

DOKUMENTASJON AV ÅRSAKER OG TILTAK MOT KORROSJON PÅ  
FISKEFARTØY

# Dokumentasjon av korrosjon på fiskefartøy

SINTEF AS

**Report No.:** 2020-0022, Rev. 2

**Document No.:** 11G006VH-1

**Date:** 2019-04-26



Project name: Dokumentasjon av årsaker og tiltak mot korrosjon på fiskefartøy DNV GL AS Oil & Gas Safety, Risk & Reliability

Report title: Dokumentasjon av korrosjon på fiskefartøy Veritasveien 1

Customer: SINTEF AS, Postboks 4760 Torgarden 1363 Høvik Norway

Customer contact: Tel:

Date of issue: 2019-04-26

Project No.: 10170181

Organisation unit: Safety, Risk & Reliability

Report No.: 2020-0022, Rev. 2

Document No.: 11GQO6VH-1

Applicable contract(s) governing the provision of this Report:

Objective:

Prepared by:

Edmund Krogset Natvig  
Principal Surveyor

*Brit H.T. Graver*

Brit Graver  
Principal Specialist

Verified by:

*Jørn-André Drabløs*

Jørn-André Drabløs  
Principal Consultant, Team Leader Advisory Møre

Approved by:

*Peter Hoffmann*

Peter Hoffmann  
Head of Section Safety Risk & Reliability

Copyright © DNV GL 2020. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.
- INTERNAL use only. Internal DNV GL document.
- CONFIDENTIAL. Distribution within DNV GL according to applicable contract.\*
- SECRET. Authorized access only.

\*Specify distribution:

Keywords:

Korrosjon på fiskefartøy, rustfritt dekk, fabrikk dekk, galvanisk korrosjon

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
Draft	2020.01.02	Draft inkl. kommentarer fra Sintef	brig/ekna	Jad	
01	2020.01.10	Signert revisjon	brig/ekna	Jad	
02	2020.04.26	Oppdatert etter inspeksjon	brig/ekna	jad	phoff



## Table of contents

1	SAMMENDRAG.....	1
2	BAKGRUNN.....	2
3	BESKRIVELSE AV FISKEFARTØY.....	3
3.1	Autolinefartøy med innvendig moonpool og tradisjonell drageluke	3
3.2	Fabrikktrålere med fileteringsanlegg og annet fiskeforedlingsutstyr	4
4	IDENTIFISERTE SKADEMEKANISMER.....	5
4.1	Generelt	5
4.2	Innvendig fabrikkdekk	5
4.3	Moonpool/Dragerbrønn	17
4.4	Sjøkister, bokskjølere og sjøvannskjølesystem	19
4.5	Ror og propellområde	26
4.6	Skrog med katodisk beskyttelse	33

## 1 SAMMENDRAG

Flere og flere moderne fiskefartøy opplever korrosjonsproblemer. FHF har derfor igangsatt et prosjekt der hovedmålsettingen er å identifisere ulike former for korrosjon på fiskefartøy, kartlegge årsakene og foreslå tiltak for å unngå/ redusere korrosjon både på nybygg og gjennom utbedringer og periodisk vedlikehold på eksisterende fartøy.

Prosjektleveransen er delt inn i flere arbeidspakker, der denne leveransen er en del av arbeidspakke 1 «Dokumentasjon av korrosjon på fiskefartøy».

All korrosjonsskader/erfaringer det vises til i rapporten gjelder for fartøy i drift.

Det er rapportert korrosjonsskader på fiskefartøy hovedsakelig i følgende områder:

- Innvendig fabrikkdekk
- Dragerbrønn (moonpool)
- Sjøkister, bokskjølere og kjølesystem
- Ror og propellområde
- Skrog med katodisk beskyttelse

Observasjonene viser at korrosjonen ofte er funnet der det er en blanding av forskjellige typer materialer, være seg rustfritt, karbonstål, aluminium og gule metaller (kobberholdige materialer).

Korrosjonsangrepene har noen fellestrekk og følgende årsaksforhold går igjen:

- galvanisk korrosjon, spesielt forårsaket av rustfritt stål og kobberlegeringer koblet til karbonstål
- uheldig materialvalg
- utilstrekkelig katodisk beskyttelse eller skader på anlegget, typisk referanseelektroden



## 2 BAKGRUNN

Flere og flere moderne fiskefartøy opplever korrosjonsproblemer.

FHF har igangsatt et prosjekt der hovedmålsettingen er å identifisere ulike former for korrosjon på fiskefartøy, kartlegge årsakene og foreslå tiltak for å unngå/reducere korrosjon både på nybygg og gjennom utbedringer og periodisk vedlikehold på eksisterende fartøy.

Prosjektleveransen er delt inn i flere arbeidspakker, der denne leveransen er en del av arbeidspakke 1.

### **Arbeidspakke 1: Dokumentasjon av korrosjon på fiskefartøy**

Målsetting med denne arbeidspakken vil være å samle erfaringsdata når det gjelder korrosjon på fiskefartøy, i første omgang gjennom arbeidsmøter i konsortiet og de erfaringer konsortiet sitter inne med. Bilder av korrosjonsangrepene vil være nødvendig for å få en forståelse av hvordan angrepene har oppstått. Det vil også være aktuelt med besøk på båt i havn eller dokk/verft for å inspisere typiske skader. I tillegg vil prosjektet ha tilgang til DNV-GL sin Skadedatabase, som vil være en verdifull kilde til informasjon om korrosjonsangrep.

Mål:

Samle konsortiets erfaringer når det gjelder korrosjon på fiskefartøy

- Arbeidsmøter i konsortiet
- Inspeksjon av typiske skader på båt i havn eller dokk/verft
- Benytte DNV GL' skadedatabase - verdifull kilde til informasjon om korrosjonsangrep

### 3 BESKRIVELSE AV FISKEFARTØY

#### 3.1 Autolinefartøy med innvendig moonpool og tradisjonell drageluke

Typisk for disse fartøyene er at de er bygget for helårs fiske med Autoline. Autoline er et mekaniseringssystem for linefiske som har vært under kontinuerlig videreutvikling og brukes i dag for små kystfartøyer, mellomstore og store havgående fartøy som fisker med opptil ca. 70 000 kroker. De fleste fartøyene er bygget med utsyr for å bearbeide, sortere, fryse og pakke fangsten ombord. «Nye» GEIR på bildet under blir rederiet H.P. Holmeset sin åttende båt og den tredje med innvendig dragerbrønn (moonpool). Den får autolineutstyr for ca 70 000 kroker og en lastekapasitet på 500 tonn.



**Figur 3-1** Nye «Geir» blir landets største linebåt når hun leveres i begynnelsen av 2020. Designen har typebetegnelse ST-156 XL med lengde 61,80 meter loa og 13,50 meter bredde (Illustrasjon: Skipsteknisk).

## 3.2 Fabrikkrålere med fileteringsanlegg og annet fiskeforedlingsutstyr

En fabrikktråler er en tråler med fileteringsanlegg og annet utstyr for foredling av selve fangsten ombord. Store fryseanlegg ombord gjør at trålerne kan operere på åpent hav i flere uker av gangen før de leverer fangsten på land. Typisk for en tråler er at de er bygd for å føre en trål som slepes etter fartøyet for å fange fisk. Trålen slippes ut og hales inn over en slipp akterut på hekken, derav også navnet hekktråler. Trålerne varierer i størrelse og vanlig størrelse er ett par tusen bruttotonn.

Bildet under viser den nye hekktråleren til Havfisk som ble levert fra Vard Verft i 2018. Skipet er utrustet med en stor fabrikk ombord, med en produksjons- og frysekapasitet på 80 tonn per døgn. Skipet har isforsterket skrog og kan således operere nært opp til isbelagte farvann året rundt.



Figur 3-2 Hekkråleren NORDTIND som ble levert til HAVFISK i 2018 har en fartøyslengde på 80,4m loa og en bredde på 16,7m (Illustrasjon: Havfisk).

## 4 IDENTIFISERTE SKADEMEKANISMER

### 4.1 Generelt

I følgende områder er det avdekket omfattende korrosjonsskader

- Innvendig fabrikkdekk
- Dragerbrønn (moonpool)
- Sjøkister, bokskjølere og kjølesystem
- Ror
- Skrog med katodisk beskyttelse

Rapporten er derfor delt inn i underkapitler som dekker disse områdene.

### 4.2 Innvendig fabrikkdekk

#### 4.2.1 Dekk i karbonstål

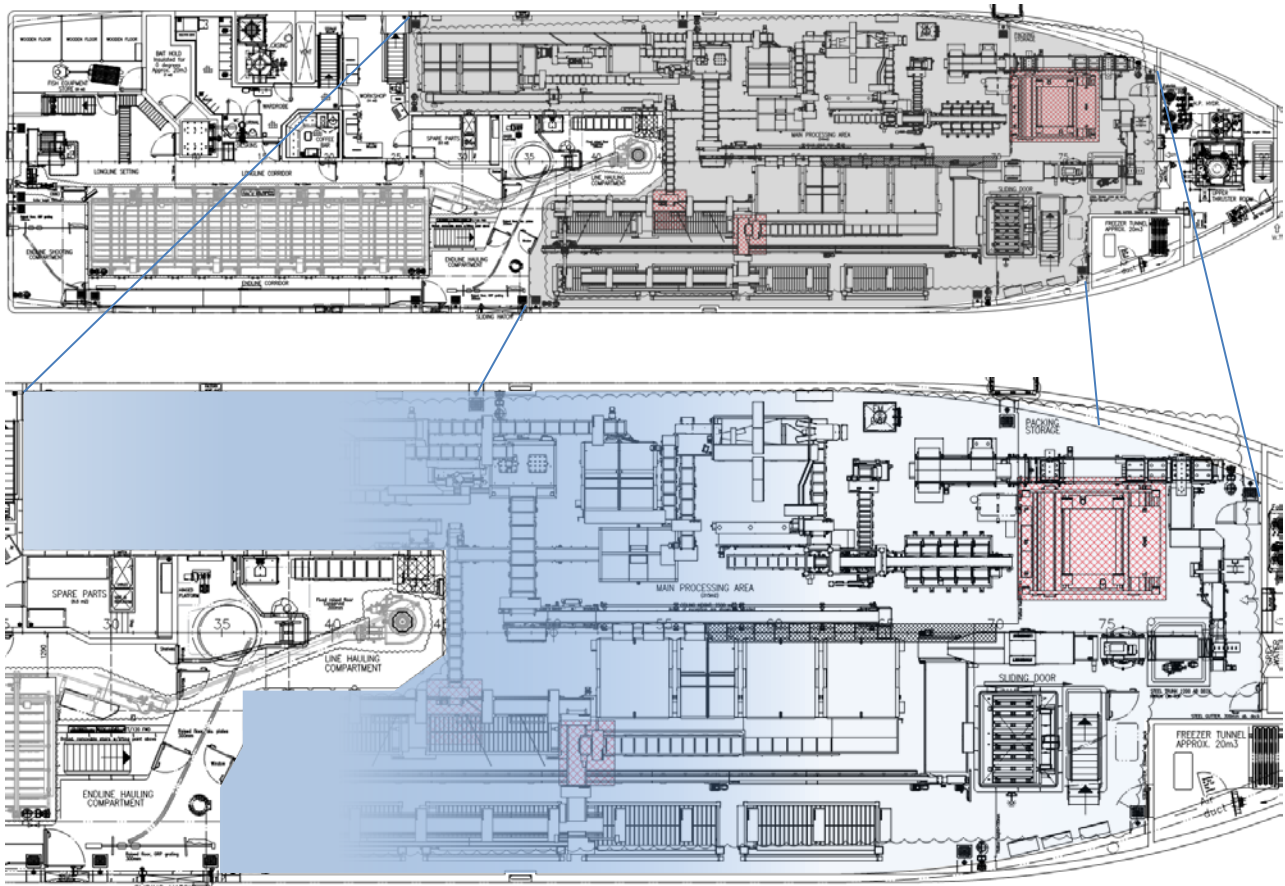
Et typisk fabrikkdekk er konstruert i malt karbonstål. Eksisterende fabrikkdekk på ulike fartøy kan ha forskjellig beskyttelse mot korrosjon:

- Grunning + maling
- Grunning + maling + 5-6 mm tykt deksbelegg

Deksbelegg er gjerne opptil sju-åtte millimeter tykke. Den høye filmtykkelsen bidrar til mekanisk styrke og motstand mot slitasje, bedre korrosjonsbeskyttelse, og gjør at det kan strøs partikler i den våte malinga for å øke friksjonen. Enkelte fiskefartøy (3 båter) har også utstyrdekk i rustfritt stål, men hovedvekten av fartøyene har malte karbonståldekk.

På dekket er det påmontert utstyr i rustfritt stål (AISI 304/316) og noe aluminium. Disse er ofte skrudd fast i rustfrie doblingsplater som deretter er sveist i karbonståldekket.

Figur 4-1 gir en oversikt over forskjellige steder eller steg i fabrikkens der korrosjonsskader er observert. Mesteparten av korrosjonsskadene er observert i de bakre delene av fabrikkområdet.



**Figur 4-1** Eksempel på arrangement av fabrikkdekk ombord i en linebåt (illustrasjon fra GEIR). Det blå graderte området illustrerer våte områder spesielt utsatt for galvanisk korrosjon mellom dekk i karbonstål og utstyr i rustfritt stål (AISI 316/304)

Det er blitt observert korrosjonskader på karbonståldekk omkring doblingsplater i rustfritt stål. Disse angrepene er relativt dype og opptrer i skader i dekkbelegget, se Figur 4-2 til Figur 4-5. Korrosjonsskadene opptrer som groper og er funnet jevnt fordelt over hele dekket.

Det er også funnet skader i forbindelse med sveisene på doblingsplatene, se Figur 4-6. Generelt ser det ut som om det er varierende kvalitet på sveisene, og enkelte sveiser kan ha åpninger inn til hulrommet under doblingsplata på karbonståldekket, slik at vann kan trenge inn og starte korrosjonsangrep. Figur 4-7 viser utstyrsben som er sveist på karbonståldekket.

Det er blitt observert korrosjonsskader i sveiser (se Figur 4-8) og i overgang mellom karbonståldekk og rustfritt skott (se Figur 4-10). Korrosjonsmekanismen for alle de observerte skadene er antatt å være galvanisk korrosjon.

Observasjoner viser at korrosjon er mer omfattende bak (kappeområder) i fabrikk, enn det er i front (for eksempel rundt platefrysere). Årsaken kan tilskrives at det er betydelig flere kontaktpunkter (dvs. doblingsplater) i dekket, samt at det er mer sjøvann tilstede i disse områdene.



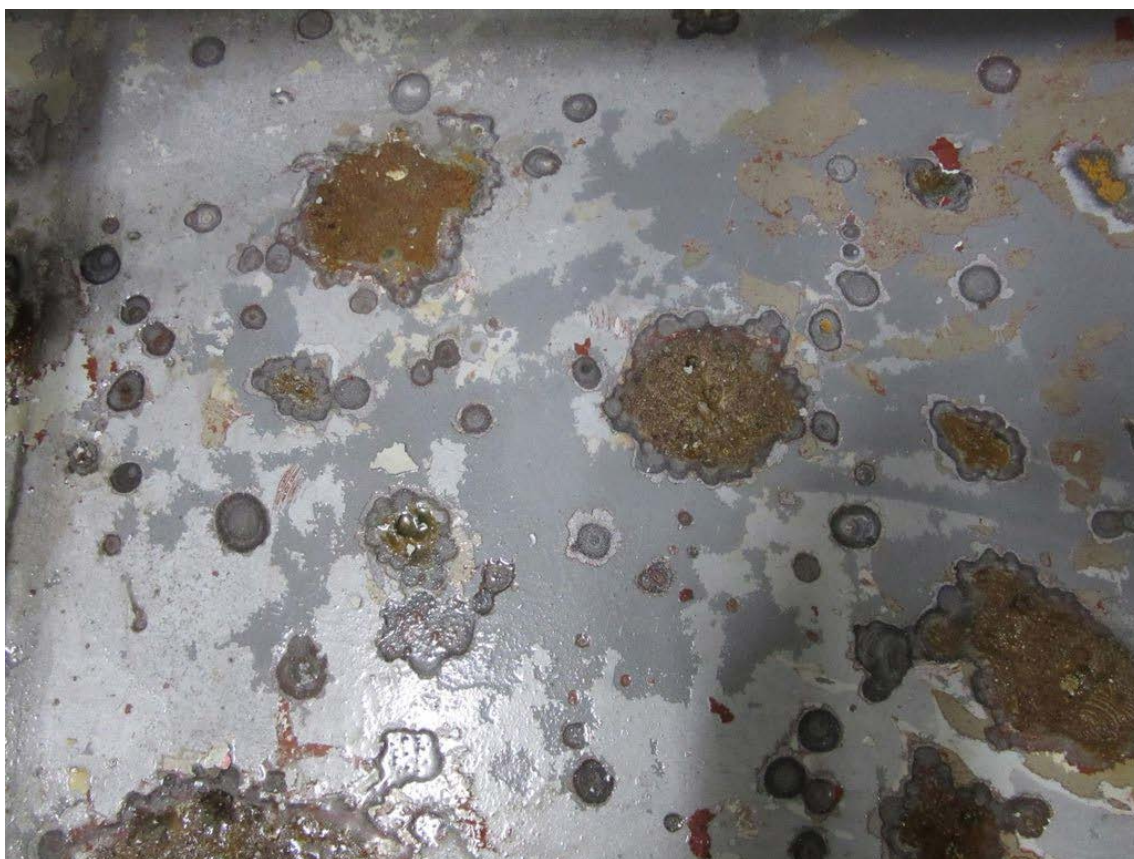


Figur 4-2 Dobblingsplate i 316/304 i vått område med korrosjonsangrep på karbonståldekk



Figur 4-3 Malt karbonståldekk med korrosjonsangrep i ødelagt malingsbelegg





Figur 4-4 Skader på malingsbelegg med korrosjonsangrep med varierende dybde



Figur 4-5 Korrosjonsangrep i karbonståldekket rundt doblingsplater under støtteben





Figur 4-6 Korrosjonsangrep rundt doblingsplate

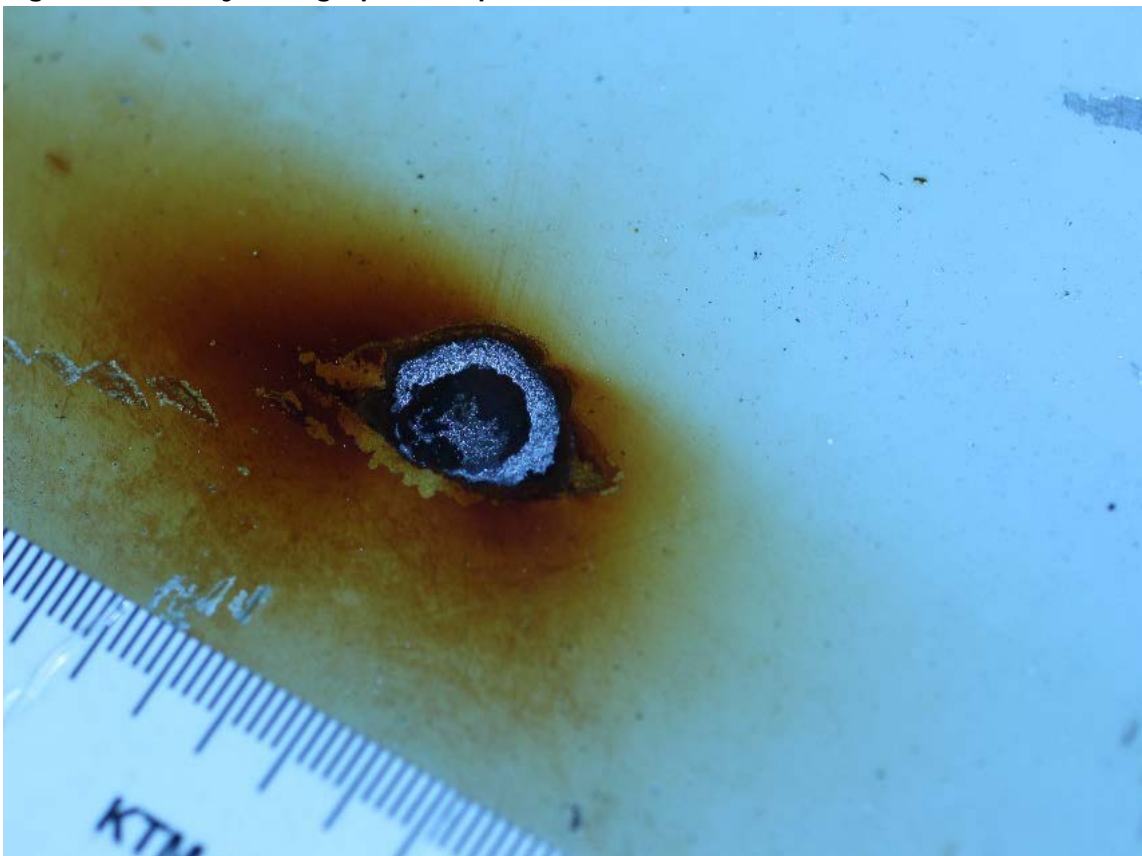


Figur 4-7 Støtteben og doblingsplater i rustfritt stål sveist på karbonståldekk. Sveisene har hulrom og er av varierende kvalitet.





Figur 4-8 Korrosjonsangrep i sveis på karbonståldekk



Figur 4-9 Korrosjonsskade i malingsdefekt i karbonstål





Figur 4-10 Korrosjonsangrep i overgang mellom karbonståldekk og rustfritt skott, indikert med blå firkant



Figur 4-11 Nærbilde av korrosjonsskader på karbonståldekk i overgang skott i rustfritt og dekk i karbonstål



**Figur 4-12 Dekket er reparert med nytt deksbelegg.**

Det er også observert korrosjonsskader på dekk i dragerom og setterom som finnes på linefartøy. Dette gjelder for innfesting av bløggekar, linespill, egnemaskin, splitte, tinereoler for agn, samt innfesting av rister. Disse innfestningene er av samme type som i fabrikkområdene, dvs. karbonståldekk mot rustfritt stål i utstyret. De observerte korrosjonsskadene på dekket kan knyttes opp til våte og tørre soner, der de våte sonene som eksponeres mot mye saltvann har de største og fleste korrosjonsskadene. Det er begrenset med fotodokumentasjon fra disse observerte skadene.

Lensebrønner er også utsatt for samme type korrosjonsskader, der rustfritt stål møter karbonstål.

Øvrig utstyr som platefryser, Baadermaskiner (fiskebearbeidingsmaskiner), vekter og lignende, har ingen påvirkning på korrosjonsskadene som er observert da disse står i luft. For å få galvanisk korrosjon, må alt materialet være neddykket i en elektrolytt (dvs. saltvann).

Det kan se ut til at de observerte korrosjonsskadene på selve utstyret i luft skyldes primært feil materialvalg, feil påføring av malingsystem og uheldig sammenstilling som kan gi galvanisk korrosjon.

Figur 4-13 viser et malingsbelegg på et ventilhjul laget i aluminium. Skaden skyldes trolig feil under påføring av belegget eller feil i forbehandlingen før påføring. Siden aluminium i utgangspunktet er lite utsatt for korrosjon i marin atmosfære, er dette angrepet trolig ikke kritisk med tanke på funksjon til ventilhjulet. I et område for behandling av fisk kan det imidlertid være et hygienisk problem, ved at det blir vanskelig å rengjøre. Figur 4-14 viser korroderte bolter på utstyr. Boltene ser ut til å være av lavlegert stål og vil korrodere uansett i dette miljøet, men galvanisk kontakt til den rustfrie plata de er montert på akselerer korrosjonen. Figur 4-15 viser korrosjonsangrep på plater rundt bolter. Materialene



er ikke kjent, men det ser ut til å være bolter av rustfritt stål på ei plate av aluminium. Korrosjonsmekanismen er galvanisk korrosjon. Siden boltene er små og plata stor vil angrepet spre seg ut over et større areal, hvilket trolig begrenser korrosjonshastigheten en del. Angrepet utgjør dermed trolig ingen umiddelbar trussel, annet enn estetisk og eventuelt hygienisk.

Figur 4-16 viser flere korrosjonsangrep på en fileteringsmaskin. Materialene med hvite korrosjonsprodukter er aluminium, og igjen er angrepene først og fremst forårsaket av galvanisk kobling til rustfritt stål i luft. Bildet viser også korrosjon på karbonstål under rustfrie bolter, der boltene har skadet belegget ved tilstramming. Det ser også ut til å være spaltkorrosjon på rustfritt stål, under boltehoder og muttere, samt andre steder hvor det oppstår spalter mot rustfritt stål.



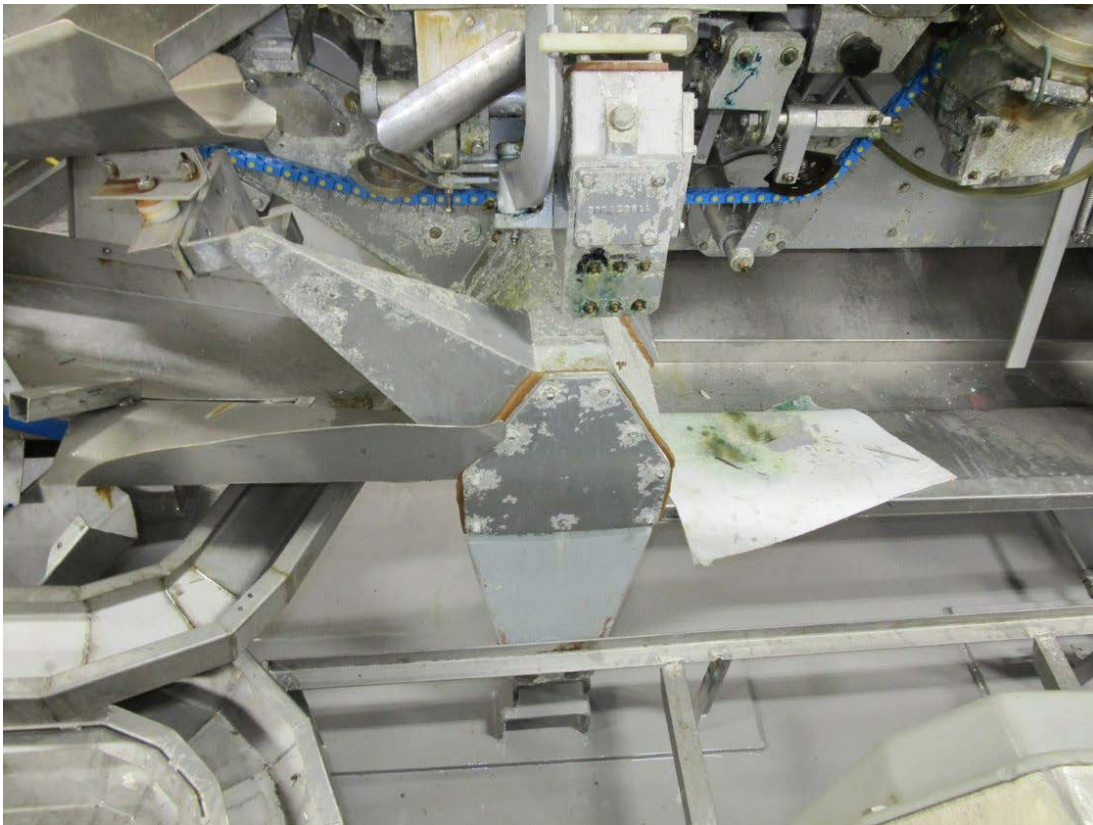
**Figur 4-13 Malt ventilhjul i aluminium**

Det er viktig å skille mellom korrosjon i luft (atmosfærisk sone) og i sjøvann (neddykket sone). Dette betyr at korrosjon av fileteringsutstyr i aluminium ikke er påvirket av metallet i dekket.

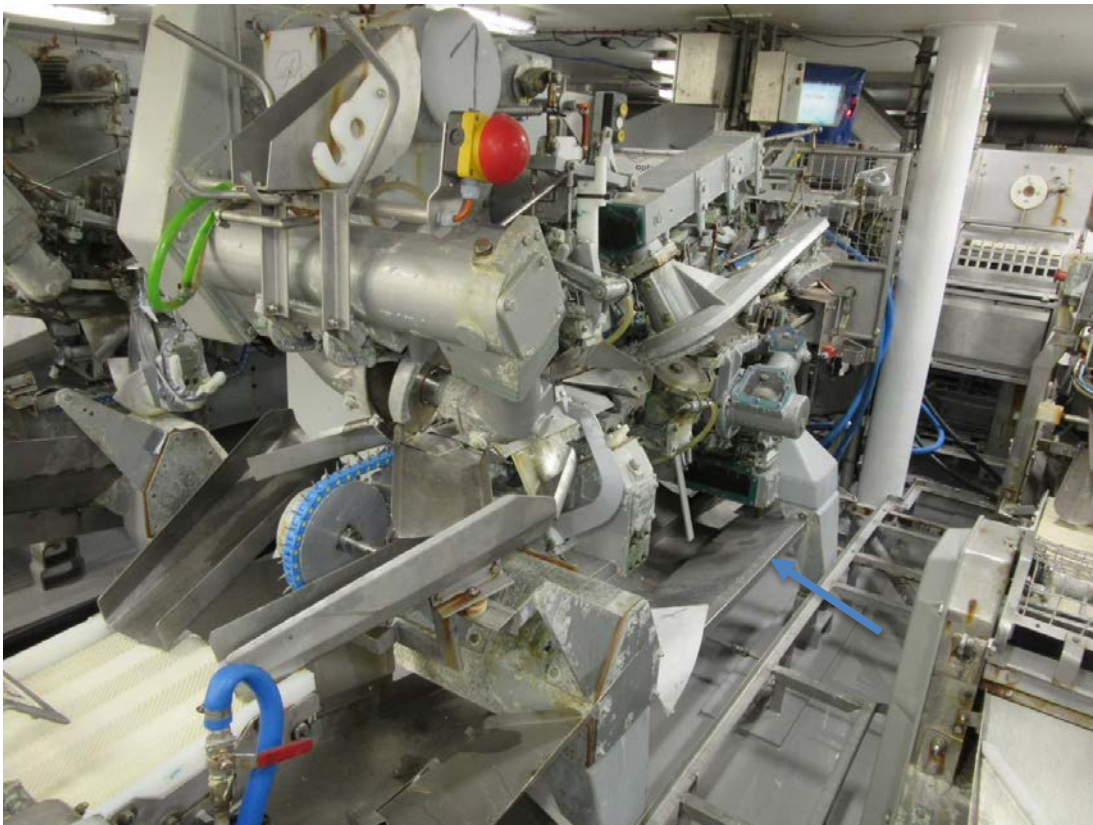


Figur 4-14 Korrosjon av bolteforbindelse på en ventil på et sjøvannsrør. Materialene er ukjent.





**Figur 4-15** Korrosjon av en fileteringsmaskin på utstyrsplater i aluminium rundt bolter i rustfritt stål.



**Figur 4-16** Oversiktsbilde fileteringsmaskin med korrosjon





### 4.2.2 Rustfritt dekk

Per i dag eksisterer det få fartøy med rustfrie fabrikkdekk. Det ble utført en befaring på et fartøy som ble tatt i bruk i august 2015. Etter ett års drift ble det observert tendens til korrosjon i moonpool. Anoder ble installert, og utviklingen av korrosjon stoppet opp med ingen utvikling.

Dekket er produsert i 8 mm tykke rustfrie plater. Langs skuteveggen er det en rustfri brystning, ca 1 m opp fra dekket. Mellom skroget og denne brystning er det skum. Det rustfrie dekket passiveres med Avesta 401 (<http://www.euroshl.com/project/avesta-cleaner-401/>) på verksted en gang i året. Dette produktet er et fosfatholdig produkt. Passiveringen har gitt en matt overflate på det rustfrie stålet.

I løpet av et års drift oppstår små brune flekker i tilknytning til sveiser/innfestninger av fabrikkutstyr, dette er av en mer estetisk karakter. Disse rustfleckene forsvinner når passiveringen blir utført.

Med 4.5 års erfaring med rustfritt dekk i fabrikkområdet er det ingen korrosjonskader.

### 4.3 Moonpool/Dragerbrønn

En dragerbrønn er en brønn, eller tank, som har en åpning ut mot sjøen i bunnen av fartøyet, se Figur 4-17. På engelsk, og i offshore terminologien, blir en slik konstruksjon kalt en moon-pool.



**Figur 4-17** Illustrasjon av en dragerbrønn (Sintef Fiskeri og Havbruk)

Det er blitt rapportert korrosjon i området i og rundt dragerbrønnen på autolinefartøy.

Siden dragerbrønnen er en del av skipsskroget, så består den av sveiste karbonstålplater. I det spesifikke tilfellet som beskrives her var det sveist opp ei umalt rustfri plate eller skjold i dragebrønnen for å begrense bevegelsen til lina i brønnen. Korrosjonsangrepene har hovedsakelig oppstått i sveisene og i malingskader på karbonstålet omkring den rustfrie plata, se Figur 4-18 og Figur 4-19. I tillegg var enkelte trinn på stigen i dragebrønnen fullstendig korrodert bort, se Figur 4-18. Korrosjonsmekanismen er galvanisk korrosjon. Lina ser ut til å skade belegget over kanten i dragebrønnen, og med det store arealet med rustfritt stål i umiddelbar nærhet oppstår det galvanisk korrosjon. Arealforholdet med stor rustfri plate og små områder karbonstål eksponert i beleggskader er uheldig og gjør at korrosjonshastigheten i skadene blir høy. Stigen bak i brønnen har trolig også beleggskader der korrosjonshastigheten har vært høy, siden flere av trinnene har korrodert bort.

Det var ikke installert katodisk beskyttelse i form av offeranoder fra nybygg, og det ble heller ikke installert anoder da den rustfrie plata ble sveist inn i etterkant.



Figur 4-18 Dragerbrønn (moon-pool) med rustfri plate/skjold og korrosjon



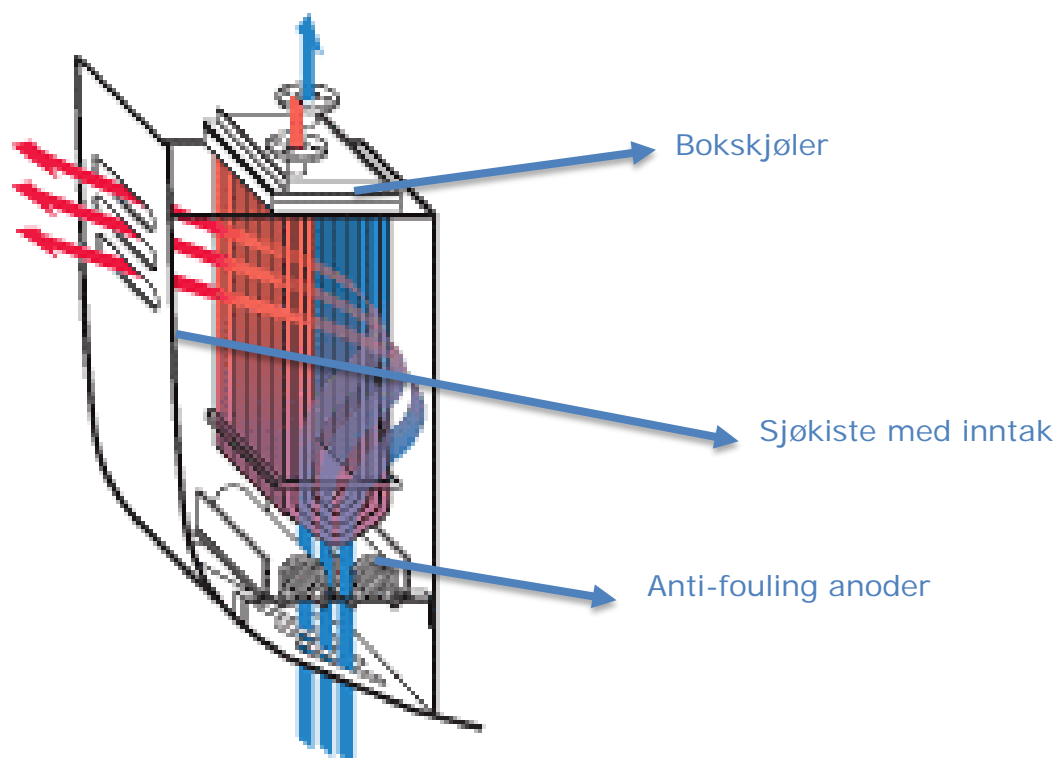
Figur 4-19 Nærbilde av korrosjonsskade i sveis

## 4.4 Sjøkister, bokskjølere og sjøvannskjølesystem

Kjølevannsystemer kan enten være lukket eller åpne, der et lukket system bruker for eksempel ferskvann/glykol og et åpent system bruker filtrert sjøvann direkte som kjølemiddel. Kjølevannsystemet brukes til blant annet avkjøling av hovedmotorer, hjelpemotorer, klimaanlegg og hydrauliske systemer.

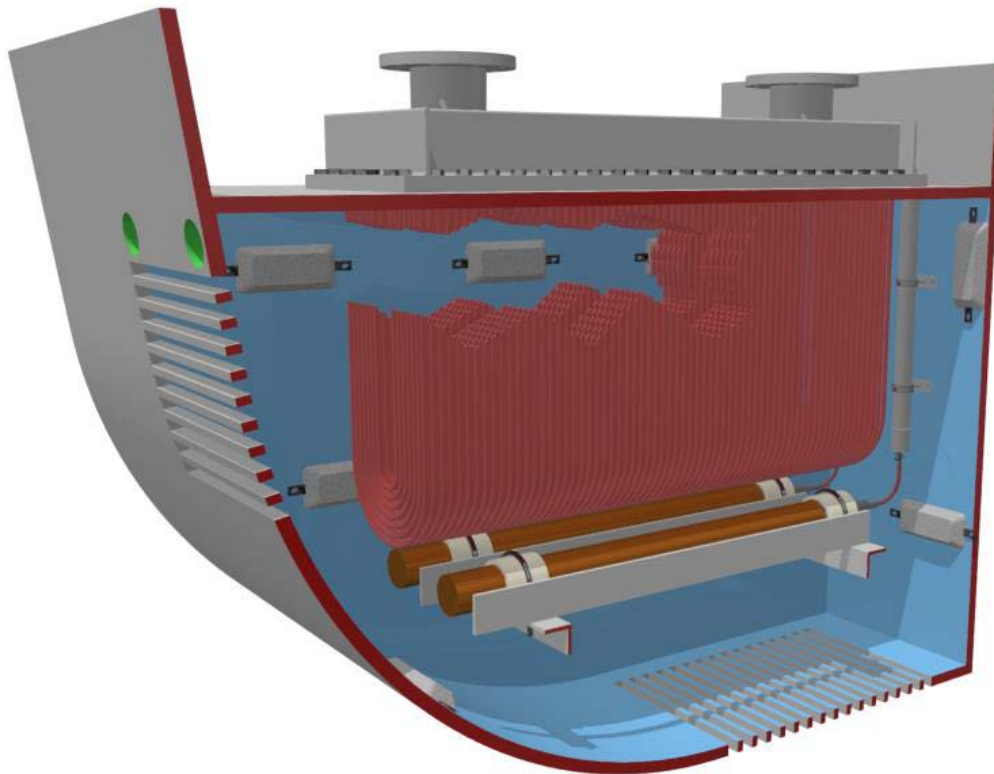
Et lukket kjølevannsystem består av for eksempel ferskvann/glykol som blir pumpet rundt i en rørledningsløyfe og avkjølt via en bokskjøler, se Figur 4-20. En bokskjøler er en rørvarmeveksler som består av en U-rørbunt som er montert i sjøkisten på skipsskroget. Skipsskroget er utstyrt med et inn- og utløpsgitter. Begroing på bokskjøleren hindres med et antigroe-system som frigjør kobberioner. Ved å bruke en bokskjøler, så sparer man plass i maskinrommet. Nedkjølt sjøvann kommer inn gjennom innløpet og strømmer langs U-rørbunten til utløpet i sjøkisten, og kjøler dermed vannet inne i rørene. Kjøleeffekten oppnås ved tvungen sirkulasjon av sjøvann når fartøyet er i bevegelse og ved naturlig konveksjon når det står stille. Bokskjøleren består som regel av et kobberholdig materiale, typisk kobber-nikkel, som er boltet fast i sjøkisten som består av malt karbonstål.

Et åpent kjølevannssystem består av et sjøvannsinntak med filter og gjerne et antigroesystem, der kobberioner blir frigjort i vannet for å forhindre marin begroing inne i kjølesystemet, se Figur 4-21 og Figur 4-22. Der vil kobber løses opp og frigi kobberioner og forhindre marin begroing. Det må ikke misforståes med katodisk beskyttelse. Antigroe-effekten oppnås ved at kobberet påtrykkes en anodisk strøm (motsatt strømretning i forhold til katodisk beskyttelse) så det korroderer med en kontrollert hastighet. Kobberet hindrer begroing på samme måte som kobberholdig bunnstoff.

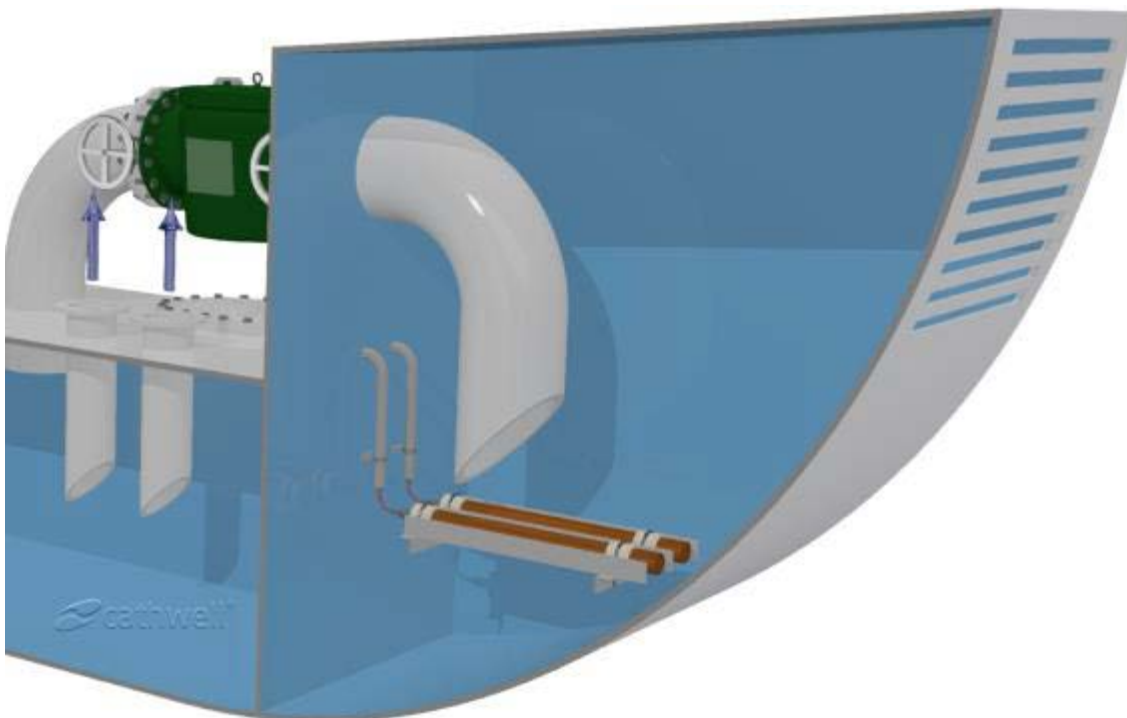


Figur 4-20 Illustrasjon av en bokskjøler i en sjøkiste (bildet er hentet fra <http://www.duramaxmarine.com/heat-boxcooler.htm>)






Figur 4-21 Antifouling-system i en sjøkiste med bokskjøler og sinkanoder (tatt fra [www.cathwell.com](http://www.cathwell.com)). Sinkanodene er montert på veggen, mens antifouling-systemet er de to horisontale sylindrene.



Figur 4-22 Antifouling-system i en sjøkiste med åpen kjølevannssystem ([www.cathwell.com](http://www.cathwell.com))



For bokskjølere er det viktig å skille mellom anoder for anti-fouling og katodisk beskyttelse (CP):

1. For hindre eller redusere begroing benyttes anti-fouling staver/anoder som påtrykt et potensial frigir små mengder kobberioner
2. For å unngå korrosjon på stålet må CP benyttes med egne anoder (Al eller Zn)

Det er observert korrosjonsskader i sjøkister der bokskjølere er installert. Figur 4-23 og Figur 4-24 viser en demontert bokskjøler som har stått neddykket i en sjøkiste. Sjøkisten og omkringliggende karbonstål er sterkt korrodert, med både hull og redusert veggtykkelse. Korrosjonsmekanismen er enten galvanisk korrosjon eller atmosfærisk korrosjon:

- Galvanisk korrosjon: Katodisk beskyttelse var ikke installert i sjøkista, og katodisk beskyttelse fra anlegget på skroget var ikke i stand til å beskytte det store arealet med bart metall på bokskjøleren. Bokskjøleren var heller ikke belagt. En varmeveksler har alltid et stort areal for å sikre god varmeoverføring, hvilket gjør at den vil trekke mye strøm fra den katodiske beskyttelsen. Når det ikke er montert anoder inne i sjøkista vil ikke anlegget på skroget klare å levere nok strøm inn i sjøkista på grunn av elektrisk motstand i vannet. Siden bokskjøleren er av et edelt materiale vil den forårsake galvanisk korrosjon på alt bart stål i sjøkista, for eksempel i belegget.
- Atmosfærisk korrosjon: Oppsamling av luft/gass øverst i sjøkista kan også være en årsak til angrepene, ved at det fortrenger sjøvannet og hindrer katodisk beskyttelse å nå fram til innfestingsramma. Den vil dermed korrodere fritt med stor hastighet som følge av konstant fukting fra sprut av sjøvann. Forholdene kan sammenlignes med plaskesonen der det kan forventes en korrosjonshastighet på omkring 0,4 mm/år (NORSOK M-001). Om denne korrosjonshastigheten er tilstrekkelig for å oppnå de rapporterte korrosjonsskadene vites ikke. Hvis ikke må angrepene være forårsaket av galvanisk korrosjon.

I dette tilfellet var innfestingsområdet i karbonstål så korrodert at det måtte skiftes. Den korroderte rammen ble fjernet ved hjelp av flammekutting, se Figur 4-25. Korrosjonsangrepene var jevnt fordelt over hele kontaktflaten mot bokskjøleren.

Bokskjøleren i antatt kobber-nikkel hadde marin begroing i form av skjell og muslinger. Marin begroing går fortere i områder der det er varmt. I utgangspunktet er kobberholdige materialer lite utsatt for begroing på grunn av den toksiske effekten av kobber. Katodisk beskyttelse av bokskjøleren fra korrosjon på stålet i sjøkista kan imidlertid ha stoppet frigjøring av kobberioner og dermed gjort kobber-nikkelrørene utsatt for begroing.

Det ble også observert skader i form av hull i rørene på bokskjøleren, se Figur 4-26 til Figur 4-28. Årsaken til disse hullene er ukjent. Det er ikke mulig å se om angrepene har startet utenifra eller innenifra, basert på bildene. Det er velkjent at CuNi-rør er utsatt for FAC (flow-akselerert korrosjon), der høye hastigheter på kjølevæsken kan forårsake lokale korrosjonsangrep.

DNVGL mye erfaring med korrosjon i åpne kjølevannsystemer der sjøvann brukes som kjølevæske. Det er observert korrosjonsskader i både ventiler, varmevekslere og rørsystemer. Generelt er det observert korrosjonsskader på komponenter i rustfritt (SS316, duplex/superduplex) gjerne koplet opp mot gule metaller (som messing/kobbernikkel/bronse), titan og/eller rørledningssystem i karbonstål. Ofte er en eller flere av disse komponentene korrodert. For fiskefartøy er platevekslere som regel laget i titan.



Figur 4-23 Bokskjøler sett nedenfra inne sjøkisten. Flens/innfestingsramme er indikert med pil.





Figur 4-24 Bokskjøler demontert fra sjøkisten i Figur 4-23



Figur 4-25 Karbonstålflens som er fjernet fra sjøkisten ved hjelp av flammekutting i Figur 4-23



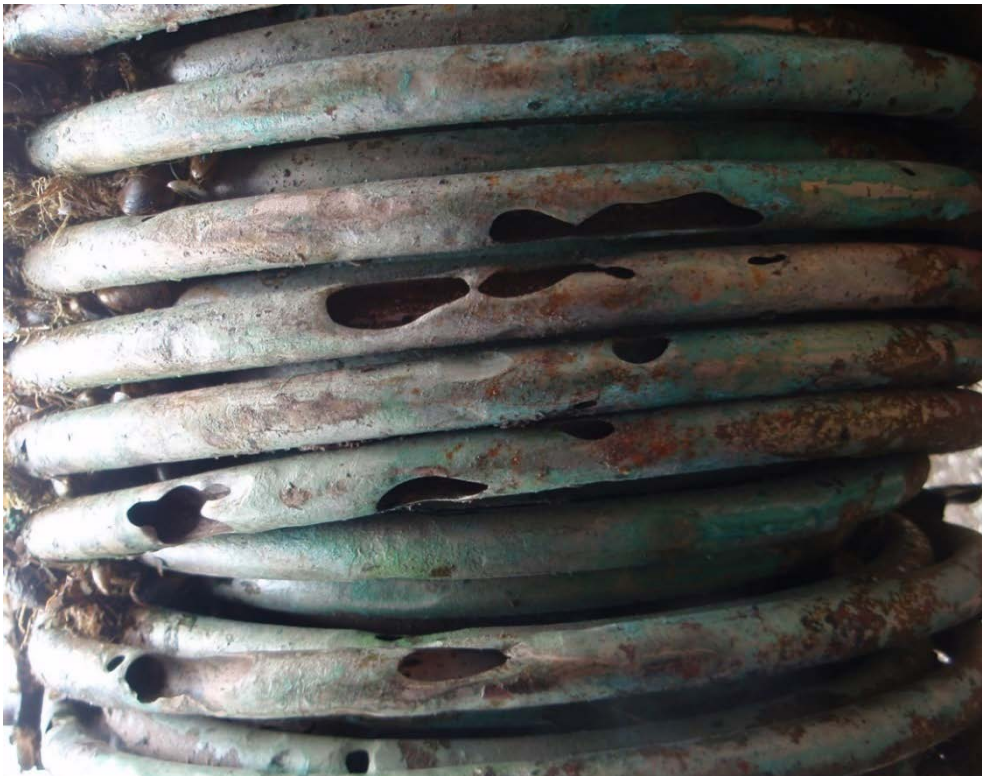


Figur 4-26 Bokskjøler i kobbernikkel med lekkasjeskader



Figur 4-27 Hull i CuNi rør på bokskjøler





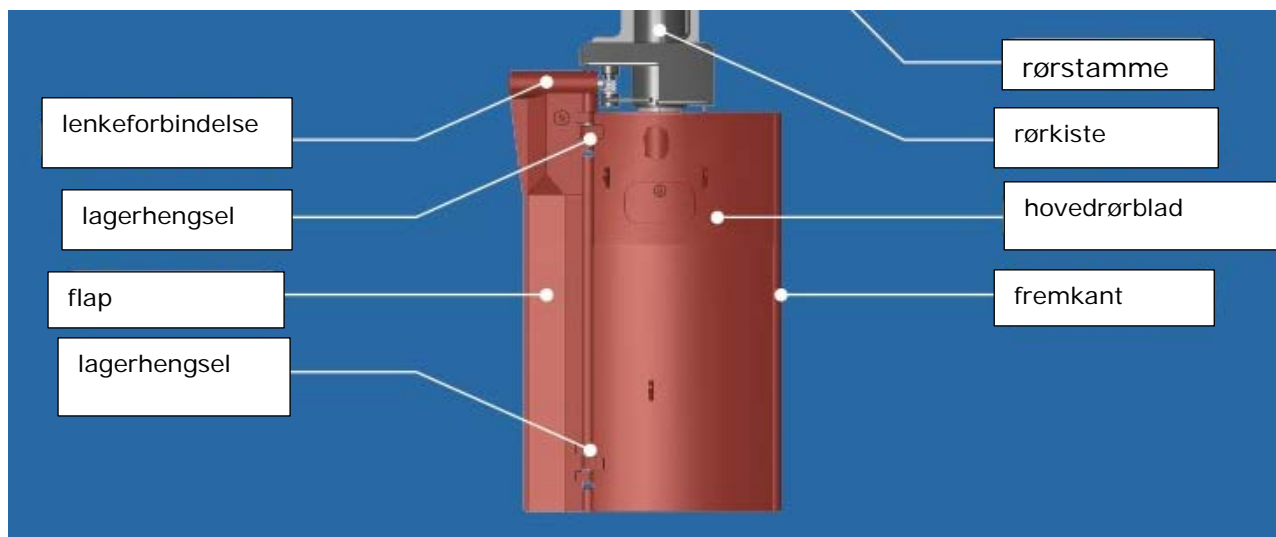
**Figur 4-28 Hull i bend på CuNi-rør på bokskjøler**



**Figur 4-29 Korrodert karbonstål sideplate i sjøkisten fra Figur HOLD. Midlertidig reparasjon er gjort ved å sveise på en doblingsplate**

## 4.5 Ror og propellområde

Det finnes mange typer rorsystem og disse er blant annet spesifisert i DNVGL-RU-SHIP Pt.3 Ch.14 Section 1 Edition July 2019. Enkelte korrosjonsskader på balanserte ror er identifisert på rorsystem av type flapsror (for eksempel Becker ror), se Figur 4-30.



a)



b)

**Figur 4-30 Beskrivelse av a) rorsystem med b) et eksempel på rordesign med ekstra «løft»/flaps, for eksempel Becker ror**

Figur 4-31 viser et oversiktsbilde av et flaps rorsystem etter reparasjon. Roret består av malt karbonstål, med foring/lager (gjennomføringshylser) i bronse, se Figur 4-32 og Figur 4-33. Akslingen som går gjennom flapsen er i karbonstål.

De observerte korrosjonsskadene opptrer på karbonstålet i nærheten av bronselagerene, se Figur 4-34 for oversikt. Figur 4-35 viser nærbilde av typiske korrosjonsskader, med hull og generelt veggtykkelsestap i bronseforingsområdet.

Nærbilde av korrosjon på karbonstålet rundt en gjennomføringshylse i bronse kan sees i Figur 4-36. Samme type bronselager brukes på rørstamme og hælapp, hvor det er observert tilsvarende korrosjonsskader.

Det er også rapportert korrosjonsskader i forbindelse med hylsetetninger (hylsepakkboks) mellom skrog og propellaksling. Figur 4-37 viser en oversikt av en hylsepakkboks. Materialer som er brukt er modifisert karbonstål og støpejern. De observerte korrosjonsskadene er generelt veggreduksjon på støpejern, se Figur 4-38 til Figur 4-39. Figur 4-40 viser reparert hylsepakkboks.

Alle disse angrepene er galvanisk korrosjon. I utgangspunktet skal stålet/støpejernet være katodisk beskyttet mot korrosjon. De angrepne områdene befinner seg imidlertid i trange spalter slik at strømmen fra anodene ikke kommer fram på grunn av høy elektrisk motstand i vannet. Når strømmen tvinges til å gå gjennom et lite tverrsnitt med sjøvann øker motstanden og det oppstår et ohmsk spenningsfall i sjøvannet. I tillegg trekker kobberlegeringene også strøm, slik at den katodiske strømmen øker. Høy strøm og høy motstand gir høyt spenningsfall, og dermed klarer ikke anodene å beskytte de angitte områdene. Dermed oppstår det galvanisk korrosjon på stålet/støpejernet, drevet av kobberlegeringen omkring. Erfaringer kan tyde på at omfanget av korrosjon er leverandøravhengig.

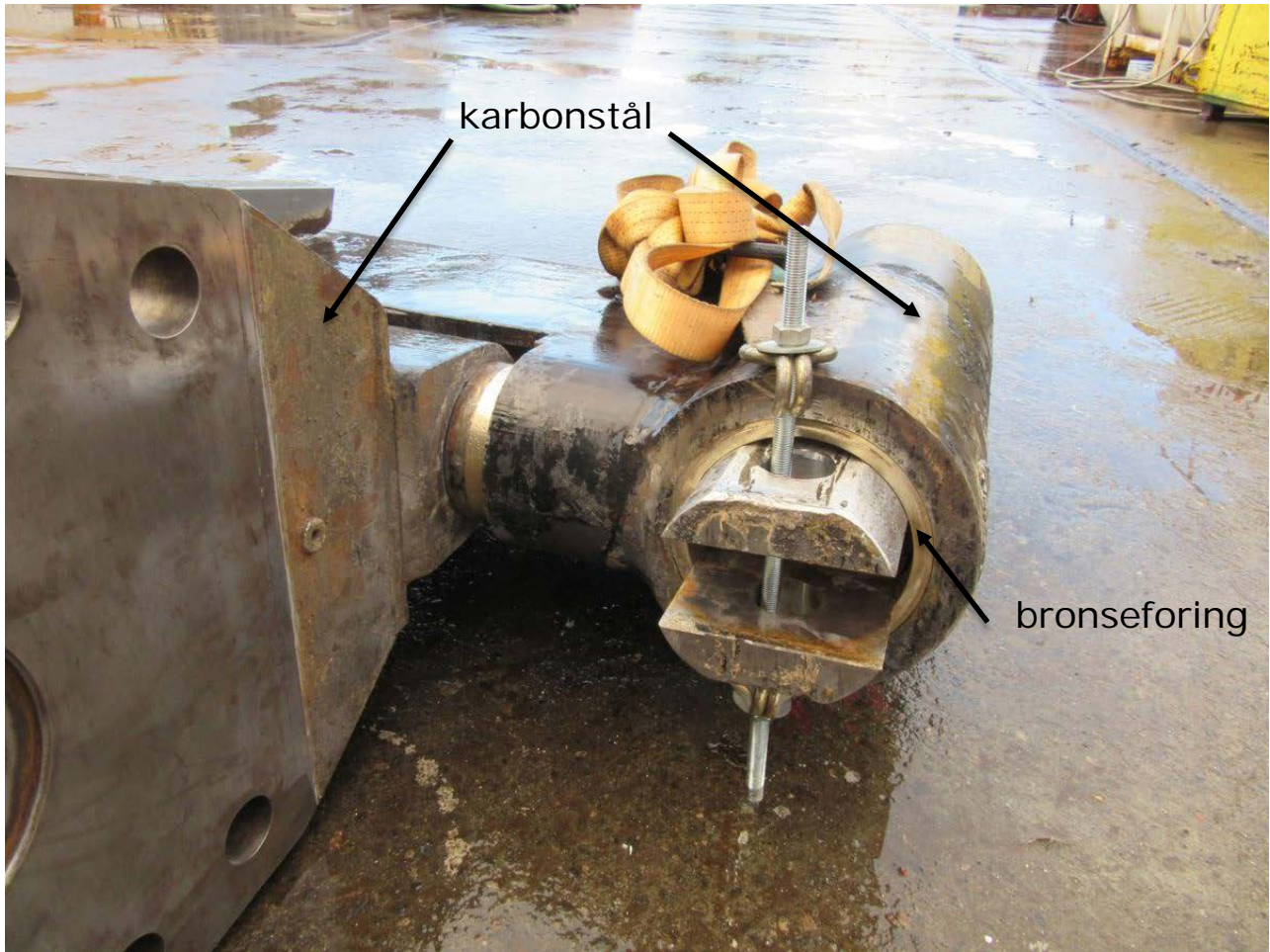


Figur 4-31 Oversiktsbildet av reparert rør med anoder





Figur 4-32 Gjennomføring av karbonstålaksling på flap-mekanisme

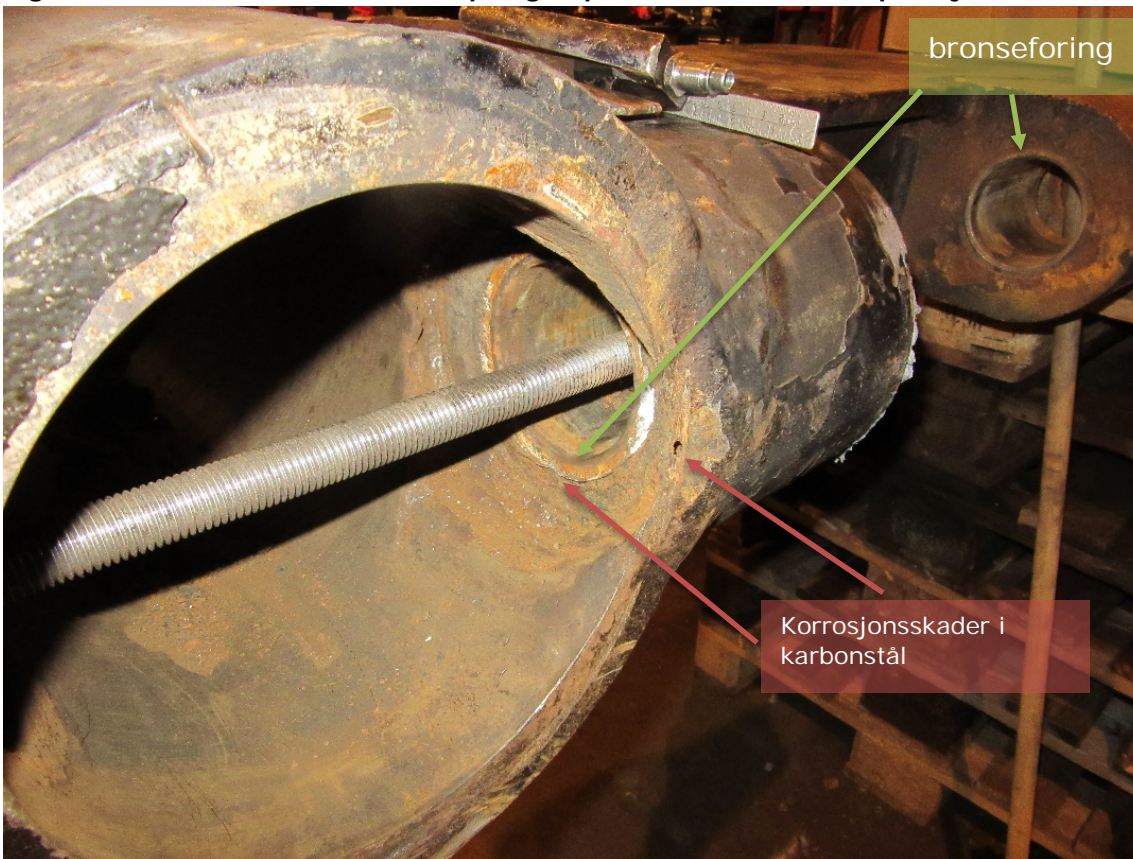


Figur 4-33 Ferdig montert rør med rorflaps og bronseforing i lenkeforbindelsen markert med pil

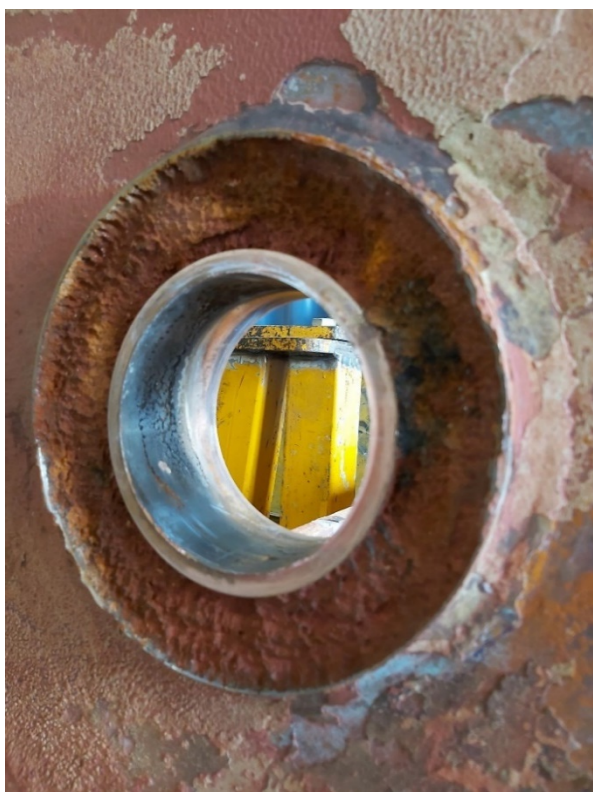




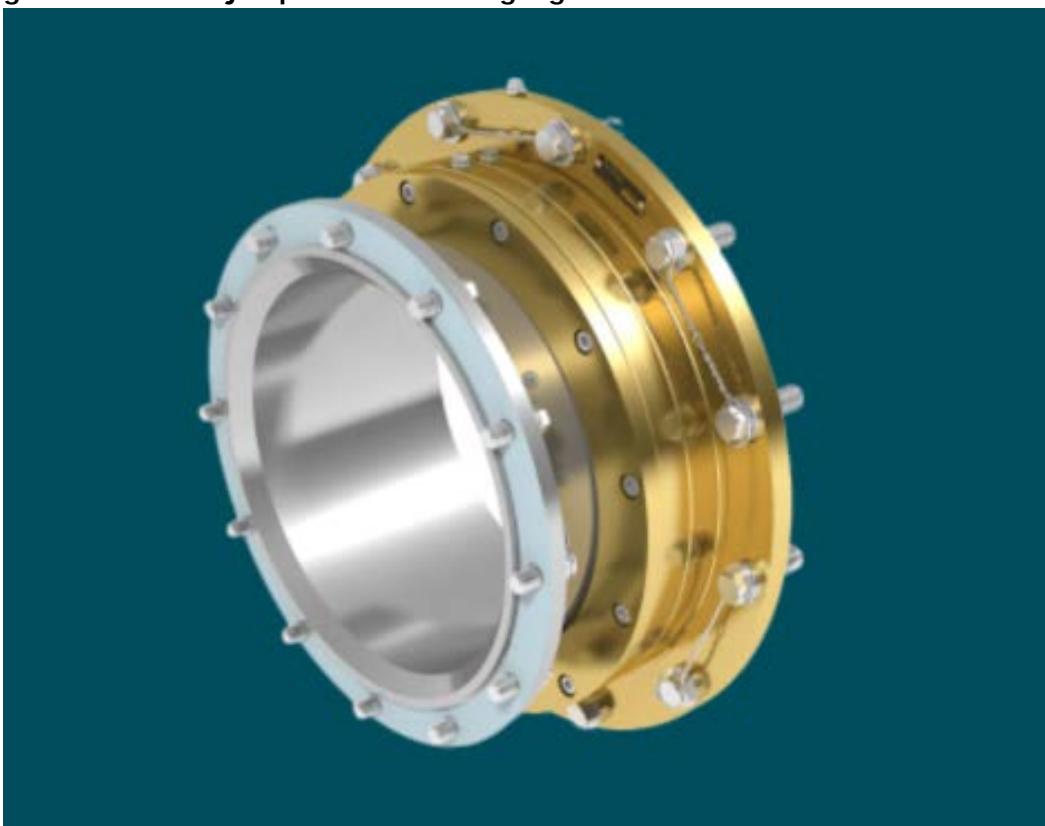
Figur 4-34 Oversiktsbilde av rorflaps og flapmekanisme under reparasjon



Figur 4-35 Nærbilde av korrosjonsskader på rorflaps og flapmekanisme under reparasjon (røde piler)



Figur 4-36 Lager/foring i bronse mot karbonstål for flap-mekanisme. Foringen forårsaker galvanisk korrosjon på stålet omkring lageret.



Figur 4-37 Et eksempel på hylsetetningsarrangement for propellaksling. Boltene er låst fast med låsestrenger





Figur 4-38 Huset til hylsetetningen i støpegods



Figur 4-39 Liner til hylsetetning for skrog i modifisert karbonstål





Figur 4-40 Reparert og malt hylsetetning fra Figur 4-38

## 4.6 Skrog med katodisk beskyttelse

Et malt skipsskrog må ha katodisk beskyttelse for å unngå korrosjon. Et katodisk beskyttelsessystem går ut på å polarisere stålet til et elektrokjemisk potensial der stålet ikke korroderer. Det finnes to typer katodisk beskyttelse, påtrykt strøm og galvaniske anoder, se illustrasjoner i henholdsvis Figur 4-41 og Figur 4-42.

Et påtrykt strømanlegg vil gi en beskyttelsesstrøm (likestrøm) til stålkonstruksjonen med en justerbar likestrømskilde. Strømmen leveres ved å koble strukturen til den negative terminalen på strømkilden og den positive terminalen til anodene. De påtrykte strømanodene er vanligvis laget av titan, niob eller tantal med et tynt lag platina eller med et blandet oksyd (mixed metal oxide, MMO). Referanseelektroder brukes for å måle potensialet på strukturen (stålet). Denne potensialverdien brukes til å kontrollere den elektriske strømmen som leveres av systemet. Referanseelektroder kan være av forskjellige typer:

- sink (robust, men mindre nøyaktig enn en sølv / sølvkloridelektrode)
- sølv / sølvklorid / sjøvann (nøyaktig, men mindre robust enn sink og med kortere levetid).<sup>1</sup>

I et galvaniske system, vil anodene «ofre seg» for å beskytte stålet. Dette er fordi anodematerialet er mer uedelt enn stålet. Typiske anodematerialer er aluminium eller sink. Prinsippet er det samme som ved galvanisk korrosjon, men her kobles stålet til et uedelt materiale som korroderer i stedet for stålet. Aluminiumanoder er spesielt legert med sink og indium for at de skal korrodere, i motsetning til

<sup>1</sup> DNVGL-RP-B101 Corrosion protection of floating production and storage units

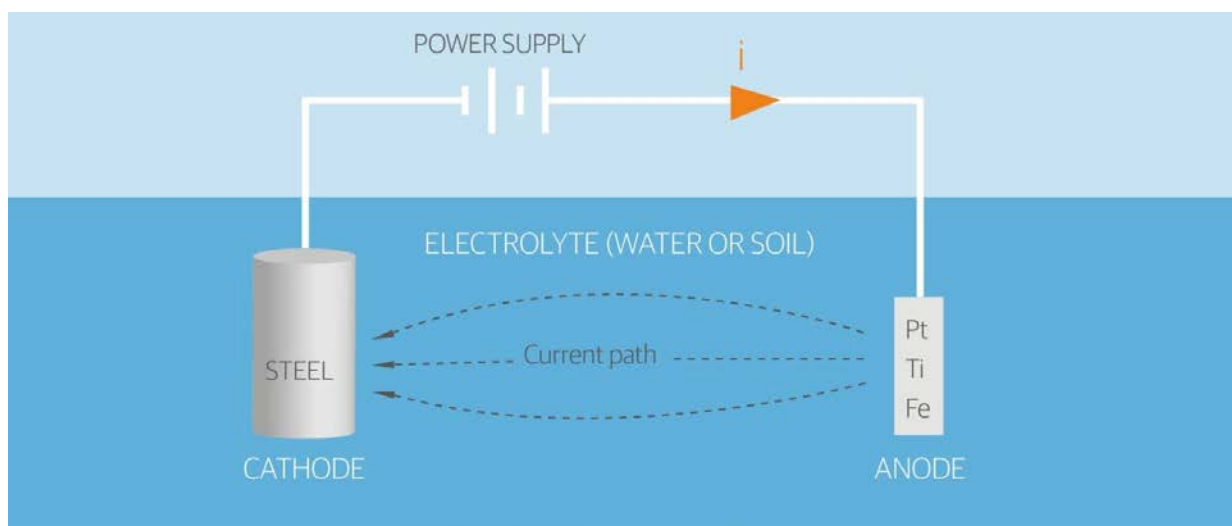


aluminiumslegeringer som brukes som konstruksjonsmateriale, som er leget for at de ikke skal korrodere.

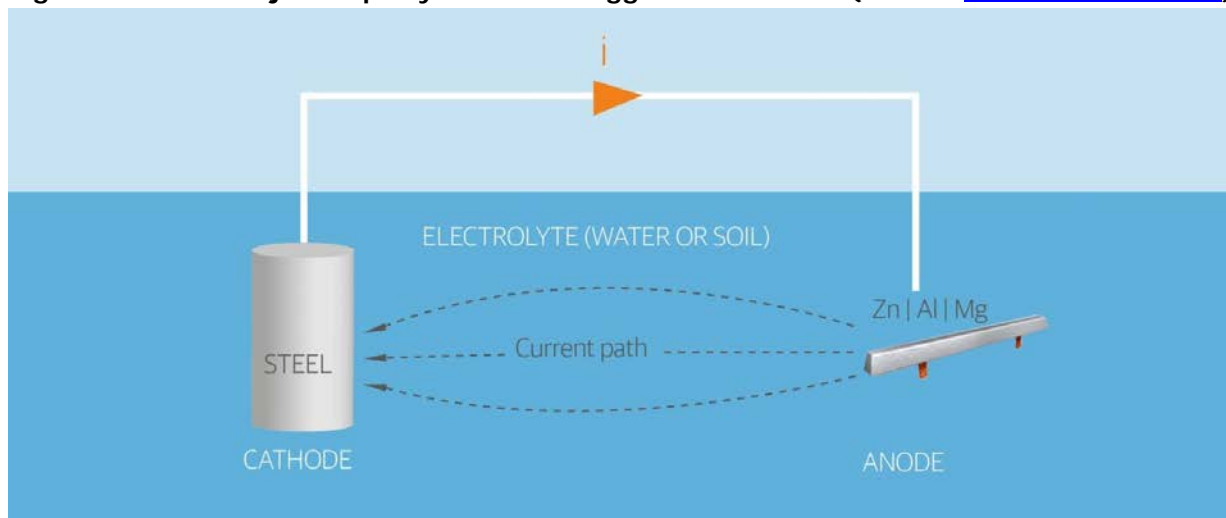
Typisk for fiskefartøy er å bruke en kombinasjon av påtrykt strøm og galvaniske anoder.

Det er blitt observert korrosjonsskader på skrog der blant annet referanseelektroden er ødelagt, se Figur 4-46 til Figur 4-43. Når referanseelektroden er ødelagt måler ikke anlegget lenger riktig potensial på skroget. Det er derfor ikke lenger i stand til å levere riktig beskyttelsesstrøm. Det at sveisene ser ut til å være spesielt utsatt skyldes trolig at disse stikker ut fra overflata for øvrig og at belegget derfor lettere skades her. Korrosjon vil derfor starte her først, mens områder med intakt belegg er beskyttet til tross for manglende katodisk beskyttelse.

Korrosjonsangrepene omkring defekte referanseelektroder i Figur 4-46 og Figur 4-47 skyldes trolig galvanisk korrosjon forårsaket av edlere materialer i referanseelektroden. Siden den katodiske beskyttelsen ikke fungerer vil skroget være utsatt for galvanisk korrosjon, og sveisene rundt referansen vil være ekstra utsatt på grunn av den korte avstanden og at belegget lettere skades her.



Figur 4-41 Illustrasjon av påtrykt strømanlegg med likeretter (tatt fra [www.cathwell.com](http://www.cathwell.com))

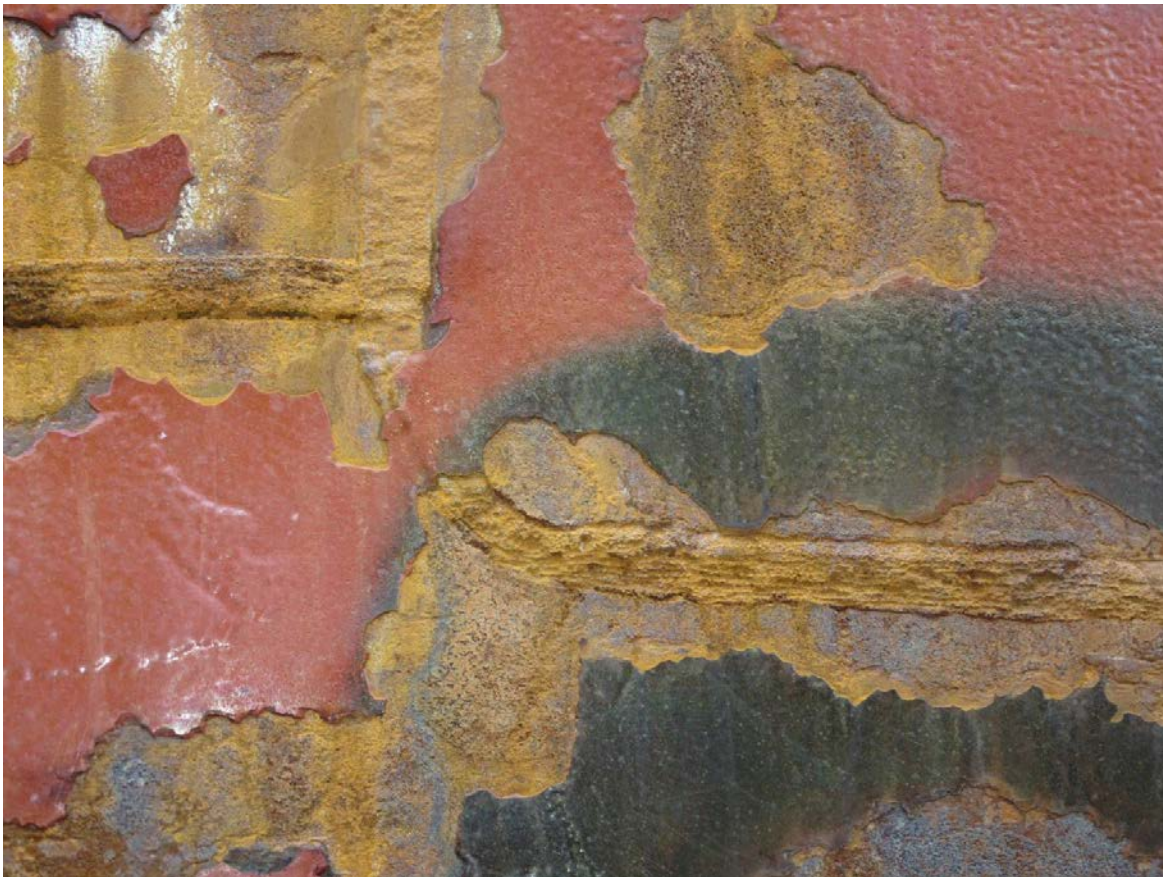


Figur 4-42 Illustrasjon av CP system ved bruk av galvanisk anoder (tatt fra [www.cathwell.com](http://www.cathwell.com))



Figur 4-43 Korrodert skrog



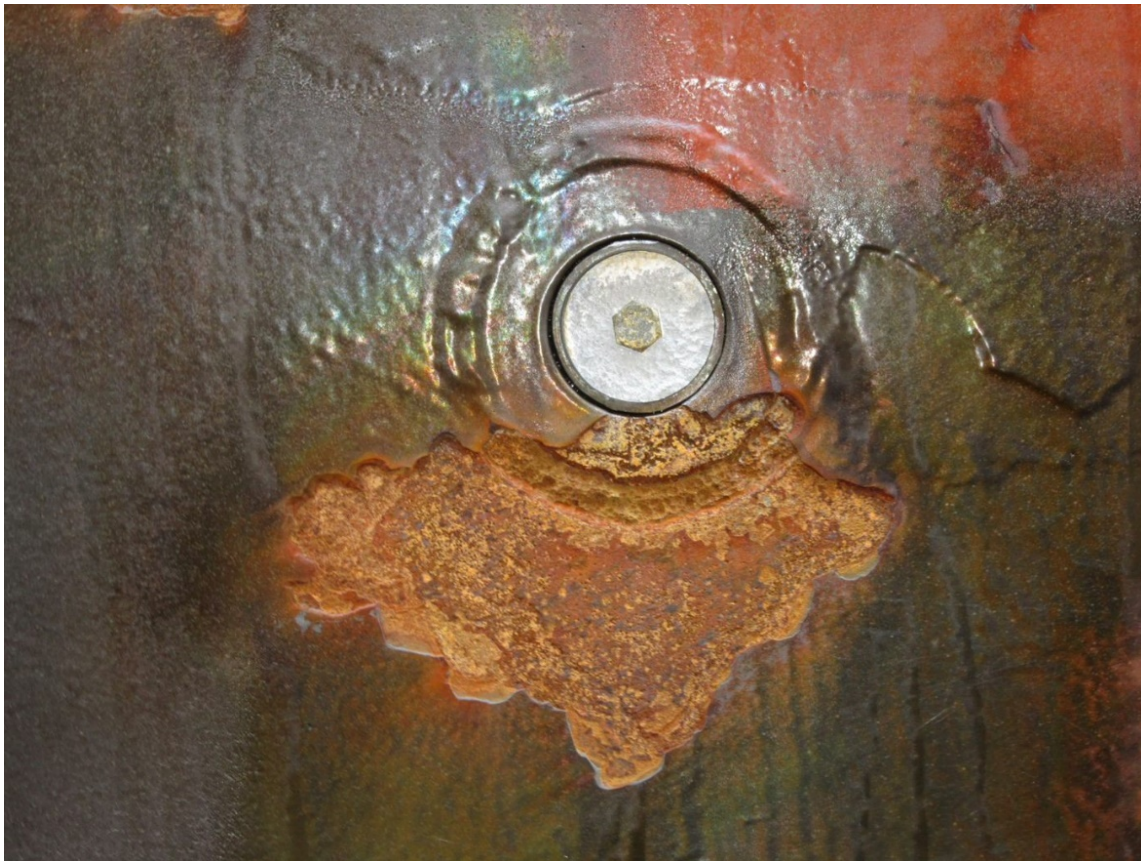


**Figur 4-44 Korrosjon på sveiser og skrog**



**Figur 4-45 Nærbilde av sveis med korrosjon**





Figur 4-46 Ødelagt referanseelektrode med korrosjon omkring



Figur 4-47 Ødelagt referanseelektrode med korrosjon omkring







## About DNV GL

DNV GL is a global quality assurance and risk management company. Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, we enable our customers to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification, technical assurance, software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas, power and renewables industries. We also provide certification, supply chain and data management services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our experts are dedicated to helping customers make the world safer, smarter and greener.