

**KARTLEGGING AV  
TÆRINGSSKADER  
PÅ FISKEBÅTER  
BYGGET I ALUMINIUM**

**SINTEF Fiskeri og havbruk AS  
Oktober 1999**

**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Pirsenteret  
7462 Trondheim  
Telefon: 73 59 56 50  
Telefaks: 73 59 56 60

Besøksadresse Brattøra: Gryta 2  
Telefon: 73 59 56 50  
Telefaks: 73 59 63 63

Foretaksnr.: NO 980 478 270 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

## KARTLEGGING AV TÆRINGSSKADER PÅ FISKEBÅTER BYGGET I ALUMINIUM

**Siste revisjon 1999-11-12**

FORFATTER(E)

Arne Farstad og Halvard Aasjord (i samarbeid med faggruppe)

OPPDRAKSGIVER(E)

SND – Flåte og næringsmiddel

RAPPORTNR. 830008.00.01	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Gunnar Kristian Halvorsen, rådgiver	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN 82-14-01469-7	PROSJEKTNR. 830008 Tæringsskader på aluminiumsbåter	ANTALL SIDER OG BILAG 43
ELEKTRONISK ARKIVKODE Rapport-A99007.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Halvard L. Aasjord	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Håvard Røsvik, gruppeleder
ARKIVKODE STF80 A99007	DATO 1999-10-20	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Karl A. Almås, adm.dir	

**SAMMENDRAG**

Rapporten beskriver den risiko som er forbundet med bruk av betong som ballastmateriale og elektriske anlegg i fiskebåter av aluminium. Det er innhentet uttalelser og drøftet mulige årsaker til at tæring har forekommet på relativt nye fiskebåter av aluminium. Undersøkelsen har avdekket betydelige tæringsskader på hudplater, bunnstokker og sveiser under lukket dørk i lasteromsområdet der betong er benyttet som fast ballast. Tæringen skyldes at vann har kommet i kontakt med betongballasten. Vannet løser ut alkalier fra betongen som fører til at kjemisk tæring oppstår i aluminiumsskroget. Betingelsen for reaksjonen er vandig kontakt mellom betong og aluminium. Sjøvann med klorider (salt), bidrar til å øke korrosjonshastigheten. Rapporten redegjør for de kjemiske reaksjoner som oppstår når aluminium og betong reagerer med hverandre i den "våte atmosfæren" som hersker i bunnen av en fiskebåt. Det oppstår tæring i aluminium og det utvikles hydrogen som ved antennelse (gnister) fører til eksplosjoner. De teoretiske sammenhenger blir dokumentert, og dette blir bekreftet gjennom skadetilfeller som er beskrevet i rapporten. Konsekvensene også på liv og helse kan bli store og alvorlige i de tilfeller det utvikles gass som blir eksplosiv ved antennelse. Korrosjonen som oppstår setter materielle verdier på spill. Rapporten omhandler også tiltak i denne forbindelse.

På andre områder er riktig kvalitet på aluminiumslegeringer og sveisetråd, fagmessig utførelse samt periodisk ettersyn og vedlikehold under drift viktige forebyggende tiltak. For katodisk beskyttelse av skroget kan både anoder av sink- og aluminium benyttes. Tæringsforløpet av offeranoder må sjekkes regelmessig og bunnstoffer som benyttes for å hindre begroing på undervanns-skrog må ikke inneholde kopper eller kvikksølv. Tæringsskader som følge av evt. lekkstrøm fra 24 volt likestrømanlegg er en risikofaktor. Fagmessig utførte installasjoner av elektrisk anlegg, gode jordingsforbindelser og installasjon av isolasjons-transformator i forbindelse med landstrøm er viktige forebyggende tiltak. Installering av jordfeilvakt anbefales. Den praktiske delen av undersøkelsen har skjedd ved kontakt/intervju med båtbyggere og fiskere andre relevante personer/ miljøer. Skadeomfanget og skadepotensialet totalt i flåten har vi ikke grunnlag for å tallfeste. Innholdet i denne rapport vedrører arbeidet til en rekke offentlige og halvoffentlige organ, organisasjoner innen arbeidslivet på begge sider og til slutt, men ikke minst viktig det enkelte rederi og den enkelte fisker. Ved riktig planlegging, dimensjonering, material- og detaljutførelse samt vedlikehold bør aluminium være et velegnet byggemateriale for fiskebåter

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Fiskebåter	Fishing boats
GRUPPE 2	Aluminium	Aluminium
EGENVALGTE	Tæringsproblemer	Corrosion problems

## Forord

Bakgrunnen for oppstarten av dette arbeidet har vært informasjon og rapporter fra fiskerihold om flere overraskende og betydelige tæringsskader på mindre og mellomstore relativt nye fiskebåter bygget av aluminium. SINTEF / MARINTEK tok derfor initiativ til foreliggende prosjekt, se avsnitt 1.2 om mandat. Hensikten med prosjektet er å finne fram til tiltak slik at skader kan unngås.

SND har stått som oppdragsgiver og har også bestemt at det skal være en egen faggruppe for kvalitetssikring av rapportens konklusjoner. Geir Tjugum og Paul O. Rosenquist er utpekt av SND og Knut Eriksen og Jon Erslund er utpekt av henholdsvis Norges Fiskarlag og Norsk Hydro til å delta i faggruppen. Forprosjektet er utformet i et nært samarbeid med rådgiver Gunnar Kristian Halvorsen, SND Flåteavdelingen og førstesekretær Knut Eriksen, Norges Fiskarlag.

Arbeidet ble igangsatt i november 1998 i MARINTEK avd. Fiskeri og Havbruk og er slutført i regi av SINTEF Fiskeri og havbruk AS, et nyopprettet institutt i SINTEF-gruppen per 01/01-99. Både undertegnede og Arne Farstad gikk over fra MARINTEK til vårt nye institutt, og det var da naturlig at dette oppdraget fulgte med.

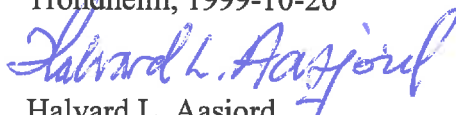
Utredningsarbeidet i denne rapporten består bla. av en forundersøkelse for å klarlegge årsaksforhold til tæringsskader på fiskebåter og andre bruksbåter av aluminium. Det påpekes behov for videre FoU-arbeid innenfor utvikling av alternative ballasttyper til betong som fast ballast i aluminiumsbåter. Vi håper at innholdet i rapporten vil bidra til en bedre forståelse av forhold som kan føre til tæringsskader og at de skader som har forekommet, ikke vil skje igjen.

Faggruppen for prosjektet har bestått av følgende personer:

Knut Eriksen, Norges Fiskarlag  
Jon Erslund, Hydro Aluminium Maritime (med i slutfasen)  
Gunnar K. Halvorsen, SND Flåte- og næringsmiddel  
Paul O. Rosenquist, Ladac Products AS  
Geir Tjugum, Polcon AS

Det rettes stor takk til faggruppen som har fulgt opp prosjektarbeidet og til byggeverft, båteiere og andre fagpersoner for innspill og faglige bidrag til rapporten.

Trondheim, 1999-10-20



Halvard L. Aasjord  
Prosjektleder

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn .....	8
1.2 Prosjektmål.....	8
<b>2. MATERIALEGENSKAPER ALUMINIUM .....</b>	<b>9</b>
<b>3. TÆRINGSKADER PÅ FISKEBÅTER AV ALUMINIUM .....</b>	<b>11</b>
3.1 Undersøkelser av tæringsproblemer.....	11
3.2 Intervju med byggeverft om forbehandling og ballastering.....	11
3.2.1 Finnvik Båtbyggeri AS, Tingvoll i Nordmøre (M).....	11
3.2.2 Mjosundet Båt og Hydraulikk AS, Aure i Nordmøre (M).....	13
3.2.3 Jakobsen Mek. Verksted AS, Lurøy i Nordland (N).....	14
3.2.4 Birger M. Pedersen, Mekanisk Sveiseverksted, Kristiansund (M).....	14
3.2.5 Solnes Båt AS, Nærøy i Nord-Trøndelag (NT).....	15
3.2.6 Båt- og Motorservice AS, Austafjord i Vikna (NT).....	17
3.2.7 Kåre Holthe & Sønner AS, Måneset i Nærøy (NT).....	17
3.2.8 Moen Slip AS, Kolvereid i Nærøy (NT).....	18
3.2.9 Mineralsammensetning i grus brukt som fast ballast i Nord-Trøndelag.....	19
3.2.10 Saltdalsverftet AS, Rognan (N).....	20
3.3 Referat fra intervju med båteiere / fiskere.....	21
3.3.1 Diverse utsagn om tæringsproblemer m.m. fra eiere av aluminiumsbåter.....	22
3.3.2 Tæringskader på M/S "Brattskjær" NT-346-V.....	23
3.3.3 Tæringskader på M/S "Charmi" reg.nr. F-27-G.....	24
3.3.4 Eksplosjon ombord i M/S "Solværgutt" og M/S "Slettholmen".....	24
3.4 Uttalelse fra leverandør av materialer, sveisetråd m.m. ....	26
3.5 Sammendrag av undersøkelsene .....	26
3.6 Oppsummering av intervjuer med aktuelle forslag .....	28
<b>4. GALVANISK KORROSJON OG STRØMTÆRING.....</b>	<b>29</b>
4.1 Galvanisk korrosjon .....	29
4.2 Lekkstrømkorrosjon .....	30
<b>5. REFERANSELISTE .....</b>	<b>32</b>
<b>6. VEDLEGG A - DIVERSE TILLEGGSINFORMASJON .....</b>	<b>33</b>
6.1 Elektriske anlegg ombord.....	33
6.2 Dynamoer og batterier.....	34
6.3 Korrosjon på trefartøy med dekk og overbygg i aluminium.....	34
6.4 Eksempler på andre tæringsproblemer .....	35
<b>7. VEDLEGG B – BILDER FRA OMTALTE ALUMINIUMSBÅTER.....</b>	<b>36</b>
7.1 Fiskebåter i Svolvær havn – nov. - 98; intervju med fiskere/eiere av aluminiumsbåter.....	36
7.2 Bilder fra to nybygg 1996, M/S "Slettholmen" av Lurøy og "Gullholmen" av Måsøy.....	37
7.3 Bilder av nye "Stig Harry", 70 fots kystfiskebåt i aluminium, bygget ved Moen Slip AS.....	38
7.4 Bygging av 49 fots fiskebåter ved K. Holthe & Søn. AS og Båt- og Motorservice AS.....	39
7.5 Bilder fra M/S "Arnøyfjord" av Nærøy, reparasjon av tæringskader i bunnseksjon.....	40
7.6 Bilder fra byggingen av M/S "Korsnesfisk", Saltdalsverftet AS, Rognan.....	41
7.7 Skader etter eksplosjon ombord på M/S "Solværgutt" N-22-A, mai 1999.....	43

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

På noen få relativt nye fiskebåter av aluminium er det oppdaget og rapportert om relativt store tæringsskader på plater og sveiser i bunnpartiet i lasteromsområdet der betong iblandet stål pellets, bly, etc. er brukt som fast ballast.

Hensikten med prosjektarbeidet har vært å kartlegge og finne sannsynlige årsaker til disse tæringsskadene, samt anviser forebyggende tiltak som skal forhindre at tilsvarende skjer igjen. I løpet av prosjektperioden er det rapportert inn to tilfeller der det har oppstått eksplosjoner i båter bygget av aluminium. Dette fenomenet er nærmere beskrevet i rapporten, se punkt 3.3.4. Prosedyrer for behandling før ballastering med betong varierer mellom byggeverksteder, men utviklingen har gått i retning av bedre isolasjon mellom aluminium og betong.

Våre undersøkelser har så langt avdekket minst 5-6 båter med betydelige tæringsskader av en registrert flåtemasse på omlag 280 aluminiumsbåter, herav ca. 160 båter på 35 fot og større. Disse "problembåtene" er bygget de siste 4 til 12 årene, mens fiskebåter i aluminium er blitt bygget fra 1973, flest på 1980- og 1990-tallet. Det er ikke utført noen representativ undersøkelse av alle båter bygget av aluminium, derfor er det totale skadeomfanget i denne delen av fiskeflåten ikke undersøkt. Når det gjelder mer spesifikk informasjon om omfang og innhold i undersøkelsen, viser vi til kapittel 3.

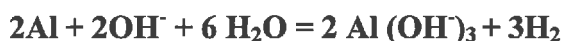
Sementmørtel (betong) har vært benyttet som fast ballast i norskbygde aluminiumsbåter i ca 25 år og siden antall rapporterte tæringsskader er svært begrenset, må de få rapporterte tilfellene være forårsaket av spesielle forhold.

Typisk for aluminiumsbåter uten tæringsskader er at betongoverflaten har vært åpen mot maskinrom, innredning og lasterom, slik at betongen har fått anledning til å herde og tørke ut. Utherdet og relativt tørr betong har så dårlig ledningsevne og inneholder så lite aggressiv "lut" at sannsynligheten for at tæringsskader vil kunne oppstå, er svært lav. Dersom betongen seinere blir tilført vann, vil de kjemiske prosessene blir aktivisert. Som en følge av dette vil tæringsskader kunne oppstå.

(Eller sagt på en annen måte: Ved seinere oppfuktning av betongen blir luten aktivisert igjen. Den kjemiske prosess som derved blir igangsatt, vil utvikle tæring på aluminiumen.)

For minst to av skadetilfellene vet vi at lasterommet hadde helsveist innerkledning, men at denne ikke var styrkemessig dimensjonert for å tåle vannfylling av lasterommet. Til tross for dette har lasterommet blitt oppfylt og brukt til føring av bl.a. sildelast i sjøvann under notfiske. Sprekker i sveiser har oppstått og lekkasje av sjøvann fra fiskelasten til rommet bak innergarneringen har skjedd. Primeren som har blitt benyttet som isolerende belegg på aluminiumsoverflater for å isolere mot betongen har ikke vært tett mot alkalisk vann. Dessuten kan flekker og sår i belegget eller partier med manglende påført primer forekomme.

Når vann blir stående innelukket i direkte kontakt med betong vil betongens porevann med pH-verdi på 12-13 komme i kontakt med aluminium. Legeringen vil over tid etterhvert gå i oppløsning og hydrogengass utvikles etter følgende kjemiske reaksjon:



Reaksjonen er en form for etsing/tæring der aluminium løses opp til et hvitt slam av aluminiumhydroksyd,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , samt at det vil bli dannet hydrogengass,  $\text{H}_2$ . Denne gassen vil lett kunne stige opp i mellomrommet bak en eventuell innergarnering. Vi vet at fuktig betong med forskjellige

ionekonsentrasjoner kan lede strøm og at elektrokjemisk eller kjemisk tæring av aluminium, en "batterieffekt", kan oppstå. Betingelsene for reaksjonen er vandig kontakt mellom betong og aluminium (direkte fysisk kontakt er altså ikke nødvendig). Reaksjonen forbruker vann, alkaliene virker kun som katalysator. Sjøvann, som inneholder klorider, bidrar til å øke korrosjonshastigheten.

Hydrogengass dannes ved kontakt mellom det alkaliske vannet fra betongen og aluminium. Den er svært brannfarlig og vil forårsake eksplosjon ved antennelse/gnister. God utlufting av rom bak lukket innerkledning er nødvendig for å forhindre dette.

Bedring av sikkerhet mot tæringsskader ved bruk av betong som ballastmateriale kan oppnås ved å isolere betongen og betongvannet fra aluminium. Overflater bør før ballastering i tillegg til primer som grunning påføres et egnet porett epoxybelegg i tykkelse 1-2 mm, slik at aluminium og betong ikke kommer i direkte kontakt med hverandre. Epoxyen må ha gode aldringsegenskaper slik at den ikke blir så sprø at den ikke motstår mulige deformasjoner i skroget. De varmetekniske egenskaper til eventuelle epoxy membraner er slik at de tar alvorlige skader ved høye temperaturer.

Som tilleggsisolasjon kan benyttes en sterk og tett løstliggende plastfolie som ikke må skades under innstøpning. Ved bruk av blybarrer eller jernkuler innstøpt i betongen, dette for å øke egenvekten, skal disse emballeres i tett lukket plast for å hindre at blyet eller jernet deltar i en evt. elektrokjemisk korrosjon.

Fartøy som skal drive notdrift må dimensjoneres slik at det tåler vannfylling av lasterommet og at innergarneringen er vanntett. Lasterommet skal oppfylles til lukekarmnivå for kontroll av innergarneringens styrke og tetthet før avgang fra verkstedet.

For seilende båter må det videre arrangeres for kontinuerlig uttørring og utlufting samt mulighet for inspeksjon av rommet under dørk og bak innerkledning i lasterom. Dette er viktig både for å unngå korrosjonsangrep samt for å unngå oppsamling av brennbare og eksplosive gasser. Det er også viktig at slike inspeksjoner blir foretatt rutinemessig og hyppig.

Men siden det i praksis er særs vanskelig å holde visse bunnpartier av fiskebåter relativt tørre under drift, er det behov for å utvikle et alternativ til betong som fast ballast for aluminiumsbåter.

Som alternativ til sementmørtel kan f.eks. epoxymørtel benyttes. Derved fås et nøytralt bindemiddel uten sementens aggressive angrep på aluminium, denne mørtelen virker heller beskyttende. Her må også blybarrer eller et annet metall som legges inn i mørtelen for å øke egenvekten isoleres godt. Aktuelle materialer for innblanding i mørtelen kan være Olivin (sp.vekt 3,4 - 4,3), Barium Sulfat (barytt) (sp.vekt 4,1 - 4,3), Ilmenitt (sp.vekt 4,4) eller Hematite H600 (sp.vekt 4,7).

For nevnte tilslagsmaterialer og epoksybindemiddel gjelder at disse må undersøkes nærmere for å avgjøre egnetheten i praksis ombord i en fiskebåt. Både kostnader, miljø- og helsemessige sider må klarlegges nærmere, og det kan i denne forbindelse nevnes at også bly er klassifisert som giftig.

Den teoretiske dokumentasjon av hvilke konsekvenser det vil kunne få ved bruk av betong som ballastmateriale er overbevisende. De tilfellene som er oppdaget når det gjelder korrosjon og eksplosjoner er en bekreftelse på at teorien også "virker" i praksis. Antall tilfeller som er oppdaget har underordnet betydning og sier lite om skadeomfang og det potensiale som ligger for flere skader.

Den røffe behandlingen fiskebåter blir utsatt for og de store konsekvenser eventuelle skader på membran vil kunne føre til ved at korrosjon oppstår samt at det utvikles eksplosjonsfarlig gass, gjør



det nødvendig å utvikle nye, sikrere isolasjonsløsninger. Alternative ballastmaterialer som samlet sett gir bedre egenskaper enn betong bør også utvikles.

Den moderne fiskebåten er ”tettpakket” med elektrisk/elektronisk utstyr – vekselstrøm og likestrøm, høy- og lavspenning -. Strøm som kommer på avveier er således en viktig korrosjonsårsak.

Galvanisk korrosjon oppstår når to metaller med ulik kjemisk stabilitet nedsenkes i sjøvann eller en annen elektrolytt (f.eks. fuktig betong) og forbindes gjennom en metallisk leder eller gjennom direkte kontakt og danner et galvanisk element (batteri). Alle metaller har et elektrisk spenningspotensiale og uheldige materialkombinasjoner uten isolasjon mellom, kan derfor forårsake alvorlige korrosjonsangrep hvor det mest uedle metallet går i oppløsning. Hensiktsmessig valg av materialer kombinert med isolering er viktig for å unngå en galvanisk prosess. Aluminium er et av de mest uedle metallene i spenningsrekken, se tabell 7.

Alvorlige korrosjonsangrep og tæringsskader (på utvendig skrog) kan i mange tilfeller ha sammenheng med jordforbindelse fra vekselstrømanlegg på kaia og jording av båtens likestrømanlegg. Jordingsfeil kan utvikle seg hurtig, derfor må alle båter som er utstyrt med landbaserte vekselstrømsystemer ha installert en skilletransformator for vekselstrøm. Denne anordning vil isolere både ladde og nøytrale faser i båtens vekselstrømsystem fra kaia og derved også eliminere en sannsynlig årsak til tæring.

Ved å montere instrumentet ”isolasjonsvakt” utstyrt med varsellampe som lyser rødt hvis overledning oppstår, kan eventuelle jordingsfeil overvåkes. En indikasjon på overledning i det elektriske anlegget kan være at sinkanoder på skroget forsvinner hurtigere enn før. Spesielt på mindre fiskebåter med hurtige stampe- og rullebevegelser setter store krav til montering og klamring av elektriske kabler og elektroniske installasjoner. En vesentlig andel av jordfeilene er periodiske og kan være vanskelig å oppdage når fartøyet ligger stille ved kai.

Separate jordforbindelser er nødvendig ved elastisk montering av motorer og for akselsystemer og ror hvor foringer av syntetisk materiale benyttes og danner isolerende forbindelser.

For katodisk beskyttelse av aluminiumsskrog vil bruk av enten sink- og aluminiumsanoder gi tilfredsstillende resultater. Offeranodene må inspiseres jevnlig, slik at disse blir skiftet i rett tid. Hvis ikke dette skjer kan kraftige korrosjonsangrep oppstå på skroget. Anoder må beskyttes ved bunnbehandling, slik at de ikke males over eller stoffes. Anoder av magnesium må ikke benyttes da dette metallet har for lavt spenningspotensiale i forhold til aluminium. Bunnstoffer som benyttes på undervannsskrog av aluminium for å hindre begroing, må ikke inneholde kopper eller kvikksølv.

Skadeårsakene er sammensatt. Når det gjelder forhold som ligger utenfor det enkeltes rederi/den enkelte fiskers hovedansvarsområde, så kan dette gjelde utvikling av

- kravspesifikasjoner som er høy/streng nok.
- beregnings-/dimensjoneringsregler som er tilpasset båttype/materialer
- gode konstruktive løsninger og detaljer
- standardiseringsarbeide
- gode vedlikeholds- og kontrollrutiner

Dette er arbeidsoppgaver som flere organ er involvert i. Her nevnes:

Næringsdepartementet  
Norges Fiskarlag  
Elektrisitetstilsynet

Fiskeridepartementet  
Sjøfartsdirektoratet  
Fiskeridirektoratet

Arbeidstilsynet  
Norges Standardiseringsråd  
El-forbund innen NHO

Det Norske Veritas  
Verkstedindustriens Landsforbund  
LO

De forslag til detaljløsninger som er framkommet og som er skissemessig beskrevet i denne rapporten er gjort etter beste skjønn. Bruk av disse løsningene i praksis av det enkelte rederi/den enkelte reder og/eller det utførende verksted/skipsverft eller andre, må disse organer stå fullt og helt ansvarlig for.

Avslutningsvis skal framheves at aluminium er et velegnet materiale til bruk også i fiskebåter. Imidlertid står det igjen en del å gjøre på flere områder for å kunne ta i bruk aluminiumens mange gode egenskaper på en optimal måte.

#### Oppsummering av viktige forebyggende tiltak:

- a) *Ved bruk av betong som ballastmateriale i fiskebåter av aluminium, må isolasjonsløsninger som på en sikker og permanent måte hindrer kontakt mellom betong og aluminium utvikles.*
- b) *Alternative ballastløsninger, herunder bruk av nye materialer, bør utvikles og sammenlignes med betong som ballastmateriale.*
- c) *For seilende båter bør det utvikles enkle og sikre prosedyre for inspeksjon av skroget.*
- d) *Betongballasten i lasteromområdet må være tørr. Et system for drenering og ventilasjon av rom bak innerkledning må forefinnes, slik at gassdannelser med påfølgende eksplosjonsfare kan unngås.*
- e) *Alle båter som er utstyrt med et landbasert vekselstrømsystem bør få installert en skilletransformator.*
- f) *Overledning og jordingsfeil kan varsles ved hjelp av instrumentet "isolasjonsvakt" som anbefales installert.*
- g) *Egne jordingsforbindelser er nødvendig på de deler som er isolert og/eller elastisk montert til skroget.*
- h) *Anoder av magnesium må ikke benyttes. Anoder må ikke overmales og de må skiftes i tide. Bunnstoff må ikke inneholde kopper eller kvikksølv.*

*Myndigheter, institusjoner som er nevnt nedenfor sammen med aluminiumsprodusenter som Hydro og Elkem må sørge for å legge bedre til rette for bruk av aluminium i fiskebåter*

- *Næringsdepartementet*
- *Fiskeridepartementet*
- *Sjøfartsdirektoratet*
- *Elektrisitetstilsynet*
- *Norges Fiskarlag*
- *Fiskeridirektoratet*
- *Arbeidstilsynet*
- *Det Norske Veritas*
- *Norges Standardiseringsråd*
- *Verkstedindustriens Landsforbund*
- *El-forbund innen NHO*
- *LO*



## 1. INNLEDNING

### 1.1 Bakgrunn

Norge er en stor produsent av aluminium som er et råmateriale som i hovedsak blir eksportert. Økt innenlands videreføring og bruk av aluminium er en prioritert oppgave. Aluminiumlegeringer som konstruksjonsmateriale blir i dag brukt i hurtiggående passasjerbåter, fiskebåter, kjøretøyer og i oljerelaterte virksomheter på sjø og land. Aluminiumslegeringer har lav egenvekt og oppfyller øvrige krav til viktige materialegenskaper. Dette gjør slike legeringer konkurransedyktig spesielt når det gjelder å oppfylle krav til fart, lasteevne og stabilitet for båter. Forutsatt riktig design/konstruksjon og vedlikehold har materialet stor korrosjonsbestandighet, noe som bidrar til reduserte kostnader til vedlikehold.

Aluminium legert sammen med andre materialer er det som blir benyttet som konstruksjonsmateriale. For enkelthets skyld blir samlebetegnelsen aluminium benyttet som benevnelse på slike materialkombinasjoner i denne rapporten

Imidlertid er aluminium blant de mest uedle metaller i spenningsrekken og dette medfører risiko for skader p.g.a. galvanisk og kjemisk korrosjon ved feilaktig dimensjonering / bruk av materialet. Rapporten omhandler slike problemstillinger på fiskebåter helbygget av aluminium.

Tæringsskader på fiskebåter med skrog av tremateriale og med dekk og overbygg av aluminium, har i lengre tid vært kjent som et problemområde i fiskerimiljøet. En del kartlegging og noe forskning er blitt utført tidligere og en del faglig dokumentasjon foreligger, se ref. /7/, /8/, /10/ og /11/.

De siste årene er det blitt bygd et betydelig antall fiskebåter i lengdegruppen fra 10 til 24 meter, hvor både skrog og overbygg er i aluminium. Samtidig er det rapportert noen tilfeller hvor relativt nye aluminiumsbåter har fått tæringsskader på skroget og hvor reparasjoner har vært nødvendig. En av de siste tæringssakene gjelder en fiskebåt bygget i 1995 på 60 fot (18,2 meter) og som ble forlenget midtskips i 1998 til 69 fot. I bunnseksjonen under lasterom, hvor betongballast var innstøpt, ble det registrert tydelige og større tæringsskader på plater og sveiseforbindelser og en del plater og bunnstokker måtte skiftes.

Fiskere med relativt nye aluminiumsbåter som vi har vært i kontakt med, var meget betenkte og engstelige for at også deres fartøy skal bli utsatt for tæringsskader med påfølgende reparasjoner. Fiskerne/båteierne ønsker derfor at noe må gjøres for å klarlegge problemomfang og årsaksforhold.

### 1.2 Prosjekt mål

Arbeidsmål for prosjekt :

- *Å foreta en kartlegging av antall hendelser og problemomfang\* samt avdekke mulige årsaker eller årsakssammenhenger med hensyn på tæringsskader eller -tilløp på fiskebåter bygget i aluminium. Videre komme fram med forslag til nye tiltak for å løse de oppståtte problemer*

Hovedaktiviteten ved kartleggingen har gått ut på å innhente erfaringsdata fra fiskere, båtbyggere og andre fagfolk om årsaker til tæringstilløp og oppståtte skader. Med dette som utgangspunkt vil det oppsummeres og konkluderes samt fremmes forslag til tiltak for å hindre ytterligere skader med påfølgende tap for båteierne.

\* Med problemomfang menes grad av skader og hvor omfattende disse er samt kostnadsanslag.

## 2. MATERIALEGENSKAPER ALUMINIUM

Ren aluminium er et metall med forholdsvis lav fasthet (strekkfasthet 65 – 105 Mpa) og stor duktilitet (bruddforlengelse 25-40 %). Aluminium i ren form har ingen anvendelse i bærende konstruksjoner. Tilsetning av legeringselementer øker styrken og mekaniske egenskaper forbedres ytterligere ved:

- Plastisk bearbeiding eller deformasjonshending
- Varmebehandling

Aluminiumslegeringer har bl.a. følgende egenskaper:

- Lav vekt i forhold til styrken (2,7 kg / dm<sup>3</sup>)
- Det er umagnetisk og ikke giftig hverken i fast eller oppløst tilstand
- Ca. 2 ganger større utvidelseskoeffisient og krymper tilsvarende mer enn stål
- Innebygde spenninger vil oppstå under sveising/oppvarming. Det er derfor viktig at sveisearbeid og montering av evt. skrogseksjoner utføres i riktig rekkefølge
- Materialet kan skjæres med sirkelsag og stikksag
- God varmeledningsevne og relativt lavt smeltepunkt (ca 600 °C)
- Korrosjonsbestandig fordi oksydhinnen som dannes på aluminium gir beskyttelse mot vær og mange kjemikalier.
- Korroderer raskt dersom oksydhinnen blir brutt.

Ved bygging av aluminiumsbåter skal det i følge Nordisk Båtstandard foreligge dokumentasjon i form av klasse- /verkssertifikater på at plater og profiler som benyttes er av godkjente typer og kvaliteter.

Tradisjonelt benyttes det to typer aluminiumslegeringer ved båtbygging. Det er legeringer av typen AlMgSi (6xxx serien) i ekstruderte profiler og AlMg (5xxx serien) i plater.

Pr i dag er det 7 legeringsvarianter i 5xxx-serien og 5 legeringsvarianter i 6xxx-serien som er godkjente av klaseselskapet Det Norske Veritas (DNV).

De mest vanlig brukte DNV-godkjente legeringer er NV 5083 til plater og NV 6082 profil som spant/strevere/bjelker og søyler. 5xxx serien blir vanligvis brukt i de delene av skroget som er permanent under vann, mens en kombinasjon av 5xxx-serien og 6xxx-serien blir brukt i de øvrige skrogdeler.

Det er også bygget serier av fartøy av 6082 legering i hele skroget. Områder i direkte kontakt med sjøvann har da vært malt og ingen skader som følge av korrosjon har vært registrert etter flere års operasjon.

Sveising av aluminium vil redusere fastheten i den varmpåvirkede sonen ved sveisen. Dette gjelder både for 5xxx legeringer og 6xxx legeringer og tas hensyn til ved dimensjonering.

### Korrosjon på sveiser:

Ved sveising av aluminium brukes normalt sveisetråd med noe avvikende legeringsinnhold sammenlignet med grunnmaterialet. Dette resulterer i at sveiestrengen får ulik kjemisk sammensetning i forhold til grunnmaterialet. DNV godkjent sveisetråd er: 5183 (AlMg4.5Mn) og 5356 (AlMg5)

De kjemiske forskjellene mellom sveiestreng og grunnmateriale medfører også lokal forskjell i korrosjonspotensial og dermed lokalisering av korrosjonsangrep. Avhengig av miljø og legeringsinnhold vil angrepene først skje i sveiestreng eller i grunnmateriale.

For 2xxx-, 5xxx- og 6xxx-serie aluminiumslegeringer er sveiseavsettet elektronnegativt i forhold til grunnmaterialet og sveiestrengen ofres på bekostning av grunnmaterialet, mens situasjonen er motsatt for 7xxx-serie legeringer.

### Korrosjonsbeskyttelse

I tilfelle hvor sveiestrengen angripes kunne man i prinsippet f.eks. spraye på et belegg på sveisen som var enda mer elektronnegativt enn sveiestrengen sammenlignet med grunnmaterialet. Belegget kunne vært f.eks. være sink eller en aluminium/sinklegering. Denne vil da ofres først og utsette/beskytte angrepet på sveiestrengen. Levetiden til belegget vil være avhengig av mengden/miljøet, etc, og må evt. fornyes periodisk.

**Tabell 1: DNV-godkjente aluminiumslegeringer til båtbygging**

Benevnelse	Legeringstype / Pris	Legeringstype / Pris
Aluminiumsplater	AlMg 4,5 Mn, legering 5083 (ca 30 kr / kg)*	AlMg 2,5, legering 5052 (ca 25 kr /kg)*
Aluminiumsprofiler	AlMgSi, legering 6082 (ca 27 kr / kg)*	
Sveisetråd	AlMg 4,5 Mn, legering 5183 (ca 60 kr/kg)*	AlMg5, legering 5356 (ca 55 Kr /kg)*

\* De i tabellen anførte priser er omtrentlige og gjelder for levering av større kvantum.

Det fremgår at innkjøpsprisen varierer med materialvalget. Av hensyn til sveisbarhet og korrosjonsbestandighet anbefaler leverandørene at materialkvalitet AlMg 4,5 Mn benyttes, spesielt i undervannsskroget, og med tilhørende sveisetråd.

Aluminiumslegeringer egner seg godt som byggemateriale til båter forutsatt valg av riktige legeringer og korrekt fagmessig utførelse. Isolering er et viktig begrep i forbindelse med bygging av aluminiumsbåter. Sist men ikke minst må båteier / skipper / maskinist være påpasselig og oppmerksom på eventuelle feil /avvik og systematisk gjennomføre ettersyn og vedlikehold av båten.

### **3. TÆRINGSKADER PÅ FISKEBÅTER AV ALUMINIUM**

#### **3.1 Undersøkelser av tæringsproblemer**

Kartleggingen (datainnhenting) i dette prosjektet er utført på følgende måter:

- Rykter og rapporter om tæringskader på fiskebåter i aluminium er sjekket og gjengitt.
- Noen fiskere/båteiere er kontaktet og intervjuet om erfaringer med eget aluminiumsfartøy.
- Noen båtbyggere er blitt kontaktet og intervjuet om sine erfaringer med aluminium som byggemateriale og eventuelle rutiner / tiltak for å hindre korrosjon / tæringskader.

#### **3.2 Intervju med byggeverft om forbehandling og ballastering**

##### **3.2.1 Finnvik Båtbyggeri AS, Tingvoll i Nordmøre (M)**

Hendelser / problemer / spørsmål:

I juni 1994 fikk MARINTEK henvendelse fra eieren av en Finnviksjarv på 43 fot, levert i 1993, som etter slipsetting ved byggeverkstedet hadde oppdaget noen gule striper utvendig på horisontale og vertikale sveiser på hudplater i kjølkassa hvor sementmørtel (betong) var brukt som fast ballast. I de bunnpartier hvor sand/grus var benyttet som fast ballast var det ingen antydning til tæring og alt så ut som nytt. Fra ferskvannstanken akter i motorrommet gikk et aluminiumsrør forover til innredning forut og i det partiet hvor røret gikk gjennom betong, var røret betydelig opptært.

Nærmere undersøkelse av sveiser på innsiden av kjølkassa viste at tilsatsmaterialet i sveisene var mer eller mindre omtrent forsvunnet. Aluminiumsplater og spant hadde fått en annen farge men var ikke direkte angrepet. Finnvik Båtbyggeri AS oversendte materialprøver til Veritec for analyse.

Eieren av en ca 1 år gammel identisk båt fra samme byggeverksted antok at samme materialer, sveisetråd, fagfolk og prosedyrer ved ballastering var benyttet og ønsket svar på følgende spørsmål:

1. Om direkte kontakt mellom sementmørtel og aluminium kan forårsake tæring på sveiseskjøter og platemateriale?
2. Han ønsket å legge inn ca 500 kg bly i kjølkassen under hovedmotor for å øke fartøystivheten og ville vite om blybarrene måtte beskyttes og i tilfelle på hvilken måte?
3. Sinkanoder ble benyttet for beskyttelse av undervannsskroget, var dette riktig?

Dimensjonering, ballastering og isolering:

- Lasterommet var dimensjonert for oppfylling med sjøvann.
- Verkstedet hadde benyttet en "hjemmelaget" blanding av sement og sand i de deler av bunnpartiet hvor tæringskader ble oppdaget.
- Betongen ble lagt direkte mot aluminiumsoverflater, uten bruk av isolerende mellomlegg.

- Uemballerte blybarrer ble innstøpt i betongen.
- Verkstedet opplyser å ha brukt platemateriale og sveisetråd av type A1Mg5 som ifølge leverandøren er godkjent og er kjemisk stabilt og sjøvannsbestandig.
- Verkstedet bruker kun erfarne og sertifiserte sveisere.

#### Analyseresultat / anbefalinger

*I brev datert 1994.06.03 oversender Veritec resultat fra spektrometisk analyse av sveiseavsettet og opplyser at avsettet og platematerialet inneholder ca 4 % aluminium, dvs. det er ikke noe som taler for at tilsatsmaterialet har hatt en feilaktig kjemisk sammensetning. Veritec kan ikke gi noen overbevisende forklaring på hvorfor korrosjonsangrepet er blitt så alvorlig i løpet av så kort tid, men kun konstatere at det ikke skyldes noen feil hos materialer eller ved fabrikasjon.*

*Veritec har ingen erfaring av liknende korrosjonsskader på aluminiumsmaterialer, men i tilfeller av korrosjonsskader på stål, såvel ulegert som rustfritt, er det vanlig at sveiser angripes betraktelig raskere enn platematerialet. Dette skyldes at "støpestrukturen" i sveiser er mer utsatt for korrosjon enn det valsede grunnmaterialet i platene.*

*Det er tegn som tyder på at tæringsproblemene kan ha sammenheng med bruk av betong som fast ballast i et innelukket fuktig basisk miljø der sementmørtelen ikke har fått anledning til å herde og tørke ut. PH-verdien for væsken i kontakt med mørtel er målt til ca 10, altså sterkt basisk, og under disse forhold kan elektrokjemisk tæring oppstå.*

*Aluminiumslegeringer er følsomme for korrosjon i våte alkaliske miljø og det er tydelig at det er kontakten med fuktig betong som har forårsaket skaden. Imidlertid er skaden langt alvorligere enn det som kunne forventes.*

- Bruk av betong som fast ballast uten skikkelig isolering med egnet primer og epoxy mot aluminium frarådes.
- Fordi blyet blir liggende i et fuktig område under dørk anbefales at blyet fylles i poser av tykk plast eller i plastdunker og at disse sikres mot forskyvning.
- Både sink- og aluminiumsanoder kan benyttes og gir tilfredsstillende resultater, men aluminiumsanoder har noe lavere spenningspotensiale og kan derfor sies å være noe mer effektive enn sinkanoder.

#### Utbedringstiltak:

Selv om tæringssskader ble oppdaget kun på en båt, så besluttet Finnvik Båtbyggeri, i samråd med båteierne, å fjerne betongen i de fire siste leverte nybygg og erstatte betongen med sand.

Bunnplater som hadde vært i direkte kontakt med betong ble også skiftet. Blybarrer som ble lagt inn som fast ballast ble emballert i plastdunker.

Verkstedledelsen har på grunnlag av denne affæren bestemt seg for at sand og bly skal benyttes som fast ballast i aluminiumsbåter fra dette verkstedet.

### 3.2.2 Mjosundet Båt og Hydraulikk AS, Aure i Nordmøre (M)

#### Hendelser / problemer:

I samtaler 16-06-94 og seinere har vi fått opplyst at den første helbygde aluminiumsbåt ble levert fra byggeverftet i 1980, den 45 fots store kystfiskebåten "Brødrene Reitan" M-309-SM, se tabell 4. Mjosundet med lang erfaring fra bygging av trebåter, har i dag spesialisert seg på bygging av båter og dekkmaskineri i aluminium. Verftet har så langt ikke oppdaget å ha gjort noe galt og har heller ikke fått melding fra båteliere om tæringsskader på sine fartøyer av aluminium, med unntak av M/S "Charmi", se omtale i avsnitt 3.3.3.

#### Dimensjonering, ballastering og isolering:

Prosedyren for ballastering av nybygg er:

- Lasterommet på fartøyer som ifølge kontrakten skal drive med not blir alltid dimensjonert for oppfylling av lasterommet med sjøvann.
- Dagens praksis for ballastering av aluminiumsbåter er et resultat av forskjellige eksperimenter som gjennom årene har vært utført av og ved verkstedet.
- Aluminiumsoverflater i de områder av bunnen hvor betong skal plasseres påføres en polyester-/epoxyblanding som isolerende mellomlegg. Stoffet får anledning og tid til å herde og tørke ut før påfylling med sementmørtel (betong).
- Som ballastmateriale har man benyttet vanlig betong (blandingsforhold 1:3) og det legges inn blybarrer i betongen for å øke egenvekten. Fast ballast blir sikret mot forskyvning.

#### Anbefalinger

1. Bruk av betong som ballast uten et skikkelig isolerende mellomlegg mot aluminium frarådes. Verftet bruker i dag i hovedsak blybarrer nedlagt i bunntanker som ballast i midtskipsområdet.
2. Verkstedet har erfart at bruk av riktig materialkvalitet i platemateriale med tilhørende sveisetråd samt sertifiserte sveisere er viktige for å oppnå et tilfredsstillende resultat.
3. Alle montører og sveisere ved verkstedet gjøres oppmerksom på at aluminium raskt kan bli angrepet og opptært hvis materialet står i ledende kontakt med edlere metaller som stål og kopperlegeringer i et fuktig marint miljø.
4. Isolering er et "nøkkelord" i enhver sammenheng i forbindelse med bygging av fartøyer i Aluminium.



### 3.2.3 Jakobsen Mek. Verksted AS, Lurøy i Nordland (N)

#### Hendelser / problemer:

I samtaler 17-06-94 og seinere har vi fått opplyst at verftet så langt ikke har oppdaget noe galt eller fått melding fra tidligere kunder om tæringsskader på aluminiumsbåter som verftet har bygget/levert.

#### Dimensjonering, ballastering og isolering:

Prosedyren for ballastering av nybygg er:

- Plater og profiler i områder av bunn hvor fast ballast skal plasseres påføres en grunningsprimer på jernoksydbasis. Siden aluminium og sementmørtel har svært ulik utvidelseskoeffisient, tildekkes hudplater, bunnstokker og spant med tykk bygningsplast for å isolere aluminium fra sementmørtel.
- Tiden mens betongen herder er mest kritisk. Rommet mellom bunnstokker fylles deretter opp med betong iblandet ballaststein.

Båtbygger tvilte på om bruk av plast som isolerende mellomlegg mot aluminium var nødvendig, dette fordi han nylig (1994) hadde fått inn til verftet og kuttet av en 12 år gammel aluminiumsbåt, som de selv hadde bygd, for midtskipsforlengelse.

Den gang ble betong lagt direkte på aluminium uten mellomliggende plast, aluminiumsoverflater ble kun grunnet med primer. For denne båten var alt i orden, ingen tæring hverken på plater eller sveiser. Lasterommet på denne båten hadde innerkledning, men denne var ikke dimensjonert for vannfylling og rommet hadde såvidt han kjente til aldri vært oppfylt med sjøvann av båteieren i driftsperioden.

#### Anbefalinger:

Verkstedet bruker platemateriale og sveisetråd av type AlMg5 som ifølge leverandøren er kjemisk stabilt og sjøvannsbestandig. Verkstedet bruker kun erfarne og sertifiserte sveisere.

### 3.2.4 Birger M. Pedersen, Mekanisk Sveiseverksted, Kristiansund (M)

#### Hendelser / problemer:

I telefonsamtale 16.12.98 med tidligere båtbygger Birger M. Pedersen, fikk vi opplyst at verkstedet i perioden 1973-80 leverte 26 aluminiumssjarker av størrelse like under kontrollgrensen på 10,67 m.

Flere av disse båtene har i perioden 1985-92 blitt kuttet av midtskips og forlenget til ca 12-14 meters lengde. Han har snakket med flere byggeverksteder og båteiere som har gjort dette og ingen tæringsskader er oppdaget i forbindelse med kutting av båten midtskips og klargjøring før forlengelsen.

#### Dimensjonering, ballastering og isolering:

Prosedyren for ballastering av nybygg har vært:

- Lasterommet på båtene hadde kun garnering i sider, mens betongtopp var åpen i bunn og rommet var derfor ikke arrangert for oppfylling med sjøvann.

- Som ballastmateriale i alle båtene ble det brukt hjemmelaget betongblanding lagt direkte på aluminiumsplater uten bruk av mellomliggende isolasjon.
- Betongoverflaten i lasterom var åpen for utharding/uttørking og dannet dørken i lasterommet

Tæringsskader på aluminium ved bruk av sementmørtel er begrenset til selve utherdingsfasen, relativt tørr uthertet betong vil ikke forårsake korrosjon.

#### Anbefalinger fra tidligere båtbygger:

Han var særs påpasselig med jording av elektrisk anlegg for å unngå strømlekkasjer og brukte anoder av aluminium på undervannsskroget.

Dagens praksis hvor det brukes sinkanoder på aluminiumsbåter er han uenig i.

Isolering er et nøkkelord i forbindelse med bygging av aluminiumsfartøyer.

Søkelyset bør rettes mot fagmessig arbeidsutførelse, materialkvaliteter og sveisetråd som verkstedene benytter i dag.

Priskrigen medfører desverre at mange verkstedeiere tar sjanser og fraviker egne krav til kontroll / kvalitetsikring for derved å redusere anbudspris og byggekostnader.

### **3.2.5 Solnes Båt AS, Nærøy i Nord-Trøndelag (NT)**

#### Hendelser / problemer:

Solnes Båt A/S har i perioden 1995-96 oppdaget tæring i kjølkassen under lasterom på to aluminiumsfartøyer som verkstedet har bygget og levert.

På det første fartøyet M/S "Stig Harry", reg.nr. NT-94-V, ble tæring av sveisene i bunnseksjonen oppdaget etter ca 2,5 års drift i forbindelse med slipsetting og kutting for forlengning av fartøyet midtskips.

På det andre fartøyet M/S "Arnøyfjord", reg.nr. NT-100-NR, ble det oppdaget fukt utvendig på sveiser i kjølkassen midtskips i forbindelse med slipsetting for rutinemessig vedlikehold. I dette tilfellet hadde prosessen gått hurtig fordi da båten på nytt ble slipsatt tre uker senere for å kontrollere sveisene så sprutet det vann ut gjennom sveiser i kjølkassen under lasteromseksjonen.

Nærmere undersøkelser sammen med Skipskontrollen av M/S "Arnøyfjord", etter at fast ballast i bunnparti under lasterom var fjernet, avdekket følgende skader i midtskipsområdet, se bilde 9 og 10.

- a) Sementmørtel (blandingsforhold 1:3) var fullstendig oppløst i nedre del av kjølkassen og væsken som fantes i dette området var særs illeluktende
- b) Loddrette og horisontale sveiser på hudplater i kjølkasse, bunnstokker og skott var delvis helt opptært.
- c) Samtlige sveiser mellom bunnstokker og hudplater i kjølkassen var opptært og bunnstokkene var løse.

- d) Samtlige spant i bunnpartiet var delvis løsnet i en lengde på ca 1 meter fra forbindelsen spant/bunnstokk og oppover fordi sveisene var opptært
- e) Tæringsskader ble oppdaget på noen platefelt i nedre del av kjølkasse hvor det kun var benyttet betong.

Skipskontrollen forlangte at en del tærte hudplater og bunnstokker i bunnseksjon ble utskiftet og at mindre skader på bunnstokker ble utbedret. Det ble ikke oppdaget tæringsskader der sementmørtel var brukt som fast ballast hverken i maskinrom akter eller under innredning i forkant av lasterom.

#### Dimensjonering, ballastering og isolering:

Solnes Båt opplyste i telefonsamtale 17.06.94 at verkstedet har benyttet følgende prosedyre ved ballastering av sine nybygg:

- Plater og profiler påføres 2 strøk jernoksydprimer, fabrikat PTX – kjemi som isolasjon
- I kjølkassen under lasterom og i motorrom benyttes betong (bl.forhold 1:3) som fast ballast.
- I siderom mellom bunnstokker i lasteromsområdet støpes først en betongpute mot aluminiumsoverflater. Denne får anledning til å herde ut før pellets og stålkapp blir lagt inn. Unngår at stålpellets kommer i direkte kontakt med aluminium.
- En ny betongpute på toppen sikrer ballasten mot forskyvning.

#### Verkstedets konklusjoner om årsaken til tæringsskadene:

Et fellestrekk var at begge fartøyene hadde helsveist innergarnering i lasterommet, men denne var ikke dimensjonert og heller ikke godkjent for vannfylling og føring av fiskelast i sjøvann.

Under sildefiske har lasterommet likevel blitt oppfylt med sjøvann, sprekker og lekkasje til rommet bak innergarneringen har oppstått og væske har blitt stående over tid i direkte kontakt med betong i kjølkasse og under dørk i lasterommet. SINTEF Materialteknologi har overfor verkstedet bekreftet at væsken hadde en PH-verdi på ca 10, altså en alkalisk væske.

En alvorlig jordfeil ved båtens landstrømanlegg ble også avdekket ombord i "Stig Harry" NT-94-V og ga forklaring på hvorfor sinkanodene på undervannsskroget ble opptært i løpet av 3 måneder. Verkstedet hevder at begynnende tæring i en hudplatesveis like foran lasteromskottet stoppet opp da rederen fjernet jordkontakten i landstrømkabelen.

Verkstedet konkluderer med at hovedårsaken var elektrokjemisk tæring, der spesielt aluminiumsveisene som er nedlegert og mindre motstandsdyktig i sveisesonen enn platematerialet ble oppløst under hydrogenutvikling.

Sveiser på søsterskip fra samme tidsperiode er kontrollert ved bruk av ultralyd, uten at feil eller skader er blitt oppdaget hittil.

#### Tiltak iverksatt ved utbedring av tæringsskadene:

- Foruten 2 strøk jernoksydprimer ble grunnmurplast (vorteplast) benyttet som ekstra isolasjon mellom betong og aluminium.
- Det ble dessuten anordnet for drenering i bunn og utlufting av rommet bak innerkledning og under dørk i forbindelse med reparasjonen..
- Arbeidet med "Arnøyfjord" ble avsluttet i månedsskiftet august/september -96.

### 3.2.6 Båt- og Motorservice AS, Austafjord i Vikna (NT)

#### Hendelser / problemer:

I samtale/bedriftsbesøk 25-11-98 får vi opplyst at bedriften Båt- og Motorservice AS så langt har levert 16 fiskebåter bygget i aluminium. Bygg nr.16, en 49 fots kystfiskebåt, M/S "Karianne", reg.nr N-417-B, rigget for fiske med garn og not, var under utrustning i verkstedhallen.

For egne fartøyer har byggeverftet hittil ikke avdekket eller fått melding om tæringsproblemer hvor betong er benyttet som fast ballast.

#### Dimensjonering, ballastering og isolering:

Byggeverkstedet har hittil påført epoksy primer på aluminium hudplater / bunnstokker som isolasjon mot betongen, (blandingsforhold 1:7) og plassert uemballerte blybarrer i mørtelen for å øke egenvekten av fast ballast.

Fordi årsakene til de oppståtte tæringsproblemer på relativ nye aluminiumsbåter ikke er klarlagt, har verkstedet besluttet at betong skal erstattes av samfengt grus for nybygget som er under utrustning i byggehallen.

Følgende prosedyre er benyttet på bygg nr. 16 i forbindelse med ballasteringen:

- 2 strøk Hempadur epoksy primer påføres aluminiumsoverflater i områder hvor fast ballast skal plasseres.
- Oppfylling med samfengt grus til over bunnstokknivå i lasteromsområdet
- Ca. 5 tonn blybarrer à ca 37 kg, pakket inn i plast legges inn i grusen
- Oppfylling med samfengt grus på toppen som pakkes tett og sikres mot forskyvning av en påsveiset aluminiumsplate
- Anordning av dren i bunnen av lasterom. Utlufting av rommet bak innerkledning.

### 3.2.7 Kåre Holthe & Sønner AS, Måneset i Nærøy (NT)

#### Hendelser / problemer:

I samtale/bedriftsbesøk 25-11-98 får vi opplyst at bedriften hittil har levert ca. 70 fiskebåter og oppdrettsbåter i aluminium, de aller fleste uten helsveist innerkledning i lasterom.

I 1993 fikk man høre rykter om tæringsproblemer på relativ nye aluminiumsbåter hvor sementmørtel var benyttet som fast ballast.

Verkstedets første båt med helsveist innerkledning i lasterom var under bygging og for å sikre at betongen fikk anledning til utharding og tørking, ble det besluttet å anordne for lufting og uttørking av rommet bak innerkledning. Kanalsystemet for luftsirkulasjon gikk fra maskinrom og ut til friluft via lufterør på bakkdekk.

For egne fartøyer, uten innerkledning i lasterom, har verkstedet hittil ikke avdekket eller fått melding om tæringsproblemer på leverte fartøyer.

### Dimensjonering, ballastering og isolering:

Byggeverkstedet har i ca. 15-16 år, dvs. inntil 1993, benyttet følgende prosedyre for innlegging av fast ballast i sine aluminiumsbåter:

- 2 strøk PTX-primer på aluminium som får herde og tørke ut
- Oppfylling med betong (blandingsforhold 1:7), og med blybarrer innlagt til over bunnstokknivå i lasterom.
- Betongen ble strøket av på bunnstokk- og spantflens opp til øvre langskips knekklinje i lasterom.

Fordi årsakene til de oppståtte tæringsproblemer på relativt nye aluminiumsbåter ikke er klarlagt har verkstedet, i samråd med båteier for eksisterende nybygg, bestemt at bruk av sementmørtel skal utgå og erstattes med samfengt grus.

Følgende prosedyre for ballastering blir nå benyttet:

- 2 strøk PTX-primer på aluminium hvor grus skal fylles
- Kjølkassen under hovedmotor oppfylles med samfengt grus og med plastemballerte blybarrer til bunnstokknivå.
- Fast ballast sikres mot forskyvning ved at ballastrommet lukkes med helsveist tett aluminiumsplate på toppen
- Kjølkassen og rom mellom bunnstokker i lasterom oppfylles med samfengt grus til over bunnstokkflensen, ca 10 tonn plastemballerte blybarrer legges inn
- Samfengt grus legges over blybarrer og til øverste langsgående knekklinje pakkes tett og sikres mot forskyvning av innerdørken i lasterommet
- Luftarrangementet opprettholdes som for tidligere fartøyer

### **3.2.8 Moen Slip AS, Kolvereid i Nærøy (NT)**

#### Fartøyet:

Under bedriftsbesøk 26-11-98 foretok vi en befaring ombord i nybygget M/S "Stig Harry", reg. nr NT-50-V, som lå inne for påbygging av shelterdekk og stabilitetsmessig lukking av fartøyet. Verftet har i 1998 bygget denne kystfiskebåten på 69 fot i aluminium etter Solnes Båt design.

#### Lasterom

RSW-tankene på nybygget "Stig Harry", reg.nr. NT-50-V, består av en senterseksjon og to sideseksjoner. Rommet er dimensjonert for oppfylling med sjøvann og isolert med polyurethanskum mot skutesider og under dekk. Maskinromskott i akterkant og skott mot innredning i forkant av lasterommet er isolert med Rockwool plater. Innvendig er RSW-tankene kledd med helsveiste aluminiumsplater.

#### Prosedyre ved plassering av fast ballast ombord:

Vekten av fast ballast er ca 45 tonn, fordelt på ca 30 tonn sementmørtel, levert fra lokal betongstasjon og ca 15 tonn blybarrer. Ballasten er plassert mellom bunnstokker og spant i lasterom og motorrom etter følgende prosedyre:

- Anordning av langsgående rennestein (drenskanal) i bunnen av kjølkassa, inkl. røropplegg for gjennomspyling og utlufting
- 2 strøk epoxy primer for aluminium av fabrikat Hempel som får anledning til utherdning og tørking.
- PVC grunnmurplater (vorteplast) lagt på hudplater, bunnstokker og spant som ekstra isolasjon mellom betong og aluminium
- Oppfylling med betong, blandingsforhold 1:3 og med blybarrer lagt inn i betong til over bunnstokknivå i motorrom og lasterom.
- Betongplate ble støpt på toppen for sikring av blybarrer.

### 3.2.9 Mineralsammensetning i grus brukt som fast ballast i Nord-Trøndelag

De omtalte byggeverftene i Nærøy og Vikna henter grus fra Val landbruksskole, Strand i Nærøy. Landbruksskolen og pukkverket ble besøkt på rundreisen av Farstad og Aasjord i november –98. Samfengt grus fra pukkverket, beliggende på Strand, har i følge analyse, utført av SINTEF Konstruksjoner og Betong i 1995, følgende bergarts- /mineralsammensetning, se tabell 2.

**Tabell 2: Mineralsammensetning i ballastgrus fra Strand i Nærøy**

PUKKFRAKSJONEN 2-4 mm fra MASKINSAND 0-8 mm	Volum %	Alkalieraktivitet
Gneis / granitt*	91	Ikke reaktiv
Amfibolitt	4	Ikke reaktiv
Omdannet bergart	2	Ikke reaktiv
Kvartsitt, grovkornet	1	Ikke reaktiv
Feltspat	1	Ikke reaktiv
Kataklasitt	1	Ikke reaktiv

#### Kommentarer til tabell 2:

- Det er hovedsakelig kvarts og feltspat som bygger opp gneis og granitt, gneisen i prøven var stedvis glimmerrik
- Både gneis, amfibolitt og svovelkis inneholder noe jern, men i ubetydelige mengder
- Mørk farge på veigrus (subbus) indikerer et noe høyere jerninnhold
- Mineralsammensetning kan variere avhengig hvor det kommer fra i landet



### 3.2.10 Saltdalsverftet AS, Rognan (N)

Ved bedriftsbesøk utført av Aasjord 16-12-98 ble det foretatt befaring ombord på bygg nr. 190, et 72,5 fots (22,10 m) nybygg, M/S "Korsnesfisk", reg. nr. F-90-BD og hvor en også hadde samtaler med verftledelsen og reder/skipper.

Også dette fartøyet er av Solnes Båt design og rigget for fiske med driftskombinasjonen not og snurrevad på årsbasis. Hele fartøyet var bygd av aluminium, lasterommet skulle isoleres og kles med aluminiumsplater mot dørk, skutesider, skott og under dekk. Fartøyet ble overlevert i mars-99.

#### Prosedyre ved plassering av fast ballast ombord:

Vekten av fast ballast var beregnet til ca 54 tonn, og skulle bestå av ca 44 tonn betong (blandingsforhold 1:3) og ca 10 tonn blybarrer. Betongen som leveres fra Rognan Betongfabrikk tilsettes Betokem SP-44. Ballasten ble plassert i bunnen mellom bunnstokker og spant i lasterom og motorrom, og følgende prosedyre ble fulgt:

- Ett strøk to-komponent primer, Hempel 1557, smøres tykt på rengjort og avfettet aluminium
- Ett strøk epoxy primer av samme type som brukes i vanntanker påføres deretter. Primeren gis tid til å herde og tørke ut
- Fyller opp med betong fra bunnen og opp til underkant av bunnstokkflenser i lasterom og motorrom
- Blybarrer pakket i plastfolie blir innblandet i betongen
- Arrangement med luftkanaler fra over betongtopp under dørk i lasterom. Det anordnes gjennomlufting fra maskinrom over betongtopp i lasteromsområdet og via lufterør til over shelterdekk.

Kostnadsoverslag ved ballastering ble innhentet fra verftsledelsen, se oppsett i tabell 3:

**Tabell 3: Kostnadsoverslag for fastballast for ca 73 fots aluminiumsfartøy**

Kostnadsart	Mengde /Enheter	Enhetskostnad	Kostnader
Betong	Ca 20 m <sup>3</sup>	1500 kr / m <sup>3</sup>	Kr 30.000,-
Blybarrer	Ca 10 tonn	6100 kr / tonn	Kr 61.000,-
Primer / Maling	Ca 75 liter	Ca 70 kr/liter	Kr 5.250,-
Sjauing betong/maling	Ca 120 timer	Ca 290,- / time	Kr 34.800,-
Diverse kostnader			Kr 3.950,-
		Sum total :	Kr 135.000,-

### 3.3 Referat fra intervju med båteiere / fiskere

I slutten av 1998 har vi forespurt noen båteiere / drivere av aluminium fiskefartøyer om deres driftserfaringer og om eventuelle tæringsproblemer på eget fartøy:

**Tabell 4 : Intervjuer gjort med fiskere / eiere av aluminiumsbåter**

Båtnavn / Lengde o.a.	Byggeverksted / Byggeår/omb.	Uttalelse fra båteier om eventuelle tæringskader m.m.
"Jensen Junior" N-63-VV 13,62 m	Grovfjord Båtbyggeri 1977	I følge kilder er det oppdaget noen tilfeller av mindre tæringskader, men dette kan skyldes strømlakkasjer.
"Rollon jr" 12,00 m	Birger Pedersen 1978/omb-82	<u>Erling Pedersen</u> har drevet båten i 20 år og forlenget den i 1982, men ingen tæringskader er oppdaget så langt.
"Hustabuen" 13,05 m	Birger Pedersen 1978/omb-85	<u>Harry Myren</u> forlenget båten i 1985, men ikke oppdaget noen tæringskader (Ingen isolasjon betong/aluminium).
"Brødr. Reitan" M-309-SM 13,53 m	Mjosundet Båtbyggeri AL 1980	<u>Nils P Reitan</u> (skipper/medeier) har hatt denne båten hele tiden, er meget godt fornøyd med båten og ikke erfart noen tæringsproblemer/-skader.
"Frimann" NT-6-NR 10,23 m	Båt og Motor- service AS 1985	<u>Hans Moen</u> er (i flg. Terje Moen) også godt fornøyd med sin båt. Isolasjon mot aluminium, ingen tegn til tæring.
"Sjarmør" SF-14-SU 21,20 m	Ørjavik Industr. 1985/omb-88	<u>Jostein Saltskår</u> (medeier) melder om generelt gode erfaringer med deres 70 fots aluminiumsbåt, men det har vært tilløp til tæring i lensebrønner.
"Lovundværing" N-40-L 16,65 m	Båt og Motor- Service AS 1985/omb-97	<u>Rune Johansen</u> er i følge båtbygger Åge Nielsen godt fornøyd sin aluminiumsbåt. Ingen tegn til tæring da båten ble forlenget med 2,5 meter i 1997.
"Rambo" N-77-VR 10,66 m	Henriksen Båtbyggeri 1987	<u>Sigurd Blomseth</u> (skipper/eier) sier at betong er brukt som fast ballast med isolasjon mot aluminiumshud. Ingen tæringskader/-problemer
"Abelværing" NT-80-NR 10,54 m	Båt og Motor- service AS 1994	<u>Terje Moen</u> (skipper/eier) er fornøyd med båten. Ballasten (14 tonn) nedlagt som betong, blybarrer, pukk. Jernpellets i plastdunker i hekken, ikke bulkrom, ingen tegn til tæring.
"Slettholmen" * N-14-L 20,18 m	Jakobsen Mek. Verksted AS 1996	<u>Gunvall Johansen</u> har så langt ikke oppdaget noen tæringskader, men hadde en kraftig eksplosjon mellom garnering under rep.sveising i lasterom da båten var ny, store skader.
"Ny-Viking" M-110-SM 14,99 m	Promek Industrier AS 1996	<u>Olav Fredriksen</u> (skipper/reder): Har så langt ikke sett tegn til korrosjon/tæring, men er p.g.a. hendelser med andre båter meget engstelig for at tæringskader skal oppstå.
"Leibøen" N-150-V 14,08 m	O. Ulvan Båtbyggeri AS 1997	<u>Torstensen</u> (skipper/medeier). Isolert lasterom/ bulkrom, ca. 35 m <sup>3</sup> . 12 + 5 tonn fast ballast. Så langt ingen tegn til tæring, men ønsker opplegg for bedre ballastinspeksjon.
"Havlys" H-40-ØN 14,99 m	Mjosundet Båt & Hydraulikk 1997	<u>Rasmus Herdlevær</u> (skipper/reder) har så langt ikke oppdaget noen tilløp til tæring. Behov for mer ballast ved notdrift, planer om påsetting av stålkjøll på ca. 10 tonn.
"Nargtind" N-8-L 21,05 m	Jakobsen Mek. Verksted AS 1997	<u>Rudolf Johannessen</u> har hittil ikke oppdaget tegn på tæring på sin 70 fots kombinasjonsbåt. Er så er han langt godt fornøyd med aluminium som byggemateriale.

\* Ombord m/s "Slettholmen" var det en kraftig eksplosjon i lasterommet da båten ganske var ny, se avsnitt 3.3.4

### 3.3.1 Diverse utsagn om tæringsproblemer m.m. fra eiere av aluminiumsbåter

- Viktig å kontrollere tæringsforløp av offeranoder samt å skifte disse i tide
- At lasterommet blir oppfylt med sjøvann under sildefiske er vanlig praksis. Når helsveist innergarnering i lasterom blir spesifisert så bør denne dimensjoneres for vannfylling av lasterommet.
- Generelt behov for bedre kvalitetsikring av leveranser og arbeid ved mindre verksteder
- Båteiere er godt fornøyd med aluminium som byggemateriale fordi disse båtene er lettere å forlenge / rigge om sammenlignet med plastbåter.
- Båteiere ønsker i dag muligheter for inspeksjon av fast ballast og deler av skroget som er utilgjengelig f.eks. under dørk og bak garnering i lasterom.
- Krav til fagmessig utførelse av aluminiumsveiser må oppfylles, ellers vil konsekvensen bli utmatting og sprekkdannelser på belastede konstruksjoner
- En båtbygger har opplyst at han har mistanke om at bruk av sveisetråd med for lite magnesiuminnhold i båter kan resultere i at sveiser blir offeranode for aluminiumsplater
- MOB-båter bygget av aluminium som ikke hadde malt bunnparti og gikk i stor fart, toppfart 50 knop, fikk etter kort tid tæring på bunnplatene. Forklaringen gitt til båtbyggeren var at vannfriksjonen langs bunnpartiet utviklet klorogasser som angrep aluminiumsoverflaten.

For nyere fiskebåter hvor det er rapportert tæringstilløp og betydelige tæringskader, se tabell 5:

**Tabell 5 : Fiskebåter av aluminium som har hatt omfattende skader på grunn av tæring og/eller eksplosjoner (oppdatert 1999-10-20).**

Båtnavn	Reg.nr.	Lengde o.a.	Byggeverksted	Byggeår	Ombygd / Repartert
"Meløybas" Ex. "Stig Harry"	N-278-ME NT-94-V	17,27 m	Solnes Båt AS, Ottersøy	1992	1994
"Havsvalen"	M-18-T	13,14 m	Finnvik Båtbyggeri AS	1994	1995
"Arnøyfjord"	NT-100-NR	14,38 m	Solnes Båt AS, Ottersøy	1992	1996
"Slettholmen"	N-14-L	20,18 m	Jakobsen Mek. Verksted AS	1996	1997
"Brattskjær"	NT-346-V	21,30 m	Solnes Båt AS, Ottersøy	1995	1998
"Charmi" Ex. Amazon (91)	F-27-G	14,99 m	Mjosundet Båtbyggeri AL	1988	1998/99
"Solværgutt"	N-22-A	18,05 m	Skogsøy Båtbyggeri AS	1998	Mai 1999
"Fugeløybuen"*	N-328-A	(14,95m) 18,02 m	Olsen & Hansen / Grovfjord Båtb.	1987 / forl. 1993	Sept.1999

\* "Fugeløybuen" er det siste betydelige skadetilfellet som er rapportert og her vises det til rapport datert 1999-09-09 av Harald Justnes, SINTEF Bygg og miljøteknikk, ref. /5/.

### 3.3.2 Tæringsskader på M/S ”Brattskjær” NT-346-V

Båten ble levert som nybygg fra Solnes Båt AS i 1995 til reder Odd Nergård AS, Rørvik. Tæringsskader innvendig på hudplater og på sveiser i bunnseksjonen under lasteromsområdet ble oppdaget på slippen ved Mjosundet Båt og Hydraulikk AS der fartøyet ble kuttet midtskips for forlenging av fartøyet i mai 1998.

Nærmere undersøkelser etter at fast ballast i bunnpartiet under lasterom var fjernet, avdekket følgende skader i midtskipsområdet:

- Betongen under lasteromsdørk var våt og fuktig i nedre del av kjølkassen
- Loddrette og horisontale sveiser på hudplater i kjølkasse var delvis helt opptært
- Sveiseforbindelser mellom bunnstokker og hudplater i kjølkassen var helt opptært og bunnstokker var løse nær kjølen.
- Tæringsskader ble oppdaget på platefelt i kjølkassen hvor betong var i direkte kontakt med aluminium, deler av aluminiumsoverflaten lignet et ”appelsinskall”

Skipskontrollen forlangte at skadde hudplater i bunn samt at en del bunnstokker ble utskiftet og at mindre skader på bunnstokker ble utbedret. Sveiseforbindelser ble utbedret hvor dette var nødvendig. Det ble ikke oppdaget tæringsskader på hudplater i kontakt med betong hverken i maskinrom akter eller i forkant av lasterom. Dobbeltbunntanker for brennolje ble anordnet under lasterom i forbindelse med forlengingen. Rommet bak innerkledning, under dekk, skott i for- og akterkant samt dørken ble isolert i forbindelse med reparasjonen. Rederen ønsket at all betong ble fjernet i bunnpartiet under lasterom og erstattet med ca 30 tonn blybarrer innlagt i brennoljetanker.

#### Hovedårsak til tæringsskaden:

Fartøyet hadde opprinnelig helsveist innergarnering i lasterommet, denne var dimensjonert og godkjent for føring av fiskelast i sjøvann. En dreiskanale var anordnet i bunn av kjølkassa for gjennomspyling og rengjøring med ferskvann. I følge reder var denne tilstoppet og vann har blitt stående i lengre tid i direkte kontakt med betong i kjølkassen under dørk i lasterommet. I følge byggeverftet (Solnes Båt AS) var det blitt laget prosedyrer for gjennomspyling og rengjøring under betongballast, dette for å hindre væskeansamling. Båtbygger påstår at disse rutiner ikke er blitt fulgt.

Hovedårsaken til tæringsskadene synes være at betongen har vært omgitt av vann og at den primeren som var benyttet som grunningsbelegg på plater og sveiser ikke har vært tett mot alkalisk vann. Dessuten vil sprekker og sår i grunningsbelegget medføre direkte kontakt mellom betongvann og aluminium. Resultatet blir etsing/tæring der aluminiumslegering og sveiser har blitt oppløst til et hvitt slam (aluminiumhydroksid) samtidig med at hydrogen-/knallgass ble frigjort under reaksjonen.

Skadene er nå utbedret av verkstedet, fartøyet er igjen kommet i drift og rederen har fått en større båt og en bedre arbeidsplass.

### 3.3.3 Tæringsskader på M/S "Charmi" reg.nr. F-27-G

M/S "Charmi"(eks. "Amazon") ble levert som nybygg fra Mjosundet Båtbyggeri AL i 1988. Båten er i dag heimehørende i Mehavn, og eies av Charmi ANS som har hatt båten de siste 8 år.

Fartøyet har siden senhøsten 1998 ligget på verksted ved Havøysund Patentslip, for reparasjon av tæringsskader som første gang ble oppdaget som groptæringer utvendig på hudplater for ca 3 år siden. Tæringsgropene ble ikke tatt på alvor før båten ble slipsatt for utbedring av kjølskade etter en grunnstøting høsten 1998.

Verkstedet opplyser at representanter fra Skipskontrollen i Hammerfest har besikket skadene og tatt avgjørelse om hva som skulle skiftes ut.

Medeier Øystein Eilertsen opplyser i telefonsamtale 26-05-99 at arbeid med utbedring av tæringsskader på undervannskroget fortsatt pågår. Alle hudplater under vannlinjen samt tre bunnstokker ble forlangt utskiftet og tæringsskaden ble taksert til ca N.kr 1,8 mill.

Som mulige årsaker til tæringsskadene opplyses fra verkstedet:

- Manglende kontroll av tæringsforløp på offeranoder samt forsømmelse av å skifte ut og fornye opptærte sinkanoder på undervannskroget.
- Slurv i forbindelse med rengjøring / spyling av bunnen før påføring av primer og bunnstoff
- Mistanke om at bunnstoff som inneholder kopper er blitt brukt på undervannskroget
- Jordingsfeil ved det elektriske anlegget har blitt oppdaget i forbindelse med bruk av landstrøm
- Hadde tidligere jordingsfeil på dynamo som medførte at det ble tært hull i skroget
- 15-20 brukte oljefiltre ble i følge verkstedet funnet i kjølkassa under hovedmotor

Driftsingeniøren ved reparasjonsverkstedet opplyser at det ikke ble oppdaget noen tæringsskader innvendig på hudplater eller sveiseforbindelser i de områder hvor betong var plassert mot bunnstokker og plater. Dette tyder på at isolasjonen mellom betong og aluminium har vært tilfredsstillende utført i forbindelse med bygging av fartøyet.

Fartøyet har aldri brukt not og derfor har det heller aldri forekommet at lasterommet har blitt oppfylt med sjøvann. Innergarneringen har iallfall vært tett og betong brukt som fast ballast har i driftsperioden lagt i et relativt tørt område av båten og følgelig er det liten eller ingen risiko for kjemisk tæring.

### 3.3.4 Eksplosjon ombord i M/S "Solværgutt" og M/S "Slettholmen"

M/S "Solværgutt", reg. nr. N-22-A, ref. /4/, SINTEF –notat av 3/6-99 av Harald Justnes  
Skipper / båteier : Magne Edvardsen, 8341 Bleik Mobil : 948 97 420

M/S "Solværgutt" N-22-A, er et nybygg av aluminium med største lengde 18,05 m levert fra Skogsøy Båtbyggeri AS, Mandal, desember 1998. Innergarneringen i lasterommet er helsveist og oppbygd av 4 mm aluminiumsplater. Mellom garnering og hudplater er det brukt steinull som isolasjon. Båten har ca. 32 tonn fast ballast, hovedsak betong, men med innstøpte kjettingbiter av ikke galvanisert stål. Før betongen ble lagt inn, ble aluminiumsoverflater i området påført en to-komponent epoksygrunning med 20-30 % xylen-løsningsmiddel.

Ekspløsjonen skjedde i mai -99 under verkstedopphold ved Grovfjord Båtbyggeri AS i Troms i forbindelse med bruk av skjærebrenner i lasterommet. Brenning av hull i dekket fra oversiden utløste en kraftig eksplosjon som slo opp garneringen i bunnen av lasterommet og med betydelige følgeskader på bunnkonstruksjonen forøvrig. Eksplosjonen var så kraftig at aluminiumsplater ble flørret av. Bankmann Jostein Dalseng fra Andøy gjorde en henvendelse til SINTEF Fiskeri og havbruk for å fortelle om hendelsen samt høre om flere liknende tilfeller og etterlyste mulig årsak.

Aasjord henviste bl.a. til M/S "Slettholmen" N-14-L, 67 fot (20,10 m), byggeår 1996, bygget ved Jakobsen Mek. Verksted AS, Sleneset i Lurøy. Det samme skjedde der om bord, da båten bare var noen måneder gammel i forbindelse med sveisearbeid i lasterommet og hvor det ble brukt skjærebrenner for å lage hull i innergarneringen. En forsker fra Molab i Mo i Rana gjorde i etterkant en enkel undersøkelse og det foreligger en rapport om hendelsen.

### Årsaken til eksplosjon ombord i M/S "Solværgutt"

Informant: Besiktigelsesmann Tormod Hansen, Maskin- og skipskonsulent, Tromsø.

Tormod Hansen har besiktiget skadene ombord etter eksplosjon for Nordlys forsikring i Bodø. Han hadde tatt en del bilder som det ble lånt kopier av, se bilde 15 og 16. Bildene viser skadeomfang i lasteromsområdet og hvordan det så ut under dørkgarnering i lasterom.

Han hadde medvirket til at en betongekspert, sjefsforsker Harald Justnes fra SINTEF Bygg og miljøteknikk hadde blitt engasjert for befaring og klarlegging av årsaksforhold. En rapport fra SINTEF Bygg og miljøteknikk, datert 1999-06-03 på oppdrag fra Nordlys forsikring foreligger, /4/.

Av observasjoner som Harald Justnes gjorde under befaringen og som er rapportert, kan nevnes at det lå vanddammer oppå betongen og det boblet gass opp fra denne. Primeren løsnet lett fra aluminium og hang fast på betongbiter som var hugget opp. Partier av spant og bunnstokker manglet grunning og ubeskyttet aluminium sto i direkte kontakt med betongvann. Grunningen er beregnet som underlag for et tykkere lag epoksy, og er alene ikke tett mot alkalisk vann. Gassen som boblet opp var hydrogen som dannes ved kontakt mellom det alkaliske betongvannet (pH = 12,5-13,5) og aluminium.

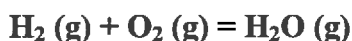
Følgende reaksjon skjer:



Reaksjonen er en form for etsing/tæring der aluminium løses opp til et hvitt slam (aluminiumhydroksyd), og danner hydrogengass, H<sub>2</sub>, som lett vil stige opp.

Betingelsene for denne reaksjonen er vandig kontakt mellom betong og aluminium (direkte fysisk kontakt mellom betong og aluminium er ikke nødvendig). Over tid kan reaksjonen forårsake at det tæres hull på aluminiumsplater.

Reaksjonen forbruker ikke alkalier, men vann. Alkaliene virker kun som katalisator i prosessen. Hydrogengassen har sivet opp og blitt oppsamlet i mellomrommet bak sidegarneringen og oppe under dekk. Dette rommet er tett, anordning for utlufting mangler. Rommet bak garneringen er fylt med luft (ca 20 % oksygen) og flammen fra skjærebrenneren startet følgende reaksjon:



Blandingen av hydrogen og oksygen kalles knallgass og eksplosjonsgrensen er fra 4,1 til 74,2 vol % hydrogen i luft.



### 3.4 Uttalelse fra leverandør av materialer, sveisetråd m.m.

Følgende DNV-godkjente aluminiumslegeringer av plater, profiler og tilhørende sveisetråd er tilgjengelig på markedet, se tabell 6. Anførte priser er omtrentlige og gjelder for levering av større kvantum.

Tabell 6 : DNV-godkjente aluminiumslegeringer til maritimt bruk

Benevnelse	Legeringstype / Pris	Legeringstype / Pris
Aluminiumsplater	AlMg 4,5 Mn, legering 5083 (ca 30 kr / kg)*	AlMg 2,5, legering 5052 (ca 25 kr /kg)*
Aluminiumsprofiler	AlMgSi, legering 6082 (ca 27 kr / kg)*	
Sveisetråd	AlMg 4,5 Mn, legering 5183 (ca 60 kr/kg)*	AlMg5, legering 5356 (ca 55 Kr /kg)*

\* De i tabellen anførte priser er omtrentlige og gjelder for levering av større kvantum.

Av tabellen fremgår at innkjøpsprisen varierer med materialvalget.

I følge opplysninger fra et byggeverksted utgjør materialforbruket for en ca 50 fots fiskebåt bygget i aluminium er ca 16 tonn plater og profiler og ca 700 kg sveisetråd. Prisforskjellen mellom valg av dyreste og billigste materialkvalitet, forutsatt bruk av samme dimensjoner, utgjør for en båt av denne størrelse ca kr 3.500,- for sveisetråd og ca kr 80.000,- for plater og profiler.

Eksemplet viser at det finnes et sparepotensiale på innkjøpsiden, men i hvilken grad dette utnyttes av byggeverksteder har vi ikke undersøkt.

#### Uttalelse fra leverandør av maling og offeranoder:

Jotun Catodic, Marineavdelingen, Sandefjord, opplyste 16.06.94 at for katodisk beskyttelse av aluminiumsskrog kan både sink- og aluminiumsanoder benyttes, sistnevnte har imidlertid ca 50 millivolt lavere spenningspotensiale og kan derfor sies å være noe mer effektive, men bruk av sinkanoder gir tilfredsstillende resultater.

Det er viktig å følge med hvordan tæringen på anodene foregår og sørge for at disse blir skiftet i rett tid for å unngå kraftige korrosjonsangrep på skroget. Det er ingen nevneverdig prisforskjell mellom sink- og aluminiumsanoder. Anoder av magnesium må ikke benyttes da dette metallet har for lavt potensial i forhold til aluminium.

Bunnstoffer som benyttes på undervannsskrog av aluminium for å hindre begroing må ikke inneholde kopper eller kvikksølv.

### 3.5 Sammendrag av undersøkelser

Selv om forbehandling og prosedyre for innlegging av fast ballast varierer noe mellom verksteder, så har utviklingen gått i riktig retning med å isolere bedre mellom betong og aluminium.

På den annen side har vi det faktum at det finnes et betydelig antall aluminiumsbåter i fiskeflåten der betong har vært lagt direkte på oksyderte aluminiumsplater, uten påføring av primer eller annen isolasjon. Flere av disse aluminiumsbåtene, som i dag er ca 20-25 år gamle, har i ettertid blitt

forlenget midtskips og det er ikke oppdaget tendenser til tæringsskader. Et fellestrekk ved disse fartøyene er imidlertid at betongen som er plassert i bunnen av motorrom og lasterom danner dørken i rommet og har fått anledning til utharding og uttørring og vært relativt tørr (ikke bulkrom). Det er imidlertid bare et snitt av båten som blitt synliggjort på denne måten. Slike besiktelser gir således et for dårlig grunnlag til å bedømme den totale korrosjonstilstand for disse båtene

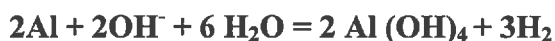
Vi har registrert fire aluminiumsbåter med alvorlige tæringsskader i bunnpartiet, hvor betong er brukt som fast ballast. Siden tæringsskadene er begrenset til notfartøyer med lasterom (bulkrom) som har vært oppfylt og brukt til føring av fisk i sjøvann, må vi søke etter eventuelle avvik når det gjelder romarrangement, dimensjonering av innerkledning og prosedyrer i forbindelse med ballastering, isolering, drenering og ventilasjon av rommet bak innerkledning.

Henvendelser til byggeverksteder om bruken av legeringer, sveisetråd og sveiseprosedyrer har ikke avdekket noe unormalt.

Lasterommet på to av fartøyene hadde helsveist innerkledning, men rommet var ikke styrkemessig dimensjonert for oppfylling med sjøvann. Til tross for dette har lasterommet blitt oppfylt og brukt til føring av sildelaster i sjøvann.

Trykkbelastningen på innerkledningen har ført til at sprekkdannelse og lekkasje har oppstått, og derved har sjøvann fra fiskelasten kommet i direkte kontakt med betong og aluminium og dannet et alkalisk miljø.

Fuktig betong er en elektrolytt med pH-verdi i porevannet på 12-13 som over tid kan forårsake at aluminiumslegeringer vil gå i oppløsning under hydrogenutvikling etter følgende kjemiske reaksjon:



Reaksjonen er en form for etsing / tæring der aluminium løses opp til et hvitt slam av aluminiumhydroksyd,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , og hydrogengass som lett vil stige opp i mellomrommet bak en eventuell innergarnering. Vi vet at fuktig sementmørtel med forskjellige ionekonsentrasjoner / vannmengder kan lede strøm og at elektrokjemisk eller kjemisk tæring av aluminium, en slags batterieffekt, kan oppstå. Det samme er det også mulighet for når man legger bly eller annet uedelt, uemballert metall inn i betongen.

Betingelsene for reaksjonen er vandig kontakt mellom betong og aluminium (direkte fysisk kontakt er altså ikke nødvendig). Reaksjonen forbruker vann, alkaliene virker kun som katalysator. Sjøvann, som inneholder klorider, kan dessuten bidra til å øke korrosjonshastigheten.

Hydrogengass dannes ved kontakt mellom det alkaliske vannet fra betongen og aluminium, den er svært brannfarlig og vil kunne forårsake eksplosjon. Utlufting av rom bak kledning er viktig for å unngå eksplosjon.

Hvis finfordelt Al-pulver tilsettes sementmørtel før den stivner vil hydrogenutviklingen forårsake at man får en "bakepulvereffekt" i mørtelen. Oksydlaget som dannes på aluminium kan muligens gi en viss beskyttelse og valg av aluminiumslegering kan påvirke løsligheten i begge retninger.

Høy egenvekt tilstrebes på materialer som benyttes som fast ballast i båter, dette er årsaken til at bly innstøpes. Forslag om å benytte boreslam (bariumsulfat) er fremmet, dette finnes i pulverform og har relativt høy egenvekt, men anbefales ikke av eksperter fordi det er både giftig og dyrt i anskaffelse.

Tørr utherdet betong, plassert i tørre partier av båten, har så dårlig ledningsevne at den ikke vil være noe tæringsproblem. Det er kombinert med vann/fuktighet at kjemisk reaksjon og tæringsproblemer kan oppstå. Som kjent er det ikke en spesiell tørr atmosfære i bunnen av en fiskebåt.

### 3.6 Oppsummering av intervjuer med aktuelle forslag

- a) Isolere aluminiumsoverflater omhyggelig og evt. erstatte betongen med samfengt grus. Blybarrer som legges inn i grusen for å øke egenvekten må emballeres i tykk og sterk plast. Grusen som benyttes må undersøkes m.h.t. evt. jernholdighet og bruk av metall som tilslag for å øke egenvekten må ikke komme i direkte fysisk kontakt med aluminium.
- b) Redusere elektrisk ledningsevne og/eller PH-verdi i betongen, evt. ved å skifte ut bindemiddel slik at betongen ikke kan lede elektrisk strøm.
- a) Sørg for å anordne et godt elektrisk isolerende belegg mot aluminiumsoverflater før istøping av sementmørtel. Som isolasjon anbefales 2 strøk primer samt 2-3 mm tykt epoxybelegg.
- b) Innerkledning bestående av aluminiumsplater som sveises til spant/stivere i lasterom må være dimensjonert for vannfylling av rommet. Oppfylling av lasterommet med sjøvann skal gjøres, før avgang fra verkstedet, for å kontrollere tettheten.
- c) Rommet mellom innerkledning, skutesider og under dørk hvor betongballast er plassert må kunne kontinuerlig utluftes og inspiseres for kontroll og ettersyn under drift.

Som alternativ til sementmørtel kan epoxymørtel benyttes. Derved fås et nøytralt bindemiddel uten sementens aggressive angrep på aluminium, denne mørtelen virker heller beskyttende. Her må også blybarrer som legges inn i mørtelen for å øke egenvekten behandles på samme måte som ved bruk av sementmørtel. Egnetheten når det gjelder bruk av epoxy som bindemiddel må imidlertid undersøkes nærmere.

Aktuelle materialer for innblanding i mørtelen kan være Olivin (sp.vekt 3,4 - 4,3), Barum Sulfat (barytt) (sp.vekt 4,1 - 4,3), ilmenitt (sp.vekt 4,4) eller Hematite H600 (sp.vekt 4,7). For nevnte tilslagsmaterialer gjelder at disse må undersøkes nærmere for å avgjøre egnetheten i praksis ombord i en fiskebåt. Både kostnader, miljø- og helsemessige sider må klarlegges og det kan i denne forbindelse nevnes at også bly er klassifisert som giftig.

- Et alternativ til bruk av sementbasert betong for aluminiumsbåter må utvikles siden bunnpartier av fiskebåter er vanskelig å holde tørr under drift.
- For katodisk beskyttelse av aluminiumsskrog og andre systemer ombord vil bruk av sinkanoder gi tilfredsstillende resultat. Viktig å følge med anodene og påse at disse blir skiftet i rett tid, hvis ikke kan kraftige korrosjonsangrep på skroget oppstå..
- Anoder av magnesium må ikke benyttes da dette metallet har for lavt spenningspotensiale i forhold til aluminium.
- Bunnstoffer som benyttes på undervannsskrog av aluminium for å hindre begroing må ikke inneholde kopper eller kvikksølv.

## 4. GALVANISK KORROSJON OG STRØMTÆRING

### 4.1 Galvanisk korrosjon

Korrosjon er et latinsk ord og betyr ”å smuldre opp”. Galvanisk korrosjon oppstår når to metaller med ulik kjemisk stabilitet nedsenkes i sjøvann og forbindes gjennom en metallisk leder eller gjennom direkte fysisk kontakt i et fuktig miljø. Fenomenet som oppstår er at det dannes et galvanisk element eller et batteri.

Uheldige materialkombinasjoner uten isolasjon mellom, kan derfor forårsake alvorlige korrosjonsangrep hvor det minst edle metallet går i oppløsning.

Alle metaller har et elektrisk spenningspotensiale, de edleste som gull og platina (de upåvirkelige) står øverst og de uedleste som sink, aluminium og magnesium (de påvirkelige) står nederst.

Tabell 7 viser utdrag av de mest kjente metallers spenningsrekke i sjøvann, altså den spenningen som et bestemt metall gir og hvor i spenningsrekken metallet befinner seg.

Setter vi to metaller sammen tørt, skjer ingenting, det er saltholdighet som får strømmen til å gå. Setter vi to metallstaver, h.h.v. av aluminium og støpejern, ned i saltvann i direkte kontakt eller via en metallisk leder så starter en galvanisk prosess. Små ioner begynner å vandre fra aluminium til støpejern og etterhvert tæres aluminium bort.

**Tabell 7: Utdrag av metallenes spenningsrekke**

Navn på metallet	Kjemisk tegn	Spenning i volt	GALVANISK REKKE I SJØVANN
Katodisk (beskyttet) ende			
Gull	Au	+ 1,70	18/8 rustfritt (passivt) stål (CrNi-stål)
Platina	Pt	+ 1,20	70/30 cupronikkel (CuNi-legering)
Sølv	Ag	+ 0,80	Cu
Jern*	Fe <sup>2+</sup>	+ 0,77	Messing (CuZn – legering)
Kobber	Cu	+ 0,34	Fe
Bly	Pb	- 0,13	Sn
Tinn	Sn	- 0,14	Pb
Nikkel	Ni	- 0,24	18-8 rustfritt (aktivt) stål
Kadmium	Cd	- 0,40	Støpejern
Jern	Fe	- 0,44	Fe
Krom	Cr	- 0,71	Al
Sink	Zn	- 0,76	Galvanisert stål
Aluminium	Al	-1,67	Zn
Magnesium	Mg	- 2,37	Mg
Anodisk (korroderende) ende			

\* Jern og en del andre metaller kan ha ulike atombindinger og derved spenningspotensiale

## 4.2 Lekkstrømkorrosjon

En forutsetning for lekkstrømkorrosjon er at det dannes en strømkrets (elektrolytt) og erfaringsmessig er de fleste tæringsskader knyttet til båtenes likestrømanlegg. Fra strømkildens positive pol må strømmen gå via en leder til et punkt som korroderer. Fra punktet hvor det korroderer må strømmen gå over til en ny leder som igjen fører strømmen tilbake til strømkildens negative pol. For å unngå kortslutning i den elektriske kretsen må ikke disse to lederne stå i elektrisk/metallisk kontakt med hverandre.

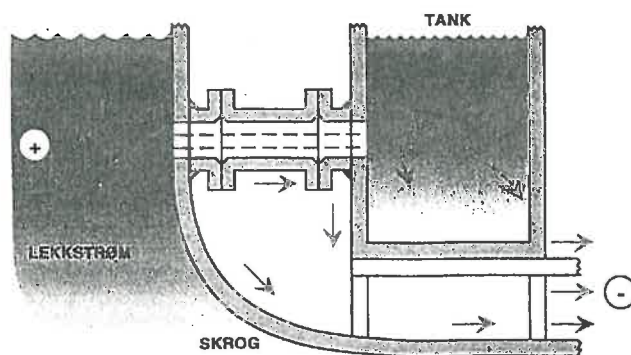
Figuren viser to identiske elektriske kretser, i den ene står en lyspære, mens den andre symboliserer en lekkstrømkorrosjon.



Fig 1.

Når lyspæra lyser er strømbryteren på og strømkretsen er sluttet. Elektrisk strøm følger alltid "minste motstands vei" eller den vei hvor ohmsk motstand er minst. Det er mye bedre ledningsevne i et metallisk rør enn i sjøvann, og følgelig velger strømmen å gå gjennom rørveggen.

Korrosjon vil oppstå der hvor positiv strøm går fra metall og ut i sjøvannet. Korrosjonshastigheten er avhengig av hvor mye strøm som går ut fra en gitt metalloverflate. Vanlige årsaker eller konkrete feilkilder kan være slitt isolasjon på elektriske ledninger eller dårlig isolerte elektriske koplinger.

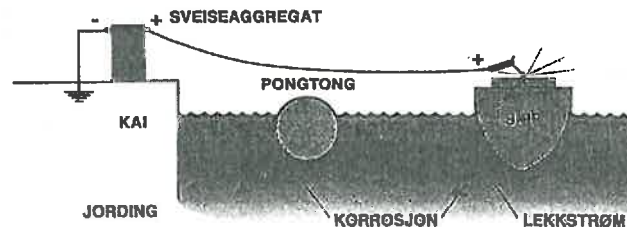


Figur 2

Figur 2 viser at en eventuell lekkstrøm fra sjøsiden vil følge skroget, rørvegger og andre konstruksjonsdeler som står i metallisk (elektrisk ledende) kontakt med hverandre. Strømmen vil ikke gå gjennom sjøvannet inne i røret. Avgjørende for å hindre korrosjon er å ha to separate ledere til og fra korrosjonsstedet. Dette er imidlertid vanskelig å oppfylle ombord i en båt der metaller for det meste er i kontakt med hverandre.

Et eksempel på årsak til lekkstrømskade er når det utføres sveisearbeid ombord i et fartøy som ligger ved kai (figur 3) og der man kun trekker den positive sveisekabelen ombord i fartøyet, mens jordingen befinner seg på land. Her vil det gå en positiv strøm gjennom skroget ut i sjøvannet og inn til land. Dette kan forårsake tæringsskader på utsiden av skroget i løpet av relativ kort tid fordi det her kan være snakk om store strømstyrker.

Skader kan unngås ved å jorde fartøyet til kai eller at det mellom sveiseapparatet og fartøyet anordnes en separat kabel med tilstrekkelig tverrsnitt slik at ingen lekkstrømmer går via sjøvannet.



Figur 3

Et totalt isolert (ikke jordet) likestrømsystem vil eliminere lekkstrømfaren, men da dette i praksis kan være problematisk blir delvis isolering den løsningen som anvendes i praksis. Med et godt isolert fordelingssystem for likestrøm og valg av likestrømbrytere med doble poler blir faren for lekkstrøm redusert drastisk.

Alvorlige korrosjonsangrep kan i mange tilfeller ha sammenheng med jordforbindelse fra vekselstrømanlegg på kaia og båtens likestrømjording. Derfor bør alle båter som er utstyrt med landbaserte vekselstrømsystemer ha installert en skilletransformator for vekselstrøm. Denne installasjonen vil isolere både ladde og nøytrale faser i båtens vekselstrømsystem fra kaia og derved også eliminere en sannsynlig årsak til tæring.

Konsekvensen av strømlekkasjer er at det minst edle metallet blir offeranode. Det avgir elektroner og går i oppløsning. Innmontering av skilletransformator for vekselstrøm vil sammen med gode jordforbindelser være et effektivt forebyggende tiltak.



## 5. REFERANSELISTE

Oversikt over referanser benyttet som kilde eller som er relevant i forbindelse med denne rapporten:

- /1/. Rosenquist, Paul O. Div. særtrykk og publikasjoner
- /2/. Ed McClave: Korrosjonsteori og –problemer
- /3/. Per Solheim og Arne Henrik Hansen Artikkel i tidsskriftet Sjøtrygd-info nr 2 1993 om lekkstrømskader
- /4/. **Årsak til eksplosjon ved arbeid på fiskebåten "Solværgutt"**, Notat datert 1999-06-03 utarbeidet av seniorforsker / dr.ing. Harald Justnes, SINTEF Bygg og miljøteknikk for oppdragsgiver Rolf Magne Torrissen, Nordlys Forsikring, Bodø
- /5/. **Årsak til etseskader på aluminium og eksplosjon ved arbeid på fiskebåten "Fugeløybuen"**. Notat/rapport datert 1999-09-09 av dr.ing. Harald Justnes, SINTEF Bygg og miljøteknikk for oppdragsgiver Rolf Magne Torrissen, Nordlys Forsikring, Bodø.
- /6/. **Strøm ombord -Håndbok om elektrisitet i fritidsbåter for båtfolk, båtbygger og elektriker**, av Jon Winge, utarbeidet i samarbeid med Eltilsynet, Kongelig Norsk Motorbåt Forbund, Norges Seilerforbund, Sjøfartsdirektoratet og Paul O. Rosenquist, Ladac Products AS, utgitt 1994/97. ISBN 82-7345-274-3
- /7/. **Lekkasje ombord i trefartøy ved metalliske gjennomføringer i skott og skrog**, Rapport MT40 91-0143, datert 1991.07.09, forfatter Leif Wærdahl, MARINTEK
- /8/. **Tæring i treverk på fiskebåter**, SINTEF-rapport ST43 A92087, datert april 1992, forfatter John M. Drugli, Korrosjonssenteret
- /9/. **Tæringsproblemer ved bruk av betong som fast ballast i aluminiumsbåter**, MARINTEK-notat av Arne Farstad, datert juni 1994, for Norges Fiskarlag / Fiskarassistanse 94010.
- /10/. **Tæringskader på treverk ombord i fiskefartøy – Årsaker og tiltak**, MARINTEK-rapport MT40 A94-0224, datert oktober 1994, forfatter Hans-Peder Pedersen
- /11/. **Elektrokjemisk tæring i tre på fiskebåter – Årsaker og forebyggende tiltak**, NOFUS-rapport av februar 1996
- /12/. **Teknologisk rådgivning til fiskeflåten**. Rapporter fra assistansesaker og årlige rapporter i forbindelse med samarbeidsavtale med Norges Fiskarlag i perioden 1991-95, samlet ca. 20 saker på tæring / korrosjon på trefartøy og aluminiumsbåter.
- /13/. **Byggematerialer for fiskefartøyer**, FTFI-rapport november 1976, av Hans-Peder Pedersen Fiskeriteknologisk Forskningsinstitutt og Halvard Aasjord, Norges Fiskerihøgskole

## 6. VEDLEGG A - DIVERSE TILLEGGSINFORMASJON

### 6.1 Elektriske anlegg ombord

Mange fabrikanter av mindre fiskebåter og fritidsbåter har undervurdert utfordringen når det gjelder komponentvalg, dimensjonering og montering av elektrisk anlegg ombord. Mye av det elektriske utstyret som har vært benyttet er ”marinisert” bil- og campingvognutstyr. Det har vist seg at slikt materiell og slike komponenter ha vært lite egnet til bruk i marint miljø.

Resultatet er at utstyret virker tilfredsstillende kanskje i ett til to år, så oppstår problemer og utskifting har vært nødvendig. Dette har skjedd til tross for at kvalitetsmessig egnet utstyr har vært tilgjengelig på markedet. Dette kan skyldes at kunnskapsnivået er for dårlig men det kan også ha sammenheng med at man bevisst tilbyr prisbillig utstyr i en konkurransesituasjon.

I mange tilfeller leveres elektrisk utstyr med for liten kapasitet på dynamo / batterier både når det gjelder lading av batterier og ved dimensjonering av ledningstverrsnitt. Et særs utbredt problem ombord i mindre båter har vært og er fortsatt ”flate batterier”. Batteriene blir tappet for mye ned, ofte til lavere polspenning enn forskriftene tilsier, og dette kan foruten driftsforstyrrelser også medføre uoprettelige frostskafer vinterstid. Ombord i alle båter bør det derfor finnes et *spenningsrelè* som kople ut batteriene ved laveste tillatte polspenning.

Riktig designet og egnede batteriladere for båter skal ha innebygget en egen *skilletransformator* som isolerer batteriladingsdelen fra det landbaserte strømsystemet. Når vekselstrømsystemet kun omfatter en lader bør ledningene gå så enkelt og direkte som mulig. Laderkassen bør helst jordes til kaia og ikke til båtens jordingssystem.

Bærbare batteriladere må helst ikke benyttes til å lade båt-batterier fordi mange av disse inneholder kretselementer av type ”autotransformatorer”, hvor en side av primær- og sekundærviklingen er felles. Dette kan gi direkte forbindelse mellom båtens likestrømsystem og kaias vekselstrømsystem og derved en direkte invitt til lekkstrømkorrosjon.

Når sjøvann og elektrisitet møtes, så vinner vannet bestandig. Miljøet ombord kjennetegnes ved høy fuktighet / saltholdighet og spesielt kopper, messing og bronse er utsatt for korrosjon.

Kontakter og koplingsbokser på frittliggende dekk er utsatt for vanninntrenging og overslag mellom ledere i koplingsbokser forekommer. Starten er som oftest irrdannelse på koplingsstykket, porselenet får derved redusert isolasjonsevne og dette kan senere utvikle seg til kortslutning.

Gode lanterner er vanntette, men fuktighet vil etterhvert trenge inn også her, derfor er periodisk ettersyn og rengjøring nødvendig. Når lanterner svikter så skyldes dette som oftest at vedlikeholdet er neglisjert, husk at ombord i en båt så vinner sjøvannet.

#### Jording av elektriske anlegg

Jordingsfeil, spesielt i forbindelse med likestrømanlegget, kan utvikle seg hurtig og føre til store tæringsskader på utvendig skrog, motorsystemer, utstyr, etc. Ved å montere instrumentet ”isolasjonsvakt” utstyrt med varsellampe som lyser rødt hvis overledning oppstår, kan eventuelle jordingsfeil overvåkes. En annen indikasjon på overledning i det elektriske anlegget kan være at sinkanoder på skroget forsvinner hurtigere enn før.

Spesielt mindre fiskebåter med hurtige stampe- og rullebevegelser setter store krav til montering og klamring av elektriske kabler og elektroniske installasjoner. En vesentlig andel av jordfeilene er periodiske og kan være vanskelig å oppdage når fartøyet ligger stille ved kai.

Jordfeilmåling ved såkalt "megging" er uegnet til feilsøking i likestrømanlegg, det er kun vekselstrømanlegg som kan "sjekkes" med denne metoden. Enkelte elektroniske komponenter kan bli skadet under "megging" og må derfor frakoples. Derved blir ofte deler av det elektriske anlegget ikke kontrollert. Elektronisk utstyr kan kontrollmåles med voltmeter. Kjølenskap som vekselvis kopler seg inn og ut og TV-antenne med forsterker har i en del tilfeller skapt problemer ved søk for lokalisering av jordingsfeil.

En del elektrisk/elektronisk utstyr som peilere, mobiltelefoner, radioer, vindusviskere, etc. med kun *ett* potensiale til jord må koples til nettet via galvanisk skilt converter. Husk at separat jordforbindelse er nødvendig ved elastisk montering av motorer og for akselsystem / flaprør hvor foringer av syntetisk materiale benyttes og danner isolerende forbindelser.

## 6.2 Dynamoer og batterier

De dynamoer som i dag monteres på noen marinemotorer har innebygde regulatorer som føler på den spenning som går ut av dynamoen og doserer lademengden etter dette. Det er viktig å påse at batteriene får lov til å motta den lading som dynamoen har å tilby og det korrekte er å ha en laderegulator som "snakker med batteriet", altså som føler på hvor mye strøm batteriet trenger. Fordi batteriets lademottakelighet er temperaturavhengig, bør det også være innebygget en funksjon som regulerer ladestrømmen etter batteriets temperatur. Dessuten bør batteriet være anordnet for pulslading fordi dette har vist seg å være fordelaktig sammenlignet med jevn lading.

Batteriets kapasitet er som oftest begrenset, derfor må det sørges for at disponibel strøm utnyttes best mulig, altså at strømmen kommer frem til brukersteder uten for stort spenningsfall. Først og fremst må kabeltverrsnittet være tilstrekkelig slik at ohmsk motstand blir minst mulig. I en bil brukes karosseriet som jordledning og følgelig holder det med en kabel frem til strømforbrukere. Ombord i en båt må strømmen gå både frem og tilbake, strømkretsen blir derved dobbel så lang fordi en separat returkabel er nødvendig. Lengden på kabelstrekking er proporsjonal med motstanden, og følgelig er større tverrsnitt nødvendig for en gitt effektoverføring.

Vedlikehold av batterier blir ofte neglisjert. Det første som skjer er irrdannelse på polene som igjen angriper blyet i kabelskoene. Dette medfører dårligere kontakt med påfølgende "brising" og varmeutvikling. Kablene blir etterhvert bløte, gummiene går i oppløsning og resultatet blir overslag og kortslutning. Batterikasser bør ha utlufting til friluft, polskoene bør etterses, rengjøres og påføres vaselin ved behov.

## 6.3 Korrosjon på trefartøy med dekk og overbygg i aluminium

Det finnes eksempler på at propellerhylsen på eldre trebåter har blitt festet med bolter av galvanisert materiale eller av messing som er gjenget inn i skroget. Disse boltene er særs utsatt for å bli opptært og det oppdages vanligvis ved at hylsen løsner. Følgeskaden kan bli en betydelig lekkasje og totalhavari kan inntreffe i løpet av kort tid. På dagens nybygg brukes bolter av rustfritt/syrefast stål.

Fartøyer av tre med aluminium dekk og overbygg og mye elektronisk utstyr ombord har fått økt galvanisk spenningspotensiale, dette må det tas hensyn til ved valg av mengde og plassering av offeranoder på undervannsskroget.

Hovedårsaken til at treverket ved gjennomføringer i skroget kan smuldre opp, er galvaniske strømmer mellom offeranoder og metaller som er i kontakt med saltholdig treverk, f.eks. propellhylse og skroggjennomføring for kjølesløyfe til hovedmotor. Vått saltholdig treverk er en god leder for elektrisk strøm.

Forvitring av treverk kan oppstå rundt beslag og skroggjennomganger som er plassert i og under slagvannsonen og spesielt når metaller er katodisk beskyttet av sinkanoder via jordingsystem for elektrisk anlegg. Skadetypen er avhengig av tilgang på oksygen, vann- og saltinnhold i treverket.

Problemet kan unngås ved å beskytte metallet med egnet maling eller en annen barrierefilm, altså å isolere metallet fra treverket og derved hindre oksygen og ioner i å nå katodeoverflaten. Alternativt kan det benyttes metaller som er galvanisk compatible og som har stor korrosjonsmotstand.

#### 6.4 Eksempler på andre tæringsproblemer

Korrosjon i luft påvirkes av:

- Temperaturnivået, høy temperatur gir raskere korrosjon
- Økt luftfuktighet gir raskere korrosjon
- Luft som inneholder sure bestanddeler gir raskere korrosjon

Korrosjon i forbrenningsgasser. Salter og oksyder utfelt på metalleder i avgass-systemet kan forårsake høytemperatur-korrosjon. Salter dannes av saltvann i brennstoffet og i forbrenningsluften.

En annen type korrosjon forårsaket av forbrenningsgasser er lavtemperatur-korrosjon, også kalt svovelsyre-korrosjon, som inntreffer ved temperaturer mellom 80° C og 180° C. Korrosjonen skyldes svovelsyre i avgassen og særlig alvorlige tilfeller forekommer når svovelsyredamp kondenserer på metalloverflater ved temperaturer under 140° C.

Tildeckings- og spaltekorrosjon kan forekomme der vann tildekkes og blir stående under belegg og i sprekker.

Turbulens-korrosjon kan oppstå på steder der sterk turbulent strømning i vannet danner lokale groptæringer. Karakteristisk utseende er groper i strømningsretningen (kobber) eller hesteskoformet med forsiden mot strømmen (messing).

Selektiv korrosjon kjennetegnes ved at visse legeringselementer går i oppløsning, mens metallet forøvrig blir tilbake som en porøs masse uten mekanisk styrke. Typiske eksempler på selektiv korrosjon er at sinkinnholdet i messing angripes og at visse typer aluminiumsbronse mister sitt innhold av aluminium.

Kavitasjon oppstår ved at damp / gass-blærer i en væske imploderer og forårsaker tæring på metalloverflater. Områder med lavt trykk er utsatt for kavitasjon, f.eks. innløpet til pumper og i kjølevannskapper der strømningshastigheten blir for høy. Akselerasjon og retningsforandring av væskestrømmen fører til lokale undertrykk og derved kan kavitasjon oppstå.

## 7. VEDLEGG B – BILDER FRA OMTALTE ALUMINIUMSBÅTER

### 7.1 Fiskebåter i Svolvær havn – november - 98; intervju av båteiere med aluminiumsbåter.



Bilde 1 : Kystfiskebåter i Svolvær havn – nov. 1998, bl.a. aluminiumsbåtene ”Abelværing” NT-80-NR, ”Leibøen” N-150-V og ”Meløybas” N-278-ME (ex. Stig Harry” nr. 2).



Bilde 2 : Fiskebåter bygget av tre/aluminium (foran), aluminium (”Havlys” i midten) eller stål (småtråler bakerst) ved verksted i Svolvær, bla. M/S ”Havlys” H-40-ØN, Mjosundbåt fra 1997.



## 7.2 Bilder fra to nybygg 1996, M/S "Slettholmen" av Lurøy og "Gullholmen" av Måsøy



Bilde 3 : Kystfiskebåten M/S "Slettholmen" N-14-L fra Lurøy, aluminium, Loa = 67 fot, ved verksted i Svolvev, mars 1997, bygget i 1996 ved Jakobsen Mek. Verksted AS, Slenseset i Lurøy..



Bilde 4 : Kystfiskebåten M/S "Gullholmen" F-300-M fra Måsøy i Finnmark, bygget ved O. Ulvans Båtbyggeri AS i 1996 (søsterskipet til M/S "Leibøen" fra Værøy) .

### 7.3 Bilder fra nye "Stig Harry", 70 fots kystfiskebåt i aluminium, bygget ved Moen Slip AS



Bilde 5 : M/S "Stig Harry" NT-50-V (SH nr. 3) fra Rørvik i Vikna, 70-fots kombinasjonsbåt av Solnes-design, bygget i aluminium ved Moen Slip i 1998 og rigget for kystfiske med not og garn.



Bilde 6: Kystfiskebåten M/S "Stig Harry" NT-50-V (SH nr. 3) fra Rørvik, 70-fots kombinasjonsbåt, bygget ved Moen Slip AS i 1998. Under ombygging/fullsheltring ved byggeverftet, november 1998.



#### 7.4 Bygging av 49 fots fiskebåter ved K. Holthe & Søn. AS og Båt- og Motorservice AS



Bilde 7: M/S "Frøkna" N-6-SF, 49 fots kystfiskebåt, byggeår 1996, ved byggeverftet Kåre Holthe & Sønner AS. Skipper Sverre Sevaldsen og båtbygger Hermann Holthe i forgrunnen.



Bilde 8: Dekksmaskineri og blyballast for bygg nr. 16, kystfiskebåten M/S "Karianne" N-417-B, 49 fot i aluminium under bygging nov-98 ved Båt- og Motorservice AS i Vikna.

## 7.5 Bilder fra M/S "Arnøyfjord" av Nærøy, reparasjon av tæringskader i bunnseksjon.



Bilde 9: Kystfiskebåten M/S "Arnøyfjord" NT-100-NR (Nærøy), slippsett på Måneset. Byggeverft: Solnes Båt AS, bygg nr. 65, 1992. Tæringskader i bunnparti under bulkrom oppdaget /reparert 1996.



Bilde 10: Tømming av betongballast på M/S "Arnøyfjord" NT-100-NR (Nærøy), bygg nr. 65 ved Solnes Båt AS, levert 1992. Tæringskader i bunnparti under bulkrom oppdaget og reparert i 1996.



## 7.6 Bilder fra byggingen av M/S "Korsnesfisk", Saltdalsverftet AS, Rognan



Bilde 11 : Kystfiskebåten "Korsnesfisk" av Båtsfjord under bygging ved Saltdalsverftet, des. 1998. Båten med lengde 72,5 fot (22,1 meter) ble overlevert februar -99, også denne av Solnes design.



Bilde 12: Forberedelser for innlegging av fast ballast (blybarrer og betong) i siderom på M/S "Korsnesfisk" av Båtsfjord, bygg nr. 190 ved Saltdalsverftet på Rognan, desember 1998. Samlet mengde fast ballast anslått til ca. 44 tonn betong og 10 tonn blybarrer, sum 54 tonn.



Bilde 13: Innlegging av fast ballast (blybarrer og betong) i senterrom på M/S "Korsnesfisk" av Båtsfjord, bygg nr. 190 ved Saltdalsverftet på Rognan, desember 1998.



Bilde 14: Kystfiskebåten "Korsnesfisk" av Båtsfjord under bygging ved Saltdalsverftet, des. 1998. Detaljer fra undervanns akterskip med hovedpropeller og aktre sidepropeller med hus av støpejern.



### 7.7 Skader etter eksplosjon ombord på M/S "Solværgutt" N-22-A, mai 1999



Bilde 15: Skader på garneringen i bulkrom på M/S "Solværgutt" N-12-A, etter en eksplosjon under reparasjonsarbeid i Grovfjord i mai 1999. Bygg nr. 60, Skogsøy Båtbyggeri AS, Mandal, nov. 1998.



Bilde 16: Fjernet garnering (4 mm plater) i bulkrom på M/S "Solværgutt" etter eksplosjonen ved verksted i Grovfjord, mai 1999. Bildet viser vanddammer oppå betongen samt rester av våt steinull.