

## Ruostumattomat teräkset kosketuksissa muiden metallisten materiaalien kanssa



## Euro Inox

Euro Inox on eurooppalainen ruostumattoman teräksen markkinointia ja tiedottamista edistävä yhdistys.

Euro Inoxin jäseniä ovat:

- eurooppalaiset ruostumattoman teräksen valmistajat
- kansalliset ruostumattoman teräksen markkinointia edistävät yhdistykset
- seosmetalliteollisuuden yhdistykset.

Euro Inoxin tarkoituksena on tiedottaa ruostumattomien terästen ominaisuuksista ja edistää niiden käyttöä olemassa olevilla käyttöalueilla ja uusilla markkinoilla. Euro Inox järjestää kongresseja ja seminaareja sekä julkaisee ohjeita painetussa ja sähköisessä muodossa, mikä edistää arkkitehtien, suunnittelijoiden, valmistajien ja loppukäyttäjien tutustumista materiaaliin. Euro Inox tukee myös teknistä kehitystyötä ja markkinatutkimuksia.

ISBN 978-2-87997-325-8

978-2-87997-263-3	Englanninkielinen versio
978-2-87997-322-7	Hollanninkielinen versio
978-2-87997-323-4	Ranskan-kielinen versio
978-2-87997-324-1	Tšekinkielinen versio
978-2-87997-326-5	Ruotsinkielinen versio
978-2-87997-327-2	Turkinkielinen versio
978-2-87997-328-9	Puolankielinen versio
978-2-87997-329-6	Italiankielinen versio
978-2-87997-330-2	Espanjankielinen versio

## Jäsenet

### Acerinox

[www.acerinox.com](http://www.acerinox.com)

### Aperam

[www.aperam.com](http://www.aperam.com)

### Outokumpu

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

### ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

[www.acciaiterni.com](http://www.acciaiterni.com)

### ThyssenKrupp Nirosta

[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

## Liitännäisjäsenet

### Acroni

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

### British Stainless Steel Association (BSSA)

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

### Cedinox

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

### Centro Inox

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

### Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

### International Chromium Development Association (ICDA)

[www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com)

### International Molybdenum Association (IMOA)

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

### Nickel Institute

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

### Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

[www.turkpasder.com](http://www.turkpasder.com)

### Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

[www.puds.pl](http://www.puds.pl)

### SWISS INOX

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

Ruostumattomat teräkset kosketuksissa muiden metallisten materiaalien kanssa  
Materiaalit ja niiden käyttösovellukset -sarja, julkaisu 10  
© Euro Inox 2011

Käännetty ja mukailtu teosta ARLT, N. / BURKERT, A. / ISECKE, B., Edlestahl Rostfrei in Kontakt mit anderen Werkstoffen (Merkblatt 829), Düsseldorf, Informationsstelle Edlestahl Rostfrei, 4<sup>th</sup> edition 2005

### Julkaisija

Euro Inox  
Diamant Building, Bd. Aug. Reyers 80,  
1030 Bryssel, Belgia  
Puh. +32 2 706 82 67 Fax +32 2 706 82 69

### Valokuvat:

Atomium asbl / vzw Bryssel (Belgia)  
Centro Inox, Milano (Italia)  
Bundesanstalt für Materialprüfung und -forschung, Berliini (Saksa)  
David Cochrane, Sidcup (Iso-Britannia)  
Benoît Van Hecke, Hasselt (Belgia)  
Thomas Pauly, Bryssel (Belgia)  
Outokumpu, Tornio (Suomi)  
Christoph Seeberger, München (Saksa)  
ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld (Saksa)  
Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden (Saksa)  
Viega GmbH & Co. KG, Attendorn (Saksa)

## Sisältö

1	Johdanto	2
2	Galvaaninen korroosio	3
3	Vaikuttavia tekijöitä sekä esimerkkejä	5
3.1	Elektrolyytin resistanssi (sähkönvastus)	5
3.2	Kostutusaika sekä ympäristö	6
3.3	Elektrodireaktioiden kinetiikka	8
3.4	Katodin ja anodin pinta-ala	8
4	Käytännön esimerkkejä eri sovelluksissa	10
4.1	Veden sekä jäteveden käsittely	11
4.2	Rakenteet erilaisissa ilmasto-olosuhteissa	14
4.3	Ruostumattoman teräksen käyttö rakentamisessa	15
4.4	Ruostumaton teräs kuljetusvälineissä	18
5	Galvaanisen korroosion estäminen	22
6	Kirjallisuutta	23

### Vastuunvapauslauseke

Euro Inox on tehnyt kaikki toimenpiteet varmistaakseen, että tässä julkaisussa esitetty tieto on oikeaa. Kuitenkin lukijaa huomautetaan, että tässä esitetty tieto on tarkoitettu vain yleiseksi informaatioksi. Euro Inox, sen jäsenet ja henkilökunta sekä konsultit pidättyvät kaikesta vastuuvollisuudesta tai vastuusta, joka johtuu tähän julkaisuun sisältyvän informaation käytön aiheuttamasta menetyksestä, vahingosta tai vauriosta.

### Tekijänoikeudet

Tähän julkaisuun sovelletaan tekijänoikeuslakien mukaisia sääntöjä. Euro Inox varaa kaikki oikeudetkäänöksiin kaikille kielille, julkaisemiseen, kuvienkäyttöön, esittelyihin sekä radio- ja televisiolähetysiin. Mitään julkaisun osaa ei saa jälleen tuottaa, varastoida luettavassa muodossa, tai siirtää missään muodossa tai millään keinoin, sähköisesti, mekaanisesti, valokopioimalla, tallentamalla tai muilla menetelmillä ilman tekijän, Euro Inoxin (Luxemburg), lupaa. Rikkomukset voivat johtaa oikeuskäsittelyyn ja taloudelliseen vastuuseen sekä syytteeseen panoon Luxemburgin tekijänoikeuslain ja Euroopan Unionin lainsäädännön mukaisesti.

# 1 Johdanto

Haasteelliset muotoiluvaatimukset edellyttävät usein eri metallien yhdistämistä samaan rakenteeseen. Lisäksi voi muodostua sattumanvaraisia eri metallien yhdistelmiä johtuen erilaisten kiinnittimien ja tiivisteiden rajallisesta saatavuudesta. Tietyissä tapauksissa tällaiset materiaalien yhdistelmät voivat johtaa toisen materiaalin syöpmiseen. Ilmiötä kutsutaan galvaaniseksi korroosioksi<sup>1</sup>, missä kaksi erilaista metallia muodostavat galvaanisen parin.

Galvaanisen parin muodostuminen voi johtaa epäjalomman materiaalin nopeaan korroosioon. Korroosio voi olla huomattavasti odotettua nopeampaa kuin mitä se olisi ilman kosketusta jalompaan metalliin. Korroosion aiheuttamat vauriot kuten ulkonäön huonontuminen, vuotavat putket tai pettävät kiinnittimet voivat radikaalisti lyhentää osan/rakenteen käyttöikää ja siten johtaa ennenaikaiseen vaihtamiseen. Useimmissa teknisissä käyttösovelluksissa ruostumattomien terästen korroosipotentii-

aali on positiivisempi verrattuna muihin metalleihin ja siten korroosioriski kohdistuuakin parina olevaan metalliin.

On kuitenkin huomioitava, että galvaaniseen korroosioon vaikuttavat useat tekijät. Käytetyn materiaalin lisäksi sekä ympäristö että muotoilu ovat kriittisiä. Siten on vaikea arvioida etukäteen eri materiaalien yhteensopivuutta. Tässä julkaisussa käsitellään galvaanisen korroosion periaatteita ja tekijöitä, joiden perusteella suunnittelijat voivat arvioida korroosioriskiä.

<sup>1</sup>Metallin nopeutunut korroosio korroosiotekijän vaikutuksesta. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat elektrolyytin konsentraatio, ilmaston määrä sekä aktiivi/passiivi -tila.

## 2 Galvaaninen korroosio

Galvaaninen korroosio on mahdollista, jos:

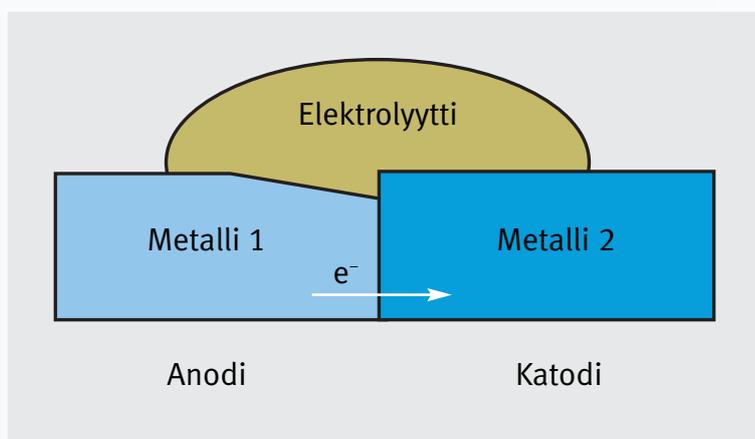
- metalleilla on erilaiset korroosiopotentiaalit
- metallit ovat sähköisesti yhteydessä toisiinsa
- Sähköä johtava (nestemäinen) kalvo (elektrolyytti) koskettaa molempia metalleja

Kuva 1 esittelee graafisesti nämä kolme perusehtoa.

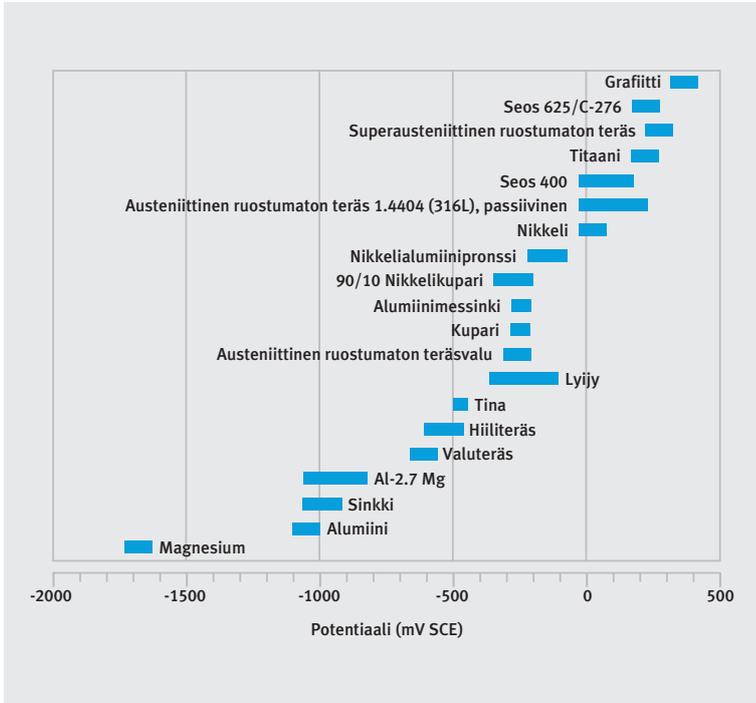
Mikäli galvaanista korroosiota tapahtuu, vähemmän jalo materiaali – anodi – ensisijaisesti syöpyy kun samanaikaisesti jalompi materiaali – katodi – suojautuu korroosiolta. Itse asiassa katodinen suojaus perustuukin uhrautuvan anodin korroosiolta suojaavaan vaikutukseen.

Erilaisen korroosiopotentiaalinen metallien kosketus toisiinsa sähköä johtavassa liuoksessa aiheuttaa elektronien kulkeutumista anodilta katodille. Elektrokemialliset reaktiot ovatkin samat jotka tapah-

tuisivat luonnollisesti eristetyssä metallissa, erotuksena kuitenkin se, että anodin syöpyminen nopeutuu hyvin voimakkaasti. Joissakin tapauksissa galvaanisen parin muodostuminen johtaa korroosioon materiaaleissa, jotka muuten kestävät korroosiota kyseisessä ympäristössä. Näin voi tapahtua passiivisille metalleille kuten alumiinille, joka voi paikallisesti polarisoitua tietyssä ympäristössä. Tällöin voi tapahtua paikallista korroosiota, kuten rako- tai pistekorroosiota, mitä ei tapahtuisi ilman galvaanisen parin aiheuttamaa potentiaalinmuutosta.



Kuva 1:  
Metallien välisen korroosion perusedellytykset.

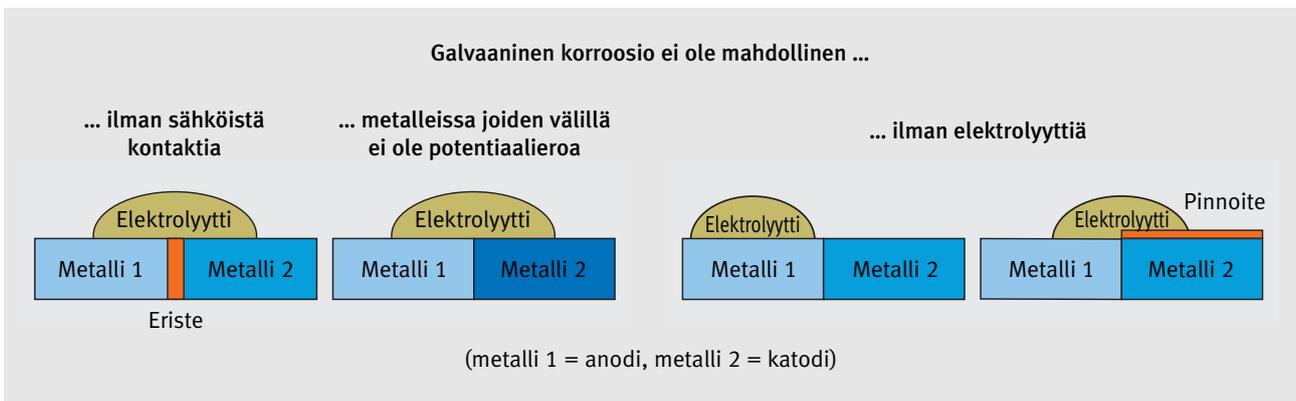


Kuva 2:  
Galvaaninen sarja 10 °C  
merivedessä [11]

Vastoin yleistä uskomusta pelkkä metallien sähkökemiallinen potentiaaliero ei kuvaa hyvin todellista galvaanisen korroosion riskiä. Potentiaaliero määrittää ainoastaan sen, tuleeko riskiä arvioida vai ei. Tässä yhteydessä on syytä mainita myös se, että useat julkaistut taulukot metallien standardipotentialeista antavat ainoastaan suuntaa antavia lukuja potentiaalieroista. Ratkaiseva tekijä ei ole standardoiduissa koeolosuhteissa havaittu potentiaaliero vaan paremmin todellinen potentiaaliero käyttöolosuhteissa. Tämän vuoksi onkin laadittu kokeellisia taulukoita galvaanisista pareista metallien tavanomaisissa käyttöympäristöissä, kuten merivedessä. Näissä taulukoissa on esitetty eri metallien potentiaalit kyseisessä ympäristössä. (kuva 2).

Ehkäisevät toimenpiteet voidaan määrittellä, kun tiedostetaan galvaanisen korroosion tapahtumisen edellytykset sekä ymmärretään kuvan 3 esimerkki. Kappaleessa 6 käsitellään asiaa tarkemmin.

Kuva 3:  
Olosuhteet, joissa  
galvaanista korroosiota  
ei voi tapahtua



### 3 Vaikuttavia tekijöitä sekä esimerkkejä

Faradayn lain mukaisesti sähkökemialliset korroosioprosessit ovat suoraan verrannollisia varauksen siirtymiseen eli virran kulkuun. Niinpä virtaa tai virrantiheyttä käytetäänkin usein korroosion mittarina. Mikäli galvaanisen korroosion edellyttämät olosuhteet toteutuvat, korroosiovirran summa  $I_{\text{tot}}$  muodostuu itsekorroosion osavirrasta  $I_s$  (korroosio, joka riippumaton kosketuksesta muiden materiaalien kanssa) sekä kennovirrasta  $I_{el}$  (korroosio, joka aiheutuu kennovirrasta materiaalien välillä (Yhtälö 1).

$$I_{\text{tot}} = I_s + I_{el} \quad (\text{Yhtälö 1})$$

Korroosion voimakkuus riippuu kahden metallin potentiaalierosta ( $\Delta U$ ), elektrolyytin resistanssista ( $R_{el}$ ) ja anodin ( $R_{p,a}$ ) ja katodin ( $R_{p,c}$ ) polarisaatioresistanssista (yhtälö 2).

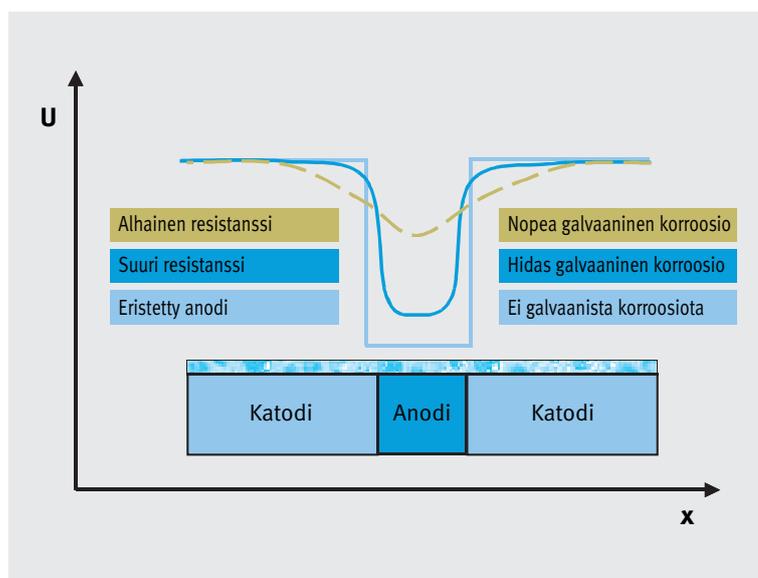
$$I_{el} = \frac{\Delta U}{R_{el} + R_{p,a} + R_{p,c}} \quad (\text{Yhtälö 2})$$

Tämän yhtälön perusteella voidaan päätellä galvaanisen korroosion määrittävät tekijät. Eli onko metallinen korroosio teknisesti merkityksellinen ongelma vai ei. Siten näiden tekijöiden vaikutusta käsitellään erikseen seuraavassa.

#### 3.1 Elektrolyytin resistanssi (sähkönvastus)

Galvaanisen korroosion vaara pienenee elektrolyytin resistanssin (sähkönvastuksen) kasvaessa. Tämä johtuu siitä, että ei saavuteta galvaanista virtaa ja anodilla potentiaalimuutos on rajoitettu, kuten kuvassa 4 on esitetty.

Anodin ollessa eristetty, voidaan pinnan potentiaalimittauksella määrittää katodin ja anodin potentiaalit toisistaan riippumatta. Muutoskohdassa havaitaan nopea potentiaalitason nousu. Mikäli katodin ja anodin välillä on sähköinen kontakti, anodin polarisaatio korkeampaan potentiaaliin havaitaan korkean resistanssin omaavissa elektrolyyteissä (kuten kondensoituneessa vesikalvossa). Alhaisen resistanssin omaavissa elektrolyyttikalvoissa (kuten suolavesi) hav-



Kuva 4. Elektrolyytin resistanssin vaikutus anodin polarisaatioon

aitaan puolestaan hyvin voimakas polarisointumisen. Mitä voimakkaampaa polarisointumisen on, sitä nopeampaa on anodin korroosio materiaalin ollessa aktiivinen tai sitä nopeampaa on passiivisen materiaalin kriittisen (korroosion ydintävän) potentiaalimittauksen saavuttaminen. Taulukossa 1 on esitetty useiden eri tyyppisten vesien sähköjohtavuuksia.

### 3.2 Kostutusaika sekä ympäristö

Elektrolyytin resistanssi sekä kostutuksen kestoaika yhdessä vaikuttavat korroosikäyttäytymiseen. Tällä on merkitystä silloin, kun komponentit eivät ole jatkuvasti nesteiden kostuttamat. Kuten aiemmin galvaanisen korroosion edellytyksiä esiteltäessä kerrottiin, elektrolyyttikalvolla on keskeinen rooli. Ilman tällaista kalvoa galvaaninen korrosio ei ole mahdollinen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mitä tahansa metallisten materiaalien yhdistelmää voidaan käyttää ilman korroosio-ongelmia, jos elektrolyyttiä ei ole. Tämä on ominaista sisätiloille, missä kondensoitumista ei tapahdu. Niinpä esimerkiksi ilmastoitujen ja lämmitettyjen tilojen kiintokalusteissa tai sisustusineissa voidaan käyttää käytännössä kaikkia mahdollisia materiaaliyhdistelmiä ilman korroosioriskiä (kuva 5).

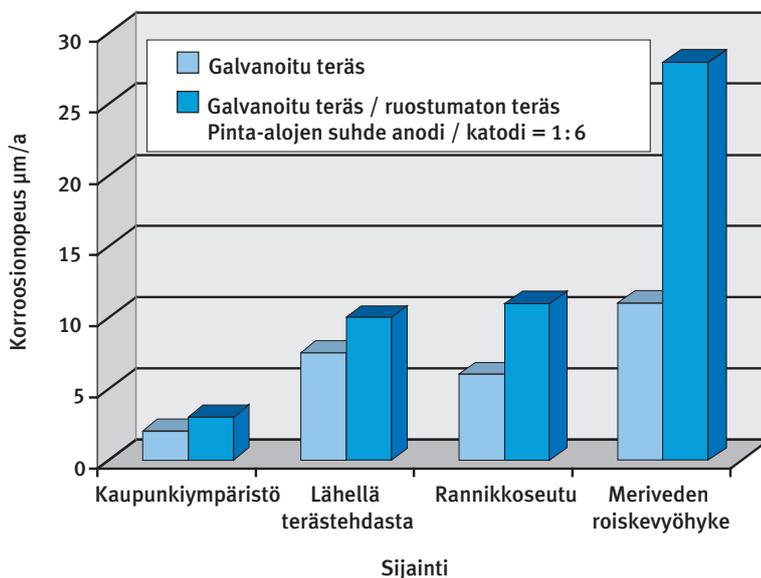
Sekä altistusaika että elektrolyytin sähkönjohtavuus riippuvat myös paikallisista olosuhteista. Galvaaninen korrosio onkin meri- ja teollisuusilmastossa tai sisätilojen uima-altaassa huomattavasti todennäköisempää kuin maaseudulla. Kuvassa 6 on esitetty ympäristön vaikutus sinkin korroo-

Taulukko 1:  
Erialaisten vesien  
sähkönjohtavuuksia

Ympäristö	Sähkönjohtavuus in ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) <sup>-1</sup>
Puhdas vesi	$5 \cdot 10^{-8}$
Tislattu vesi	$2 \cdot 10^{-6}$
Sadevesi	$5 \cdot 10^{-5}$
Juomavesi	$2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
Murtovesi	$5 \cdot 10^{-3}$
Merivesi	$3,5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$

sionopeuteen ollessaan kontaktissa ruostumattoman teräksen kanssa ja ilman kontaktia. Se osoittaaakin, että kennon korroosion osuus (eli korroosionopeuksien ero) ylittää itsekorroosionopeuden (eli sinkin korroosionopeus ilman kosketusta ruostumattoman teräksen kanssa) meri-ilmastossa sekä meriveden roiskevyöhykkeellä.

Vallitsevan ympäristön lisäksi suunnittelulla on suuri vaikutus. Tekijät, jotka edesauttavat kosteuden nopeaa kuivumista (riittävä ilmanvaihto, rakojen välttäminen, sadeveden helppo poistuminen) laskevat myös korroosioriskiä. Pysyvästi kosteat alueet raoissa, peitetyillä pinnoilla seisova vesi ja likaiset pinnat voivat puolestaan nopeuttaa galvaanista korroosiota merkittävästi.



Kuva 6:  
Galvanoidun teräksen korroosionopeus erilaisissa ympäristöissä yksin sekä liitettynä ruostumattomaan teräkseen

Kuva 5:  
Koska lämmitetyissä ja ilmastoituissa sisätiloissa elektrolyyttiä ei tavallisesti ole, voidaan ruostumaton teräs yhdistää muiden metallisten materiaalien, kuten maalatun hiiliteräksen kanssa, ilman galvaanisen korroosion riskiä.

### 3.3 Elektrodireaktioiden kinetiikka

Elektrodireaktioiden kinetiikka on esitetty *yhtälössä 3* anodin sekä katodin polarisaatiovastuksen mukaan. Joillakin metalliyhdistelmillä jopa alle 100 mV potentiaalierot voivat aiheuttaa korroosiota kun taas toisilla yhdistelmillä sallitaan hyvinkin korkeat potentiaalierot ilman syöpymisriskiä. Onkin hyvä tietää, että potentiaalieron perustella ei voida päätellä galvaanisen korroosion nopeutta. Reaktion kinetiikka onkin metallikohtainen. Esimerkiksi titaani laskee liuenneen hapen määrää huomattavasti kuparia tehokkaammin. Tämä puolestaan selittää sen, miksi hiiliteräs ruostuu huomattavasti nopeammin ollessaan kontaktissa kuparin kanssa titaanin asemesta, vaikkakin jälkimmäisellä on kuparia korkeampi elektrodipotentiaali.

Tässä yhteydessä on tärkeää huomata korrosiotuotteiden merkitys, koska ne voivat muuttaa materiaalin potentiaalia merkittävästi ja siten toimia anodisen ja/tai kato-disen reaktion esteenä.

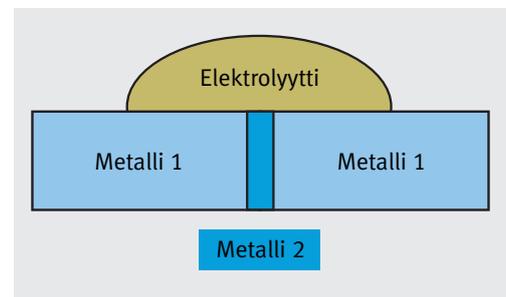
### 3.4 Katodin ja anodin pinta-ala

Eräs tekijä kennovirrantiheydessä on  $i_{el}$  (pinta-alaan suhteutettu kennovirta), joka määräytyy katodin ( $A_c$ ) ja anodin ( $A_a$ ) pinta-alojen suhteesta. Tällä on suuri vaikutus galvaanisen korroosion nopeuteen (*yhtälö 3*).

$$i_{el} = \frac{A_c}{A_a} \cdot \frac{\Delta U}{R_{el} + R_{p,a} + R_{p,c}} \quad (\text{Yhtälö 3})$$

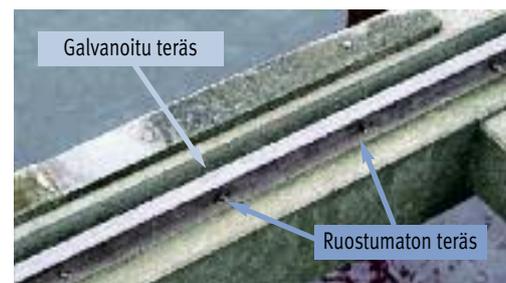
Kun katodin pinta-ala (galvaanisen parin jalomman metallin) on erittäin pieni verrattuna anodin pinta-alaan (vähemmän jalo metalli) materiaalin korrosiokäyttäytymisessä ei tapahdu muutosta. Tämä tilanne on havainnollistettu *kuvassa 7*.

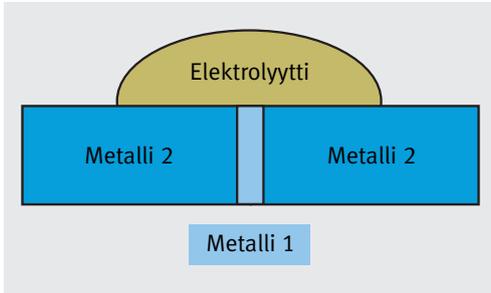
Typillisimpiä esimerkkejä ovat alumiini-



*Kuva 7:*  
Katodin (metalli 2) ollessa merkittävästi anodia (metalli 1) pienempi ei myöskään korrosioriski kasva.

*Kuva 8a, 8b:*  
Ruostumattomasta teräksestä valmistetut kiinnittimet huomattavasti suurempien galvanoitujen teräskomponenttien yhteydessä eivät tavallisesti aiheuta korroosiota.

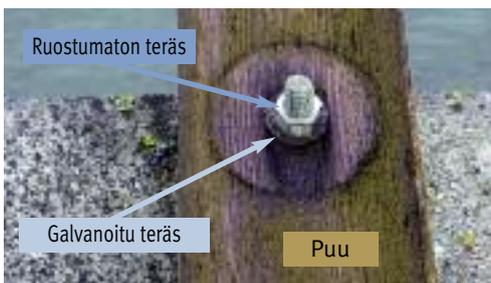




Kuva 9:  
Galvaaninen korroosio on todennäköinen mikäli anodi (metalli 1) on pieni ja katodi (metalli 2) on suuri

nista tai galvanoidusta hiiliteräksestä valmistettujen komponenttien kiinnittäminen ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla kiinnittimillä. Kaksi käytännön sovelluskohdetta on esitetty kuvassa 8. Tämä materiaaliyhdistelmä kestää hyvin galvaanista korroosiota myös syövyttävissä olosuhteissa.

Ulkoilmassa on usein vaikea määrittää aktiivisen anodin ja katodin pinta-alojen suhdetta. Tämä ei usein olekaan tarpeen, vaan riittää kun korroosioriski huomioidaan suunnittelussa. Käytännön sovelluksissa tuleekin, katodisen pinta-alan minimoimiseksi, käyttää aina muuta rakennetta jalomasta materiaalista valmistettuja kiinnittämiä.



Päinvastainen tilanne voi vastaavasti aiheuttaa merkittävän ongelman. Mikäli pienen anodin ympäröi suuri katodi, galvaaninen korroosio on mahdollinen kuvan 9 mukaisesti.

Kuvassa 10 on esitetty tyypillisimpiä esimerkkejä tällaisista tilanteista. Näissä tapauksissa on selvää, että korroosiolle altistavassa ympäristössä kontaktissa oleva epäjaloinen metalli voi korrodoitua hyvinkin nopeasti.



Kuva 11:  
Galvaanisen korroosion ehkäisemiseksi ruostumattomien teräslevyjen kiinnittämisessä tulee käyttää pelkästään ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kiinnittämiä.

Kuva 10a, 10b:  
Käytännön esimerkkejä Kuvan 9 perusperiaatteesta (galvanoitu hiiliteräs kontaktissa ruostumattoman teräksen kanssa meri-ilmastossa)

## 4 Käytännön esimerkkejä eri sovelluksissa

Materiaaliyhdistelmien, joihin liittyy ruostumaton teräs, korroosiokäyttäytymisestä eri ympäristöissä, löytyy sekä syväisiä tutkimustuloksia että käytännön kokemusperäistä tietoa. Oleellisimpia tuloksia on esitetty *taulukkoissa 2 – 5*. Kaikki aineisto on määritetty stabiloiduille ja suhteellisen korkeahiilille ruostumattomille teräksille. Käy-

tännössä tulokset pätevät myös matalahiilille laaduille, kuten 1.4307 ja 1.4404. Lisäohjeistusta on löydettävissä aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta.

Numeeristen arvojen lisäksi, kokemusperäinen tieto mahdollistaa yleisten ohjeiden laatimisen, mikä onkin pyritty tiivistämään seuraaviin kappaleisiin.

Taulukko 2: Useiden metallisten materiaalien korroosionopeuksia niiden ollessa kosketuksissa ruostumattoman teräksen kanssa.

Galvaaninen pari		Ympäristö	pinta-alojen suhde	Korroosionopeus (mm/a)
1.4016	Hiiliteräs Zn 99.9 Al 99.9 Cu-DGP Ti	Juomavesi, hapekas	1:1	0,47
				0,26
				0,17
				0,07
				< 0,01
1.4541	SF-Cu	Keinotekoinen merivesi	1:1	0,12
			1:10	0,07
			10:1	1,00
	Hiiliteräs		1:1	0,38
			1:10	0,25
			10:1	1,10
	Zn Ti		1:1	0,61
			1:1	< 0,01

Taulukko 3: ZnCuTi korroosionopeus kosketuksissa ruostumattomien terästen 1.4541 ja 1.4571 kanssa 0.1 N NaCl-liuoksessa. (ilmastettu, CO<sub>2</sub> kylläinen, huoneenlämpötila) DIN 50919 mukaan

Galvaaninen pari		pinta-alojen suhde	Korroosionopeus (mm/a)
1.4541	ZnCuTi	1:1	4,39
		1:5	1,43
1.4571	ZnCuTi	1:1	3,88
		1:5	0,91

Taulukko 4: Erilaisten metallisten materiaalien korroosionopeuksia niiden ollessa kosketuksissa erilaisten ruostumattomien terästen kanssa vesipohjaisessa 5 til-% NaCl liuoksessa 35°C lämpötilassa, pinta-alojen suhde 1 :1 (DIN 50919)

Galvaaninen pari	Korroosionopeus (mm/a)		
	X6CrMo17-1 1.4113	X2CrTi12 1.4512	X5CrNi18-10 1.4301
Hiiliteräs	0,62	0,66	0,69
Kuumasinkitty teräs	0,51	0,51	0,55
ZnAl 4 Cu 1	0,66	0,66	0,69
AlMg 1	0,15	0,29	0,29
Cu-DGP	0,04	0,04	0,04
CuZn 40	0,04	0,04	0,04

Taulukko 5 : Erilaisten materiaalien korroosionopeuksia niiden ollessa kosketuksissa ruostumattoman teräksen 1.4439 kanssa pohjanmeressä (kenttäkoe), kesto 1 vuosi

Galvaaninen pari		pinta-alojen suhde	Korroosionopeus (mm/a)
1.4439	Hiiliteräs	1:1	0,31
		4:1	0,75
		10:1	2,10
1.4439	AlMg 4.5 Mn	1:1	0,17
		4:1	0,26
		10:1	0,95
1.4439	CuNi 10 Fe	4:1	0,07
1.4439	CuZn 20 Fe	4:1	0,18

#### 4.1 Veden sekä jäteveden käsittely

Koostumuksesta riippuen, veden ruostumatonta terästä syövyttävä vaikutus voi vaihdella merkittävästi: deionisoitu vesi, jossa ei ole lainkaan epäpuhtauksia ei aiheuta korroosiota (poikkeuksena erittäin korkeat lämpötilat). Juomavesi tai vastaavan koostumuksen omaava vesi sisältää pieniä pitoisuuksia kloridi-ioneja (max. 250mg/L, juomavesidirektiivin mukaisesti). Epäsuotuisissa olosuhteissa tämä voi aiheuttaa piste- tai rakorossoosiota sekä lämpötilojen ollessa korkeita ja kloridien konsentroituessa myös jännityskorroosio on mahdollista. Useimmista tapauksista, austeniittiset CrNi-Mo lajit, kuten 1.4401, 1.4404 ja 1.4571

kestävät näissä käyttökohteissa, mikäli rakenteet on valmistettu kunnolla. Lisäksi on lukemattomia esimerkkejä teräslajin 1.4301 käytöstä ilman ongelmia.

Juomavesisovelluksissa galvaanisen korroosion riski on vähäinen. Ruostumattoman teräksen, kuparin, kupariseosten ja punametallin yhdistelmiä on käytetty jo vuosikausia sekä kylmä- että kuumavesikohteissa putkien, kiinnittimien ja säiliöiden materiaalina ilman kontaktikorroosiovaurioita (kuva 12). Samalla kun hiiliteräs voidaan liittää ruostumattomaan teräkseen matala-happisessa vedessä, hiiliteräksen ja alumiinin yhdistelmä altistaa jälkimmäisen galvaaniselle korroosiolle [2].



Jätevesijärjestelmissä olosuhteet ovat hieman monimutkaisemmat. Veden koostumus vaihtelee voimakkaasti ollen välillä hyvin sähköä johtava ja siten useiden materiaaliyhdistelmien galvaanisen korroosion riski kasvaa. Taulukossa 6 on esitetty yleiskuva eri materiaalien soveltuvuudesta jätevesijärjestelmiin. Juotosliitoksissa on tärkeää valita korroosion kestävä juote.

Kuva 12:  
Putkistoissa ruostumattoman teräksen ja kuparin tai kupariseosten kuten punametallin yhdistäminen onnistuu ilman kasvannutta korroosiovaaraa.

Taulukko 6: Eri materiaalien soveltuvuus ilmastettujen jätevesien käsittelyyn

		Pienen pinta-alan materiaali				
		Hiiliteräs / valurauta	Sinkki / galvanoitu teräs	Al	Cu	Ruostumaton teräs
Suuren pinta-alan materiaali	Hiiliteräs / valurauta	+*	+*	-	o / -	+*
	Sinkki / galvanoitu teräs	-	+	-	o*	+*
	Al	-	o / -	+*	-	+*
	Cu	-	-	-	+*	+*
	Ruostumaton teräs	-	-	-	o	+
	Teräs betonissa	-	-	-	+	+

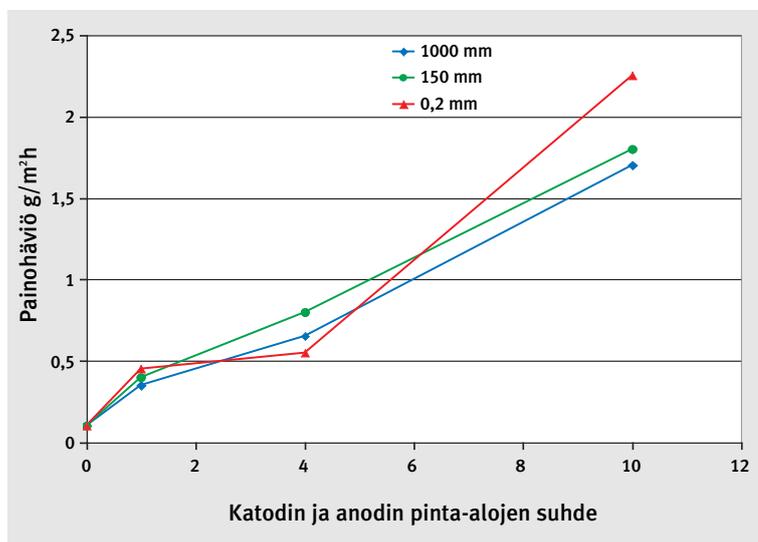
Selite: + Hyvä o epävarma - huono

\* Vaikka näiden metallien yhdistämisellä on vain vähäinen vaikutus korroosioparin muodostumisen kannalta, yhdistelmää ei suositella epäjalomman metallin nopean itsekorroosion vuoksi.

Merivesi (kloridi-ioni konsentraatio tyypillisesti noin 16,000 mg/L) sekä vastaavat korkean kloridipitoisuuden vedet aiheuttavat suuren korroosioriskin ja siten tavanomaisesti edellyttävät voimakkaammin seostettujen laatujuen, kuten EN 1.4462, 1.4439, 1.4539, 1.4565 tai nikkelpohjaisten seosten käyttöä. Suosituksia useiden metallisten materiaalien korroosion välttämiseksi vedessä löytyy EN 12502 standardin osista 1-5 [2]. Esimerkiksi galvaanisen korroosion riski on oleellisesti riippuvainen veden sähkönjohtavuudesta (kts. kappale 2). Deionisoitu vesi ei tavallisesti aiheuta vastaavia ongelmia.

Hyvän johtavuutensa vuoksi merivesi tavallisesti edesauttaa galvaanista korroosiota. Siten alumiiniseoksista, sinkistä tai galvanoidusta hiiliteräksestä valmistettujen osien lisäksi myös kuparista ja punametallista valmistetut komponentit voivat syöpyä. *Kuvassa 13* on esitetty ruostumatonta – ja hiiliterästä sisältävän materiaaliyhdistelmän anodi/katodi-suhteen vaikutus korroosionopeuteen. Kuvasta voidaan päätellä, että tällaisessa hyvin johtavassa ympäristössä katodin ja anodin välisellä etäisyydellä ei ole suurta merkitystä. Niinpä kontaktikorroosio onkin mahdollinen, vaikka osat olisivat suhteellisen kaukana toisistaan, jos sähköä johtava yhteys on olemassa (esimerkiksi maaperän välityksellä).

Vedenpuhdistussovelluksissa ruostumattoman teräksen ja yleisesti suodatuksessa käytettävän aktiivihieksen kosketus voi aiheuttaa korroosioriskin. Tämä voi tulla kyseeseen, mikäli suodattimesta irtoaa hiukkasia, jotka kulkeutuvat ruostumattomille teräspinnoille. Suuripinta-alainen suodatinmateriaali voi siten toimia katodina ja



*Kuva 13:* Pinta-alasuhteen sekä anodin ja katodin välisen etäisyyden vaikutus ruostumattoman teräs – hiiliteräsyhdistelmän korroosionopeuteen merivedessä (jatkuva upotus pohjanmeressä)

siirtää ruostumattoman teräksen polarisointijännitettä 200-300 mV positiiviseen suuntaan. Tämä muutos voi aiheuttaa ferriittisissä ja ei-molybdeeniä sisältävissä austeniittisissa lajeissa rako- ja pistekorroosiota hyvinkin matalilla kloridipitoisuuksilla. *Kuvassa 14* on esimerkki tällaisesta ilmiöstä, jossa korroosioaurio tapahtui vedenkäsittelylaitoksen syöttövesialtaassa keskimääräisen kloridipitoisuuden ollessa 150 mg/L. Syöpymistä tapahtui nimenomaan ruostumattomasta teräksestä valmistetuissa kiinnittimissä, joilla suodattimen pohjalevy oli kiinnitetty betoniin. Piste- ja rakokorroosiota havaittiin ainoastaan niissä suodatusaltaissa, joissa käytössä oli aktiivihieksisuodattimet ja siten, huuhtelujen yhteydessä, kosketus kiinnittimien kanssa mahdollinen. Korroosioriskin vuoksi kiinnittimien valmistusmateriaaliksi onkin määritetty austeniittiset laadut 1.4301, 1.4571 ja 1.4401. Tässä tapauksessa oli virheellisesti käytetty ferriittistä 1.4016 ruostumatonta terästä ja siten ei ole yllättävää, että siitä valmistetun kiinnittimen korroosioaurio oli voimakkain.

Kuva 14:  
Ruostumattomasta teräksestä valmistetun suodattimen pohjalevyn kiinnittimen galvaaninen korrosio vedenpuhdistussovelluksessa, jossa käytetään aktiivihillisuodattimia: kokoonpano (vasen) ja EN 1.4016 ruostumattomasta teräksestä valmistettu ankkuripultti purettuna, jonka poikkileikkausala on pienentynyt korroosion vuoksi (oikea).



## 4.2 Rakenteet erilaisissa ilmasto-olosuhteissa

Kun nesteiden käsittelyyn tarkoitetuissa sovelluksissa, esimerkiksi putkissa ja säiliöissä, elektrolyytti on tavallisimmin jatkuvasti olemassa, tämä ei välttämättä päde sovelluksissa, jotka on altistettu ympäröivälle ilmalle. Tällaisissa olosuhteissa korrosio voi tapahtua ainoastaan pelkän kosteuden aiheuttaman altistuksen vuoksi. Pinnan ei siis tarvitse välttämättä kastua (suoraan) sade- tai roiskevedestä, vaan mikrokooppisen ohut kosteuskalvo voi muodostua ilmassa olevan vesihöyryn absorboitumisesta pintaan. Myös näkyvää kondensaatiota voi esiintyä. Lisäksi komponenttien pintaan kertyvällä lialla ja hygrokooppisilla aineilla voi olla suurikin vaikutus kosteuden pysyvyyteen. Esimerkiksi huonosti ilmastoidut raot, kuten pulttiliitoksen tai levyjen limiliitosten välit, voivat altistua käytännössä jatkuvalla kosteudelle. Toisin kuin nestesovelluksissa, korroosioparien muodostuminen tapahtuu yleensä hyvin rajallisella alueella. Koska kahden materiaalin vaikutus toisiinsa rajoittuu hyvin pienelle alueelle kokonaiskontaktipinta-alasta, myös pinta-alojen suhteella on vain vähäinen vaikutus. Siten tällaisissa

tapauksissa, hyvin tunnettu pinta-alojen suhde – tekijä, ei vaikuta tavalliseen tapaan.

Koska ilmastosovelluksissa korroosioparin muodostumisetäisyys on varsin rajallinen, galvaanisen korroosion estämiseksi riittää usein se, että vieraan materiaalin ja ruostumattoman teräksen välinen kosketuspinta suojataan kapealta alueelta.

Jatkuvasti kosteat raot ruostumattoman teräksen ja vähemmän jalon materiaalin, kuten alumiinin, sinkin tai sinkkipinnoitettujen komponenttien välillä, voivat aiheuttaa ongelmia. Raon peittävät elastiset tiivisteet tutkitusti poistavat tällaiset ongelmat. Tiivisteet, jotka ovat taipuvaisia haurastumiseen ja murtumiseen raon ympärillä, voivat kuitenkin jopa pahentaa tilannetta.

Taulukossa 7 on tietoa eri materiaaliparien soveltuvuudesta eri ilmasto-olosuhteissa.

### 4.3 Ruostumattoman teräksen käyttö rakentamisessa

Ruostumattomien terästen käyttö rakenteissa on kasvussa. Arkkitehtonisten ominaisuuksiensa lisäksi materiaalin hyvä valmistettavuus ja hyvä korroosionkestävyys ovat lisänneet sen käyttöä. Ruostumatonta terästä käytetään esimerkiksi näkyvissä julkisivuissa, rakenneosissa ja kiinnittimissä (esim. pultit). Tavanomaisimmat lajit ovat 18/8 CrNi ja 17/12/2 CrNiMo tyyppisiä – jälkimmäinen erityisesti korkealaatuisissa julkisivuissa teollisuus- ja kaupunki-ilmastoissa tai hankalasti saavutettavissa rakenteissa kuten julkisivujen tukirakenteiden valmistusmateriaalina. Joka tapauksessa, ruostumattoman teräksen liittämistä muihin metallisiin materiaaleihin on usein vaikea välttää. Korroosioikätyminen onkin riippuvainen muotoilusta: sekä ulko- että sisäkäytössä olevissa pinnoissa, jotka kostuvat sateen tai kondensoitumisen vuoksi, eri metallien välinen kosketusalue ei ulotu pitkälle

ja siten kosketus tulee merkittäväksi ainoastaan liitoksen välittömässä läheisyydessä.

Kostutuksen kestoajalla on suuri vaikutus ulkoilmalle ja kondensaatiolle altistettujen rakenteiden korroosioikätyymiseen. Satunnainen ja lyhytkestoinen altistus kosteudelle ei tavanomaisesti aiheuta galvaanista korroosiota. Tästä johtuen muotoilu-seikat ovat ratkaisevia. Seikat, jotka suosivat kosteuden nopeaa kuivumista (hyvä ilmanvaihto, rakojen välttäminen, sadeveden vapaa poistuminen, sileät pinnat) laskevat korroosioriskiä. Vastaavasti, jatkuvasti kosteat paikat (raot tai muuten suojatut alueet), seisova vesi ja lika voivat merkittävästi kasvattaa galvaanisen korroosion riskiä. Ulkoilmalle altistettujen komponenttien, joista lika huuhtoutuu sateen avulla ja joiden kuivuminen on nopeaa, ovat vähemmän taipuvaisia korroosioon verrattaessa esimerkiksi syvennyksiin, jotka ovat sateelta suojattuna, mutta säilyvät pitkään kosteina ja sallivat lian kertymisen.

Taulukko 7: Eri materiaalien soveltuvuus ympäröivälle ilmalle altistettuihin käyttösovelluksiin

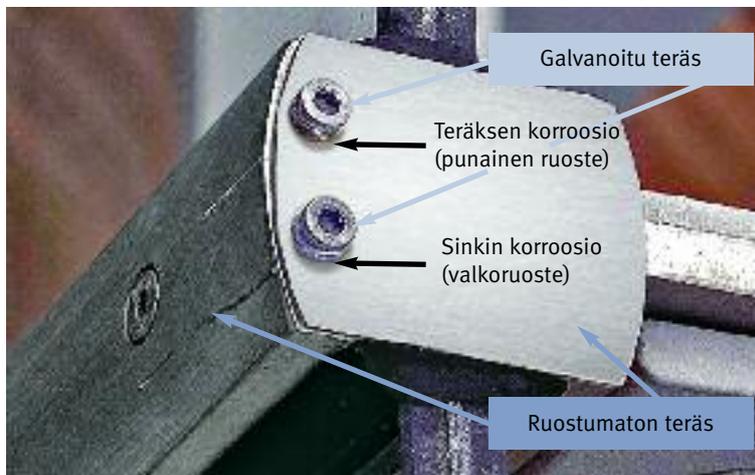
Pinta-alaltaan suuri materiaali		Pinta-alaltaan pieni materiaali				
		Hiiliteräs / valurauta	Sinkki / galvanoitu teräs	Al	Cu	Ruostumaton teräs
	Hiiliteräs / valurauta	+	–	–	+	+
	Sinkki / galvanoitu teräs	+	+	+	o	+
	Al	o / –	o	+	o / –	+
	Cu	–	–	–	+	+
	Ruostumaton teräs	–	–	o / –	+	+

Selite: + Hyvä o Epävarma – Huono

\* Vaikka näiden metallien yhdistämisellä on vain vähäinen vaikutus korroosioiparin muodostumisen kannalta, yhdistelmää ei suositella epäjalomman nopean itsekorroosion vuoksi.

Kuva 15:

Ruostumattomasta teräksestä valmistetun (julkisivurakenteen) päätylevyn kiinnittäminen galvanoiduilla pulteilla: vuoden käyttö kaupunki-ilmassa on aikaansaanut rakenteeseen sekä valkoruostetta että värjäytymää teräksen korroosiosta



Vaikka pinta-alojen suhteilla on korroosioriskin kannalta varsin rajallinen vaikutus, muotoilussa tulee kuitenkin yleisesti välttää pienten anodien ja suurten katodien muodostumista. Mikäli tätä ei huomioida, galvaaninen korrosio voi toteutua myös pinnoilla, joissa on hyvä ilmanvaihto.

Kuvassa 15 on tyypillinen esimerkki, jossa ruostumattomasta teräksestä valmistetun julkisivun tukirakenteen päätylaipan kiinnitykseen on käytetty kahta galvanoidua pulttia. Liitoksen rajapinnan raosta alkaen on havaittavissa sekä valkoruostetta että jossain määrin myös perusaineen korroosiota. Koska merkkejä korroosiosta havaittiin vain 12 kuukauden käytön jälkeen, voidaan todeta että tällainen ratkaisu ei ole kestävä. Tilanteen korjaamiseksi tulisi galvanoidut pultit vaihtaa ruostumattomasta teräksestä valmistettuihin.

Kattojen valmistuksessa – sekä uudiskohteissa että peruskorjattavissa – ruostumatonta terästä käytetään yleisesti muiden metallisten tai metallipinnoitettujen materiaalien kiinnittämiseen. Suotuisan anodi- ja katodisuhteen vuoksi tällaisissa materiaaliyhdistelmissä ei tavallisesti ole korroosioriskiä. Ei ole myöskään tavatonta, että kattojen peruskorjauksen yhteydessä suuriakin ruostumattomia teräspintoja liitetään muihin metalleihin. Tällaiset rakenteet tavanomaisesti kestävät, mikäli ruostumattoman teräksen pinta-ala ei merkittävästi ylitä alumiinin tai galvanoidun osapuolen alaa (1:1).

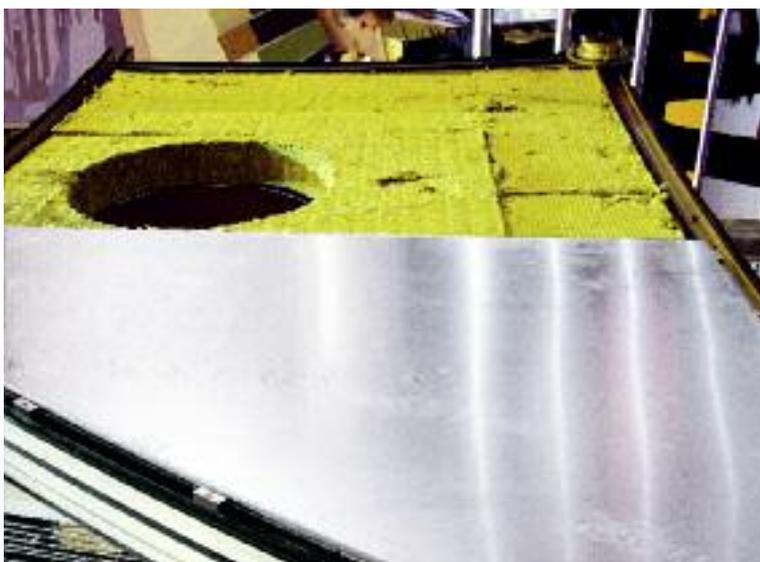
Kuvissa 17-20 on käytännön esimerkkejä galvaanisen korroosion onnistuneesta ehkäisemisestä rakennuskohteissa.



*Kuva 17:  
Ruostumattomasta  
teräksestä valmistetun  
ulkokehän kiinnittämi-  
nen hiiliteräsrakenteeseen (Atomium, Bryssel).*



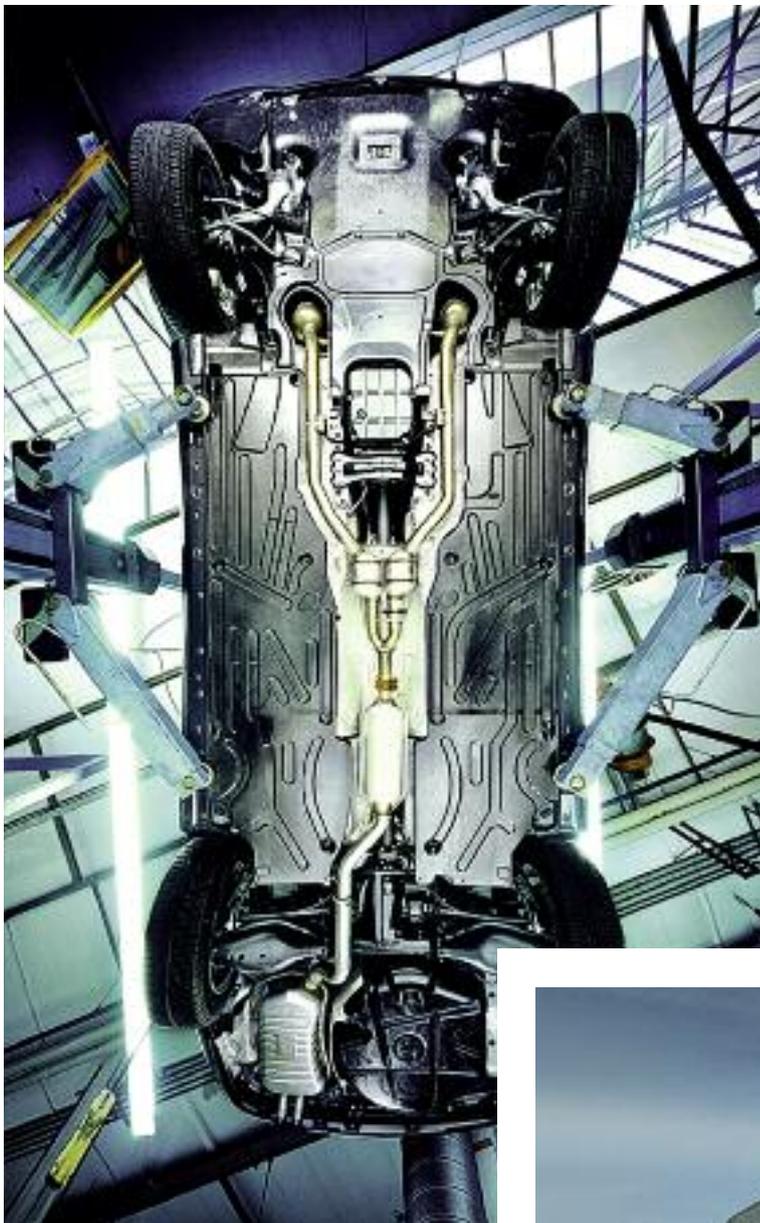
*Kuva 18:  
Ruostumattomasta  
teräksestä valmistettu  
ulkolista on eristetty gal-  
vanoidusta sisäpaneeli-  
stä sopivilla liitoksilla.*



*Kuva 19:  
Eristyselementtien val-  
mistus käyttäen ruostu-  
matonta terästä  
rakenteen ulkopinnalla  
sekä galvanoitua hiilite-  
rästä sisäpinnalla.*



*Kuva 20:  
Galvaanisen korroosion  
estämiseksi ruostumatto-  
masta teräksestä valmis-  
tettu ulkoverhous on  
kiinnitetty hiiliteräksiseen  
sisärakenteeseen kosteu-  
delta suojatulla alueella.*



*Kuva 21:  
Ruostumatonta terästä  
käytetään tavallisesti  
ajoneuvojen pakoputkien  
valmistusmateriaalina.  
Kiinnittimissä käytettävä  
kumi estää galvaanisen  
korroosion.*

*Kuva 22:  
Ruostumattoman teräk-  
sen käyttö polttoainetan-  
keissa on kasvussa.  
Kiinnittimet estävät tan-  
kin liikkumisen ja siten  
varmistavat liitoksen  
sähköisen yhteyden kat-  
keamisen.*

#### 4.4 Ruostumaton teräs kuljetusvä- lineissä

Henkilöautoissa sekä muissa maantie-  
ajoneuvoissa ruostumatonta terästä (12-  
18 % kromiset ferriittiset lajit sekä 18 %  
kromiset austeniittiset lajit) käytetään koris-  
telistojen, pakoputkistojen (kuva 21), polt-  
toainetankkien (kuva 22) sekä kasvavissa  
määrin myös rungon ja korin komponenteis-  
sa. Lisäksi eri tavoin pinnoitetut ferriittiset  
ruostumattomat teräkset ovat tyypillisiä kis-  
koilla kulkevissa laitteissa, (kuvat 23,25,26).  
Myös austeniittisiä ruostumattomia teräksiä  
on käytetty jo pitkään junanvaunuissa (kuva  
24) ympäri maailmaa ilman galvaanisen kor-  
roosion aiheuttamia ongelmia.





*Kuva 23:  
Yksinkertaisten eristys-  
teknikoiden ansiosta rai-  
tiovaunussa voidaan  
käyttää ferriittisestä ruos-  
tumattomasta teräksestä  
valmistettua koria sekä  
hiiliteräksistä alustaa.*

*Kuva 24:  
Lähijunan sivuseinämän  
ulkoverhoilu ja tukira-  
kenne on valmistettu  
käyttäen kahta erilaista  
ruostumatonta teräslajia.  
Koska materiaalien elekt-  
rodipotentiaali on ident-  
tinen, ei myöskään  
galvaaninen korrosio  
ole mahdollinen.*



*Kuva 25:  
Linja-autoissa ruostuma-  
tonta terästä (tyypillisesti  
maalattu ferriittinen  
laatu) käytetään yleisesti  
hiiliteräksisen alustan  
kanssa.*

Myös näissä kohteissa on ensiarvoisen tärkeää välttää ruostumattoman teräksen ja vähemmän jalon materiaalin liitoskohtiin muodostuvia rakoja, joihin korrosio voi ydintyä kertyvän lian ja kosteuden vuoksi. Syntyvät raot tulisivin täyttää soveltuvalla polymeerillä. Toinen myös kuljetusvälineissä tehokas korroosioehkäisy menetelmä on kosketuspinnan pinnoittaminen ruostumattoman teräksen puolelta.



*Kuva 26:  
Austeniittista ruostuma-  
tonta terästä on käytetty  
junavaunujen ulkover-  
hoiluissa useissa pai-  
koissa ympäri maailmaa  
ilman galvaanisen  
korroosion aiheuttamia  
ongelmia.*

## Usein kysytyjä kysymyksiä

### Kysymys:

Voidaanko erilaisia ruostumattomia teräslajeja liittää toisiinsa ilman galvaanisen korroosion riskiä?

### Vastaus:

Erialaisten ruostumattomien teräslajien välillä (myös korroosionkestävyydeltään erilaisten) ei normaalisti ole galvaanisen kor-

Kuva 27:

Galvaanista korroosiota ei tapahdu erilaisten ruostumattomien terästen välillä, vaikka niiden korroosionkestävyys ei olisikaan samanlainen.



roosion riskiä, koska molempien korroosio-potentiaalit ovat identtiset. On kuitenkin huomioitava, että jokaisen seoksen korroosionkestävyys on käsiteltävä erikseen. Materiaalin, jonka korroosionkestävyys on hei-

kompi, tulee olla käyttöympäristöön soveltuva (kuva 27).

### Kysymys:

Voidaanko ruostumatonta terästä liittää kupariin tai galvanoituun teräkseen kotitalouksien vesijohtoputkistojen korjauksessa?

### Vastaus:

Ruostumattoman teräksen liittämässä kupariputkistoon ei pitäisi olla ongelmia, koska materiaalien korroosio-potentiaalit ovat puhtaassa juomavedessä yhtenevät. Kuumasinkitystä teräksestä valmistettuja putkiston osia voidaan myös liittää ruostumattomaan teräkseen. Liittimiin suositellaan kuitenkin joko kupari-sinkkiseoksia tai punametallia.

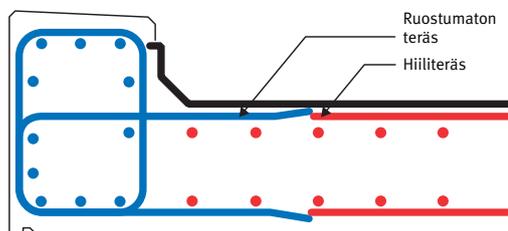
### Kysymys:

Voidaanko ruostumattomasta teräksestä valmistettu terästanko liittää hiiliteräkseen betonivalun raudoituksessa?

### Vastaus:

Hiiliteräsraudoituksessa tällainen yhdistelmä ei tavallisesti aiheuta korroosiota, kos-

ka korroosipotentiaalit ovat yhtenevät. Tällaista yhdistelmää voidaan käyttää korroosionestossa mikäli rauditus ulottuu betonin ulkopuolelle tai on kontaktissa putkistojen kanssa. Liitoksen on kuitenkin oltava betoniin upotettu vähintään 3 cm syvyyteen. Mikäli hiiliteräksestä valmistettu rauditus on aktiivinen (ei-passivoitunut kloridien ja/tai hiilettymisen vuoksi) galvaaninen korrosio on mahdollinen. Useimmissa tapauksissa tämän vaikutus on kuitenkin huomattavasti vähäisempi kuin korroosiparin muodostuminen aktiivisen ja passiivisen hiiliteräsraudoituksen välille (galvaaninen korrosio aktiivisen ja passiivisen komponentin välillä), koska ruostumattoman teräksen katodinen tehokkuus on huomattavasti hiiliterästä alhaisempi (Kuva 28).



*Kuva 28: Täysin betoniin upotettu hiiliteräs passivoituu ja siten ruostumattomasta teräksestä valmistettu rauditus voidaan liittää hiiliteräkseen ilman vaaraa galvaanisesta korroosiosta.*

metallista kontaktia materiaalien välillä, voidaan niitä kuitenkin suositella, koska suurimman korroosioriskin alueet tulevat suojatuksi.

#### **Kysymys:**

Voidaanko ruostumattomasta teräksestä valmistettua suojakaideverkkoa liittää hiiliteräksisiin pylväisiin?

#### **Vastaus:**

Mikäli muotoilu on sellainen, että se estää elektrolyytin (esimerkiksi sadeveden tai sulavan lumen) muodostumisen pitkäksi ajaksi, voidaan suora kontakti hyväksyä. Muussa tapauksessa tulee käyttää muovisia välilevyjä.

#### **Kysymys:**

Voidaanko mekaanisten liitosten korroosionestossa käyttää eristävästä polymeeristä valmistettuja aluslevyjä?

#### **Vastaus:**

Vaikkakaan tällaiset aluslevyt eivät estä

## 5 Galvaanisen korroosion estäminen

Yksinkertaisin tapa galvaanisen korroosion estämiseen on valita sopivat materiaalit jo suunnitteluvaiheessa. Mikäli käytettävät materiaalit voivat vaikuttaa toisiinsa, tulee tehdä suojaavat toimenpiteet. Kappaleessa 2 on esitetty näiden periaatteet ja kuvassa 3 käytännön vaihtoehdot:

- Komponenttien sähköinen eristäminen (eristeet, muoviset välilevyt tai polyamidiset tiivisteet)
- Liitoksen sijoittaminen siten, että se ei altistu kosteudelle
- Katodin tai sekä anodin että katodin pinnoittaminen (joko laajalta alueelta tai ainoastaan liitoksen läheisyydestä).

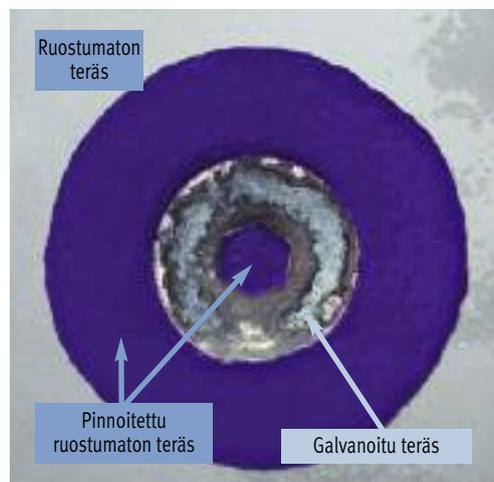
On kuitenkin huomioitava, että pelkkä anodin pinnoittaminen ei riitä galvaanisen korroosion estämiseen. Epätäydellinen pinnoite tai paikallinen vaurio, jotka ovat käyttöolosuhteissa vaikeasti vältettävissä, voivat muodostua kriittisiksi koska pieni anodi voi syöpyä hyvinkin nopeasti.

Katodisen pinnan vähentämiseksi on

usein tehokkainta pinnoittaa ruostumaton teräs liitoksen läheisyydessä (kuva 29). Pinnoitettavan alueen leveys riippuu korroosioita aiheuttavan ympäristön johtavuudesta. Mikäli rakennetta käytetään tavallisessa huoneilmassa ja se altistuu ohuelle ja heikolle elektrolyytille, riittää usein kun pinnoitetaan muutama senttimetri liitospintaa ruostumattoman teräksen puolelta. Rakenteen altistuessa useiden millimetrin paksuiselle suolapitoiselle nestekalvolle, kato-dialue voi ulottua jopa yli 10 cm päähän.

Kuva 29:

Galvanoitu teräs voidaan suojata kontaktikorroosiolta pinnoittamalla pieni alue ruostumattoman teräksen puolelta. Tulokset 48 tunnin suolasumukokeesta: pinnoittamattomassa liitoksessa on tapahtunut galvaanisen korroosion aiheuttamaa ruostumista (vasen) kun ruostumattoman teräksen pinnoittaminen on suojannut liitoksen korroosiolta (oikea).



## 6 Kirjallisuutta

- [1] DIN EN ISO 8044,  
Ausgabe:1999-11  
Korrosion von Metallen und  
Legierungen – Grundbegriffe  
und Definitionen
- [2] DIN EN 12502  
Teil 1 bis 5, Ausgabe:2005-03  
Korrosionsschutz metallischer  
Werkstoffe – Hinweise zur  
Abschätzung der Korrosionswahr-  
scheinlichkeit in Wasserverteilungs-  
und Speichersystemen
- [3] H. Gräfen,  
”Korrosionsschutz durch  
Information und Normung“  
Kommentar zum DIN-Taschenbuch  
219, Verlag Irene Kuron, Bonn (1988)  
S. 37
- [4] H. Spähn, K. Fäßler  
”Kontaktkorrosion“  
Werkstoffe und Korrosion 17 (1966)  
S. 321
- [5] D. Kuron  
”Aufstellung von Kontaktkorrosions-  
tabellen für Werkstoffkombinationen  
in Wässern“  
Werkstoffe und Korrosion 36 (1985)  
S. 173
- [6] D. Kuron, E.-M. Horn, H. Gräfen  
”Praktische elektrochemische  
Kontaktkorrosionstabellen von  
Konstruktionswerkstoffen des Chemie-  
Apparatebaues“  
Metalloberfläche 26  
(1967) Nr. 2, S. 38
- [7] H. Spähn, K. Fäßler  
”Kontaktkorrosion im  
Maschinen- und Apparatebau“  
Der Maschinen Schaden 40 (1967)  
Nr. 3, S. 81
- [8] W. Schwenk  
”Probleme der Kontaktkorrosion“  
Metalloberfläche 35  
(1981) Nr. 5, S. 158
- [9] K.-H. Wiedemann, B. Gerodetti, R.  
Dietiker, P. Gritsch  
”Automatische Ermittlung von  
Kontaktkorrosionsdaten und ihre  
Auswertung mittels  
Polarisationsdiagrammen“  
Werkstoffe und Korrosion 29 (1978)  
S. 27
- [10] E. Hargarter, H. Sass  
”Kontaktkorrosion zwischen verschie-  
denen Werkstoffen in Meerwasser“  
Jahrbuch der Schiffbautechnischen  
Gesellschaft 80  
(1986) S. 105
- [11] R. Francis  
”Galvanic Corrosion:  
a Practical Guide for Engineers“  
NACE International (2001)  
Houston Texas 77084  
ISBN 1 57590 110 2
- [12] GfKorr-Merkblatt 1.013  
”Korrosionsschutzgerechte  
Konstruktion“  
(2005)
- [13] Allgemeine bauaufsichtliche  
Zulassung Z-30.3-6  
”Erzeugnisse, Verbindungsmittel und  
Bauteile aus nichtrostenden Stählen“  
(jeweils gültige Fassung)  
Sonderdruck 862 der Infor-  
mationsstelle Edelstahl Rostfrei



ISBN 978-2-87997-325-8