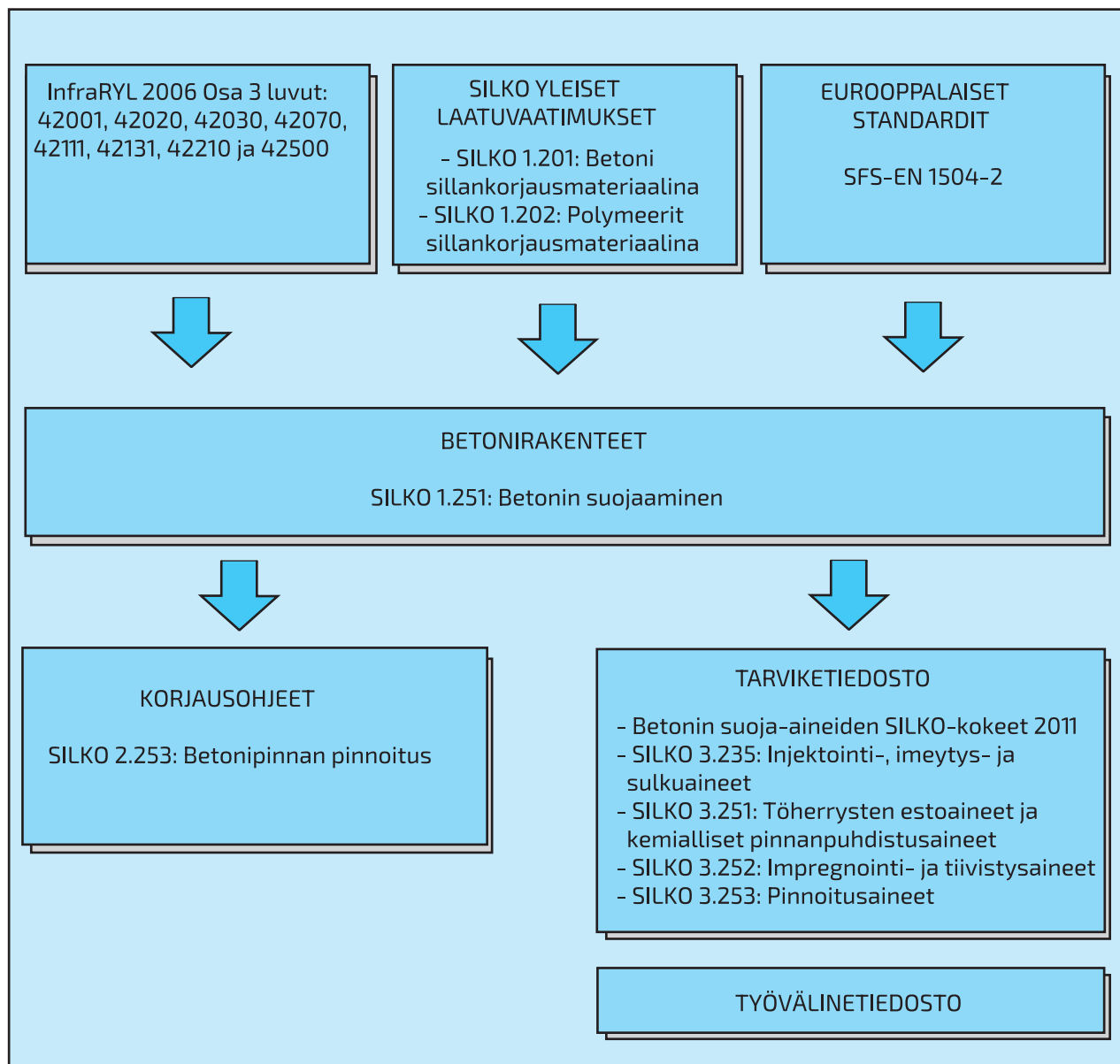
1 Yleistä

1.1 Ohjeen käyttöalue

Ohje on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän eli SILKO-ohjeiston osana. Ohjetta käytetään

- korjattaessa vanhoja siltoja ja uudisrakentamisessa sattuneita virheitä
- suojattaessa betonia ympäristörasituksia vastaan
- pinnoitettaessa siltoja ulkonäkösyistä.

Täydentäviä ohjeita ovat betonia ja polymeerejä sillankorjausmateriaalina käsittelevät ohjeet *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* ja *SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina*. Ohje on yleisohje, jota yksityiskohtainen korjausohje *SILKO 2.253 Betonipinnan pinnoitus* täydentää. Tämä ohje ei käsittele muottikankaiden käyttöä siltarakenteiden suojaamisessa eikä mekaanista suojausta esimerkiksi teräslevyverhouksella.



Kuva 1. Siltojen betonin suojaamiseen liittyvät julkaisut

Ohje täydentää sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia (*InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat*. Lisäksi edellistä täydentävät tai päivittävät ohjeet: www.rts.fi/infraryl – *InfraRYL ylläpito*.) korjausrakentamisen osalta.

Betonin suojaamista koskevaa tietoa on saatavissa myös muista alan ohjeista

- *Betonirakenteiden korjausohjeet*. by 41. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 2007. 110 s. ISBN 978-952-5075-85-4.
- Johansson L., *Ytbehandling av betongkonstruktioner utomhus*. CBI rapport 4:93. Stockholm 1993. 197 s.
- Shaw J. D. N., *The use of Polymers in Concrete Repair*. Rickmansworth: June/July 1983, August 1984. 8 pages.
- Stanfield R. F., *Environmental Protection for Concrete*. PRA Symposium, May 27–28, 1987. 3 pages.
- Karlsson F., *Skyddsbehandling av betong mot salt och vatten*. Betong 3/97. Sidor 10–11.

Betonin suojaamiseen käytettäviä eristysmassoja (elastomeerejä) ja bitumisia kosteuden- ja vedeneristysaineita on käsitelty yleisohjeessa *SILKO 1.801 Vedeneristykset* ja ohutkerrospäällysteitä yleisohjeessa *SILKO 1.802 Päällysteet - Yleiset laatuvaatimukset*.

1.2 Suoja-aineiden käytön historia

Betonisiltojen näkyvien pintojen suojaustoiminnan alkuna voidaan pitää muutamien vanhimpien teräsbetonisiltojen ruiskubetonointia 1930-luvulla. Päällysrakenteiden pintoja oli tapana pinnoittaa (slammata) sementin ja veden seoksella 1950- ja 1960-luvuilla (kuva [2 Slammattuja betonipintoja \(Nokianvirran silta, Nokia\)](#)). Slammaus tehtiin usein vain sillan näkyviin pintoihin, joten sillä pyrittiin ehostamaan siltaa, mutta useissa tapauksissa sillä peitettiin myös valuvikoja. Tuolloin ei kuitenkaan vielä tiedetty, että ruiskubetoni ja slammaus vähentävät usein myös betonin karbonatisoitumista.



Kuva 2. Slammattuja betonipintoja (Nokianvirran silta, Nokia)

Värineuvosto ry. teki vuonna 1975 TVH:n sillanrakennustoimistolle aloitteen siltojen maalaamisesta. Aloitetta perusteltiin liikenneturvallisuussyillä, rumien, väriltään epätasaisten betonipintojen peittämisellä tai joissain tapauksissa sillan sopeuttamisella paremmin maisemaan. Aloite johti seitsemän Uudenmaan ja Turun piireissä sijaitsevan sillan maalaamiseen. Maaleja valittaessa ei otettu huomioon betonin suojaamista, joten ne eivät ole ehkäisseet karbonatisoitumista. Kolme silloista onkin jo peruskorjattu ja samalla maalaus on uusittu pinnoittamalla. Maalaukset olivat vuonna 1995 osittain jäljellä neljässä sillassa (kuva [3 Värityskokeilussa mukana ollut Nummenkylän risteysilta \(Vihti\)](#)). Lisäksi koululaiset ja joissain tapauksissa taiteilijat ovat maalanneet useita alikulkukäytäviä. Näissäkin tapauksissa tavoitteena on ollut betonipintojen elävöittäminen ilman suojausvaikutusta.



Kuva 3. Värituskokeilussa mukana ollut Nummenkylän risteyssilta (Vihti)

Betonisiltoja alettiin suojata karbonatisoitumista ja kloridien tunkeutumista vastaan 1970-luvulla (kuva [4](#) Eräs vanhimmista pinnoitetuista silloista (Sattmarkin silta, Parainen)).



Kuva 4. Eräs vanhimmista pinnoitetuista silloista (Sattmarkin silta, Parainen)

Impregnoinnit (nykytermeillä vettähylyvä impregnointi ja impregnointi) ovat olleet käytössä reunapalkkien suojaamisessa klorideja vastaan jo 1970-luvun lopulta. TVH sisällytti impregnoinnit sillanrakennustöiden yleiseen työselitykseen SYT:iin vuonna 1978, jolloin annettiin myös väliaikaiset ohjeet impregnoinnista. Vuodesta 1988 lähtien impregnointi on esitetty siltakohtaisesti siltasuunnitelmassa. Impregnointi on jäänyt tekemättä joissakin tapauksissa, koska useimmat aineet voitiin levittää betonipintaan vasta puolen vuoden kuluttua valusta, jolloin työmaaorganisaatio on jo purettu.

Suolaroiskeille altistuvia väli- ja maatukia on impregnoitu siitä lähtien, kun 1990-luvulla sillantarkastuksissa havaittiin erittäin suuria kloridipitoisuuksia melko uusissakin rakenteissa.

Pinnoitteisiin on suhtauduttu 1990-luvulle asti varauksin. Vertailevia tutkimuksia ja kokeiluja on tehty useita, jotta asia hallittaisiin riittävän hyvin ennen laajempaa käyttöä. Vanhimmat kokeilut epäonnistuivat yleensä betonipinnan liian suuren kloridipitoisuuden tai kosteusvuotojen vuoksi. Toisaalta pinnoitteiden ominaisuudetkaan eivät ole vastanneet silloilta vaadittavia ominaisuuksia, mm. halkeamia silloittavia pinnoitteita on tullut markkinoille vasta 1990-luvulla.

Suomessa betonipintojen suojaaminen töherryksiä vastaan on tullut ajankohtaiseksi 1980-luvulla. Siltojen töherryksen poistosta aiheutuu yhteiskunnalle huomattavat kustannukset. Töherryksen poistoon liittyy myös ympäristönsuojeluongelmia, koska tehokkaat aineet ovat yleensä samalla haitallisia ympäristölle.

Muottikankaita on alettu käyttää Suomessa siltarakenteiden valuissa 1990-luvulta alkaen. Niiden käytöllä parannetaan betonipinnan tiiviyyttä, joten ne ovat verrattavissa suoja-aineisiin betonin karbonatisoitumisen hidastamisessa ja kloridirasituksen ja pakkas-suolarasituksen vähentämisessä.

Suoja-aineita käytetään siltojen korjausrakentamisessa, kun

- estetään kloridien tunkeutumista betonirakenteisiin kuten reunapalkkeihin ja väli- ja maatumien suolaraiskeille altistuviin pintoihin
- estetään ilman hiilidioksidin tunkeutumista betoniin eli estetään betonin karbonatisoitumista
- estetään kosteuden tunkeutumista betoniin
- suojataan siltoja töherryksiltä tai helpotetaan töherryksen poistamista
- parannetaan sillan ulkonäköä ja sopeutumista ympäristöönsä.

1.3 Suoja-aineita vaurioittavat tekijät

Sillan betonipintoihin kohdistuu sekä ulkoisia että sisäisiä rasituksia, kuten

- auringonsäteily (UV ja IR), joka rikkoo orgaanisia sidoksia, ja aiheuttaa lujuuskatoa ja värimuutoksia
- lämpötilanvaihtelu, joka aiheuttaa mm. pinnoitteen irtoamista ja halkeilua, kun aineilla on erilaiset pituuden lämpötilakertoimet
- vesi ja kosteus, jotka betonissa jäätyessään aiheuttavat pakkasvaurioita ja suoloja liuottaessaan pinnoitteen irtoamisen betonista
- kaasut ja epäpuhtaudet, jotka aiheuttavat pinnoitteen kovettumista, haurastumista ja värimuutoksia
- levät ja sienet, jotka pidättävät kosteutta pinnassa, ja aiheuttavat jäätymisvaurioita
- ilkkivalta
- auraus, joka heittää suolapitoisen, hiekkaa ja jääkimpaleita sisältävän lumisohjon alusrakenteiden pinnoille kuluttaen niitä
- kunnossapitokaluston aiheuttamat vauriot.

Rasitusta lisäävät huonosti tehdyt saumaukset, tippunokat ja viisteet tai niiden puuttuminen.

Rasitukset ovat niin voimakkaita, että pinnoitteita joudutaan uusimaan 10–15 vuoden välein. Pinnoitteiden 30 vuoden kestoikä on toistaiseksi erittäin harvinainen.

Eri suoja-aineilla on seuraavanlaisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat aineiden vaurioitumiseen.

Betonin emäksisyys vaurioittaa silaaneihin ja siloksaaneihin pohjautuvia vettähylkiviä impregnointiaineita. Sen vuoksi ne levitetään yleensä vain karbonatisoituneelle betonipinnalle. Riittävä aika betonoinnista vaihtelee tuotekohtaisesti yhdestä kuuteen kuukauteen. Ultraviolettisäteily puolestaan tuhoaa aineita niin, että käsittely on yleensä uusittava voide- ja geelimäisillä vettähylkivillä impregnointiaineilla 10–15 vuoden välein ja muilla aineilla 3–7 vuoden välein.

Jos betonin kloridipitoisuus on ylittänyt kriittisen rajan raudoituksen tasolla, impregnointikäsittely ei estä raudoituksen korroosiota.

Impregnointi- ja pinnoitusaineiden yleisin vaurio on irtoaminen. Irtoamisen yleisin syy on aineen huono vesihöyrynläpäisevyys, jolloin rakenteen taustasta suotautuva kosteus tiivistyy ko. aineella käsitellyn pinnan alle ja murtaa jäätyessään betonin (kuva 5 Liian tiiviin pinnoitteen aiheuttama pakkasvaurio).



Kuva 5. Liian tiiviin pinnoitteen aiheuttama pakkasvaurio

Muita irtoamisen syitä ovat

- polymeeripinnoitteen alustan liian suuri kosteuspitoisuus
- kosteuden ja suolojen pääsy pinnoitteen alle ulkopuolelta, jos betonipinnan huokosia ei ole täytetty ennen pinnoitusta
- työvirhe, kuten huolimaton alustan esikäsitteleminen, liian ohut pinnoitekalvo, väärä levitystapa, aineiden yhteensopimattomuus, sopimaton lämpötila kovettumisen aikana tai ohjeiden vastainen pinnoitustyö (kuva 6 Pinnoitekerrokset ovat irronneet toisistaan vesivuodon ja työvirheen vuoksi).



Kuva 6. Pinnoitekerrokset ovat irronneet toisistaan vesivuodon ja työvirheen vuoksi

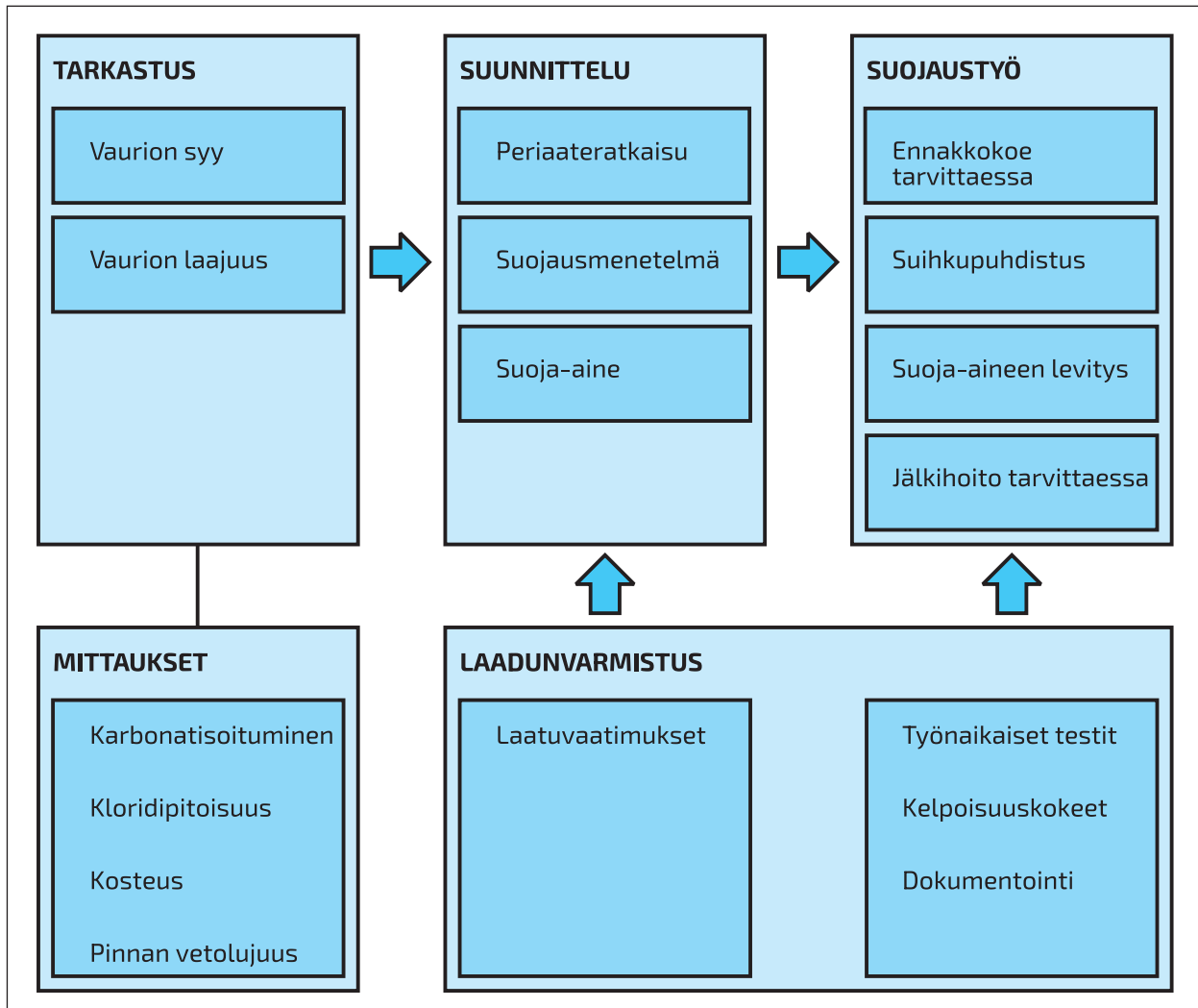
Jos pinnoiteyhdistelmän pintakerros hilseilee pois, pintakerros on levitetty virheellisesti liian kostealle pinnalle.

Pinnoitteet kuluvat maa- ja välitukien alaosista, jos niihin kohdistuu aurauksen aiheuttama roiskerasitus. Tämä näkyy pintaan ilmestyvinä koloina. Huolimaton auraus saattaa myös aiheuttaa pinnoitteeseen naarmuja.

Uhrautuvat töherryksenestoaineet tuhoutuvat töherryksiä poistettaessa ja käsittely joudutaan uusimaan.

1.4 Betonin suojaustyön vaiheet

Betonirakenteen suojaustyö etenee kuvan 7 [Betonipinnan suojaustyön vaiheet](#) esittämissä vaiheissa.

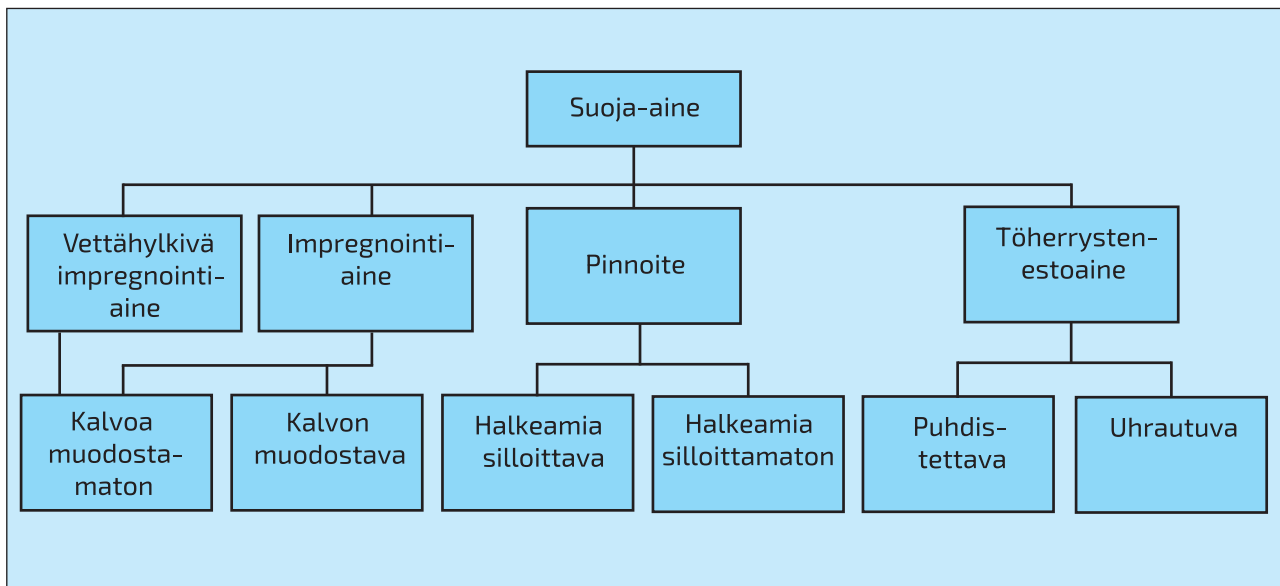


Kuva 7. Betonipinnan suojaustyön vaiheet

1.5 Termit ja määritelmät

Siltojen korjaustöissä betoniin liittyvät termit, määritelmät ja merkinnät on esitetty betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevässä yleisohjeessa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina*.

Esikäsittelyyn liittyvät termit on esitetty ao. SILKO-yleisohjeessa *SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsittelymenetelmät*, polymeerejä käsittelevät termit niitä käsittelevässä SILKO-yleisohjeessa *SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina* ja kosteuskäsitteet vedeneristykksiä käsittelevässä SILKO-yleisohjeessa *SILKO 1.801 Vedeneristykset*.



Kuva 8. Suoja-aineiden käsitejärjestelmä

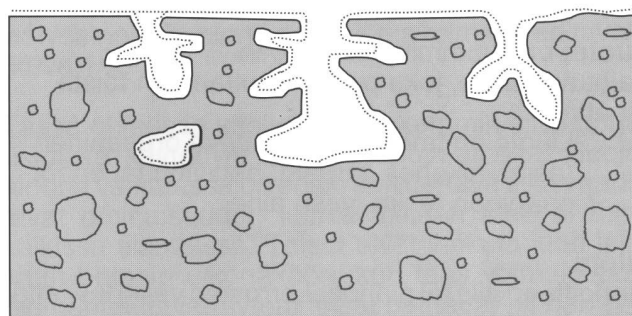
**Betonipinnan suoja-
aineet ja niiden yhdis-
telmät**

Aineet ja niiden yhdistelmät, jotka levitettynä parantavat betonirakenteiden säilyvyyttä.

**Vettähylyvä impreg-
nointi**

Betonin käsittely, jolla saadaan aikaan vettä hylkivä pinta.

Huokokset ja kapillaarit ovat sisäpuolisesti pinnoittuneita, mutta eivät täytyneitä. Betonin pinnalla ei ole kalvoa, ja tästä syystä sen ulkonäkö muuttuu vain vähän tai ei lainkaan.

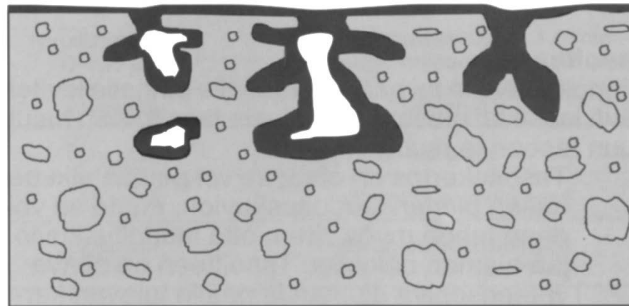


Kuva 9. Vettähylyvä impregnointi

Impregnointi

Betonin käsittely, jolla vähennetään betonin pinnan huokoisuutta ja lujitetaan betonin pintaa. Huokokset ja kapillaarit ovat osittain tai kokonaan täyttyneet.

Tavoitteena on pinnan neste-, kaasu- ja höyrytiiviys sekä pinnan lujittaminen. Impregnointiaineessa voi olla pigmenttejä ja täyteainetta.



Kuva 10. Impregnointi

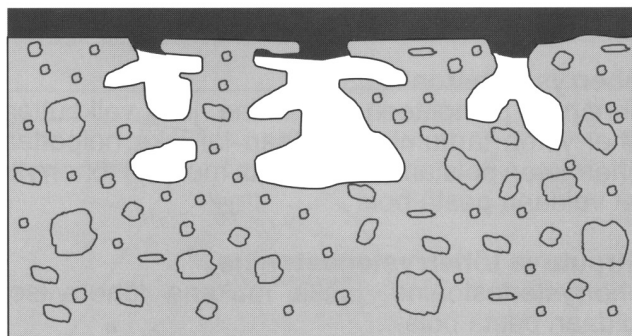
Pinnoitus

Käsittely, jolla betonin pintaan saadaan yhtenäinen suojakerros.

HUOM. 1 Tyypillinen paksuus on 0,1 mm...5,0 mm. Erityissovellutukset voivat vaatia yli 5,0 mm:n paksuutta.

HUOM. 2 Sideaineena voi olla esim. orgaanisia polymeerejä tai orgaanisia polymeerejä, joiden fillerinä on sementtiä, tai polymeeridispersiolla modifioitua hydraulista sementtiä.

Tavoitteena on pinnan suojaaminen tarpeen mukaan jopa mekaanista kulutusta vastaan. Pinnoituksen paksuus on vähintään 300 µm. Pinnoitteessa on pigmenttejä ja täyteainetta.



Kuva 11. Pinnoitus

Pinnoite

Betonin pinnalle levitettävä aine, jolla betonin pintaan saadaan jatkuva ainekerros.

Silloittava pinnoite

Betonirakenteen halkeamissa tapahtuvia liikkeitä kestävä pinnoite.

Polymeeripinnoite	Pinnoite, jonka sideaineena on polymeeri.
Sementtipinnoite	Pinnoite, jonka sideaineena on sementti.
Sementtipohjainen pinnoite	Polymeerisementtipinnoite tai polymeerimodifioitu sementtipinnoite.
Polymeerisementtipinnoite	Polymeeripitoinen sementtipinnoite, jossa polymeerin kuiva-ainepitoisuus on yli 5 % sementin painosta.
Polymeerimodifioitu sementtipinnoite	Polymeeripitoinen sementtipinnoite, jossa polymeerin kuiva-ainepitoisuus on alle 5 % sementin painosta.
Pinnoiteyhdistelmä	Yhdestä tai useammasta määritellystä kerroksesta koostuva, tietyn paksuinen betonin suojakalvo.
Polymeeri	Aine, jonka molekyylit pieniä epäsäännöllisyyksiä lukuun ottamatta koostuvat monesta yhteen liittyneestä pienimolekyyllisestä rakenneyksiköstä, joiden lukumäärä on niin suuri, että muutaman yksikön lisäys tai vähennys ei enää vaikuta aineen ominaisuuksiin. Alkuperänsä mukaan polymeerit jaetaan toisaalta luonnonpolymeereihin ja keinotekoisin eli synteettisiin polymeereihin, toisaalta epäorgaanisiin (esim. silikonipolymeerit) ja orgaanisiin polymeereihin.
Pigmentti	Hienojakoinen, sideaineeseen liukenematon korroosionesto- tai värijauhe.
Tartunta-aine	mieluummin kuin: primer Pinnoitteen tartuntaa parantava nestemäinen aine. Tartunta-aineet vaihtelevat tuotekohtaisesti.
Liute	Haihtuva neste, joka pystyy liuottamaan toista ainetta. Liutin-termin käyttöä ei suositella. Liute on tavallisesti haihtuva orgaaninen (esim. alkoholi, tärpätti, bensiini) tai epäorgaaninen (esim. vesi) aine.
Silote	Pinnoitteen alle tai pinnoitekerrosten väliin levitettävä tuotekohtainen laasti tai massa, jolla täytetään betonipinnan huokokset ja reiät.

Silotekerros jättää betonipinnan laudoituskuvion näkyviin. Silotteen on oltava yhteensopiva alustan ja päälle tulevan kerroksen kanssa. Silote levitetään yleensä vain huokosia ja reikiä sisältävälle pinnalle.

Soodapesu

Pinnan puhdistus ruiskuttamalla soodaa paineilman avulla.

Tasoite

Pinnoitettavalle tai päällystettävälle pinnalle levitettävä laasti tai massa, jolla alusta tasoitetaan haluttuun tasoon ja muotoon.

Tasoitekerros on ohut, se voi peittää alkuperäisen pinnan laudoituskuvion, mutta se voidaan tehdä myös siten, että laudoituskuvio jää hieman näkyviin. Tasoitteen on oltava yhteensopiva alustan ja päälle tulevan kerroksen kanssa.

Korroosionestoaine

Raudoitustangon pintaan levitettävä aine, joka suojaa raudoitustankoa ruostumiselta.

Korroosionestoaine on paikkausainekohtainen.

Töherrystenestoaine

Pinnan tai pinnoitteen suoja-aine, joka vaikeuttaa töherryksen tarttumista pintaan tai joka helpottaa töherryksen poistamista tai jonka mukana töherrykset voidaan pestä pois.

Uhrautuva töherryksenestoaine

Töherryksenestoaine, jonka mukana töherrykset voidaan pestä pois.

Puhdistetun pinnan suojaus joudutaan pesun jälkeen tekemään uudestaan.

Puhdistettava töherryksenestoaine

Töherryksen poistoa helpottava suoja-aine, joka vaikeuttaa töherryksen tarttumista tai helpottaa niiden poistamista.

Suojakerros muodostaa joko itsenäisen kalvon tai on osa pinnoiteyhdistelmää. Pinta voidaan puhdistaa pinnoitteen valmistajan hyväksymällä liuotteella useita kertoja.

Töherryksenpoistoaine

Töherretyn betonipinnan tai pinnoitteen päälle levitettävä aine, joka irrottaa töherrykset alustastaan pintaa pestäessä.

Töherryksenpoistoaineiden vaikutusajat ovat tuotekohtaisia.

Dispersio

Kaksi- tai monifaasinen seos, joka muodostuu hienojakoisesta aineesta sekoituneena toiseen aineeseen.

Dispersion hiukkaset voivat olla kiinteitä osasia, nestepisaroita tai kaasukuplia. Suoja-aineiden dispersiotyypit ovat suspensio ja emulsio.

Akryyli-propionaatti-dispersio	Akryylin ja jonkin propionaatin dispersio. Propionaatti on orgaanisen hapon suola. Termiin voidaan dispersion pe- rään liittää vielä määräte kopolymeeri, jos halutaan korostaa, että kysy- myksessä on kahden aineen muodostama dispersio.
Suspensio	Kiinteistä hiukkasista ja nesteestä koostuva dispersio.
Lateksi	Polymeerihiukkasista ja nesteestä koostuva suspensio. Useimmiten veteen sekoittuneiden polymeerihiukkasten koko vaihtelee la- teksissa välillä 0,1–10 µm. Lateksit ryhmitellään polymeerin kemiallisen koostumuksen mukaan
Emulsio	Suoja-aine, jossa väliaineena on orgaanisen sideaineen ja veden dispersio.
Esikäsittely	Suojattavan alueen työstäminen siten, että pinnan tartuntaominaisuudet ja puh- taus vastaavat asetettuja vaatimuksia. Betonipinnan esikäsittelymenetelmiä ovat hionta, puhdistus ja puhdistus- jyrsintä. Puhdistusmenetelmiä ovat suihkupuhdistus, liekkiharjaus, suur- painepesu ja imurointi. Suihkupuhdistusmenetelmiä ovat hiekkapuhallus, vesihiekkapuhallus ja sinkopuhdistus.
Esikastelu; mieluum- min kuin: esikostutus	Betonipinnan kosteustilan muuttaminen sementtipohjaiselle pinnoitteelle sopi- vaksi. Pinnan kosteustilan pitää olla pinnoitustyön alkaessa pinnoitteen tuote- kohtaisen ohjeen mukainen.
Hierto	Pinnan tasoittaminen puu- tai teräslastalla.
Puhdistusjyrsintä, puhdistushionta	Sementtiliiman ja epäpuhtauksien poisto kevyellä jyrsimellä tai hiomalaitteella 0–2 mm:n syvyydeltä.

2 Betonin suojaustyön suunnittelu

2.1 Suojattavan rakenteen tarkastus

Betonin vaurioita voidaan todeta näköhavainnoinkin, mutta mittauksin on selvítettävä

- betonin karbonatisoituminen ja kloridipitoisuus
- raudoituksen betonipeite ja korroosiotila
- rakenteen kosteustila ja mahdolliset kosteuslähteet ja -liikkeet.

Erikoistarkastus tehdään ohjeiden *Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset – Sillat ja Sillantarkastuskäsikirja* mukaan. Jos pinta on halkeillut verkkomaisesti, betonin pakkasenkestävyys on yleensä selvitettävä. Erittäin tärkeätä on selvittää rakenteellisissa halkeamissa tapahtuvat liikkeet.

2.2 Suojaustyön periaateratkaisun teko

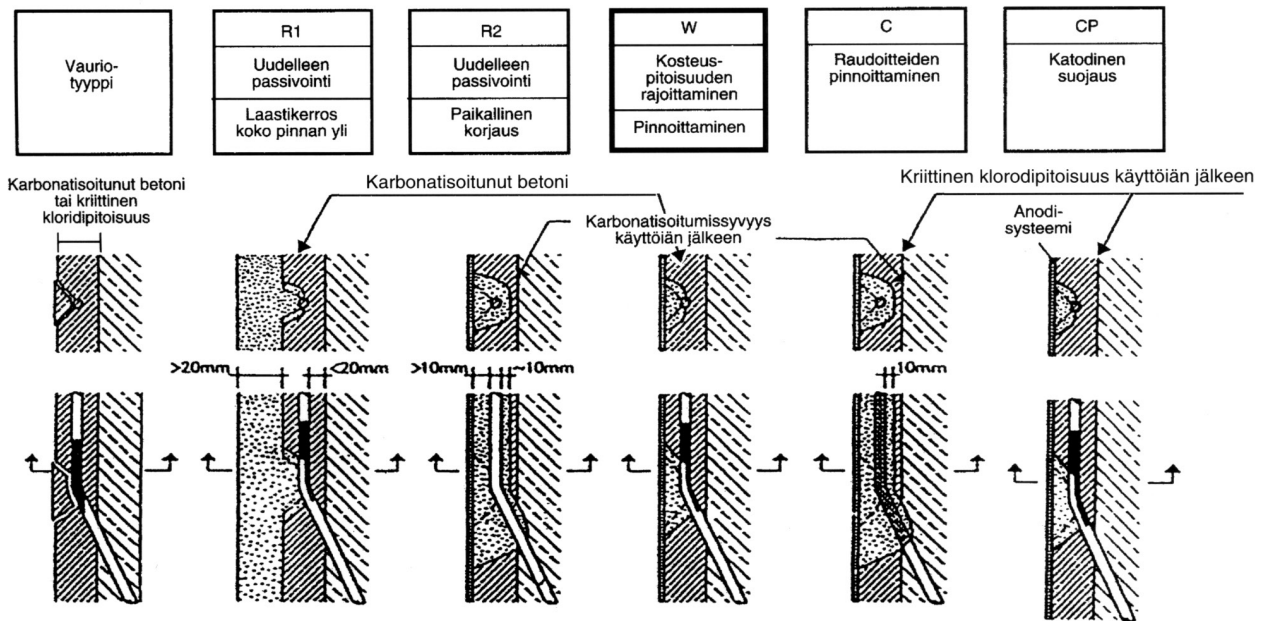
Betonin korjausperiaatteet ja suojausmenetelmät ovat taulukon [1 Betonin korjausperiaatteet ja suojausmenetelmät](#) mukaiset. Suojausmenetelmää valittaessa on otettava siltakohtaisesti huomioon myös töherrysten esto ja poisto, joita on käsitelty kohdassa [3.4 Töherrystenestoaineet ja puhdistusmenetelmät](#).

Taulukko 1. Betonin korjausperiaatteet ja suojausmenetelmät

Tavoite	Korjausperiaate	Suojausmenetelmä
Betonin vaurioitumisen hidastaminen	Vastustuskyvyn parantaminen fysikaalisia, mekaanisia ja kemiallisia rasituksia vastaan	Betonin pinnoitus Impregnointi
Betonin vaurioitumisen ja raudoituksen korroosion hidastaminen	Suojaus haitallisten aineiden tunkeutumista vastaan	
	Betonin kosteuspitoisuuden säätely	Betonin pinnoitus Vettähylkivä impregnointi
Raudoituksen korroosion hidastaminen	Betonin sähköisen vastuksen liittäminen	Betonin pinnoitus Impregnointi
	Katodisen alueen säätely hapen määrää rajoittamalla	

Betonin suojaaminen pinnoittamalla rinnastuu vaihtoehtoihin tai täydentäviin betonin korjausmenetelmiin kuvan [12 Betonin korjausmenetelmät \(Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages.\)](#) esittämällä tavalla (*RILEM Technical Recommendation 124 SRC. Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. Final Draft, December 1992. 51 pages.*). Kuvan [12 Betonin korjausmenetelmät \(Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages.\)](#) korjausperiaatteet ovat:

- betonin korjaaminen entiselleen eli raudoituksen uudelleenpassivointi sementtipohjaisella laastilla (R)
- betoninkosteuden, vastustuskyvyn ym. ominaisuuksien säätely eli betonin pinnoitus (W)
- anodisen alueen säätely eli korroosion estäminen teräksen pinnoituksella (C)
- katodinen suojaus (CP).



Kuva 12. Betonin korjausmenetelmät (Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages.)

Menetelmä R perustuu emäksisyyden palauttamiseen raudoitustangon ympärille sementtipohjaisella korjausmateriaalilla. Menetelmässä ei sallita raudoitustangon pinnoittamista, jos se estää teräksen uudelleenpassivoitumisen.

Menetelmä W perustuu betonin kosteuspitoisuuden vähentämiseen pinnoittamalla. Pinnoituksella pienennetään sähkönjohtavuutta niin paljon, että korroosioaste on käytännössä merkityksetön.

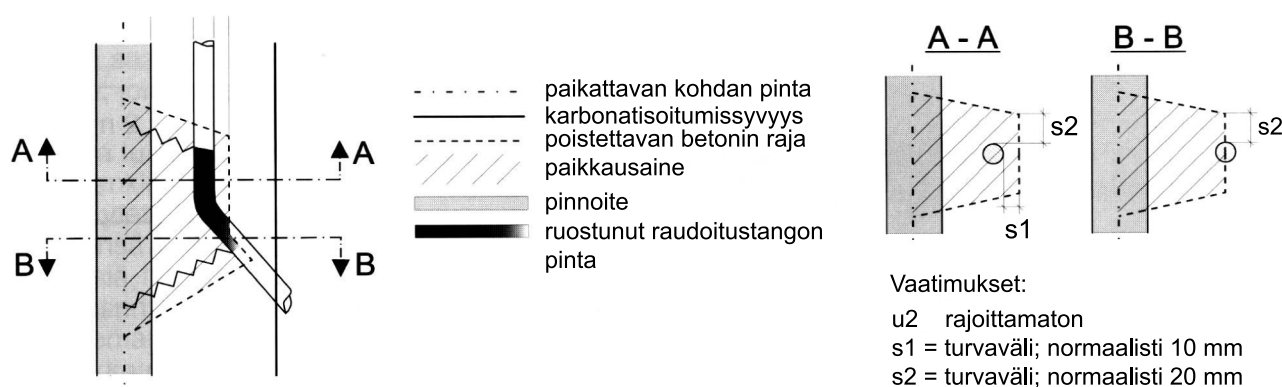
Menetelmä C perustuu raudan liukenemisen eli anodireaktion estämiseen raudoitustangon eristävän pinnoitteen avulla.

Menetelmä CP perustuu ulkoisen jännitteen tai nk. uhrautuvien anodien asentamiseen, jolloin koko suojattava rauditus toimii katodina eikä korroosiota synny.

Korjausperiaate (kuvat 12 Betonin korjausmenetelmät (Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages.) ja 13 Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä W (RILEM Technical Recommendation 124 SRC. Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. Final Draft, December 1992. 51 pages.)) valitaan sen mukaan, johtuuko korroosio betonin karbonatisoitumisesta, liian suuresta betonin kloridipitoisuudesta vai betonin huonosta pakkaskestävyydestä. Suomessa tähän asti saatujen kokemusten perusteella korjausperiaatteista voidaan antaa seuraavia ohjeita:

1. Betonipinnan suojaustyön tarkoitus uuden rakenteen säilyvyyden kannalta on useimmiten raudituksen korroosion ennaltaehkäiseminen. Uuden rakenteen suojaamisella voidaan vähentää myös betonin pakkasrasitusta.
2. Jos uuden rakenteen raudituksen betonipeite on jäänyt liian ohueksi, tilanne saadaan hallintaan suojausmenetelmillä (W). Myöhemmin suojaus sopii yleensä vain karbonatisoituneen betonin kestoiän pidentämiseen eli korroosion jatkumisen estämiseen, jolloin on harkittava suojauksen yhdistämistä uudelleenalkalointiin.

3. Jos raudoituksen korroosio on käynnistynyt tai käynnistymässä laajoilla alueilla betonin kloridipitoisuuden vuoksi, joudutaan yleensä turvautumaan katodiseen suojaukseen (CP). Katodinen suojaus voidaan toteuttaa mm. anodimaalin avulla. Lievissä tapauksissa saattaa olla mahdollista käyttää massaan sekoitettavia tai rakenteeseen impregnoitavia inhibiittoreita. Paikallisesti, esim. halkeaman kautta rakenteeseen tunkeutuneiden kloridien aiheuttama korroosio vaurio voidaan korjata pinnoittamalla raudoitustanko (C) ja paikkaamalla betoni.
4. Jos vaurion syy ei ole raudoituksen korroosio vaan esimerkiksi betonin huono pakkasenkestävyys, rakenne korjataan karbonatisoituneen betonin paikkausohjeita noudattaen. Betonin uudelleenpassivoitinta (R1 ja R2) on käsitelty SILKO-yleisohjeissa *SILKO 1.231 Betonin paikkaus* ja *SILKO 1.232 Betonointi ruiskuttamalla*. Betonia joudutaan yleensä paikkaamaan ennen suojausta. Jos raudoituksen betonipeite on laajalla alueella alle 10 mm, paikallista korjausta ei pidä käyttää, vaan pinnalle on levitettävä betoni- tai laastikerros ennen suojausta.



Kuva 13. Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä W (*RILEM Technical Recommendation 124 SRC. Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. Final Draft, December 1992. 51 pages.*)

Yleensä riittää, että betoni poistetaan piikkaamalla vain jo lohjenneilta ja haljenneilta alueilta. Paljastuneiden raudoitustankojen pinnoittaminen ei ole välttämätöntä. Työteknisistä syistä on suositeltavaa, että piikkaus ulotetaan raudoitustangon taakse tangon halkaisijan verran, kuitenkin vähintään 20 mm, vaikka menetelmä W sallisi pienemmänkin turvavälin.

Päätöksenteon pohjaksi on tehtävä koko alueen kattava erikoistarkastus, jossa selvitetään betonin laatu ja kosteustila, raudoituksen betonipeite ja potentiaali sekä betonin karbonatisoituminen ja kloridipitoisuus. Erikoistarkastuksen perusteella määritetään mitä ominaisuuksia suojaukselta vaaditaan ja mitkä ovat suojattavan rakenteen fysikaaliset ominaisuudet ja rajoitukset. Valittu suojaus on annettava alan asiantuntijoiden suunniteltavaksi ja toteutettavaksi. Taulukossa [2 Betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset](#) on esitetty yleiset periaatteet näiden menetelmien soveltamisesta.

Taulukko 2. Betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset

Menetelmä	Piikkaustarve		Raudoitustan- gon pinnoitus	Alkalinen paik- kauslaasti	Betonin pinnoi- tus
	Vain vaurioitu- nut betoni	Karbonatisoi- tunut betoni			
R1	x		-	x	
R2		x	-	x	
W	x				x
C		x	x		
CP	x		-	x	

x = menetelmäkohtainen vaatimus

- = ei sallittu

tyhjä ruutu = ei vaadittu

Jos raudoituksen korroosio on laajemmin käynnissä, betonipinnan suojausmenetelmiä saa käyttää vain erityistapauksissa rakenteen jäljellä olevan käyttöiän pidentämiseksi. Muissa tapauksissa niitä käytetään siltarakenteissa seuraavasti:

- Vettähyllivillä impregnointiaineilla estetään kloridien tunkeutumista betoniin.
- Impregnointiaineilla estetään kosteuden epätoivottavaa kulkeutumista rakenteessa ja parannetaan kulutuksenkestävyyttä.
- Pinnoitteilla estetään haitallisten aineiden ja kaasujen tunkeutumista betoniin ja parannetaan sillan ulkonäköä.

Yleisin ja suositeltavin karbonatisoituneen betonin korjausperiaate on uudelleenpassivointi sementtipohjaisella paikkauslaastilla tai betonilla eli menetelmä R. Pinnoittaminen (W) on yleensä sen vaihtoehto, jos karbonatisoituminen ei ole saavuttanut raudoitusta.

Rakenteen pinnoitus eli menetelmä W (kuva [13 Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä W \(RILEM Technical Recommendation 124 SRC. Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. Final Draft, December 1992. 51 pages.\)](#)) perustuu betonin kosteuspitoisuuden vähentämiseen. Sillä estetään sade- ja roiskevesien tunkeutuminen betoniin, jolloin betonin kosteuspitoisuus pienenee ja sähköinen vastus kasvaa kokemuksen mukaan niin suureksi, että korroosionopeus pienenee karbonatisoituneessa betonissa lähes merkityksettömäksi. Vaikka menetelmällä ei saada korroosiota täysin pysäytetyksi, voidaan monissa tapauksissa rakenteen jäljellä olevaa käyttöikää kuitenkin pidentää oleellisesti. Betoni pinnoitetaan ohjeen *SILKO 2.253 Betonipinnan pinnoitus* mukaan.

Menetelmän käyttöedellytykset ovat seuraavat:

- Pinnoitteen kuntoa seurataan säännöllisesti. Pinnoitteen pitää olla jatkuvasti ehjä ja toimiva.
- Kosteutta ei saa tunkeutua rakenteeseen pinnoitteen alle mistään lähteistä. Käytännössä betonin kosteustila pitää tarkistaa kosteusmittauksin.

- Menetelmää ei saa käyttää kuumassa ja kosteassa tilassa tai ilmastossa. Suomen ilmasto on yleensä sopiva.

Halkeamien silloituskyky on usein tärkeä pinnoitteen ominaisuus, koska siltarakenteissa on lähes aina eriyistä johtuvia halkeamia. Silloilla käytettävien halkeamien silloittavien pinnoitteiden tulee standardin EN 1062-7, menetelmä A:n mukaan -30 °C:n lämpötilassa testattuna silloittaa vähintään 0,3 mm:n levyinen halkeama.

2.3 Suunnitelman laatiminen

Suojaus tehdään yleensä sillan peruskorjauksen tai muun suuremman korjaustyön yhteydessä tai uudelle sillalle, jos

- reunapalkki, päällysrakenteen pystypinta tai välituki suojataan
- betonipeite on jäänyt liian ohueksi ja betonin karbonatisoituminen ei ole saavuttanut raudoitusta
- rakenteen pintaan ilmestyy heti valun jälkeen halkeamia huonon tiivistyksen, puutteellisen jälkihoidon, plastisen painuman tai kutistumisen seurauksena
- rakenne suojataan töherryksiä vastaan
- ulkonäköä halutaan parantaa.

Jos rakenteen läpi suotautuu kosteutta ja pintaan alkaa ilmestyä halkeamia, rakenne voidaan useimmiten suojata pinnoittamalla, kunhan sitä ennen estetään vesi- ja kosteusvuodot. Pinnoitus tehdään 1–3 vuoden kuluttua siitä, kun rakennekosteus on asettunut uuteen tasapainotilaan. Menettelyä voidaan soveltaa mm. kansilaattoihin ja maatumien etumuureihin.

Ulkonäköä parantamaan tarkoitettu pinnoite on valittava niin, että sillä on myös rakennetta suojaava vaikutus.

Suunnittelun tärkein vaihe on suojausmenetelmän valinta. Menetelmä ja aineet on valittava siten, että vaurion syy tulee poistettua. Suoja-aineohjeissa (*SILKO 3.252 Impregnointi- ja tiivistysaineet* ja *SILKO 3.253 Pinnoitusaineet*) on eri pinnoitteiden ominaisuuksia esittelevät taulukot. Niistä saa karkean kuvan suoja-aineista. Lopullista valintaa varten tarvittavia tarkempia tietoja on saatavissa

- suoja-aineiden myyjiltä saatavista SILKO-tutkimusten raporteista, joiden tiedot ovat yhteismitallisia
- valmistajien esitteistä ja tutkimusraporteista, joiden suhteen on kuitenkin otettava huomioon, että eri tahoilla käytetyt tutkimusmenetelmät poikkeavat yleensä toisistaan.

Jos alueella esiintyy töherryksiä, niiden helppo poistettavuus on etu pinnoitevalinnassa. Pinnoitteen värisävy valitaan tilaajan maisemanhoidosta vastaavien kanssa. Harmaasta poikkeavien värien käyttö on suotavaa silloin, kun ne sopivat harmonisesti sillan ympäristöön.

Ruiskubetonointi on usein vaihtoehtoinen korjausmenetelmä, johon pinnoitusta on verrattava säilyvyyden, ulkonäön ja kustannusten suhteen.

Mallityö tai ennakkokoe on suositeltava, jos on selvítettävä

- paikkaus- tai injektointiaineet ja pinnoitteen yhteensopivuus niiden kanssa
- ainemenekki halutun kalvonpaksuuden saamiseksi ja kalvonpaksuuden mittaussuunnitelma
- pinnoitteen tartunta alustaan

- pinnoitteen värisävy.

Ennen työn aloittamista on laadittava työ- ja laatusuunnitelma *InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat* (lisäksi edellistä täydentävät tai päivittävät ohjeet: www.rts.fi/infraryl – InfraRYL ylläpito) ja aikataulu.

2.4 Suojaustyön työ- ja laatusuunnitelma

Urakoitsija laatii ennen työn aloittamista yhdistetyn työ- ja laatusuunnitelman, jossa esitetään seuraavat asiat alla olevan jaottelun mukaan:

1. Yleiset tiedot

- hankkeen työjohto, työntekijät ja laadunvalvontaorganisaatio:
- henkilöt ja tiedot pätevyyksistä, vastuu, toimivalta ja tehtävät
- työmäärien tarkistus
- laaduntarkastuksissa käytettävä kalusto
- työturvallisuus- ja ympäristönsuojelutoimet
- työhön vaikuttavat paikalliset olot kuten rautatien sähköistys ja työskentely rautatien läheisyydessä (neuvoteltava rautatieviranomaisten kanssa), työnaikainen liikenne, vesistön käyttö jne.
- lupien hankinta.

2. Työsuunnitelma

- työntekijät, työkapasiteetit ja aikataulu
- purettavien osien rajat ja purkamismenetelmä
- teline-, suojaus- ja muottirakenteet
- laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimet
- työaluejako
- paikkausaineet
- suojattavan alustan esikäsittely
- suoja-aineet ja työmenetelmät
- pinnoitekerrosten värisävyt
- menettely pintavaatimusten saavuttamiseksi
- pinnan käsittely, suojaus ja jälkihoitomenetelmä
- työalueen suojaaminen
- liikennejärjestelyt.

3. Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset

- olosuhtemittaukset
- ainemenekkien seuranta
- korjausalustan vetolujuuden mittaus
- pinnoitteen tartuntalujuuden mittaus
- laadunohjaus yllä mainittujen toimien perusteella.

4. Kelpoisuuden osoittaminen

- ainemenekkien määrät
- tartuntamittaukset
- puristuslujuusmittaukset
- poikkeamaraportit
- korjaustoimenpiteet
- uusintatarkastus.

Urakoitsija laatii suojauksen hoitosuunnitelman, jonka tulee sisältää tarkastukset ja uudelleen käsittelyajankohdat sekä uudelleen käsittelyyn soveltuvat suoja-aineet. Suojauksen hoitosuunnitelma liitetään suojaustyön laaturaporttiin.

3 Betonin suoja-aineet

Betonin suoja-aineita käytetään ensisijaisesti betonin säilyvyyden parantamiseen, mutta niillä voidaan myös ehostaa sillan ulkonäköä. Suoja-aineiden ominaistiedot on esitetty taulukossa [3 Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävien suoja-aineiden ominaisuuksia](#). Suoja-aineet, jotka täyttävät Väyläviraston niille asettamat laatuvaatimukset toimivat taulukossa esitetyllä tavalla.

Taulukko 3. Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävien suoja-aineiden ominaisuuksia

Ominaisuus	Vettähylykivät impregnointiaineet	Impregnointiaineet	Pinnoitteet
Kalvon muodostuminen pintaan	eivät muodosta kalvoa	useimmat muodostavat epäjatkuvan kalvon	muodostavat kalvon
Ainepaksuus	-	-	ohuet pinnoitteet $\geq 0,3$ mm paksut pinnoitteet $\geq 2,0$ mm
Vedenimu	vähentää	vähentää	vähentää
Vesihöyrynläpäisevyys	ei vaikutusta	vähentää	vähentää
Hiilidioksidinläpäisevyys	mahdollisesti lisää	vähentää	vähentää voimakkaasti
Pakkasen- ja pakkassuolakestävyysparantaminen	parantaa	parantaa	parantaa voimakkaasti

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Vettähylykivät impregnointiaineet	Impregnointiaineet	Pinnoitteet
Vedessä olevien vahingollisten aineiden tunkeutumisen vähentäminen	vähentää mahdollisesti	vähentää mahdollisesti	vähentää
Vaikutus ulkonäköön	ei	mahdollinen	vaikuttaa
Betonin kosteus suoja-aine käsittelyä tehtäessä	kuiva	kuiva	kuiva tai korkeintaan kostea
Halkeamansilloitus	ei	ei	riippuu pinnoitteesta

Markkinoilla on erityyppisiä vettähylykiviä impregnointiaineita, impregnointiaineita ja pinnoitteita, jotka toimivat eri tavoin.

Tässä ohjeessa käsitellään tarkemmin sillankorjaustöissä käytettyjä betonin suoja-aineita. Suoja-ainetta valittaessa on ensin selvítettävä siltä vaadittavat ominaisuudet, koska mikään aine ei toimi kaikissa tilanteissa. Toiset eivät vaikuta juuri lainkaan betonin ulkonäköön, kun taas voimakkaasti pigmentoidut ja täyteaineiset peittävät pinnan täysin.

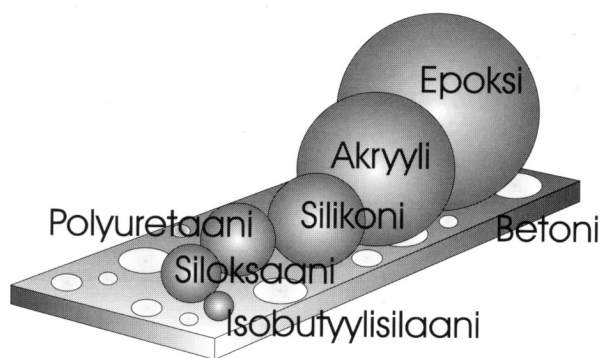
3.1 Vettähylykivät impregnointiaineet

Vettähylykivät impregnointiaineet rajoittavat tai estävät vettä ja sen mukana kulkeutuvia suoloja kuten klorideja tunkeutumasta betoniin. Impregnointi saadaan aikaan peittämällä huokosten seinämät hyvin ohuella vettähylykivillä kerroksella. Näin huokokset eivät täyty ja rakenteesta suotautuvan vesihöyryn läpäisevyyttä ei rajoiteta. Vettähylykiviä impregnointiaineita ovat (*Garrett R. M. How to Choose the Right Protective Coating. Western Region Conference. National Association of Corrosion Engineers. September 25–27, 1963. Anaheim, California.*)

- a) silikonihartsit, siloksaanit ja silaanit
- b) stearaatit (ei käsitellä tässä ohjeessa).

Silikonihartseja valmistetaan synteettisesti piimetallista ja orgaanisista kemikaaleista, ja ne ovat valmiita tuotteita. Kaupalliset silikonihartsit sisältävät noin 5 % orgaanisia liuottimia silikonin painosta.

Siloksaanit ja silaanit valmistetaan samoista raaka-aineista, mutta erot niiden molekyylikoossa vaikuttavat merkittävästi niiden tunkeutumiseen (kuva 14 Suoja-aineiden molekyylien vertailukoot (*Garrett R. M. How to Choose the Right Protective Coating. Western Region Conference. National Association of Corrosion Engineers. September 25–27, 1963. Anaheim, California.*)). Kuvaa tarkasteltaessa on otettava huomioon, että se antaa vain karkean esimerkin, koska molekyylien ja huokosten koot vaihtelevat erittäin paljon.



Kuva 14. Suoja-aineiden molekyylien vertailukoot (Garrett R. M. *How to Choose the Right Protective Coating*. Western Region Conference. National Association of Corrosion Engineers. September 25–27, 1963. Anaheim, California.)

Silaanit, siloksaanit ja silikonihartsit perustuvat kaikki silaanimolekyylin SiH_4 . Ero on polymeroitumisasteessa eli toisiinsa kiinnittyneiden molekyylin määrässä. Silaanissa on yksi molekyyli, siloksaaneissa niitä on useampia (< 100) ja silikonihartseissa vielä enemmän (> 100). Kaikkia näitä kolmea käytettäessä tavoitteena on, että betonin pinta ja kapillaarien seinämät peittyvät yhtenäiseen silikonihartsikerrokseen. Ero on siinä, missä vaiheessa silikonihartsit muodostuu; ennen vai jälkeen betonin pinnalle levittämisen.

Impregnointiaineissa, jotka tekevät betonin vettä hylkiväksi, silaani-, siloksaani- ja silikonihartsimolekyylejä on muunneltu siten, että niissä on betoniin kiinnittyvä ja vettä hylkivä osa. Silaani tunkeutuu pienen molekyylikokonsa vuoksi parhaiten betoniin. Suurimolekyylisen silikonihartsin tunkeutuvuus betoniin on heikompi, hyvälaatuisen betoniin yleensä pienempi kuin $100\text{ }\mu\text{m}$. Koska molekyylejä voidaan muunnella eri tavoin ja lisäksi kaupalliset tuotteet voivat sisältää eri määriä erilaisia liuotteita, tuotteiden välillä voi olla toiminnallisia eroja, vaikka ne pohjautuvat samaan silaani-, siloksaani- ja silikonihartsimolekyylisiin.

Vettähylkivien impregnointiaineiden tunkeutuminen betoniin riippuu aineen ominaisuuksien lisäksi betonin tiiveydestä. Esimerkiksi muottikangasta vastaan valettu uusi betonipinta on niin tiivis, että vettähylkivä impregnointiaine ei tunkeudu riittävän syvälle, että aineen käytöstä olisi hyötyä.

Betonin pinnassa auringon säteily hajottaa silikonihartseja ja syvemmillä betonissa emäksinen huokosliuos pyrkii rikkomaan hartsin ja betonin välisen sidoksen. Siksi aineet harvoin säilyttävät vedenhylkivyytensä kymmentä vuotta kauemmin.

Kun betonipinta tehdään vettähylkiväksi, hiilidioksidin pääsy rakenteeseen helpottuu, koska huokokset eivät ole vesitäytteisiä. Tällöin betonin karbonatisoituminen nopeutuu. Jos betonin pintaan tulee halkeamia vettähylkivän impregnoinnin jälkeen, ne rikkovat vettähylkivän kerroksen.

3.2 Impregnointiaineet

Impregnointiaineet muodostavat ohuen epäjatkuvan kalvon tai reagoivat betonin kanssa.

Esimerkiksi impregnointiaineet, kuten epoksit, polyuretaanit ja pellavaöljy (vernissa) sekä betonin tiivistykseen käytettävät pigmentoimattomat akryylit muodostavat ohuen kalvon. Akryylit eivät muuta pinnan ulkonäköä merkittävästi ja kestävät hyvin auringonsäteilyä, mutta eivät estä karbonatisoitumista. Akryylejä voidaan käyttää, jos betonin pinta on pölyävä tai heikkolaatuisen pinnan kulutuksenkestävyyttä on parannettava, sillä akryylit kovettavat tehokkaasti betonin pintaa. Ne estävät tehokkaasti veden tunkeutumista rakenteeseen, ellei vesi lammikoidu suojattavalle pinnalle. Jos vesilammikoita syntyy, kestävyyttä voidaan parantaa yhdistelmällä, jossa on alla vettähylkivä silikonihartsit ja päällä puhdas akryyli, joka suojaa silikonihartsia säärasituksilta. Yhdistelmästä on saatu hyviä kokemuksia siltarakenteissa.

Silikaatit ja fluorosilikaatit tunkeutuvat 50–100 µm:n syvyyteen kuivaan betoniin ja reagoivat sementin hydrataatiotuotteiden kanssa muodostaen lujia, liukenemattomia yhdisteitä, jotka saostuvat betonin huokosiin ja siten lisäävät betonipinnan tiivyyttä. Tämä hidastaa veden ja kloridien tunkeutumista betoniin. Koska toiminta betonissa perustuu reaktioon betonin osa-aineiden kanssa, niiden levittämisaikankohdalla on määritettävä tuotekohtaisesti. Aineet eivät yleensä estä betonin karbonatisoitumista tai aiheuta uudelleenalkaloitumista, mutta parantavat rajallisesti pinnan kulutuksenkestävyyttä.

3.3 Pinnoitteet

3.3.1 Pinnoitteiden yleisiä ominaisuuksia

Pinnoitteilla voidaan estää karbonatisoitumista ja sade-, roiske- ja kondenssivesien imeytymistä betoniin ja näin hidastaa raudoituksen korroosiota, betonin pakkasrapautumista ja muuta vaurioitumista. Huolellisesti tehty, joustava, korkealuokkainen pinnoite silloittaa ohuet halkeamat, estää hiilidioksidin tunkeutumisen rakenteeseen ja antaa hyvän suojan vähintään kymmeneksi vuodeksi. Betonirakenteen säilyvyyden parantamisen lisäksi pinnoitteilla voidaan ehostaa sillan ulkonäköä.

Pinnoitteiden on päästettävä vesihöyryä riittävästi lävitseen, jottei kosteus pääse kertymään pinnoitteen alle. Liian tiivis kalvo saattaa johtaa pinnoitteen ennenaikaiseen irtoamiseen alustastaan. Toisaalta vesihöyryä liian hyvin läpäisevät pinnoitteet eivät suojaa alustaa riittävästi.

Pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyyttä arvioidaan diffuusiovastuksen s_D avulla (*Betonirakenteiden korjausohjeet*. by 41. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 2007. 110 s. ISBN 9789525075854.). Alle 0,5 m vastuksen omaavia tuotteita pidetään vesihöyrynläpäisevyyden suhteen avoimina ja tätä suuremman vastuksen omaavia tiiviinä. Pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyys määritetään laboratoriossa standardin EN ISO 7783 mukaan ns. kuppikokeella. Kuppikokeessa mitataan pinnoitteen läpi siirtyvän vesihöyrymäärää pinta-alayksikköä kohti. Kosteuden siirtymisen pinnoitteen läpi saa aikaan ilman suhteellisen kosteuspitoisuuden ja vesihöyryn osapaineiden erot pinnoitteen eri puolilla. Mitatusta kosteusvirrasta saadaan laskennallisesti määritettyä pinnoitteen vesihöyrynvastus.

3.3.2 Pinnoitetyyppien ominaisuuksia

Liutepitoisia polymeeripinnoitteita on käytetty rajoitetusti betonin suojaamiseen.

Yleisimmin on käytetty akryylihartseja, jotka ovat osoittautuneet muita kestävämmiksi auringonsäteilyn aiheuttamaa rasiusta vastaan. Niillä on myös hyvä hiilidioksidinvastustuskkyky.

Erityyppisiä epoksinpinnoitteita on käytetty erityisesti aggressiivisia teollisuuden kemiallisia päästöjä vastaan ja kulutusta kestävinä pinnoitteina. Epoksinpinnoite liituuntuu voimakkaalle auringonsäteilylle altistuvilla ulkopinnoilla. Liituuntumiseen vaikuttavat monet tekijät, mutta ennen muuta kaikille tavanomaisille epoksille luonteenomainen kemiallinen rakenne. Epoksinpinnoitteet ovat kaksikomponenttisia eli koostuvat epoksihartsista ja kovettajasta. Ne on sekoitettava huolellisesti ja oikeassa seossuhteessa. Epoksinpinnoitteiden päätyypit ovat

1. liuotteettomat,
2. liuteohenteiset,
3. jähmeiden epoksihartsien ja kovettajien liuokset,
4. vesiohenteiset.

Vesiohenteiset epoksit ovat jonkin verran hengittäviä ja ne soveltuvat yleensä myös kloridipitoisille betonipinnoille. Epoksit eivät yleensä silloita halkeamia. Useat epoksit ovat liian tiiviitä ulkokäyttöön.

Polyuretaanipinnoitteet ovat kaksikomponenttisia alkoholi-isosyanaattiyhdistelmiä, joilla on yleensä hyvä kulutuksenkestävyys ja joustavuus. Lisäksi ne voivat estää hyvin hiilidioksidin, veden, vesihöyryn ja kemikaalien tunkeutumista betonialustaan ja ne kestävät hyvin auringonsäteilyä. Yksikomponenttiset polyuretaanipinnoitteet ovat huonompia laadultaan. Ne polymeroituvat kemiallisessa reaktiossa ilman kosteuden kanssa, ja muodostavat joustavan, kulutusta ja kemikaaleja kestävä pinnoitteen. Kumpikin polyuretaanipinnoite tarttuu huonosti kosteaan betonipintaan, ellei käytetä erityistä kosteutta sietävää tartunta-ainetta. Usein käytetään epoksia, jolloin yhdistelmää kutsutaan epoksipolyuretaanipinnoitteeksi. Polyisosyanaatit ovat voimakkaita myrkyjä, joten niitä sisältäviä aineita ei saa levittää ilman henkilönsuojaimia.

Polymeerisementtipinnoitteet ja polymeerimodifioidut sementtipinnoitteet levitetään vedellä kastellulle mutta pintakuivalle betonipinnalle. Vaaditun joustavuuden mukaan voidaan käyttää useita eri polymeeridispersioita. Eräissä tapauksissa sementtigelirakennetta on modifioitu mikrosilikaa käyttämällä, jotta saavutettaisiin tiivis ja vedenpitävä pinnoite.

Vesiohenteisia polymeeripinnoitteita kutsutaan myös emulsioiksi tai latekseiksi. Ne ovat tavallisesti maitomaisia ja sisältävät veteen hajautettuja (dispergoituja), hienoja polymeeripartikkeleita, jotka muodostavat pysyvän emulsion. Kun pinnoite on levitetty, vesi haihtuu ja polymeeripartikkelit liittyvät yhteen muodostaen yhtenäisen kalvon. Ulkobetonipinnoilla käytettävä peruspolymeeri on tavallisesti vinyylasetaattikopolymeeri yhdessä joko etyleenin tai vinyylin, akryyliin tai modifioitujen akryyliin kanssa. Pinnoitteen suorituskykyyn vaikuttavat polymeerisideaineen kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi

- pigmenttien määrä ja laatu
- sideainepitoisuus
- muut lisäaineet, kuten täyteaineet, saostusaineet, sienimyrkyt yms.

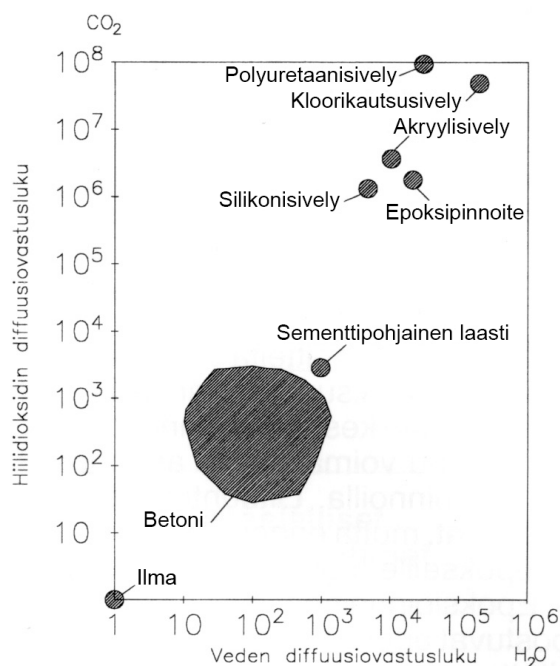
Jos pinnoiteyhdistelmässä on polymeeripinnoitteen alla sementtipohjainen tasoite, yhdistelmä sopii epätasaiselle pinnoitusalueelle.

Jos polymeeripinnoitteen alla on vettähylkivä impregnointi ja pinnoite on suhteellisen hyvin hengittävä, se sopii käytettäväksi, kun halutaan estää kloridien ja veden tunkeutuminen betonin sisään.

Jos polymeeripinnoitteen alla on toinen polymeeri, pinnoiteyhdistelmä on yleensä liian tiivis vaikeisiin ulkoilmaoloihin. Sitä voidaan käyttää harkiten karbonatisoitumisen ja kloridien tunkeutumisen estämiseen ja kosteuden eristämiseen.

3.3.3 Karbonatisoitumista estävät pinnoitteet

Betoni karbonatisoituu, kun ilmassa oleva hiilidioksidi tunkeutuu betoniin ja reagoi alkaliyhdisteiden ja kalsiumsilikaattihydraattigeelin kanssa. Karbonatisoitumista voidaan hidastaa pinnoitteilla, joilla on riittävä hiilidioksidin diffuusiovastus (kuva 15 Pinnoitteiden veden ja hiilidioksidin diffuusiovastuslukujen vertailu (Sasse H. R., Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen unter Verwendung von Kunststoffen. Beuth Verlag GmbH. Berlin 1994.)).



Kuva 15. Pinnoitteiden veden ja hiilidioksidin diffuusiovastuslukujen vertailu (Sasse H. R., Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen unter Verwendung von Kunststoffen. Beuth Verlag GmbH. Berlin 1994.)

Pinnoitteen läpäisevyyttä voidaan arvioida hiilidioksidin diffuusiovastuksen R_{CO_2} avulla. Luku ilmoittaa pinnoitteen hiilidioksidin diffuusiovastuksen verrattuna paikallaan olevan yhden metrin paksuisen ilmapatsaan vastaavaan vastukseen. Pinnoitteen hiilidioksidin diffuusiovastus R_{CO_2} saadaan kertomalla diffuusiovastusluku μ_{CO_2} pinnoitteen paksuudella s_p :

$$R_{CO_2} = \mu_{CO_2} \times s_p$$

Diffuusiovastus R_{CO_2} on pinnoitteiden valmistajien yleisesti käyttämä vertailuarvo. Yleensä arvot ovat välillä 1–1000 m. Käytännössä riittävä karbonatisoitumista hidastava vaikutus saadaan, kun diffuusiovastus on vähintään 50 m. Pinnoitteen on siis suojattava alustaa hiilidioksidin tunkeutumiselta vähintään yhtä hyvin kuin 50 metrin paksuinen paikallaan oleva ilmakerros.

Edellä selostettu menettely sopii valmistajien tuotekehittelyyn, jossa tutkitaan esimerkiksi yksittäisiä kalvoja. Pinnoitteiden SILKO-testit tehdään standardin SFS-EN 1062-6 mukaisella hiilidioksidin läpäisevyytestillä tai NT BUILD 357 mukaisella karbonatisoitumiskokeella.

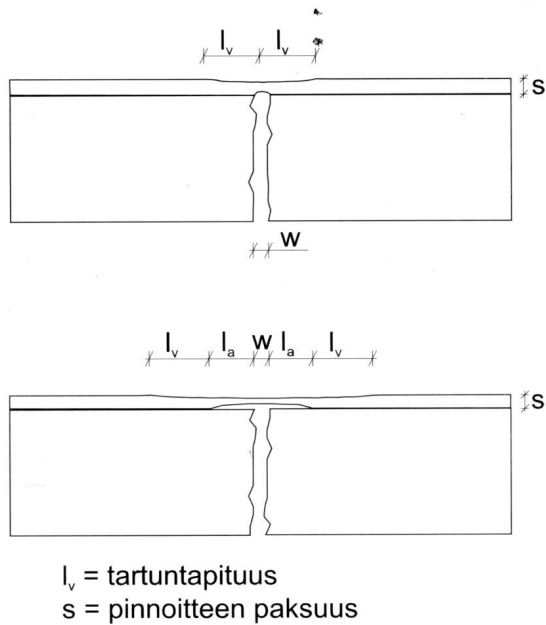
Käytännössä pinnoitteiden hiilidioksidin diffuusiovastukset vaihtelevat huomattavasti pinnoitteiden ja pinnoitetyyppien välillä (kuva 15 Pinnoitteiden veden ja hiilidioksidin diffuusiovastuslukujen vertailu (Sasse H. R., *Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen unter Verwendung von Kunststoffen*. Beuth Verlag GmbH, Berlin 1994.)). Pigmenttien ja täyteaineen määrän kasvaessa vastus pienenee. Huokosrakenteeltaan tiiviit akryylidisersioidit ja -hartsit ovat pääsääntöisesti vastukseltaan parempia kuin epäorgaaniset silikaatti- tai sementtimaalit. Vastukseltaan parhaita pinnoitteita ovat kemiallisesti sitoutuvat epoksi- ja polyuretaanipinnoitteet.

Pinnoitteen käyttöikää arvioitaessa on otettava huomioon, että pinnoitteiden paksuus ohenee ajan myötä auringon ultraviolettisäteilyn aiheuttaman liituuntumisen seurauksena. Pinnoitteen paksuus ja hiilidioksidinvastus on valittava siten, että asetettu 50 metrin diffuusiovastus säilyy pinnoitteen suunnitellun käyttöikänsä ajan.

3.3.4 Halkeamia silloittavat pinnoitteet

Jotta pinnoite säilyttäisi suojavaikutuksensa, sen on säilyttävä rikkoutumattomana lämpötilamuutosten ja kuormitusten aiheuttamista halkeamaan kohdistuvista liikkeistä huolimatta. Tätä ominaisuutta kutsutaan halkeamien silloituskyvyksi.

Halkeamien silloituskyky on parempi, jos pinnoite voi irrota alustastaan halkeaman reunalla. Tällöin halkeaman liike kohdistuu laajemmalle alueelle pinnoitetta. Halkeamien silloituskyky riippuu käytettävän pinnoitteen paksuudesta ja pinnoitteen viskoelastisista muodonmuutosominaisuuksista eri lämpötiloissa. Betonin lämpöliikkeiden vaikutuksesta halkeamat ovat yleensä suurimmillaan alhaisissa lämpötiloissa. Tästä syystä halkeamia silloittavalla pinnoitteella on oltava riittävä silloituskyky myös alhaisissa lämpötiloissa (-30 °C). Halkeamia silloittava pinnoite voi käyttäytyä halkeaman laajentuessa kahdella tavalla (kuva 16 Halkeamia silloittavan pinnoitteen käyttäytyminen (Herold C., *Überbrücken von Betonrissen mit Flüssigkunststoff - Beschichtungen*. Kunststoffe 78 (1988) 7 s 631–634.)): tartunta ei vaurioidu (ylempi kuva) tai pinnoite irtoaa (alempi kuva).



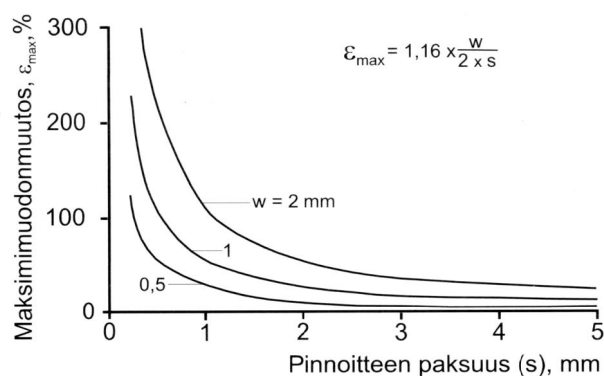
Kuva 16. Halkeamia silloittavan pinnoitteen käyttäytyminen (Herold C., *Überbrücken von Betonrissen mit Flüssigkunststoff - Beschichtungen*. Kunststoffe 78 (1988) 7 s 631–634.)

l_v = "tartuntapituus"

s = pinnoitteen paksuus

Pinnoitteen silloittavaan toimintaan vaikuttavat

- halkeaman leveys ja liikkeet
- pinnoitteen ominaisuudet
- pinnoitteen paksuus.



Kuva 17. Pinnoitteen maksimimuodonmuutos ($\epsilon_{\max}$) välittömästi halkeaman yläpuolella pinnoitteen paksuuden (s) ja eri halkeamaleveyksien (w) suhteen (Herold C., *Überbrücken von Betonrissen mit Flüssigkunststoff - Beschichtungen*. Kunststoffe 78 (1988) 7 s 631–634.)

Halkeamia silloittavalla elastomeeripinnoitteella pitää olla tapauskohtaisesti

- pysyvä elastisuus sillan halkeamien takia ja rakenteen normaalien liikkeiden kompensoimiseksi

- hyvä hiili- ja rikkidioksidinvastustuskyky, koska kalvo toimii suojana hidastaakseen tai estääkseen karbonatisoitumisen tai sulfaattien pääsyn betoniin
- säänkestävyys, jotta pinnoite estäisi juoksevan veden pääsyn betoniin
- sellainen vesihöyrynläpäisykyky, että se sallii vesihöyryn vapaasti siirtyä rakenteesta pois
- kestävyys ultraviolettisäteilyä vastaan
- kulutuksenkestävyys
- helppo korjattavuus
- miellyttävä ulkonäkö ja helppo puhdistettavuus
- hyvä ulkopuolisten kloridi-ionien diffuusion vastustuskyky

Pinnoitteet, joilla on em. ominaisuuksia, suojaavat betonia vaurioilta, joita veden sisäänpääsy, happokaasut ja kloridit aiheuttavat. Tarvittaessa niillä voidaan parantaa rakenteen ulkonäköä.

3.3.5 Silotteet ja tasoitteet

Silotteella suljetaan betonipinnan huokokset ja reiät. Silotteet ovat yleensä sementtipohjaisia polymeeripitoisia laasteja, joiden maksimiraekoko on 0,2–0,6 mm ja polymeeripitoisuus 5–15 %.

Silotteella voi olla myös karbonatisoitumista ja kosteuden tunkeutumista hidastava vaikutus, mutta sen avulla aikaansaatuja teknisiä ominaisuuksia on vaikea arvioida käytännössä.

Jos suojattava pinta tai pinnoite vaatii paksumpaa kerrosta, se tehdään tasoitteella.

Käytettävän silotteen tai tasoitteen on oltava suoja-aineen valmistajan hyväksymä. Tavoite on, että ne tutkitaan suoja-aineen SILKO-testin yhteydessä. Väärin valittu tai levitetty silote tai tasoite on melko varmasti suojauksen heikoin osa. Myös betonialustan paikkaukset on tehtävä suoja-aineen valmistajan asettamien vaatimusten mukaan.

3.4 Töherrystenestoaineet ja puhdistusmenetelmät

3.4.1 Betonirakenteen puhdistettavuus

Puhdistettavuus on usein otettava huomioon varsinkin kaupunkialueella sijaitsevan sillan suunnittelussa. Mitä vähemmän puhdistettavassa betonissa, pinnoitteessa tai verhouksessa on huokosia ja epätasaisuutta, sitä helpommin töherrykset voidaan poistaa. Hyvään puhdistettavuuteen pyrittäessä on valupintojen huokokset ja epätasaisuudet täytettävä ylitasoituksella, jonka pinta ei saa olla liian karhea tai urainen.

Lasitetut klinkkeripinnat, lasipinnat ja metallipinnat joko alumiinista tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuina tai liuotteita kestäväällä maalilla maalattuna ovat suositeltavia, koska töherrysten poisto niiltä on huokoisia pintoja helpompaa. Usein spriipitoinen puhdistusaine on riittävän tehokas töherrysten poistossa. Mahdolliset muut menetelmät on syytä selvittää pintatarvikkeen valmistajalta. Pintamateriaalia valittaessa on toisaalta otettava huomioon, että hyvin puhdistuva pinta on kova ja siten halkeamia silloittamaton. Tällöin halkeamien silloituskyky saattaa olla tärkeämpi valintaperuste.

Pintamateriaalin valinnan yhteydessä on laadittava hoito-ohje töherrysten poistosta tai peittämisestä. Hoito-ohje luovutetaan sillan hoidosta vastaavalle yksikölle.

Töherrystenestoaineilla estetään töherrysvärien tunkeutuminen alustaansa, jolloin voidaan käyttää luontoa säästäviä puhdistusmenetelmiä tai kemikaaleja.

Töherrystenpoistoaineet eivät vaikutustapansa vuoksi kuulu töherrystenestoaineisiin. Niitä käsitellään tässä kohdassa yleisesti kuten erilaisten pintojen puhdistettavuuttakin.

3.4.2 Töherrystenestoaineet

Töherrystenestoaineet estävät töherryksiä tunkeutumasta betoniin ja helpottavat töherrysten poistoa betonin pinnasta. Töherrystenestoaineita ovat puhdistettavat ja uhrautuvat suoja-aineet. Molemmat suoja-ainetyypit voivat sisältää väripigmenttejä. Uhrautuvia aineita käytetään myös pinnoitetun pinnan töherrystenestoon. Töherrystenestoaineita käytetään valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Vesiohenteisia töherrystenestoaineita ei saa levittää, jos lämpötila on alle +5 °C.

Töherrystenestoaine valitaan siten, että aine helpottaa töherrysten poistamista, mutta ei lisää betoniin kohdistuvaa rasitusta. Lisäksi, jos aine levitetään pinnoitteen päälle, sen on oltava yhteensopiva pinnoitteen kanssa eikä pinnoite-töherrystenestoaine -yhdistelmä saa lisätä betoniin kohdistuvaa rasitusta.

Puhdistettavalla töherrystenestoaineella käsitellyltä betonipinnalta töherrykset poistetaan valmistajan hyväksymällä tavalla, esimerkiksi sopivaan liuotteeseen kastetulla kankaalla. Puhdistettavia töherrystenestoaineita ovat

- betonin tai pinnoitteen päälle levitettävät värittömät tai värilliset akryyli-, polyuretaani- ja epoksipohjaiset aineet
- pinnoiteyhdistelmät, joiden pintakerros on puhdistettava töherrystenestoaine. Aineet pohjautuvat mm. epokseihin ja polyuretaaniin.

Uhrautuvalla töherrystenestoaineella käsitellyltä betonipinnalta töherrykset poistetaan painevesipesulla. Uhrautuvat töherrystenestoaineet peseytyvät pois töherrysten mukana ja suojakäsittely on uusittava puhdistettuun kohtaan. Siitä johtuu nimitys uhrautuva suoja-aine. Aineet pohjautuvat mm. polymeereihin, vahoihin, glukoosiin ja tärkkelykseen.

3.4.3 Töherrystenpoistoaineet

Töherrystenpoistoainetta valittaessa on selvittävä, että aine ei vahingoita alla olevaa pinnoitetta. Aine ei saa oleellisesti muuttaa puhdistettavan pinnan tai suojakerroksen ominaisuuksia ja ulkonäköä. Aine ei saa turmella luontoa.

Töherrykset poistetaan mahdollisimman pian, koska näin meneteltäessä töherryksien irtoaminen on helpompaa ja on todettu, että ilkivalta vähenee sitä nopeammin mitä nopeammin toimitaan.

Töherrystenpoistoaineita käytetään valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Työ- ja ympäristönsuojelutoimiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska monet töherrystenpoistoaineet ovat haitallisia, syövyttäviä tai jopa myrkyllisiä. Suojaus- ja puhdistustyö onkin yleensä syytä antaa alaan erikoistuneen urakoitsijan tehtäväksi.

Töherrysten poistoa voidaan helpottaa etukäteen erilaisilla suoja-aineilla. Ne estävät töherrysvärien tunkeutumisen suojattuun pintaan ja helpottavat näin puhdistusta. Myös ns. varjokuvien poisto helpottuu, koska värit voidaan poistaa myös betonipinnan huokosista, jossa ne muuten aiheuttavat etäältä havaittavan varjokuvan.

3.4.4 Puhdistusmenetelmät

Erilaisten pintojen puhdistusmenetelmät jaetaan seuraaviin ryhmiin:

1. Kemiallisessa puhdistusmenetelmässä töherrysväri liuotetaan tai pehmitetään ennen painepesua töherrystenpoistoaineella. Monikerrokset vaativat tehokkaan ja maalikerrosten läpi tunkeutuvan poistoaineen, jollaiset ovat usein dikloorietaanipohjaisia. Tehokkaimmat aineet ovat lievästi happamia. Vaikeasti poistettavat töherrykset vaativat useamman käsittelyn. Pehmennyt ja alustastaan irronnut töherrysväri poistetaan painepesurilla.

Betonin huokosiin jääneet töherrysvärin rippeet muodostavat kaukaa katsottuna ns. varjokuvia.

Ne poistetaan tavallisesti voimakkaasti emäksisellä ns. varjonpoistoaineella, johon sisältyy usein liuote ja pintajännitettä alentava komponentti. Loppupesu tehdään painepesurilla. Työsuojeluun on kiinnitettävä erityistä huomiota emäksisten aineiden käytössä. Jotkut varjonpoistoaineet vaativat pinnan kostuttamisen vedellä ennen käsittelyä, koska niiden suuri pintajännitys muuten estää aineen imeytymistä pintaan.

- A. Alkalisten töherrystenpoistoaineiden koostumukset vaihtelevat käyttökohteiden mukaan, niitä on sekä vesiliukoisina että veteen liukenemattomina. Muovipintojen töherrystenpoistoaineita on kehitetty erikseen. Aineita on saatavana spraypulloissa pieniä töitä varten ja geelimäisenä, jolloin aine pysyy paremmin pystysuoralla pinnalla ja sen vaikutusaika on pitempi.
 - B. Happopohjaisilla aineilla voidaan puhdistaa lasittamatonta tiiltä ja muita savituotteita, useimpia graniitteja ja kvartseja, hiekkakiveä, liuskakiveä ja muita ei-kalkkipitoisia kiviä. Happopohjaisia aineita ei saa käyttää sellaisten materiaalien puhdistamiseen, joita ko. happo syövyttää tai kuluttaa. Suojaamattomaan, huokoiseen saumausaineeseen imeytyneen töherrysvärin poisto voi olla hankalaa. Mikäli saumausaineen valmistaja sallii, voidaan töherrystenpoistoon tarvittaessa käyttää happoa.
2. Töherrystenpoisto mekaanisesti suihkupuhdistamalla sopii karkeille alustoille kuten betonipinnalle. Työ on syytä antaa erikoistuneen urakoitsijan tehtäväksi. Suihkupuhdistus on taloudellinen vain laajoja pintoja puhdistettaessa. Sitä voidaan käyttää, jos muut menetelmät ovat epäonnistuneet. Käsittelyä ei pidä toistaa useita kertoja. Tyypillisiä puhdistusmenetelmiä ovat
 - matala- tai suurpaineinen vesipesu pesuaineella tai ilman
 - soodapuhallus
 - hiekka- tai vesihiekkapuhallus.

Hiekkaa parempia raemateriaaleja ovat mm. kalkki- tai alumiinioksidijauheet, koska ne eivät avaa pinnan huokosia samassa määrin kuin hiekka.

3. Töherrysten peittäminen uhrautuvalla peittoaineella sopii pienten töherrysten tilapäiseen peittämiseen. Ylimaalausta ei voi käyttää toistuvasti, jos pinnasta tulee ulkokäytössä liian tiivis.

4 Suoja-aineiden laatuvaatimukset

4.1 Testattavat ominaisuudet

Jos vettähylyvä impregnointiaine, impregnointiaine, pinnoite tai töherrystenestoaine halutaan lisättäväksi SILKO-ohjeistoon, on tehtävä vähintään taulukossa [4 Suoja-aineiden ja töherrystenestoaineiden testit](#) esitetyt pakolliset testit.

Soveltuvuustestien lisäksi aineiden myöhempää tunnistamista varten tehdään polymeeriä sisältäville aineille infrapunaspektrometri-analyysi (IR- testi standardin EN 1767 mukaisesti) tai sementtiä sisältäville aineille termografimetrinen analyysi (DTG-testi standardin EN 11358 mukaisesti). Tutkimuslaitos tallentaa tulokset ja niitä käytetään vain, jos on tarvetta verrata käytettyä ja hyväksyttyä ainetta toisiinsa.

Taulukko 4. Suoja-aineiden ja töherrystenestoaineiden testit

Ominaisuus	Menetelmä	Suoja-aineet			Töherrystenestoaineet	
		Vettähylyki- vät impreg- nointiaineet	Impreg- nointiaineet	Pinnoitteet	Uhrautuvat	Puhdistet- tavat
Vedenläpäisevyys	EN 13580 EN 1062-3	P	P	P	P	P
Vesihöyrynläpäise- vyys	EN ISO 7783-1 EN ISO 7783-2	P	P	P	P	P
Kloridien läpäise- vyys	SILKO-testi (VTT- R-07962-1 kohta 4.1)	P	P	P	V	V
Karbonatisoitumi- sen estäminen	NT BUILD 357 (CO ₂ 1 %; RH 60 ± 5 %)	V	V	p ³⁾	V	V

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Menetelmä	Suoja-aineet			Töhrerrystenestoaineet	
		Vettähylki- vät impreg- nointiaineet	Impreg- nointiaineet	Pinnoitteet	Uhrautuvat	Puhdistet- tavat
Hiilidioksidin läpäi- sevyys	SFS-EN 1062-6			p ³⁾		
Jäädytys-sulatus- kestävyys	CEN/TS 12390-9			P	p ¹⁾	p ¹⁾
Tartunta	SFS-EN 1542		P	P		p ¹⁾
Puhdistettavuus	SILKO-testi (VTT- R-07962-11 kohta 4.3)	V	V	P	P	P
Pakkassuolakestä- vyys karbonatisoi- duilla tai karbo- natisoimattomilla koekappaleilla	CEN/TS 12390-9	P	P			
Pakkas-suolakoe karbonatisoimatto- milla koekappaleil- la	CEN/TS 12390-9				p ²⁾	p ²⁾
Tunkeutumissy- vyys	SFS-EN 1504-2	P	P			
Halkeamansilloitus	EN 1062-7			V		v ¹⁾
Poistettavuus	SILKO-testi (VTT- R-07962-11 kohta 4.5)	V	V	V	P	4)
UV-kestävyys	EN 11507, 500h			4)	4)	4)
Vedenkestävyys	SILKO-testi (VTT- R-07962-11 kohta 4.8)			4)		

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Menetelmä	Suoja-aineet			Töhrerrystenestoaineet	
		Vettähylykivät impregnointiaineet	Impregnointiaineet	Pinnoitteet	Uhrautuvat	Puhdistettavat
Alkalinkestävyys	EN 13580	P		4)		
Kuivan kalvon paksaus	SILKO-testi (VTT-R-07962-11 kohta 4.7)			P	p ¹⁾	p ¹⁾

P = Pakollinen testi, V = Vapaaehtoinen testi

¹⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka muodostavat yhtenäisen kalvon.

²⁾ Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka eivät muodosta yhtenäistä kalvoa.

³⁾ Keskenään vaihtoehtoiset kokeet.

⁴⁾ Aineen edustajan ilmoitettava.

4.2 Vettähylykivät impregnointiaineet

Vettähylykivien impregnointiaineiden laatuvaatimukset on esitetty käyttötarkoituksen mukaan taulukossa [5 Vettähylykivien impregnointiaineiden laatuvaatimukset](#). Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa *Betonin suoja-aineiden SILKO-kokeet 2011* (VTT-R-07962-11).

Taulukko 5. Vettähylykivien impregnointiaineiden laatuvaatimukset

Ominaisuus	Koemenetelmä ja standardi	Kriteeri ja luokitus				Vaa	
		+	++	+++	++++	Reunapalkit ja välituet	Muut rakenteet
Pakolliset kokeet							
Tuotetunnistus	IR (EN 1767)/ TG (EN ISO 11358)	Ei vaatimusta					
Vedenläpäisevyys	EN 13580	Absorptionopeus, % vertailusta				≤ 10	≤ 15
		< 15	≤ 10	≤ 5	-		

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä ja standardi	Kriteeri ja luokitus				Vaa	
		+	++	+++	++++	Reunapalkit ja välituet	Muut rakenteet
Vesihöyrynläpäisevyys	EN ISO 7783-2 (kalvo alustalla)	s _D , m				≤ 5	≤ 100
		≤ 100	≤ 50	≤ 5	≤ 0,5		
Kloridien läpäisyvyys	SILKO-testi (VTT-R-07962-11 kohta 4.1)	Kloridipitoisuus, % vertailusta				≤ 15	≤ 100
		≤ 100	≤ 20	≤ 15	≤ 8		
Pakkas-suolakes-tävyys karbonatisoiduilla koekappaleilla ¹⁾	CEN/TS 12390-9	Rapautuma, % vertailusta				≤ 25	≤ 100
		≤ 100	≤ 65	≤ 25	≤ 10		
Tunkeutumissyvyys	EN 1504-2	Tunkeutumissyvyys, mm					
		≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 5 mm	≥ 2 mm
Alkalinkestävyys	EN 13850	Imeytymissuhde < 10 % (alkaliliuokseen upottamisen jälkeen)				< 10 %	< 10 %
Vapaaehtoiset kokeet							
Pakkas-suolakes-tävyys karbonatisoimattomilla koekappaleilla ¹⁾	CEN/TS 12390-9	Rapautuma, % vertailusta				≤ 25	≤ 100
		≤ 100	≤ 65	≤ 25	≤ 10		

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä ja standardi	Kriteeri ja luokitus				Vaa	
		+	++	+++	++++	Reunapalkit ja välituet	Muut rakenteet
Karbonatisoitumisen estäminen	NT BUILD 357 (CO ₂ 1 %; RH 60 ± 5 %)	Karbonatisoitumissyvyys, % vertailusta				≤ 100	≤ 100
		≤ 100	≤ 60	≤ 20	-		
Puhdistettavuus	SILKO-testi (VTT-R-07962-11 kohta 4.3)	1 Huono	3 Kohtalainen	5 Hyvä	-	Ei vaatimusta	Ei vaatimusta
Poistettavuus	SILKO-testi (VTTR-07962-11 kohta 4.5)	Ei kriteeriä / luokitusta				Ei vaatimusta	Ei vaatimusta

¹⁾ Keskenään vaihtoehtoiset kokeet

4.3 Impregnointiaineet

Impregnointiaineiden laatuvaatimukset on esitetty taulukossa [6 Impregnointiaineiden laatuvaatimukset](#). Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa *Betonin suoja-aineiden SILKO- kokeet 2011* (VTT-R-07962-11).

Taulukko 6. Impregnointiaineiden laatuvaatimukset

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus				Vaatimus	
		+	++	+++	++++	Reunapalkit ja välituet	Muut rakenteet
Pakolliset kokeet							
Tuotetunnistus	IR (EN 1767)/ TG (EN ISO 11358)	Ei vaatimusta					

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus				Vaatus	
		+	++	+++	++++	Reunapalkit ja välituet	Muut rakenteet
Vedenläpäisevyys	EN 1062-3	Ei luokitusta, vain kriteeri: w, kg/m ² · h ^½				≤ 0,1	≤ 0,1
		< 0,1	-	-	-		
Vesihöyrynläpäisevyys	EN ISO 7783-1 (vapaa kalvo) ¹⁾ EN ISO 7783-2 (kalvo alustalla) ¹⁾	s _D , m				≤ 5	≤ 100
		≤ 100	≤ 50	≤ 5	≤ 0,5		
Kloridien läpäisevyys	SILKO-testi (VTTR-07 962-11 kohta 4.1)	Kloridipitoisuus, % vertailusta				≤ 15	≤ 100
		≤ 100	≤ 20	≤ 15	≤ 8		
Tartunta ³⁾	SFS-EN 1542	Tartuntalujuus, MPa *) ≥ 1,5 (1,0) *) Yksittäinen koetulos ei saa alittaa suluissa olevaa arvoa				≥ 1,5	≥ 1,5
Pakkasuolakesävyys karbonatisoiduilla koekappaleilla ²⁾	CEN/TS 12390-9	Rapautuma, % vertailusta				≤ 25	≤ 100
		≤ 100	≤ 65	≤ 25	≤ 10		
Tunkeutumissyvyys	EN 1504-2	Tunkeutumissyvyys, mm					
		≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 10 mm	≥ 2
Vapaaehtoiset kokeet							

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus				Vaatus	
		+	++	+++	++++	Reunapalkit ja välituet	Muut rakenteet
Pakkas-suolakes-tävyys karbonatisoimat- tomilla koekap- paleilla ²⁾	CEN/TS 12390-9	Rapautuma, % vertailusta				≤ 25	≤ 100
		≤ 100	≤ 65	≤ 25	≤ 10		
Karbonatisoitumi- sen estä- minen	NT BUILD 357 (CO ₂ 1 %; RH 60 ± 5 %)	Karbonatisoitumissyvyys, % vertailusta				≤ 100	≤ 100
		≤ 100	≤ 60	≤ 20	-		
Puhdis- tettavuus	SILKO- testi (VTT- R-07962- 11 kohta 4.3)	1 Huono	3 Kohtalainen	5 Hyvä	-	Ei vaati- musta	Ei vaati- musta
Poistetta- vuus	SILKO- testi (VTTR-07 962-11 kohta 4.5)	Ei kriteeriä / luokitusta				Ei vaati- musta	Ei vaati- musta

¹⁾ Keskenään vaihtoehtoiset kokeet

²⁾ Keskenään vaihtoehtoiset kokeet.

³⁾ Yhtenäisen kalvon muodostavat systeemit.

4.4 Pinnoitteet

Pinnoitteiden laatuvaatimukset on esitetty käyttötarkoituksen mukaan taulukossa [7 Pinnoitteiden laatuvaatimukset](#). Pinnoite ei saa lisätä betonin vaurioita. Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa *Betonin suoja-aineiden SILKO-kokeet 2011* (VTT-R-07962-11).

Taulukko 7. Pinnoitteiden laatuvaatimukset

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus				Vaatimus	
		+	++	+++	++++	Karbonatisoitumisen estäminen	Kloridien tunkeutumisen estäminen
Pakolliset kokeet							
Tuotetunnistus	IR (EN 1767) tai TGA (EN ISO 11358)	Ei vaatimusta					
Vedenläpäisevyys	EN 1062-3	Ei luokitusta, vain kriteeri: $w, \text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$				Ei vaatimusta	$\leq 0,1$
		$< 0,1$	-	-	-		
Vesihöyrynläpäisevyys	EN ISO 7783-1 (vapaa kalvo) ¹⁾ EN ISO 7783-2 (kalvo alustalla) ¹⁾	s_D, m				≤ 50	≤ 50
		≤ 100	≤ 50	≤ 5	-		
Kloridien läpäisevyys	SILKO-testi (kohta 4.1)	Kloridipitoisuus, % vertailusta				Ei vaatimusta	< 20
		≤ 50	≤ 20	≤ 15	≤ 8		
Karbonatisoitumisen esto ²⁾	NT BUILD 357 CO ₂ -pitoisuus 1 %, RH 60 ± 5 %, T 21 ± 2 °C	Karbonatisoitumissyvyys, % vertailusta				< 20	Ei vaatimusta
		≤ 20	≤ 15	≤ 8	-		

Taulukko jatkuu...

Ominai- suus	Koeme- netelmä	Kriteeri ja luokitus				Vaatus	
		+	++	+++	++++	Karbo- nati- soitumi- sen es- täminen	Klori- dien tunkeu- tumisen estämi- nen
Hiilidiok- sidin lä- päise- vyys ²⁾	SFS-EN 1062-6	Ei luokitusta, vain kriteeri: s _D , m				> 50	Ei vaati- musta
		>50	-	-			
Tartunta	SFS-EN 1542	Tartuntalujuus, MPa				> 1,5 (> 0,8 ³⁾)	
Puhdis- tetta- vuus	SILKO- testi (kohta 4.3)	1 Huono	3 Kohtalainen	5 Hyvä	-	Ei vaati- musta	Ei vaati- musta
Jäädy- tys-su- latus- kestä- vyys	CEN/TS 12390-9 Ilman tiesuo- lan vai- kutusta	Testin jälkeen: Pinnoitteessa korkeintaan vähäisiä vaurioita. ⁴⁾ Tartuntalujuus: Halkeamia silloittavat: ≥ 0,8 MPa, (jos kohee- siomurtuma ≥ 0,4 MPa) Muut: ≥ 1,5 MPa.					
Kuivan kalvon paksuus	SILKO- testi (Kohta 4.6)	Polymeeripinnoitteet: ≥ 300 µm Sementtipohj. pinnoitteet: ≥ 2000 µm					
Vapaaehtoiset kokeet							
Halke- amansil- loituskyy	EN 1062-7 -30 °C	Halkeamaleveys pinnoitteen revetessä, mm				≥ 0,3	
		≥ 0,3	≥ 0,6	≥ 1,0	-		
Poistet- tavuus	SILKO- testi (Kohta 4.5)	Oltava helposti poistettava				Ei vaatimusta	
Valmistajan ilmoitettava							

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus				Vaatimus	
		+	++	+++	++++	Karbo-nati-soitumi-sen es-täminen	Klori-dien tunkeu-tumisen estämi-nen
UV-kes-tävyys	EN 11507, 500 h	Ei aistinvaraisia muutoksia kokeen jälkeen					
Veden-kestä-vyys	SILKO-testi (Kohta 4.7)	Ei aistinvaraisia palautumattomia muutoksia kokeen jälkeen					
Alkalin-kestä-vyys	SILKO-testi (Kohta 4.8)	Ei aistinvaraisia palautumattomia muutoksia kokeen jälkeen					

- 1) Keskenään vaihtoehtoiset kokeet
- 2) Keskenään vaihtoehtoiset kokeet
- 3) Koskee halkeamat silloittavia pinnoitteita.
- 4) Pinnoite ei saa lisätä betonin vaurioita.

4.5 Töherrystenestoaineet

Uhrautuvien ja puhdistettavien suoja-aineiden laatuvaatimukset käyttötarkoituksen mukaan on esitetty taulukoissa [8 Uhrautuvien töherryksenestoaineiden laatuvaatimukset](#) ja [9 Puhdistettavien töherryksenestoaineiden laatuvaatimukset](#). Testausmenetelmät on esitetty VTT:n julkaisussa *Betonin suoja-aineiden SILKO-kokeet 2011* (VTT-R-07962-11).

Taulukko 8. Uhrautuvien töherryksenestoaineiden laatuvaatimukset

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus			
		+	++	+++	++++
Pakolliset kokeet					
Tuotetunnistus	IR (EN 1767)/ TG (EN ISO 11358)	Ei vaatimusta			

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus			
		+	++	+++	++++
Vedenläpäisevyys	EN 13580 ¹⁾	Absorptionopeus, % vertailusta			
		< 15	≤ 10	≤ 5	-
	EN 1062-3 ²⁾	Ei luokitusta, vain kriteeri: w, kg/m ² · h ^½			
		< 0,1	-	-	-
Vesihöyrynläpäisevyys	EN ISO 7783-1 (vapaa kalvo) ³⁾	s _D , m			
	EN ISO 7783-2 (kalvo alustalla) ³⁾	≤ 100	≤ 50	< 5	< 0,5
Jäädätyssulatuskestävyys ²⁾	CEN/TS EN 12390-9	Silmämääräishavainnot: Ei näkyviä vaurioita			
Pakkas-suola-kestävyys karbonatsoimat- tomilla koekap- paleilla ⁴⁾	CEN/TS 12390-9	Rapautuma, % vertailusta			
		≤ 100	≤ 65	≤ 25	≤ 10
Puhdistettavuus	SILKO-testi (VTT-R-07962-11 kohta 4.3)	1 Huono	3 Kohtalainen	5 Hyvä	-
Poistettavuus	Kuumapainepe- su valmistajan ilmoittamalla tavalla	Kalvon pitää irrota			
Kuivan kalvon paksuus ²⁾	SILKO-testi (VTT-R-07962-11 kohta 4.7)	Paksuus [µm]			
		≥ 30	≥ 50	≥ 80	-
Vapaaehtoiset kokeet					
Kloridien läpäisevyys	SILKO-testi (VTT-R-07962-11 kohta 4.1)	Kloridipitoisuus, % vertailusta			
		≤ 100	≤ 20	≤ 15	≤ 8

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus			
		+	++	+++	++++
Karbonatisoitumisen estäminen	NT BUILD 357 (CO ₂ 1 %; RH 60 ± 5 %)	Karbonatisoitumissyvyys, % vertailusta			
		≤ 100	≤ 60	≤ 20	-
Valmistajan ilmoitettava					
UV-kestävyys	EN 11507, 500 h	Silmämääräishavainnot: Ei aistinvaraisia muutoksia kokeen jälkeen			

- 1) Systemit, jotka eivät muodosta yhtenäistä kalvoa
 2) Yhtenäisen kalvon muodostavat systemit
 3) Keskenään vaihtoehtoiset kokeet
 4) Koskee aineita ja niiden yhdistelmiä, jotka eivät muodosta yhtenäistä kalvoa.

Taulukko 9. Puhdistettavien töherrystenestoaineiden laatuvaatimukset

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus			
		+	++	+++	++++
Pakolliset kokeet					
Tuotetunnistus	IR (EN 1767)/ TG (EN ISO 11358)	Ei vaatimusta			
Vedenläpäisevyys	EN 13580 ¹⁾	Absorptionopeus, % vertailusta			
		< 15	≤ 10	≤ 5	-
	EN 1062-3 ²⁾	Ei luokitusta, vain kriteeri: w, kg/m ² · h ^½			
		< 0,1	-	-	-
Vesihöyrynläpäisevyys	EN ISO 7783-1 (vapaa kalvo) ³⁾	s _D , m			
	EN ISO 7783-2 (kalvo alustalla) ³⁾	≤ 100	≤ 50	< 5	< 0,5
Puhdistettavuus	SILKO-testi (VTT-R-07962-11 kohta 4.3)	1 Huono	3 Kohtalainen	5 Hyvä	-

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Koemenetelmä	Kriteeri ja luokitus			
		+	++	+++	++++
Pakkas-suola-kestävyys karbonatisoimat- tomilla koekap- paleilla ¹⁾	CEN/TS 12390-9	Rapautuma, % vertailusta			
		≤ 100	≤ 65	≤ 25	≤ 10
Jäädytyssula- tuskestävyys ²⁾	CEN/TS EN 12390-9	Silmämääräishavainnot: Pinnoitteessa korkeintaan vähäisiä vaurioita. Tartuntalujuus: ≥ 1,5 MPa			
Tartunta ²⁾	EN 1542	Tartuntalujuus, MPa *) ≥ 1,5 (1,0) *)Yksittäinen koetulos ei saa alittaa suluissa olevaa arvoa			
Kuivan kalvon paksuus ²⁾	SILKO-testi (VTT- R-07962-11 kohta 4.7)	Paksuus [µm]			
		≥ 30	≥ 50	≥ 80	-
Vapaaehtoiset kokeet					
Kloridien läpäi- sevyys	SILKO-testi (VTT- R-07962-11 kohta 4.1)	Kloridipitoisuus, % vertailusta			
		≤ 50	≤ 20	≤ 15	≤ 8
Karbonatsoitu- misen estämi- nen	NT BUILD 357 (CO ₂ 1 %; RH 60 ± 5 %)	Karbonatsoitumissyvyys, % vertailusta			
		≤ 20	≤ 15	≤ 8	-
Halkeaman sil- loituskyyky ²⁾	EN 1062-7 -30 °C	Halkeamaleveys pinnoitteen revetessä, mm			
		> 0,3	> 0,6	> 1,0	-
Valmistajan ilmoitettava					
Poistettavuus	SILKO-testi (VTT- R-07962-11 kohta 4.5)	Ei vaatimusta			
UV-kestävyys	EN 11507, 500 h	Silmämääräishavainnot: Ei aistinvaraisia muutoksia kokeen jälkeen			

- 1) Systeemit, jotka eivät muodosta yhtenäistä kalvoa
- 2) Yhtenäisen kalvon muodostavat systeemit
- 3) Keskenään vaihtoehtoiset kokeet

4.6 Muut vaatimukset

4.6.1 Suojaustyölle asetettavat vaatimukset

Suunnittelija asettaa suojaustyön laatuvaatimukset. Suunnitelma ei saa olla ristiriidassa tuotekohtaisten ohjeiden kanssa.

Taulukko 10. Suojaustyön yleisiä laatuvaatimuksia

Työ tai olosuhde	Vaatus		Testausmenetelmä
	Sementtipohjaiset suo- ja-aineet	Polymeeripohjaiset suoja-aineet	
Tartuntapinnan vetolu- juus	1,5 N/mm ²	1,5 N/mm ²	Tartuntavetokoe, SFS- EN 1542
Alustan kloridipitoisuus	0,04 % happoliukoisena betonin painosta.	0,04 % happoliukoisena betonin painosta.	Kemiallinen analyysi
Alustan kosteuspitoi- suus	Kostea (ei kiiltävä).	Tuotekohtainen vaati- mus.	Absoluuttisen kosteu- denmittaus, VTT 2650
Ilman ja alustan lämpö- tila	Pintaan ei saa kohdis- tua suoraa auringon sä- teilyä, jos ilman lämpöti- la on ≥ 20 °C.	5–30 °C ja alustan läm- pötila vähintään 3 °C kastepisteen yläpuolel- la.	ISO 8502-4
Ilman suhteellinen kos- teus	Tuotekohtainen vaati- mus.	Alustan lämpötila vähin- tään 3 °C kastepisteen yläpuolella.	ISO 8502-4
Tuulennopeus	≤ 5 m/s	Ei pölyä ilmassa.	
Säätila	Työtä ei saa tehdä sa- teessa.	Työtä ei saa tehdä sa- teessa tai tihkusateessa.	
Halkeamien liike	Tuotekohtainen vaati- mus.	Tuotekohtainen vaati- mus.	BS 1881 Part 206

4.6.2 Mallityö (ennakkokoe)

Laatuvaatimusten täyttymistä ja varsinkin värisävyjen tarkistusta varten on suositeltavaa tehdä mallityö, jota käytetään työn kuluessa vertailupintana. Mallityössä testataan ja hyväksytään kaikki suojaustyön vaiheet eli

- alustan esikäsittely, kuten tarvittavat puhdistusmenetelmät ja mahdollinen huokosten täyttö
- suoja-aineen levitys kerroskohtaisesti.

Laadunvarmistustoimet esitetään laatusuunnitelmassa *InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. RT 14-10920. Rakennustieto Oy. Helsinki 2008.* Lisäksi edellistä täydentävät tai päivittävät ohjeet: www.rts.fi/infraryl – *InfraRYL ylläpito*.

5 Betonirakenteen suojaustyö

5.1 Työtasot ja sääsuojat

On tärkeää, että suojattavan pinnan lähelle on helppo päästä, ja siksi joudutaan yleensä käyttämään työtasoja. Siltojen suojaustöihin sopivia työtasoja ovat seuraavat:

- Hoitokori: kaiteen varassa liikuteltava työtaso (kuva [18 Tarkastus ja korjausteline](#))



Kuva 18. *Tarkastus ja korjausteline*

- Putkiteline: teräs- tai alumiiniputkista koottava rakenne, jonka työtasot ovat siirreltäviä
- Henkilönostin: pystysuuntaan tai myös sivuttaan liikuteltava, auto- tai konealustaan kiinnitetty työtaso (kuva [19 Henkilönostin](#)).



Kuva 19. Henkilönostin

- Siltakurki: autoalustalle rakennettu henkilönostin, jonka työtasoa (henkilökoria) voidaan liikutella eri suuntiin ajoradan tason alapuolella siten, että kurjella pääsee myös sillan kannen alapuolelle (kuva [20 Siltakurki](#))



Kuva 20. Siltakurki

- Hoitosilta: siltaan kiinteästi asennettu työtaso.
- Hoitosillake: sillan kantavien rakenteiden varassa liikuteltava työtaso.

Lauttaa tai ponttonia voidaan tarvittaessa käyttää työtason telineen tai henkilönostimen alustana. Nostimet ja telineet on tarkastettava kohdassa [6.1 Työturvallisuus](#) selostetulla tavalla. Ympäristölle haitallisen suihkupuhdistusjätteen ja suoja-ainesumun leviäminen ympäristöön ja ajoneuvojen päälle on estettävä esimerkiksi telineisiin kiinnitettävillä suojilla.

Ilmasto-olot ovat maassamme epävakaat ja hyvä suoja-ainekäsittelykausi on lyhyt. Siksi vähänkin suuremmissa hankkeissa on syytä harkita siirrettävän suojakatoksen tai peitteiden käyttöä (kuva [21 Suojakatos](#)).



Kuva 21. Suojakatos

Suojakatoksen ja lämminilmapuhaltimien avulla saadaan työskentelyolot huonollakin säällä vaatimusten mukaisiksi.

5.2 Pinnan esikäsittely

Suojattavan pinnan esikäsittelyyn on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä esikäsittelytoimien on todettu vaikuttavan ratkaisevasti suoja-aineen säilyvyyteen. Betonisiltojen korjaustöissä esikäsittelyihin kuuluvat

- bitumi- ym. tahrojen poisto
- betoninpiikkaukset ja paikkaukset
- ruostuneiden terästen ja raudoitustankojen käsittely
- sementtiliiman ja vanhan pinnoitteen poisto.

Esikäsittelyissä käytetään normaaleja työvälineitä, ottaen erityisesti huomioon työsuojeluvaatimukset ja ympäristöhaitat. Ympäristöön ei saa päästää haitallisessa määrin epäpuhtauksia. Jätteet otetaan tarvittaessa talteen puhdistettavan rakenteen alapuolelle kiinnitettävillä peitteillä tai imuroimalla. Esikäsittelymenetelmät on esitetty niitä koskevassa SILKO-ohjeessa *SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsittelymenetelmät*, jossa betonipinnan suihkupuhdistusasteet on esitetty ohjeen kohdassa *Laadunvarmistus*. Tartuntapinnalle asetettavat laatuvaatimukset esitetään työ- ja laatusuunnitelmassa.

5.2.1 Pintojen puhdistus

Suojattavassa betonipinnassa ei saa olla suolaa, bitumia, likaa, öljyä tai irtonaisia aineksia. Puhdistusmenetelmät ovat seuraavat:

- Pelkästään suolaiset pinnat puhdistetaan vesipesun ja harjauksen avulla, koska kloridit ovat vesiliukoisia. Tarvittaessa käytetään alkalista pesuainetta
- Bitumi, öljy tai rasva poistetaan kemiallisesti ja tarvittaessa piikkaamalla tai jyrsimällä.

Lopuksi tartuntapinnat suihkupuhdistetaan hiekka-, vesihiekka- tai soodapuhallusta käyttäen. Pelkkä pesu riittää harvoin pinnan esikäsittelyksi, mutta jos valu on tehty muottikangasta vasten, muita toimenpiteitä ei välttämättä tarvita. Pölyiset pinnat imuroidaan tai pestään painepesurilla.

Betonipintoja pestäessä on käytettävä alkalista pesuainetta. Suuria pintoja pestäessä on suositeltavaa käyttää suurpainepesulaitetta, jonka vedenkulutus on 15–20 l/min ja tarvittava paine 15–25 MPa (150–250 bar) sekä lämmintä vettä (50–70 °C). Pesuaineliuos valmistetaan tuotekohtaisten ohjeiden mukaan. Pesuaineen annetaan vaikuttaa ½–2 minuuttia, minkä jälkeen alkalijätteet huuhdellaan huolellisesti pinnoilta suurpainepesulaitteella. Pesu voidaan tehdä myös käsin harjaamalla, jolloin pesuaineliuos on huomattavasti laimeampi (1–6 -prosenttinen).

5.2.2 Töhrerysten poisto

Töhreryksiä poistettaessa käytetään mahdollisimman hellävaraisia menetelmiä. Pintaa rikkovat mekaaniset menetelmät tekevät pinnan samalla herkemäksi vaurioille.

Jos suojaamattomassa betonipinnassa on töhreryksiä tai muita sillan ulkonäköä rumentavia maalitahroja alle 10 m²:n alalla, ne poistetaan kemiallisella pinnanpuhdistusaineella. Puhdistustulos riippuu betonipinnan huokoisuudesta. Yleensä on syytä tehdä ennakkokoe, josta saatavaa vertailupintaa käytetään laadunvarmistuksen perustana. Laajemmat pinnat puhdistetaan yleensä suihkupuhdistamalla. Suihkupuhdistus poistaa 0,5–2 mm:n kerroksen, jonka jälkeen pinta on avoimempi mm. hiilidioksidin tunkeutumiselle. Suihkupuhdistusta ei saa tehdä tästä syystä useita kertoja.

Uhrautuva töhrerystenestoaine pestään 90–100 °C:lla vedellä ja noin 100 baarin paineella. Puhdistettu kohta suojataan uudestaan töhrerystenestoaineen valmistajan ohjeiden mukaan.

Töhrerystenpoistoainetta käytettäessä on noudatettava tarkoin aineen valmistajan ohjeita ja aineen soveltuvuus pinnoitteen puhdistamiseen on varmistettava pinnoitteen valmistajalta. Pesuaineliuoksen vaikutusta voidaan yleensä tehostaa harjaamalla. Huuhtelu on tehtävä huolellisesti puhtaalla vedellä.

5.2.3 Raudoitustankojen käsittely

Paljastuneet raudoitustangot käsitellään valitun paikkausmenetelmän vaatimalla tavalla.

Jos pinnassa on työteräksien, muottisiteiden tai sidelankojen päitä, ne piikataan esiin ja katkaistaan vaaditun betonipeitteen syvyydeltä. Jos sidelankoja on pinnassa paljon, on harkittava, onko niiden aiheuttamien ruostepisteiden vaikutus ulkonäköön niin merkittävä, että poistokustannukset ovat perusteltavissa.

5.2.4 Betonipintojen paikkaus

Piikatut ja muut paikkausta vaativat kohdat paikataan annettujen ohjeiden (*SILKO 2.253 Betonipinnan pinnoitus*) mukaan. Ensisijaisesti käytetään sementtipohjaisia paikkausaineita.

Paikkausta vaativa alue rajataan suoraviivaisesti.

5.2.5 Sementtiliiman poisto

Betonipinnat puhdistetaan suoja-aineen tartunnan vaatimaan puhdistusasteeseen. Yleisin ja tehokkain mekaaninen puhdistus- ja karhennusmenetelmä on suihkupuhdistus, jossa epäpuhtaudet irrotetaan raesuihkulla (kuva [22 Suihkupuhdistusta vesihiekkapuhallusmenetelmällä](#)). Sillankorjauksissa käytetään

yleensä hiekkapuhallusta ja painekammiotyypisiä avopuhalluslaitteita. Näillä laitteilla rakeet puhalletaan päin puhdistettavaa pintaa paineilman avulla.



Kuva 22. Suihkupuhdistusta vesihiekkapuhallusmenetelmällä

Suihkupuhdistussuuttimen oikealla valinnalla on suuri merkitys työtehoon ja taloudellisuuteen. Jos tavoitteena on mahdollisimman suuri puhdistusnopeus, valitaan venturisuutin, joka on tehokkaampi kuin suora suutin. Suihkupuhdistus on tehokkainta, jos puhalluskulma on 50–70° ja suuttimen etäisyys puhdistettavasta pinnasta on 30–50 cm.

Hyvän puhdistustuloksen aikaansaamiseksi tarvitaan lisäksi riittävästi kuivaa ja puhdasta paineilmaa tuottava kompressorin. Ilmanpaineen pitää olla 0,6–0,8 MPa (6–8 bar). Ilman laadun varmistamiseksi tarvitaan tehokas jälkijäähdytin sekä veden- ja öljynerotin.

Puhtaus- ja karheusvaatimus määrittää raemateriaalin koon ja kovuuden. Puhallusmateriaalina käytetään yleensä kertakäyttöisiä raemateriaaleja (raekoko 0,5–1,7 mm).

Puhdistustulokseen vaikuttavat tekijät on selvitettävä työn alussa tehtävässä koepuhdistuksessa, jossa saatua pintaa käytetään puhdistustyön vertailupintana.

Vesihiekkapuhallus on hiekkapuhallusta hitaampi, mutta siitä ei aiheudu pölyämisestä johtuvia ympäristöhaittoja. Vesihiekkapuhalluslaite toimii ejektoriperiaatteella. Siinä paineinen vesi aiheuttaa suuttimen ejektorissa imun puhallusletkuun, joka on johdettu raesäiliöön. Tarvittava paine on 10–20 MPa (100–200 bar). Liete on poistettava puhdistetuilta pinnoilta heti painevesipesulla.

Painevesipesu tehdään 25–70 MPa:n (250–700 bar) paineella ja painevesipuhallus 70–170 MPa:n (700–1700 bar) paineella ilman rakeita. Menetelmä vaatii sillankorjaustöissä ennakkokokeen, jossa määritetään tarvittava paine, vesimäärä ja suutin. Ongelmaksi on havaittu, että liian varovainen puhdistus aiheuttaa pinnoitteen tartuntaongelmia ja liian voimakas puhdistus poistaa pintakerrosta liikaa aiheuttaen tarpeettomia tasoitustöitä.

Liekipuhdistus on terminen esikäsitteilymenetelmä, jolla voidaan happi-asetyleniliekkä käyttäen puhdistaa betonipintoja. Ennen liekipuhdistusta pinnalta poistetaan mekaanisesti irtonaiset epäpuhtaudet. Liekipuhdistuksen jälkeen on aina tehtävä jälkikäsitteily, joka on betonipinnoilla yleensä kevyt suihkupuhdistus. Liekipuhdistusta on käytetty sillankorjaustöissä vain vähän ja kokemukset ovat olleet vaihtelevia.

Soodapuhalluksessa soodaa ruiskutetaan paineilman avulla puhdistettavalle pinnalle. Puhallustyö voidaan tehdä käyttäen joko soodan ja veden seosta tai pelkkää soodajauhetta. Menetelmä on

ympäristöystävällinen. Puhdistustyön jälkeen jauhejäämät voidaan huuhtoa pois vedellä. Menetelmä soveltuu töherrysten poiston lisäksi bitumitahrojen poistamiseen näkyviltä pinnoilta.

5.2.6 Tartuntapinnan kosteustila

Suoja-aineet eroavat toisistaan siinä, että sementtipohjaiset aineet vaativat kostean tartuntapinnan, mutta polymeerisideaineiset aineet voidaan levittää vain kuivalle pinnalle.

Sementtipinnoituksen tartuntapinta kastellaan pinnoitusta edeltävänä päivänä. Pinnoituksen alkaessa pinnan pitää olla kostea, mutta se ei saa olla märkä (kiiltävä).

Tartuntapinnan lämpötilan pitää olla vähintään 3 °C kastepisteen yläpuolella. Tuotekohtaisia ohjeita on noudatettava aina.

5.3 Suoja-aineiden levitys

Suojaustyö tehdään siltakohtaisesti laaditun työ- ja laatusuunnitelman mukaan. Perusedellytys suojaustyön onnistumiselle on, että esikäsitteily tehdään huolellisesti. Huolellisuus ja vastuuntunto varmistavat myös varsinaisen suojaustyön onnistumisen. Työssä on noudatettava tarkoin aineiden käyttöselosteissa ja käyttöturvallisuustiedotteissa annettuja ohjeita.

Suojaustyö vaatii hyvää ammattitaitoa. Pinnoitusurakoitsijalla on oltava Rakentamisen Laatu RALA ry:n 5.9 RALA-pätevyys tai muun vastaavan auditointielimen todistus pinnoitustöihin.

Suojaustyössä on tärkeitä, että noudatetaan aineen valmistajan antamia työohjeita ja työ- ja laatusuunnitelmassa määrättyjä kalvonpaksuuksia. Tämän lisäksi sillankorjaustöissä on syytä korostaa ainakin seuraavia seikkoja:

- Suoja-aine levitetään betonipinnalle mahdollisimman pian esikäsitteilyn jälkeen.
- Suoja-aine sekoitetaan huolellisesti valmistajan ohjeiden mukaan ennen käyttöä ja käytön aikana.
- Kulmat ja särmät vahvennetaan siveltimeillä alemman kerroksen päälle.
- Paikattavat alueet ja työsaumat rajataan suoraviivaisesti siten, että ne eivät erotu häiritsevästi muusta pinnasta.
- Värisävyt valitaan niin, että ne poikkeavat eri kerroksissa, jotta pintakerroksen peittävyys on helposti havaittavissa.
- Pintakerroksen värisävy valitaan ympäristöön sopivaksi.
- Kosteuden pääsy estetään suojatulle pinnalle, kunnes pinnat ovat kosketuskuivia.
- Jos käytetään aikaisemmin hankittuja aineita, aineen käyttökelpoisuus on varmistettava sen valmistajalta. Sen lisäksi aineen sitoutuminen ja tarttuvuus yms. on tarkistettava työmaalla. Aineet ovat yleensä käyttökelpoisia noin vuoden ajan.

5.3.1 Huokosten täyttö ja tasoitustyöt

Betonipinnassa on yleensä huokosia. Korjausvaluissa ja uudisrakentamisessa niiden syntyminen voidaan estää käyttämällä muottikangasta betonityössä. Vanhojen betonipintojen huokokset avautuvat suihkupuhdistettaessa, jonka jälkeen pinta on entistä herkempi vaurioitumaan.

Sementtipohjaiset pinnoitteet ovat niin paksuja, että huokokset yleensä täyttyvät ja suojakerroksesta tulee yhtenäinen. Asia on kuitenkin tarkistettava työn alussa tehtävässä mallityössä.

Polymeeripinnoitetta käytettäessä huokokset on täytettävä silotteella tai koko pinnalle on levitettävä tasoite, koska kosteus, ilman hiilidioksidi ja kloridit pääsevät tunkeutumaan suojakerroksen läpi auki jäävistä huokosista, jolloin suojaus epäonnistuu ainakin osittain. Huokokset täytetään silotteella yleensä esikäsitteilyn jälkeen, mutta silote voidaan levittää myös alemman kerroksen päälle, jos aineen valmistajan ohje sen sallii. Tasoite levitetään aina suihkupuuhdistetulle pinnalle. Silotekäsittelyn tai ylitasoituksen työtapo ja käytettävät aineet on määritettävä työ- ja laatusuunnitelmassa.

Käytännössä on todettu, että silote- tai tasoitekerros on usein koko suojakerroksen heikoin osa, joten työ- ja laatusuunnitelmassa esitettävillä laadunvarmistustoimilla on varmistettava, että kerrosten väliset tartunnat ovat riittävät.

Huokokset täytetään silotteella pinnoitteen valmistajan ohjeiden mukaan. Yleensä silote levitetään lastalla tai kintaalla mieluummin siten, että vain huokokset täyttyvät. Muita työtapoja ovat siveltimen päällä töppäys ja siveltimellä ristiinhierominen.

Pinnan tasoitus tuotekohtaisella tasoitteella on tarpeen, jos

- pinnassa on suihkupuuhdistuksen jälkeen paljon huokosia
- pinnasta irtoaa huonolaatuista betonia millimetrin kerros tai enemmän tai pinta tulee liian karheaksi, mikä lisää tarpeettomasti pinnoitteen menekkiä
- raudoituksen betonipeite on 10 mm tai ohuempi taikka raudoitustanko on jouduttu piikkaamaan esiin; betonipeitteen karbonatisoituminen on otettava erikseen huomioon.

Tasoituskerros levitetään tuotekohtaisten ohjeiden mukaan.

5.3.2 Levitys siveltimellä tai harjalla

Siveltimellä levitettäessä suoja-aine tunkeutuu hyvin betonipinnan huokosiin. Pinnoiteyhdistelmän pintakerros voidaan levittää myös telalla (kuva [23 Pinnoitteen levitystä telaamalla](#)), mutta tartunta on varmistettava siveltimellä ristiinhieromalla.



Kuva 23. Pinnoitteen levitystä telaamalla

Sivellinlevitys soveltuu lähinnä suoja-aineen tai uhrautuvan töherryksenestoaineen paikkaukseen. Sivellin- tai harjalevitystä käytetään varsinkin silloin, jos pohja on epätasainen tai ohiruiskutus olisi suuri. Sivellinvalikoima on laaja ja on syytä varmistaa, että kuhunkin käyttötarkoitukseen käytetään sopivia siveltimiä. Siveltimien pitää olla riittävän suuria ja ainetta pidättäviä.

Yhdellä sivelykerralla saatava kuivan kalvon paksuus on yleensä 25–30 µm. Sivellinlevitys on hidasta ja kustannukset nousevat korkeiksi suuria pintoja suojattaessa.

Harjaa, kinnasta tai lastaa voidaan käyttää työselityksessä esitettävällä tavalla, jos suoja-aineen valmistaja sen sallii.

5.3.3 Ruiskulevitys

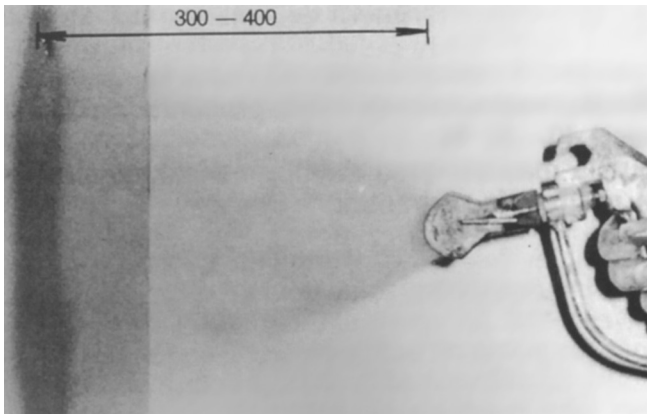
Ruiskulevitys on eniten käytössä oleva suurten pintojen suojausmenetelmä (kuva [24 Koko sillan pinnoitus tehdään yleensä ruiskulla](#)). Ruiskutustekniikat ovat samat maaleja ja pinnoitteita levitettäessä, mutta käytettävät suuttimet erilaisia. Tärkein tekijä on aina ruiskuttajan ammattitaito.



Kuva 24. Koko sillan pinnoitus tehdään yleensä ruiskulla

Levityksessä käytetään yleensä suurpaineruiskua. Suurpaineruiskussa aineen hajautuminen pisaroiksi perustuu suureen paine-eroon, joka syntyy siten, että aine pakotetaan suurella paineella pienen suuttimen läpi. Näin syntyvä sumu on melko hienojakoista ja sen nopeus on suuri vielä sumun tullessa suojattavaan alustaan.

Sopiva ruiskutusetäisyys on 30–40 cm. Ruiskutuspistooli kohdistetaan kohtisuorasti pintaan (kuva [25 Sopiva ruiskutusetäisyys](#)). Liikeratojen tulee olla suoraviivaisia.



Kuva 25. Sopiva ruiskutusetäisyys

Ruiskutussuuttimen sopivuus ja toiminta sekä työtapo tarkistetaan koeruiskutuksen avulla. Suurpaineruiskun suuttimen halkaisija määrää läpikulkevan maalin määrän ja suuttimen hajotuskulma maalisuihkun leveyden.

Suoja-aineiden tuoteselosteissa ilmoitetaan kullekin aineelle parhaiten sopivat suurpaineruiskutussuuttimien koot. Ruiskutus tehdään mahdollisimman alhaisella paineella, jolla aine vielä hyvin hajautuu pisaroiksi. Suurpaineruiskujen paineet vaihtelevat 20–70 MPa:n välillä (200–700 bar).

5.3.4 Pinnoitekalvon paksuus

Pinnoitetyypit, kerrosten lukumäärä ja nimelliskalvonpaksuudet esitetään työkohtaisessa työ- ja laatusuunnitelmassa.

Enintään 5 % mittausarvoista saa alittaa nimelliskalvonpaksuuden enintään 20 prosentilla. Pinnoitteen suurinta sallittua paksuutta ei saa ylittää.

5.3.5 Pinnoitteen menekin laskeminen

Pinnoitteen teoreettinen menekki (M_t) litroina yhtä neliömetriä kohden lasketaan kaavasta

$$M_t = \frac{Kk}{10 \times V}$$

M_t teoreettinen menekki (L/m^2)

V kuiva-ainepitoisuus (tilavuusprosenttina)

Kk kuivakalvonpaksuus (μm)

Käytännön menekki (M_k), joka ottaa huomioon myös ainehukan, on aina suurempi kuin teoreettinen menekki (M_t). Ainehukka johtuu ohiruiskutuksesta sekä purkkeihin ja työvälineisiin jäävästä aineesta. Menekki kasvaa myös pinnan epätasaisen profiilin vuoksi. Käytännön menekki (M_k), voidaan laskea kaavasta:

$$M_k = \frac{10 \times Kk}{V(100 - H)}$$

Mk käytännön menekki (l/m²)

H hukkaprosentti

Ruiskulevityksessä hukkaprosentti on tavallisesti 40–50.

5.4 Jälkihoito

Suoja-aineen jälkihoito tehdään huolellisesti aineen valmistajan ohjeiden mukaan. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota pintojen suojaamiseen auringon säteilyltä, tuulelta ja kosteudelta sekä liian matalilta lämpötiloilta. Lisäksi sementtipohjaiset pinnoitteet vaativat kosteuden liiallista haihtumista estävän jälkihoidon. Erityistä huomiota on kiinnitettävä sementtipohjaisten silotteiden ja tasoitteiden jälkihoitoon. Puutteellinen jälkihoito johtaa yleensä kerroksen irtoamiseen. Jälkihoitomenetelmä esitetään työ- ja laatusuunnitelmassa.

6 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu

6.1 Työturvallisuus

Betonipinnan esikäsittelyssä sekä suoja-aineiden käsittelyssä ja niiden levityksessä on työvaiheita, jotka voivat olla haitaksi työntekijän terveydelle ja turvallisuudelle. Sillankorjaustöissä noudatettavaa työ- ja liikenneturvallisuutta koskevat yleiset vaatimukset on esitetty ohjeessa *SILKO 1.111 Työturvallisuus*.

Tilaajan (rakennuttajan) on laadittava betonirakenteen suojausta valmistellessaan *SILKO 1.111 Työturvallisuus* kohdan *Turvallisuusasiakirja, menettelyohjeet ja turvallisuussäännöt* mukaan turvallisuusasiakirja työn suunnittelua ja valmistelua varten.

Työturvallisuusvaarat on esitetty ohjeen *SILKO 1.111 Työturvallisuus* luvussa *Työturvallisuusvaarat* ja suojautuminen luvussa *Suojautuminen*. Betonipintojen suojaustöissä on kiinnitettävä erityistä huomiota seuraaviin työturvallisuusasioihin:

- Jokaisella työpaikalla pitää olla aakkosellinen luettelo siellä käytettävistä kemikaaleista.
- Kaikista työpaikalla käytössä olevista kemikaaleista on oltava työntekijöiden nähtävillä suomenkielinen ja tarvittaessa ruotsinkielinen käyttöturvallisuustiedote.
- Betonipinnanpuhdistus- ja suoja-aineiden sekä esikäsittelytöissä irtoavien aineiden pääsy iholle, silmiin ja hengitysteihin on aina estettävä (taulukko [11 Betonipintojen suojaustöiden työntekijöille aiheuttamat vaarat ja niiltä suojautuminen](#)).
- Polymeerejä sisältäviin aineisiin liittyvät perustiedot on esitetty polymeerejä käsittelevässä ohjeessa *SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina*.
- Työssä on käytettävä ohjeen *SILKO 1.111 Työturvallisuus* kohdan *Suojautuminen melulta ja tärinältä* mukaan kuulonsuojaimia, jos melutaso ylittää 85 dB(A). Muutkin henkilönsuojaimet, kuten hengityksen- ja silmiensuojaimet, on esitetty kohdassa *Henkilönsuojaimet*.

- Työ- ja suojatelineiden suunnittelu ja käyttö tarkastuksineen on esitetty ohjeen *SILKO 1.111 Työturvallisuus* kohdassa *Työ- ja suojatelineet*.
- Henkilönostoihin liittyvät asiat on esitetty ohjeen *SILKO 1.111 Työturvallisuus* kohdassa *Henkilönostot*.

Urakoitsijan on arvioitava työssä esiintyvät vaarat ja hallittava ne ensisijaisesti teknisin keinoin.

Mikäli tekniset ratkaisut eivät ole mahdollisia, pitää vaarojen arvioinnin perusteella määritellä, mitä henkilönsuojaimia työssä on käytettävä. Tämän perusteella on määriteltävä mitä henkilönsuojaimia työssä on käytettävä. Kaikkien henkilönsuojaimien on oltava CE-merkittyjä.

Taulukko 11. *Betonipintojen suojaustöiden työntekijöille aiheuttamat vaarat ja niiltä suojautuminen*

VAARAN AIHEUTTA- JA	VAARA	HENKILÖNSUOJAIN					
		Kuulon- suojoin	Hengityk- sensuojoin	Silmien suojoin	Kasvojen suojoin	Ihon suo- jaus	Suojapuku
Esikäsittelymenetelmät							
Hiekkapu- hallus	Melu, täri- nä ja rois- keet	x	x	x	x	x	x
Suurpaine- pesu ja soodapu- hallus	Roiskeet silmiin ja iholle		x	x	x	x	x
Betonin hionta	Työstä ai- heutuva melu	x					
	Hiontarois- keet silmiin		x	x		x	(x)
Kemialliset aineet							
Liuotteet, maalit, ter- vat	Höyryjen ja huurujen hengittä- minen.		x	(x)		x	
Vesiohen- teiset poly- meerit	Ihokoske- tuksen ai- heuttama herkistymi- nen.		x		x	x	x
	Roiskeet silmiin.			x			

Taulukko jatkuu...

VAARAN AIHEUTTA- JA	VAARA	HENKILÖNSUOJAIN					
		Kuulon- suojoin	Hengityk- sensuojoin	Silmien suojoin	Kasvojen suojoin	Ihon suo- jaus	Suojapuku
Muut poly- meerit	Ihokoske- tuksen ai- heuttama herkistymi- nen.		x		x	x	x
	Roiskeet silmiin.			x			
Alkaliset pesuaineet	Rasvan poistumi- nen iholta.		(x)	x	x	x	x

6.2 Ympäristönsuojelu

Betonipinnan esikäsitteilyssä sekä suoja-aineiden käsittelyssä ja niiden levityksessä on työvaiheita, joista voi aiheutua haittaa ympäristölle (taulukko [12 Betonipintojen suojaustöiden aiheuttamat haitat ympäristölle ja haittojen välttäminen](#)). Sillankorjaustöissä noudatettavat ympäristönsuojelua koskevat yleiset vaatimukset on esitetty ohjeessa *SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu*.

Betonipintojen suojaustöissä on kiinnitettävä erityistä huomiota seuraaviin ympäristönsuojeluasioihin:

- Tilaaaja selvittää vaarallisten jätteiden esiintymisen korjattavissa rakenteissa jo työn suunnitteluvaiheessa rakenteista otettavien näytteiden avulla. Suunnittelussa on otettava huomioon, että vanhat pinnoitteet saattavat sisältää asbestia. Selvityksen tulokset liitetään tarjouspyyntöihin.
- Tilaaaja esittää tarjouspyyntövaiheessa alustavan ehdotuksen ympäristönsuojelutoimenpiteiksi.
- Työn aikana urakoitsija vastaa kaikista ympäristönsuojaukseen tarvittavista toimista. Toimet määritellään tarkemmin työkohtaisissa laatuvaatimuksissa, urakkaohjelmassa tai urakkasopimuksessa.
- Jos tilapäisestä työstä aiheutuu erityisen häiritsevää melua, on tehtävä meluntorjuntalain mukainen meluilmoitus kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle.
- Esikäsitteilyssä ja suojaustyössä syntyvät jätteet on aina kerättävä, lajiteltava ja toimitettava asianmukaiseen jatkokäsittelyyn.
- Rakennus- ja purkujätteistä on laadittava jätelain (646/2011) ja valtioneuvoston asetuksen jätteistä (179/2012) 24 § mukainen siirtoasiakirja.

Lisää tietoa aineiden ympäristövaikutuksista ja vaarallisista jätteistä on polymeerejä käsittelevässä yleisohjeessa *SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina*. Paikallinen jätehuoltoviranomainen antaa tarkemmat ohjeet kullakin paikkakunnalla noudatettavista määräyksistä.

Taulukko 12. Betonipintojen suojaustöiden aiheuttamat haitat ympäristölle ja haittojen välttäminen

Ympäristöhaitan aiheuttaja	Haitta	Haitan välttäminen
Esikäsittelytyöt		
Puhdistus liuotteella	Orgaaniset liuotteet luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi.	Otetaan pesuaine talteen ja toimitetaan vaarallisen jätteen käsittelypisteeseen.
Metallipintojen hionta ja suihku-puhdistus	Melu Pölynleviäminen ympäristöön. Lyijyä, sinkkiä ja kromia sisältäviä maalijätteitä ei saa päästää vesisistöön. Muulle suihkupuhdistustyössä syntyvälle maalijätteelle 90 %:n talteenottovaatimus. Vanhoissa pinnoitteissa saattaa olla asbestia.	Tehdään meluilmoitus kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle. Huputetaan työkohte ja jäte kerätään esim. imuroimalla tai alipainelaitteilla. Vaaralliset jätteet sekä muu jäte toimitetaan asianmukaisen luvan omaavaan vastaanotto tai käsittelypisteeseen.
Pinnoitus- ym. suojaustyöt		
Sivellin- ja telalevitys	Pinnoitteen roiskeet ja ovat esteettinen haitta ja haitta eloperäiselle ympäristölle.	Estetään pinnoitusaineiden leviäminen maahan, veteen ja ajoneuvojen päälle työtasoilla.
Ruiskulevitys	Pinnoitteen roiskeet ja maalisumu ovat esteettinen haitta ja haitta eloperäiselle ympäristölle.	Käytetään pikasulkijaventtiilillä varustettua suurpaineruiskua. Estetään pinnoitusaineiden leviäminen ympäristöön, ajoneuvojen päälle jne. huputtamalla työkohte.
Ohenteiden liuotteet	Liuotteet haihtuvat ilmaan.	Lämmitetään pinnoitusainetta, jotta ohenteen tarve olisi mahdollisimman pieni.

7 Laadunvarmistus

7.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet

Laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkia niitä ennalta suunniteltuja ja työn aikana tehtäviä järjestelmällisiä toimia, joilla varmistetaan mahdollisimman tasalaatuinen ja riittävän hyvä lopputulos.

Siltojen betonirakenteiden suojaamisen laadunvarmistuksen tavoitteena on

- ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin rakenteeseen ja käyttötarkoitukseen sopiva suojaus
- riittävän hyvä tartunta alusbetonin ja suoja-aineen välillä.

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, ennakkokokeiden, työnopastuksen sekä työnaikaisten mittauksen ja kokeiden avulla. Mittaus- ja testaustulokset taltioidaan laaturaporttiin.

7.2 Korjaajan pätevyys

Korjausurakoitsijalla on oltava RALA ry:n 5.9 RALA-pätevyys tai muun auditointielimen myöntämä vastaava todistus.

Korjaustyön suunnittelijalla on oltava vähintään betonisiltojen A-vaativuusluokan korjaussuunnittelijan pätevyys.

Korjaustyön johtajalla on oltava vähintään I-luokan betonirakenteiden työnjohtajan pätevyys tai vähintään rakennusmestarin koulutus ja Betonirakenteiden korjaustyönjohtajan pätevyys.

Pinnoitustyön tekijältä suositellaan vaadittavaksi työnäyte, ellei pätevyys ole todettavissa esim. koulutuksen perusteella saadusta lisenssistä.

7.3 Korjaustyön valmistelu

Ennakkokoe on tarpeen, jos esim. pinnoitteen ulkonäkö tai erottuminen ympäristöstään on selvitettävä (kuva [26 Pinnoitteen värisävyt ja peittävyys selvitetään tarvittaessa ennakkokokeella](#)).



Kuva 26. Pinnoitteen värisävyt ja peittävyys selvitetään tarvittaessa ennakkokokeella

Tällöin tehdään vähintään yhden neliömetrin suuruinen vertailupinta, jonka tilaaja hyväksyy. Ennakkokokeen yhteydessä tehdään myös laadunvarmistustoimia. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota

näytteenottokohtien paikkaamiseen, jotta paikat eivät erotu rumasti lopullisesta pinnasta (kuva [27 Rumasti erottuva paikkaus](#)).



Kuva 27. Rumasti erottuva paikkaus

7.4 Työnaikaiset kokeet ja valvonta

Työnaikaisen laadunvarmistuksen tarkoitus on varmistaa, että

- vaurioitunut betoni poistetaan
- tartuntapinnat puhdistetaan ja esikäsitellään oikein
- suoja-aineita käytetään käyttöohjeiden mukaan sallituissa oloissa
- jälkihoito tehdään oikein.

Työn aikana valvotaan, että osa-aineet annostellaan ja sekoitetaan tuotekohtaisen ohjeen mukaan. Erityisesti seurataan sementtipohjaisen pinnoitteen vesimäärän annostelua, jonka on oltava tarkoin tuoteselosteen mukainen.

Sementtipinnoitteissa käytettävä vesi ei saa sisältää humusta. Jos vesijohtovettä ei ole saatavissa, on selvítettävä, että vesi täyttää kloridien ja puhtauden osalta standardin SFS-EN 206-1 mukaiset vaatimukset. Merivettä ei saa käyttää.

Työn aikana tehdään ainakin seuraavat testit ja mittaukset:

- Työ- ja laatusuunnitelmassa esitetyt ennakkokokeet ja mallikorjaukset laadunvarmistustoimineen.
- Suojattavan betonipinnan vetolujuuden mittaus vetokokeilla esikäsitteilytoimien jälkeen.
- Tarvittaessa suojattavan betonipinnan kosteustilan mittaus esikäsitteilytoimien jälkeen.
- Ainemenekkien seuraaminen ja vertaaminen valmistajan ohjeisiin.
- Pinnoitteen märän kalvon paksuuden seuraaminen mittauksin ja vertaaminen asetettuihin vaatimuksiin.

Tuloksia verrataan työ- ja laatusuunnitelman laatuvaatimuksiin.

7.5 Kelpoisuuskokeet ja kelpoisuuden osoittaminen

Laatuvaatimukset ja testaus- ja mittausmenetelmät esitetään työ- ja laatusuunnitelmassa.

Vettähylykivän impregnointiaineen suojauskyky tarkistetaan sumuttamalla vettä suojatulle pinnalle, oikein suojatulle pinnalle vesi jää helmeilemään.

Pinnoitteen ja kalvon muodostavan impregnointiaineen tartuntavetolujuus alustaansa tutkitaan standardin SFS-EN 1542 mukaan. Tartuntalujuus mitataan ensimmäisen neliömetrin alalta ja sen jälkeen jokaiselta alkavalta 100 m²:ltä. Tartuntamittauksia on tehtävä kuitenkin vähintään kolme. Tartuntalujuuden pitää olla $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$, ellei työ- ja laatusuunnitelmassa määrätä toisin. Poikkeuksena ovat joustopinnoitteet, joiden tartuntalujuus on yleensä $\geq 0,8 \text{ N/mm}^2$ ja pinnoitteen revetessä kalvosta (koheesiomurtuma) $\geq 0,4 \text{ N/mm}^2$.

Pinnoitteen ja kalvon muodostavan impregnointiaineen paksuus mitataan leikkaavalla mittarilla ottaen huomioon, että betonipinnan profiili on paljon epätasaisempi kuin teräspinnan. Tästä johtuvien tulkintavaikeuksien vuoksi sillankorjaustöissä on käytetty pinnoitettavaan alustaan liimattuja teräslevyjä, jotka irrotetaan välittömästi pinnoituksen jälkeen. Pinnoitteen paksuus voidaan mitata niistä teräspintojen tapaan.

Työn lopputarkastuksessa tarkistetaan, ettei suojatuissa pinnoissa ole halkeamia, värimuutoksia tai työvirheitä.

7.6 Laaturaportti

Siltojen korjaustöistä tehdään uudisrakentamisen tapaan laaturaportti yleisohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdan *Sillan laaturaportti* mukaisesti. Kaikista korjaustyön vaiheista on hankittava sellaiset tiedot, joilla voidaan osoittaa, että rakenteilla on ne ominaisuudet, joita suunnitelma ja työselitys edellyttävät.

Laaturaporttiin merkitään tiedot käytetyistä materiaaleista ja muista tarvikkeista sekä tärkeimmistä työvaiheista, tarkastuksista ja työn lopputuloksesta. Lisäksi raporttiin liitetään koestustodistukset ja muu kelpoisuutta osoittava aineisto sekä korjaustyön aikaiset työsuunnitelmat ja eri työvaiheista tehdyt laadunvalvontapöytäkirjat. Laaturaportti voidaan koota työvuoroittain laadittavista pöytäkirjoista, joihin liitetään muu em. aineisto.

8 Täydentävät ohjeet

Seuraavat viiteasiakirjat ovat välttämättömiä, jotta tätä ohjetta voidaan soveltaa. Jos viittaus kohdistuu tiettyyn versioon, tätä ohjetta koskee vain kyseinen versio. Jos viittauksessa ei ole mainittu versiota, sovelletaan viimeisintä versiota. Ohjeiden ajantasaisuus tulee tarkistaa ennen niiden noudattamista. Ajantasaiset Väyläviraston ohjeet löytyvät [Väyläviraston ohjeluettelosta](#).

Väyläviraston ohjeet

- SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina
- SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina
- SILKO 2.253 Betonipinnan pinnoitus
- SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät
- SILKO 1.801 Vedeneristykset
- Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset – Sillat
- Sillantarkastuskäsikirja
- SILKO 1.111 Työturvallisuus
- SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu
- SILKO 2.253 Betonipinnan pinnoitus
- Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO)

Muut ohjeet

- Betonin suoja-aineiden SILKO-kokeet 2011. VTT- R-07962-11.
- BS 1881 Part 206: 1986. Recommendations for determination of strain in concrete. 12 pages.
- CEN/TS 12390-9:en Testing hardened concrete. Part 9: Freeze-thaw resistance. Scaling
- EN 1767 Products and systems for the protection and repair of concrete structures -Test methods - Infrared analysis.
- EN ISO 11358 Plastics – Thermogravimetry (TG) of polymers – General principles (ISO 11358:1997)
- NT BUILD 357. Concrete, repairing materials and protective coating: Carbonation resistance. Espoo: Nordtest, 1989. 3 s.
- SFS-EN 206-1 Betoni. Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus. 73 s.
- SFS-EN ISO 11507:en Paints and varnishes. Exposure of coatings to artificial weathering. Exposure to fluorescent UV lamps and water (ISO 11507:2007)
- SFS-EN ISO 7783-1:en Paints and varnishes. Determination of water-vapour transmission rate. Part 1: Dish method for free films (ISO 7783-1:1996, including Technical Corrigendum 1:1998)
- SFS-EN ISO 7783-2:en Paints and varnishes. Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete. Part 2: Determination and classification of water-vapour transmission rate (permeability) (ISO 7783-2:1999)
- SFS-EN ISO 8502-4 Teräspintojen esikäsitteily ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Testit pinnan puhtauden arvioimiseksi. Osa 4: Ohjeita kondensaation syntymisen todennäköisyyden arvioimiseksi ennen maalin levitystä.
- SFS-EN 1062-3:en Paints and varnishes. Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete. Part 3: Determination of liquid water permeability
- SFS-EN 1062-6:en Paints and varnishes. Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete. Part 6: Determination of carbon dioxide permeability
- SFS-EN 1062-7:en Paints and varnishes. Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete. Part 7: Determination of crack bridging properties
- SFS-EN 13580:en Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test Methods. Water absorption and resistance to alkali for hydrophobic impregnations

- SFS-EN 1504-2 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 2: Betonipinnan suojaus
- SFS-EN 1542:en Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Tartuntalujuuden mittaus vetokokeella
- VTT 2650 – 1993. Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivatus-punnitusmenetelmä.
- InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat, Rakennustieto Oy, RT 1410920. Lisäksi edellistä täydentävät tai päivittävät ohjeet: www.rts.fi/infraryl – *InfraRYL ylläpito*.
- Betonirakenteiden korjausohjeet. by 41. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 2007. 110 s. ISBN 978-952-5075-85-4.
- Johansson L., Ytbehandling av betongkonstruktioner utomhus. CBI rapport 4:93. Stockholm 1993. 197 s.
- Shaw J. D. N., The use of Polymers in Concrete Repair. Rickmansworth: June/July 1983, August 1984. 8 pages.
- Stanfield R. F., Environmental Protection for Concrete. PRA Symposium, May 27–28, 1987. 3 pages.
- Karlsson F, Skyddsbehandling av betong mot salt och vatten. Betong 3/97. Sidor 10–11.
- Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages.
- Garrett R. M., How to Choose the Right Protective Coating. Western Region Conference. National Association of Corrosion Engineers. September 25–27, 1963. Anaheim, California.
- Sasse H. R., Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen unter Verwendung von Kunststoffen. Beuth Verlag GmbH. Berlin 1994.
- Herold C., Überbrücken von Betonrissen mit Flüssigkunststoff - Beschichtungen. Kunststoffe 78 (1988) 7 s 631–634.



Väylävirasto
Trafikledsverket

