



Väyläviraston ohjeita  
47/2023

Väylävirasto  
Trafikledsverket

## SILKO 1.231

Betonin paikkaus (sisältö vastaa versiota  
12/10)

siltojen  
**SILKO**  
korjaus





**Väylävirasto  
Trafikledsverket**

**Ohje**

19.3.2024

VÄYLÄ/7862/06.04.01/2023

Vastaanottaja	Korvaa
-	SILKO 1.231 Betonin paikkaus (12/10)
Säädösperusta	Voimassa
-	1.4.2024
Väylämuoto	Kohdistuvuus
taitorakenteet	suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito
Asiasanat	Käyttäjryhmät
betoni, paikkaus	suunnittelijat, urakoitsijat, kunnossapitäjät

**SILKO 1.231 Betonin paikkaus** (sisältö vastaa versiota 12/10)

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, sillanrakentamisyksikkö 2010**

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

**Konsultit:**

- Matala Consulting (2010, TkT Seppo Matala)
- Insinööritoimisto Jorma Huura (1996 ja 2010, yli-insinööri Jorma Huura)

**Piirrokset:**

- Kuva 9: Ralf Lindberg, TTY
- Kuvat 16, 17 ja 18: *Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages. RILEM: Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Materiaux, Systemes de Construction et Ouvrages (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems, and Structures)*
- Muut piirrokset: Insinööritoimisto Jorma Huura

**Valokuvat:**

- Kuva 1: Harri Lukkarinen, VR
- Kuva 23: Petri Painilainen, HPP-Tekniikka Oy
- Muut valokuvat: Insinööritoimisto Jorma Huura

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](mailto:teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi)).

Dokumentin sisältö ei ole kaikilta osin saavutettava.

#### LISÄTIETOJA

Jari Nikki

Väylävirasto

[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)

PL 33, 00521 Helsinki

Puhelin 0295 34 3000

[etunimi.sukunimi@vayla.fi](mailto:etunimi.sukunimi@vayla.fi)

Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki

Faksi 0295 34 3700

[kirjaamo@vayla.fi](mailto:kirjaamo@vayla.fi)

# Sisällys

<b>1</b>	<b>YLEISTÄ.....</b>	<b>6</b>
1.1	OHJEEN KÄYTTÖALUE.....	6
1.2	BETONIN PAIKKAUSTARVE.....	7
1.3	PAIKKAUKSIA VAURIOITTAVAT TEKIJÄT.....	9
1.4	BETONIN PAIKKAUSTYÖN VAIHEET.....	10
1.5	BETONIN PAIKKAUKSEN KÄSITTEET.....	11
<b>2</b>	<b>PAIKKAUKSEN SUUNNITTELU.....</b>	<b>13</b>
2.1	RASITUSLUOKAT JA SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ.....	13
2.2	KORJAUSTYÖN SUUNNITTELU.....	14
2.3	PAIKKAUSTYÖN TYÖ- JA LAATUSUUNNITELMA.....	15
<b>3</b>	<b>BETONIN PAIKKAUSAINEEET.....</b>	<b>16</b>
3.1	PAIKKAUSAINELAJIT.....	16
3.1.1	SEMENTTIPOHJAISET LAASTIT.....	17
3.1.2	POLYMEERIPOHJAISET MASSAT.....	19
3.1.3	KORJAUSBETONIT.....	20
3.2	SIDEAINEEET.....	21
3.3	KUIDUT.....	22
3.4	VESI.....	22
3.5	VÄRIAINEEET.....	22
<b>4</b>	<b>PAIKKAUSAINEIDEN LAATUTEKIJÄT.....</b>	<b>22</b>
4.1	PAIKKAUSAINEIDEN OMINAISUUDET.....	22
4.2	PAIKKAUSTYÖN LAATUKRITEERIT.....	23
4.3	PAIKKAUSAINEIDEN LAATUVAATIMUKSET.....	24
4.4	MUUT VAATIMUKSET.....	26
<b>5</b>	<b>BETONIN PAIKKAUS.....</b>	<b>26</b>
5.1	BETONIN KORJAUSPERIAATTEET JA -MENETELMÄT.....	27
5.1.1	KARBONATISOITUNEEN BETONIN PAIKKAUS.....	28
5.1.2	KLORIDIPITOISEN BETONIN PAIKKAUS.....	31
5.1.3	VEDENALAINEN BETONIN PAIKKAUS.....	33
5.2	TARTUNTAPINNAN ESIKÄSITTELY.....	33
5.3	RAUDOITUKSEN SUOJAUS.....	34
5.4	PAIKKAUSTYÖ.....	35
5.4.1	PAIKKAUS KÄSITYÖVÄLINEILLÄ.....	35
5.4.2	PAIKKAUS VALAMALLA.....	36
5.4.3	PAIKKAUS EJEKTORILLA.....	37
5.4.4	JÄLKIHOITO.....	38

<b>6</b>	<b>TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU.....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>LAADUNVARMISTUS.....</b>	<b>40</b>
7.1	LAADUNVARMISTUKSEN TAVOITTEET.....	40
7.2	KORJAAJAN PÄTEVYYS.....	40
7.3	KORJAUSTYÖN VALMISTELU.....	41
7.4	TYÖNAIKAISET KOKEET JA VALVONTA.....	41
7.5	KELPOISUUDEN OSOITTAMINEN.....	42
7.6	LAATURAPORTTI.....	42
<b>8</b>	<b>TÄYDENTÄVÄT OHJEET.....</b>	<b>42</b>

**LIITTEET**

LIITE A: KORJAUSTYÖN PÖYTÄKIRJAMALLI

# 1 Yleistä

## 1.1 Ohjeen käyttöalue

Ohje on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän eli SILKO-ohjeiston osana. Ohjetta käytetään vanhoja siltoja ja uudisrakentamisessa sattuneita virheitä korjattaessa. Ohjeessa käsitellään laasteilla, massoilla ja korjausbetoneilla tehtäviä pienehköjä korjauksia, kun paikattava alue on laajimmillaan muutaman neliömetrin suuruinen. Betonointia valamalla, ruiskuttamalla ja injektoimalla on käsitelty eri ohjeissa.

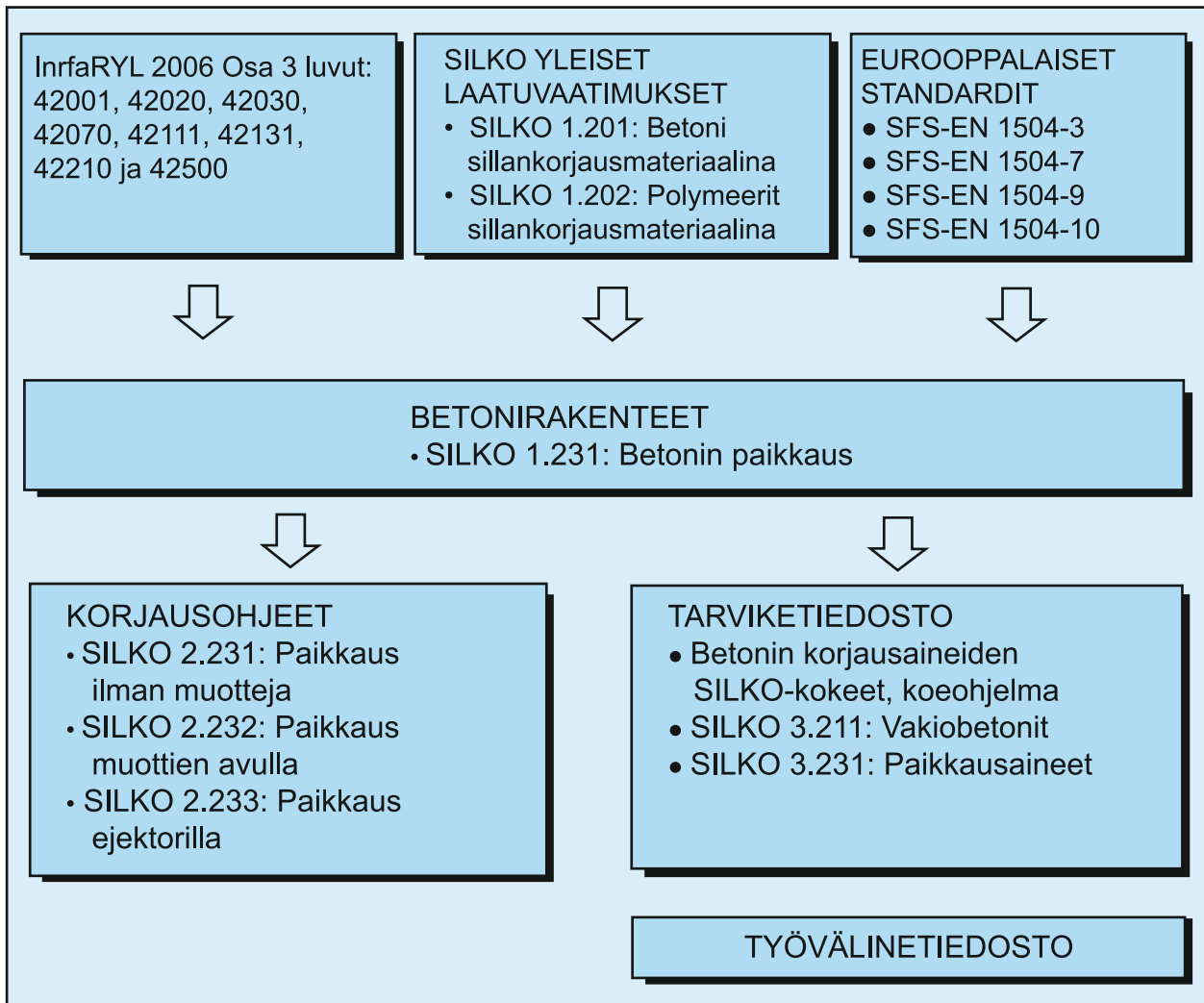
Ohje liittyy eurooppalaisiin standardeihin ja muihin ohjeisiin kuvan [2 Siltojen betonirakenteiden paikkaukseen liittyvät julkaisut](#) mukaisesti. Ohje perustuu betonia ja polymeerejä sillankorjausmateriaalina käsitteleviin ohjeisiin *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* ja *SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina* sekä eurooppalaisiin standardeihin SFS-EN 1504-3, -7, -9 ja -10 (kuva [2 Siltojen betonirakenteiden paikkaukseen liittyvät julkaisut](#)). Ohje on yleisohje, jota yksityiskohtaiset korjausohjeet *SILKO 2.231 Betonin paikkaus* ja *SILKO 2.233 Paikkaus ejektorilla* täydentävät. Korjausbetoneita käytetään paikkauksessa ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* mukaan.

Julkaisu täydentää *InfraRYL:n osan 3* kuvassa [2 Siltojen betonirakenteiden paikkaukseen liittyvät julkaisut](#) esitettyjen lukujen laatuvaatimuksia korjausrakentamisen osalta.

Betonin paikkausta koskevaa tietoa on saatavissa myös muista alan ohjeista (Suomen Betoniyhdistyksen *Betonirakenteiden korjausohjeet*).



Kuva 1. Hyvin tehty piikkaus



Kuva 2. Siltojen betonirakenteiden paikkaukseen liittyvät julkaisut

## 1.2 Betonin paikkaustarve

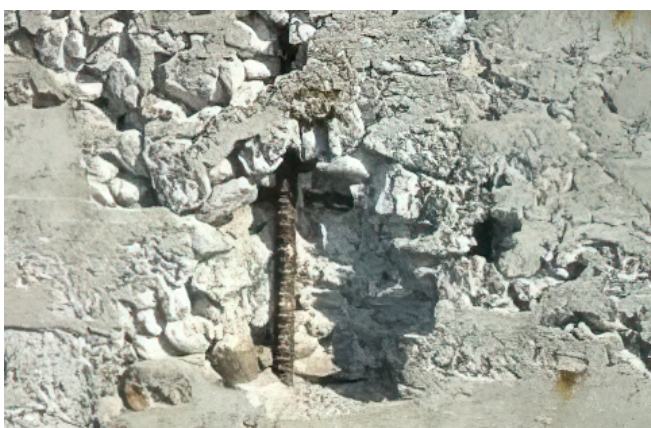
Paikkaamalla korjattavia betonirakenteiden vaurioita ovat

- raudituksen korroosion aiheuttamat betonipeitteen lohkeamat (kuva [3 Raudoitustangon betonipeitteen lohkeama](#))
- betonoitaessa syntyneet onkalot (kuva [4 Valuvika](#)), huonosti tiivistetyt kohdat ja rakenteisiin jääneiden muottien kolot
- muottisiteiden irronneet paikkaukset (kuva [7 Irronneita paikkauksia](#))
- paikalliset suolakorroosiovauriot
- lohkeamat, jotka aiheutuvat ajoneuvojen törmäyksistä (kuva [5 Törmäysvaurio](#)) tai veden jääytymisestä esimerkiksi kaidepylvään juureen (kuva [6 Jäätymisvaurio](#)).

Vauriot korjataan yleensä sillan peruskorjauksen yhteydessä. Jännitetyn rakenteen vaurio korjataan kuitenkin ensi tilassa.



Kuva 3. Raudoitustangon betonipeitteen lohkeama



Kuva 4. Valuvika



Kuva 5. Törmäysvaurio





Kuva 6. Jäätymisvaurio

### 1.3 Paikkauksia vaurioittavat tekijät

Laastipaikkauksia vaurioittavat samat tekijät kuin betoniakin (katso ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohta *Betonia vaurioittavat tekijät*). Polymeeripohjaiset paikkausaineet kestävät paremmin muun muassa suolarasitusta, mutta ovat herkempiä työvirheille. Työvirhe on laastipaikkauksenkin yleisin syy, jos paikka halkeilee tai irtoaa tartunnan pettäessä (kuva [7 Irronneita paikkauksia](#)). Huonon tartunnan syytä ovat muun muassa

- alustabetonin huono laatu tai tartuntapintaan jääneet epäpuhtaudet
- paikattavan alueen väärä rajaus
- väärin perustein valittu paikkausaine
- väärä tartuntapinnan esikäsitteily
- paikkausaineen ja alustan liian suuri lämpötilaero
- paikan teko liian paksuina kerroksina
- puutteellinen tai väärä jälkihoito.



Kuva 7. Irronneita paikkauksia

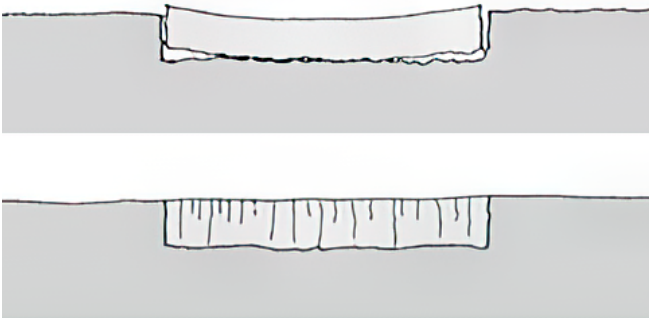
Jälkimmäisestä seuraa sementtipohjaisesta laastista tehdyn paikan kutistuminen, joka johtaa joko paikan irtoamiseen (kuva [7 Irronneita paikkauksia](#)) tai halkeiluun (kuvat [8 Halkeillut paikkaus](#) ja [9 Laastipaikan](#)

ja alustan yhteistoiminta (Lindberg 1994)). Tällöin laastipaikan ja alustan yhteistoiminnassa tapahtuu seuraavaa (Lindberg 1994):

1. Laastipaikan kutistuminen on lujuudenkehitykseen nähden niin nopeaa, että paikka säilyy ehjänä, mutta ei tartu alustaan.
2. Kun laastipaikkaa jälkihoidetaan alkuvaiheen lujuudenkehityksen ajan, tartunta kehittyy hyväksi. Paikka halkeilee ja halkeamia on sitä enemmän ja ne ovat sitä pienempiä mitä lujempi tartunta on. Tällainen halkeilu on vähemmän haitallista paikan säilyvyydelle.



Kuva 8. Halkeillut paikkaus



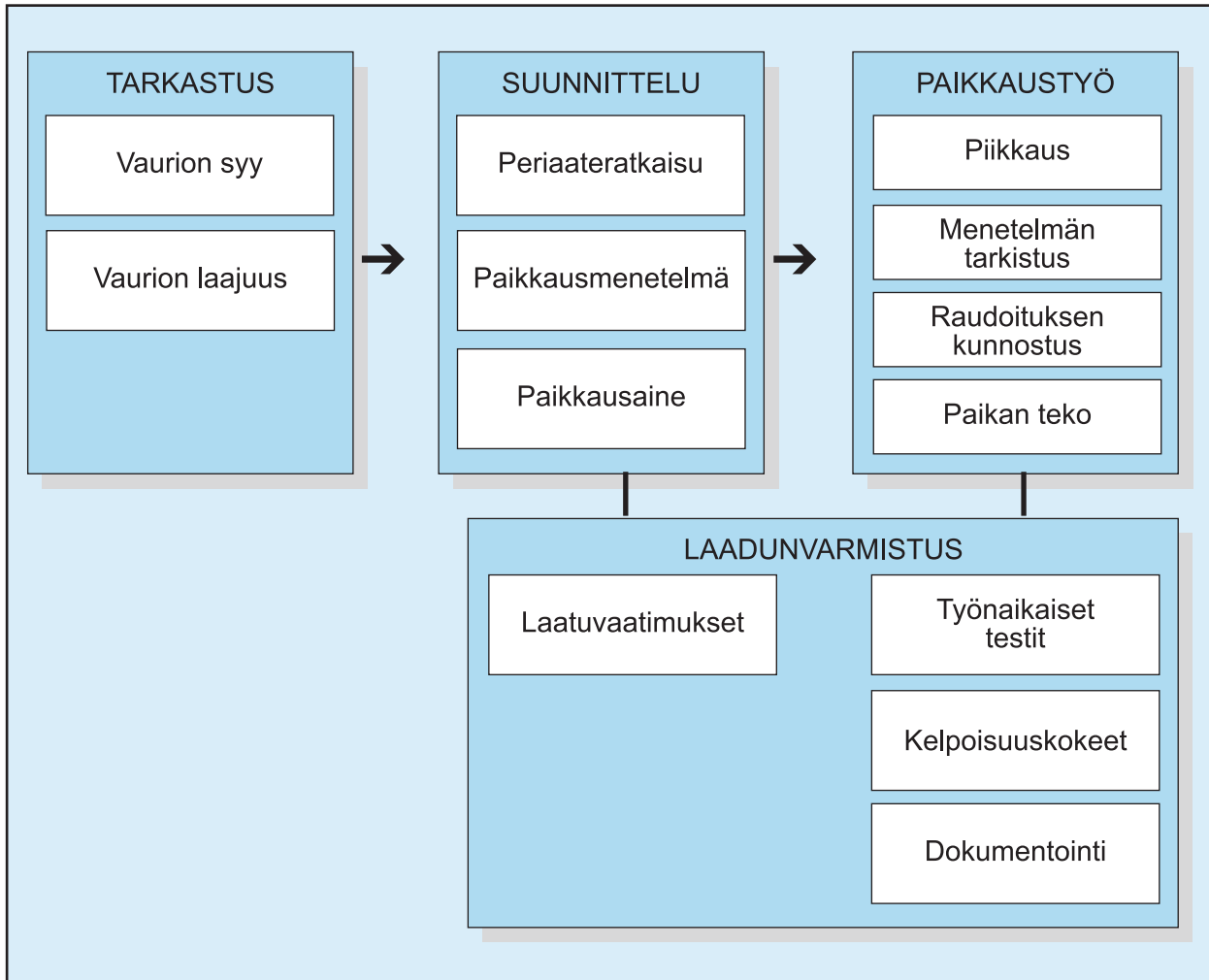
Kuva 9. Laastipaikan ja alustan yhteistoiminta (Lindberg 1994)

Paikkaustyön tavoite on halkeilematon, alustassa kiinni oleva ja rapautumaton paikka, johon päästään

- paikattavan kohdan huolellisella ja ohjeiden mukaisella esikäsittelyllä
- oikean paikkausaineen valinnalla
- ohjeiden mukaisella paikan valmistuksella
- oikealla ja riittävän pitkällä jälkihoidolla.

## 1.4 Betonin paikkaustyön vaiheet

Betonirakenteen paikkaustyö etenee kuvan [10 Betonirakenteen paikkauksen vaiheet](#) esittämässä vaiheissa.



Kuva 10. Betonirakenteen paikkauksen vaiheet

## 1.5 Betonin paikkauksen käsitteet

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

Esikäsittelyyn liittyvät termit on esitetty ohjeessa *SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsittelymenetelmät ja polymeerejä käsittelevät termit ohjeessa SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina*.

### Yleiset määritelmät

#### **kelpoisuus**

asetettujen vaatimusten täyttyminen käyttökohteessa

Standardiluettelon nimikkeissä kelpoisuudesta käytetään myös nimikettä vaatimustenmukaisuus.

#### **paikkausaine**

betonin korjaamiseen tarkoitettu paikkauslaasti, paikkausmassa tai korjausbetoni

Paikkausaineiden nimitykset on esitetty kuvassa [11 Paikkausaineiden nimitykset](#).

<b>paikkauslaasti</b>	sementtipohjainen kuivatuote tai levitysvalmisseos  Paikkauslaasti voi olla valumaton (tiksoatrooppinen) tai notkea, jolloin sitä nimitetään juotoslaastiksi.
<b>kuitulaasti</b>	paikkauslaasti, jossa on muovi-, teräs- tai hiilikuituja
<b>paikkausmassa</b>	polymeeripohjainen paikkausaine tai levitysvalmis massa, jonka komponentit on sekoitettu  Paikkausmassa voi olla valumaton (tiksoatrooppinen) tai notkea, jolloin sitä nimitetään juotosmassaksi.
<b>kuitumassa</b>	paikkausmassa, jossa on muovi- tai teräskuituja
<b>polymeeri</b>	aine, jonka molekyylit pieniä epäsäännöllisyyksiä lukuun ottamatta koostuvat monesta yhteen liittyneestä pienimolekyylisestä rakenneyksiköstä, joiden lukumäärä on niin suuri, että muutaman yksikön lisäys tai vähennys ei enää vaikuta aineen ominaisuuksiin  Alkuperänsä mukaan polymeerit jaetaan toisaalta luonnonpolymeereihin ja keinotekoisiiin eli synteettisiin polymeereihin, toisaalta epäorgaanisiin (esimerkiksi silikonipolymeerit) ja orgaanisiin polymeereihin.
<b>korjausbetoni</b>	sementtipohjainen paikkausaine, jonka kiviaineksen enimmäisläpimitta ylittää 4 mm
<b>Betonin paikkaustöissä esiintyy seuraavia termejä</b>	
<b>kuivatuote</b>	muiden paikkauslaastin osa-aineiden seos, johon työmaalla lisätään vesi
<b>esikäsitteily</b>	betonipinnan esikäsitteilyllä tarkoitetaan paikattavan kohdan työstämistä niin, että pinnan tartuntaominaisuudet vastaavat asetettuja vaatimuksia  Betonipinnan esikäsitteilymenetelmiä ovat hionta, puhdistus ja puhdistusjyrsintä. Puhdistusmenetelmiä ovat suihkupuhdistus, liekkiharjaus, suurpainepesu ja imurointi. Suihkupuhdistusmenetelmiä ovat hiekkapuhallus, vesihiekkapuhallus ja sinkopuhdistus.
<b>esikastelu</b>	betonipinnan kosteustilan saattaminen paikkaus- tai juotoslaastille sopivaksi  Pinnan pitää olla paikkauksen alkaessa kostea muttei märkä, jolloin se on yleensä kiiltävä.

<b>tartunta-aine; mie- luummin kuin primer</b>	paikkausaineen tartuntaa parantava tuotekohtainen nestemäinen aine
<b>korroosionestoaine</b>	raudoitustangon pintaan levitettävä aine, joka estää ruostumisen  Korroosionestoaine on paikkausainekohtainen.
<b>leikkaus tai kaavaus</b>	rakenteen muotoilua ja epätasaisuuksien poistamista sitoutumattoman paikan pinnasta joko teräslangalla taikka puu- tai teräslastalla leikaten
<b>hierto</b>	paikan pinnan tasoittamista puu- tai teräslastalla

## 2 Paikkauksen suunnittelu

### 2.1 Rasitusluokat ja suunnittelukäyttöikä

Sillankorjaustöissä noudatetaan ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoissa *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne* esitettyä rasitusluokitusta. Korjauskohteen suunnittelussa pitää harkita korjauksen tarkoituksenmukainen suunnittelukäyttöikä.

Sillankorjaustöissä paikkaukset pitää suunnitella vähintään 30 vuoden käyttöiälle.

Paikkausaineen lujuusluokka määräytyy yleensä rakenteen alkuperäisen suunnittelulujuuden tai rakenteesta mitatun puristuslujuuden mukaan. Ellei tietoja ole saatavissa, käytetään ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoita *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne*. Lujuusluokkavaatimuksesta voidaan korjaustöissä joustaa, jos muut betonin säilyvyyden kannalta tärkeimmät ominaisuudet niin edellyttävät.

Valmiin paikkauksen säilyvyyden kannalta tärkeimmät ominaisuudet ovat pakkasenkestävyys ja mahdollisimman vähäinen kutistuminen. Pakkasenkestävyyttä koskevat yleiset vähimmäisvaatimukset on esitetty ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoissa *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasitusluokkaryhmissä, alusrakenne* P-lukuarvoina. Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävien paikkausaineiden pakkasenkestävyyttä ja kutistumaa koskevat vaatimukset on esitetty taulukossa [4 Paikkauslaastien ja -massojen ja juotoslaastien ja -massojen ja korjausbetonien laatuvaatimukset](#).

Betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevässä ohjeessa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* on esitetty sillan eri rakenneosien betonin lujuusvaatimukset ja betonipeitteen nimellisarvot uudisrakentamisessa. Ohjetta voidaan soveltaa suunnittelukäyttöikien osalta myös

korjausrakentamisessa, mutta tällöin lähtökohdaksi otettu 100 vuoden suunnittelukäyttöikä johtaa varsin suuriin betonipeitteen arvoihin vähimmäisvaatimuksiksi asetetuilla betonin puristuslujuustasoilla.

Ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdassa *Betonin ominaisuudet* on annettu käyrästöt huokostetun betonin karbonatisoitumissyvyyden arvioimiseksi betonin lujuuden ja betonin vesisementtisuhteen avulla. Niiden perusteella voidaan asettaa paikkauksessa käytettävien sementtipohjaisten laastien laatuvaatimukset puristuslujuudelle ja betonipeitteen vähimmäisarvolle, kun suunnittelukäyttöikä on ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* taulukoissa *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasisitusluokkaryhmissä, päällysrakenne* ja *Betonirakenteiden vähimmäisvaatimukset siltaosittain eri rasisitusluokkaryhmissä, alusrakenne* esitettyä lyhyempi.

Raudoitusta suojaava betonipeite määräytyy suunnittelukäyttöiän perusteella.

## 2.2 Korjaustyön suunnittelu

Betonirakenteiden korjaustyön suunnittelua ja korjaussuunnitelman laatimista on käsitelty ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdassa *Betonirakenteen korjaustyön suunnittelu*. Koska ennen vuotta 2009 siltoja rakennettaessa on noudatettu *Sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia – SYL 3*, suunnittelijan on arvosteltava korjattavia rakenteita rakennusajankohdan määräysten mukaan.

Korjauksen suunnittelussa yleisperiaate on, että paikkaustöissä käytetään vain Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä kuivatuotebetoneita, paikkauslaasteja tai -massoja ja juotoslaasteja tai -massoja.

Paikkaustyön suunnitelma liittyy yleensä laajempaan koko sillan korjaussuunnitelmaan tai on sen osa. Suunnittelussa asetettavat laatuvaatimukset materiaalien, työnsuorituksen ja lopputuotteen laadun suhteen pitää harkita kohdekohtaisesti ja asettaa tarkoituksenmukaisiksi kohteen laajuus ja vaatavuustaso huomioon ottaen.

Paikattavat betonipinnan vauriot voidaan todeta yleisesti näköhavainnoin, mutta betonin karbonatisoituminen, kloridipitoisuus ja raudoituksen betonipeite ja korroosiotila on selvitettävä mittauksin paikkauksen laajuuden määrittämiseksi. Suositeltava purkamismenetelmä ja kerralla piikattavaksi sallittava kantavien rakenteiden, kuten palkkien ja pilareiden, osa merkitään korjaussuunnitelmaan. Korjaussuunnitelmaan merkitään lisäksi paikkauksen rajaustapa.

Korjaussuunnitelman pitää sisältää

- hanketiedot
- suunnittelukäyttöikä
- laatuvaatimukset
- olosuhdevaatimukset
- työvaihevaatimukset
- ympäristönsuojeluvaatimukset (jätteen talteenotto ja liikenne)
- jätteenkäsittelyvaatimukset
- muut hankekohtaiset tiedot.

Korjaussuunnitelman laatimisessa pitää kiinnittää erityistä huomiota purettavan rakenneosan purkusuunnitelmaan. Kantavien rakenteiden betonia voidaan purkaa ilman kantavuuslaskelmia vain pieniltä alueilta. Suunnittelutarve rakenneosittain on esitetty julkaisussa *Betonipinnan purkamisohje*.

Korjaussuunnitelman laatimisen yhteydessä on hankekohtaisesti arvioitava liikenteen aiheuttamat rasitukset paikkaustyölle kovettumisvaiheessa. Tarvittavat liikennerajoitukset, kuten sallittava värähtelynopeus tai nopeusrajoitus sekä rajoitusten kestot, esitetään korjaussuunnitelmassa.

Liikenteen aiheuttama värähtelynopeus (heilahdusnopeus) saa olla kriittisenä aikana enintään 20 mm/s. Jos värähtelynopeutta ei mitata, sillan osalle asetetaan kokonaispainoltaan yli 12 tonnin ajoneuvoja koskeva nopeusrajoitus 15 km/h. Kriittinen aika betonointihetkestä lukien on 14 tuntia. Paikkausaineen pitää saavuttaa 12 MPa:n lujuus ennen liikennerajoitusten poistamista. Ajouradan epätasaisuudet on tasoitettava.

Pahoin ruostuneet ja purettaessa vaurioituneet raudoitustangot korvataan uusilla. Uusien raudoitustankojen pitää olla halkaisijaltaan entisiä vastaavia tai lähinnä suurempia harjaterästankoja. Suunnitelmassa annetaan ohjeet hitsattavien tankojen käytöstä.

Sillankorjaustöissä raudoitusta suojaavan betonipeitteen on oltava yleensä vähintään 30 mm. Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä paikkauslaasteja ja korjausbetoneita käytettäessä betonipeitteen vähimmäispaksuus voidaan asettaa tuotekohtaisesti taulukon [1 Paikkauslaastien ja korjausbetonien betonipeitteen vähimmäispaksuus SILKO-kokeiden kriteeristön perusteella](#) mukaisesti. Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä paikkausmassoja käytettäessä betonipeite määräytyy tuotekohtaisesti, mutta on oltava vähintään 15 mm. Vaatimukset koskevat myös työraudoitteita.

Korjaussuunnitelma liitetään sillan laaturaporttiin.

Taulukko 1. Paikkauslaastien ja korjausbetonien betonipeitteen vähimmäispaksuus SILKO-kokeiden kriteeristön perusteella

Koetuloksen mukainen		Betonipeitteen vähimmäispaksuus (mm)	
Karbonatisoitumisen estokyky	Kutistuma	Suunnittelukäyttöikä 30 vuotta	Suunnittelukäyttöikä 50 vuotta
+++	+++	15	25
++	++	20	30
+	+	25	35

## 2.3 Paikkaustyön työ- ja laatusuunnitelma

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

### 1. Yleiset tiedot

- hankkeen työnjohto, työntekijät ja laadun- valvontaorganisaatio: henkilöt ja tiedot pätevyyksistä, vastuu, toimivalta ja tehtävät
- työmäärien tarkistus
- laaduntarkastuksissa käytettävä kaluston 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

- työn toteutus: työntekijät, työkapasiteetit ja aikataulu
- purettavien osien rajat ja purkamismenetelmä
- muottirakenteet ja telineet
- paikkausaineen valinta
- menettely pintavaatimusten saavuttamiseksi
- pinnan käsittely, suojaus ja jälkihoitomenetelmän työalueen suojaaminen
- liikennejärjestelyt.

## 3. Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset

- olosuhdemittaukset
- betonipeitemittaukset
- korjausalustan vetolujuuden mittaus
- paikkausaineen tartuntalujuuden mittaus
- laadunohjaus yllä mainittujen toimien perusteella.

## 4. Kelpoisuuden osoittaminen

- betonointipöytäkirjat
- tartuntamittaukset
- puristuslujuusmittaukset
- poikkeamaraportit
- korjaustoimenpiteet
- uusintatarkastus.

# 3 Betonin paikkausaineet

## 3.1 Paikkausainelajit

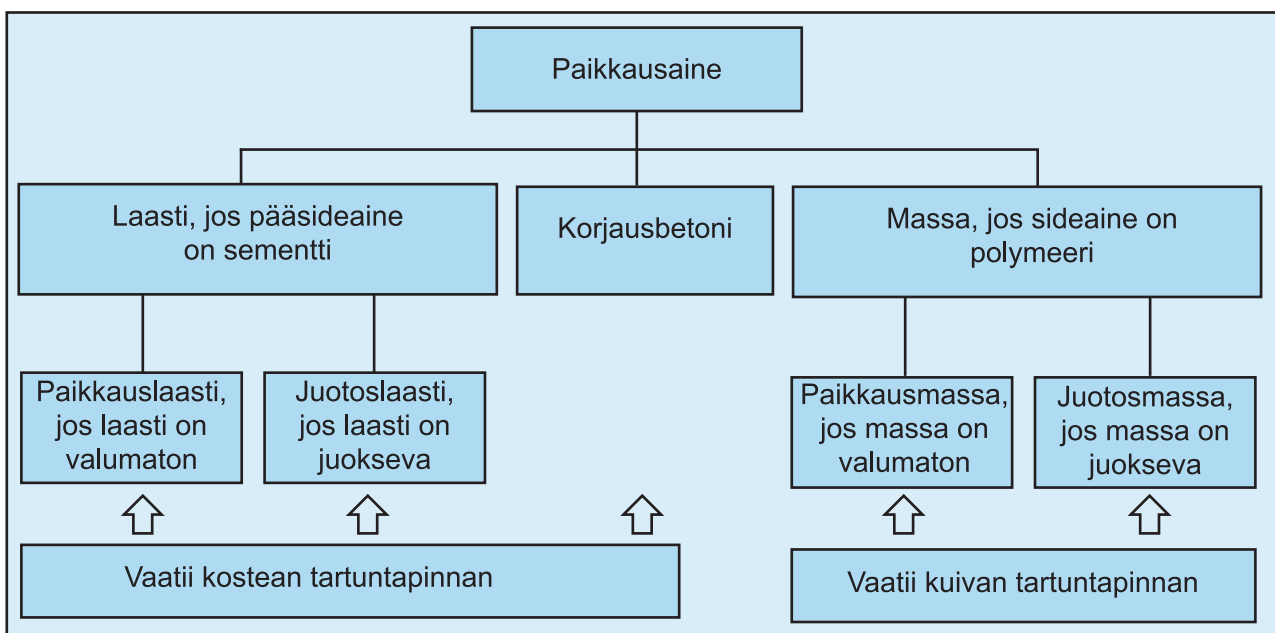
Betonin paikkaamisen tärkein periaate on, että paikkausaine vastaa mahdollisimman hyvin ominaisuuksiltaan korjattavaa betonia. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa pituuden lämpötilakerroin ja lujuus. Jos laasti valmistetaan kiviaineksen, sementin ja veden seoksena, paikan liallinen kutistuminen



on usein ongelma, jonka seurauksena paikka irttaa tai siihen tulee halkeamia. Tästä syystä paikkausaineissa on ryhdytty käyttämään polymeerejä, joilla

- vähennetään kutistumista
- parannetaan tiiviyyttä
- kiihdytetään kovettumista
- parannetaan työstettävyyttä
- parannetaan paikan tartuntaa alustaan.

Polymeeri voi toimia paikkausaineessa joko varsinaisena sideaineena tai sitä voidaan käyttää lisäaineena haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Edellisiä kutsutaan SILKO-ohjeissa massoiksi ja jälkimmäisiä laasteiksi (kuva 11 Paikkausaineiden nimitykset).



Kuva 11. Paikkausaineiden nimitykset

### 3.1.1 Sementtipohjaiset laastit

Sementtipohjaiset paikkauslaastit ovat valumattomia (kuva 12 Paikkausta pystypintaan valumattomalla paikkauslaastilla) ja niitä käytetään paikattaessa

- alus- ja päällysrakenteiden pystypintoja
- päällysrakenteen alapintoja joko muottiin sulloen tai ilman muottia
- kaltevia pintoja ja viisteitä.



Kuva 12. Paikkausta pystypintaan valumattomalla paikkauslaastilla

Sementtipohjaiset juotoslaastit ovat erittäin notkeita (kuva [13 Kaidepylvään juurikoroke on valettu juotoslaastista](#)) ja niitä käytetään valettaessa

- betonirakenteen pystypinnan paikkaa muottien avulla
- suojabetonin, betonisen ajotilaatan tai kansilaatan pintapaikkaa
- kaidepylvään juuren varausta ja juurikoroketta
- laakerikoroketta
- liikuntasauaman tukikaistaa.



Kuva 13. Kaidepylvään juurikoroke on valettu juotoslaastista

Laastin sideaineen on oltava pääosin sementtiä, mutta siinä voi olla pakkasenkestävää polymeeriä. Laastin osa-aineita ja niiden ominaisuuksia koskevat standardin SFS-EN 206-1 ja sen kansallisen soveltamisstandardin mukaiset vaatimukset. Kovettuneella laastilla pitää olla suunnitelmien mukaiset lujuus-, säilyvyys- ja muut ominaisuudet. Laastia ei saa käyttää kantavan rakenteen korjaamiseen, jos laasti sisältää aluminaattisementtiä. Laasteille asetetaan lisäksi seuraavat vaatimukset:

- Kuivalaastin pitää olla sekoitettu tehdassekoittimella ja pakattu kuljetusta varten.
- Erikseen hankittavien kuivakomponenttien sekoittaminen työmaalla on sallittua vain, jos käytettävissä on tehdastason sekoituslaite ja laastin laatu on todettu kelvolliseksi ennakkokokein.
- Laasti ei saa sisältää mitään korroosiota edistävää ainetta.

Vaatimukset koskevat paikattavalle pinnalle levitettäviä, tartuntaa parantavia aineita. Tartuntapinnan pitää olla kostea.

Kiviaines on yleensä luonnonkiviainesta. Laastissa voidaan käyttää massaa keventävää ainesta. Kiviaineksen rakeisuusalue on 0–4 mm. Kiviaineksen on täytettävä standardin SFS-EN 12620 mukaiset betonin kiviainekselle asetetut vaatimukset. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kiviaineksen puhtauteen ja rakeisuuteen. Kiviainesten ominaisuuksia ja laatuvaatimuksia on käsitelty julkaisussa *by 43 Betonin kiviainekset 2008*.

Pesubetonipintaa korjattaessa voidaan pintaan sirotella rouhetta.

Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävät kuivatuotteet voivat poiketa näistä ohjeista.

Polymeeripitoiset paikkauslaastit voivat olla valmislaasteja tai kaksikomponenttilaasteja. Valmislaastin kuiva-aines sisältää myös polymeerin, joten työmaalla tarvitsee lisätä vain vettä. Kaksikomponenttilaasteissa sekoitetaan kuiva-aines (sementti ja kiviaines) työmaalla polymeerin vesiliuokseen eli lateksiin. Lisäksi on tuotteita, joissa nestemäinen polymeeri tai kaksi polymeerikomponenttia sekoitetaan valmiiseen kuivalaastiin ja veteen.

### 3.1.2 Polymeeripohjaiset massat

Polymeeripohjaiset paikkausmassat ovat valumattomia (kuva [14 Pienen kolon paikkaus on tehty paikkausmassalla](#)) ja niitä käytetään paikattaessa pieniä alle 2 dm<sup>3</sup>:n koloja, kuten

- muottisiteiden koloja ja huokosia alus- ja päällysrakenteiden pystypinnoissa
- halkeamia, jolloin massoja käytetään joko sulkuaineena ennen injektointia tai täytettäessä auki piikattu halkeaman pintaosa
- kaltevia pintoja ja viisteitä.



Kuva 14. Pienen kolon paikkaus on tehty paikkausmassalla

Polymeeripohjaiset juotosmassat ovat nopeasti kovettuvia ja erittäin notkeita. Niitä käytetään paikattaessa

- vedeneristyksen alustan vaurioita, kun paikan kovettumisen pitää tapahtua nopeasti (kuva [15 Vedeneristyksen alusta on paikattu kuumuuttakestävällä juotosmassalla](#))

- liikuntasauvojen tukikaistojen kulumisuria.



Kuva 15. Vedeneristyksen alusta on paikattu kuumuuttakestävällä juotosmassalla

Juotosmassoja voidaan käyttää myös erilaisissa alusta- ja kiinnitysvaluissa muun muassa laakereissa ja ankkureita juotettaessa.

Tartuntapinnan pitää olla kuiva.

Paikkaus- ja juotosmassan sideaineen on oltava pakkasenkestävä polymeeri, joka on yleensä epoksi. Massoilta voidaan vaatia lisäksi

- hyvää kemiallista kestävyyttä tai kestävyyttä mekaanista kulutusta tai kuumuutta vastaan
- nopeaa kovettumista
- ohutta kerrospaksuutta.

Kiviaines on yleensä luonnonkiviainesta, mutta siinä voi olla massaa keventävää tai kulutuksen kestävyyttä parantavaa ainesta. Kiviaineksen rakeisuusalue on 0–4 mm. Kiviaineksen on täytettävä standardin SFS-EN 12620 mukaiset betonin kiviainekselle asetetut vaatimukset. Polymeerisideaineeseen sekoitettavan kiviaineksen on oltava kuivaa.

Yleensä käytetään tehtaalla valmiiksi annosteltuja pakkauksia. Muulloin annostelu on tehtävä punnitsemalla.

Paikkaus- tai juotosmassan esipolymeeri toimitetaan nesteinä, joka kiviaineksen ja kovetteen lisäämisen jälkeen reagoi valmiiksi tuotteeksi. Polymeeripitoisuus on 250–900 kg/m<sup>3</sup>. Kiviaineksen ja alustan on oltava kuiva. Vähäinenkin kosteus saattaa häiritä polymeroitumisreaktiota, jolloin materiaali ei kovetu kunnolla tai siihen ilmestyy kuplia. Paikan jälkihoito tehdään tuotekohtaisten ohjeiden mukaan.

### 3.1.3 Korjausbetonit

Paikkauksessa voidaan käyttää myös korjausbetoneita. Korjausbetonin kiviaineksen raekoko on 5 mm tai yli. Betonin laastia suuremman raekoon käyttäminen on tarkoituksenmukaista esimerkiksi kulutusrasitetuissa kohteissa kuten liikuntasauvojen tukikaistoissa, vedenalaisissa paikkauksissa sekä laajoissa ja syvissä paikkauksissa.

Itsetiivistyviin betoneihin perustuvat pumpattavat tai valettavat korjausbetonit ja koossapysyvät, pumpattavat vedenalaisissa korjaustöissä käytettävät betonit ovat yleistyneet viime vuosina.

Korjausbetoneiden ominaisuuksia ja käyttöä koskevat yleiset betonin laatuvaatimukset, jotka on esitetty ohjeessa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina ja InfraRYL:n osassa 3*. SILKO-laatuvaatimukset täyttäviä korjausbetoneita koskevat vaatimukset voivat poiketa edellä mainituista korjausbetonien osaineiden, koostumuksen, valmistuksen ja käytön suhteen. Sillankorjaustöissä suositellaan käytettäväksi Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä korjausbetoneita.

## 3.2 Sideaineet

Polymeeripitoiset laastit sisältävät aina polymeerin lisäksi myös sementtiä.

Sementti on laasteissa yleensä kansainvälisten määräysten mukaista (SFS-EN 197-1+A1). Sementtiin ei saa lisätä klorideja, sulfaatteja tai muita säilyvyyttä heikentäviä aineosia enemmän kuin määräyksissä on sallittu. Portlandsementtiä käytetään yleensä 350-400 kg/m<sup>3</sup>:ssa.

Polymeerin määrä on yleensä 1–25 % sementin painosta. Periaatteessa mitä tahansa polymeeriä, joka on sekoitettavissa veteen lateksiksi, voidaan käyttää seoksessa. Latekseja on kahta päätyyppiä, elastomeerilatekseja ja kestonuovilatekseja. Elastomeerilatekseissa polymeerinä voi olla luonnonkumi tai synteettinen elastomeeri kuten styreenibutadieeni (SBR). Kestonuovilatekseissa polymeerinä on yleisimmin polyvinyyliasetaatti (PVA) tai sen kopolymeeri; lisäksi on käytetty erilaisia polyakrylaatteja ja niiden kopolymeerejä.

Yleisimmin paikkauslaasteissa käytetään styreenibutadieenikumia (SBR), akrylaatteja ja epokseja (EP). Polymeereilla voidaan parantaa laastin tartuntaa, taivutuslujuutta, kulutuksenkestävyyttä, kemikaalienkestävyyttä ja tiivyyttä sekä vähentää kutistumista. Toisaalta akrylaatit menettävät lujuuttaan kosteudessa, vaikkakin saavuttavat alkuperäisen lujuutensa ympäristön kuivuttua.

Polyvinyyliasetaattia (PVA) ei yleensä käytetä sillankorjaustöissä, koska aine reagoi emäksisen sementin kanssa veden läsnä ollessa ja kestää huonosti kosteutta.

Paikkaus- tai juotosmassa ei sisällä sementtiä, vaan kiviaines sidotaan polymeerillä, useimmiten epoksilla (EP), polyuretaanilla (PUR) tai polymetyylimetakrylaatilla (PMMA). Yleisimmin massoissa käytetään epokseja (EP), joilla on

- hyvä puristus- ja vetolujuus
- hyvä tartunta betoniin ja teräkseen
- hyvä kemikaalien ja vesihöyryn vastustuskyky
- alempi kimmokerroin kuin betonilla
- suurempi pituuden lämpötilakerroin kuin betonilla
- nopea kovettuminen jopa alhaisissa lämpötiloissa.

Kolme viimeksi mainittua ominaisuutta saattavat haitata materiaalien yhteensopivuutta.

Polyestereitä ei yleensä käytetä sillankorjaustöissä, koska ne sopivat huonosti kosteisiin oloihin.

### 3.3 Kuidut

Kuiduilla pyritään vaikuttamaan laastin halkeilukäyttäytymiseen. Kuidulla pitää olla hyvä tartunta, johon vaikuttavat kuidun pituus, paksuus ja muoto. Kuidut annostellaan valmistajan ohjeen mukaan. Käyttötarkoitus määrää kuitutyypin. Juotoslaastiin lisätään yleensä teräskuituja, jos pinnalta ei vaadita hyvää ulkonäköä. Pintaan jäävät teräskuidut ruostuvat. Monissa paikkauslaasteissa on puolestaan polymeerikuituja kuivatuotteeseen sekoitettuna.

Kuidut sekoitetaan kiviainekseen ennen muita osa-aineita, jos ne eivät ole valmiiksi annosteltuna laastin osa-aineena.

### 3.4 Vesi

Laastiin sekoitettavan veden pitää olla puhdasta ja väriltään kirkasta. Vesi ei saa sisältää klorideja enempää kuin 0,03 painoprosenttia (Cl<sup>-</sup>). Merivettä ei saa käyttää.

Jos vesi otetaan suoraan vesistöistä, on aina tutkittava, että vedessä ei ole humusta tai muita laastille haitallisia aineita. Tämä koskee myös jälkihoidossa käytettävää vettä.

### 3.5 Väriaineet

Paikka ei saa yleensä erottua häiritsevästi ympäristöstään. Laastien värisävyä voidaan muuttaa betoniväreillä, jos laastin valmistaja sen sallii. Väripigmenttiä voidaan käyttää korkeintaan 7 % sementin painosta. Paras tulos saavutetaan, kun sekoitus tehdään siten, että väri sekoitetaan ensin tasaisesti kiviainekseen. Myös valkosementtiä voidaan käyttää, jolloin se lasketaan mukaan sideainemäärään.

## 4 Paikkausaineiden laatutekijät

### 4.1 Paikkausaineiden ominaisuudet

Paikkausaineiden pitää perustua standardeihin SFS-EN 1504-3 ja 7.

Sillankorjaustöissä on saatu hyviä kokemuksia Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävistä kuivatuotteista, jotka sisältävät usein polymeerejä ja mahdollisesti mineraalista seosainetta kuten silikaa. Tuotekohtaisiin ominaisuuksiin on perehdyttävä huolellisesti. Vertailussa on otettava huomioon, että hyvästä massasta tehty raudoituksen betonipeite voi olla ohuempi, jolloin kalliimpi hinta kompensoituu pienemmällä massamäärällä. Työtä varten on laadittava työ- ja laatusuunnitelma ottaen huomioon tuotteen valmistajan tai maahantuojaan antamat tuotekohtaiset käyttöohjeet.

Pienialaiset ja ohuet 6–12 mm:n paikkaukset tehdään yleensä paikkaus- ja juotosmassoista ja paksuudeltaan 12–25 mm:n paikkaukset paikkaus- ja juotoslaasteista. Paksummat paikkaukset tehdään

betonista valamalla tai ruiskuttamalla. Paikkausaineiden ominaisuudet on esitetty taulukossa [2 Paikkausaineiden ominaisuudet betoniin verrattuna](#). Vertailun vuoksi taulukossa on esitetty myös betonin arvot. Jos betonirakenteen läpi suotautuu kosteutta, on varottava käyttämästä alustan betonin lujuutta huomattavasti lujempaa paikkausainetta.

Taulukko 2. Paikkausaineiden ominaisuudet betoniin verrattuna

Ominaisuus	Yksikkö	Paikkaus- ja juotosmassat	Paikkaus- ja juotoslaastit	Betoni
Puristuslujuus	N/mm <sup>2</sup>	25–100	10–100	30–100
Kimmokerroin	kN/mm <sup>2</sup>	0,5–20	1–30	25–50
Taivutusvetolujuus	N/mm <sup>2</sup>	5–30	6–15	2,5–5
Vetolujuus	N/mm <sup>2</sup>	4–20	2–8	2–4
Murtovenymä	‰	0–10	0–1	0–0,1
Pituuden lämpötilakerroin	10 <sup>-6</sup> /°C	25–30	8–20	7–12
Vedenimu 7 vrk +25 °C:ssa	%	0–1	0,1–0,5	5–15
Korkein hetkellinen käyttölämpötila	°C	40–80	100–250	< 250
Kovettumisaika +20°C:ssa	d	0,25–2	1–7	7–28

## 4.2 Paikkaustyön laatukriteerit

Laatukriteereitä voidaan käyttää paikkaustyön yleissuunnitteluun ja apuna laatuvaatimuksia määrittäessä.

Paikkaustöiden yleiset olosuhdevaatimukset on esitetty kohdassa [4.4 Muut vaatimukset](#). Jos oloja ei saada paikallisin järjestelyin sopiviksi, tulos on varmistettava ennakkokokein.

Taulukossa [3 Paikkaustyön yleisiä laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi](#) on esitetty paikkaustyön laatuun vaikuttavia tekijöitä, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja työssä.

Taulukko 3. Paikkaustyön yleisiä laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi

Laatutavoitteita	Menetelmiä
Hyvä tartunta alustaan	Vaurioituneen betonin poisto niin, ettei synny halkeamia. Vesipiikkaus (yli 800 bar) on suositeltavin. Vesipiikkauksen jälkeen suurpainepesu. Muita piikkausmenetelmiä käytettäessä piikkaus on tehtävä tartuntapintaa lähestyttäessä kevyellä piikkausvasaralla tai käsityövälineillä.  Betonialustan puhdistus irtonaisista aineksista ja epäpuhtauksista. Suihkupuhdistus hiekka- tai vesihiekkapuhalluksella*.)  Esikastelu*) niin, että alusta on riittävän kostea, muttei liian märkä (kiiltävä). Runsas kastelu vuorokausi ennen paikkausta.
Plastisen halkeilun estäminen	Kuitujen käyttö.  Jälkihierto, jos mahdollista. Ohuet kerrospaksuudet.  Jälkihoito tuotekohtaisen ohjeen mukaan.
Kuivumisesta johtuvien halkeamien estäminen *)	Jälkihoito tuotekohtaisen ohjeen mukaan.  Jälkihierto tai pinnoitus, jos hierto ei ole mahdollista.
Hidas karbonatisoituminen *)	Pieni vesi-sementtisuhte (alle 0,40).  Jälkihoito tuotekohtaisen ohjeen mukaan.
Pinnan tummuusvaihtelun vähentäminen	Ennakkokoe.

\*) Ei koske paikkaus- ja juotosmassoja

### 4.3 Paikkausaineiden laatuvaatimukset

Sillankorjaustöissä käytetään vain Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä paikkausaineita. Hyväksyntä perustuu akkreditoidun tai vastaavan hyväksytyyn tutkimuslaboratorion tekemien SILKO-kokeiden tuloksiin.

Paikkausaineiden laatuvaatimukset ja Väyläviraston laatuvaatimusten mukaisten kokeiden arvosteluperusteet on esitetty taulukossa [4 Paikkauslaastien ja -massojen ja juotoslaastien ja -massojen ja korjausbetonien laatuvaatimukset](#).



Taulukko 4. Paikkauslaastien ja -massojen ja juotoslaastien ja -massojen ja korjausbetonien laatuvaatimukset

Ominaisuus	Vaatus	Menetelmä
Puristuslujuus	$\geq 10$ MPa **)	EN 12190
Estetty kutistuma ja tartuntalujuus	<p>a) + Halkeamaleveyden keskiarvo <math>\leq 0,10</math> mm. Kaikki halkeamat <math>&lt; 0,1</math> mm. Ei laminoitumista. ++ Halkeamaleveyden keskiarvo <math>\leq 0,05</math> mm. Kaikki halkeamat <math>&lt; 0,1</math> mm. Ei laminoitumista. +++ Ei halkeilua. Ei laminoitumista.</p> <p>b) Tartuntakokeen jälkeen (yksikään tulos ei saa alittaa 25 %): + <math>\geq 0,8</math> MPa ++ <math>\geq 1,5</math> MPa +++ <math>\geq 2</math> MPa Kokonaistulos = keskiarvo (a+b) **)</p>	EN 12617-4 ja EN 1542
Tartuntalujuus ja valumistaipumus	<p>+ <math>\geq 0,8</math> MPa Koheesiomurrossa <math>\geq 0,5</math> Mpa ++ <math>\geq 1,5</math> MPa +++ <math>\geq 2</math> MPa</p>	EN 1542
Pakkas-suolakestävyys ja pakkassuolarasituksen vaikutus tartuntaan	<p>Halkeamaleveyden keskiarvo <math>\leq 0,05</math> mm. Kaikki halkeamat <math>&lt; 0,1</math> mm. Ei laminoitumista.</p> <p>a) + <math>&gt; 60</math> % pinnasta rapautunut <math>\leq 2</math> mm. ++ <math>20\% \leq x \leq 60\%</math> pinnasta rapautunut <math>\leq 1</math> mm. +++ <math>&lt; 20\%</math> pinnasta rapautunut <math>\leq 0,5</math> mm.</p> <p>b) Tartunta 50 jakson jälkeen: + <math>\geq 0,8</math> MPa ++ <math>\geq 1,5</math> MPa +++ <math>\geq 2</math> MPa Kokonaistulos = keskiarvo (a+b)</p>	EN 13687-1 ja EN 1542

Taulukko jatkuu...

Ominaisuus	Vaatus	Menetelmä
Karbonatisoituminen *)	+ $d_k \leq 10$ mm ++ $d_k \leq 5$ mm +++ $d_k \leq 2$ mm	EN 13295
Väri ja tummuus	Suunnittelija asettaa vaatimuksen	Värimittari ja värivaihtelu by 40

\*) vaatimus ei koske paikkaus- ja juotosmassoja

\*\*\*) vaatimus ei koske korjausbetoneita, numeerinen arvo hyväksynnässä

## 4.4 Muut vaatimukset

Paikkausaineiden työmaakäytössä pitää noudattaa standardia SFS-EN 1504-10.

Paikkausaineille ja -työlle voidaan suunnitelmassa asettaa seuraavia lisävaatimuksia:

- tartuntapinnan vetolujuusvaatimus
- alustan sallittu kloridipitoisuus
- tiiviysvaatimus, joka on täsmennettävä laadunvarmistusmenetelmiseen työ- ja laatu-suunnitelmassa
- värisävy
- sallittu epätasaisuus
- pinnan laadun ennakkokoe
- raudoituksen betonipeite

Raudoitusta suojaavan betonipeitteen vaatimukset on esitetty kohdassa [2.2 Korjaustyön suunnittelu](#). Betonipeitteen paksuus voidaan määrätä myös tuotekohtaisesti, jos luotettavalla testillä on osoitettu, että paikkausaineella saavutetaan vähintään tavalliselle betonille määrättyä peitepaksuutta vastaava suojavaikutus. Betonipeitteen on kuitenkin oltava vähintään 15 mm paikkausainekohtaisesti määritettynä. Vaatimukset koskevat myös työraudoitteita.

Paikkauskohteen olosuhteiden pitää olla seuraavat:

- Ilman ja rakenteen lämpötila vähintään +5 °C. Yli +20 °C:n lämpötiloja on vältettävä.
- Tuulen nopeus alle 5 m/s.
- Ilman suhteellinen kosteus 60–80 %.
- Työtä ei saa tehdä vesisateessa ilman sääsuojaa.
- Tartuntapinnan lämpötilan pitää olla 3 °C ilman kastepisteen yläpuolella paikkaus- ja juotosmassoja käytettäessä.
- Pintaan ei saa kohdistua suoraa auringonsäteilyä.

## 5 Betonin paikkaus

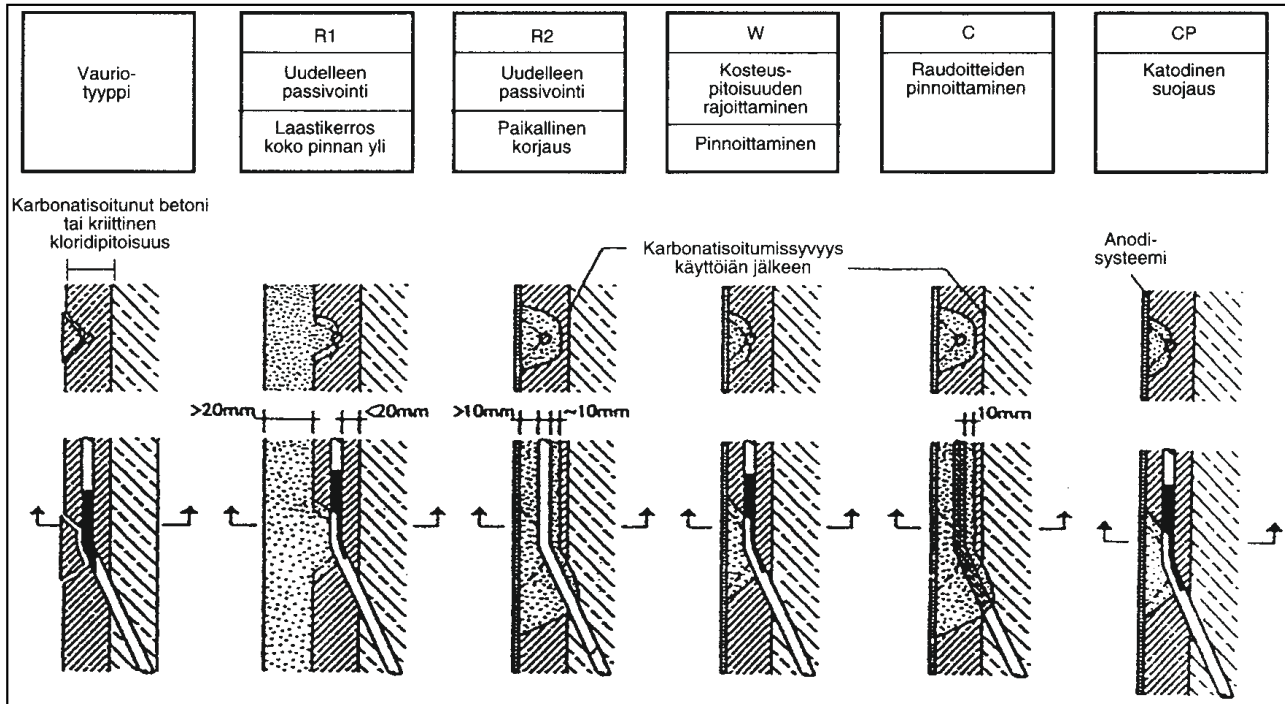
### 5.1 Betonin korjausperiaatteet ja -menetelmät

Betonin paikkausta käsittelevät korjausperiaatteet ja -menetelmät on esitetty standardissa SFS-EN 1504-9, johon perustuen on laadittu standardit SFS-EN 1504-3 (rakenteellinen ja ei-rakenteellinen korjaus), SFS-EN 1504-7 (raudoituksen korroosionesto) ja SFS-EN 1504-10 (aineiden ja niiden yhdistelmien työmaakäyttö ja työn laadunvalvonta). *RILEM:in teknillinen suositus 124 SRC* on puolestaan ollut keskeinen kirjallisuusviite standardia SFS-EN 1504-9 laadittaessa, joten betonin paikkausta koskevat korjausperiaatteet ja -menetelmät esitetään seuraavassa RILEM:n julkaisun mukaisesti.

Paikkauksen tarkoitus on useimmiten raudoituksen korroosion aiheuttaman paikallisen vaurion korjaaminen ja korroosion jatkumisen estäminen. Korjausperiaatteita ovat

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

Korjausmenetelmien periaatteet on esitetty kuvassa [16 Betonin korjausperiaatteet ja -menetelmät \(RILEM 124 SRC\)](#) (RILEM 124 SRC). Kloridipitoista betonia paikattaessa tiheästi viivoitettu alue tarkoittaa betonia, jossa kriittinen kloridipitoisuus on ylittynyt menetelmillä R2, C tai CP.



Kuva 16. Betonin korjausperiaatteet ja -menetelmät (RILEM 124 SRC)

Menetelmä R perustuu emäksisen ympäristön palauttamiseen raudoitustangon ympärille sementtipohjaisella korjausmateriaalilla. Menetelmässä ei sallita pinnoitetta, joka estää raudoituksen uudelleenpassivoitumisen.

Menetelmä W perustuu betonin kosteuspitoisuuden vähentämiseen pinnoittamalla siten, että sähkönjohtavuus pienenee niin paljon, että korroosioaste on käytännössä merkityksetön.

Menetelmä C perustuu raudan liukenemisen eli anodireaktion estämiseen pinnoittamalla raudoitustanko eristävällä pinnoitteella.

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

Korjausperiaatteen valinta riippuu siitä, johtuuko korroosio betonin karbonisoitumisesta vai liian suuresta betonin kloridipitoisuudesta. Jos korjaustarve ei johdu raudituksen korroosiosta, rakenne korjataan karbonisoituneen betonin paikkausohjeita noudattaen.

Betonin pinnoittamista (W) on käsitelty ohjeissa *SILKO 1.251 Betonin suojaaminen* ja *SILKO 2.253 Betonipinnan pinnoitus*. Jos raudituksen betonipeite on laajalla alueella alle 10 mm, paikallista korjausta ei pidä käyttää, vaan pinnalle on levitettävä betoni- tai laastikerros ohjeiden *SILKO 1.232 Betonointi ruiskuttamalla* ja *SILKO 2.234 Korjaus ruiskubetonoimalla* mukaisesti tai pinnoite ohjeiden *SILKO 1.251 Betonin suojaaminen* ja *SILKO 2.253 Betonipinnan pinnoitus* mukaisesti. Katodinen suojaus on suunniteltava ja toteutettava alan asiantuntijan toimesta.

### 5.1.1 Karbonisoituneen betonin paikkaus

Yleisin ja suositeltavin karbonisoituneen betonin korjausperiaate on uudelleenpassivointi sementtipohjaisella paikkauslaastilla tai betonilla eli menetelmä R. Poikkeustapauksessa voidaan käyttää

kuvan 16 [Betonin korjausperiaatteet ja -menetelmät \(RILEM 124 SRC\)](#) menetelmiä W tai C. Taulukossa 5 [Karbonisoituneen betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset](#) on esitetty yleiset periaatteet näiden menetelmien soveltamisesta.

Taulukko 5. Karbonisoituneen betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset

1	2	3	4	5	6
Menetelmä	Piikkaustarve		Raudoitustangon pinnoitus	Alkalinen paikkauslaasti	Betonin pinnoitus
	Vain vaurioitunut betoni	Karbonisoitunut betoni			
R1	x		-	x	
R2		x	-	x	
C		x	x		
W	x				x

x menetelmäkohtainen vaatimus

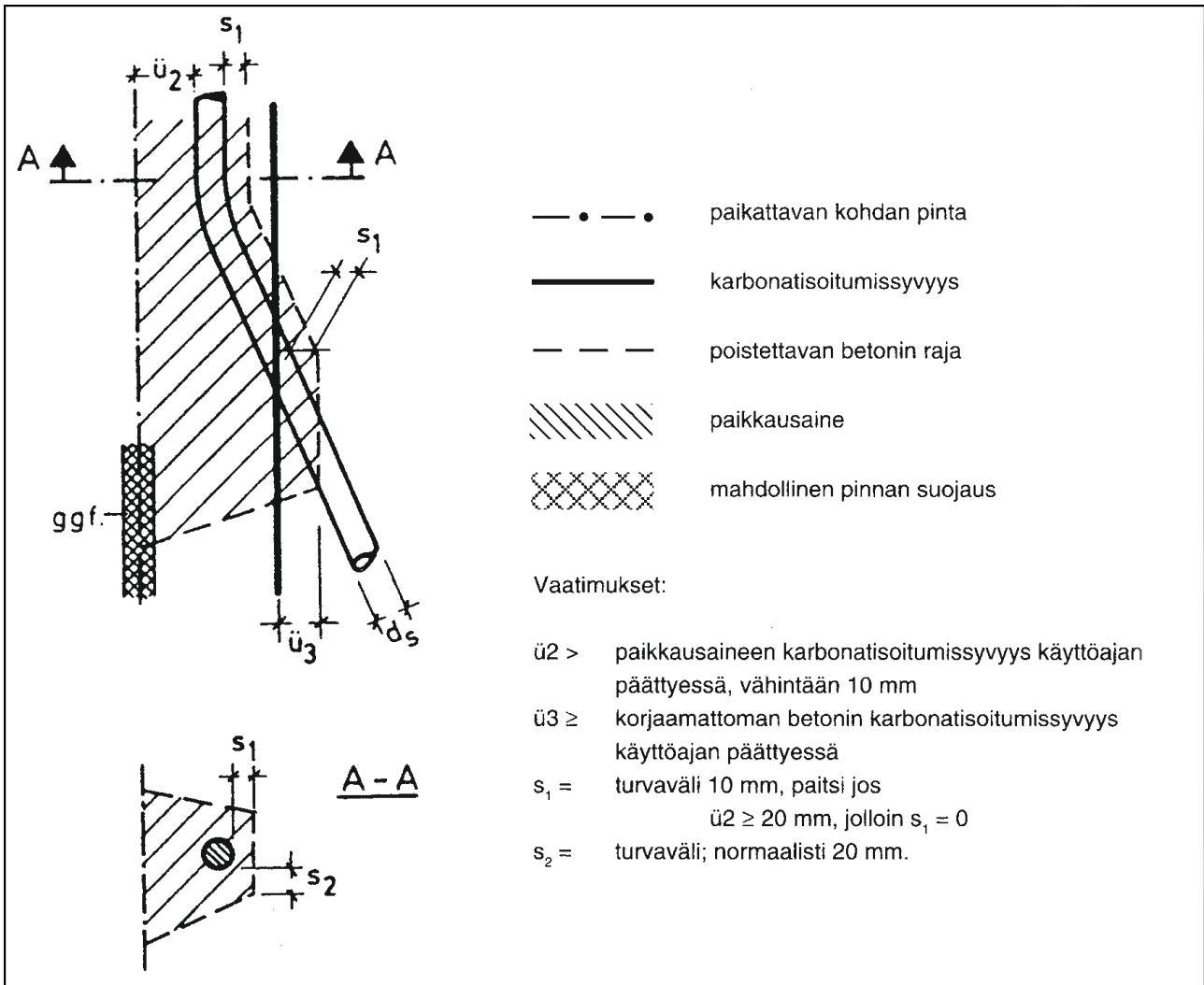
- ei sallittu

### Menetelmä R

Karbonisoituneen betonirakenteen korjaus voidaan tehdä periaatteessa kahdella menetelmällä R1 ja R2, jotka molemmat palauttavat raudoituksen passivoituneeseen tilaan (kuva [16 Betonin korjausperiaatteet ja -menetelmät \(RILEM 124 SRC\)](#)). Menetelmä R1 soveltuu laajojen betonipintojen korjaukseen. Siinä levitetään vähintään 20 mm:n betoni- tai laastikerros koko korjattavan pinnan yli. Betonin tai laastin pitää olla niin tiivistä, että se ei karbonisoidu jäljellä olevan käyttöiän aikana. Paksu betonipeite pienentää betonin kosteuspitoisuutta raudoituksen ympärillä ja tekee mahdolliseksi joissakin tapauksissa betonin uudelleenalkaloitumisen. Tämän johdosta riittää yleensä, että vanha betoni poistetaan vain lohjenneilta ja rikkoontuneilta osiltaan. Jos betoni on karbonisoitunut enemmän kuin 20 mm, teräkset on piikattava kokonaan esiin karbonisoituneesta betonista. Menetelmää R1 käytetään yleensä ruiskubetonikorjauksissa, joita on käsitelty ohjeessa *SILKO 1.232 Betonointi ruiskuttamalla*.

Menetelmä R2 on pienehköjen korroosioaurioiden paikkausmenetelmä karbonisoituneessa betonissa.

Raudoituksen kanssa kosketuksessa oleva betoni piikataan pois siihen rajaan asti, johon karbonisoitumisen arvellaan ulottuvan jäljellä olevan käyttöiän aikana riippumatta siitä, onko korroosio alkanut vai ei (kuva [17 Karbonisoituneen betonin korjausmenetelmä R2 \(RILEM 124 SRC\)](#)). Raudoitustangon pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 100 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin. Suositeltavaa on, että piikkaus ulotetaan raudoitustangon taakse tangon halkaisijan verran, kuitenkin vähintään 20 mm, vaikka menetelmä R2 sallisi pienemmänkin turvavälin. Jos pinta suojataan karbonisoitumista ehkäisevällä pinnoitteella, sen vaikutus voidaan ottaa huomioon piikkaussyvyyttä määritettäessä.



Kuva 17. Karbonisoituneen betonin korjausmenetelmä R2 (RILEM 124 SRC)

Laastipaikkauksen käyttöikä riippuu korjausaineen tiivyydestä ja ympäröivän alueen betonin karbonatisoitumisesta (ks. kohta [2.2 Korjaustyön suunnittelu](#)).

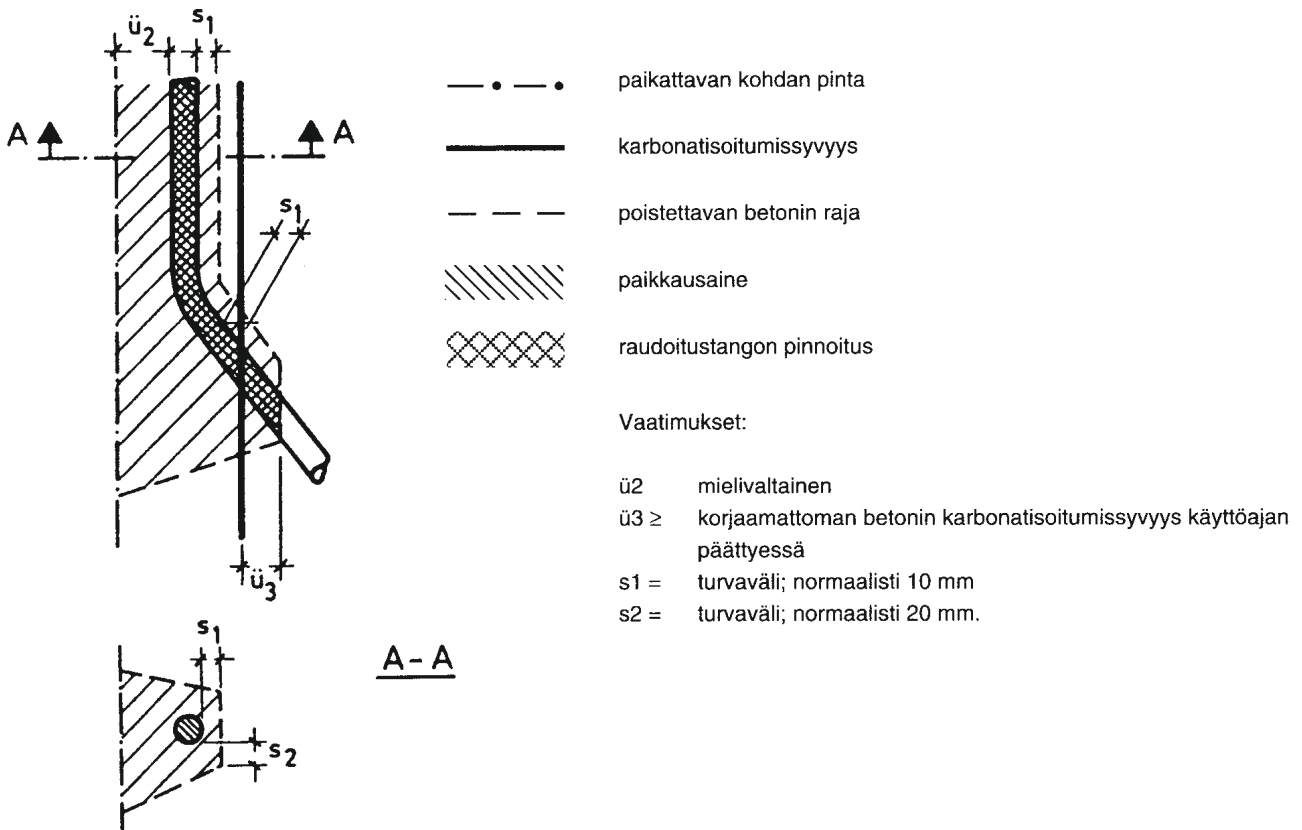
Jos ankkurointikapasiteetti tai jännityksen aiheuttama halkeiluvaara vaativat, betonipeitteen on oltava vähintään 20 mm.

Raudoituksen pinnalta poistetaan teräsharjalla irtoava ruoste. Usein menetelmään liittyy raudoituksen käsittely ruostumisen estävällä laastilla tai pinnoitteella. Ruosteenestoainetta ei saa käyttää ilman paikkausaineen valmistajan lupaa.

### Menetelmä C

Jos betonipeite jää paikkauksen jälkeen edellytettyä pienemmäksi, pelkkä laastipaikkaus menetelmällä R2 ei takaa teräksen pysyvää suojausta jäljellä olevan käyttöiän aikana. Tällöin raudoitustanko on puhdistettava huolellisesti ruosteesta ja pinnoitettava standardin SFS-EN 1504-7 mukaisella pinnoitteella, joka estää säälle alttiina olevan teräksen korroosion. Menetelmässä sovellettavat suojaetäisyydet on esitetty kuvassa [18 Karbonisoituneen betonin korjausmenetelmä C \(RILEM 124 SRC\)](#). Raudoitustangon

pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 100 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin.



Kuva 18. Karbonisoituneen betonin korjausmenetelmä C (RILEM 124 SRC)

### 5.1.2 Kloridipitoisen betonin paikkaus

Kloridien aiheuttamien korroosiovaurioiden korjauksessa yleisin periaate on teräksen pinnoittamiseen perustuva menetelmä C. Poikkeustapauksessa voidaan käyttää myös menetelmiä R ja CP. Taulukossa [6 Kloridipitoisen betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset](#) on esitetty yleiset periaatteet näiden menetelmien soveltamisesta.

Taulukko 6. Kloridipitoisen betonin korjausmenetelmien perusvaatimukset

1	2	3	4	5
Menetelmä	Piikkaustarve	Raudoitustangon pinnoitus	Alkalinen paikkauslaasti	Betonin pinnoitus
	Kloridipitoisuudeltaan korroosiota aiheuttava betoni			
R1-CL	x	-	x	x
R2-CL	x	-	x	x
C	x	x		x

## Menetelmä R-Cl

Koska kloridipitoista betonia ei voida passivoida uudelleen yksistään saattamalla raudoitus alkaliseen ympäristöön, menetelmän R1 suora soveltaminen kloridipitoiseen betoniin ei ole mahdollista. Jos korroosio on käynnistynyt kloridien vaikutuksesta, kaikki kloridipitoinen betoni on poistettava raudoitustangon ympäriltä suojaetäisyydet huomioon ottaen riippumatta siitä, onko korroosiovaurioita näkyvissä.

Menetelmää R2 voidaan periaatteessa soveltaa kuten kohdassa [5.1.1 Karbonatisoituneen betonin paikkaus](#) on esitetty. Tällöin suojaetäisyyksiä arvioitaessa karbonatisoitumissyvyys on korvattava kloridien tunkeutumissyvyydellä, millä tarkoitetaan syvyyttä, jossa kloridipitoisuus alittaa kriittisen rajan 0.03–0.07 % Cl- happoliukoisena betonin painosta määritettynä. Ruosteen ja kloridien poistamiseksi terästen ympäriltä tarvitaan vesipiikkaus tai suihkupuhdistus.

Jos korroosio on käynnistynyt kloridien vaikutuksesta, otetaan huomioon seuraavat lisävaatimukset (vrt. kuva [17 Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä R2 \(RILEM 124 SRC\)](#)):

- Betonia on poistettava raudoituksen takaa kloridipitoisuuden kriittiseen rajaan asti, kuitenkin vähintään 20 mm. Raudoitustangon pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 200 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin.
- Betonipeitteen pitää olla aina vähintään 20 mm riippumatta korjauslaastin luokituksesta. Rakenteen pintaan on levitettävä kloridien tunkeutumisen estävä pinnoite, jotta betoniin ei imeytyisi lisää klorideja ympäristöstä.

Menetelmän R2 käyttö on epävarmaa, koska

- vanhassa rakenteessa oleva kloridi voi liikkua kosteassa betonissa ja siirtyä paikkauslaastiin
- raudoitustangon riittävä puhdistus on vaikeaa erityisesti katvepinnoilla
- ulkopuolisen kloridin uudelleentunkeutumisen estäminen rakenteen pinnoittamisella ei ole täysin varmaa.

Näistä syistä suositellaan yleensä menetelmän C käyttöä kloridipitoisen betonin paikkauksissa.

## Menetelmä C-Cl

Jos korroosio on käynnistynyt kloridien vaikutuksesta, menetelmää C sovelletaan kuten kuvassa [18 Karbonatisoituneen betonin korjausmenetelmä C \(RILEM 124 SRC\)](#), kuitenkin seuraavin lisäyksin:

- Betonia on poistettava raudoituksen takaa kloridipitoisuuden kriittiseen rajaan asti, kuitenkin vähintään 20 mm.
- Raudoitustangon pituussuunnassa piikkausta on jatkettava vähintään 200 mm ruostuneen alueen ulkopuolelle, ellei rajaa ole määritetty potentiaalimittauksella tarkemmin.
- Betonipeitteen vähimmäispaksuus on 10 mm, vaikka raudoitustanko suojataan pinnoittamalla.
- Rakenteen pintaan on levitettävä kloridien tunkeutumisen estävä pinnoite, jotta betoniin ei imeytyisi lisää klorideja ympäristöstä.

Raudoitus suojataan kohdan [5.3 Raudoituksen suojaus](#) mukaan.



## Menetelmä CP-CI

Jos kloridit ovat tunkeutuneet rakenteeseen siten, että rauditus on laajoilla alueilla kloridipitoisessa betonissa, jonka kloridipitoisuus ylittänyt kriittisen rajan, pelkästään paikallisilla korjauksilla ei voida pysäyttää korroosiota. Tällöin on käytettävä katodista suojausta pidentämään rakenteen jäljellä olevaa käyttöikää.

Menetelmän CP soveltaminen vaatii aina erikoisasantunemusta.

### 5.1.3 Vedenalainen betonin paikkaus

Vedenalaisissa korjauksissa käytettävän paikkausaineen keskeisimmät laatuvaatimukset kohdistuvat massan huuhtoutumattomuuteen ja kovettuneen paikkausaineen hyvään kulutuksen kestävyYTEEN. Käytettävien korjausbetonien tai -laastien huuhtoutuvuuden pitää olla alle 2 % SILKO-huuhtoutuvuuskokeen mukaan.

Vedenalaisen paikkauksen suunnittelussa pitää erityistä huomiota kiinnittää alustan tartuntaominaisuuksiin. Yleensä varsinkin laajemmissa paikkauksissa paikkaus on ulotettava raudituksen taakse ja varmistettava lisäraudoituksella, joka ankkuroidaan rapautumattomaan betoniin. Paikattavan alueen reuna muotoillaan vähintään 50 mm:n syvyyteen asti kohtisuoraksi pintaan nähden.

Vedenalaiset paikkaukset toteutetaan yleensä painevaluna muottiin, mutta tietyt hyvän tarttuvuuden ja huuhtoutumattomuuden omaavat erikoislaastit ja -betonit voidaan pumpata suoraan korjattavaan kohteeseen. Tällaiset erikoistuotteet soveltuvat hyvin myös vedenalaisten saumausten korjaamiseen.

Vedenalaisissa korjauksissa käytetään yleisimmin tilaajan käyttöönsä hyväksymiä SILKO-tuotteita. Muita tuotteita käytettäessä suunnittelija määrittelee laatuvaatimukset ja ne esitetään korjaussuunnitelmassa.

## 5.2 Tartuntapinnan esikäsittely

Paikattavan betonialustan esikäsittelylle on annettu yleiset vaatimukset standardin SFS-EN 1504-10 kohdassa 7.

Paikan tartuntapinnassa ei saa olla likaa, öljyä tai irtonaisia aineksia. Öljy tai rasva poistetaan ensin kemiallisesti ja sitten mekaanisesti. Lopuksi laajat tartuntapinnat suihkupuhdistetaan. Pölyiset pinnat imuroidaan tai pestään painepesurilla.

Paikkausaineet eroavat toisistaan siinä, että sementtipohjaiset paikkaus- ja juotoslaastit vaativat kostean tartuntapinnan, mutta polymeerisideaineiset paikkaus- ja juotosmassat voidaan yleensä levittää vain kuivalle pinnalle. Paikkausaineet vaativat yleensä tuotekohtaisen tartunta-aineen.

Laastipaikan tartuntapinta kastellaan paikkausta edeltävänä päivänä. Paikkauksen alkaessa pinnan pitää olla kostea, mutta se ei saa olla märkä (kiiltävä). Tartuntalaastikäsittely saattaa olla tarpeen tartuntalujuuden parantamiseksi ohuissa paikkauksissa ja valmistajan määrittelemän paikkausmenetelmän niin vaatiessa. Tartuntalaasti valmistetaan tuotekohtaisen ohjeen mukaan esimerkiksi ohentamalla paikkauslaastia.

Massapaikan tartuntapinnan on oltava kuiva, ellei tuotekohtaisesti ole muuta sallittu, ja tartuntapinnan lämpötilan pitää olla 3 °C kastepisteen yläpuolella.

Raudoitustangon paljastuessa menetellään kohdissa [5.1.1 Karbonatisoituneen betonin paikkaus](#) ja [5.1.2 Kloridipitoisen betonin paikkaus](#) ja paikkausta käsittelevissä korjausohjeissa *SILKO 2.231 Betonin paikkaus* ja *SILKO 2.233 Paikkaus ejektorilla* esitetyillä tavoilla.

Esikäsitelymenetelmät on esitetty niitä koskevassa ohjeessa *SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsitelymenetelmät*. Vesipiikkaus on suositeltavin, mutta se on yleensä taloudellinen vasta laajoja pintoja purettaessa. Paikkaus rajataan yleensä suoraviivaisesti sahaamalla.

### 5.3 Raudoituksen suojaus

Raudoituksen korroosiosuojauksessa noudatetaan standardia SFS-EN 1504-7.

Paljastetun raudoituksen pinnan korroosioaste määritetään julkaisun *Raudoitteiden korroosioasteen määrittäminen* mukaisesti. Raudoitteita, joiden korroosioaste on 0, 1 tai 2, voidaan käyttää. Korroosioasteen 0 ja 1 raudoitteita voidaan käyttää sellaisenaan ja korroosioasteen 2 raudoitteita, mikäli ne puhdistetaan julkaisussa *Raudoitteiden korroosioasteen määrittäminen* esitetyn mukaisesti. Korjausmenetelmässä R2 (ks. kohta [5.1.1 Karbonatisoituneen betonin paikkaus](#)) riittää irtonaisen ruosteen poisto teräsharjalla. Korjausmenetelmässä C-Cl (ks. kohta [5.1.2 Kloridipitoisen betonin paikkaus](#)) raudoitus puhdistetaan suihkupuhdistamalla.

Korjausmenetelmässä R2 raudoitus käsitellään sementtipohjaisella korroosionestolaastilla tuotekohtaisen ohjeen mukaan. Laasti levitetään yleensä kahtena millimetrin kerroksena. Tuotekohtaisesti saatetaan vaatia erikoislaastin käyttöä.

Korjausmenetelmässä C-Cl raudoitus suojataan epoksinnoitteella tai korroosioinhibiittejä sisältävällä sementtipohjaisella laastilla. Epoksinnoite sivellään vähintään kahtena kerroksena niin, että kuivan kalvon paksuudeksi tulee vähintään 250 µm. Korroosionestolaasti levitetään tuotekohtaisen ohjeen mukaan.

Epoksinnoitteen pitää olla testattu seuraavilta ominaisuuksiltaan:

- korroosionestokyky
- alkalinkestävyys
- siveltävyys
- valumattomuus
- pinnoitteen tartunta teräkseen
- paikkausaineen tartunta pinnoitteeseen.

Epoksinnoitetta ei saa sivellä paikan tartuntapinnalle. Raudoitustangon takapinta on suojattava erityisen huolellisesti.

Raudoitusta ei saa pinnoittaa öljy- tai alkydimaalilla, koska ne eivät kestä sementin emäksisyyttä.

## 5.4 Paikkaustyö

Paikkaustyössä noudatetaan standardia SFS-EN 1504-10.

Paikkaustöissä on otettava huomioon seuraavaa:

- Vaurion syy on poistettava tai sen vaikutusta on lievennettävä mahdollisimman pieneksi. Paikkaustyön alussa tehdään lisätutkimuksia, jos paikan rajausta ei ole selvä.
- Piikkaus- ja paikkausmenetelmä on valittava vaihtoehtoja vertaillen.
- Paikkausaineen raekoko ja kerralla levitettävän kerroksen paksuus riippuvat toisistaan siten, että kerroksen paksuuden pitää olla vähintään kolme kertaa raekoko.
- Paikkausaineen osa-aineet on sekoitettava tarkoin valmistajan ohjeen mukaan. Suositeltavaa on käyttää valmiiksi annosteltuja pakkauksia.
- Tartuntapinnan kosteus- tai kuivuusvaatimuksia on noudatettava ehdottomasti. Betoni on kuivaa, jos noin 2 cm syvä lohkaisupinta ei vaalene silmämääräisesti arvioiden lainkaan, kun sitä kuivatetaan esimerkiksi kuumailmapuhaltimella. Betoni on kostea, jos pinta on matta ja näyttää kostealta; tällöin pinnalle tiputetut vesipisarot imeytyvät nopeasti huokosiin ja pinta palautuu matakseen. Betoni on märkää, jos sen huokokset ovat vedellä kyllästettyjä ja pinta on kiiltävä.
- Alustan pinnan vetolujuuden on oltava vähintään 1,5 MPa mikäli korjaussuunnitelmassa ei aseteta eriävää vaatimusta.
- Paikkauksen jälkihoito on tehtävä tuotekohtaisen ohjeen mukaan. Paikkausaineita koskevia yleisiä jälkihoito-ohjeita on esitetty taulukossa [7 Sementtipohjaisten paikkausaineiden ohjeelliset jälkihoitoajat](#).

### 5.4.1 Paikkaus käsityövälineillä

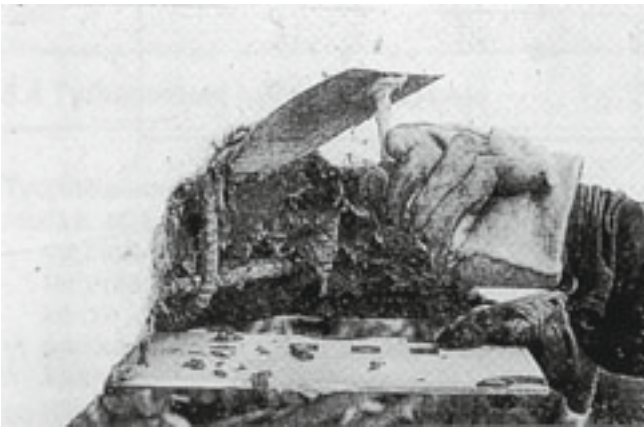
Valumattomat paikkausaineet levitetään yleensä käsityövälineillä (kuvat [19 Paikkaus valumattomalla laastilla](#) ja [20 Valumattoman paikkauslaastin levitystä lastalla](#)). Paikkausaineen sopiva muovailtavuus etsitään työn alussa tehtävällä kokeella. Aineen valmistajan ohjeita on noudatettava ehdottomasti. Etukäteen selvitettäviä asioita ovat

- paikan tartunta alustaan
- kerralla levitettävän kerroksen paksuus
- paikan erottuminen ympäristöstään
- pinnan viimeistely ja jälkihoito.

Ensin täytetään paikan reunat. Paikka tehdään hieman liian korkeaksi ja ylimääräinen laasti leikataan pois, kun laasti on hieman vetäytynyt. Pinta viimeistellään kostealla sienellä tai harjalla. Tarvittaessa voidaan käyttää apuna joko kiinteää tai liikuteltavaa muottia, johon paikkausaine suljetaan.



Kuva 19. Paikkaus valumattomalla laastilla



Kuva 20. Valumattoman paikkauslaastin levitystä lastalla

### 5.4.2 Paikkaus valamalla

Juotoslaastit ja -massat valetaan joko reunoiltaan rajattuun paikkauskohtaan (kuva [21 Paikkaus juotoslaastilla](#)) tai pystypinnoissa muotteihin (kuva [22 Paikkausta juotoslaastilla muotin avulla](#)). Erityisesti huomioon otettavia asioita ovat

- muottien tiiviys
- paikan tartunta alustaan
- oikea notkeus
- paikan jälkihoito.



Kuva 21. Paikkaus juotoslaastilla



Kuva 22. Paikkausta juotoslaastilla muotin avulla

### 5.4.3 Paikkaus ejektorilla

Ejektorilla ruiskutettava laasti tarttuu hyvin alustaan ja sulloutuu tiiviiksi. Laastin kutistuminen on vähäistä, koska vesisideainesuhde on alhainen. Ejektori on rakenteeltaan yksinkertainen ja sen käyttö on helppo oppia (kuva [23 Paikkausta ejektorilla](#)). Ejektorin rakenne ja käyttö sekä paikkausainevaihtoehdot on esitetty ohjeessa *SILKO 2.233 Paikkaus ejektorilla*.



Kuva 23. Paikkausta ejektorilla

#### 5.4.4 Jälkihoito

Jälkihoidolla estetään veden liiallinen haihtuminen, luodaan edellytykset riittävän tartunnan kehittymiselle rajapinnassa ja vähennetään kutistuman määrää. Jälkihoitomenetelmiä ovat yhdessä tai erikseen

- vesisumutus (ei kastelua suoraan letkusta)
- vesitiiviit tai vedellä imeytetyt peitteet
- jälkihoitoaineet
- muottien kastelu.

Jälkihoitoaineen käyttö ei ole paikkauksissa suositeltavaa. Jälkihoitoaineita ei saa käyttää välikerroksissa. Jälkihoitoaineen on täytettävä Väyläviraston laatuvaatimukset.

Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä paikkausaineita käytettäessä jälkihoito tehdään aineen valmistajan tuotekohtaisten ohjeiden mukaan.

Yleisvaatimus juotos- ja paikkauslaastien ja korjausbetonien jälkihoidon pituudelle on, että jälkihoitoa pitää jatkaa niin pitkään, että paikkausaineen lujuus on vähintään 70 % 28 vuorokauden lujuudesta.

Juotos- ja paikkausmassat eivät vaadi jälkihoitoa esimerkiksi kastelemalla, koska sideaine on polymeeri. Jälkihoitoaika pitenee sementin osuuden kasvaessa. Ohjeellisia jälkihoitoaikoja on esitetty taulukossa [7 Sementtipohjaisten paikkausaineiden ohjeelliset jälkihoitoajat](#).

Taulukko 7. Sementtipohjaisten paikkausaineiden ohjeelliset jälkihoitoajat

Polymeeripitoisuus	Jälkihoitoaika eri sääoloissa	
	Auringolta suojattu Tuulen nopeus < 2 m/s Lämpötila 5–20 °C	Auringolta suojaamaton Tuulen nopeus > 2 m/s Lämpötila > 20 °C
0% <sup>1)</sup>	7 vrk	14 vrk
1–5% (PMC)	4 vrk	7 vrk
5–25% (PCC)	2 vrk	4 vrk

## 6 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu

Korjaustöissä noudatettavaa työ- ja ympäristönsuojelua sekä liikenneturvallisuutta koskevat yleiset vaatimukset on esitetty ohjeissa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina*, *SILKO 1.111 Työturvallisuus* ja *SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu* sekä valtioneuvoston asetuksessa 205/2009.

Koska paikkausaineet sisältävät yleensä polymeerejä, on työsuojeluun kiinnitettävä erityistä huomiota. Perustiedot on esitetty polymeerejä käsittelevässä ohjeessa *SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina*. Työpaikalla on aina oltava luettelo siellä käytettävistä vaarallisista kemikaaleista. Työmaalla on myös oltava kaikista käsiteltävistä aineista suomenkielinen käyttöohje ja tarvittaessa käyttöturvallisuustiedote. Kemikaalipakkausten päällyserkintöjen on oltava suomeksi. Käyttöohjeita ja käyttöturvallisuustiedotteen ohjeita on ehdottomasti noudatettava.

Urakoitsijan on arvioitava työssä esiintyvät vaarat. Tämän perusteella on määriteltävä, mitä henkilönsuojaimia työssä on käytettävä. Kaikkien henkilönsuojaimien on oltava CE-merkittyjä.

Paikkausaineita käsiteltäessä on käytettävä aina sopivia suojakäsineitä. Tämä siksi, että polymeeripitoiset aineet ovat herkistäviä, joten paikkausaineiden pääsy iholle on estettävä. Myös muu iho on suojattava sopivalla suojavaatetuksella, sillä muun muassa sementin toistuva tai pitkäaikainen ihokosketus voi aiheuttaa ärsytysihottumaa. Paikkaus- ja juotosmassoja käsiteltäessä on lisäksi käytettävä silmiensuojaimia, joilla estetään aineiden roiskuminen tai niiden pölyn joutuminen silmiin. Sekoitettavasta tai työstettävästä aineesta haihtuvien liuottimien ja pölyjen pääsy hengitysteihin on estettävä. Siksi voi olla tarpeen käyttää hengityksensuojainta. Kaikkia käyttöturvallisuustiedotteiden antamia suojautumisohteja on noudatettava.

Henkilönsuojainten kuten hengityksensuojainten pitkäaikainen käyttö voi olla raskasta. Siksi voi olla tarpeen käyttää moottoroitua hengityksensuojainta tai tauottaa työtä. Ensisijaisesti on kuitenkin kiinnitettävä huomiota työskentelyoloihin. Umpinaiseen työskentelytilaan on järjestettävä tuuletus esimerkiksi imun tai puhalluksen avulla. Tällainen tila on muun muassa kotelopalkin sisätila.

Suojakäsineistä voi olla haittaa joissakin työvaiheissa. Siksi on kiinnitettävä huomiota paikkaustyössä käytettävien aineiden lisäksi myös käsineiden malliin ja materiaaliin.

Telineet on suunniteltava ja rakennettava huolellisesti niistä annettujen ohjeiden ja vaatimusten (RIL 147-2019) mukaan.

Henkilönosto on sallittu torni-, ajoneuvo- ja kuormausnosturilla työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta annettujen määräysten mukaisesti (VnA 403/08 § 25). Muilla koneilla nosto on kielletty, ellei laitetta ole nimenomaan hyväksytty henkilönostoon. Nosturin henkilönostokorissa työntekijän on käytettävä henkilökohtaisia putoamissuojaimia.

Riittävä, päivänvaloa vastaava valaistus on tärkeä sekä työn turvallisen tekemisen että hyvän laadun takia. Tarvittaessa on yleisvalaistuksen lisäksi käytettävä kohdevalaisimia.

Ympäristönsuojelun vaatimat toimenpiteet on harkittava tapauskohtaisesti. Sementtiliimaa tai polymeerejä ei saa joutua vesistöön. Rakennusjätteet on kerättävä pois siltapaikalta ja vietävä kaatopaikalle.

Polymeerejä ongelmajätteinä on käsitelty lähemmin ohjeessa *SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina*. Polymeerejä sisältävät osa-aineet ovat yleensä ongelmajätettä, eikä niitä saa viedä kaatopaikalle. Käyttöturvallisuustiedotteessa mahdollisesti annettuja ohjeita ympäristölle vaarallisten aineiden käsittelystä on noudatettava.

## 7 Laadunvarmistus

### 7.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet

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

Betonipinnan paikkauksen laadunvarmistuksen tavoite on

- valmistaa ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin vanhaan rakenteeseen ja käyttötarkoitukseen sopiva paikkaus
- saada aikaan riittävän hyvä tartunta alusbetonin ja paikkauksen välille.

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, ennakkokokkeiden, työnopastuksen ja työnaikaisten mittausten ja kokeiden avulla. Mittaus- ja testaustulokset taltioidaan laaturaporttiin.

### 7.2 Korjaajan pätevyys

Korjaustyön betonityönjohtajan pätevyysvaatimukset on asetettu ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdassa *Henkilöstön pätevyys*. Sen mukaisesti korjaustyön



betonityönjohtajalla on oltava I-luokan betonityönjohtajan pätevyys tai vähintään rakennusmestarin koulutus ja betonirakenteiden korjaustyönjohtajan pätevyys.

Paikkaustyön tekijältä suositellaan vaadittavaksi työnäyte, ellei pätevyys ole todettavissa esimerkiksi koulutuksen perusteella saadusta lisenssistä.

### 7.3 Korjaustyön valmistelu

Ennakkokoe on tarpeen, jos esimerkiksi paikan ulkonäkö tai erottuminen ympäristöstään on selvitettävä (kuva 24 Ympäristöstään häiritsevästi erottuva paikkaus). Tällöin tehdään vertailupinta, jonka tilaaja hyväksyy. Ennakkokoea vastaavat tiedot voidaan hankkia aikaisemmin tehdyistä korjaustöistä, jotka on tehty vastaavissa oloissa samalla paikkausaineella.



Kuva 24. Ympäristöstään häiritsevästi erottuva paikkaus

Vapaa kutistuma määritetään julkaisun by 22F mukaisella naulalevykokeella. Koekappaleet valetaan työmaalla ja säilytetään muovilla peitettynä vähintään +18 °C:n lämpötilassa ja sateelta, tuulelta ja auringonpaisteelta suojassa. Kutistuma saa olla kahden viikon kuluttua 0,6 ‰ tai neljän viikon kuluttua 1,0 ‰.

Lisäaineiden käyttö on aina erikseen selvitettävä ja niiden vaikutus on osoitettava ennakkokokein.

### 7.4 Työnaikaiset kokeet ja valvonta

Työnaikaisen laadunvarmistuksen tarkoitus on varmistaa, että

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

Isoissa korjaustöissä laadunvarmistustoimet määritetään koko hankkeen korjaussuunnitelmassa. Kutistuma- ym. testien lukumäärä ilmoitetaan pinta-alaan tai työvuoroon verrattuna. Sääolot kirjataan ainakin työvuoron alussa ja lopussa. Erityisesti on valvottava, että laastia valmistettaessa käytetään oikea määrä vettä. Laasteissa käytettävä vesi ei saa sisältää humusta. Jos vesijohtovettä ei ole saatavissa,

on selvitettävä, että vesi täyttää kloridien ja puhtauden osalta standardin SFS-EN 206-1:n vaatimukset. Merivettä ei saa käyttää.

Paikkaustöistä täytetään työvuoroittain pöytäkirja (liite).

## 7.5 Kelpoisuuden osoittaminen

Tartuntavetolujuus vanhaan rakenteeseen tutkitaan standardin SFS-EN 1542 mukaan. Tartuntalujuus mitataan ensimmäisen 1 m<sup>2</sup>:n alalta ja sen jälkeen jokaiselta alkavalta 10 m<sup>2</sup>:ltä. Paikan tartuntavetolujuuden arvon pitää olla vähintään 1,0 N/mm<sup>2</sup>, ellei korjaussuunnitelmassa toisin määrätä. Jos vetokokeita ei kohteen pienuuden vuoksi tehdä, tartunta tarkastetaan koputtelemalla.

Alustan pinnan vetolujuus tarkastetaan korjaussuunnitelmassa esitetystä laajuudesta. Alustan pinnan vetolujuuden pitää olla vähintään 1,5 N/mm<sup>2</sup>.

Suunnittelija asettaa korjaussuunnitelmassa vaatimukset korjausbetonien lujuuden ja pakkasenkestävyyden osalta ja asettaa vaatimukset paikkausaineen kutistuman suhteen ja esittää kelpoisuuden osoittamiseksi tehtävien kokeiden määrät ja hyväksyttävyyssuhteet.

Työn lopputarkastuksessa tarkistetaan, ettei paikkauksissa ole halkeamia, valuvikoja tai muita vaurioita.

## 7.6 Laaturaportti

Siltojen korjaustöistä tehdään laaturaportti ohjeen *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina* kohdan *Sillan laaturaportti* mukaisesti.

# 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 ohjeluetelosta](#).

### Väyläviraston ohjeet

- SILKO 1.111 Työturvallisuus
- SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu
- SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina
- SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina
- SILKO 1.203 Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät
- SILKO 2.231 Betonin paikkaus
- SILKO 2.233 Paikkaus ejektorilla

- Betonipinnan purkamisohje

### Standardit

- SFS-EN 197-1+A1 Sementti. Osa 1: Tavallisten sementtien koostumus, laatuvaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. 27 s.
- SFS-EN 206-1 Betoni. Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus. 73 s.
- SFS-EN 12620 Betonikiviainekset. 49 s.
- SFS-EN 12390-1 Kovettuneen betonin testaus. Osa 1: Muoto, mitat ja muut koekappaleiden ja muottien vaatimukset
- SFS-EN 12390-2 Kovettuneen betonin testaus. Osa 2: Koekappaleiden valmistus ja säilytys lujuustestejä varten. 7 s.
- SFS-EN 12390-3 Kovettuneen betonin testaus. Osa 3: Koekappaleiden puristuslujuus. 16 s
- SFS-EN 1542:en Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Tartuntalujuuden mittaus vetokokeella
- SFS-EN 13295:en Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Karbonatisoitumiskestävyyden määrittäminen.
- SFS-EN 1504-3 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 3: Rakenteellinen ja eirakenteellinen korjaus
- SFS-EN 1504-7 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 7: Raudoituksen korroosionesto.
- SFS-EN 1504-9 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 9: Suojaus- ja korjausaineiden ja niiden yhdistelmien periaatteet.
- SFS-EN 1504-10 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Osa 10: Aineiden ja niiden yhdistelmien työmaakäyttö ja työn laadunvalvonta
- SFS-EN 13670 Betonirakenteiden toteutus. 2009.
- SFS-EN 13687-1:en Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Lämpöyhteensopivuuden määrittäminen. Osa 1: Jäähdytyslatusjakso tiesuolaan imeytettynä .

### Muut ohjeet

- InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. RT 14-10920. Rakennustieto Oy. Helsinki 2008.
- by 22 F Betoninormien edellyttämiä käyttöselosteita koskevat ohjeet. Erikoislaastit ja -betonit. Suomen Betoniyhdistys r.y. 2010.
- by 40 Betonirakenteiden pinnat, luokitusohjeet. Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003. 168 s.
- by 41 Betonirakenteiden korjausohjeet. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 2007. 110 s. ISBN 9789525075854.
- by 43 Betonin kiviainekset 2018. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry. 2008. 57s. ISBN 978-952-5075-99-1.

- 
- Lindberg, Ralf. Betonirakenteen korjaaminen laastipaikkauksella vaatii kunnollisen tartunnan. *Betoni* 3/94. s. 20 - 21.
  - Guide to Repair Strategies for Concrete Structures Damaged by Reinforced Corrosion. RILEM Technical Recommendation 124 SRC, Final Draft, December 1992. 51 pages. RILEM: Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, Systèmes de Construction et Ouvrages (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems, and Structures)
  - Raudotteiden korroosioasteen määräitys. Helsinki. Tiehallinto 2003. Tiehallinnon selvityksiä 48/2003.
  - Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Vna nro 205/2009
  - Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä 403/08.
  - RIL 147-2019, Tukitelineet ja muotit, Helsinki 2006. ISBN 951-758-467-9.

# Liite A: Korjaustyön pöytäkirjamalli

1. Olosuhteet		Ilma klo 8.00 / klo 13.00				Sillan nimi		Nro			
Pvm.	Lämpötila	Suht. kosteus	Kaste-piste	Tuulen nopeus	* Muut olosuhteet	2. Rakenne		Työvaihe		Laajuus	
						A					

\* Anzuriinista, PP=puolipölyistä, P=pölyistä, T=ihku, S=sade

3. Alusta ennen käsittelyä		4. Esikäsittely		5. Korjaus	
2. Lamppola	Suht. kosteus	Menetelmä	Pvm / klo	Materiaali	Menetelmä
A					

5. Jälkihoito		7. Laadunvarmistus						
2. Menetelmä	Aloitettu	Lopetettu	Pvm.	Menetelmä	Vaatimus	Tulokset	Hyväksytyksi	Korjataan
A								

Pvm.	_____	Huom.	_____
Työnjohtaja	_____		
Valvoja	_____		



Väylävirasto  
Trafikledsverket

