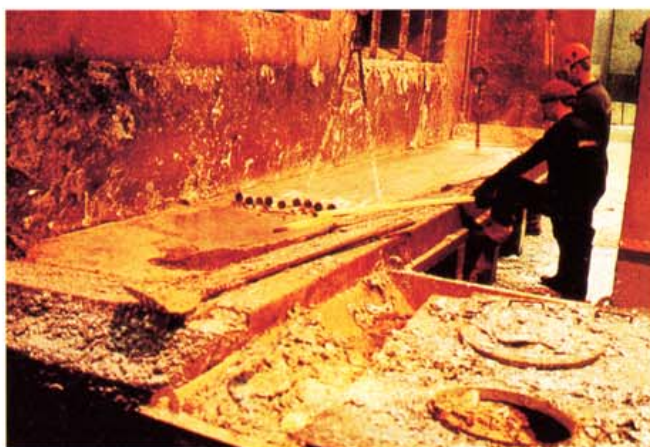


YLEISOHJEEN SISÄLTÖ



Kuva 1. Ruiskumaalaus.



Kuva 2. Kuumasinkitys.



Kuva 3. Ruiskusinkitys.

1 YLEISTÄ.....	4
2 PINTAKÄSITTELYN PERIAATTEET JA LAATUVAATIMUKSET.....	13
3 PERIAATERATKAISU.....	19
4 PINTAKÄSITTELYN SUUNNITTELU.....	23
5 PINTAKÄSITTELYAINEET.....	26
6 PINTAKÄSITTELY.....	34
7 TYÖTURVALLISUUS.....	45
8 YMPÄRISTÖNSUOJELU.....	48
9. LAADUNVARMISTUS JA LAADUNOHJAUS.....	50
10 RINNAKKAISET OHJEET.....	58
LIITE 1: TERMIT JA MÄÄRITELMÄT.....	62
LIITE 2: PINTAKÄSITTELYN TEKNINEN TYÖSUUNNITELMA.....	70
LIITE 3: TYÖ-, TARKASTUS- JA VERTAILU ALUEIDEN MÄÄRITTÄMINEN.....	71
LIITE 4: PÖYTÄKIRJAMALLIT.....	75

SISÄLLYSLUETTELO

1 YLEISTÄ

- 1.1 Ohjeen soveltamisala
- 1.2 Teräsiltojen korroosiosuojauksen kehitys
- 1.3 Pinnoitteiden vauriot
 - 1.3.1 Maalipinnoitteiden vauriot
 - 1.3.2 Metallisten pinnoitteiden vauriot
- 1.4 Laadunhallinta
- 1.5 Pintakäsittelyn käsitteet
 - 1.5.1 Pintakäsittelytyön vaiheet
 - 1.5.2 Termit ja määritelmät
 - 1.5.3 Merkinnät

2 PINTAKÄSITTELYN PERIAATTEET JA LAATUVAATIMUKSET

- 2.1 Korroosion estäminen pintakäsittelyllä
- 2.2 Olosuhdetekijät
 - 2.2.1 Rasitusluokat
 - 2.2.2 Muut olosuhdetekijät
- 2.3 Vaurioasteet
- 2.4 Pintakäsittelyn laatuvaatimukset
 - 2.4.1 Yleiset laatuvaatimukset
 - 2.4.2 Pintakäsittelyaineiden laatuvaatimukset
 - 2.4.3 Olosuhdevaatimukset
 - 2.4.4 Pintakäsittelytyön vaatimukset

3 PERIAATERATKAISU

- 3.1 Rakenteen kunnon arviointi
- 3.2 Pintakäsittelyn kunnon arviointi
- 3.3 Paikalliset olosuhteet
- 3.4 Ympäristönsuojelu, työturvallisuus ja liikenneturvallisuus
- 3.5 Pintakäsittelyn periaateratkaisun tekeminen

4 PINTAKÄSITTELYN SUUNNITTELU

- 4.1 Pintakäsittelysuunnitelma
 - 4.1.1 Pintakäsittelyjärjestelmän valinta
 - 4.1.2 Pintakäsittelysuunnitelman sisältö
- 4.2 Tekninen työsuunnitelma
- 4.3 Laatusuunnitelma

5 PINTAKÄSITTELYAINEET

- 5.1 Kemialliset esikäsittelyaineet
- 5.2 Maalit
 - 5.2.1 Maalin koostumus
 - 5.2.2 Maalityypit
 - 5.2.2.1 Fysikaalisesti kuivuvat maalit
 - 5.2.2.2 Ilmakuivuvat maalit
 - 5.2.2.3 Kemiallisesti kuivuvat maalit
 - 5.2.3 Vesiohenteiset korroosionestomaalit
 - 5.2.4 Liuoteohenteiset korroosionestomaalit
 - 5.2.5 Liuotteettomat maalit ja joustopinnoitteet
 - 5.2.6 Maalien yhteensopivuus
- 5.3 Metalliset pinnoitteet
 - 5.3.1 Sinkki
 - 5.3.2 Alumiinipinnoitteet
 - 5.3.3 Seospinnoitteet
- 5.4 Korroosionestoteipit
- 5.5 Tilapäiset korroosionestoaineet ja -menetelmät

6 PINTAKÄSITTELY

- 6.1 Telineet ja suojaus

6.2 Terästyö

6.3 Esikäsittelyt

- 6.3.1 Rasvan, suolan ja muun lian poisto
- 6.3.2 Ruosteenpoisto

6.4 Maalaus

- 6.4.1 Tiivistyskittaukset
- 6.4.2 Maalaustyö
- 6.4.3 Maalikalvon paksuus ja maalin menekin laskeminen

6.5 Metalliruiskutus

6.6 Kuumasinkitys

7 TYÖTURVALLISUUS

7.1 Turvallisuusasiakirja

7.2 Työmaan yleisjärjestelyt

- 7.2.1 Työmaan liikennejärjestelyt
- 7.2.2 Vaarallisten aineiden kuljetus
- 7.2.3 Palosuojelu
- 7.2.4 Valaistus

7.3 Pintakäsittelytöiden työturvallisuus

- 7.3.1 Kemialliset aineet
- 7.3.2 Henkilönsuojaimet
- 7.3.3 Putoamisen estäminen
- 7.3.4 Henkilönostot

8 YMPÄRISTÖNSUOJELU

- 8.1 Ympäristövaikutukset
- 8.2 Jätehuolto
- 8.3 Ongelmajätteet

9. LAADUNVARMISTUS JA LAADUNOHJAUS

9.1 Tilaaajan laadunvarmistus

- 9.1.1 Pintakäsittelytyön suunnittelu
- 9.1.2 Urakointimenettely
- 9.1.3 Laatujärjestelmän toimivuuden seuranta

9.2 Urakoitsijan laadunvarmistus

- 9.2.1 Henkilöstön pätevyys
- 9.2.2 Työ- ja mittausvälineet
- 9.2.3 Laadunohjaus ja laaduntarkastukset
- 9.2.4 Raportointi

9.3 Tarkastukset ja mittaukset

- 9.3.1 Olosuhteiden mittaus
- 9.3.2 Silmämääräinen tarkastus
- 9.3.3 Kalvonpaksuuden mittaus
- 9.3.4 Maalikalvon tartunnan mittaus

9.4 Laaturaportin taltiointi ja hyödyntäminen

10 RINNAKKAISET OHJEET

- 10.1 Vanhat standardit
- 10.2 Uudet standardit
- 10.3 Muut ohjeet

LIITE 1: TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

LIITE 2: PINTAKÄSITTELYN TEKNINEN TYÖSUUNNITELMA

LIITE 3: TYÖ-, TARKASTUS- JA VERTAILU-ALUEIDEN MÄÄRITTÄMINEN

LIITE 4: PÖYTÄKIRJAMALLIT

Tiehallinto, siltayksikkö 2001

SILKO-projektin terästyöryhmä:

Diplomi-insinööri Mauno Peltokorpi	puh.joht.	Tiehallinto, siltayksikkö
Projekti-insinööri Ari Björkman (-9/98)		Tikkurila Coatings Oy
Insinööri Arvo Heikkinen		Tiehallinto, siltayksikkö
Ryhmäpäälikkö Eva Häkkä-Rönnholm		VTT Rakennustekniikka
Teknisen palvelun päälikkö Petri Järvinen (9/98-)		Tikkurila Coatings Oy
Insinööri Esko Palmu		Tiehallinto, siltayksikkö
Jaospäälikkö Kyösti Piironen		Teknos Winter Oy
Siltainsinööri Jouko Välimäki		Turun tiepiiri
Toimitusjohtaja Jorma Huura	sihteeri	Insinööritoimisto Jorma Huura Ky

Erikoisasiantuntijat:

Tutkimusjohtaja Kurt Blomqvist	Teknos Winter Oy
Terminologi Virpi Kalliokuusi	Tekniikan Sanastokeskus ry
Osastopäälikkö Jarmo Lahti	Teknos Winter Oy
Terminologi Mari Suhonen	Tekniikan Sanastokeskus ry
Työsuojeluinsinööri Seija Vilander	Tielaitos, tuotanto, pääkonttori

Konsultti: Insinööritoimisto Jorma Huura Oy

Osittainen tekstintarkistus Tekniikan Sanastokeskus ry.

Piirroksat: Kuva 12, Kyösti Piironen
Kuva 13, Eva Häkkä-Rönnholm
Kuva 4 ja liitteen 1 kuvat, Tekniikan Sanastokeskus ry
Kuvat 17–19, Satu Jokilehto
Kuva 23, Kurt Blomqvist
Kuvat 24 ja 54, Kuumasinkitys-julkaisut
Kuvat 41-43, SILKO-ohje 1.351 (5/84)
Liite 3, Arvo Heikkinen
Muut piirroksat, Insinööritoimisto Jorma Huura Oy

Valokuvat: Kuva 1, Tikkurila Coatings Oy
Kuva 2, Galvanoimis Oy
Kuvat 3, 6 ja 53, Risto Väänänen
Kuvat 4, 5 ja 10, Jouko Välimäki
Kuvat 32–39, 45, 46, 48–51 ja 55–61, Teknos Winter Oy
Muut valokuvat, Insinööritoimisto Jorma Huura Oy:n kuva-arkisto

TIEH 2230095 - SILKO 1.351

© 2001 Tiehallinto

Kirjapaino: Tampereen Ecuprint Oy, 2001

Julkaisua myy: **Tiehallinto**

Siltayksikkö

Opastinsilta 12 A

PL 33, 00521 HELSINKI

Puhelin 0204 22 2351

Telekopio 0204 22 2395

E-mail raili.barlund@tiehallinto.fi

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen soveltamisala

Tämä ohje on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän eli SILKO-ohjeiston osana. Ohjetta käytetään vanhoja siltoja ja uudisrakentamisessa sattuneita virheitä korjattaessa.

Ohje täydentää metalleja sillankorjausmateriaalina käsittelevää ohjetta /1/. Ohje on yleisohje, jota yksityiskohtaiset korjausohjeet /2/ täydentävät. Ohjeessa käsitellään teräsrakenteiden suojaamista ympäristörasituksia vastaan.

Ohje täydentää sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia /3/ korjausrakentamisen osalta.

Teräksen suojaamista koskevaa tietoa on saatavissa myös muista alan julkaisuista /4/.

1.2 Terässiltojen korroosiosuojauksen kehitys

Teräsrakenteita on aina pyritty suojaamaan eri tavoin ruostumista vastaan (kuva 4). Keittoteräksestä valmistetut siltarakenteet suojattiin pellava-öljyvernissalla 1890-luvulta lähtien.

1900-luvun alussa valantateräksestä valmistetut siltarakenteet olivat kapealaippaisista terässauvoista niittaamalla koottuja ristikkosiltoja, joissa oli paljon kapeita rakoja ja koloja. Korroosionesto-maalaukseen käytettiin pääasiassa luonnonöljyperustaisia lyijymönjöpohjamaaleja ja pintamaaleja. Maalaukseen saatettiin käyttää myös ns. "rautalakkaa", joka oli bitumipohjainen maali. Pintamaalit saatettiin pigmentoida alumiinipigmentillä paremman sään- ja vedenkestävyyden saavuttamiseksi. Raot ja kolot täytettiin mönjäkitillä tai lyijyvillalla, joilla estettiin veden pääsy rakoihin. Pinnanpuhdistus tehtiin kaapimella tai teräsharjalla. Tuolloin tehtyjä maalauksia säilyi aina 1960-luvulle asti.

Merkittävä ajankohta oli 6.4.1934, jolloin Rautatiehallituksen päätöksellä vahvistettiin ohje: "Ohjeita rauta(teräs-)siltojen y.m. rauta(teräs-)rakenteiden maalauksesta sekä maaliaineiden laatu- ja vastaanottomääräyksiä". Ohjeessa selostettiin maalattavan pinnan esikäsittely likimain nykyistä vastaavalla tavalla. Pohjamaalaus piti tehdä mahdollisimman pian puhdistuksen jälkeen kuten nykyisin. Maalattavan pinnan piti olla täysin kuiva ja lämpötilan vähintään +2°C. Siltojen pohjamaalaus oli sallittu ainoastaan lyijymönjöllä. Peitevärit olivat pellavaöljyvernissapohjaisia, ja niihin lisättiin väriaineeksi esimerkiksi lyijyvalkoista ja hiilimustaa. Värikkäitä pintoja saatiin lisäämällä maaliin okraa tai kromioksidia. Toinen pintasively tehtiin standöljyllä, joka valmistettiin siten, että puhdasta pellavaöljyä tai pellava- ja kiinanpuuöljyn seosta keitettiin korkeahkossa lämpötilassa niin kauan, että se tuli siirappimaiseksi. Ohennusaineena käytettiin tärpättiä. Sekoituksen sai tehdä ainoastaan pätevä ammattimies. Myös työsuojeluun kiinnitettiin huomiota.



Kuva 4. Strömman kanavan vanha silta on suojattu maalaamalla vuodesta 1897 lähtien.

1940-luvulla kehitettiin alkydimaaleja, joissa pohjamaalin pigmentointi perustui lyijymönjään. Tällöin tehtyjä siltamaalauksia säilyi aina 1970-luvun loppupuolelle asti.

Seuraavassa vaiheessa, 1960- ja 1970-luvuilla, tulivat kotelopalkkisillat ja isot levypalkkisillat betonikansineen. Tänä aikana siltarakenteita maalattiin alkydimaaleilla, joissa pohjamaalina käytettiin lyijymönjäalkydimaalia. Ongelmana näissä siltarakenteissa on leveiden kotelo- ja laippapintojen jatkuva kondenssirasite sekä betonikannen halkeamista valuva alkalinen vesi. Alkydimaalaus ei kestä kumpaakaan rasitusta. Vaurioita syntyi myös kuljetettaessa siltalohkoja siltapaikalle ja asennustyössä.

Hiekkapuhallus tuli pinnanpuhdistusmenetelmänä käyttöön siltatöissä vasta 1960-luvun alussa, vaikka se oli menetelmänä tunnettu jo 1930-luvulla. Lapinlahden silta oli vuonna 1962 ensimmäinen hiekkapuhallettu silta Suomessa.

1970- ja 1980-luvuilla käytettiin yleisesti pohjamaalina sinkkiepoksi- ja sinkkisilikaattimaaleja ja väli- ja pintamaalina lähinnä kloorikautsumaaleja. Kloorikautsumaalien ongelmana oli maalin pehmeys ja liutuuntuminen.

1980-luvulta lähtien terässillat on tehty mahdollisimman valmiiksi konepajalla. Tämä on asettanut aivan uusia vaatimuksia korroosionestomaalaukselle. On siirrytty nopeammin kuivuviin ja lisääntyviä rasituksia paremmin kestäviin maaleihin ja maalausjärjestelmiin. Työturvallisuuteen ja ympäristönsuojeluun on kiinnitetty erityistä huomiota. Uudismaalauksessa on käytetty 1990-luvulla pääasiassa sinkkiepoksipohjamaaleja ja rautakiille- tai alumiinipigmentoituja epoksivälimaaleja sekä pintamaalauksessa polyuretaanimaaleja. Vesi-ohenteisia maaleja on kokeiltu, mutta niiden käyttö lisääntynee vasta vuoden 2000 jälkeen.

Sillan varusteissa ja koteloiden sisäpinnoissa on käytetty vähäisessä määrin epoksipiki- ja epoksitervamaaleja 1980-luvulta lähtien.

Korroosionestomaalien standardisoinnilla on pitkät perinteet. Kemian Keskusliiton ja Prosessiteollisuuden standardisointikeskuksen (PSK-standardit) viitoittama tie jatkui 1980-luvulla, kun käyttöön tulivat kohdan 10.1 alussa luetellut korroosionestomaalauksen SFS-standardit. Nämä SFS-standardit lakkautettiin, kun käyttöön otettiin uusi kansainvälinen SFS-EN ISO 12944-sarja vuonna 1998.

Teräsputkisiltoja alettiin käyttää 1930-luvulla, mutta niiden käyttö yleistyi 1960-luvulla (kuva 5). Teräsputkisillat on aina suojattu kuumasinkityksellä. Lisäsuojauksena on käytetty vesistösilloissa aluksi bitumia ja myöhemmin tervaepoksia sekä alikulkukäytävissä epoksia ja polyuretaania. Kuumasinkkipinnoitteiden vaurioituttua teräsputkia on suojattu muun muassa katodisella suojauksella 1980-luvun lopulta lähtien.



Kuva 5. Kuumasinkitty teräsputki.

Teräskaiteet on kuumasinkitty 1960-luvulta lähtien. Aikaisemmin käytettiin lähinnä alkydimaaliyhdistelmiä.

Metalliruiskutuksen kehittäjänä pidetään sveitsiläistä Max Schoopia, joka valmisti ensimmäiset ruiskutetut pinnoitteet noin vuonna 1910. Kainuun tiepiiri aloitti kaiteiden ruiskusinkityksen vuonna 1978 (kuva 6). Lisäsuojauksena on käytetty suolattavien teiden silloilla vinyylimaalia tai -lakkaa.



Kuva 6. Ruiskusinkitty kaide.

Tilapäisiä ruosteenestoaineita on käytetty vaihtelevalla menestyksellä sillan kaiteita ja muita varusteita suojattaessa 1980-luvulta lähtien. Rullalaakerien vierintäpintoja on suojattu uudisrakentamisessa rasvalla 1950-luvulta lähtien. Ruostuneita laakereita on suojattu kokonaan rasvalla 1970-luvun lopulta lähtien. Kokeiluja on tehty myös rasvalakalla 1990-luvulla.

Kumibitumilla on suojattu ortotrooppisia ym. teräskansia, jolloin suojaus toimii vedeneristyksen osana.

Muut silloissa käytetyt metallit, kuten ruostumaton teräs, alumiini, lyijy, kupari ja messinki ovat kestäneet ympäristörasituksia ilman suojausta. Niitä käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon galvaanisen korroosion vaara, joka syntyy, kun kaksi metallia on sähköisessä kontaktissa keskenään.

Ulkomailla on käytetty suurten siltien kotelorakenteiden korroosionestossa kosteuden säätämistä tasolle, jolla korroosio ei ole mahdollista, eli suhteellinen kosteus pidetään alle 40 %:n. Suljetussa tilassa olevien pintojen kuivaus voidaan tehdä paitsi kuivatuslaitteilla myös käyttämällä kuivausainetta, silikageeliä.

1.3 Pinnoitteiden vauriot

1.3.1 Maalipinnoitteiden vauriot

Ruostuminen on siltarakenteiden yleisin vaurio (kuva 7). Syynä on useimmiten puutteellinen esikäsittely ja muut työvirheet. Muita ruostumisen syitä ovat muun muassa

- virheellinen rakenne, johon kerääntyy likaa ja kosteutta tai jota on vaikea pintakäsitellä
- puhdistuksen laiminlyönti huollon yhteydessä
- betonin emäksisyys, joka tuhoaa alkydimaalin
- jatkuva kondenssi, jota kaikki maalausjärjestelmät eivät kestä
- mekaaniset vauriot.

Maalipinnan halkeilu, hilseily tai kupliminen (kuva 8) ovat harvinaisempia. Halkeilu aiheutuu yleensä liian paksuista maalikerroksista. Hilseilyn ja kuplimisen syy on useimmiten työvirhe: maalaus on tehty kostealle tai epäpuhtaalle alustalle.

Mekaanisia vaurioita aiheutetaan kiviä heittelemällä tai naarmuttamalla maalipintoja. Lisäksi vaurioita aiheuttavat autojen pyöristä sinkoilevat kivet ja taitamattomat kunnossapitokaluston käyttäjät.

Auringon säteilyn aiheuttama maalipinnan liituuntuminen on lähinnä esteettinen haitta, samoin maalipintojen töhriminen. Polyuretaanimaalit kestävät säärasituksia parhaiten.

1.3.2 Metallisten pinnoitteiden vauriot

Ruostuminen on sinkkipinnoitteidenkin yleisin vaurio, joskin sitä esiintyy yleensä vain mekaanisten vaurioiden yhteydessä (kuva 9). Sinkki uhrautuu aluksi epäjalompana, ja ruostuminen alkaa myöhemmin. Ruostuminen ei kuitenkaan jatku sinkkipinnoitteen alle, kuten maalipinnoitteessa saattaa käydä.

Kuumasinkittyjen teräsputkien vauriot ovat vedenpinnan vaikutusalueella yleisiä (kuva 10). Usein syy on veden virtausnopeus. Jos virtausnopeus on yli 0,5 m/s, estyy suojakerroksen syntyminen sinkin pinnalle, jolloin korroosio etenee nopeasti. Pintaan kiinnittynyttä humusta on joskus luultu ruosteeksi. Siksi asia on aina varmistettava raaputtamalla.

Eräät kuumasinkityt, piillä tiivistetyt teräslaadut saattavat saada ruostetta muistuttavan punaruskean värin. Se johtuu rautapitoisen sinkkikerroksen värjäytymisestä.

Siltaan kiinnitetyissä varusteissa ja laitteissa on usein käytetty sähkösinkittyjä kiinnikkeitä, jotka ruostuvat nopeasti ilmastorasituksessa. Niiden käyttö siltarakenteissa on kielletty. Myös spraymaaleina myytävät niin kutsutut kylmäsinkkipinnoitteet antavat kertaruiskutuksena liian ohuen, vain 10–15 µm:n kalvon.



Kuva 7. Pahoin ruostunut kaide.



Kuva 8. Hilseilevä maalipinta.



Kuva 9. Ruostunut naarmu kaiteen yläjohteessa.

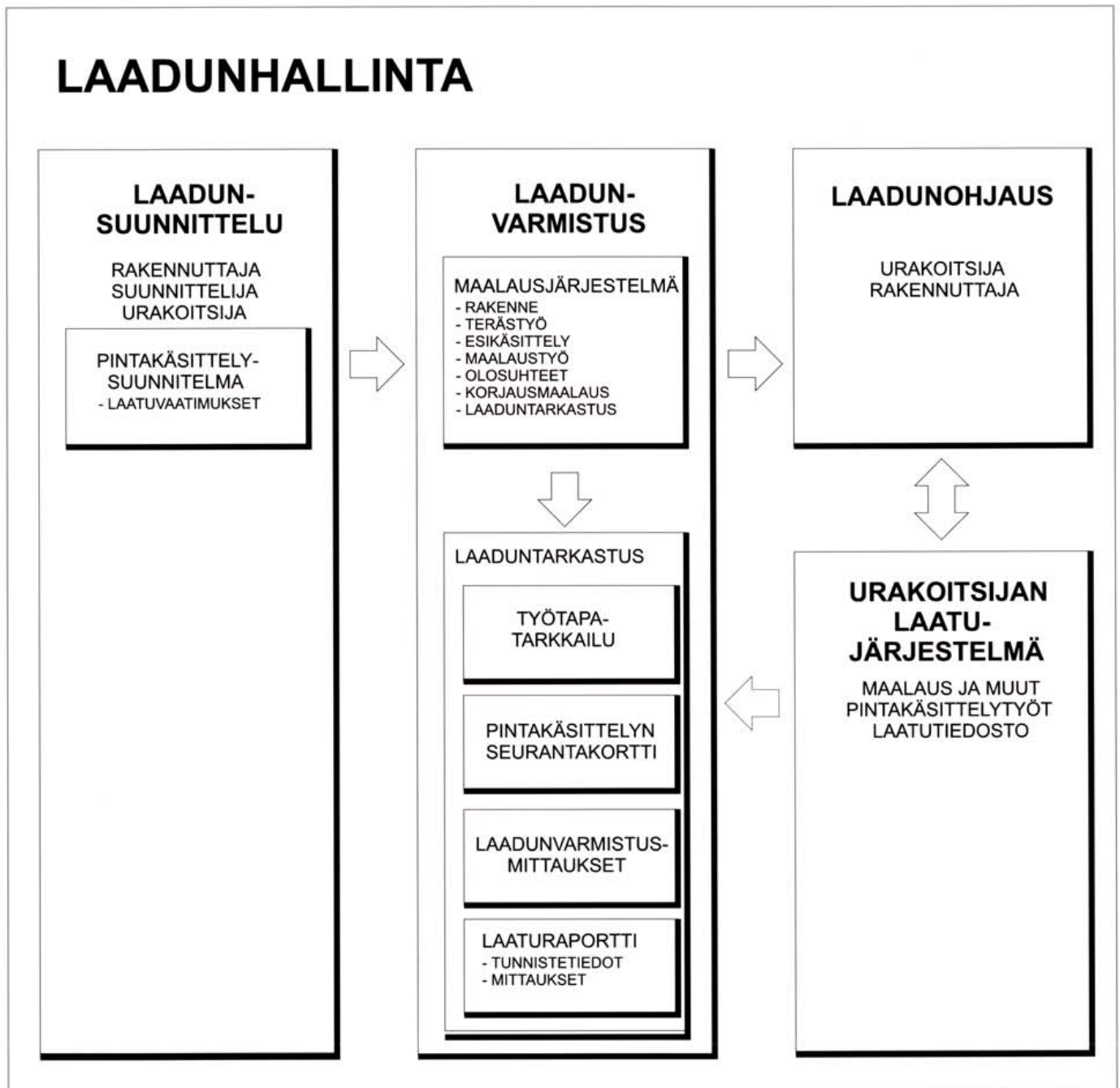


Kuva 10. Vedenpinnan vaikutusalueelta ruostunut teräsputki.

1.4 Laadunhallinta

Laadunhallinnan keinoja ovat (kuva 11)

- laadunsuunnittelu
- laadunvarmistus
- laadunohjaus
- laadun parantaminen.



Kuva 11. Laadunhallinta siltamaalauksissa.

Maalaus kuuluu prosesseihin, joissa laatua on vaikea arvioida pelkästään lopputarkastuksen eli valmiin maalikalvon perusteella. Tästä syystä korroosionestomaalauksen suunnittelussa sekä työn ohjauksessa ja tarkastuksissa on otettava huomioon kaikki ne tekijät, joilla on vaikutusta maalauksen lopputulokseen. Maalauksen tilaajan on saatava luotettava todistusaineisto eli laaturaportti maalauksen laadusta ja laatuun vaikuttavista toimista.

Korroosionestomaalauksessa valmiin maalikalvon laatuun vaikuttavat monet tekijät. Prosessi jakaantuu suunnitteluun, työn tekemiseen sekä eri asteeseen valvontaan ja tarkastuksiin. Korroosionestomaalauksen perusluonteesta johtuen ammattitaidon ja motivaation merkitys korostuu prosessin kaikissa vaiheissa.

Korroosionestomaalauksen laatutasoon vaikuttavat tekijät on esitetty kuvassa 12. Siinä on esitetty eri osavaiheiden vaikutus saavutettavaan lopputulokseen.

Edellä mainitut seikat huomioon ottaen urakoitsija laatii laatusuunnitelman. Suunnitelmaa laadittaessa ja kokonaistoteutusta harkittaessa on huomattava, että jos edellä mainituista tekijöistä yhdessäkin kohdassa epäonnistutaan, maalaus epäonnistuu. Tavoitteena on maalauksen täydellinen onnistuminen. Tämän saavuttaminen edellyttää sitä, että

- henkilöstö on ammattitaitoista ja motivoitunut
- työn kaikki vaiheet tehdään onnistuneesti
- asianmukaiset tarkastukset kaikissa työvaiheissa tehdään oikein.

Lopputuloksena on suunnitelman mukainen laatu-taso.

Maalaustöiden laatuajattelua on sovellettava myös muihin pintakäsittelyihin.

Maalauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät, joille on asetettu vaatimuskriteerit esim. standardien mukaan	Eritelty maalausjärjestelmä Suunnittelu SFS-EN ISO 12944-8
	Maalauksen onnistumismahdollisuuden kumulatiivinen kasvu
SFS-EN ISO 12944 - 7	Ammattitaitoinen ja motivoitunut henkilöstö
SFS-EN ISO 12944 - 3	Oikea rakenne
SFS 8145	Terästyön laatuaste
SFS-EN ISO 12944 - 4	Esikäsittelytyö
SFS-EN ISO 12944 - 7	Maalaustyö
SFS-EN ISO 12944 - 5, 7	Olosuhteet koko prosessin ajan
SFS-EN ISO 12944 - 7	Korjausmaalaus
SFS-EN ISO 12944 - 7, 8 (SFS-EN 13961, SFS 3762)	Maalikalvon ominaisuudet, visuaalinen tarkastus
SFS-EN ISO 12944 - 7, 8 (tarvittavat mittausstandardit)	Laadunvalvontamittaukset, esimerkiksi maalikalvon paksuus, vetokoe ja muut sovitut mittaukset
	Saavutettu maalausjärjestelmä

Kuva 12. Laatutasoon vaikuttavat tekijät.

1.5 Pintakäsittelyn käsitteet

1.5.1 Pintakäsittelytyön vaiheet

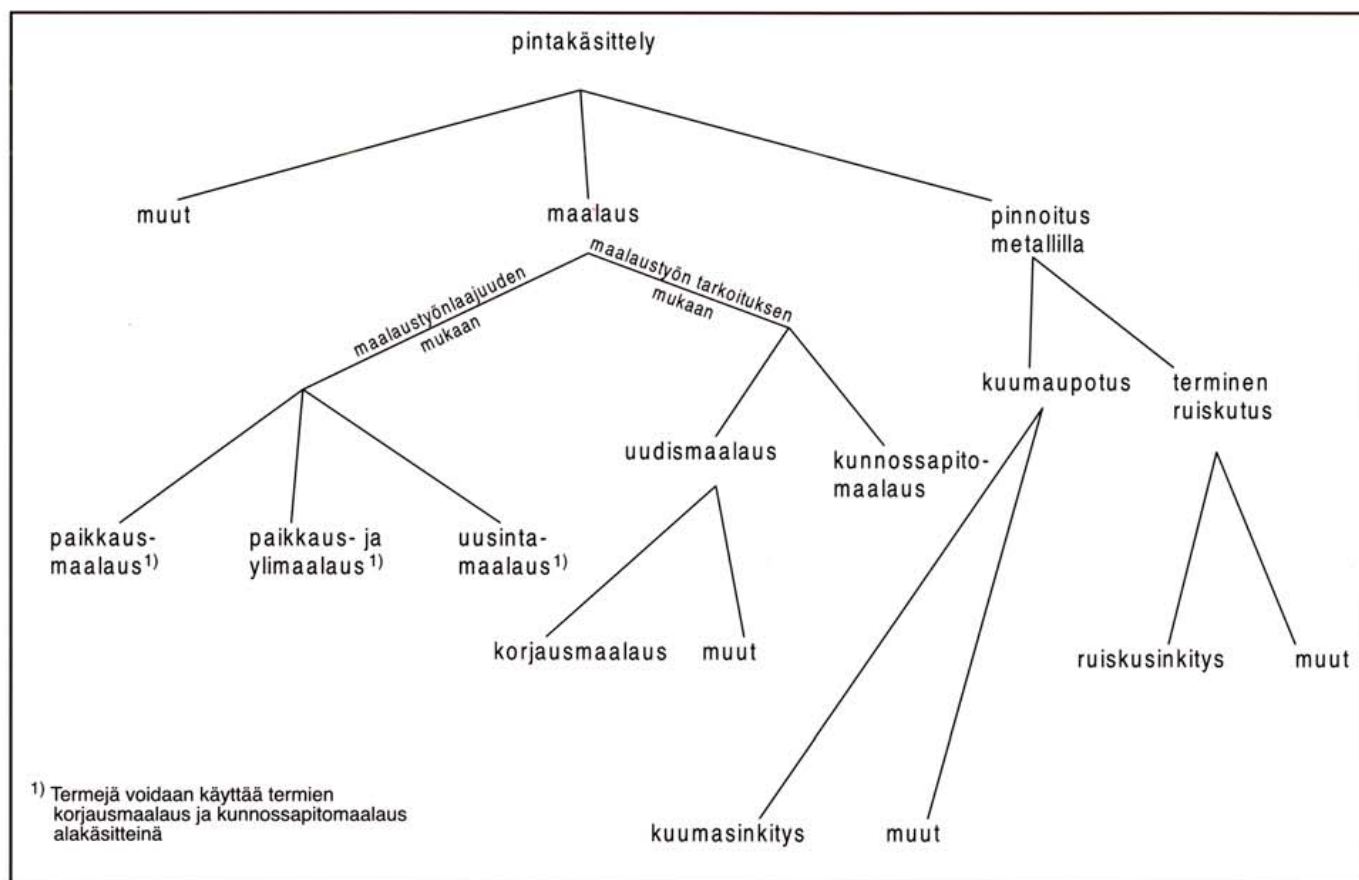
Teräsrakenteen pintakäsittelytyö etenee kuvan 13 esittämissä vaiheissa. Ympäristö otetaan huomioon koko prosessin ajan.



Kuva 13. Siltojen korjaukseen liittyvän pintakäsittelyn vaiheet ja eri vaiheisiin liittyvät ohjeet ja standardit.

1.5.2 Termit ja määritelmät

Tämän ohjeen käsitejärjestelmät on esitetty kuvassa 14 ja liitteen 1 kuvissa ja termit liitteessä 1. Esikäsittelyyn liittyvät termit on esitetty tarkemmin SILKO-yleisohjeessa 1.203 /5/ ja polymeeritermit SILKO-yleisohjeessa 1.202 /6/.



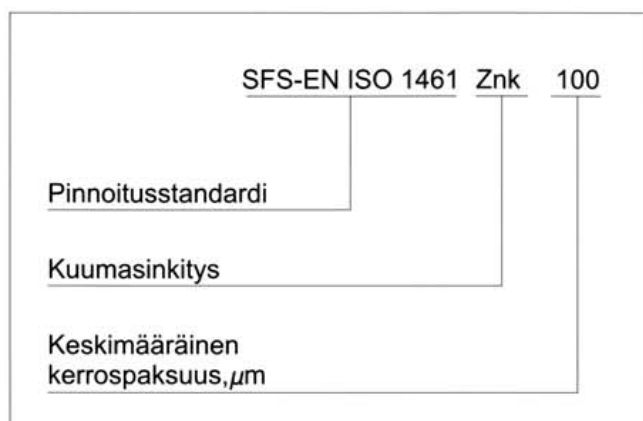
Kuva 14. Pintakäsittelyn käsitejärjestelmä.

1.5.3 Merkinnot

Maalausjärjestelmä on esitetty vuoteen 1999 asti standardin SFS 4962 mukaan seuraavaan tapaan: SEEPUR 240/4 FeSa2½ eli maaliyhdistelmä, kerrospaksuus ja kerrosten lukumäärä, alusta ja esikäsittelyaste.

Vuonna 1999 siirryttiin käyttämään eurooppalaisia standardeja, jolloin standardin SFS-EN ISO 12944-5 mukaan suojamaaliyhdistelmien merkinnot muuttuivat taulukon 1 mukaisiksi. Tiehallinto käyttää kuitenkin maalausjärjestelmien merkintään omia TIEL-alkuisia tunnuksia, jotka on määritellyt SILKO-ohjeessa 3.352 /7/. Standardin SFS-EN ISO 12944-5 mukainen kansainvälinen tapa merkitä maaliyhdistelmä on viitata standardin taulukoiden systeeminumeroihin (esimerkiksi SFS-EN ISO 12944-5 S1.08). Jos jollain taulukon numerolla voidaan viitata useaan maalityyppiin, merkitään lisäksi näkyviin valitut maalit siten, että pohjamaali ja pintamaali erotetaan toisistaan kautta-
viivalla (esimerkiksi S1.20-EPZn(R)/CR). Standardin SFS-EN ISO 12944-5 kansallisen liitteen mukaisesti maaliyhdistelmä voidaan merkitä Suomes-

sa siten, että kansainvälisen merkinnän lisäksi kirjoitetaan sulkeisiin vanhan standardin SFS 4962 periaatetta noudattava maalausjärjestelmän kuvaus, jossa maalausalausta ja sen esikäsittely merkitään näkyviin. Maalityyppien tunnuksat merkitään uuden standardin mukaisesti. Jos maaliyhdistelmää ei ole taulukossa 1 tai kalvonpaksuudet poikkeavat taulukon mukaisista paksuuksista, käytetään pelkästään kansallisen liitteen mukaista merkintää.



Kuva 15. Kuumasinkityksen merkintä ja sen tulkinta.

Taulukko 1. Tielaitoksen hyväksymät maalausjärjestelmät.

Tielaitoksen tunnus	SFS-EN ISO 12944-5	SFS 4962 1)
TIEL 3.1	S1.08 ²⁾ (AK 160/4-FeSa2 tai FeSt2)	A 160/4-FeSa2 tai FeSt2
TIEL 3.2	S1.20-EPZn(R)/CR ²⁾ (EPZn(R)CR 200/4-FeSa2½)	SEKK 200/4-FeSa2½
TIEL 3.3	ESIZn(R)CR 180/4-FeSa2½	SSKK 180/4-FeSa2½
TIEL 3.4	EPZn(R)EPPUR 180/4-FeSa2½	SEEPUR 180/4-FeSa2½
TIEL 3.5	AKAY 250/4- FeSa2½	AAY 250/4-FeSa2½
TIEL 3.6	S1.20-EPZn(R)/AY ²⁾ (EPZn(R)AY 200/4-FeSa2½)	SEAY 200/4-FeSa2½
TIEL 4.1	S1.32-EPZn(R)/EP ²⁾ (EPZn(R)EP 200/3-FeSa2½)	SEE 200/3-FeSa2½
TIEL 4.2	S1.32-EPZn(R)/EP ²⁾ (EPZn(R)EP 200/3-FeSa2½)	SEEH 200/3-FeSa2½
TIEL 4.3	CTE 250/2-FeSa2½	ET 250/2-FeSa2½
TIEL 4.6	EPZn(R)EPPUR 130/3-FeSa2½	SEEPUR 130/3-FeSa2½
TIEL 4.8	S1.35-EPZn(R)/EP/PUR ²⁾ (EPZn(R)EPPUR 240/4-FeSa2½)	SEEPUR 240/4-FeSa2½
TIEL 4.9	EPPUR 250/3-FeSa2½	EPUR 250/3-FeSa2½
TIEL 4.9b	EPAY 320/4-FeSa2	EAY 320/4-FeSa2
TIEL 4.10	EPPUR 250/2-FeSa2	EPUR 250/2-FeSa2
TIEL 4.12	EPZn(R)EPPUR 310/5-FeSa2½	SEEPUR 310/5-FeSa2½
TIEL 4.20	EPPUR 160/3-FeSa	EPUR 160/3 FeSa
TIEL 4.21	PVC 120/2-FeZnSa	V 120/2-ZnSa
TIEL 4.22	PVC 120/2-FeZnSa	V 120/2-ZnSa

1) Oli käytössä vuoteen 1999 asti.

2) Lihavoidut merkinnät ovat standardin SFS-EN ISO 12944-5 mukaisia suojamaaliyhdistelmiä.

Kuumasinkkipinnoitteet on määritelty aikaisemmin standardin SFS 2765 mukaan. Silloissa on yleensä käytetty vaatimuksena tämän standardin luokkaa B. Eurooppalaisen standardin SFS-EN ISO 1461:1998 mukaiset pinnoitteen paksuudet ovat huomattavasti edellä mainitun luokan B vaatimuksia ohuempia. Siltarakenteissa käytetään kuitenkin paksumpia, taulukon 9 mukaisia kerrospaksuuksia. Tällöin teräksen piipitoisuuden on oltava vähintään 0,22 %. Kuumasinkkipinnoite merkitään kuvassa 15 esitetyllä tavalla.

Ruiskusinkkipinnoitteet on määritelty aikaisemmin standardin SFS 3107 mukaan. Paksuusvaatimus on määritelty siltakohtaisesti. Eurooppalainen standardi SFS-EN 22063 on hyvin lähellä aikaisempaa standardia. Ruiskutettavat alumiini- ja sinkkipinnoitteet ja niiden seokset merkitään kuvassa 16 esitetyllä tavalla.



Kuva 16. Ruiskusinkityksen ja seospinnoitteen merkinnät ja niiden tulkinta.

Maalausaluista ilmoitetaan esikäsittelyn merkin-
nässä metallirakenteen pääseosaineen kemialli-
sella merkillä (esimerkiksi Al, Cu, Fe, tai Zn), jotka
tarkoittavat seuraavia metalleja:

Al = alumiini

Cu = kupari

Fe = rauta

Zn = sinkki.

Esikäsittelytoimenpiteiden tunnuksot Tiehallinnon ja
eri standardien mukaan on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Esikäsittelytoimenpiteiden tunnuksot.

Tiehallinto:	
Pe	lian ja rasvan poisto
Fo	fosfatointi
Kr	kromatointi
Ta	tartuntamaalaus
SFS-ISO 8501-1:	
St2	huolellinen teräsharjaus
St3	hyvin huolellinen teräsharjaus
Sa2	huolellinen suihkupuhdistus
Sa2½	hyvin huolellinen suihkupuhdistus
Sa3	suihkupuhdistus metallinpuhtaaksi
SFS 5873:	
SaS	pyyhkäisysuihkupuhdistus
SFS-ISO 8501-2 (aikaisemmin maalattu pinta):	
PMa	hionta
PSa	suihkupuhdistus
PSt	teräsharjaus
SFS-EN ISO 12944-4:	
Be	peittäus
FI	liekkiharjaus

Metallilla pinnoittamisesta käytetään tunnuksia k =
kuumaupotus ja r = terminen ruiskutus sekä maali-
tyypeistä taulukossa 3 esitettyjä tunnuksia.

Taulukko 3. Maalityyppien tunnuksot eri
standardien mukaan.

Maalityyppi	SFS-EN ISO 12944-5	SFS 4962 (1999 asti)
Akryylimaalit	AY	AY
Alkydimaalit	AK	A
Epoksimaalit	EP	E
Tervaepoksimaalit	CTE	ET
Hartsimodifioitunut epoksimaalit	EP	EH
Kloorikautsu- maalit	CR	KK
Polyvinyyli- kloridimaalit	PVC	V
Polyuretaanireak- tiomaalit	PUR	PUR
Polyuretaaniterva- maalit	CTPUR	PURT
Sinkkiepoksi- maalit	EPZn(R)	SE
Sinkkisilikaatti- maalit	ESIZn(R)	SS

2 PINTAKÄSITTELYN PERIAATTEET JA LAATUVAATIMUKSET

2.1 Korroosion estäminen pintakäsittelyllä

Metallin korroosio on sähkökemiallinen ilmiö, jonka kolme edellytystä ovat, että

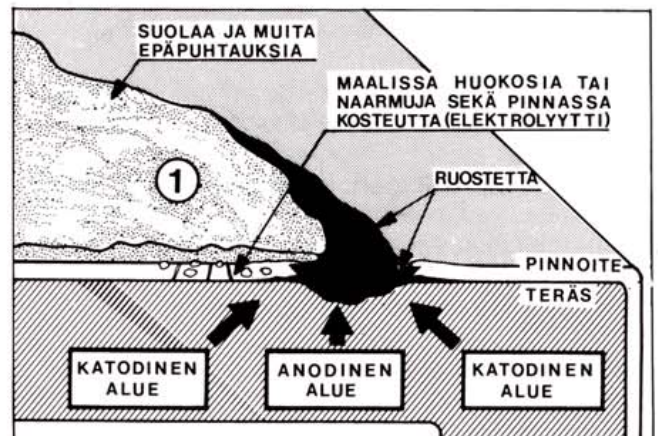
- 1) kohteessa on riittävästi kosteutta
- 2) metallin pinnassa on epäjatkuvuuskohtia eli anodi- ja katodialueita
- 3) korroosioreaktiot voivat tapahtua samanaikaisesti katodi- ja anodialueilla.

Jos yksikin näistä pystytään estämään, korroosioita ei tapahdu. Kaksi viimeksi mainittua ovat ilman erikoistoimenpiteitä aina olemassa. Näin ollen korroosioita tapahtuu aina, jos teräksen pinnassa on vähänkään kosteutta, ellei terästä ole tavalla tai toisella suojattu korroosiolta. Korroosioita on käsitelty tarkemmin SILKO-ohjeessa 1.301 /1/.

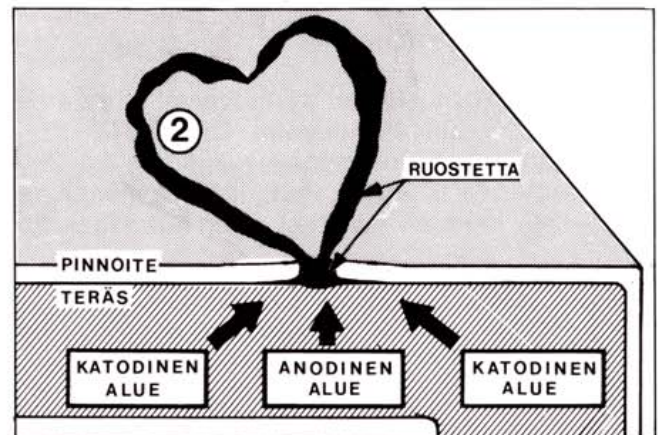
Korroosio voidaan estää seuraavanlaisilla rakenneratkaisuilla, pintakäsittelyllä ja kunnossapidon toimilla:

- 1) vaikuttamalla elektrolyyttiin eli pitämällä pinnat puhtaina hiekoitusjätteistä, lumisohjosta ja vedestä tai estämällä niiden pääsy pinnoille, minkä lisäksi suljetut tilat kuivatetaan tuulettamalla (kuva 17)
- 2) pysäyttämällä sähkökemiallinen reaktio tai hidastamalla sitä pinnoittamalla teräspinnat oikein ja huolehtimalla siitä, että pinnoitteiden kunto säilyy riittävän hyvänä (kuva 18)
- 3) eristämällä eri metalleista tehtyjen rakenneosien liitospinnat (anodi ja katodi) toisistaan kumilla, muovilla tai maalilla (kuva 19)
- 4) poistamalla tai tasoittamalla anodin ja katodin välinen potentiaaliero eli tekemällä materiaali- ja valinnat vaurioituneita rakenneosia uusittaessa oikein.

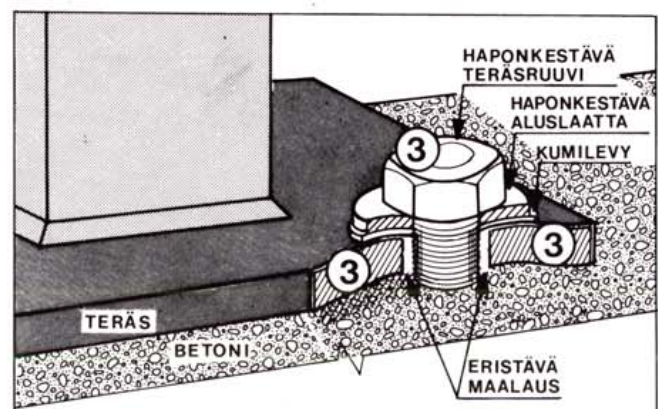
Teräsrakenteen muoto vaikuttaa korroosioneston onnistumiseen. Rakenneosat on suunniteltava siten, että kaikki pinnat voidaan suojata (SFS-EN ISO 12944-3). Erityisesti tämä koskee rakoja ja kotelomaisia osia. Lisäksi on otettava huomioon suojattavien rakenneosien luoksepäästävyys hoitosillan tms. avulla. Siltoja korjattaessa joudutaan usein toteamaan, että näihin seikkoihin ei suunnitteluvaiheessa ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Teräsrakenteiden oleellinen muuttaminen ei korjausvaiheessa ole mahdollista. Aina on kuitenkin selvitettävä, mitä voidaan kohtuullisesti tehdä olosuhteiden parantamiseksi. Tällaisia rakenteen muotoilussa huomioon otettavia seikkoja ovat veden ja epäpuhtauksien, kuten suolojen, kertymistä estävät toimet. Tämä tarkoittaa tuuletus- ja valumisreikien tekemistä, roiskesuojausta ja rakenteen muotoilemista. Hitsit on työstettävä siten, että ne vastaavat terästyön laatuastetta 05 (SFS 8145).



Kuva 17. Epäpuhtauksien peittämä teräspinnan osa aktivoituu ja muodostaa anodisen eli syöpyvän alueen.



Kuva 18. Vaurioitunut pinnoitteen osa muodostaa korjaamattomana anodisen eli syöpyvän alueen.



Kuva 19. Kuumasinkityn rakenneosan kiinnitys maalattuun rakenteeseen.

Korroosionestomaalauksella pyritään estämään korroosioparien syntyminen tai hidastamaan niiden toimintaa. Maalausjärjestelmän korroosionestovaikutus perustuu seuraaviin tekijöihin:

- Eristämiseen, jolloin maalikalvo hidastaa hapen, veden ja kemikaalien pääsyä metallipinnalle.
- Passivointiin, jolloin korroosioreaktiot estetään maalikalvon aktiivisten korroosionestopigmenttien avulla.
- Katodiseen suojaan, jolloin maalikalvon pohjamaalissa on niin paljon sinkkiä tms., että pigmenttihiukkaset ovat sähköä johtavassa kosketuksessa alustan kanssa ja keskenään, jolloin teräs tulee katodiseksi eikä syövy.

Katodireaktiota ei tapahdu, jos estetään hapen ja veden pääsy katodille. Maalikalvon tiiviys, johon

voidaan vaikuttaa maalikalvon kerrosten lukumäärällä ja levymäisillä pigmenteillä, hidastaa veden ja hapen kulkua kalvon läpi. Koko maalikalvon läpi menevien huokosten määrä on kolmen kerroksen maaliyhdistelmässä likimain sadasosa yhden kerroksen maalikalvoon verrattuna.

Katodireaktio voidaan estää myös käyttämällä sinkkiä sisältäviä korroosionestopigmenttejä. Sinkki-ionit saostuvat sinkkihydroksidiksi katodipinnoille ja estävät muodostuvan suojakerroksen avulla katodireaktion.

Vaihtoehtoisesti tai yhdistelmänä maalauksen kanssa siltarakenteiden korroosionesto voidaan tehdä joko kuuma- tai ruiskusinkityksenä tai alumiiniruiskutuksena. Pinnoitteen sinkki antaa teräkselle katodisen suojan.

2.2 Olosuhdetekijät

2.2.1 Rasitusluokat

Ympäristön rasitusluokat määräytyvät standardin SFS-EN ISO 12944-2 mukaan (C2–C5 ja Im1–Im3). Taulukossa 4 on myös aikaisemmin käytetyt standardin SFS 4596 mukaiset rasitusluokat (M1–M4), jotka eivät vastaa aivan tarkasti uusia.

Uudis- ja uusintamaalauksessa rasitusluokaksi otetaan yleensä hieman ylimitoittaen C4–C5. Kunnossapitomaalauksen rasitusluokkaa ei ylimitoteta.

Taulukko 4. Ympäristön rasitusluokat silloissa.

Rasitusluokka SFS-EN ISO 12944-2 (SFS 4596)	Korroosiovaikutus	Esiintymisympäristö ja rasitukset	Rakenneosia
C2/(M2)	Lievä ilmastorasitus.	Puhdas maaseutuilmasto.	Sillan teräsrakenteet suo- laamattomilla tieosilla.
C3/(M3)	Kohtalainen ilmastorasitus.	Kaupunki-, meri- tai teollisuus- ilmasto. Maaseutuilmasto silloin, kun ra- kenteet ovat usein kosteina.	Sillan teräsrakenteet, ellei niihin kohdistu erikoisrasituksia. Lähellä vedenpintaa olevat pääl- lysrakenteet.
C4, C5–I tai C5–M/(M4) Im1 – Im3/(M4)	Ankara tai hyvin ankara teollisuus- ja meri-ilmasto- rasitus	Siltojen rakenteisiin paikallisesti kohdistuvia erikoisrasituksia yh- dessä ilmastorasitusten kanssa ovat - vesi- ja lumiroiskeet, joissa on suolaa, hiekkaa ja muita epäpuhtauksia - mekaaninen rasitus - upotus veteen tai maahan - betonista suotautuva emäk- sinen vesi - lahonestoaineet.	Tyypillisiä erikoisrasituksen ala- iseksi joutuvia sillan teräsovia ovat - kaidepylväiden juuret ja suolattavien teiden kaiteet - kosteutta ja epäpuhtauksia keräävät teräksen ja muun materiaalin rajapinnat - vedenpinnan vaikutusalue (roiske- ja jäätymisvyöhyke) - teräsrakenteiden helposti lii- kaantuvat vaakasuorat pinnat - kulkuaukot - riippuköydet ja -tangot - pylonien ulkopinnat kahden metrin korkeudelle ajoradasta ja sisäpinnat, jos tuuletus ei toimi - läppäsillan ankkurikammion teräsovat.

2.2.2 Muut olosuhdetekijät

Pintakäsittelytöiden aikana vallitsevilla ilmastollisilla olosuhteilla on suuri merkitys työn onnistumiseen. Olosuhdetekijöitä onkin tarkkailtava ja mitattava töiden aikana säännöllisesti.

Suomen sääolosuhteet ovat maalaustöille usein epäsuotuisat, joten vähänkin vaativammissa siltojen pintakäsittelytöissä on aina harkittava sääsuojan ja lämmينilmapuhalluksen käyttöä. Näin päästään varmasti laadullisesti parempaan lopputulokseen. Pitkällä aikavälillä on mahdollista saada myös kustannussäästöjä, kun työ voidaan tehdä keskeytyksittä ja sääsuojan hankintakustannukset jakaantuvat useille hankkeille.

Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus vaikuttavat eri tavalla eri maalityyppien kuivumis- ja kalvonmuodostumisominaisuuksiin. Tuoteselosteissa ilmoitetaan kuivumisajat +23 °C:ssa. Lisäksi ilmoitetaan minimilämpötila, jossa maali kuivuu, sekä suositeltavat suhteellisen kosteuden maksimi- ja minimiarvot.

Pinnoitettavan pinnan on oltava kuiva. Yleisin syy maalin irtoamiseen alustastaan on kostealle tai liikkeelle pinnalle maalaaminen. Maalin lämpötilan pitää olla maalinvalmistajan suosituksen mukainen.

Kaikki edellä mainitut tekijät vaikuttavat oleellisesti ulkonäköön, kalvonmuodostukseen ja tartuntaan. Maalausolosuhteiden vaikutusta maalaustulokseen on käsitelty tarkemmin Metalliteollisuuden Keskusliiton julkaisussa /8/.

2.3 Vaurioasteet

Teräsrakenteiden pintakäsittelyvirheiden ja korroosion vaurioluokitus tehdään Sillantarkastuskäsikirjan /9/ taulukon 7 avulla. Sitä käytetään lähinnä korjaustoimien ohjelmoinnissa.

Pintakäsittelysuunnitelman laatimista varten on selvitettävä koko rakenteen maalattavien pintojen kunto, johon vaikuttavat eri pintojen ja uusien rakenneosien

- maalaamattoman pinnan ruostumisaste standardin SFS-ISO 8501-1:n mukaan määritettyinä
- maalatun pinnan ruostumisaste standardin SFS-EN 13961 mukaan määritettynä
- maalatun pinnan halkeilu-, hilseily- ja kuplimisasteet standardin SFS-EN 13961 mukaan määritettyinä.

Maalatun pinnan kunto ja taulukossa 5 esitetty ruostumisaste määritettiin vuoteen 2000 asti standardin SFS 3762 mukaan.

Maalaamattoman pinnan ruostumisasteet ovat seuraavat:

- A. Teräspinta, jota laajalti peittää hyvin kiinni oleva valssihilsekerros ja jolla on ruostetta hyvin vähän tai ei lainkaan.
- B. Teräspinta, jolla on alkavaa ruostumista ja jolta valssihilsekerros on alkanut irrota.
- C. Teräspinta, jolta valssihilse on ruostunut pois tai jolta sen voi kaapia ja jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa vähäistä kuoppa korroosiota.
- D. Teräspinta, jolta valssihilsekerros on ruostunut pois ja jossa paljain silmin tarkasteltaessa on havaittavissa yleistä kuoppakorroosiota.

Maalatun pinnan ruostumisaste määräytyy ruostuneen pinta-alan perusteella taulukossa 5 esitetyllä tavalla.

Taulukko 5. Maalatun teräspinnan ruostumisasteet ja vastaava ruostunut pinta-ala likimäärin.

Ruostumisaste SFS-EN13961-3	Ruostunut pinta-ala
Ri0	0 %
Ri1	0,05 %
Ri2	0,5 %
Ri3	1 %
Ri4	8 %
Ri5	40—50 %

Ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet on esitetty sillankaiteiden mallikuvina SILKO-ohjeissa 1.353—1.355 /10/.

Sillantarkastuskäsikirjan /9/ vaurioluokat ovat seuraavat:

1. Ruostumisaste on Ri2 tai pinnassa on naarmuja, hilseilyä tai kuplia.
 2. Ruostumisaste on Ri3 ja pinta-alasta on vaurioitunut tähän asteeseen alle 30 %.
 3. Ruostumisaste on Ri3 ja pinta-alasta on vaurioitunut tähän asteeseen yli 30 %.
 4. Ruostumisaste on Ri4 tai Ri5.
- Sillantarkastuskäsikirjassa on määritelty korjaustoimet A—D ohjeellisesti rakenneosan ja rasitusluokan mukaan.