

# RAPPORT

Sjø 2013/02



## RAPPORT OM UNDERSØKELSE AV SJØULYKKE NORDLYS-LHCW BRANN OM BORD UNDER INNSEILING TIL ÅLESUND 15. SEPTEMBER 2011

 This report is also available in English

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre sjøsikkerheten. Formålet med en sikkerhetsundersøkelse er å klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold av betydning for å forebygge sjøulykker og bedre sjøsikkerheten, og offentliggjøre en rapport med eventuelle sikkerhetstilrådinge. Kommisjonen skal ikke vurdere sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sjøsikkerhetsarbeid skal unngås.



**INNHOLDSFORTEGNELSE**

MELDING OM ULYKKEN .....	4
SAMMENDRAG.....	5
FAKTISKE OPPLYSNINGER .....	7
1.1 Detaljer om fartøyet og ulykken .....	7
1.2 Hendelsesforløp .....	8
1.3 Værforholdene .....	15
1.4 Skadeomfang.....	15
1.5 Rederi og flåte.....	19
1.6 Besetningen.....	19
1.7 Passasjerene og lasten .....	19
1.8 Skipet .....	19
1.9 Skipets maskineri, strømforsyning og brennoljesystem .....	20
1.10 Brannslukningsanlegget i maskinrommet.....	22
1.11 Branndører .....	24
1.12 Vanntett inndeling.....	24
1.13 Vanntette dører.....	24
1.14 Rederiets sikkerhetsstyringssystem .....	25
1.15 Rederiets vedlikeholdssystem.....	29
1.16 Regelverk .....	30
1.17 Tilsyn .....	34
1.18 Tekniske undersøkelser etter brannen.....	38
1.19 Varsel om sikkerhetskritiske forhold .....	61
1.20 Gjennomførte tiltak.....	62
1.21 Statistikk relatert til skipsbranner .....	64
1.22 Andre relevante ulykker.....	65
2. ANALYSE.....	66
2.1 Innledning .....	66
2.2 Vurdering av hendelsesforløpet og skadepotensialet.....	66
2.3 Vurdering av sikkerhetsproblemer og bakenforliggende forhold .....	79
2.4 Rederiets vedlikeholdssystem.....	89
2.5 Rederiets sikkerhetsstyringssystem .....	90
2.6 Myndighetenes og classeselskapets tilsyn .....	93
2.7 Ulykkeskart.....	96
3. KONKLUSJON .....	98
3.1 Branntilløpet .....	98
3.2 Drivstofflekkasjene .....	98
3.3 Uisolerte varme overflater .....	98
3.4 Brannslukkingen .....	99
3.5 Evakueringsmulighetene fra maskinrommet .....	100
3.6 Bortfall av nødgeneratoren .....	100
3.7 Stabilitet og vanntett integritet.....	101
3.8 Innhold og etterlevelse av sikkerhetsstyringssystemet .....	102

3.9	Sjøfartsdirektoratets tilsynsregime.....	103
4.	SIKKERHETSTILRÅDINGER .....	104
	VEDLEGG.....	106

## MELDING OM ULYKKEN

Statens havarikommisjon for transport (SHT) mottok torsdag 15. september 2011 kl. 1009 telefonisk melding fra Sjøfartsdirektoratet om brann om bord i hurtigruteskipet Nordlys. I følge meldingen var det 262 personer om bord, og to var skadet. SHT var på dette tidspunktet kjent med saken gjennom media. Etter å ha fulgt utviklingen ble rederiet og Sjøfartsdirektoratet informert kl. 1043 om at SHT hadde besluttet å iverksette undersøkelse. SHT hadde deretter jevnlig kontakt med rederiet, og det ble klart at situasjonen var alvorlig. Det kom blant annet opplysninger om at to personer hadde omkommet og flere var skadet.

Kl. 1105 samme dag ble SHT kontaktet av brannteknisk laboratorium ved SINTEF, som tilbød bistand i forbindelse med undersøkelsen. Henvendelsen resulterte i en avtale om at Sintef skulle bistå SHT i forbindelse med de innledende undersøkelsene. Kl. 1205 ble SHT kontaktet av Politiets operasjonssentral i Ålesund. Politiet ble informert om at SHT ville komme til Ålesund samme ettermiddag, og kontaktinformasjon ble utvekslet. SHT mottok telefonisk melding om ulykken fra Hovedredningssentralen (HRS) kl. 1710. Det ble opplyst at HRS hadde avsluttet redningsaksjonen.

To havariinspektører ankom Ålesund på ettermiddagen 15. september, mens en havariinspektør, en assisterende havariinspektør, samt to personer fra Sintef ankom morgenen 16. september 2011. Ytterligere to medarbeidere fra SHT ankom på kvelden 16. september. I løpet av 16. og 17. september ble det gjennomført samtaler med skipets besetning og brannvesenet. Det ble også foretatt en inspeksjon av skipet, blant annet i maskinrommet, og det ble tatt beslag i logger. SHT returnerte fra Ålesund 18. september 2011.



Figur 1: Brannen oppsto 15. september 2011 da nordgående hurtigrute Nordlys skulle anløpe Ålesund.

Etter at Nordlys var slept til Fiskerstrand Verft, og forholdene var lagt til rette for ytterligere undersøkelser om bord, reiste fire havariinspektører, en assisterende havariinspektør, samt tre medarbeidere fra Sintef, tilbake til Ålesund på kvelden 21. september. I løpet av 22. og 23. september 2011 ble det gjennomført detaljerte undersøkelser om bord. Innsamlingen av faktainformasjon ble disse to dagene gjennomført i samarbeid med mannskap fra Ålesund politistasjon, samt Kripos.

## SAMMENDRAG

Under innseiling til Ålesund om morgenen 15. september 2011 oppsto det brann i maskinrommet på nordgående hurtigrute Nordlys. To besetningsmedlemmer omkom og to ble betydelig skadet. Ytterligere sju besetningsmedlemmer ble lettere skadet. Det var 207 passasjerer om bord, og samtlige ble evakuert uten fysiske skader. Nordlys mistet all maskinkraft da både hoved- og hjelpemotorene stoppet som følge av brannen. Skipet ble slept til Ålesund havn, og da Nordlys ble buksert til kai ble styrbord stabilisatorfinne trykket inn gjennom skrogsiden slik at lasterommene ble vannfylt. Vannfyllingen førte til at Nordlys fikk over 20° slagside. Situasjonen ble avklart på kvelden 16. september etter at lekkasjen i skroget var lokalisert og midlertidig tettet.

Havarikommisjonens undersøkelse konkluderer med at brannen sannsynligvis oppsto som følge av at lekkasje av diesel ble antent ved kontakt med en uisolert indikatorcran på styrbord hovedmotor. Tretthetsbrudd i tilførselsrørene til en drivstoffpumpe som følge av at drivstoffpumpen var løs, er den mest sannsynlige forklaringen på diesellekkasjen. Drivstoffpumpen var løs fordi festboltene trolig ikke ble tilstrekkelig tilsatt da pumpen ble skiftet 12 dager før ulykken. Havarikommisjonen mener at mangelfull arbeidsbeskrivelse tilknyttet skifte av drivstoffpumpe har medvirket til dette. Likeledes var mangelfull arbeidsbeskrivelse for sjekk av isolasjon av varme overflater med på å forklare hvorfor varme overflater i maskinrommet ikke var tilstrekkelig isolert.

Det vannbaserte lokale slukkeanlegget ble ikke utløst umiddelbart fordi det sto i manuell mode. I henhold til sikkerhetsstyringssystemet skulle det vannbaserte slukkeanlegget ha stått i automatisk mode. Besetningen hadde imidlertid satt slukkeanlegget over i manuell mode uten å foreta en risikovurdering, og uten å melde dette som avvik til landorganisasjonen. Det CO<sub>2</sub>-baserte hovedslukkeanlegget ble ikke utløst da kapteinen ikke hadde oversikt over hele maskinbesetningen.

Begrensede evakueringsmuligheter fra verkstedet i maskinrommet førte til at tre av besetningen måtte evakuere gjennom brannen. De fikk ingen beskyttelse av punktslukkeanlegget, ettersom anlegget på det tidspunkt ikke var utløst.

Nødgeneratoren startet slik den skulle da hoved- og hjelpemotorene stoppet, men etter kort tid stoppet også nødgeneratoren på grunn av mangel på kjøling. Dermed falt nødtavlen ut, og brannpumper og annet elektrisk utstyr ble satt ut av drift. Mannskapet hadde før ulykken oppdaget at styringen på spjeldene i nødgeneratorrommet som skal sikre generatoren kjøleluft, ikke fungerte, men det ble ikke iverksatt tilstrekkelige korrigerende tiltak. Landorganisasjonen var heller ikke informert om dette.

Styringssystemet manglet prosedyrer for trening på bortfall av personell. Personellet var heller ikke trent på dette, noe som bidro til at sikkerhetskritiske arbeidsoppgaver ikke ble ivaretatt i forbindelse med brannen. Blant annet ble luft- og drivstofftilførselen ikke avstengt.

Stabilisatorfinnene ble ikke tatt inn før Nordlys ble buksert til kai, og i sammenstøtet med kaien ble styrbord finne trykket inn gjennom skroget. I utgangspunktet førte dette til vanninntrenging i

lasterom nr. 2. Men fordi en vanntett skyvedør mellom lasterom nr. 2 og lasterom nr. 1 var utett eller sto åpen, ble også lasterom nr. 1 vannfylt. Ettersom Nordlys bare var konstruert for å tåle skader mellom hovedverrskipsskottene, ble vannfyllingen kritisk og Nordlys var nær ved å katre ved kai.

Krav om at overflater som overstiger 220 °C skal være isolert kom til anvendelse for Nordlys 1. juli 2003, men mangelfull oversikt over hvilke overflater som kunne overstige 220 °C bidro til at både Nordlys og to av søsterskipene opererte med flere uisolerte overflater i maskinrommet.

Både Sjøfartsdirektoratet og Det Norske Veritas hadde gjennomført inspeksjoner uten å avdekke mangler ved isolasjonen. De hadde valgt noe ulike metoder for oppfølging, men hadde til felles at de normalt kontrollerte isolasjonen av varme overflater mens skipet lå i ro og maskineriet var kaldt. Uten en dokumentert oversikt over hvilke flater som kreves isolert stiller dette store krav til inspektørens kompetanse og erfaring. Havarikommisjonen mener at mangel på slik oversikt kan ha vært en bakenforliggende faktor til at tilsynet ikke avdekket forholdet. Mangelfull oppdatering av Sjøfartsdirektoratets sjekklistor for gjennomføring av inspeksjoner av passasjerskip, kan også ha bidratt. Sjøfartsdirektoratet hadde ikke fokus på isolasjon av varme overflater i forbindelse med tilsynets besiktelser av Nordlys verken i 2003, 2005, 2006, 2008 eller 2010. Ved besiktelsen i 2011, den siste besiktelsen før brannen, var isolasjon av varme overflater tema, men kontrollen ble overlatt til rederiet som egenkontroll.

Tilsynet hadde gjennomført ISM – revisjoner uten å avdekke manglene i innholdet og etterlevelsen av rederiets sikkerhetsstyringssystem. Videre hadde tilsynet godkjent arrangementet for nødgeneratoren uten anmerkninger. Etter ulykken har Sjøfartsdirektoratet i samråd med DNV konkludert med at arrangementet for styring av spjeldene i nødgeneratorrommet må ombygges.

Rederiet har etter ulykken gjennomført flere tiltak. Blant annet er det installert nytt vanntåkeanlegg som hovedslukkeanlegg. Videre er det arrangert nye nødutganger fra maskinrommet, arrangementet for åpning/lukking av spjeldene i generatorrommet er bygget om, og det er arrangert nye tørrtanker rundt stabilisatorfinnene. I tillegg til designmessige endringer av skipene har rederiet gjennom lederutviklingsprogrammer og offiserkonferanser fokusert på holdninger og utfordringer knyttet til besetningens etterlevelse av rutiner, og det er innledet et samarbeid med Universitetet i Bergen for å kartlegge sikkerhetskulturen om bord på rederiets skip.

Havarikommisjonen fremmer i denne rapporten syv sikkerhetstilrådingar. Disse adresseres til Sjøfartsdirektoratet i forhold til å fremme forslag til krav om at alle skip skal ha utarbeidet en oversikt over varme overflater i maskinrommet, å fremme forslag om forbud mot å benytte slukkemiddel som kan sette menneskeliv i fare om bord i skip, og å fremme forslag til krav om slukkeanlegg med automatisk utløsning. Videre tilrås Sjøfartsdirektoratet å øke fokuset på isolasjon av varme overflater ved fremtidige tilsyn av passasjerskip. Rederiet tilrås å revidere vedlikeholdssystemet slik at arbeidsbeskrivelsene gir besetningen tilstrekkelig støtte til å utføre arbeidet korrekt, samt å innføre rutiner for trening på bortfall av nøkkelpersonell. Videre tilrås rederiet, i samråd med Sjøfartsdirektoratet, å iverksette tiltak som sikrer den vanntette integriteten av hovedverrskipsskottet mellom lasterommene.

## FAKTISKE OPPLYSNINGER

### 1.1 Detaljer om fartøyet og ulykken

#### *Fartøysdetaljer*

Skipets navn	:	Nordlys
Kjenningsignal	:	LHCW
Eier	:	Kirberg Shipping KS Conrad Mohrs veg 29 C/O Rederiet Odfjell AS 5072 Bergen
ISM ansvarlig rederi	:	Hurtigruten ASA Havnegata 2 8514 Narvik
Skipstype	:	Passasjer - / lasteskip
Byggeår / - sted	:	1994 / Volkswerft, Stralsund, Tyskland
Flaggstat / register	:	Norge / NOR
Klasseselskap	:	DNV
Hjemsted	:	Tromsø
Skrogmateriale	:	Stål
Lengde over alt	:	121,80 meter
Bredde	:	19,20 meter
Bruttotonnasje	:	11204
Type hovedmotor	:	2 x Mak 6M552C
Maskinkraft hovedmotor	:	2 x 4500 KW / 2 x 6114 BHK
Type hjelpemotor	:	2 x Ulstein Bergen KRG – 8
Maskinkraft hjelpemotor	:	2 x 1265 KW / 2 x 1719 BHK



Figur 2: Hurtigruteskipet Nordlys under brannen 15. september 2011. Foto: Thomas Molnes



### *Detaljer om ulykken*

Tid og dato	:	0913, lokal tid (UTC+2), 15. september 2011
Sted for ulykken	:	N 62° 28,6' E 006° 07,0'
Antall personer om bord	:	262 hvorav 55 mannskap og 207 passasjerer
Antall omkomne	:	2 omkommet
Antall skadde	:	2 alvorlig og 7 lettere skadet
Skader på skipet	:	Betydelige brannskader i maskinrommet, røyk og sotskader i korridoren forenfor maskinrommet, i trappesjakten midtskips og i innredningen midtskips på dekk nr. 4. Flenge i skutesiden ved styrbord stabilisatorfinne. Vannskader i maskinrom, lasterom og i innredning akter og midtskips

## **1.2 Hendelsesforløp**

### **1.2.1 Innseilingen til Ålesund**

Nordgående hurtigrute Nordlys forlot Bergen 14. september 2011 kl. 2000 med destinasjon Kirkenes. Reisen nordover forløp normalt og Nordlys anløp i Florø og Måløy etter ruteplanen. Nordlys var noe forsinket fra Torvik kl. 0811, men var i rute for anløp Ålesund kl. 0930. I følge et øyenvitne som jobbet på kaia i Torvik kom det svart røyk fra Nordlys omkring kl. 0850 – 0855 da skipet passerte Flørauden. Skipets besetning hadde imidlertid ikke registrert noe unormalt om bord i dette tidsrommet.

Frokost ble servert fra kl. 0700, og utover morgenen oppholdt mange av passasjerene seg i restauranten akterut på fjerde dekk. Besetningen forberedte på dette tidspunktet innseilingen og anløpet i Ålesund. Som en del av forberedelsene ble fortøyninger klargjort for- og akterut. Hovedmotorene stod fortsatt i kombinatormodus, men det ble gjort klar for å skifte over til konstant turtall som vanligvis ble benyttet under manøvrering til og fra kai. Stabilisatorfinnene var fortsatt ute på begge sider.

Kapteinen og sikkerhetsoffiseren gikk på vakt på broen kl. 0800. Dekksbesetningen som gikk på vakt, holdt morgenmøte på et rom tilstøtende bildekket (dekk nr. 2) fra kl. 0800.

Maskinbesetningen hadde morgenmøte i kontrollrommet kl. 0800 for å planlegge arbeidsdagen. Det var blant annet fokus på arbeidet med å installere ny smøreoljeseparator i separatorrommet.

Etter morgenmøtet gikk hver og en til sine oppgaver. I tidsrommet frem til brannen oppstod, var maskinsjefen, førstemasinisten, motormannen, reparatøren, maskinlærlingen og elektrikerlærlingen alle innom hovedmaskinrommet, og i umiddelbar nærhet av hovedmotorene, uten å observere noe unormalt. Motormannen som gikk av vakt foretok en rutinemessig runde i tekniske rom omkring kl. 0730 og motormannen som kom på vakt kl. 0800 gjorde det samme like etter morgenmøtet.

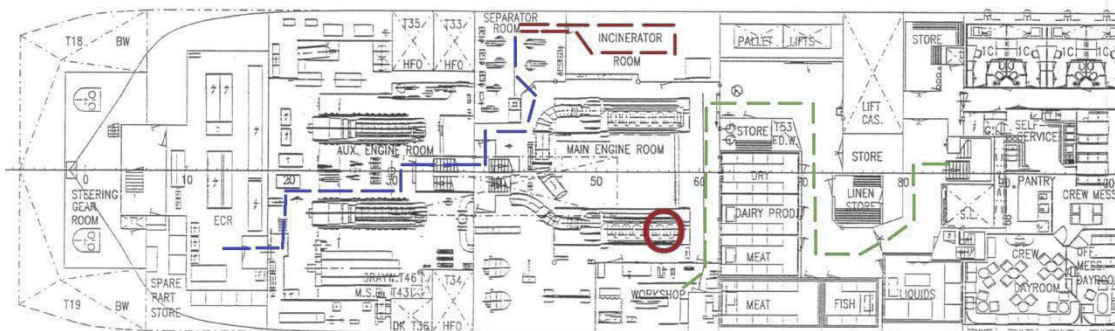
### **1.2.2 Brannen og besetningens aksjoner**

Førstemaskinisten og maskinlærlingen jobbet med smøreoljeseparatoren. I tidsrommet umiddelbart før brannen oppstod befant de seg i verkstedet sammen med reparatøren for å tilpasse et rør. Plutselig varslet lærlingen, som stod nærmest døra, om at det var noe galt

på utsiden av verkstedet. Gjennom vinduet i verkstedet kunne de se tykk svart røyk og flammer ved fremre del av styrbord hovedmotor. De åpnet døren og kom seg ut av verkstedet og forbi styrbord hovedmotor. Området var da svart av røyk.

Førstemaskinisten som gikk først falt i forkant av babord hovedmotor. Han kom seg opp igjen, og han og reparatøren kom seg ut gjennom den vanntette døren på babord side i forre maskinromskott. De kan ikke huske å ha observert lærlingen da de evakuerte maskinrommet.

Motormannen befant seg i separatorrommet i tidsrommet like før brannen oppstod. Maskinsjefen kom inn i separatorrommet fra incineratorrommet og kom i prat med motormannen. Etter ca. ett minutt snudde maskinsjefen seg, ropte og lurte på hva som skjedde. De så gjennom døren at incineratorrommet da var fylt med tett, svart røyk. Maskinsjefen løp ut fra separatorrommet og inn i incineratorrommet. Motormannen løp motsatt vei og kikket ut gjennom døren i akterkant av separatorrommet og ut i maskinrommet. Det var mindre røyk der. Han løp tilbake til incineratorrommet for å se etter maskinsjefen, men han så ingen ting på grunn av den tette røyken. Han løp tilbake til døren i akterkant av separatorrommet og ut i maskinrommet. Rett utenfor døren gikk han ned på kne og kikket under eksosrøret. Da så han at det var tykt av røyk over styrbord hovedmotor. Like over toppen av motoren, mellom motoren og røyken, observerte han flammer. Han gikk ut i trapperommet i akterkant av maskinrommet og ned på tanktoppen. Der var det ingen flammer, men mye røyk spesielt i forkant av motorene. Han kom seg deretter ut gjennom den vanntette døren på babord side i akterkant av maskinrommet og inn i hjelpemotorrommet. Derfra kom han seg videre til kontrollrommet og ringte broen.



#### Tegningsforklaring:

- O:** Observerte flammer
- : Rømningsvei for førstemaskinist og reparatør
- : Rømningsvei for motormann
- : Maskinsjefens bevegelser

Figur 3: Skisse av dekk nr. 1 akter som indikerer bevegelsene til maskinsjefen, førstemaskinisten, motormannen og reparatøren.

Brannalarmen gikk på broen kl. 0913, uten at brobesetningen hadde fått noen form for forvarsel. Sikkerhetsoffiseren kontrollerte alarmpanelet og konstaterte at det var alarm for brann i maskinrommet over styrbord hovedmotor. Detektorene indikerte også røyk oppover dekkene i skipet. Sikkerhetsoffiseren kikket ut fra brovingen og registrerte at det veltet røyk ut fra akterskipet. Før de rakk å ringe ned ringte motormannen opp til broen fra kontrollrommet og meldte at det var full fyr i maskinrommet. Styrbord hovedmotor stoppet, noe som medførte at Nordlys skar ut mot styrbord. Deretter stoppet også babord hovedmotor og det inntraff full blackout. Skipets nødstrøm fungerte, slik at radaren og

nødsystemene var i gang. Uten maskinkraft kom Nordlys på dette tidspunkt veldig nær Steinvåggrunnene i Valderhaugfjorden. Nordlys fikk en grønn stake på styrbord side, men klarte å manøvrere klar av staken.

Kapteinen oppfattet situasjonen som svært alvorlig og varslet Florø radio. Klokken var da 0917. Kapteinen vurderte å beordre utløsning av brannslukningsanlegget (CO<sub>2</sub>-anlegget) i maskinrommet, men besluttet å avvente dette ettersom det var usikkert om besetningsmedlemmer oppholdt seg nede i maskinen.

Førstemaskinisten og reparatøren som hadde kommet seg ut gjennom den vanntette døren i forkant av hovedmaskinrommet og bort til trappeoppgangen, tok seg videre opp på dekk nr. 2 og ut i mannskapsgangen hvor det var røykfritt. Derfra gikk de videre opp til resepsjonen på dekk nr. 3.

Motormannen som hadde evakuert ut gjennom den vanntette døren i akterkant av hovedmaskinrommet og ut i hjelpemaskinrommet, kom seg videre inn i kontrollrommet akter. Der var det ingen. Dette var mens hovedmotorene gikk på fullt turtall. Han ringte opp broen og varslet om at det var brann i maskinrommet og at de måtte redusere farten eller stoppe motoren. Farten ble raskt redusert, så stoppet styrbord hovedmotor. Strømmen gikk og styrbord hjelpemotor startet. Den gikk imidlertid ikke lenge før også den stoppet. Babord hjelpemotor startet og strømmen kom tilbake. Kort tid senere stoppet imidlertid også babord hjelpemotor.

Nødgeneratoren startet og slo seg inn på tavla som forutsatt, men etter en stund stoppet denne også.

Elektrikerlærlingen, som hadde vært i elektrikerverkstedet og skulle til separatorrommet, var på vei ned "grågangen" (aktenfor maskinrommet) da lyset gikk. Han tok da umiddelbart veien til kontrollrommet hvor han traff motormannen. Motormannen sendte elektrikerlærlingen opp for å hente elektrikereren. Lærlingen ringte elektrikereren på veien opp til dekk nr. 7 hvor han skulle mønstre på brannstasjonen.

Elektrikereren jobbet på dekk nr. 7 da lyset gikk. Han løp ned i kontrollrommet hvor han traff motormannen. Sammen kvitterte de ut alarmer og holdt seg stand by i påvente av instruksjoner fra broen. De dreide på bryteren for punktslokkeanlegget i maskinrommet, og mener å huske at de slo over fra manuell til automatisk. Det hadde på det tidspunktet sivet røyk ut i kontrollrommet og motormannen hadde iført seg røykdykkerutstyret som hang i kontrollrommet.

Elektrikereren ble bekymret for nødgeneratoren da han visste at det hadde vært problemer med luftspjeldene. Han løp opp til dekk nr. 7 for å åpne døren inn til nødgeneratorrommet for å sikre tilgang til luft i tilfelle spjeldene skulle stenge. Det var imidlertid så store mengder svart røyk i området at nødgeneratorrommet var utilgjengelig. Han kunne heller ikke se om spjeldene fremdeles var åpne.

Reiselederen, som var i ferd med å annonsere ankomst Ålesund som normalt, registrerte at det veltet røyk ut fra bysseområdet og at mange personer kom løpende. På eget initiativ annonserte reiselederen umiddelbart full evakuering over PA-anlegget, og anmodet alle om å møte på dekk nr. 5. Brobesetningen registrerte anrop fra puseren i resepsjonen om at det var mye røyk i området, og mannskapet som var på frivakt ble mønstret for å klargjøre livbåtene.

Etter dette ble all fokus rettet mot evakueringen av passasjerer. Ettersom det var frokosttid gikk det raskt å samle passasjerene. Mannskapet fikk ikke tid til å gjennomføre full gjennom søkning av hele skipet, men resepsjonspersonalet foretok et søk i handicaplugarene.

### 1.2.3 Redningsoperasjonen

Kl. 0917 mottok Florø radio anrop fra Nordlys om at de hadde brann i maskinrommet. Florø radio varslet umiddelbart Hovedredningssentralen. Nordlys kalte igjen opp Florø radio kl. 0918 og ba om assistanse fra redningsskøyte. Kl. 0919 meldte Nordlys at de ikke hadde maskinkraft. Samtidig varslet et øyenvitne Ålesund brannvesen, som slo "stor alarm". Det ble iverksatt full mobilisering av beredskapsgruppen for redningsinnsats til sjøs (RITS gruppa), kriseteam, samt annet redningspersonell i Ålesund.

Redningsskøyta Emmy Dyvi, som lå til kai i Ålesund, hadde overhørt anropet, og meldte tilbake at de startet opp for å gå ut til Nordlys så snart som mulig. Emmy Dyvi gikk fra kai kl. 0923 og ankom havaristen kl. 0927. Nordlys hadde gjort klar slepetrosse fra bakken, og Emmy Dyvi hadde trossa om bord kl. 0931.

Det var fremdeles kraft på styremaskinene da Emmy Dyvi ankom havaristen for å ta sleper om bord. Mannskapet på Emmy Dyvi registrerte imidlertid at lyset om bord i Nordlys slukket rett etter at de hadde fått gjort fast slepetrossa.

Kl. 0931 gikk Florø radio ut med Mayday Relay til alle båter om at Nordlys var i brann. Nordlys hadde da bekreftet at de hadde 207 passasjerer og 55 mannskap om bord, hvorav to var brannskadde. På dette tidspunkt hadde flere båter ankommet havaristen, og andre, blant annet passasjerfartøy med stor kapasitet, meldte at de kunne være framme i løpet av få minutter. SeaKing helikoptre fra Florø og Ørlandet var også rekvirert.

Det var på dette tidspunkt kraftig røykutvikling om bord i Nordlys. Røyken vellet ut fra skorsteinen og casingen og forhindret bruk av styrbord båtdekk hvor røyken slo ned. Nordlys, som da hadde mistet all motorkraft, dreide opp i vinden og ble liggende slik at kun livbåtene på babord side var tilgjengelige. Passasjerene og storparten av mannskapet iførte seg redningsvester, ble talt opp og tatt om bord i livbåtene på babord side. Livbåt nr. 3 ble fylt opp først, deretter livbåt nr. 5.

Kl. 0942 opplyste Nordlys at de hadde satt en mob-båt på vannet med 2 skadde besetningsmedlemmer om bord. De skadde ble fraktet til kai. Der overtok helsepersonell som fraktet dem videre til sykehus.

Brannvesenet kalte opp Nordlys kl. 0944 og informerte om at brannvesen, ambulanspersonell og politi var klare på kaien. Det ble avtalt at evakuering av passasjerer skulle prioriteres. Deretter skulle det gjennomføres søk i røykfylte områder om bord.

### 1.2.4 Bukseringen av Nordlys til kai

Nordlys var framme ved kai kl. 0948 og ble lagt med styrbord side til. Før Nordlys ble fortøyd ble den første livbåten, livbåt nr. 3, låret og frigjort på babord side kl. 0950. Mens Nordlys ble fortøyd ble også den andre båten, livbåt nr. 5, satt på vannet kl. 0958. De to livbåtene gikk begge til indre havn og fortøyde ved en flytebrygge hvor passasjerer og mannskap ble tatt hånd om og senere innlosjert på hotell i Ålesund.

Samtidig som Nordlys ble buksert til kai oppdaterte Hovedredningsentralen kystvaktskipet Nornen om situasjonen og ba Nornen ta rollen som On Scene Coordinator.

Emmy Dyvi startet nedkjøling av Nordlys' babord side ved hjelp av sjøvann. Det var på det tidspunkt ikke trykk på brannlina om bord i Nordlys og nødbrannpumpene fungerte ikke.

Kystvaktskipet Nornen meldte inn ankomst og kapasitet, samtidig som de klargjorde sitt mannskap og utstyr.

#### 1.2.5 Røykdykkingen og slukkearbeidet

RITS-gruppen og ordinære mannskaper fra Ålesund brannvesen ankom kaien klokken 0928, hvor de ble møtt av to røykdykkere fra skipets mannskap som kunne veilede dem videre. Ved hjelp av brannvesenets lift gikk mannskapene om bord helt akter på dekk nr. 3 kl. 1004.

I følge brannvesenet var det ikke lys i korridorene på dekk nr. 3 akterut da de kom om bord. De ble også informert om at det ikke var trykk på brannlinene om bord. Ettersom brannpumpene om bord ikke fungerte, ble det lagt ut utlegg med føding fra bil på land.

Røykdykkere igangsatte søk på dekk nr. 3. Da denne seksjonen var gjennomført uten funn fortsatte søket på dekk nr. 2, dekk nr. 1, dekk nr. 5 og dekk nr. 6, også uten at det ble gjort funn. Deretter gjennomførte røykdykkerne dekk nr. 4. Under dette søket ble en person funnet omkommet i gjennomgangen ved varmkjøkkenet i byssen. Vedkommende ble senere identifisert som maskinlærlingen.

Samtidig som det ble gjennomført søk i innredningen tok røykdykkere seg ned i maskinkontrollrommet akter. Døren mellom maskinkontrollrommet og hjelpemaskinrommet var lukket og kald. I hjelpemotorrommet var det mørkt, grei temperatur, brukbar sikt og noe røyk. Den vanntette døren mellom hjelpemotorrommet og hovedmotorrommet var lukket. Ettersom det ikke var strøm til å operere døren måtte den åpnes manuelt ved håndpumping.

Inne i hovedmotorrommet var det tett røyk og svært dårlig sikt. Det ble observert mest flammer på styrbord side av styrbord motor, lengst bort fra hjelpemotorrommet. Det var også fra dette området det var mest varme. Flammene var spredte og punktvis.

De gikk så opp til øvre del av motorrommet, på nivå dekk nr. 1. Her var det svært varmt og null sikt. Døren mellom hovedmaskinrommet og incineratorrommet sto åpen. Inne på incineratorrommet var det flammer flere steder, og da særlig oppe på en arbeidsbenk. Like ved denne benken sto det også en acetylenflaske. Det var brennende nedfall på og rundt denne, som røykdykkerne slukket.

De beveget seg videre inn i separatorrommet. Døren mellom incineratorrommet og separatorrommet sto åpen. Det var ingen flammer inne i separatorrommet. På døren omtrent midt inne i separatorrommet fant de en livløs person som ble fraktet opp og ut på poopen. Vedkommende ble senere identifisert som maskinsjefen.

Deretter fortsatte røykdykkerne med søk i verkstedet på motsatt side i hovedmotorrommet. Døren fra hovedmotorrommet til verkstedet var lukket. Det ble ikke

observert åpne flammer inne på verkstedet, men intens varme, og de måtte trekke seg tilbake.

Det hadde oppstått forvirring om det korrekte passasjerantallet etter at Nordlys tidligere hadde opplyst at de hadde 207 passasjerer om bord. Rederiet hadde talt opp 209 passasjerer på passasjerlisten, og årsaken til dette var at to passasjerer først var booket fra land med reisebillett uten lugar. Da de kom om bord ville de gjerne kjøpe lugar, og det ble derfor gjort en tilleggsbooking om bord. De to passasjerene ble dermed dobbeltført på passasjerlisten, men korrekt passasjerantall (207) var anført nederst på listen. Rederiet og skipet fikk sammen avklart dette og kl. 1232 bekreftet Nordlys på nytt at det korrekte passasjerantallet var 207.

Kl. 1316 avsluttet SeaKing helikoptersøket i området Nordlys hadde vært da brannen startet, uten å ha gjort funn. Kl. 1345 konkluderte politiet at det ikke var flere savnede.

Emmy Dyvi, som etter å ha buksert Nordlys til kai la seg på Nordlys sin babord side for å kjøle ned skutesiden, rapporterte kl. 1128 at Nordlys lå tyngre i sjøen. Det ble etter hvert også registrert at Nordlys fikk slagside mot babord. Kl. 1216 rapporterte Nornen at Nordlys hadde 2 meter vann i lasterommet, og at det var igangsatt lensing. Kl. 1220 ble Emmy Dyvi bedt om å avslutte aksjonen med å kjøle ned skutesiden og forberede seg på å delta i dykking.

Kl. 1328 ble det rapportert at brannvesenet hadde slukket brannen i maskinrommet. Samtidig igangsatte Emmy Dyvi dykking. Det var på det tidspunkt klart at Nordlys tok inn mer vann enn de klarte å pumpe ut. Det var også klart at de pumpet ut saltvann, mens det var benyttet ferskvann i forbindelse med slukkearbeidet.

#### 1.2.6 Vanninntrengingen og bergingsoperasjonen

Det ble etter hvert fokusert på å skaffe mer pumpekapasitet. I den forbindelse ble det blant annet rekvirert to lensepumper med kapasitet på henholdsvis 500 og 350 m<sup>3</sup>pr. time, som var tilgjengelig i Ålesund-området.

Det var uvisst hvor vannet kom inn, men dykkerne hadde innledningsvis fokus på sjøvannsinntakene. Kl. 1418 rapporterte imidlertid Emmy Dyvi at dykkerne ikke hadde funnet sjøvannsinntak hvor det kunne avdekkes sugeeffekt.

Kystvakten tok nå over ledelsen av dykkingen, og det ble klargjort lekkmatter for å dekke sjøvannsinntakene. Arbeidet ble imidlertid avbrutt kl. 1515 på grunn av usikkerhet knyttet til skipets stabilitet. Kl. 1527 ble broen på Nordlys evakuert på grunn av den store slagsiden.

Ett av fokusområdene ble nå å få i gang skipets nødgenerator for å kunne prioritere lensing av skipet. I tillegg til at spjeldene som skal sørge for tilførsel og kjøling av luften i nødgeneratorrommet hadde lukket seg, viste det seg at en kjølevannsslange var sprunget lekk. Da slange med riktig dimensjon ble fremskaffet, var det likevel ikke mulig å få nødgeneratoren til å gå. Det viste seg i etterkant at motoren hadde skåret seg.

Det var på det tidspunkt ikke funnet vann i lasterom nr. 1, mens det var konstatert vann i lasterom nr. 2. Samtidig som at broen ble evakuert kom det imidlertid beskjed om at det hadde oppstått lekkasje i døren mellom lasterom nr. 1 og lasterom nr. 2. Det Norske

Veritas ble engasjert for å foreta stabilitetsberegninger for å få klarhet i hvor mye vannfylling Nordlys kunne tåle før det var reell fare for kantring.

Kl. 1619 ble redningsaksjonen avsluttet, og rederiet iverksatte berging av skipet.

Kl. 1846 var yrkesdykkere på plass og overtok dykkeoperasjonene.

Kl. 2036 la det Interkommunale Utvalget mot Akutt forurensning (IUA), med assistanse fra kystvaktskip, ut lenser rundt Nordlys. Utover kvelden ble det vurdert tiltak i forhold til om situasjonen skulle forverre seg og Nordlys eventuelt skulle kandre. Blant annet ble muligheten for å strandsette Nordlys på Ellingsøya vurdert. Det ble imidlertid konkludert med å la Nordlys ligge ved kai.

Arbeidet med å lense fra lasterommene fortsatte. Praktiske problemer blant annet med at pumpene tettet seg, ble løst etter hvert. Ved 2300-tiden ble det kuttet hull i skroget ved sideporten på styrbord side for lettere å komme inn med lensepumper. Det første hullet viste seg imidlertid å være for høyt, og det måtte kuttes et nytt hull lavere på skutesiden. Det oppstod en liten brann på bildekk som følge av arbeidet med å skjære det første hullet. Samtidig fortsatte to dykkere fra et sivilt firma å tette sjøvannsinntak ved hjelp av blant annet magnetmatter, og å undersøke skroget for avdekke eventuelle andre lekkasjepunkter.

Like over midnatt ble det kuttet et nytt og større hull aktenfor de første hullene i styrbord skutesiden, slik at det skulle være enklere å få personell om bord. Hullet var klart kl. 0231, men hullet viste seg å være for høyt på skutesiden og det ble kuttet et nytt noe lavere. Kl. 0304 gikk brannvesenet inn og inspiserte maskinrommet som viste seg å være tørt. Kl. 0410 ble det konstatert vann i heissjakt i tillegg til lasterommene, uten at det ble fastslått hvor vannet kom inn.

Slagsiden tiltok utover natten og morgentimene. Kl. 0549 ble slagsiden målt til 19,7 grader, kl. 0740 ble den målt til 20,3 grader og kl. 0839 til 21,78 grader.

Fredag 16. september kl. 0900 ble det avholdt et koordineringsmøte på havnesjefens kontor på kaien i Ålesund. Tilstede på møtet var representanter fra alle involverte, herunder havnevesenet, rederiet, politiet, brannvesenet, redningsmannskapene, Kystverket, Sjøfartsdirektoratet og havarikommisjonen. På møtet ble det utvekslet informasjon og tatt nødvendige beslutninger for å drive bergingsoperasjonen videre. Det ble også bestemt at det skulle avholdes jevnlig koordineringsmøter.

Bergingsspesialister fra Smit Salvage var ankommet Ålesund på morgenen og gikk om bord i Nordlys kl. 0908.

Det var nå kommet på plass godt med lensekapasitet, og pumpene var plassert og fungerte bra. Samtidig avdekket dykkere et hull i skroget på Nordlys, aktenfor styrbord stabilisatorfinne.

Utover dagen arbeidet dykkere med å tette skrogskaden med trekiler, magnetmatter og margarin. Redningsmannskapene fikk dermed etter hvert kontroll over vanninntrengingen og slagsiden ble sakte men sikkert redusert utover kvelden og natten.

Lørdag 17. september kl. 0900 ble det avholdt et nytt koordineringsmøte. Slagsiden var nå redusert til ca. 10°, og det ble besluttet at også andre enn bergingspersonell kunne gå

om bord. Litt før kl. 1200 gikk havarikommisjonen om bord sammen med kapteinen og representanter fra rederiet, politiet, forsikringsselskapet og Sjøfartsdirektoratet. De første innledende undersøkelsene ble gjennomført.

I løpet av ettermiddagen og kvelden 17. september var slagsiden redusert ytterligere og situasjonen ble etter hvert avklart.

### **1.3 Værforholdene**

I følge Meteorologisk institutt blåste det frisk bris til liten kuling i det aktuelle området i det aktuelle tidsrommet. Det var gråvær med lett regn, men for det meste god sikt.

### **1.4 Skadeomfang**

#### **1.4.1 Personskader**

To besetningsmedlemmer, maskinsjefen og en lærling, omkom og to, førstemaskinisten og reparatøren, ble alvorlig skadet i forbindelse med brannen. De alvorlig skadede ble sendt til Haukeland sykehus for behandling av brannskader. I tillegg ble sju besetningsmedlemmer lettere skadet. Disse sju ble sendt til Ålesund sykehus for behandling og observasjon. To av disse ble innlagt i fire uker, mens de øvrige fem ble utskrevet etter noen timer.

Ingen av passasjerene kom til skade.

#### **1.4.2 Skader på skipet**

Brannen førte til en voldsom varmeutvikling i hovedmaskinrommet. I tillegg medførte røyk og sot skade i hjelpemaskinrommet, i gangen forenfor hovedmaskinrommet, i trappesjakten, samt i bysseområdet på fjerde dekk.

Figurene 4, 5, 6 og 7 viser skadeomfanget i hovedmaskinrommet og de tilstøtende rommene, verkstedet og incineratorrommet. Figurene 8 og 9 viser skadeomfanget i korridoren forenfor hovedmaskinrommet og i trappesjakten midtskips.





Figur 4: Styrbord side av hovedmaskinrommet sett forfra på galleriet og akterover. I forgrunnen vises toppen av styrbord hovedmotor. I bakgrunnen vises skottet til verkstedet, med den akterste inngangsdøren midt på bildet. Foto: Politiet



Figur 5: Innvendig i verkstedet på styrbord side hvor førstemaskinisten, reparatøren og lærlingen oppholdt seg da brannen oppstod. Foto: Politiet



*Figur 6: Babord side av hovedmaskinrommet sett forfra på galleriet og akterover. Bildet viser blant annet toppen av babord hovedmotor. Til høyre vises inngangsdøren til incineratorrommet. Foto: Politiet*



*Figur 7: Innvendig i incineratorrommet hvor maskinsjefen kom fra da han traff motormannen i separatorrommet. Foto: Politiet*



*Figur 8: Utenfor kaldproviantrom mellom trappesjakt midtskips og hovedmaskinrom på dekk 1. Temperaturen har vært så høy at plasten rundt toalettrullene har smeltet. Foto: SINTEF NBL*



*Figur 9: På reposit mellom dekk nr. 2 og dekk nr. 3 i trappesjakten midtskips. Foto: SINTEF NBL*

Da Nordlys ble slept til kai ble stabilisatorfinnen på styrbord side vrent akterover og inn i skutesiden aktenfor stabilisatorrommet. Dette medførte en flenge i skutesiden, som igjen førte til vannfylling av lasterom nr. 2.

### 1.4.3 Miljøskader

Det ble ikke registrert forurensning eller annen form for miljøskade i forbindelse med ulykken.

## 1.5 **Rederi og flåte**

Nordlys eies av Kirberg Shipping KS, men opereres av Hurtigruten ASA. Hurtigruten ASA, med kontorer i Narvik og Tromsø, er en sammenslåing av tidligere Ofoten og Vesterålen Dampskibsselskap (OVDS) og Troms Fylkes Dampskibsselskap (TFDS). Selskapene fusjonerte mars 2006 og har kjernevirksomheten innenfor hurtigruten og reiseliv. Hurtigruten opererer per i dag 13 skip, hvorav 11 inngår i hurtigrutefarten mellom Bergen og Kirkenes. Rederiets flåte består i hovedsak av skip bygget på 90- og 2000 tallet.

Seilingsmønstret for de 11 skipene i hurtigruten omfatter 11 dagers rundturer mellom Bergen og Kirkenes med 34 anløp hver vei. Dette tilsier omtrent 24.000 havneanløp årlig.

Rederiet er sertifisert i henhold til ISM-koden og hadde på ulykkestidspunktet gyldig "Document of Compliance" (DOC).

Rederiet har vært imøtekommende og har bidratt med informasjon til SHT's sikkerhetsundersøkelse etter ulykken om bord i Nordlys.

## 1.6 **Besetningen**

Nordlys hadde en besetning på totalt 55, hvorav en dekkbesetning på 10 (inklusive en lærling), en maskinbesetning på 9 (inklusive 2 lærlinger) og restaurasjonsbesetning (kost og losji) på 36 (inklusive 1 lærling). Brobesetningen inkluderer kaptein, overstyrmann, sikkerhetsoffiser og navigasjonsoffiser. Maskinoffiserene inkluderer maskinsjef, førstemaskinist og annenmaskinist.

Sjøvaktordningen var 8 – 4, 4 – 8, dvs. 8 timer på, 4 timer av, 4 timer på og 8 timer av. Dette er den normale vaktordningen i rederiet. I tillegg gikk noen besetningsmedlemmer som dagmenn på ulykkestidspunktet. Av maritim besetning gjaldt dette blant annet maskinsjef, reparatør og elektriker. I tillegg gikk også purser dagmann.

## 1.7 **Passasjerene og lasten**

Nordlys hadde 207 passasjerer om bord da ulykken skjedde. I tillegg var det last ombord bestående av personbiler og diverse stykkgoods. Passasjerene var av 16 forskjellige nasjonaliteter<sup>1</sup>.

## 1.8 **Skipet**

Nordlys ble bygget som byggenummer 102 ved Volkswerft Stralsund VEB i 1994. Skipet ble bygget med en lastekapasitet på 691 passasjerer og 50 biler.

Skipet var på ulykkestidspunktet registrert i Norsk ordinært register (NOR) og klasset i Det Norske Veritas med klassebetegnelsen +1A1 ICE-1C Car Ferry A RM E0. Relevante myndighets- og klassesertifikater var gyldige, og Nordlys var godkjent for å føre 681

<sup>1</sup> NO, US, DE, CH, AU, BE, FR, IT, DK, AT, SE, RU, EE, NL, ES og GB

personer, hvorav 622 passasjerer og 59 mannskap. Sikkerhets sertifikat for passasjerskip var utstedt av Sjøfartsdirektoratet 1. april 2011 med gyldighet til 31. mars 2012. ISM sertifikat var utstedt av Sjøfartsdirektoratet 27. mars 2009 med gyldighet til 27. september 2012. Klasesertifikatet var utstedt av Det Norske Veritas 20. mai 2009 med gyldighet til 31. mars 2014.

Nordlys har bemannet maskinrom. I henhold til bemanningsoppgave utstedt av Sjøfartsdirektoratet 5. november 2007 er minimum bemanning (sikkerhetsbemanning) for drift med bemannet maskinrom maskinsjef, førstemaskinist, maskinist, elektriker og 3 motormenn.

## **1.9 Skipets maskineri, strømforsyning og brennoljesystem**

### **1.9.1 Hovedmotorene**

Hovedframdriftsmaskinene er to sekssylindrede, firetakts, dieselmotorer av typen MaK 6M552C som hver yter 6114 BHK (4500 KW). Motorene er produsert i 1992 ved MaK Motoren GmbH & Co. KG i Kiel i Tyskland.

Begge hovedmotorene har en påhengt akselgenerator som også kan opereres som elektromotor for fremdrift. Disse kan operere under kombinatormode omkring 48-52 Hz. Før ankomst havn legges det normalt om til fast turtall og akselgeneratorene fortsetter å være primærleverandør av elektrisitet. Ved behov kjøres også hjelpemotorene.

### **1.9.2 Hjelpemotorene**

Hjelpemotorene er av typen Ulstein Bergen KRG-8. De to motorene yter 1719 BHK (1265 KW) hver. Motorene er produsert i 1992 ved Ulstein Bergen AS i Bergen, Norge.

### **1.9.3 Nødgeneratoren**

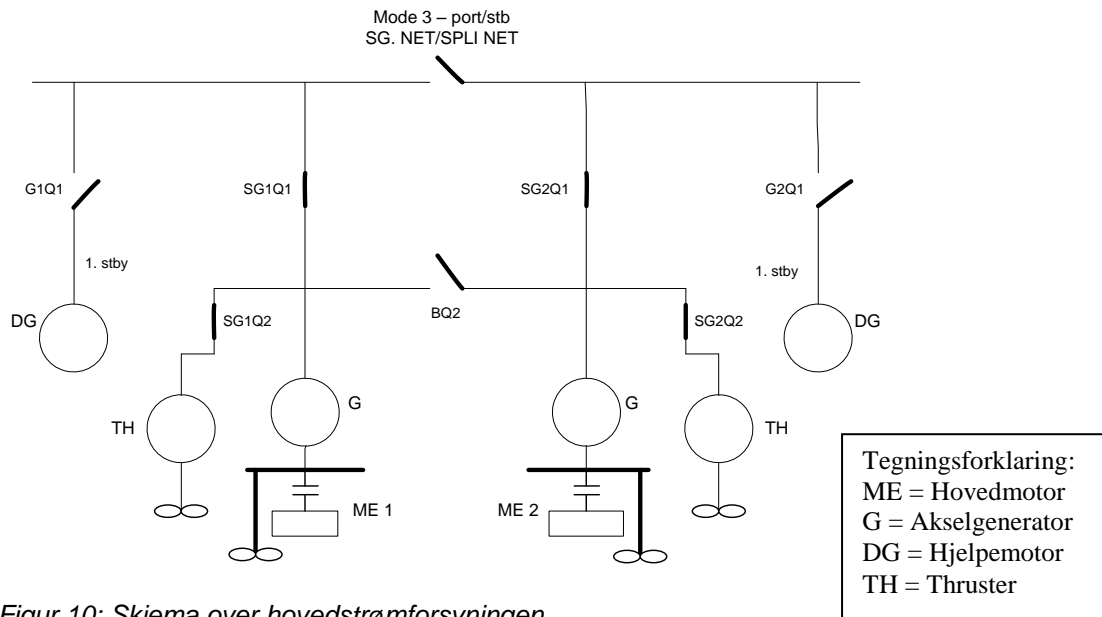
Nødgeneratoren er plassert i nødgeneratorrommet på styrbord side akterut på dekk nr. 7, og drives av en vannkjølt Detroit 6V-92TA dieselmotor med en ytelse på 275 kW. Motoren er tilknyttet en egen dieseltank på 3000 liter. Kjølevannet til motoren kjøles i en radiator som er plassert umiddelbart aktenfor motoren. For å få tilstrekkelig luft til kjøling, åpnes det spjeld i skottet når generatoren starter. Spjeldene om bord på Nordlys var luftstyrte, og de fjærbelastede åpne-/lukkemekanismene for spjeldene er konstruert på en slik måte at de er avhengige av trykkluft fra en trykkluftakkumulator for å åpne. Trykkluften produseres av arbeidsluftkompressoren som er plassert i hjelpemaskinrommet. Kompressoren er igjen avhengig av strøm fra skipets hovedstrømforsyning. Etter at det ble avdekket svakheter ved dette systemet i forbindelse med en grunnstøting med søsterskipet Richard With i 2009, jf. havarikommisjonens rapport SJØ 2010/03, ble det montert en tilbakeslagsventil på lufttilførselsrøret i nødgeneratorrommet for å sikre at lufttrykket ikke skulle forsvinne ved et eventuelt bortfall av strømtilførselen.

Nødgeneratorens oppgave er å produsere strøm til nødtavla ved bortfall av hovedstrømforsyningen. Ved normal drift forsynes nødtavla av strøm gjennom en kontaktor som er aktivert fra hovedtavla. Ved bortfall av hovedstrømforsyningen mister nødtavla spenningen, og dieselmotoren til nødgeneratoren får signal om å starte. Deretter starter nødgeneratoren, som når den får opp riktig turtall og spenning slår seg inn på

nødtavla. Når dette skjer vil nødtavla ta over og sørge for strømtilførsel til de systemene som er tilknyttet nødtavla, jf. vedlegg C.

#### 1.9.4 Strømforsyningssystemet

Nordlys kan operere i forskjellige moder hvor strømforsyningssystemet er satt opp ulikt. Under normal seilas opererer skipet vanligvis i mode 3, slik det også gjorde på ulykkestidspunktet. I mode 3 forsynes skipet med strøm fra akselgeneratorene og hovedtavlen er splittet. Hver del av tavlen forsynes fra hver sin akselgenerator og hver akselgenerator har en hjelpemotor i standby (se figur 10). Duplisert utstyr er fordelt på begge hovedtavlene slik at f. eks. en drivstoffpumpe som er tilknyttet babord tavle vil ha sin standby pumpe tilknyttet styrbord tavle.



Figur 10: Skjema over hovedstrømforsyningen.

Nødtavlen er forsynt med strøm fra hovedtavle 1 (babord), og det vil ved bortfall av strøm til denne bli gitt signal til nødgeneratoren om automatisk oppstart. Liste over utstyr som forsynes fra nødtavlen er vedlagt som vedlegg C.

#### 1.9.5 Brennoljesystemet

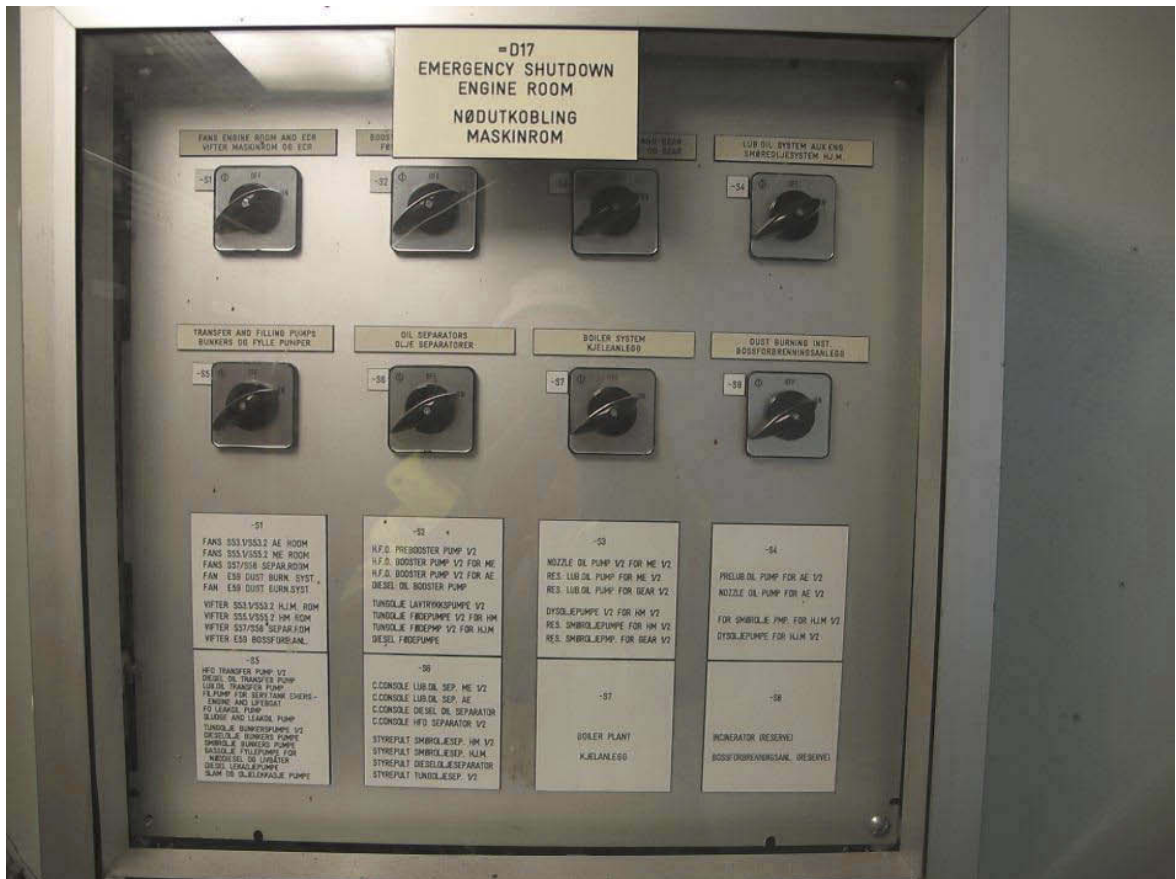
Nordlys ble opprinnelig bygget for å kunne brenne både tungolje og diesel, men har siden høsten 2009 kun benyttet et spesialdestillat som kan karakteriseres som en “vokset diesel”. Dette ble benyttet på både hoved- og hjelpemotorene. Nødgeneratoren benyttet konvensjonell diesel.

Drivstoffet ankommer hovedmotorene med ca. 5 – 5,5 bars trykk ved hjelp av boosterpumper. Hver sylinder har i tillegg en individuell drivstoffpumpe som henter drivstoff fra motorens drivstoffregister og sprøyter dette inn i sylindrene ved ca. 350 bars trykk. Boosterpumpene sirkulerer ca. 3 m<sup>3</sup> drivstoff i timen, hvilket er mer enn dobbelt så mye som maksimalt forbruk. Overskuddet samles i enden av drivstoffregisteret og returneres til miksetanken. Dette lukkede kretsløpet (miksetank – hovedmotor – miksetank) er trykksatt til ca. 5 bar og etterfylles kontinuerlig fra dagtanken.

Når høytrykkspumpene åpner og lukker mot lavtrykkssiden fører det til trykkpulser i lavtrykkssystemet. Slike pulser kan skade rør, komponenter og innfestinger dersom de

blir tilstrekkelig kraftige eller det oppstår egensvingninger i systemet. Like før og etter drivstoffregisteret passerer drivstoffet gjennom trykkkompensatorer som har til oppgave å dempe slike trykkpulser. Miksetanken har også en dempende funksjon da denne er trykksatt med en luftpute som vil bidra til demping i systemet.

Alle drivstofftankene er utstyrt med hurtiglukkeventiler som er lokalisert i nødstasjonen på dekk nr. 2. Smøreolje- og boosterpumper, samt vifter og separatorene kan stanses fra et nødskap like utenfor kontrollrommet.



Figur 11: Skap for nødutkobling av pumper, vifter og utstyr i maskinrom. Foto: SHT

## 1.10 Brannslukningsanlegget i maskinrommet

Det er installert to typer faste brannbekjempelsessystem i maskinrommet på Nordlys. Hovedsystemet er et CO<sub>2</sub>-anlegg. I tillegg er det installert et vannbasert punktbeskyttelsesanlegg over de to hovedmotorene og i noen andre spesielle områder.

### 1.10.1 CO<sub>2</sub>-anlegget

CO<sub>2</sub>-anlegget i maskinrommet på Nordlys var levert av Minimax. Anlegget skulle ha en kapasitet til å fylle maskinrommet med nok gass til å skape inert atmosfære slik at en eventuell brann slukkes. Det vil i praksis si at gassen skal kunne fylle 40 % av rommets bruttovolum eller 35 % av rommets nettovolum. Det var forutsatt at 85 % av denne gasmengden kunne slippes inn i rommet i løpet av 2 minutter etter utløsning. Siden CO<sub>2</sub> i denne konsentrasjonen er livstruende for mennesker som oppholder seg i rommet, er det påkrevet at rommene er evakuert før utløsning, og at utløsning bare kan skje fra utsiden av det beskyttede rommet.

CO<sub>2</sub> var lagret på trykkflasker a 45 kg, 55 flasker for hoved- og hjelpemaskinrom, 2 flasker for separatorrom og 4 flasker for kontrollrommet. Skapet for utløsning av CO<sub>2</sub> var plassert i trappeoppgang dekk nr. 2, og gassflaskene ble oppbevart i et eget rom helt akterut på dekk nr. 2.

Utløsning av CO<sub>2</sub> til maskinrommet skulle gjøres ved gjennomføring av en egen prosedyre. For at anlegget skulle kunne utløses, måtte en i henhold til prosedyren først åpne et CO<sub>2</sub>-skap, noe som ville utløse alarm og stanse ventilasjonsviftene automatisk. Så måtte en forvise seg om at alle har forlatt rommet, stenge alle åpninger, og stenge all brennoljetilførsel. Deretter måtte man trekke ut sikkerhetspinnen i tidsforsinkelsesboksen, åpne en klaff etter at tidsforsinkelsen var ute, åpne for CO<sub>2</sub> styreflasker, åpne styreventil for CO<sub>2</sub>-ventil, og til sist åpne styreventil for CO<sub>2</sub>-flasker. CO<sub>2</sub> kunne også utløses manuelt fra CO<sub>2</sub>-rommet.

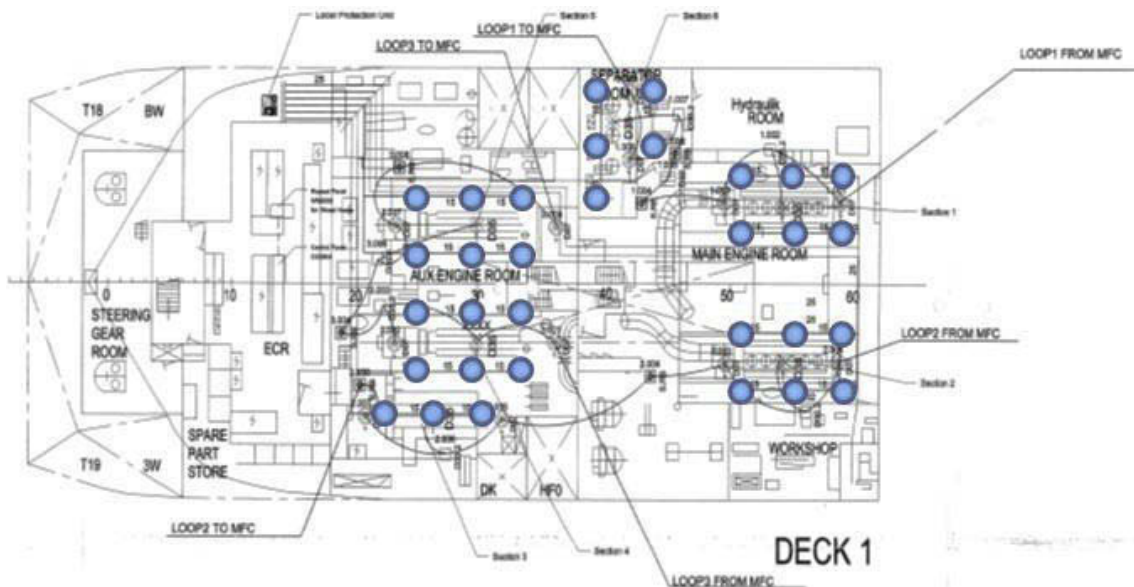
### 1.10.2 Punktslukkeanlegget

I tillegg til CO<sub>2</sub>-anlegget var maskinrommet på Nordlys dekket av et punktslukkeanlegg av typen "Novenco Hi-Pres Water Mist System". Anlegget, som ble installert i 2002, var vannbasert og delt inn i seks seksjoner. En seksjon med 3 dyser over kjelen, en seksjon med 6 dyser over hver hovedmotor og hver hjelpemotor, og en seksjon med 5 dyser i separatorrommet. Alle dysene var plassert på dekk nr. 1 (oppunder dekk nr. 2). Det var ingen dyser på tanktoppnivå.

Systemet er i navnet et høytrykksystem, men ble operert med ca. 10 – 12 bar, noe som satte det i kategorien "Medium pressure" i terminologien innen vanntåkesystemene. Dysene hadde en k-faktor på 5 som gir en vannlevering på ca. 13,5 liter/min ved 7,3 bars trykk. De var laget av en messinglegering og hadde en beskyttelseshette av rustfritt stål som automatisk faller av på grunn av trykket ved utløsning. Sprayvinkelen var på 120 grader. Anlegget var tilknyttet en egen pumpe med en kapasitet på 6 m<sup>3</sup> pr. time, og fikk vannforsyning fra en ferskvannstank på 3 m<sup>3</sup>. Før ferskvannstanken ble tømt måtte det åpnes en ventil til brannlina for at slukking kunne fortsette med sjøvann.

I tilknytning til systemet var det koblet UV flammedetektorer og kombinerte røyk- og varme ionedetektorer. Punktslukkeanlegget var fullt automatisert og skulle løse ut hvis røykvarslere og flammedetektor for seksjonen ble aktivert. Anlegget kunne også løses ut manuelt ved hver seksjon eller fra pumpeanlegget i storesrommet på babord side aktenfor maskinkontrollrommet.





Figur 12: Skissen viser plasseringen av dysene for punktslukkeanlegget. Dysene som er markert som blå kulepunkter, er plassert over hver hovedmotor (6 pr. motor), i separatorrommet (5), over hver hjelpemotor (6 pr. motor) og over kjelen (3). Totalt 32 dyser på dekk nr.1 (oppunder dekk nr. 2). Det er ingen dyser på tanktoppnivå.

Punktslukkeanlegget får strømforsyning via nødtavla.

For at anlegget skal kunne løse ut automatisk må kontrollpanelet på babord side i maskinkontrollrommet stå i auto, og det må være minst to detektorer tilknyttet anlegget som indikerer brann.

### 1.11 Brannører

Nordlys er delt inn i tre hovedsoner som kan skilles fra hverandre ved hjelp av brannører i en nødsituasjon. Brannørernes hensikt er å begrense brann- og røykspredning, og å redusere tilgang til oksygen for brannen.

Dørene kan lukkes fra broa, alle dører på en gang, eller sonevis. Dørene kan også lukkes manuelt ved hver enkelt dør. I tillegg kan dørene kobles til brannalarmsystemet slik at dørene vil stenge automatisk dersom en brannalarm ikke blir kvittert ut innen to minutter.

### 1.12 Vanntett inndeling

For å kunne overleve skader som fører til vannfylling gjennom huden, er Nordlys inndelt i flere vanntette avdelinger adskilt med vanntette tverrskipsskott. Slike tverrskipsskott er arrangert på spant 18, 38, 62, 86, 134 og 166 (kollisjonsskottet). Tverrskipsskottene er som et minimum ført opp til dekk nr. 2, som er definert som skottdekket. Rommene mellom de vanntette skottene omtales som vanntette avdelinger.

### 1.13 Vanntette dører

I alle tverrskipsskottene, med unntak av kollisjonsskottet, er det arrangert vanntette skyvedører. På tanktoppnivå er det arrangert vanntett skyvedør i skott på spant 86, mellom lasterom nr. 2 og lasterom nr. 1. På dekk nr. 1 er det arrangert vanntette skyvedører i skott på spant 18 (mellom maskinkontrollrommet og hjelpemaskinrommet), i skott på spant 38 (mellom hjelpemaskinrommet og hovedmaskinrommet), i skott på

spant 62 (mellom hovedmaskinrommet og proviantlageret), i skott på spant 86 (mellom proviantlageret og mannskapsinnredningen), og i skottene på spant 110 og 134 (internt i mannskapsinnredningen).

De vanntette dørene ble installert i forbindelse med byggingen av Nordlys.

Alle vanntette dører skal holdes lukket under fart, men kan åpnes dersom det er nødvendig å passere gjennom dem eller dersom det er arbeid i umiddelbar nærhet til dørene. Dørene skal lukkes igjen umiddelbart etter at passering eller arbeid er gjennomført. Dørene kan opereres lokalt, fra sikkerhetssentralen og fra broen. Fra broen kan dørene stenges enkeltvis eller alle på en gang. Dersom alle dørene stenges fra broen, vil de automatisk gå tilbake til stengt posisjon dersom de har vært åpnet.

#### **1.14 Rederiets sikkerhetsstyringssystem**

Rederiet har etablert et sikkerhetsstyringssystem i tråd med ISM-koden<sup>2</sup>. Formålet med dette systemet er å ivareta sikkerhet til sjøs, hindre personskader eller tap av liv, og å unngå skade på miljø og eiendom.

Sentralt for rederiets skip er sikkerhetshåndboken og fartøyshåndboken som inneholder både generiske og fartøyspesifikke instruksjoner og prosedyrer, herunder dokumenter som omhandler ansvars- og stillingsbeskrivelser, opplæring og instruksjoner for nødsituasjoner.

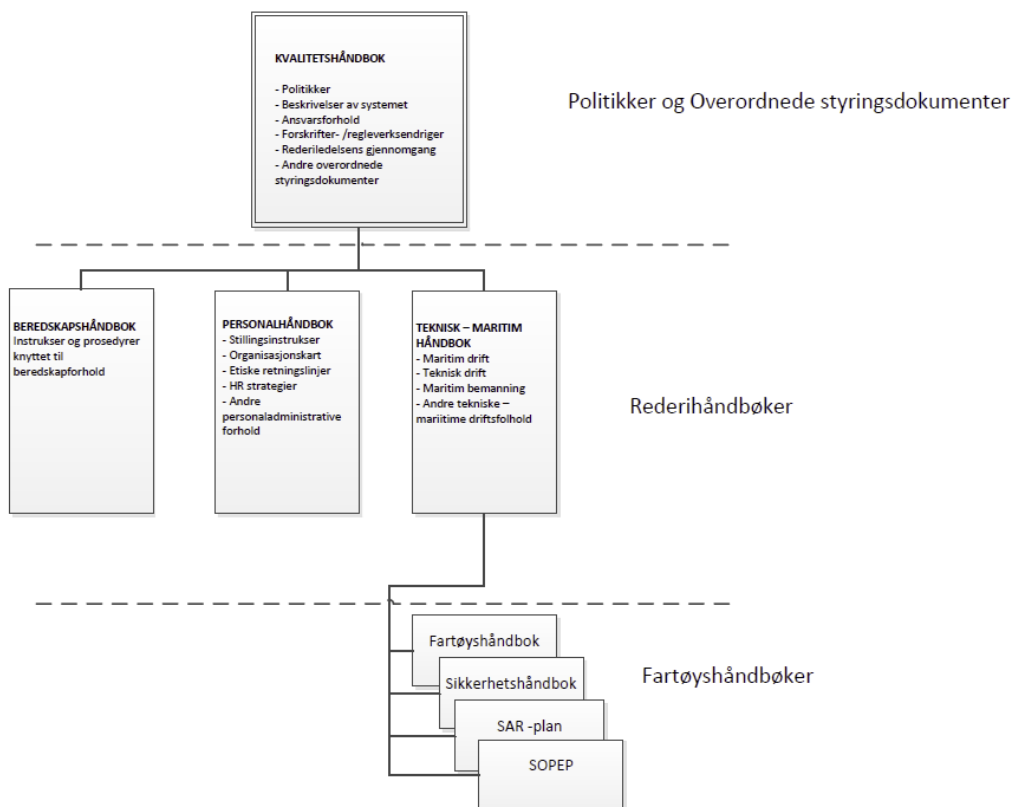
Sikkerhetsstyringssystemet, som er utarbeidet i samarbeid med de ansatte, er basert på nasjonale og internasjonale lover og regler i tillegg til rederidefinerte krav. Systemet inneholder rutiner, prosedyrer og instruksjoner for daglig drift og handling i nødssituasjoner. Systemet blir løpende revidert av rederiet gjennom interne revisjoner, skipsledelsens systemgjennomgåelse og rederiledelsens systemgjennomgåelse. I tillegg gjennomfører Sjøfartsdirektoratet regelmessige revisjoner av systemet.

Policy og overordnede styringsdokumenter danner grunnlag for håndbøker, og rederiets håndbok danner igjen grunnlag for fartøyshåndbøker. Policy danner også grunnlag for instruksjoner, og instruksene utdypes i prosedyrer. Der det er behov, utarbeides det sjekklistene for ivaretagelse av prosedyrene. Dokumenter i sikkerhetsstyringssystemet distribueres via Docmap, som er selskapets elektroniske dokumentstyringssystem.

Figur 13 viser hvordan styringssystemet er bygget opp.

---

<sup>2</sup> International Safety Management Code (IMO Res. A 741(18))



Figur 13: Skematisk fremstilling av rederiets styringssystem. Kilde: Hurtigruten ASA

#### 1.14.1 Ansvars- og stillingsbeskrivelser

Det er utarbeidet ansvars- og stillingsbeskrivelser for hver enkelt stilling om bord. I henhold til stillingsbeskrivelsen<sup>3</sup> er kapteinen forpliktet til å gjennomføre de tiltak han finner nødvendig for å unngå uønskede hendelser. Kapteinen har den overordnede myndighet om bord og har ansvaret for å ta avgjørelser med hensyn til sikkerhet og hindring av forurensning og for å anmode om selskapets bistand når dette måtte være nødvendig. I henhold til stillingsbeskrivelsen<sup>4</sup> har maskinsjefen myndighet til å ivareta den daglige drift innenfor sitt departement i samsvar med oppsatte rammer.

I følge alarminstruksen innehar maskinsjefen funksjonen som brannsjef/skadedestedsleder, og skal møte på broen i nødsituasjoner. Alarminstruksen beskriver også hvem som er stedfortreder for nøkkelpersonell dersom disse ikke er tilgjengelige. Blant annet er overstyrmann stedfortreder for kaptein og maskinsjef, mens andremaskinist er stedfortreder for førstemasjinist.

#### 1.14.2 Opplæringsrutiner om bord

Opplæringen av besetningen er beskrevet i en egen prosedyre<sup>5</sup>. Prosedyren skal sikre at nødvendig opplæring blir gitt til nytt personell i form av interne opplæringsprogrammer tilpasset den enkelte stilling om bord. Kapteinen er ansvarlig for at opplæringsrutinene følges om bord og den enkelte departementssjef er ansvarlig for at personellet innen eget departement får nødvendig opplæring. Skipets sikkerhetsoffiser er ansvarlig for at

<sup>3</sup> Stillingsbeskrivelse SB0001 Stillingsbeskrivelse Kaptein

<sup>4</sup> Stillingsbeskrivelse SB0013 Stillingsbeskrivelse Maskinsjef

<sup>5</sup> Prosedyre PR0001 Opplæringsrutiner om bord

nødvendig sikkerhetsopplæring blir gjennomført. Skipet skal øve i henhold til et spesifisert øvelsesprogram.

### 1.14.3 Prosedyre relatert til brann<sup>6</sup>

I henhold til prosedyren relatert til brann skal enhver brann eller lignende fare for skipet øyeblikkelig varsles til broen på hurtigste måte. Når alarmknappen nærmest brannstedet trykkes inn vises alarmstedet på kontrollpanelet på broen. Den som oppdager brannen skal gjøre sitt ytterste for å slukke brannen med nærmeste brannslukningsapparat.

Dører og luker hvorfra det siver ut røyk må ikke åpnes før brannslukningsapparatet er klart til bruk. Prosedyren advarer mot at stikkflammer kan slå ut når dørene åpnes. Dersom det ikke er mulig å slukke brannen med tilgjengelige hjelpemidler, skal alle åpninger som gir luft til ilden forsøkes lukkes, og vedkommende skal deretter bli på stedet til en brannslukningsgruppe kommer. Deretter skal det rapporteres hva som er hendt, og om noen eventuelt er stengt inne. Vedkommende skal så gå til egen post i henhold til alarmplanen.

I følge prosedyren skal vakthavende navigatør først varsle kapteinen. På kapteinens ordre skal vakthavende navigatør:

- Stenge branndører/vanntette dører
- Starte brannpumper
- Sjekke at ventilasjonen er stanset
- Eventuelt forandre kurs slik at brannstedet kommer i le

Ved brann i maskinrom skal vakthavende maskinist:

- Ved oppdagelse, melding eller mistanke om brann i maskinrom eller tilstøtende rom, utløse brannalarmen. Deretter skal maskinisten gi beskjed til broen og maskinsjefen om situasjonen.
- Søke å slukke begynnende brann med tilgjengelig slukkeutstyr. Skipet har også punktslukkeanlegg. Dersom en ikke er overbevist om at brannen kan slukkes med tilgjengelig utstyr, skal det gis ordre om evakuering av maskinrommet.
- Starte alarmen for hovedslukkeanlegget ved å åpne døren til utløerskapet. (Vifter stoppes). SELVE ANLEGGET MÅ IKKE UTLØSES! Dette gjøres først etter kontrollmønstring og på uttrykkelig ordre.
- Forbli ved utløerskap til maskinsjef kommer og gi han beskjed om situasjonen. Deretter handle i overenstemmelse med alarminstruks og ordre fra maskinsjef.

Det fremgår for øvrig av prosedyrene<sup>7</sup> at utløsning av hovedslukkeanlegget (CO<sub>2</sub>-anlegget) kun skal utføres av skipsledelsen etter ordre fra kapteinen.

---

<sup>6</sup> Prosedyre PR0065 Brann

<sup>7</sup> Prosedyre PRO116 CO<sub>2</sub> alarm

Prosedyren relatert til brann inneholder ingen instruksjoner om avstengning av brennstofftilførselen. Dette er imidlertid omtalt i prosedyren for utløsning av CO<sub>2</sub>.

#### 1.14.4 Instruks vedrørende brann- og havarilag<sup>8</sup>

Det er etablert tre brannlag (henholdsvis brannlag, teknisk lag og hjelpeag) som skal utøve innsats i en brann-/havarisituasjon, og søke i områder som ikke er tilgjengelig pga. røyk osv.. Brannlagene kan settes til oppgaver som brannbekjempelse, lufttilførsel, skadekontroll, evakuering, forurensning, landingsassistanse for helikopter, redningsoperasjoner, mm.. Brannlagene mønstrer i henhold til alarmplanen.

#### 1.14.5 Prosedyre for punktslukkeanlegg maskinrom<sup>9</sup>

Anlegget beskrives som et fullt automatisert anlegg som løser ut hvis røykvarsler og flammedetektor for seksjonen blir aktivisert og indikerer samtidig. Det er også en beskrivelse av plassering av utløserbokser ved den enkelte komponent, samt muligheten for manuell utløsning fra pumpeanlegg i storesrom. Det er i tillegg beskrevet at anlegget er koblet til skipets brannline med stengeventil. Anlegget står ikke under trykk.

#### 1.14.6 Sjekkliste for bro ved ankomst havn (normal drift)<sup>10</sup>

Fartøyhåndboken inneholder en rekke sjekklister som skal benyttes under normal drift. I henhold til sjekklisten som skal benyttes ved ankomst havn skal brobesetningen blant annet kontrollere at stabilisatorfinnene er tatt inn.

#### 1.14.7 Prosedyre for utarbeidelse av jobbeskrivelser<sup>11</sup>

Prosedyren skal sikre at man ved utarbeidelse av jobbeskrivelser legger inn nødvendig informasjon som er tilstrekkelig til at en jobb kan utføres hensiktsmessig og sikkert. Det skal bl.a. vurderes tidligere erfaringer, spesielle forhold man må være oppmerksom på, operasjonelle tilpasninger, behov for ekstra personell og behov for spesialverktøy for å gjennomføre jobben effektivt og på en sikker måte. Der hvor det er relevant skal det legges inn henvisninger til risikovurderinger. En tilsvarende vurdering skal også gjøres etter at jobben er utført for å vurdere om jobbeskrivelsen er tilfredsstillende.

#### 1.14.8 Avviksbehandling

Avviksbehandling inngår som en del av selskapets sikkerhetsstyringssystem, og utføres ved hjelp av det elektroniske dokumentstyringssystemet Docmap. Den enkelte ansatte har som instruks i sine stillingsbeskrivelser at de skal informere nærmeste leder om avvik. Rederiet har utarbeidet en egen prosedyre for saksbehandling av observasjonsrapporter (inkludert avvik) mellom det enkelte skip og Technical Maritime Operation TMO. Hensikten med denne instruksjonen er å sikre at observasjonsrapporter saksbehandles, undersøkes og analyseres med det formål å forbedre sikkerheten og hindre forurensning. Rapportering utføres ved bruk av observasjonsrapport "Avvik" i Docmap. Kapteinen er overordnet ansvarlig for saksbehandling av observasjonsrapporter om bord. Direktøren i TMO er overordnet ansvarlig for saksbehandling av observasjonsrapporter i TMO.

<sup>8</sup> Instruks IN0043 Brann og havarilag

<sup>9</sup> Prosedyre PRO182 Punktslukkeanlegg for maskinrom

<sup>10</sup> Sjekkliste SL0163 Sjekkliste for bro ved ankomst havn

<sup>11</sup> Prosedyre PR0006 Utarbeidelse av jobbeskrivelser

Instruksen oppfordrer til at observasjonsrapporter utstedt av skipet i så stor grad som mulig skal behandles om bord.

De enkelte skipenes avviksrapportering er gjenstand for behandling/gjennomgang i forskjellige fora, herunder nevnes:

- Skipsinterne møter
- Skipenes driftsmøter med administrasjonen
- Skipsledelsens årlige systemgjennomgang
- TMO's avdelingsmøter
- Rederiledelsens gjennomgang

## **1.15 Rederiets vedlikeholdssystem**

Hurtigruten benytter et PC-basert vedlikeholdssystem av typen STAR IPS. Systemet beskriver rutinene for vedlikehold av skip og utstyr.

Rederiet utga i 2009 en "ERFA-melding" til sine skip om at Sjøfartsdirektoratet i forbindelse med en revisjon hadde avdekket mangelfulle jobbeskrivelser i vedlikeholdssystemet, herunder mangel på henvisninger til fabrikantens vedlikeholdsspesifikasjoner. I ERFA-meldingen ble det beskrevet ulike tiltak skipene skulle gjennomføre som en følge av dette. Alle arbeidsordrer skulle bl.a. inneholde en entydig jobbinstruksjon iht. leverandørens beskrivelse, og henvisning til leverandørens instruksjonsmanual der dette var hensiktsmessig. Det ble også presisert at det skulle foretas risikovurderinger av arbeidet som skulle utføres og at disse skulle knyttes til jobben. Etter utført jobb skulle det gis en utfyllende rapport om gjennomføringen av arbeidet.

På ulykkestidspunktet inneholdt vedlikeholdssystemet blant annet følgende jobbeskrivelser:

### **1.15.1 Vedlikehold av hovedmotorene**

Hovedmotorenes drivstoffpumper skulle skiftes med 24.000 timers intervall. I vedlikeholdssystemet hadde jobben beskrivelsen "overhaul fuel injection pump." Jobbeskrivelsen inneholdt ingen detaljer omkring hvordan jobben skulle utføres eller referanse til brukermanualer eller annen støttedokumentasjon. Det fremgikk av systemet at siste jobb som ble gjort i forhold til drivstoffpumpene før ulykken var knyttet til drivstoffpumpe for sylinder nr. 5 på styrbord hovedmotor, som ble skiftet 3. september 2011 uten nevneverdige kommentarer.

### **1.15.2 Isolasjon av varme overflater**

Isolasjon av eksosmanifold og -rør skulle kontrolleres årlig. Jobben hadde beskrivelsen "kontroller isolasjon og eksosrør". Siste gang denne ble rapportert utført før ulykken var i følge systemet 14. april 2011, med kommentaren "kontrollert ilag med Veritas/Sjøfart Bergen 26.03 – 02.04, ok."

### 1.15.3 Vedlikehold av nødgeneratoren

Det fantes en ukentlig jobb i vedlikeholdssystemet for test av nødgeneratoren. Denne jobben innebar kontroll av vann, olje og motorvarmer, samt en oppstart av motoren. Det fantes videre en 3-månedlig jobb for å testkjøre nødgeneratoren med belastning. Det var også en årlig sjekk av alarmene knyttet til nødgeneratoren og en årlig mindre overhalingsjobb. En større overhalingsjobb lå inne med 5 års intervall. De overnevnte jobbene var rapportert utført uten nevneverdige avvik i perioden før ulykken.

Videre fantes det en jobb for test av luftspjeld til nødgeneratorrommet med teksten “test automatiske luftspjeld til nødgeneratoren. Spjeldene kontrolleres også at de ikke stenger ved bortfall av luft-trykk”. Denne jobben ble utført 2. juli 2011 med kommentaren “testet og tilbakeslags ventil virker ikke som tenkt, spjeld går i stengt etter en stund. Arbeides med å få tak i nye luft cyl. med motsatt virkning. Til da blokkerer vi spjeld åpne ved black out.” Resultatet av testen ble i følge rederiet ikke videreformidlet til rederiets landorganisasjon eller til søsterskipene. Det ble heller ikke innført noen midlertidige tiltak for å sikre lufttilførselen inntil modifikasjonen var gjennomført.

Det var ingen planlagte jobber i vedlikeholdssystemet for kontroll eller utskiftning av fleksible slanger, herunder kjølevannsslanger, til nødgeneratoren.

## 1.16 **Regelverk**

### 1.16.1 Overordnet krav til prosjektering, bygging og utrustning av skip

I henhold til skipssikkerhetsloven<sup>12</sup> skal skip prosjekteres, bygges og utrustes på en slik måte at det ut fra skipets formål og fartsområde gir betryggende sikkerhet for liv og helse, miljø og materielle verdier. Departementet gir forskrifter om hvordan skip skal prosjekteres, bygges og utrustes for å tilfredsstille nevnte krav.

Lovens § 6 fastslår at rederiet har en overordnet plikt til å påse at byggingen og driften av skipet skjer i samsvar med reglene gitt i eller i medhold av loven, herunder at skipsføreren og andre som har sitt arbeid om bord, etterlever regelverket.

### 1.16.2 Krav til bygging og utrustning

Nordlys, som er kjølstрукket 16. oktober 1992 og overlevert rederiet fra byggeverkstedet 1. januar 1994, skal være bygget i henhold til kravene i den byggeforskriften<sup>13</sup> som var gjeldende på kjølstrekkingstidspunktet. I tillegg skal Nordlys tilfredsstille bestemmelsene i 305-forskriften<sup>14</sup>. Forskriften, som også omfatter oppgraderingskrav for eksisterende skipslik det følger av bestemmelsene i de enkelte paragrafer og vedlegg, implementerer endringer i EU-direktiv 98/18.

---

<sup>12</sup> Lov 16. februar 2007 nr. 09 om skipssikkerhet

<sup>13</sup> Forskrift 15. juni 1987 nr. 504 om bygging av passasjerskip, lasteskip og lektere

<sup>14</sup> Forskrift 28. mars 2000 nr. 305 om besiktelse, bygging og utrustning av passasjerskip i innenriks fart

### 1.16.3 Krav til sikkerhetsstyringssystem

Krav til system for sikkerhetsstyring reguleres gjennom ISM-forskriften<sup>15</sup>. Som vedlegg til forskriften følger den internasjonale norm for sikkerhetsstyring for drift av skip og hindring av forurensning, ISM-koden.

### 1.16.4 Krav til vedlikeholdssystem

ISM-forskriften stiller krav om å etablere system for vedlikehold av skip og følger av ISM-kodens punkt 10, vedlikehold av skip og utstyr. Selskapet skal innføre framgangsmåter for å sikre at skipet vedlikeholdes i samsvar med gjeldende regler og forskrifter og med eventuelle tilleggskrav fastsatt av selskapet. Utstyr og tekniske systemer som kan forårsake farlige situasjoner i tilfelle plutselig svikt skal identifiseres, og det skal iverksettes tiltak med sikte på å forbedre slikt utstyrs eller slike systemers pålitelighet.

Vedlikeholdet skal journalføres, og inspeksjoner og tiltak skal være en integrert del av skipets rutine for driftsvedlikehold. Det foreligger ikke krav til at vedlikeholdssystemer skal være elektronisk, eller at de skal være godkjent av myndighetene. For klassede skip fremgår det av klassestatusen om et skip har et godkjent vedlikeholdssystem. For klassede skip uten godkjent vedlikeholdssystem utføres tilsynet av skipets maskineri som direkte kontroll om bord. For klassede skip med godkjent vedlikeholdssystem baseres tilsynet på revisjoner av systemene og rederienes egenkontroll.

### 1.16.5 Krav til stedfortredere for nøkkelpersonell

I henhold til 305-forskriften skal mønstringsrulle og alarminstruksler tilfredsstillende kravene i SOLAS<sup>16</sup>. Dette innebærer bl.a. at det skal spesifiseres hvem som er stedfortredere for nøkkelpersonell i tilfelle bortfall av disse. Det skal tas høyde for at ulike nødsituasjoner kan kreve forskjellige handlinger. Det er imidlertid ikke spesifisert i regelverket at man skal trene på situasjoner med bortfall av nøkkelpersonell, utover en generell henvisning til at mannskap med oppgaver i en nødsituasjon skal være kjent med oppgavene før reises start.

### 1.16.6 Krav til isolasjon og skjerming av varme overflater i maskinrommet

Da Nordlys ble bygget var det ingen bestemmelser med eksplisitte temperaturreferanser relatert til isolasjon av varme overflater i maskinrommet. Slikt krav ble innført med 305-forskriften og kom til anvendelse 1. juli 2003 for Nordlys.

I henhold til kravene i 305-forskriften<sup>17</sup> skal flater i maskinrommet som vil kunne oppnå en temperatur over 220 °C og som vil kunne nås av brennbare væsker i tilfelle lekkasje, være isolert. Det stilles også krav til at brennoljeledninger skal være skjermet eller på annen måte passende beskyttet for, så langt det er praktisk mulig, å unngå oljesprut eller oljelekkasjer på varme overflater.

---

<sup>15</sup> Forskrift 14. mars 2008 nr. 306 om sikkerhetsstyringssystem på norske skip og flyttbare innretninger

<sup>16</sup> International Convention for the Safety of Life at Sea

<sup>17</sup> 305-forskriftens vedlegg I kapittel II-2 og DNV Rules for Ships January 2011, Pt. 7 Ch.2 Sec.2 C203 og C204



Videre er det bestemmelser om skjerming av varme overflater i ASH-forskriften<sup>18</sup> med tanke på å beskytte besetningen mot fare for brannskader ved berøring. Forskriften inneholder imidlertid ikke eksplisitte temperaturreferanser.

#### 1.16.7 Krav til slokkeanlegg i maskinrommet

I henhold til 305-forskriften skal Nordlys ha ett av følgende faste brannsløkkingsanlegg:

- Et gassystem eller et tilsvarende vannbasert system som oppfyller relevante bestemmelser.
- Et slokkesystem med lettskum som oppfyller relevante bestemmelser.
- Et vannforstøvningssystem som oppfyller relevante bestemmelser.

Gassystemet nevnt i første kulepunkt kan i henhold til FSS-koden<sup>19</sup> være et CO<sub>2</sub>-system eller et ekvivalent gassystem basert på retningslinjer fra IMO<sup>20</sup> og godkjent av Administrasjonen<sup>21</sup>.

I tillegg skulle Nordlys innen 1. oktober 2005 ha et fastmontert vannbasert eller tilsvarende lokaltvirkende brannsløkkingsanlegg (heretter kalt punktslokkeanlegg) i maskinrommet. For fast bemannede maskinrom kreves utelukkende en mulighet for manuell utløsning av anlegget. Brannsløkkingsmiddelet som brukes skal ikke sette menneskeliv i fare.

For punktslokkeanlegget skal det ikke være nødvendig med avstenging av maskin, evakuering av personell eller forsegling av rom, og anlegget skal bl.a. beskytte de brannfarlige delene av maskineri med forbrenningskamre som benyttes som skipets hovedfremdriftsmiddel og kraftforsyning.

Aktivering av anlegget skal utløse en visuell og tydelig hørbar alarm i det beskyttede rommet og ved fast bemannede stasjoner. Alarmen skal indikere hvilket anlegg som er aktivert.

Komponenter brukt i slokkeanlegget i det beskyttede området skal tåle forhøyede temperaturer som kan oppstå i forbindelse med en brann. Dysenes plassering skal ta hensyn til eventuelle hindringer i området mellom dysene og området som skal beskyttes.

Punktslokkeanlegget skal kunne løses ut manuelt både lokalt og utenfor det beskyttede området, og være lett tilgjengelig.

#### 1.16.8 Krav til nødstrømsystem

Alle skip skal i henhold til 305-forskriftens vedlegg I regel II-1/D/3 om elektrisk nødkraftkilde være utstyrt med en selvstendig elektrisk nødkraftkilde, med nødtavle plassert over skottdekket og så nær nødkraftkilden som praktisk mulig. For skip i klasse B skal den elektriske nødkraftkilden (nødgeneratoren) kunne fungere i minimum 12 timer. Nødgeneratoren skal forsyne nødlensepumpe, en av brannpumpene, nødbelysning,

<sup>18</sup> Forskrift 1. januar 2005 nr. 80 om arbeidsmiljø, sikkerhet og helse for arbeidstakere på skip

<sup>19</sup> International Code for Fire Safety Systems

<sup>20</sup> International Maritime Organization

<sup>21</sup> Sjøfartsdirektoratet når det gjelder skip med norsk flagg

navigasjonslys, sambandsutstyr, det generelle alarmsystemet, branddeteksjonssystemet, nødsignaler og sprinklerpumpe. I tillegg skal den kunne forsyne vanntette dører sammen med de tilhørende betjenings-, indikator- og alarmkretser i minst en halv time.

#### 1.16.9 Krav til nødutganger fra maskinrommet

I henhold til 305-forskriften, skal maskinrom under skottdekket ha to rømningsveier bestående av enten:

- to sett stålledere plassert så langt fra hverandre som mulig, som fører til dører i den øvre delen av rommet med tilsvarende avstand, og som gir atkomst til vedkommende dekk for innskiping i livbåter og redningsflåter, eller
- en stålleder som fører til en dør som gir atkomst til innskipingsdekket og i tillegg, i den nedre delen av rommet og på et sted godt atskilt fra nevnte leder, skal det være en ståldør som kan åpnes og lukkes fra begge sider og som gir atkomst til en sikker rømningsvei fra nedre del av rommet til innskipingsdekket.

#### 1.16.10 Krav til stabilitet og vanntett inndeling

Kravene til stabilitet i byggeforskriften som kom til anvendelse i forbindelse med byggingen av Nordlys, var basert på kravene i SOLAS. Dette til tross for at Nordlys kun skulle sertifiseres for innenriks fart (liten kystfart). I henhold til forskriften skulle skipet kunne overleve en såkalt en-avdeling skade, dvs. en skade som fører til penetrering av huden mellom de vanntette tverrskipsskottene. Vanntette tverrskipsskott behøvde dermed ikke antas skadet når skipets stabilitet skulle vurderes mot minimumskravene i forskriften.

Etter ulykken med Herald of Free Enterprise i 1987 kom det nye krav til stabilitet i skadet tilstand. Kravet, som fortsatt var basert på en en-avdelingsskade for et skip som Nordlys, kom til anvendelse for nye skip bygget etter 29. april 1990 og eksisterende skip innen en nærmere angitt dato. Imidlertid tilfredsstilte Nordlys allerede disse kravene.

Etter ulykken med Estonia i 1994 ble det gjennom en avtale<sup>22</sup> mellom de nordiske landene, Irland, England og Tyskland, innført nye krav til stabilitet med vann på bildekk på ro-ro skip. Kravet kom til anvendelse for nye skip i internasjonal fart bygget etter 1997, samt eksisterende skip i internasjonal fart innen en nærmere angitt dato. Nordlys, som er sertifisert for innenriks fart, behøvde ikke tilfredsstille disse kravene.

Samtidig ble det gjort endringer i SOLAS som medførte at ro-ro skip som tidligere var vurdert utfra en en-avdelingsskade skulle vurderes utfra to-avdelingsskade. Bestemmelsen kom til anvendelse for skip som er bygget etter 1997 og sertifisert for 400 passasjerer og mannskap eller flere. Eksisterende skip skulle tilfredsstille kravet innen en nærmere angitt dato. Nordlys skal tilfredsstille dette kravet innen 2014. Alternativt må antall passasjerer og mannskap reduseres til 400 i 2014.

Dagens krav til stabilitet fremgår av vedlegg I, kapittel II-1, til 305-forskriften. I henhold til disse bestemmelsene, som implementerer endringer i EU-direktiv 98/18, skal Nordlys ha tilfredsstillende overlevelsessevne med en en-avdelingsskade. Konkret krever forskriften blant annet at skader som medfører usymmetrisk vannfylling skal gi en

---

<sup>22</sup> The "Stockholm Agreement"

slagside på maksimalt 7 grader ved fylling av en avdeling. I tillegg skulle Nordlys ha tilfredsstilt kravet til stabilitet med vann på bildekket innen 1. oktober 2010. Alternativt kunne Nordlys beholde eksisterende standard, forutsatt at skipet tas ut av drift i 2015. Forskriften introduserer også et gammelt SOLAS-krav om at det ikke er tillatt å ha dører i skott mellom lasterom. For Nordlys trådte dette forbudet i kraft 1. juli 2010.

## 1.17 Tilsyn

I henhold til skipssikkerhetsloven §§ 42 og 43 skal det føres tilsyn med skip og styringssystemer. Tilsynet av skip skal ha som formål å bringe på det rene om de kravene som fremgår i eller i medhold av loven, er oppfylt. Tilsynet med sikkerhetsstyringssystem kan blant annet omfatte systemrevisjon av dokumentasjonen for at rederiet har etablert nødvendige og hensiktsmessige systematiske tiltak, samt verifikasjon av at de systematiske tiltakene er til stede og fungerer i praksis, og at aktiviteten når det gjelder slike tiltak er i overensstemmelse med krav fastsatt i lov og forskrift.

### 1.17.1 Myndighetskontroll

#### 1.17.1.1 *Kontroll av skip*

I henhold til § 6 i 305-forskriften skal nye og eksisterende passasjerskip besiktes av Sjøfartsdirektoratet. Kontrollen skal omfatte godkjenning av byggetegninger, oppfølging av skipet under byggeprosessen og all senere periodisk myndighetskontroll gjennom skipets driftsfase. Besiktigelsene skal gjennomføres i det omfang som anses påkrevd og besiktigelsene skal utføres blant annet med grunnlag i foreliggende tegningsunderlag.

For klassifiserte skip skal det innsendes et eksemplar av hovedtegninger for maskineri godkjent av klasseselskapet, for gjennomsyn og eventuell oppfølging av Sjøfartsdirektoratet. I praksis støtter Sjøfartsdirektoratet seg på klasseselskapet når det gjelder godkjenning av byggetegninger for skrog og maskineri.

Etter gjennomført førstegangsbesiktelse av skipet skal Sjøfartsdirektoratet utstede sikkerhetssertifikat for passasjerskip. Sertifikatet utstedes for en periode på ikke mer enn 12 måneder. Før nytt sertifikat utstedes skal Sjøfartsdirektoratet gjennomføre besiktelse for fornyelse av sertifikatet. I forbindelse med besiktelsene benytter Sjøfartsdirektoratets inspektører sjekklister.

Sjøfartsdirektoratet har utarbeidet en sjekkliste for kontroll med at kravene i 305-forskriften er tilfredsstilt. Denne sjekklisten<sup>23</sup>, som i henhold til Sjøfartsdirektoratets interne instruks<sup>24</sup> skal benyttes første gang fartøyet besiktes etter ikrafttredelsen av 305-forskriften inneholder kontroll av varme overflater. Når det gjelder senere (ordinære) besiktelser for fornyelse av sertifikatet har havarikommisjonen fått opplyst at det ikke foreligger sjekklister tilpasset 305-forskriften. Av den grunn benyttes fortsatt de sjekklisene<sup>25</sup> som var basert på besiktelsesforskriften<sup>26</sup> ved besiktelse for fornyelse av sertifikater. I henhold til Sjøfartsdirektoratets interne instruks skal sjekkliste for fornyelse av sertifikat (PSF) benyttes hvert 5. år, mens sjekkliste for årlig inspeksjon

<sup>23</sup> Rapport KS-0104B for eksisterende passasjerskip på 24 meter og derover, klasse B

<sup>24</sup> Kap. 3 Sikkerhetssertifikat for passasjerskip i innenriks fart, i Stasjonenes Håndbok, erstattet 22.11.2011 av Prosedyre for inspeksjon og utstedelse av sikkerhetssertifikat, passasjerskip i innenriks fart

<sup>25</sup> Henholdsvis sjekkliste KS-0151B ved fornyelsesbesiktelse (PSF) og KS-0157B ved årlig inspeksjon (PSÅ)

<sup>26</sup> Forskrift 15. juni 1987 nr. 506 om besiktelse for utstedelse av sertifikater til passasjer-, lasteskip og lektere, og om andre besiktelser m.m.

(PSÅ) skal benyttes de fire mellomliggende årene. Til tross for at ingen av sjekklistene er tilpasset 305-forskriften, inneholder PSF kontroll av varme overflater. Kontroll av varme overflater er imidlertid ikke inkludert i PSÅ.

I følge Sjøfartsdirektoratet ble det gjennomført en utvidet besiktelse av Nordlys i 2002 i forbindelse med ikrafttreddelsen av 305-forskriften. I tillegg til sjekklisten PSÅ ble rapport KS-0104B benyttet. Bakgrunnen for at PSÅ ble benyttet ved denne besiktelsen var i følge Sjøfartsdirektoratet at Nordlys på det tidspunkt hadde et gyldig<sup>27</sup> passasjerskipssertifikat. I forbindelse med fornyelsesbesiktelsene i 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 og 2010 ble sjekklisten PSÅ benyttet, mens sjekklisten PSF ble benyttet i forbindelse med fornyelsesbesiktelsene i 2004, 2009 og 2011.

Sjekklisten PSF ble benyttet under fornyelsesbesiktelsen som ble gjennomført 29. mars – 1. april 2011 (den siste besiktelsen før brannen). I den forbindelse ble kontroll av isolasjon av varme overflater overlatt til rederiet som egenkontroll.

I følge Sjøfartsdirektoratets fartøyhistorikk ble det 16. april 2007 gitt pålegg om at indikatorraner og varme rør skulle isoleres. Påleggene ble bekreftet utført av rederiet 20. april 2007. Siden er det ikke gitt pålegg i forbindelse med isolering av varme overflater.

CO<sub>2</sub>-anlegget som var om bord under brannen i 2011 ble installert om bord i Nordlys som nybygg og ble godkjent i forbindelse med førstegangsbesiktelsen i 1994.

Punktslukkeanlegget ble installert<sup>28</sup> og godkjent i forbindelse med ikrafttreddelsen av 305-forskriften. På det tidspunkt Nordlys ble bygget var det ikke krav om lokalt slukkeanlegg i maskinrommet. Relevant dokumentasjon på punktslukkeanlegget ble behandlet med direktoratets brev av 25. januar 2002. Direktoratet påpekte i brevet at plasseringen av aktre dyser over hjelpemotorene ikke var helt i overensstemmelse med typesertifikatet utstedt av DNV. Videre fremgår det av brevet at arrangementet ikke var å betrakte som endelig akseptert før det var underkastet en fullskalatest med representant fra Sjøfartsdirektoratet tilstede. Under testen, som ble gjennomført i forbindelse med installasjonen av anlegget og med representanter fra Sjøfartsdirektoratet og DNV til stede, ble anlegget trykkprøvd med 15 bar trykk i et døgn før anlegget ble testet ved utløsning av dysene i separatorrommet.

Nødgeneratoren om bord i Nordlys var godkjent av tilsynet før ulykken med Richard With. Tilsvarende ble de modifikasjonene som ble gjennomført om bord i Nordlys etter ulykken med Richard With også godkjent. Etter brannen om bord i Nordlys bekreftet Sjøfartsdirektoratet gjennom en sikkerhetsmelding<sup>29</sup> at arrangementet for åpning og lukking av spjeldene i nødgeneratorrommet var i samsvar med både Sjøfartsdirektoratets og DNV's regelverk, forutsatt at det er installert tilbakeslagsventil mellom trykkluftakkumulator i nødgenerator og det ordinære trykkluftarrangementet.

Når det gjelder forbudet mot å ha dører i skott mellom lasterom ble, i følge Sjøfartsdirektoratet, næringen gjort kjent med dette gjennom et rundskriv i april 2000<sup>30</sup> som informerer om ikrafttreddelsen av 305-forskriften. Ettersom Nordlys og andre hurtigruteskip hadde en skyvedør på tanktoppnivå i det vanntette skottet på spant 86,

<sup>27</sup> Gyldig til 2004

<sup>28</sup> Installasjonen ble foretatt under et verkstedopphold ved Fiskerstrand Verft i tidsrommet 31.01.2002 – 09.02.2002

<sup>29</sup> Sikkerhetsmelding SM-03-2011, datert 19. oktober 2011

<sup>30</sup> Rundskriv – Serie F nr. 7/2000 datert 25. april 2000

mellom lasterom nr. 1 og lasterom nr. 2, gjorde Sjøfartsdirektoratet deretter Hurtigruten ASA spesifikt oppmerksom på denne problemstillingen i brev datert 23. juni 2009. Siden den tid har det vært en løpende prosess hvor problematikken rundt døren mellom lasterommene har blitt behandlet parallelt med de øvrige oppgraderingskravene.

De øvrige oppgraderingskravene i henhold til 305-forskriften har i hovedsak vært knyttet til roro passasjerskip og rederiet har ønsket å omklassifisere Nordlys til et ordinært passasjerskip. Krav om to-avdelingsstandard og vann på dekk vil da bortfalle.

Forbudet mot å ha dør mellom lasterom på tanktopp vil imidlertid også gjelde dersom Nordlys omklassifiseres fra roro skip til passasjerskip. Sjøfartsdirektoratet ga i brev av 28. oktober 2010 til rederiet midlertidig fritak slik at denne døren kunne beholdes fram til 1. april 2011. Det midlertidige fritaket var basert på de samme betingelser som ble lagt til grunn da Nordlys i brev av 22. januar 1996 ble innvilget fritak fra bestemmelsene om dører mellom lasterom. Det ble da blant annet forutsatt at den aktuelle døren måtte holdes lukket under fart.

Rederiets dispensasjon har ikke blitt forlenget skriftlig, men i følge Sjøfartsdirektoratet har det blitt gitt muntlig beskjed om at denne fristen ville kunne bli forlenget så lenge saken ligger i direktoratet til behandling.

Siste korrespondanse i saken er brev fra Sjøfartsdirektoratet datert 5. juni 2012 der Sjøfartsdirektoratet i prinsippet aksepterte et forslag fra rederiet til løsning.

Når det gjelder tilsynets kontroll med tettheten på den aktuelle døren fremgår det av sjekklisten PSF som ble benyttet under fornyelsesbesiktelsen 29. mars – 1. april 2011, at denne kontrollen, i likhet med kontrollen av varme overflater, ble overlatt til rederiet som egenkontroll. I henhold til sjekkliste PSÅ gjennomføres imidlertid ikke kontrollen av tetthet på dører som egenkontroll i forbindelse med årlig kontroll. Siste årlige kontroll før brannen ble gjennomført 10. mars – 11. mars 2010.

#### 1.17.1.2 *Kontroll av styringssystem*

I henhold til ISM-forskriften er Sjøfartsdirektoratet også tilsynsmyndighet i forhold til rederiets og skipets sikkerhetsstyringssystemer. Sjøfartsdirektoratet forestår gjennom tilsynsrollen revisjon av rederiets sikkerhetsstyringssystem, både i landorganisasjonen og om bord på skipene. De skal videre kontrollere at selskapet og ledelsen om bord opererer i samsvar med sikkerhetsstyringssystemet. Sjøfartsdirektoratet opplyser at de utfører ISM-revisjoner i henhold til IMO's retningslinjer som beskrevet i Res.A.1022(26), «guidelines on the implementation og the international safety management (ISM) code by administrations», i tillegg til egne prosedyrer for planlegging og gjennomføring av ISM-revisjoner.

Når revisjonen viser at kravene i ISM-koden er oppfylt utstedes godkjennelsesbevis for sikkerhetsstyring for rederiet (Document of Compliance, DoC) og sikkerhetsstyringssertifikat for skipet (Safety Management Certificate, SMC).

Siste revisjon av sikkerhetsstyringssystemet før brannen om bord i Nordlys 15. september 2011 ble gjennomført 16. og 17. juni 2010. Systemet ble da funnet i samsvar med ISM koden. I følge revisjonsrapporten er styringssystemet godt implementert og blir brukt om bord. Skipets ledelse, og særlig kapteinen, hadde god forståelse av styringssystemet,

brukte det aktivt og motiverte mannskapet. De av mannskapet som ble intervjuet viste god forståelse og kjennskap til systemet og Docmap.

Revisjonen avdekket imidlertid også enkelte avvik. Det ble i den forbindelse påpekt at rapporten "skipsledelsens systemgjennomgang" ikke omfatter kravet til minimum innhold. Følgende punkter var ikke inkludert i skipsledelsens systemgjennomgang:

- Gjennomgang av styrende dokumenter
- Styringssystemets praktiske funksjon om bord
- Evaluering og gjennomgang av kritiske systemer og komponenter om bord
- Evaluering og gjennomgang av skipets vedlikeholdssystem

Videre ble det blant annet avdekket at oppfølgingen av læreplan for elektrikerlærling var mangelfull, samt at kritisk utstyr ikke er definert i vedlikeholdssystemet. Kolonnen for kritisk utstyr var ikke avmerket for noen komponenter med tilhørende jobber. Utstyr som kan forårsake farlige situasjoner i tilfelle akutt svikt var identifisert gjennom analyse, men ikke integrert i vedlikeholdssystemet.

#### 1.17.2 Klassekontroll

Nordlys har vært klasset i Det Norske Veritas siden skipet var nytt. Dette innebærer at Nordlys også skal tilfredsstille klassereglene. DNV har i den forbindelse gjennomført kontroll og godkjenning av byggetegninger, oppfølging av skipet under byggeprosessen og all senere periodisk klassekontroll gjennom skipets driftsfase i forhold til skrog og maskineri.

I skipets driftsfase gjennomfører classeselskapet periodiske besiktigelser. Klasesertifikatet fornyes hvert 5. år. Periodiske besiktigelser omfatter årlig besiktigelse, mellombesiktigelse og besiktigelse knyttet til fornyelse av sertifikatet. Besiktigelsene omfatter verifikasjon av at skrog og maskineri er i henhold til gjeldende klassekrav.

##### 1.17.2.1 *Kontroll av skip*

Siste besiktelse for fornyelse av klasesertifikatet ble gjennomført i mai 2009. På grunnlag av denne besiktelsen ble det utstedt nytt sertifikat med gyldighet til 31. mars 2014. DNV gjennomførte årlige inspeksjoner i 2010 og 2011. Siste årlige besiktelse av Nordlys før brannen ble gjennomført 28. mars 2011.

Kontroll av varme overflater inngår i DNV's sjekklister både for fornyelse av sertifikat og for årlig inspeksjon. DNV har også en intern instruks til sine inspektører med veiledning om gjennomføring av inspeksjon av varme overflater. Utfordringen med at slike kontroller for det aller meste foretas med kaldt maskineri behandles i noen grad ved at typiske problemområder og visuelle indikatorer på høy temperatur beskrives. Det gis også råd omkring vurderinger og håndtering av avvik. Instruksen anbefaler at isolasjon av varme flater utbedres umiddelbart, med en åpning for å gi pålegg til neste havn eller 1 måned dersom det er nødvendig.

I forbindelse med den siste årlige besiktelse av Nordlys før brannen ble det ikke gitt pålegg om isolasjon av varme overflater. I følge DNVs rapporter har det heller ikke blitt

kommentert på tilstanden på isolasjon av varme flater på søsterskipene ved siste årlige kontroll før brannen om bord i Nordlys, foretatt henholdsvis 9. november 2010 (Richard With) og 21. mars 2011 (Kong Harald).

#### 1.17.2.2 *Kontroll av vedlikeholdssystemet*

Rederiets vedlikeholdssystem er godkjent av DNV i henhold til deres regler for PMS<sup>31</sup> (Planned Maintenance System). Dette innebærer at DNV har godkjent det elektroniske systemet, samt utført en revisjon om bord for å verifisere at systemet er implementert i henhold til regelverket. Videre utfører DNV en årlig revisjon av vedlikeholdssystemet om bord og krediterer fortløpende maskineriet basert på historikken som fremlegges av maskinsjefen om bord.

### **1.18 Tekniske undersøkelser etter brannen**

#### 1.18.1 Diesellekkasjer ved styrbord hovedmotor

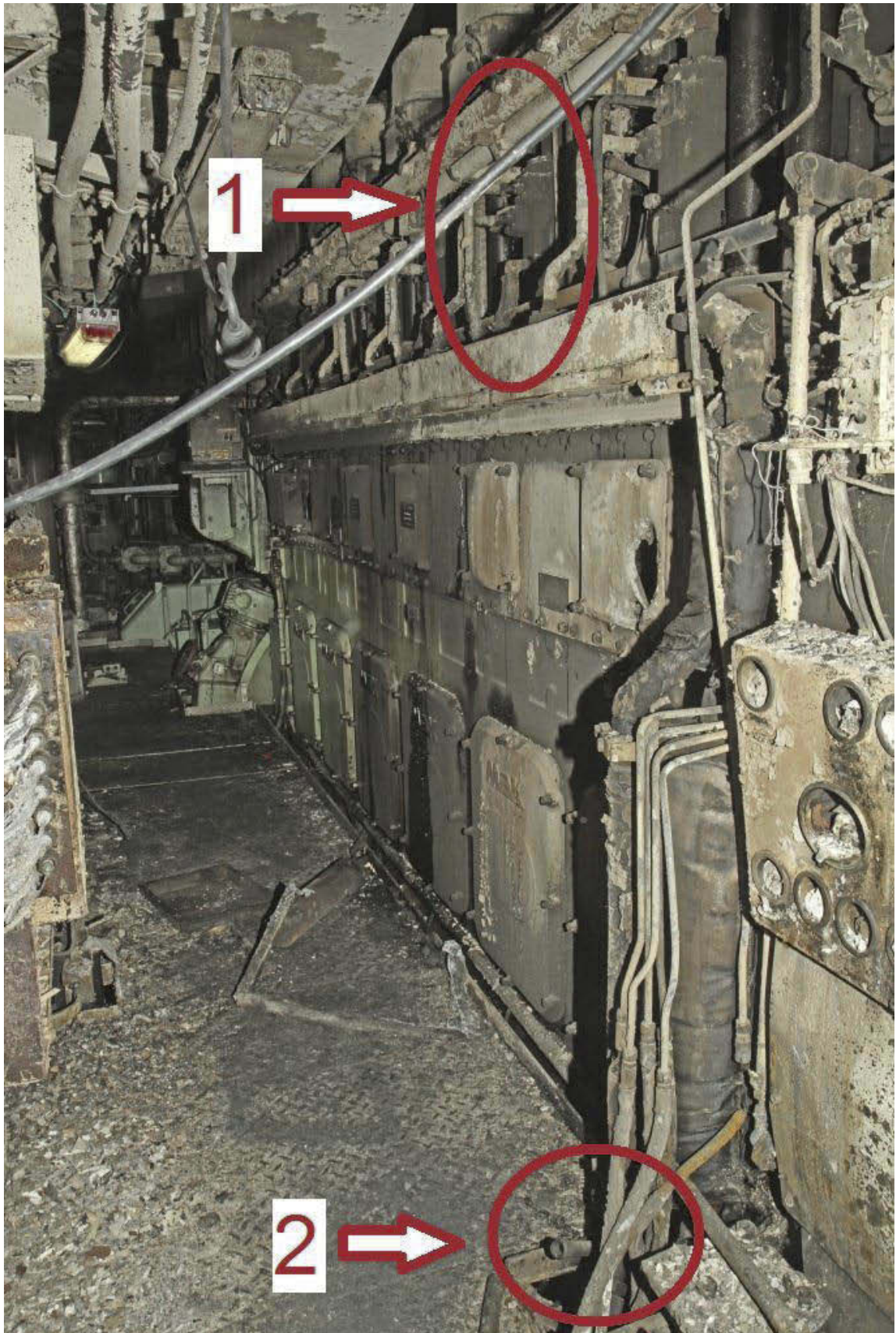
Nærmere undersøkelser av hovedmaskinrommet etter ulykken viste at det hadde vært kraftig brann på og omkring styrbord hovedmotor, og at brannen hadde vært på sitt kraftigste i området rundt fremre del på styrbord side av motoren. Smeltede aluminiumsdelene og deformerte stålstrukturer vitnet om at det hadde vært svært høye temperaturer i dette området.

Havarikommisjonens undersøkelse av maskinrommet etter ulykken hadde blant annet fokus på å avdekke mulige lekkasjer av brennbare væsker, og i den forbindelse ble det gjort observasjoner av særskilt interesse. Observasjonene som beskrives i det etterfølgende er knyttet til drivstoffsystemet for styrbord hovedmotor, nærmere bestemt til lavtrykksrørene til drivstoffpumpe nr. 5 (nummerert aktenfra) på styrbord side av motoren og kuleventilen på et drenerør på styrbord side i forkant av motoren, jf. figur 14.

For øvrig avdekket SHTs undersøkelser at hurtiglukkere til brennoljetanker ikke ble aktivert og at drivstoffpumper ikke ble stanset i forbindelse med brannen.

---

<sup>31</sup> DNV Rules for Ships, July 2008, Pt. 7 Ch. 1 Sec. 8

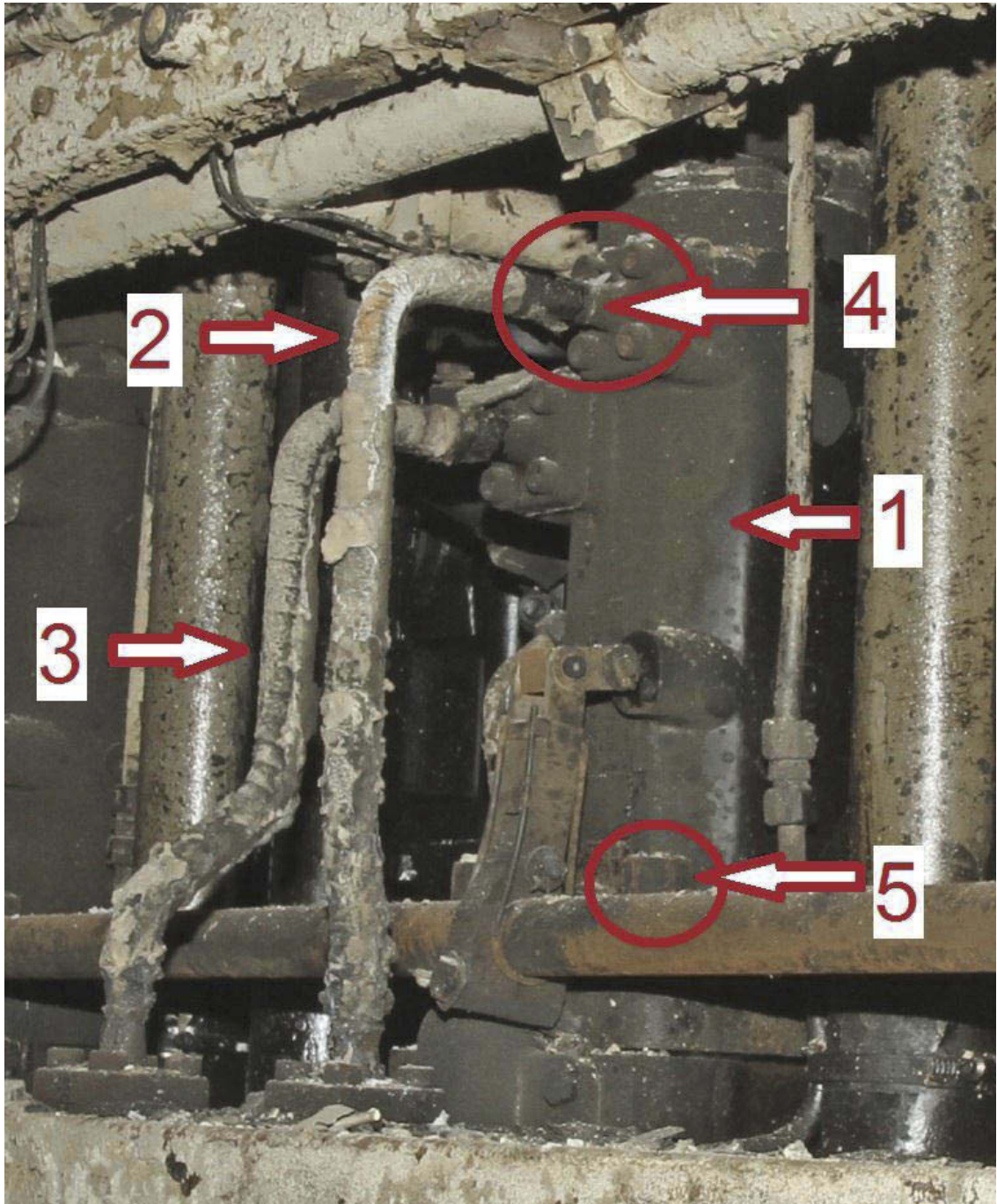


Figur 14: Styrbord side av styrbord hovedmotor sett forfra og akterover på tanktoppnivå. Drivstoffpumpe for sylinder nr. 5 er markert med referanse 1) og drenerør på drivstoffretur er markert med referanse 2). Foto: Politiet



De innledende undersøkelsene ombord avdekket brudd i lavtrykksrøret som fører drivstoff i retur fra drivstoffpumpen for sylinder nr. 5. Bruddet ble funnet ved innsveisingen til den øverste flensen (se figur 15 og 16).

Ved demontering av rørene ble det i tillegg avdekket brudd i tilførselsrøret, samt i smøreoljerøret som fører smøreolje til pumpen. Det var noe usikkert om bruddet i tilførselsrøret oppsto under demonteringen eller om det allerede var brukket, da isolasjonsmaterialet kunne ha skjult et brudd.

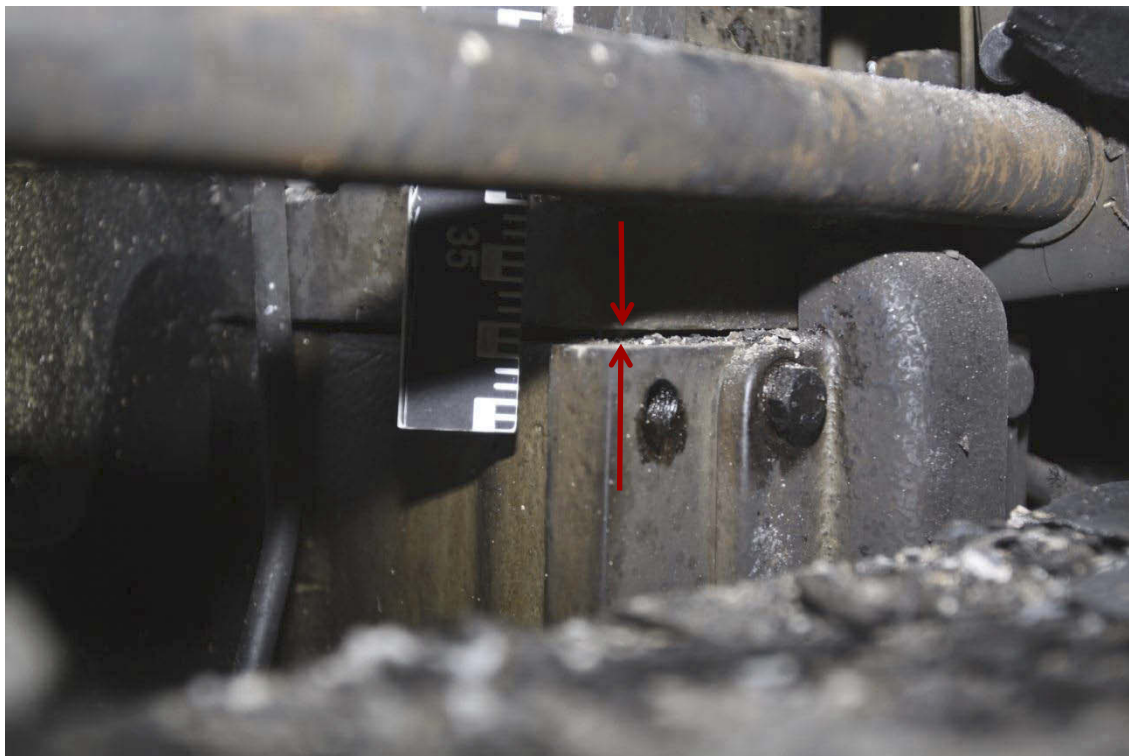


Figur 15: Drivstoffpumpe for sylinder nr. 5. Referanser: 1) Pumpen 2) Returrør 3) Tilførselsrør 4) Brudd 5) Innfestingsbolter. Foto: Politiet



*Figur 16: Brudd, jf. 4) i figur 15, i drivstoffrør (returrør) ved innfesting til pumpe nr. 5 sett ovenfra.  
Foto: Politiet*

Ved nærmere undersøkelse av drivstoffpumpe nr. 5 om bord ble det observert at boltene for innfesting av pumpen var så løse at de kunne demonteres for hånd. Som følge av at boltene var løse kunne pumpen bevege seg ca. 2 – 3 mm fra underlaget, dvs. at ved hver omdreining av kamakselen vil hele pumpen kunne bli presset oppover av kammen, og en slik bevegelse vil påføre lavtrykksrørene sykliske spenninger. Ved nominelt turtall roterer kamakselen om lag 250 omdreininger pr. minutt. Hovedmotorene er i drift gjennomsnittlig ca. 20 timer pr. døgn, hvilket medfører at systemet ble utsatt for ca. 3,6 millioner slike bevegelser mellom siste pumpeskift, 3. september 2011, og brannen.

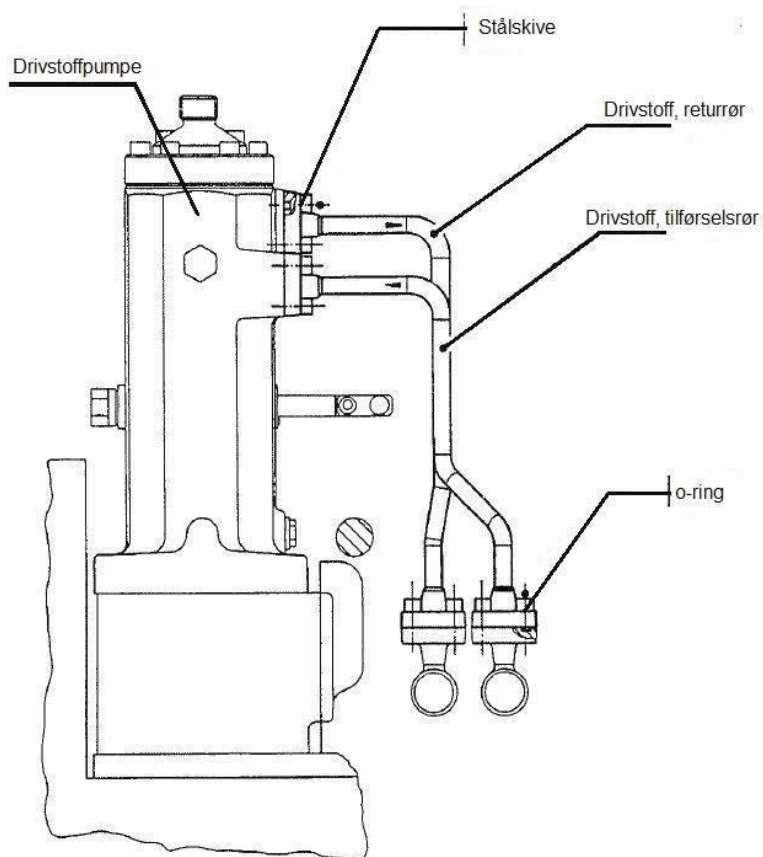


Figur 17: Avstand mellom drivstoffpumpe nr. 5 og underlaget. Foto: Politiet

I tillegg til at festeboltene for drivstoffpumpe nr. 5 var løse ble det observert at pakningene på lavtrykksrørene var montert feil.

I henhold til spesifikasjonene fra motorfabrikanten skulle det være en gummipakning ved den nedre flensen og en metallpakning ved den øverste flensen (se figur 18). Etter skiftet av den aktuelle pumpen 12 dager før ulykken, ble det observert lekkasje ved flensene på lavtrykksrørene på denne pumpa. Maskinistene antok at pakningene var montert feil og byttet derfor om pakningene og festet rørene på nytt. Da lekkasjen ble borte slo de seg til ro med dette.

Da havarikommisjonen demonterte pumpen etter brannen, ble pakningene mellom henholdsvis drivstoffrørene og motoren og drivstoffrørene og drivstoffpumpen for den aktuelle pumpen funnet forbyttet.



Figur 18: Skjematisk skisse av en brennstoffpumpe. I henhold til motorfabrikantens spesifikasjoner skal det være stålskiver på den øverste flensen på drivstoffrørene og O-ringer på den nederste flensen.

En annen observasjon som ble gjort under de innledende undersøkelsene om bord var knyttet til drivstoffrøret for retur av drivstoff fra sylindrene. De omtalte returrørene som fører drivstoff i retur fra hver enkelt sylinder, samles i et felles rør som leder drivstoffet tilbake til en tank. Dette røret følger styrbord side av hovedmotoren og går ned i forkant av motoren. Her er det montert en T-kobling med et drenerør som har vært lukket med en kuleventil og en gjengeplugg (se figur 20). Havarikommisjonen har fått opplyst at dette røret trolig har vært tiltenkt en dreneringsfunksjon, men ingen kunne erindre at det noensinne har vært i bruk. Søsterskipene Kong Harald og Richard With hadde ikke tilsvarende løsning. Ved havarikommisjonens undersøkelse om bord i Nordlys etter brannen var bare gjengenippelen igjen på røret. Den andre delen av ventilen, kula og endepluggen ble funnet i nærheten. Brannens laveste punkt så ut til å ha vært i dette området.



*Figur 19: Drensrør på styrbord hovedmotor uten ventil. Foto: Politiet*



Figur 20: Dreneringsventilen fra styrbord hovedmotor holdt mot drenerør på babord hovedmotor med ventil: Foto: Politiet

De aktuelle festboltene, drivstoffrør tilhørende lavtrykkssiden, smøroljerøret, samt dreneringsventilen, ble sendt til metallurgisk undersøkelse for analyse ved et eksternt laboratorium<sup>32</sup>. Drivstoffpumpe nr. 5 ble undersøkt av en servicerepresentant<sup>33</sup> for motorleverandøren, som også har fått gjennomført undersøkelse av motorblokken etter brannen.

#### 1.18.1.1 *Undersøkelse av bolter og foringer til drivstoffpumpe nr. 5*

Laboratorieundersøkelsen av boltene og foringene til drivstoffpumpen kan ikke bekrefte at disse har vært skrudd til med foreskrevet moment da foringene, som er betydelig mykere sammenlignet med boltene, ikke har synlige merker etter bolthodet. Maskineringssporene er ikke klint/deformert og fremstår som intakte på samtlige foringer, jf. vedlegg B.

Havarikomisjonen har i etterkant av den første laboratorieundersøkelsen gjort forsøk med å trekke til de samme boltene/foringene som var om bord i Nordlys under brannen, samt et sett helt nye og ubrukte bolter/foringer, med momentnøkkel til 190 Nm. Settene med bolter/foringer ble deretter undersøkt ved laboratoriet med samme resultat som ved den første undersøkelsen.

#### 1.18.1.2 *Undersøkelse av tilførselsrørene og smøroljerøret til drivstoffpumpe nr. 5*

Laboratorieundersøkelsen konkluderer med at tilførsel- og returrørene til drivstoffpumpe nr. 5 med stor sannsynlighet har vært utsatt for utmatting og at det har vært initiert gjennomgående utmattingsprekker i rørene med lekkasje som sannsynlig resultat.

<sup>32</sup> Forsvarets Laborietetjeneste (FLO), Kjemi og materialteknologi, Kjeller

<sup>33</sup> Pon Power AS

Utmattingsskadene virker å være initiert fra undersiden av rørene ved innfestingen til drivstoffpumpen, hvilket tyder på at rørene har vært utsatt for en oppadrettet kraft. Undersøkelsen konkluderer videre med at smøroljerøret til drivstoffpumpe nr. 5 har røket som følge av overbelastning, jf. vedlegg B.

#### 1.18.1.3 Undersøkelse av dreneringsventilen til styrbord hovedmotor

Laboratorieundersøkelsen avdekket lokalt korrosjonsangrep, som tilsynelatende var gjennomtrengende, i ventilen. Dette kan ha medført en liten lekkasje, noe som misfarging på utsiden av ventilhuset kan indikere. Funksjonaliteten til ventilen kunne ikke fastslås da ventilkule og stengekran manglet. Undersøkelsen viste for øvrig at dreneringsventilen til styrbord hovedmotor hadde meget lite inngrep og at ventilhuset var ovalt med slitte gjenger, jf. figur 21 og vedlegg B.



Figur 21: Separert dreneringsventil fra styrbord hovedmotor. Foto: FLO

Til hjelp i undersøkelsen av dreneringsventilen tilhørende styrbord motor hadde laboratoriet fått den tilsvarende ventilen for babord motor. Sammenlignet med referanseventilen fra babord hovedmotor konkluderes det med at ventilen fra styrbord motor hadde betydelig dårligere gjengeinngrep, jf. figur 22 og vedlegg B.

Havarikommisjonen har sett nærmere på inngrepet på de to ventilene. For å dele babord ventil måtte den dreies flere omdreininger, mens en omdreining var tilstrekkelig for å dele styrbord ventil.



Figur 22: Kuleventil fra dreinsrør. Referanseventilen til venstre var montert på Nordlys' babord hovedmotor, mens ventilen til høyre var montert på Nordlys' styrbord hovedmotor. Foto: FLO

Undersøkelsen avdekket for øvrig også skader på pakningen til referanseventilens endeplugg hvilket tyder på at denne har vært dratt til med for stort moment.

Som figur 22 viser, er ventilene i tillegg asymmetriske på grunn av stengekranen, noe som innebærer at det er innebygget et visst dreiemoment i selve ventilen.

#### 1.18.1.4 Undersøkelse av drivstoffpumpe ved sylinder nr. 5 på styrbord motor

Undersøkelsen hos servicerepresentanten, som inkluderte demontering av pumpen, avdekket ingen skader på pumpen. Både stempel, sylinder og O-ringer ble funnet i orden, jf. vedlegg D.

#### 1.18.1.5 Undersøkelse av styrbord motorblokk

Undersøkelsen foretatt av DNV på oppdrag fra motorleverandørens servicerepresentant, som inkluderte kontroll av strukturen og hardheten i materialene, avdekket ingen skader på motorblokken, jf. vedlegg F.

#### 1.18.2 Drivstoffets spesifikasjoner

I henhold til kvittering fra leverandøren<sup>34</sup> bunkret Nordlys 224,476 tonn diesel av type MSD i Bergen 14. september 2011. Produktet har i følge leverandørens sikkerhetsdatablad en tenntemperatur (spontan antennelsestemperatur) på ca. 225°C og et flammepunkt på ca. 60°C.

---

<sup>34</sup> A/S Norske Shell



### 1.18.3 Varme overflater – mulige tennkilder i hovedmaskinrommet

Etter brannen ble flere av indikatorkranene på styrbord motor funnet mangelfullt isolert. Slike kraner er tilknyttet toppen av sylindere for å kunne diagnostisere forbrenningen gjennom målinger av sylindetrykket. Den nærmeste indikatorkranen uten tilstrekkelig isolasjon befant seg mindre enn 30 cm fra røret med brudd.

Havarikommisjonen avholdt et møte med Hurtigruten den 13. oktober 2011 der funnet av uisolerte varme flater ble diskutert. SHT påpekte at dette trolig var tennkilden ved brannen om bord Nordlys, og anmodet om at SINTEF NBL, på vegne av SHT, skulle få tilgang til et av søsterskipene for å måle den faktiske temperaturen på disse flatene under driftsforhold.

SINTEF NBL foretok sine målinger om bord Richard With den 17. oktober 2011 og fant da en lignende tilstand på isolasjonen som den SHT observerte på Nordlys. Det ble målt temperaturer på indikatorkranene på opptil 274 °C. Det ble også funnet andre uisolerte varme flater, bl.a. på eksosmanifolden og flens på turbolader. Målinger på eksosmanifolden viste så høye temperaturer som 360 °C.



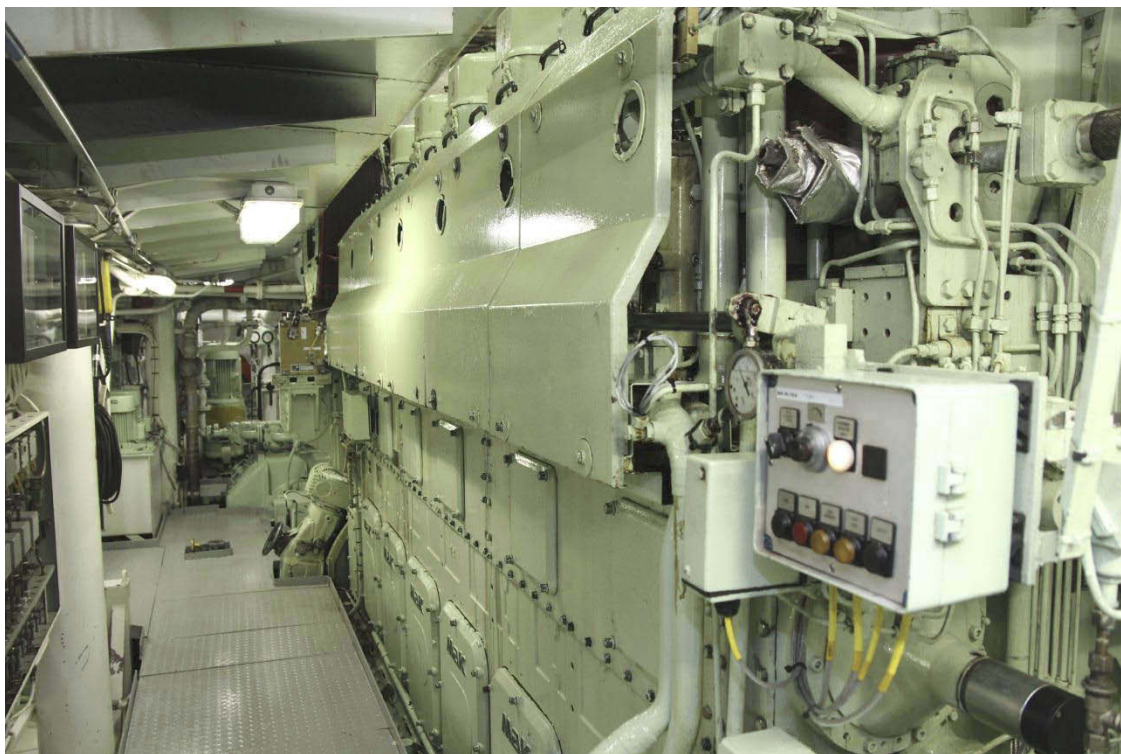
Figur 23: Bildet til venstre viser indikatorkranen mellom sylinder nr. 4 og sylinder nr. 5 på styrbord hovedmotor samt avstanden til drivstoffpumpe nr. 5 (rørene er fjernet). Indikatorkranen ble funnet uisolert. Bildet til høyre viser termografi av tilsvarende indikatorkran om bord i Richard With. Foto venstre bilde: SHT. Foto høyre bilde: SINTEF NBL

Havarikommisjonen er kjent med at Politiet og DNV også foretok uavhengige målinger om bord det andre søsterskipet, Kong Harald, henholdsvis 2. og 15. – 16. november. Disse målingene avdekket sammenlignbare forhold, og det ble målt temperaturer på over 300 °C på indikatorkraner og over 400 °C på eksosmanifolden.

### 1.18.4 Deksler på hovedmotorene

Hovedmotorene var opprinnelig levert med deksler foran drivstoffpumpene, jf. figur 24. Disse var ikke montert da havarikommisjonen undersøkte hovedmaskinrommet etter ulykken. Mannskapet har opplyst at dekslene var demontert for å gjøre det enklere å inspisere motorene og blant annet oppdage smålekkasjer tidlig. Dekslene ble oppbevart om bord. Fjerningen av dekslene har ikke blitt kommunisert som avviksmelding til rederiets landorganisasjon.

Motorprodusenten har overfor havarikommisjonen opplyst at alle M552C motorer har blitt levert med slike deksler for å beskytte personer og utstyr i området mot eventuelle lekkasjer fra drivstoffpumpene og tilhørende rørsystem.



Figur 24: Fra motorfabrikanten leveres hovedmotorene med deksler som dekker øvre del av styrbord motorside. Disse var fjernet om bord i Nordlys. Bildet viser dekslet på styrbord side av styrbord motor om bord i søsterskipet Kong Harald. Foto: SINTEF NBL

#### 1.18.5 Alarmloggen

Havarikommisjonen har etter ulykken gjennomgått loggen for maskinkontrollsystemet. For at kortvarige alarmkondisjoner som raskt returnerer til normalen ikke skal utløse unødvendige alarmer, er det vanlig å legge inn forsinkelser i slike alarmsystem. SHT har ikke hatt tilgang til de eksakte forsinkelsene som lå inne i systemet på Nordlys på ulykkestidspunktet, men det ble tatt en backup av systemet 5. september 2011 (10 dager før ulykken) og tilsvarende forsinkelser som var lagt inn 5. september er lagt til grunn for undersøkelsen.

Brannen forårsaket store skader på deler av kontrollsystemet og en rekke alarmer ble utløst på svært kort tid. Anlegget har sine begrensninger med tanke på kommunikasjonshastighet og overføringskapasitet, og den eksakte tidsangivelsen og rekkefølgen i alarmlista kan derfor avvike noe fra virkeligheten.

I forkant av brannen hadde det ikke vært registrert noen alarmer i maskinkontrollsystemet på nesten 2 timer. På ulykkestidspunktet gikk det derimot 9 alarmer det første minuttet, deretter 120 alarmer det neste minuttet, deretter 14, 6, 16, 12 og 6 de påfølgende minuttene.

Den aller første alarmen som gikk var "Ground failure bus bars". Dette er en samlealarm som indikerer jordfeil på 220V hovedtavle eller på utstyr tilknyttet denne.

Den andre alarmer som gikk, 4 sekunder etter den første, var en alarm for indikatorfeil på temperatursensoren for styrbord motors drivstoffinntak.

Den tredje alarmer som gikk, 8 sekunder etter den andre, var lavtrykksalarm for drivstofftilførsel til babord hovedmotor. Hovedmotorene deler drivstoffkretsløp, og en lekkasje på styrbord motor vil således føre til trykkfall ved begge motorene. 37 sekunder senere gikk alarmer som indikerer at en standby drivstoffpumpe har startet. Ytterligere 15 sekunder senere returnerte lavtrykksalarmer til normalkondisjon.

Omtrent 70 sekunder etter den første alarmer, gikk det alarmer som signaliserte at kontrollskapet ved navn "SAU 8" ikke lenger hadde kontakt med hovedsystemet. I løpet av de påfølgende 30 sekundene gikk det så et titalls alarmer tilknyttet kontrollskapet "SAU 12". Umiddelbart etterpå kom alarmer som signaliserte at dette skapet også hadde mistet kontakten med hovedsystemet. Disse skapene står styrbord av styrbord hovedmotor, i høyde med drivstoffpumpene og omkring 1 meter horisontalt unna drivstoffpumpe nr. 5.

Alarmloggen inneholder videre en alarm fra proviantkjølekompressoren omtrent 2 minutter etter den første alarmer. Denne kompressoren befinner seg umiddelbart vis-à-vis det laveste fremste lekkasjepunktet (kuleventilen). Alarmer er en samlealarm som ikke avslører nøyaktig hvilken feilkondisjon som er oppstått.

Alarmloggen viser flere alarmer tilknyttet nødgeneratoren ca. 1 minutt etter den første alarmer gikk. Den første alarmer indikerte lavt trykk på startluft til nødgeneratoren. Samtidig gikk alarmer for lavt brennstoffnivå i tanken til nødgeneratoren. Sensoren befinner seg høyt oppe i denne tanken slik at tanken alltid skal være toppet opp, og ved undersøkelser etter brannen ble det funnet at tanken var nesten full og nivået noe under den øverste sensoren. Alarmer for lading til startbatteriene til nødgeneratoren gikk 11 sekunder senere. En fellesalarm fra det lokale kontrollsystemet for nødgeneratoren gikk 4 sekunder etter alarmer for lading til startbatteriene.

Alarmlista, med korreksjoner for innlagte forsinkelser, er vedlagt som vedlegg I.

#### 1.18.6 Nødgeneratoren

Havarikommisjonens undersøkelser tyder på at nødgeneratoren startet slik den skulle da hovedtavla falt ut, og at den sørget for strøm til skipets nødsystemer. Etter kort tid sviktet imidlertid også nødgeneratoren med det resultat at all strømforsyning om bord bortfalt.

Da havarikommisjonen kom om bord etter ulykken ble luftspjeldene til nødgeneratorrommet funnet i lukket posisjon. Disse skal sikre at motoren som driver nødgeneratoren har tilgang til frisk luft til kjøling og forbrenning. Videre ble det funnet brudd på en av motorens kjølevannslanger. Havarikommisjonen har sett nærmere på både motoren, kjølevannsslangen og spjeldene.

##### 1.18.6.1 *Undersøkelse av motoren*

Motoren som driver nødgeneratoren har etter ulykken blitt undersøkt og overhaldt av et eksternt maskinfirma<sup>35</sup>. Motoren bar preg av å ha gått varm. Blokka hadde fått blåfarge

---

<sup>35</sup> Maritim Motor AS

pga. varmen og det ble avdekket rivninger på flere sylindere slik at alle sylindrene måtte skiftes, jf. vedlegg H.

#### 1.18.6.2 Undersøkelse av kjølevannsslangen

Havarikommisjonen har etter ulykken fått undersøkt den sprukne kjølevannsslangen hos en uavhengig slangeprodusent<sup>36</sup>. Slangen ble vurdert å være av en ”standard” kvalitet og type som ofte benyttes i kjølesystemer for å forbinde røropplegget og derved oppnå noe fleksibilitet og avhjelpe mulige vibrasjoner. Arbeidstrykket for denne type slange vil vanligvis være 3 – 4 bar og slangens sprengetrykk ca. 9 – 12 bar. Gummikvaliteten vil være enten EPDM (etylen-propylen) eller neopren, som motstår kjølevæske med glykol og antikorrosjonsmidler.

Undersøkelsen viste at slangen mest sannsynlig var original, og at den bar preg av aldring, med sprekkdannelse både innvendig og utvendig.



Figur 25: Bildet viser den sprukne kjølevannsslangen. Foto: SHT

#### 1.18.6.3 Undersøkelse av spjeldene

Tidligere var systemet om bord i Nordlys slik at når kompressoren i hjelpemaskinrommet stoppet og lufttrykket falt, ville luftspjeldene automatisk stenge igjen. Etter at det ble avdekket svakheter ved dette systemet i forbindelse med grunnstøtingen med søsterskipet Richard With i 2009, ble Nordlys og de andre søsterskipene modifisert ved at det ble montert en tilbakeslagsventil på lufttilførselsrøret i nødgeneratorrommet for å sikre at lufttrykket ikke skulle forsvinne ved et eventuelt bortfall av strømtilførselen.

---

<sup>36</sup> Tess AS



Figur 26: Det venstre bildet viser det aktre spjeldet i nødgeneratorrommet utenfra. Bildet til høyre viser styrbord spjeld innenfra nødgeneratorrommet. Foto: SHT

Mannskapet om bord på Nordlys hadde imidlertid under testing opplevd lekkasjer og at systemet fremdeles ikke fungerte tilfredsstillende i forhold til utilsiktet lukking av spjeldene. Nordlys hadde derfor bestilt deler for å modifisere systemet slik at spjeldene skulle åpne ved bortfall av lufttrykket. Da delene kom om bord viste det seg imidlertid at de hadde mottatt feil deler. Disse ble derfor returnert og ny bestilling lagt inn. Nye deler var ikke mottatt på tidspunktet for brannen.

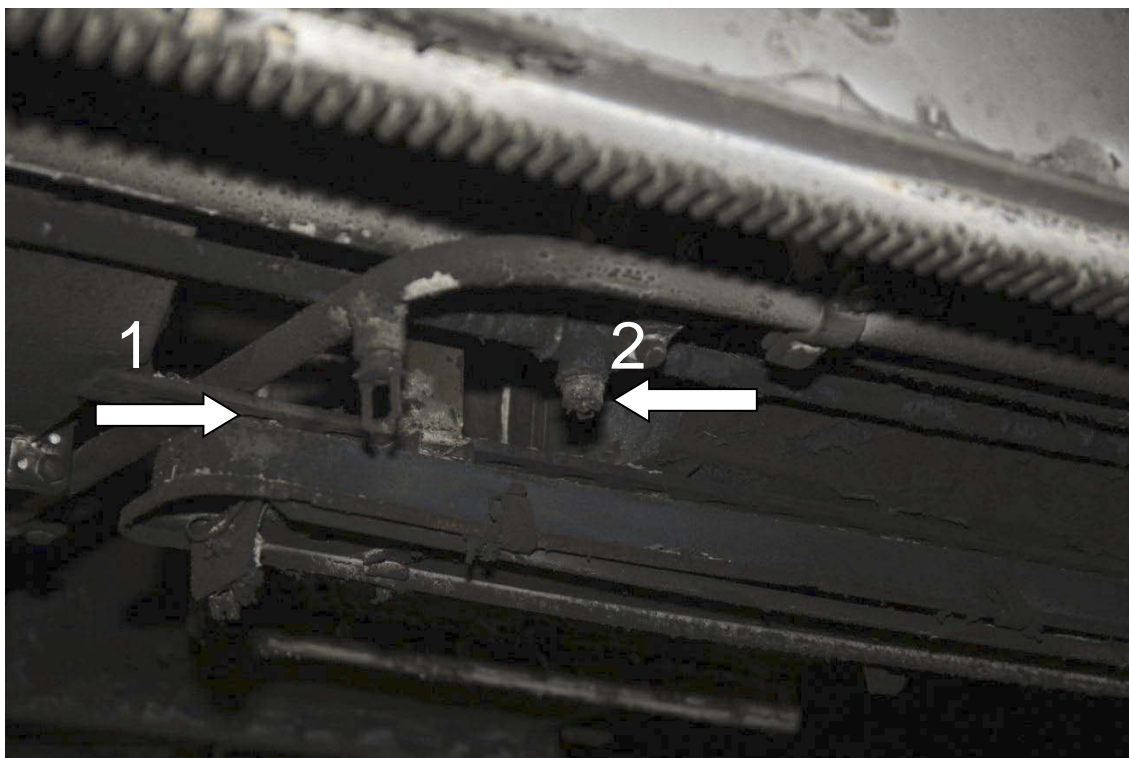
Det ble ikke utstedt avviksmelding i forbindelse med at spjeldene i nødgeneratorrommet fortsatt lukket utilsiktet som følge av lekkasje i trykkluftsystemet, men forholdet ble kommentert i vedlikeholdssystemet. Besetningen om bord på Nordlys hadde ikke diskutert faren de så i forbindelse med systemet, eller den planlagte ombyggingen, hverken med rederiet eller besetningen om bord på de andre skipene med tilsvarende system.

### 1.18.7 Brannslukningsanlegget i maskinrommet

Havarikommisjonens tekniske undersøkelser om bord, samt samtaler med skipets besetning, bekrefter at CO<sub>2</sub>-anlegget ikke ble utløst i forbindelse med brannen. Punktsslukkeanlegget ble imidlertid utløst manuelt en tid ut i brannforløpet.

#### 1.18.7.1 CO<sub>2</sub> -anlegget

Dysene for CO<sub>2</sub>-tilførselen, som likner på dyser for overrislingsanlegg eller sprinkleranlegg, er støpt i en messing- eller bronselegering. Figur 27 viser at deler av CO<sub>2</sub>- dysen rett over brannsenetret var borte, sannsynligvis på grunn av varmepåvirkning. Rett ved siden av denne dysen var det plassert en punktbeskyttelsesdyse. Denne dysen, som også var utført i en messinglegering, var intakt.



Figur 27: Pil 1 peker på en CO<sub>2</sub>-dyse, mens pil 2 peker på en vanntåtedyse. Foto: SINTEF NBL

Havarikommisjonens undersøkelser viser at forberedelser til utløsning av CO<sub>2</sub> ble påbegynt, men avbrutt før utløsning, sannsynligvis da det ble besluttet at alle om bord skulle evakueres på grunn av slagside og fare for kantring.

Et av punktene i brukeranvisningen for utløsning av CO<sub>2</sub>-anlegget er å "stenge alle åpninger". En av de viktigste åpningene er tilluftsspjeldene, som var installert i skorsteinen på dekk nr. 7. Undersøkelsen har avdekket at spjeldene i skorsteinen ikke ble stengt under brannen, og friskluft har blitt tilført maskinrommet gjennom blant annet disse.



Figur 28: Et av spjeldene for tilluft i skorsteinsbygget på dekk nr. 7. Foto: SINTEF NBL

#### 1.18.7.2 Punktslukkeanlegget

Til tross for at det kun er krav om manuell utløsning av punktslukkeanlegg for skip med bemannet maskinrom, var punktslukkeanlegget om bord i Nordlys arrangert med mulighet for både manuell og automatisk utløsning av anlegget.

Under samtaler med maskinbesetningen har havarikommisjonen fått opplyst at punktslukkeanlegget i forbindelse med brannen ble utløst manuelt ved å slå anlegget over fra manuell mode til auto. Ved havarikommisjonens undersøkelser om bord, ble panelet tilknyttet slukkeanlegget observert i manuell mode. Det sto ingen nøkkel i bryteren som skifter mellom manuell og automatisk slukking. Havarikommisjonen har ikke informasjon om hvem som slo anlegget tilbake til manuell mode igjen etter brannen.

Dysene til punktslukkeanlegget som var plassert over hovedmotoren var intakte, noe som tyder på at det har vært vanngjennomstrømming i dysene. Ingen av punktanleggets dyser var deformert, og det var ikke synlige sotavsetninger i dyseåpningene. Ferskvannntanken i tilknytning til anlegget ble også bekreftet tom etter brannen.

I henhold til prosedyrene skulle punktslukkeanlegget stå i automatisk mode. Dersom det ble utført varmt arbeid som kunne føre til en fare for utilsiktet utløsning kunne man imidlertid slå over på manuell mode for den tiden det varme arbeidet ble utført. I forbindelse med varmt arbeid var det beskrevet særskilte krav til å sette ekstra brannvakt. I følge opplysninger havarikommisjonen har mottatt sto anlegget imidlertid alltid i manuell mode om bord på Nordlys fordi det tidligere hadde vært tilfeller av utilsiktet utløsning av anlegget. Problemene med punktslukkeanlegget og beslutningen om å la anlegget stå i manuell mode til tross for at det i henhold til sikkerhetsstyringssystemet skulle stå i auto, har ikke blitt kommunisert som avviksmelding til rederiets landorganisasjon. Det var heller ikke, så vidt havarikommisjonen har kunnet bringe på

det rene, etablert rutiner for kompensierende tiltak utover muntlig beskjed om at man måtte huske på å løse ut anlegget dersom det oppsto en brann.

Ferskvannstanken ble tømt i løpet av brannen, men det ble ikke forsøkt å åpne til hovedbrannlina. Ved bortfall av hoved- og nødstrømforsyning fra nødgeneratoren vil det heller ikke være mulig å drive pumper for etterfylling av ferskvannstanken.



Figur 29: Bildet viser panelet for punktslukkeanlegget. Ved havarikommisjonens undersøkelser om bord, ble panelet, som er plassert i maskinkontrollrommet, observert i manuell mode. Det sto ingen nøkkel i bryteren som skifter mellom manuell og automatisk slukking. Foto: SHT

### 1.18.8 Røykspredningen

Kartlegging<sup>37</sup> av røykspredning internt om bord på Nordlys, ble gjennomført 22. og 23. september 2011 mens skipet lå ved kai ved Fiskarstrand verft. Det ble tatt utgangspunkt i maskinrommet, og derfra ble røykspredningen kartlagt dekk for dekk.

#### 1.18.8.1 Dekk 1

I hjelpemaskinrommet, akter for hovedmaskinrommet, var det noe sotavsetning, fortrinnsvis på horisontale flater.

Korridoren forenfor maskinrommet har direkte tilknytning til maskinrommet gjennom en vanntett dør. Korridoren bar preg av at det hadde vært store røykmengder der, da de fleste overflater hadde et tykt, svart sotlag både på vertikale og horisontale flater. Av tilstøtende rom var det kun rommet merket med "linen store" som hadde like mye sotavsetning som korridoren. Døren til dette rommet har trolig vært åpen under brannen. I dette rommet ble

<sup>37</sup> Utført av SINTEF NBL på oppdrag fra SHT



det også funnet spor av sot på innsiden av et ventilasjonsavtrekk, noe som kan tyde på at røyk har spredt seg via ventilasjonsanlegget.

I det tilstøtende rommet, merket “store” ble det funnet noe mindre sot. Spor tyder på at døren til dette rommet har vært lukket under brannen, men at røyken har trengt inn via en åpen ventilasjonskanal fra korridoren.

Korridoren er også tilknyttet en trappesjakt som røyken har evakuert opp gjennom og satt tydelige spor etter seg på både vertikale og horisontale overflater.

I mannskapslugarene ble det funnet et tynt sotlag på enkelte horisontale flater. Dette tross for at det ikke var spor etter røyk rundt døren.



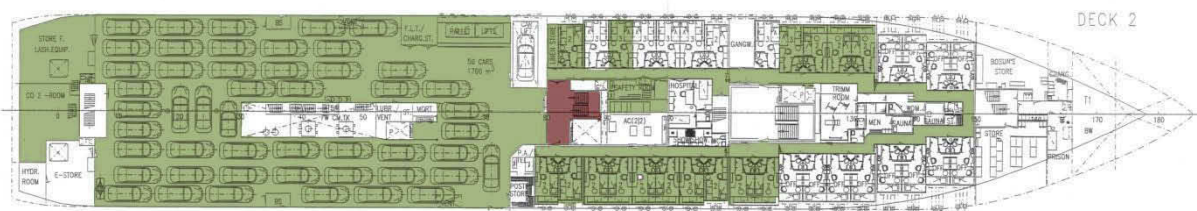
Figur 30: Registrert sotavsetning dekk nr. 1 (grønt: ingen røykspredning, orange: noe røykspredning, rødt: moderat til kraftig røykspredning, hvitt: ikke inspisert område).

#### 1.18.8.2 Dekk 2

På dekk nr. 2 ble det funnet kraftige spor av røyk i trappesjakten og den tilhørende trappeavsatsen.

Fra trappeavsatsen gikk det en brannjør inn til bildekket. Det var ingen tydelige spor av røyk på bildekket, bortsett fra et tynt sotlag på bilene.

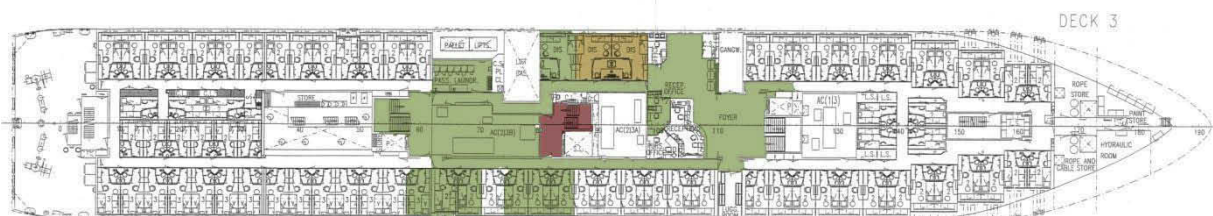
I ventilasjonsrommet på dekk nr. 2 var det ingen spor av røyk, bortsett fra i en skjøt mellom to ventilasjonsrør hvor det var et lite område med sotavsetninger. Dette kan tyde på at det har vært røyk i ventilasjonssystemet.



Figur 31: Registrert sotavsetning dekk nr. 2 (grønt: ingen røykspredning, rødt: moderat til kraftig røykspredning, hvitt: ikke inspisert område).

#### 1.18.8.3 Dekk 3

På dekk nr. 3 ble det funnet kraftige spor av røyk i trappesjakten og den tilhørende trappeavsatsen. I tillegg ble det påvist kraftige sotavsetninger på oversiden av himlingen i passasjerlugar 332 (det ble ikke sjekket for sot over himlingen i andre lugarer). I lugaren for øvrig var det et tynt sotlag.

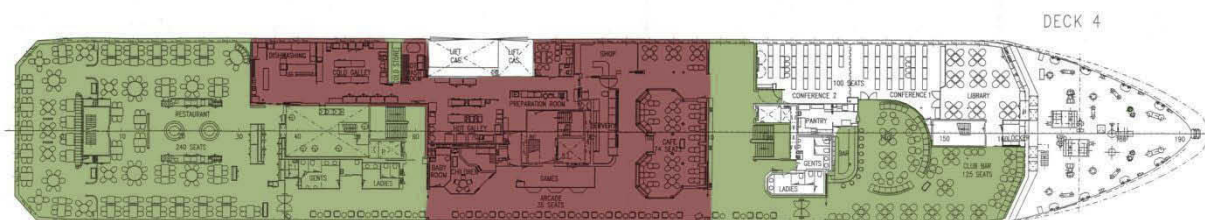


Figur 32: Registrert sotavsetning dekk nr. 3 (grønt: ingen røykspredning, orange: noe røykspredning, rødt: moderat til kraftig røykspredning, hvitt: ikke inspisert område).

#### 1.18.8.4 Dekk 4

På dekk nr. 4 finner man skipets bespisningssteder, bysse og vrangleområde. Dette er et stort, åpent område som er delt inn i 3 seksjoner (soner). Sone nr. 2, den midterste seksjonen, bar generelt preg av at det hadde vært mye røyk der, mens de to andre sonene har vært frie for røyk. Dette tyder på at disse branddørene har vært lukket under brannen, og at de har holdt sone nr. 1 og 3 fri for røyk.

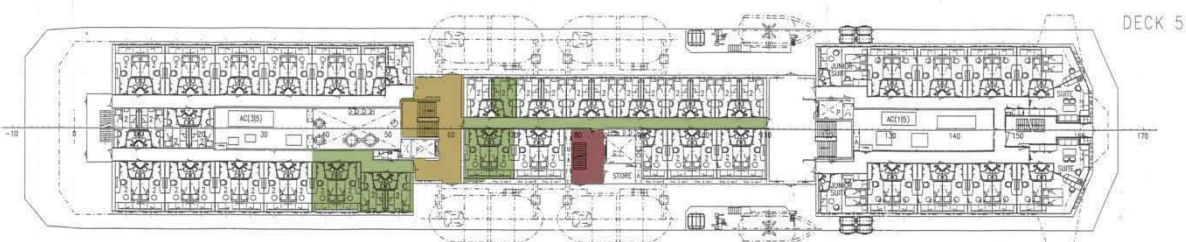
Sotavsetningene tyder på at mesteparten av røyken har steget opp gjennom trappesjakten og ut gjennom to dører, til henholdsvis byssen og vrangleområdet. Det ble også funnet sotavsetninger inne i en vareheis i byssen, noe som kan tyde på at denne også har vært røykfyllt. I et kott sentralt i skipet ved siden av området kalt "preparation room" var det forholdsvis mye mer sotavsetninger på dekk og andre horisontale flater enn utenfor døren til rommet. I dette kottet ble det også observert mye sotavsetninger i hulrommet over himling.



Figur 33: Registrert sotavsetning dekk nr. 4 (grønt: ingen røykspredning, rødt: moderat til kraftig røykspredning, hvitt: ikke inspisert område).

#### 1.18.8.5 Dekk 5

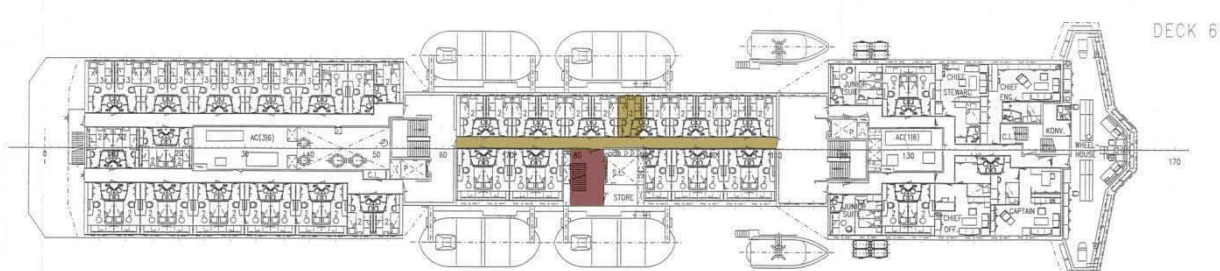
Bortsett fra i trappesjakten, ble det funnet et tynt sotlag ved avsatsen til aktre hovedtrapp. Det ble foretatt stikkprøver (observasjoner) på enkelte lugarer, men det ble ikke funnet spor av røyk eller sot.



Figur 34: Registrert sotavsetning dekk nr.5 (grønt: ingen røykspredning, orange: noe røykspredning, rødt: moderat til kraftig røykspredning, hvitt: ikke inspisert område).

### 1.18.8.6 Dekk 6

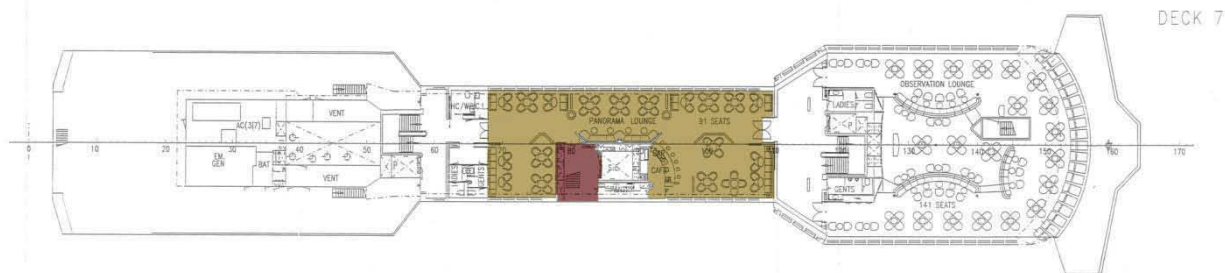
Bortsett fra i trappesjakten, ble det funnet et tynt sotlag i korridoren umiddelbart utenfor trappesjakten, samt i en lugar tilknyttet korridoren.



Figur 35: Registrert sotavsetning dekk nr. 6 (orange: noe røykspredning, rødt: moderat til kraftig røykspredning, hvitt: ikke inspisert område).

### 1.18.8.7 Dekk 7

Trappesjakten bar preg av at det hadde vært mye røyk der. På dekk nr. 7 er det et åpent område med flere barer. Her ble det funnet et tynt sotlag.



Figur 36: Registrert sotavsetning dekk nr. 7 (orange: noe røykspredning, rødt: moderat til kraftig røykspredning, hvitt: ikke inspisert område).

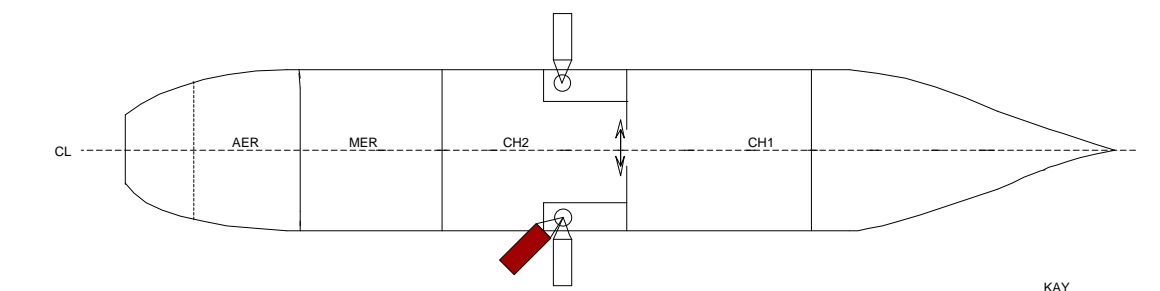
### 1.18.9 Skrogskade ved buksering mot kai med påfølgende vanninntrenging

Etter at Nordlys ble buksert til kai av rednings-skøyta Emmy Dyvi ble det observert at akterskipet etter hvert sank dypere og at Nordlys fikk en tiltagende slagside mot babord. Det ble konstatert vann i maskinrommet, som viste seg å være ferskvann tilført av brannvesenet i forbindelse med slukkearbeidet. De første antagelsene gikk ut på at vann trengte inn gjennom sjøvannsinntakene. Det ble derfor iverksatt tiltak for å tette disse.

På formiddagen 16. september 2011, mer enn ett døgn etter brannen, ble imidlertid lekkasjen lokalisert til området aktenfor styrbord stabilisatorfinne. Nordlys hadde begge stabilisatorfennene ute da skipet ble buksert til kai.

I tillegg til at kontroll av stabilisatorfennene var et punkt i sjekklisten som skulle benyttes ved ankomst havn, var fennene koblet slik at de ville gå inn automatisk ved oppstart av baugthrusteren for å sikre at man ikke kan gå til kai med stabilisatorene ute. Fennene opereres hydraulisk og styres elektrisk ved at de er tilkoblet nødtavlen, og betjenes fra et panel på broen. Fennene kunne også nødkjøres med pumpe med strømforsyning fra nødtavla, eller med håndpumpe, uten at dette ble gjort.

I sammenstøtet med kaien ble styrbord finne presset akterover og inn gjennom huden i området ved lasterom nr. 2. Skaden førte til vannfylling av lasterom nr. 2, jf. figur 37.



Figur 37: Skjematisk skisse som viser hvordan styrbord stabilisatorfinne (markert med rødt) ble presset akterover da Nordlys ble buksert til kai under brannen. Stabilisatorfinnen penetrerte dermed skroget og førte til vanninntrenging i lasterom nr. 2.



Figur 38: Bildet viser merket/skaden innerst på styrbord stabilisatorfinne etter at finnen penetrerte huden. Foto: DNV

I følge Sjøfartsdirektoratet er stabilisatorrommet ikke definert å være en del av skipets vanntette inndeling. Ettersom stabilisatorrommet ligger innenfor avdelingen ved lasterom nr. 2 skal en eventuell skade på stabilisatorrommet derfor bare medføre vanninntrenging i lasterom nr. 2. Havarikommisjonens gjennomgang av logger m.m. tyder også på at det i utgangspunktet bare var lasterom nr. 2 som hadde fått vanninntrenging. Utover kvelden 15. september økte vannmengden i lasterom nr. 2, og utpå natten ble vanntrykket så stort at det sannsynligvis oppsto lekkasjer i den vanntette skyvedøren mot lasterom nr. 1 slik at også lasterom nr. 1 fyltes med sjøvann.

### 1.18.10 Stabilitetsberegninger

Etter ulykken har det blitt foretatt stabilitetsberegninger<sup>38</sup> for forskjellige scenarier med vannfylt skip. Beregningene er basert på den intakte lastetilstanden Nordlys hadde da brannen startet, samt vannfylling i de rommene hvor det etter ulykken viste seg å ha vært vann. Dette gjaldt følgende rom:

På tanktopp:

- Lasterom nr. 1, lasterom nr. 2, heissjakter babord side og rom for stabilisatorfinne babord side

På dekk nr. 1:

- Innredning over lasterom nr. 1, storesrom over lasterom nr. 2 og heissjakter babord side

På dekk nr. 2:

- Bildekk, heissjakter babord side og storesrom aktenfor bildekk (helt akter på dekk nr. 2)

Vannmengden i de enkelte rommene er beregnet på grunnlag av merker etter vann på skottene, og i stabilitetsberegningene er det først forutsatt at de vannfylte rommene ikke er åpne til sjøen. I denne teoretiske intakttilstanden har Nordlys en slagside på 19° mot babord og en akseptabel reststabilitet, dvs. akseptabel overlevelsessevne.

I de videre beregningene er det forutsatt at de rommene som har vært vannfylt, åpnes til sjøen rom for rom. Disse beregningene viser at slagsiden ikke endrer seg dramatisk, men at reststabiliteten reduseres jo flere rom som åpnes til sjøen. Dersom lasterom nr. 2, storesrommet over lasterom nr. 2, bildekket og storesrommet helt akter på dekk nr. 2 åpnes til sjøen, mens det er vann i lasterom nr. 1, innredning over lasterom nr. 1, heissjakter babord side og rom for stabilisatorfinne babord side, vil Nordlys kantre. Stabilitetsberegningene er vedlagt som vedlegg G.

### 1.18.11 Posisjon og tetthet på dører

#### 1.18.11.1 *Vanntette dører*

Undersøkelsen viser at de vanntette dørene sto i lokal kontroll etter ulykken, og det er ingen ting som tyder på at det ble foretatt stenging fra broen i forbindelse med brannen.

Etter ulykken foretok havarikommisjonen en visuell undersøkelse av den vanntette skyvedøren på tanktoppnivå i tverrskipsskott på spant 86, mellom lasterom nr. 1 og lasterom nr. 2. Døren fremstod som hel og den var ikke presset ut av karmen, jf. figur 39.

En mer detaljert undersøkelse av den aktuelle døren ble foretatt av dørprodusenten<sup>39</sup>, som på oppdrag fra rederiet oppgraderte døren etter brannen. Oppgraderingen innebar blant annet utskifting av pakningene, og i følge dørprodusenten ble det avdekket at pakningen på undersiden av døren var slitt. Dette var en leppepakning, hvor slitasje hadde ført til at

<sup>38</sup> Utført av DNV på oppdrag fra rederiet

<sup>39</sup> IMS AS

det hadde blitt en åpen spalte på 8 – 10 mm på undersiden av døren i hele dens bredde på 2,2 m. I følge dørprodusenten var dette en slitasjeskade som ikke har kommet som en konsekvens av brannen og vanninntrengingen. Døren ble montert under byggingen av Nordlys i 1994, og pakningene har siden ikke vært skiftet.



Figur 39: Bildet viser den vanntette skyvedøren mellom lasterom nr. 1 og lasterom nr. 2. Undersøkelsen avdekket slitasje på pakninger i underkant av døren. Foto: SHT

#### 1.18.11.2 Branndører

Nøkkelplyteren som benyttes til å koble branndørene til brannalarmsystemet slik at dørene vil stenge automatisk dersom en brannalarm ikke blir kvittert ut innen to minutter, sto i manuell mode etter brannen. Undersøkelsen viser at det heller ikke ble foretatt stenging av branndører fra broa på Nordlys. De branndørene som ble stengt under brannen ble lukket lokalt.

### 1.19 Varsel om sikkerhetskritiske forhold

Etter de innledende undersøkelsene gikk SHT 20. oktober 2011 ut med varsel om sikkerhetskritiske forhold. Hensikten var å informere om de forhold som så langt var avdekket i forbindelse med undersøkelsen, og legge til rette for at rederinæringen, sjøfartsmyndighetene og classeselskapene raskt kunne iverksette eventuelle tiltak. Følgende varsler ble gitt:

#### 1.19.1 Varsel om sikkerhetskritiske forhold nr. 5/2011 SHT

Etter brannen på Nordlys ble det funnet en drivstoffpumpe med løse innfestingsbolter og brudd på drivstoffrør og smøreljerør til den samme pumpen. De løse boltene har etter alt

å dømme forårsaket sykliske spenninger og tretthetsbrudd i de overnevnte rørene, som videre har ført til drivstofflekkasje.

#### 1.19.2 Varsel om sikkerhetskritiske forhold nr. 6/2011 SHT

Det er funnet flere utilstrekkelig isolerte flater på hovedmotorene om bord på Nordlys. Dette er flater som under operasjon vil kunne nå temperaturer over 220 °C, og således skulle vært isolert. Havarikommisjonen ser det som svært sannsynlig at den overnevnte drivstofflekkasjen har nådd slike varme flater og dermed utløst brannen.

#### 1.19.3 Varsel om sikkerhetskritiske forhold nr. 7/2011 SHT

Under brannen i maskinrommet ble systemene for hovedstrøm raskt satt ut av spill. Nødgeneratoren, som da skal sørge for strøm til skipets nødsystemer, sviktet etter kort tid. Ved undersøkelsene om bord ble spjeldene som skal sikre at nødgeneratoren har tilgang til frisk luft til kjøling og forbrenning funnet i lukket posisjon. Dette har trolig forårsaket at motoren raskt har blitt så varm at den har skjært seg og stoppet.

### 1.20 Gjennomførte tiltak

#### 1.20.1 Rederiets tiltak

Rederiet opplyser om at de etter ulykken har iverksatt flere tiltak opp mot Nordlys og de andre hurtigruteskipene:

- Isolert og skjermet varme flater på hovedmotorer og hjelpemotorer.
- Inspisert alle skip med hensyn til design på retur rør på fuelsystemet.
- Innført nye rutiner for kontroll og ettertrekking av rørforbindelser på fuel systemet.
- Besluttet å installere nytt vanntåkeanlegg som hovedslukkeanlegg. Det eksisterende CO<sub>2</sub>-anlegget beholdes som back-up system. Dette vil også bli utført på de andre skipene med CO<sub>2</sub>-anlegg.
- Revidert rutinene for testkjøring og vedlikehold av olje- og vannslanger på nødgeneratoren.
- Ombygd trykkluftarrangementet for åpning/lukking av spjeld i nødgeneratorrom til elektrisk åpning/lukking på de skip med samme løsning som Nordlys.
- Arrangert nye rømningsveier fra verksted, samt ny oppgang til bildekk fra incinerratorrom på Nordlys og Kong Harald. Richard With ombygges tilsvarende høsten 2013.
- Erstattet den vanntette døren mellom maskinrom og proviantgang med en boltet luke om bord i Nordlys. Døren beholdes på søsterskipene, men bruk av døren skal godkjennes av maskinsjef i hvert enkelt tilfelle.
- For de av skipene som har samme løsning som Nordlys med hensyn til konsekvens ved hull i skuteside forårsaket av stabilisatorer blir det bygget tørrtank

rundt området som kan skades. Dette er utført på Nordlys og Richard With. De andre skipene tas i forbindelse med verkstedopphold.

- Nedsatt en gruppe som skal se på brannutstyr og bekledning. Dette for å se om skipene har tilfredsstillende utstyr og rutiner om bord. Tiltak gjøres i henhold til de anbefalinger gruppen fremlegger.
- Gjennomgått alle rutiner tilknyttet bruk av brannutstyr, branndører, vanntette dører, hospital, broorganisering ved hendelser, og opplæring. I tillegg vil rederiet se på organisering av brannlag, samt opplæring sammen med RITS.
- Gjennomgått innholdet i øvelser og trening om bord. Det er også etablert et prosjekt for å gjennomgå styringssystemet, både den tekniske plattformen, oppbyggingen og innholdet. I dette prosjektet deltar også representanter fra mannskapet.
- Som et ledd i å sikre at rederiets skip kan lære av hverandres revisjoner/avvik, er rapporteringssystemet gjort mer transparent ved at alle skip har blitt gitt tilgang til å se revisjonsrapporter fra de øvrige skipene og dermed få innsyn i alle innrapporterte avvik.
- Gjennomført lederutviklingsprogrammer og offiserskonferanser med fokus på holdninger og utfordringer knyttet til besetningens etterlevelse av rutiner.
- Iverksatt et samarbeid med Universitetet i Bergen for å kartlegge sikkerhetskulturen om bord på sine skip.

#### 1.20.2 Myndighetenes tiltak

Sjøfartsdirektoratet hadde 11. oktober 2011 et oppfølgingsmøte med rederiet. Agenda for møtet var som følger:

- Orientering om status for ulykken med Nordlys og eventuelle strakstiltak rederiet har iverksatt.
- Drøfting av forhold knyttet til brannårsak, brann, brannalarm, brannslukking og evakuering fra maskinrom samt oljesystemer, nødavstengning av olje og ventilasjon, lukking av branndører og drift av hjelpemotorer og nødgenerator mv.
- Drøfting av forhold knyttet til operasjon og kontroll av vanntette dører/porter, samt protokollering.
- Drøfte skipets og rederiets gjennomføring av ISM og egenkontroller.

I møtet varslet Sjøfartsdirektoratet at Hurtigruten kunne forvente uanmeldte tilsyn for å følge opp de forhold som ble drøftet.

I forhold til problemstillingen relatert til spjeldene i nødgeneratorrommet utstedte Sjøfartsdirektoratet en sikkerhetsmelding den 19. oktober 2011, etter brannen om bord på Nordlys, basert på erfaringene som ble gjort i forbindelse med grunnstøtingen med Richard With i januar 2009. I denne sikkerhetsmeldingen slår Sjøfartsdirektoratet fast at installasjonen i forbindelse med styring av spjeldene om bord på Richard With var tillatt



etter norske forskrifter og DNV's regelverk, forutsatt at det ble installert tilbakeslagsventil mellom trykkluftakkumulator i nødgeneratorrommet og det ordinære trykkluftsyste­met.

Senere har imidlertid Sjøfartsdirektoratet, i samarbeid med DNV, vurdert og funnet arrangementet i konflikt med regelverket.

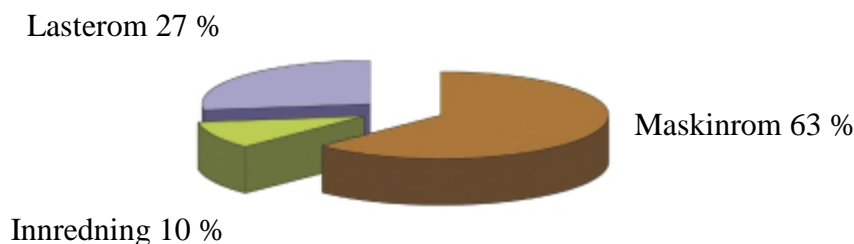
### 1.20.3 Klasseselskapets tiltak

Etter brannen ombord i Nordlys har DNV vurdert brann­si­kerhet i maskinrom og ventilasjon av nødgeneratorrom, og på denne bakgrunn er følgende tiltak iverksatt eller planlagt iverksatt:

- Inspisert søsterskip av Nordlys og sammen med mannskap identifisert mulige forbedringstiltak med hensyn på termisk isolering av varme flater og skjerming av mulige kilder for brennolje lekkasjer. Et møte med Hurtigruten for videre diskusjoner rundt brann­si­kerhet er på planleggingsstadiet.
- Besluttet å arrangere en workshop internt i DNV for grundig å belyse problemstillinger rundt isolering av varme flater og skjerming av drivstoffrør, samt DNV's oppfølging av dette under approbasjon, CMC, NB og SiO fasene generelt. Hensikten er å identifisere mulige tiltak som adresserer utfordringene i de forskjellige fasene (arbeidsprosessene), samt å foreta en prioritering av disse. Enklere forbedringstiltak vil bli iverksatt av DNV. Skulle kartlegging av problemstillinger og tilhørende forbedringsforslag avdekke behov for mer omfattende endringer av regelkrav vil det være naturlig å ta dette gjennom IACS.
- Diskutert, på prinsipielt grunnlag, spjeld i ventilasjonsåpninger i nødgeneratorrom og hvordan DNV skal følge opp at slike spjeld ikke utilsiktet lukkes med den følge at nødgeneratorer stopper. Her har DNV konkludert med at slike spjeld skal være designet etter 'fail to open' prinsippet. Det vil blant annet si at en enkel feil ikke skal medføre at et åpent spjeld lukkes av seg selv. Dette vil bli reflektert i interninstrukser til bruk under approbasjonsfasen og ved besiktigelser ombord.
- Sendt ut en Casualty Information etter hendelsen med Richard With hvor DNV adresserte svakheten med det pneumatisk opererte spjeldet i nødgeneratorrommet.

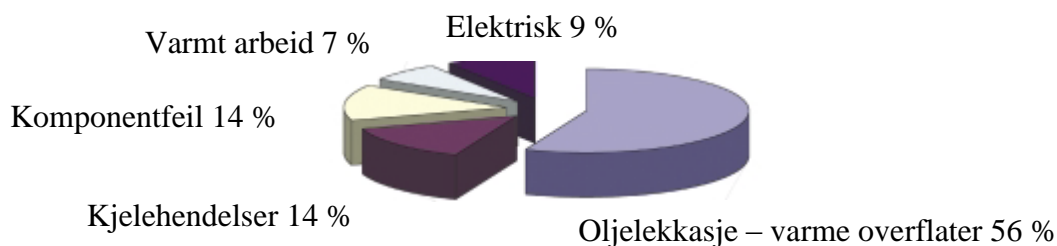
## 1.21 Statistikk relatert til skipsbranner

I følge en undersøkelse gjennomført av DNV, basert på 165 branner om bord i DNV-klassede skip i perioden 1992 – 1997, oppsto 63 % av brannene i maskinrom, 27 % i lasterom og 10 % i innredning.



Figur 40: Fordelingen av skipsbranner sortert på kategori.

Undersøkelsen viste at 56 % av brannene i maskinrom var forårsaket av oljelekkasje mot varme overflater, 14 % var kjelehendelser, 14 % var forårsaket av komponentfeil, og 9 % skyldes feil ved det elektriske anlegget.



Figur 41: Fordelingen av maskinromsbranner sortert på årsak.

I følge undersøkelsen måtte dermed et rederi med 20 skip statistisk sett kunne forvente en alvorlig maskinromsbrann hvert tiende år. Etter at DNV gjennomførte undersøkelsen har det blant annet blitt innført eksplisitte krav til isolering av varme overflater.

## 1.22 Andre relevante ulykker

Om morgenen 6. januar 2009 gikk Nordlys' søsterskip Richard With på grunn under anløp Trondheim. Det ble rapportert om vanninntrenging i maskinrommet og kapteinen beordret lensing av maskinrommet. Vanninntrengingen medførte at hoved- og hjelpemotorene måtte stoppes. Lensepumpene ble deretter drevet av strøm fra skipets nødgenerator i tillegg til strøm fra generator på land. I løpet av dagen oppstod det varmgang i maskineriet til nødgeneratoren da luftspjeldene til nødgeneratorrommet utilsiktet hadde lukket seg. Besetningen fikk tvunget spjeldene åpne, noe som sikret tilførsel av kjøleluft slik at nødgeneratoren fortsatte å produsere strøm.

SHT's undersøkelse av hendelsen avdekket at skipets nødstrømsystem ikke var selvberende. SHT fremmet i den forbindelse følgende 2 sikkerhetstilrådninger i sin rapport<sup>40</sup>:

### 1.22.1 Sikkerhetstilrådning SJØ nr. 2010/12

Hverken Sjøfartsdirektoratets eller DNVs designgodkjenning og oppfølging under nybygg og i skipets driftsfase verifiserte i tilstrekkelig grad at nødstrømsystemet var selvberende. Under andre omstendigheter kunne det vært kritisk og medført en uakseptabel stor fare for passasjerene og besetningen da det kunne medført at skipet ikke ville hatt strøm under en nødsituasjon.

SHT tilrår Sjøfartsdirektoratet i samarbeid med Det Norske Veritas å vurdere tiltak for å sikre at myndighetstilsyn og klasseoppfølging på eksisterende fartøy og fartøy under bygging verifiserer funksjonskravet om et selvberende nødstrømsystem.

### 1.22.2 Sikkerhetstilrådning SJØ nr. 2010/13

Hverken Sjøfartsdirektoratets eller DNVs designgodkjenning og oppfølging under nybygg og i skipets driftsfase verifiserte i tilstrekkelig grad at nødstrømsystemet var selvberende. Tilsvarende problemstilling kan være tilfelle også for andre skip.

<sup>40</sup> Rapport Sjø 2010/03 datert 12. april 2010

SHT tilrår med bakgrunn i dette Sjøfartsdirektoratet, i samarbeid med Det Norske Veritas å vurdere tiltak for bekjentgjøring av problemstillingen for eierne av eventuelle andre fartøyer som kan ha samme konstruksjonsmessige svakhet og som de respektive utfører myndighetstilsyn og klasseoppfølging på.

## **2. ANALYSE**

### **2.1 Innledning**

Analysen tar innledningsvis for seg sannsynlig arnested og brannårsak, og i den forbindelse vurderes brannskadebildet, vitneutsagn, alarmloggen, drivstofflekkasjene, samt potensielle tennkilder.

Videre tar analysen sikte på å avklare detaljer i hendelsesforløpet. I den sammenheng vurderes brannutviklingen, utløsning av punktslukkeanlegget, evakueringen fra maskinrommet, utløsning av CO<sub>2</sub>-anlegget, bortfall av nødgeneratoren, røykspredningen, operasjon av stabilisatorfinnene og vanninntrengingen, samt skadepotensialet.

Gjennom analysen ønsker havarikommisjonen også å rette søkelyset mot de sikkerhetsproblemene undersøkelsen har avdekket. I den forbindelse vurderes problemstillinger knyttet til skifting av drivstoffpumper, isolering av varme overflater, aktivering av punktslukkeanlegget og avstenging av luft- og drivstofftilførsel. Videre vurderes egnetheten til CO<sub>2</sub> som slukkemiddel. Det samme gjelder mulighetene for evakuering fra maskinrommet, samt røykspredningen, ettersom besetningsmedlemmer som oppholdt seg i maskinrommet omkom og ble skadet. Videre vil nødgeneratoren som sviktet være et tema.

Analysen tar videre sikte på å avdekke forhold som medvirket til selve brannen, samt organisatoriske forhold som førte til at viktige barrierer sviktet. Rederiets sikkerhetsstyringssystem og vedlikeholdssystem, samt myndighetenes og klaseselskapets regelverk og tilsyn blir også drøftet og vurdert.

Hendelsesforløpet etter at Nordlys ble tatt under slep har ikke blitt grundig undersøkt og vurdert, men evakueringen av passasjerer og mannskap, samt stabilitetsproblematikken som oppsto etter at Nordlys ble buksert til kai, blir kommentert.

### **2.2 Vurdering av hendelsesforløpet og skadepotensialet**

Turen nordover fra Bergen hadde forløpt normalt, og besetningen og passasjerene hadde ikke observert forvarsler om at det skulle oppstå problemer som skulle føre til brann ombord. Havarikommisjonen mener at observasjonen av svart røyk fra det øyenvitnet på kaia i Torvik mente var Nordlys, trolig ikke kan knyttes til brannen. I følge kapteinen var Nordlys sørvest av Hoggstein på det tidspunktet, og det er lite sannsynlig at det ville ha vært mulig å se røyk fra skipet fra Torvik.

#### **2.2.1 Vurdering av arnested og brannårsak**

Havarikommisjonens vurderinger i forhold til arnested og brannårsak baseres på tolkinger av brannskadebildet og alarmloggen, samt vitneutsagn og funn i maskinrommet.

### 2.2.1.1 Tolking av brannskadebildet

Brannskadene i hovedmaskinrommet var klart størst omkring styrbord side av fremre del av styrbord hovedmotor. Brannens laveste punkt ser ut til å ha vært ved det laveste lekkasjepunktet (kuleventilen), som befant seg fremst på styrbord side av motoren og i høyde med dørkplaten på tanktoppen. Det var avtegnet en “brannvifte” (V-formet spor av brannen) oppover styrbord side av motoren fra dette området, jf. figur 42. Tilsvarende spor ble også avsatt utvendig på skottet mot verkstedet, vis a vis motoren, på dekk nr. 1, jf. figur 43.



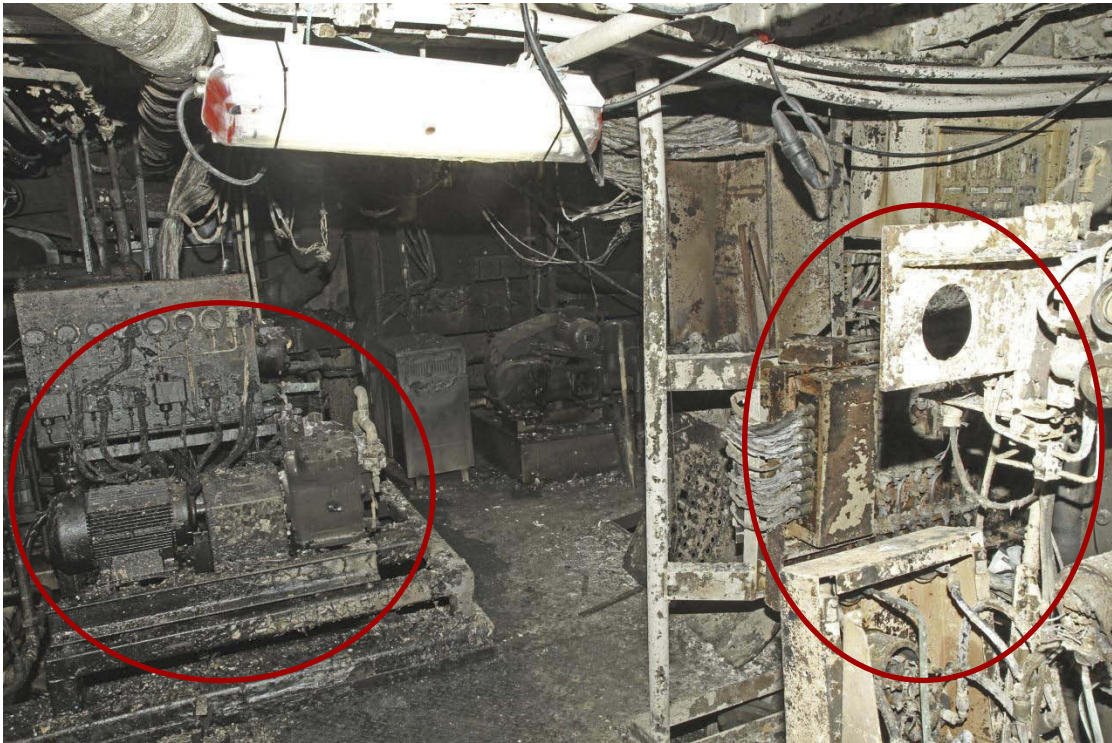
Figur 42: Styrbord side av styrbord hovedmotor sett forover på tanktoppriva. Brannen har satt spor fra dørken og oppover i V-form (brannvifte). Foto: Politiet



Figur 43: Toppen av styrbord motor sett på skrå akterover. I bakgrunnen vises skottet med akterste dør til verkstedet. Brannen har satt spor oppover i V-form. Foto: Politiet

Den nederste brannvifta har som nevnt sitt utspring fra det laveste lekkasjepunktet (kuleventilen), mens den øverste brannvifta ser ut til å springe ut fra det høyeste lekkasjepunktet (drivstoffpumpe nr. 5). Begge lekkasjene ser dermed ut til å ha bidratt under brannen.

Nærområdet rundt det laveste lekkasjepunktet (kuleventilen) bar preg av å ha vært utsatt for intens varme. Kjølekompressoren for provianttrommene som er plassert noe lenger unna i det samme området var svært tilgriset av dieselolje, jf. figur 44. Dette har trolig kommet fra drenerørret hvor det har sprutet ut diesel etter at kuleventilen falt av. Kjølekompressoren var ikke brent “ren” slik det etter havarikommisjonens vurdering burde kunne forventes dersom det hadde vært full brann i dette området.



Figur 44: Bildet viser kjølekompressoren til venstre. Kjølekompressoren var tilgriset av diesellolje som ikke var brent bort i forbindelse med brannen. Til høyre på bildet vises komponenter som var påmontert styrbord hovedmotor i forkant. Brennbart materiale var brent bort. Foto: Politiet

#### 2.2.1.2 Vitneutsagn

Besetningsmedlemmene som befant seg i verkstedet har overfor havarikomisjonen gitt uttrykk for at de først ble oppmerksomme på brannen ved at de observerte røyk og flammer. De har beskrevet en tykk og mørk røyk, samt en umiddelbar og voldsom varmeutvikling allerede før de oppfattet noen brannalarm. For motormannen som evakuerte fra separatorrommet var også tykk røyk som veltet inn fra incineratorrommet det første tegnet på at noe var veldig galt. Da han tok seg ut i hovedmotorrommet var det tykt av røyk over styrbord hovedmotor og han så flammer like over toppen av motoren. Beskrivelsene er forenelige med en brann som oppstår ved antennelse av en plutselig lekkasje av brennbar væske.

#### 2.2.1.3 Tolking av alarmloggen

Alarmloggen fra maskinkontrollsystemet bekrefter inntrykket av en hurtig brannutvikling. Ved ulykkestidspunktet gikk det 9 alarmer det første minuttet, deretter 120 alarmer det andre minuttet, og henholdsvis 14, 6, 16, 12 og 6 de påfølgende minuttene. Det er et påfallende stort antall alarmer det andre minuttet. Deretter reduseres antallet til forholdsvis få alarmer igjen pr. minutt. Mange av alarmene som gikk i løpet av de første to minuttene indikerer kommunikasjonssvikt mellom de forskjellige kontrollenhetene. Mange alarmer har trolig gått som følge av brente sensorer, kabler og kontrollskap. SHT vurderer det slik at store deler av maskinkontrollsystemet ble satt ut av spill kort tid etter at brannen oppsto.

Den aller første alarmen som gikk var “Ground failure bus bars”. Dette er en samlealarm som indikerer jordfeil på 220V hovedtavle eller på utstyr tilknyttet denne. Det er ikke

mulig å lese av alarmlista hvilket utstyr som har forårsaket feilen og man kan ikke slå fast hvorvidt det har forårsaket en blackout eller ikke. Det kan ikke utelukkes at denne alarmen har gått som følge av at elektrisk utstyr har blitt berørt av en lekkasje eller av brannen, som for eksempel en kabel som brenner opp og forårsaker jordfeil.

Den andre alarmen som gikk, 4 sekunder etter den første, var en alarm for indikatorfeil på temperatursensoren for styrbord motors drivstoffinntak. Alarmer for indikatorfeil vil typisk oppstå ved feil på sensor eller kabel, så som kabelbrudd eller på annet vis manglende kontakt. Sensoren befant seg i umiddelbar nærhet av begge de nevnte lekkasjepunktene, på toppen av "samlestokken" for drivstoff til og fra motoren, jf. figur 45. Den var dessuten koblet via kontrollskapet "SAU8" som befant seg midt imot den øverste lekkasjen og som raskt ble totalskadet av brannen (se eget avsnitt under). Det er derfor sannsynlig at denne alarmen kom som følge av at sensoren eller dens kabel ble skadet av brannen umiddelbart etter at brannen startet.



*Figur 45: Temperatursensorens plassering, markert oppe til høyre på bildet, på toppen av samlestokken for drivstoff. Sensoren var dermed plassert i umiddelbar nærhet av begge lekkasjepunktene, markert henholdsvis øverst og nederst på bildet. Foto: Politiet*

Den tredje alarmen som gikk, 8 sekunder etter den andre, var lavtrykksalarm for drivstofftilførsel til babord hovedmotor. Hovedmotorene deler drivstoffkretsløp, og en lekkasje på styrbord motor vil således føre til trykkfall ved begge motorene.

En mulig tolkning av de 3 overnevnte alarmene er at det først oppstod en drivstofflekkasje. Denne har trolig antent umiddelbart (jf. kap. 2.2.1.5 Tennkilden) og skadet kabler og utstyr i nærområdet slik at de 2 første alarmene gikk. Etter 12 sekunder har trykket i drivstoffsystemet falt under alarmgrensen som følge av lekkasjen og ført til lavtrykksalarmen.

Ca. 70 sekunder etter den første alarmen, gikk det alarmer som signaliserte at kontrollskapet ved navn "SAU 8" ikke lenger hadde kontakt med hovedsystemet. I løpet av de påfølgende 30 sekundene gikk det så et titalls alarmer tilknyttet kontrollskapet "SAU 12". Umiddelbart etterpå kom alarmene som signaliserte at dette skapet også hadde mistet kontakten med hovedsystemet. Disse skapene står til styrbord for styrbord hovedmotor, vis-a-vis og omkring 1 meter unna drivstoffpumpe nr. 5, jf. figur 46. Det faktum at disse skapene ble totalskadet på et så tidlig tidspunkt gir en indikasjon på at det har brent kraftig i dette området allerede helt i starten av brannforløpet.



Figur 46: Kontrollskapene SAU8 og SAU12, markert øverst til venstre på bildet, befant seg omkring 1 meter horisontalt unna lekkasjen ved drivstoffpumpe nr. 5, markert øverst til høyre på bildet. Foto: Politiet

Alarmloggen inneholder videre en alarm fra proviantkjølekompressoren omtrent 2 minutter etter den første alarmen. Denne kompressoren var plassert helt nede på tanktoppen på styrbord side og i forkant av styrbord hovedmotor, jf. figur 44. Alarmen er

en samlealarm som ikke avslører nøyaktig hvilken feilkondisjon som er oppstått. Den kan derimot antyde at lekkasjen fra drenerørret har oppstått på dette tidspunktet og utløst alarmen på kompressoren. Kompressoren er for øvrig slik plassert at det kan synes naturlig at den har blitt lite berørt av en eventuell brann omkring sylinder nr. 5.

#### 2.2.1.4 *Drivstofflekkasjene*

Etter brannen ble det avdekket to forskjellige lekkasjer i drivstoffsystemet, henholdsvis fra returrøret fra drivstoffpumpe nr. 5 og fra en dreneringsventil nede i forkant av styrbord motor.

Ved havarikommisjonens undersøkelser om bord ble alle de fire festeboltene til drivstoffpumpe nr. 5 funnet løse. Senere metallurgiske undersøkelser av bruddflatene viste at rørbruddene ved drivstoffpumpe nr. 5 etter alt å dømme skyldtes utmatting forårsaket av sykliske vertikale belastninger. Kamakselen påfører pumpen en vertikalt oppad rettet kraft ved hver omdreining i det den aktiverer drivstoffpumpen. Dersom pumpen er løs mens rørene er festet henholdsvis i pumpen og motoren, vil rørene bli utsatt for en syklisk belastning ved hver omdreining av kamakselen. Med tanke på at drivstoffpumpen ble skiftet 12 dager forut for brannen, vil kamakselen ha fullført ca. 3,6 millioner omdreininger siden pumpeskiftet. Dette er en relevant størrelsesorden med tanke på utmattingsskader. Bruddstedene på rørene er dessuten forenelig med en slik teori, og de metallurgiske undersøkelsene påviste at kraften mest sannsynlig var påført nedenfra.

Kuleventilen som ble funnet på dørkplatene stammet fra et drenerør fra det felles returrøret for drivstoff fra motoren. Dette utgjorde også en vesentlig lekkasje. Kuleventilen ble funnet å ha slitte, koniske gjenger med svært lite inngrep. Ventilen viste seg å kunne demonteres ved å dreie den kun en omdreining fra fullt tiltrukket posisjon.

Havarikommisjonen anser det for svært lite sannsynlig at de to lekkasjene har oppstått samtidig og uavhengig av hverandre. Et sentralt spørsmål er derfor hvordan disse kan henge sammen, hvilken lekkasje som oppstod først og hvilken som oppstod som en følgeskade av brannen.

Etter havarikommisjonens syn kan kuleventilen kan ha skrudd seg ut som følge av vibrasjoner over tid og ført til at diesel sprutet over på frysekompressoren vis a vis. Havarikommisjonen anser det imidlertid som lite sannsynlig at en diesellekkasje fra dreneringsrøret kan ha blitt antent av frysekompressoren ettersom denne var dekket av ubrent dieselolje etter brannen. Havarikommisjonen kan heller ikke se hvordan en brann som eventuelt har oppstått som følge av lekkasje fra dreneringsventilen, skulle kunne føre til at boltene på drivstoffpumpe nr. 5 skulle løsne. Det kan heller ikke forklares hvorfor drivstoffpumpe nr. 5 skulle være spesielt utsatt i et slikt scenario. Ingen av festeboltene til de andre drivstoffpumpene ble funnet løse.

Derimot kan bruddene i begge dieselrørene og smørljerøret for drivstoffpumpe nr. 5, etter havarikommisjonens syn ha inntruffet først som følge av allerede løse bolter. Diesellekkasjen, røyken og mangel på frisk luft til forbrenningen kan deretter ha ført til dårlig og ujevn forbrenning med økte vibrasjoner i motoren som resultat. SHT antar at det har vært brukt gjengetape eller hamp for å sikre koblingen i kuleventilen. Gjengetapen eller hampen kan ha smeltet eller brent i brannen, og de unormale vibrasjonene kan ha bidratt til at kuleventilen har "skrudd seg av".



Alarmloggen antyder dessuten at brannen har vært svært sterk omkring drivstoffpumpe nr. 5 på et tidlig tidspunkt ved at kontrollskapene “SAU8” og “SAU12” har mistet all kontakt etter omkring 1 – 1 ½ minutt. Alarmen fra kjølekompressoren vis-a-vis den laveste lekkasjen kom etter ca. 2 minutter hvilket kan tyde på at dette er tidspunktet den andre lekkasjen har oppstått på.

Det finnes også argumenter som taler imot en slik teori. Besetningsmedlemmer og andre har hevdet at bolter på drivstoffpumpen ikke kan ha vært løse i 12 dager da dette ville blitt oppdaget tidligere. De peker på at det trolig ville vært synlig, hørbart og dessuten påvirket eksostemperaturene. Havarikommisjonen kan ikke med sikkerhet slå fast hvorvidt dette er tilfelle, og det er heller ikke foretatt simuleringer eller forsøk som har kunnet si noe om dette eller om hvor løse boltene eventuelt måtte være for å kunne føre til et slikt trethetsbrudd etter 12 dager. Det legges derfor til grunn at boltene kan ha vært tilsynelatende helt tiltrukket, men ikke med foreskrevet moment, og deretter gradvis løsnet i tiden frem til brannen – og også under brannen – til å befinne seg i den posisjonen de var da de ble funnet etter brannen med ca. 2 – 3 mm klaring.

Havarikommisjonen kan altså ikke med sikkerhet fastslå hvilken av lekkasjene som oppstod først eller av hvilken grunn, men finner det mest sannsynlig at løse festebolter til drivstoffpumpe nr. 5 har ført til utmatting og brudd i returrøret fra pumpen. Kuleventilen har deretter sannsynligvis skrudd seg ut som følge av brannen og den temperatur og de motorvibrasjoner den har medført.

#### 2.2.1.5 *Tennkilden*

Det er i utgangspunktet flere mulige tennkilder i et maskinrom. Både elektriske anlegg og varme overflater er typiske potensielle tennkilder.

Undersøkelsen har avdekket at flere indikatorkraner på styrbord motor var mangelfullt isolert. Målinger foretatt av SINTEF NBL om bord i Richard With viste at indikatorkranene hadde temperaturer på opptil 274 °C under operasjon. Uavhengige målinger foretatt av Politiet og DNV om bord på søsterskipet Kong Harald avdekket sammenlignbare forhold, og det ble målt temperaturer på over 300 °C på indikatorkranene. Basert på avstandene til indikatorkranen og de andre potensielle tennkildene, samt antatt dieselspredning i forbindelse med rørbruddet, anser SHT det som mest sannsynlig at indikatorkranen mellom brennstoffpumpe nr. 4 og brennstoffpumpe nr. 5 var antennespunktet.

#### 2.2.1.6 *Sannsynlig arnested og brannårsak*

Alarmloggen, vitneutsagn, funn i maskinrommet og brannskadebildet indikerer at brannen skyldtes en plutselig drivstofflekkasje som umiddelbart antente ved kontakt med uisolerte varme flater på styrbord hovedmotor. Havarikommisjonen finner det mest sannsynlig at primærlekkasjen kom fra trethetsbrudd i returrøret fra drivstoffpumpe nr. 5 som følge av at boltene var løse, og at arnestedet var indikatorkranen mellom drivstoffpumpe nr. 4 og 5.

#### 2.2.2 Brannutviklingen

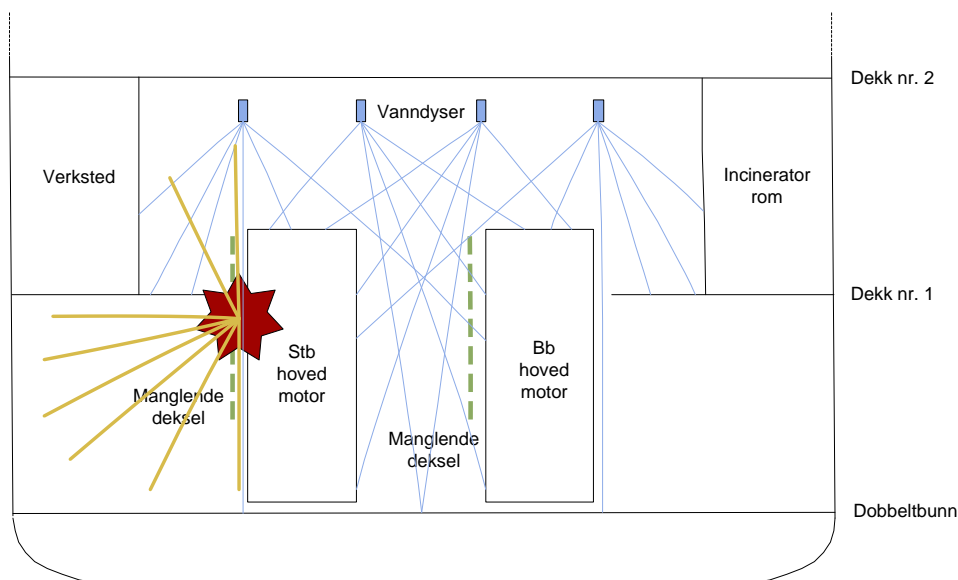
Både alarmloggen og vitneobservasjoner bekrefter at brannen har utviklet seg raskt, og på kort tid har ført til stor varme- og røykutvikling.

Gjennom samtaler med besetningen har det kommet frem at punktslukkeanlegget sto i manuell modus og først ble aktivert noe tid ut i brannforløpet. Dette, samt det faktum at hovedslukkeanlegget ikke ble utløst, har åpenbart vært av avgjørende betydning for brannens utvikling.

SHT's undersøkelser om bord avdekket at hurtiglukkerne til brennoljetankene ikke hadde blitt aktivert og at boosterpumpene ikke ble stanset. Betjeningspanelet for hurtiglukkerne på brennoljesystemet var plassert i nødstasjonen midtskips på dekk nr. 2, og betjeningspanelet for boosterpumpene var plassert i gangen aktenfor maskinkontrollrommet. Når det gjelder lufttilførsel var en av de viktigste åpningene tilluftsspjeldene i skorsteinen på dekk nr. 7. Disse ble heller ikke stengt under brannen, og frisk luft ble tilført maskinrommet blant annet gjennom disse.

Hovedmotorene var opprinnelig levert med deksler foran drivstoffpumpene for å begrense dieselspredning ved eventuelle lekkasjer. Disse var fjernet fra hovedmotorene om bord på Nordlys, og havarikommisjonen er av den oppfatning at dette også kan ha påvirket brannutviklingen. Ved at dekslene var fjernet fikk drivstoffet i større grad muligheten til å spre seg inn under plattformen og verkstedet på dekk nr. 1, som vist i figur 47. Alle vanddysene i punktslukkeanlegget var plassert over dekk nr. 1 og havarikommisjonen kan ikke utelukke at mangel på deksler på styrbord motor derfor kan ha forringet punktslukkeanleggets effektivitet etter at dette først ble utløst.

I henhold til regelverket skal punktslukkeanlegget beskytte de brannfarlige områdene rundt forbrenningsmotorene. Mangel på deksler på hovedmotorene innebar at områdene under verkstedet var mer utsatt for brannfare, og SHT mener derfor at det burde ha vært arrangert dyser i dette området dersom Nordlys skulle operere uten deksler.



Figur 47: Skjematisk skisse som viser dieselspredning og plassering av vanddyser sett forfra og akterover i maskinrommet. Dieselspredningen hadde sannsynligvis vært redusert dersom dekslene på styrbord side av hovedmotorene ikke hadde vært fjernet.

Punktslukkeanlegget henter vann fra en ferskvannstank, men kan også forsynes med sjøvann via brannpumpene. Ventilen som kan åpne for sjøvann til punktslukkeanlegget ble ikke åpnet. Ferskvannstanken ble etter brannen funnet tømt, hvilket tilsier at slukkeanlegget på et tidspunkt har gått tom for vann som følge av at det ikke fikk tilgang

til sjøvann. Havarikommisjonen kan ikke med sikkerhet si hvilken rolle dette har spilt siden nødgeneratoren sviktet på et tidlig tidspunkt og brannpumpene derfor raskt ville stoppet.

Havarikommisjonen mener hovedfaktorene til at brannen fikk utvikle seg slik den gjorde var at punktslukkeanlegget ikke løste ut umiddelbart, at hovedslukkeanlegget ikke ble utløst og at tilførselen av luft og drivstoff ikke ble stengt.

### 2.2.3 Utløsning av punktslukkeanlegget

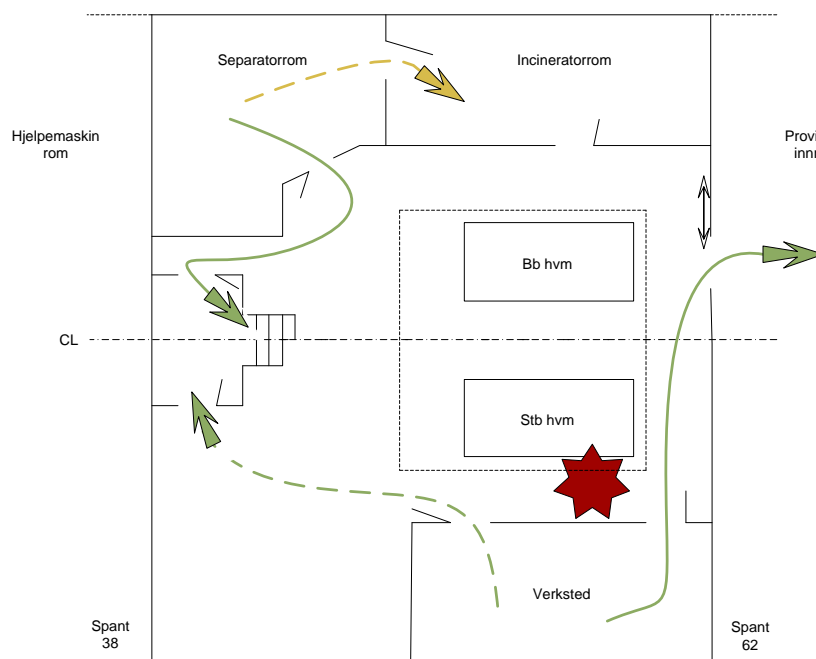
Havarikommisjonens tekniske undersøkelser om bord, samt samtaler med skipets besetning, avdekket at punktslukkeanlegget ble utløst i forbindelse med brannen. Ettersom anlegget sto i manuell mode da brannen oppsto, ble det imidlertid ikke aktivert før maskinbesetningen utløste anlegget manuelt en tid ut i brannforløpet.

Havarikommisjonen har ikke kunnet fastslå nøyaktig tidspunkt for utløsning av anlegget, men undersøkelsen tyder på at det ikke var aktivert på det tidspunktet de som oppholdt seg der evakuerte fra maskinrommet. På denne bakgrunn mener havarikommisjonen at punktslukkeanlegget ble utløst anslagsvis 2 – 3 minutter etter at brannen startet.

### 2.2.4 Evakueringen fra maskinrommet

Maskinsjefen og motormannen oppholdt seg i separatorrommet da brannen startet. I samtaler med havarikommisjonen har motormannen forklart at maskinsjefen beveget seg ut i incineratorrommet da de oppdaget at det kom røyk derfra. Han har på et tidspunkt snudd ettersom han ble funnet omkommet inne i separatorrommet. Havarikommisjonen kan ikke si med sikkerhet om han beveget seg ut i incineratorrommet i den hensikt å evakuere maskinrommet gjennom den vanntette døren i forkant av maskinrommet, eller om han hadde til hensikt å undersøke hva som var galt. Havarikommisjonen antar imidlertid at han snudde på grunn av røykutviklingen. Motormannen evakuerte gjennom utgangen i akterkant av maskinrommet, jf. figur 48.

Førstemaskinisten, reparatøren og maskinlærlingen oppholdt seg i verkstedet på styrbord side på dekk nr. 1 da brannen startet. Derfra hadde de to alternative rømningsveier, enten ut gjennom den akterste døren i verkstedet og deretter ut gjennom utgangen i akterkant av verkstedet eller alternativt ut gjennom den forreste døren i verkstedet og deretter ut gjennom den vanntette døren i forkant av maskinrommet. Begge alternativene medførte at de måtte passere tett på brannstedet. Førstemaskinisten og reparatøren har i samtaler med havarikommisjonen forklart at de valgte det siste alternativet, og deretter kom seg videre opp til dekk nr. 3. Begge pådro seg store brannskader og måtte behandles på Haukeland sykehus etter ulykken. Maskinlærlingen, som ble funnet omkommet ved trappesjakten på dekk nr. 4, har etter all sannsynlighet fulgt samme rømningsvei som førstemaskinisten og reparatøren.



Figur 48: Skissen viser de alternative rømmingsveiene fra verkstedet som begge innebar passering av brannstedet på kort avstand. Heltrukken grønn linje viser fluktteien førstemaskinisten, reparatøren og sannsynligvis maskinlærlingen valgte. Stiplet grønn linje viser alternativ rømmingsvei. Motormannens flukttei fra separatorrommet er markert med grønn heltrukken linje, og maskinsjefens sannsynlige bevegelse fra separatorrommet er markert med oransje stiplet linje.

### 2.2.5 Utløsning av CO<sub>2</sub>-anlegget

Under brannen ble det foretatt vurderinger av hvorvidt CO<sub>2</sub>-anlegget skulle utløses eller ikke, men forberedelser til utløsning ble ikke utført. Bakgrunnen for at det ikke ble løst ut i den første fasen av brannen var at besetningen på det tidspunktet ikke hadde full oversikt over hvem som eventuelt fremdeles befant seg i maskinrommet. Etter at Nordlys hadde kommet til kai, og brannvesenet ankommet om bord, ble det igjen foretatt en vurdering av muligheten og behovet for å løse ut CO<sub>2</sub>-anlegget. Brannen var fremdeles ikke slukket, og selv om man på dette tidspunktet anså det som sannsynlig at det fremdeles kunne være mannskap igjen i maskinrommet, ble det vurdert dithen at det ikke lenger var håp om å finne noen i live. En beslutning om å foreta en utløsning av CO<sub>2</sub> ble derfor tatt i samråd med brannvesenet. Forberedelser for å iverksette utløsningen ble påbegynt, men før aktivering av anlegget ble effektivert ble det gitt kontrabeskjed, sannsynligvis på grunn av økende slagside og ordre om å evakuere skipet.

Etter havarikomisjonens syn var de beslutningene som ble tatt i forhold til utløsning av CO<sub>2</sub>-anlegget, godt begrunnet. Situasjonen var uoversiktlig, og det forelå en fare for at en utløsning av anlegget kunne sette menneskeliv i fare.

### 2.2.6 Bortfall av nødgeneratoren

Alarmloggen viser fire alarmer tilknyttet nødgeneratoren ca. 1 minutt etter at den første alarmen gikk kl. 09:12:35. Etter 57 sekunder gikk alarmen som indikerer lavt trykk på startluft til nødgeneratoren. Samtidig gikk alarmen for lavt brennstoffnivå i tanken til nødgeneratoren. Sensoren befinner seg høyt oppe i denne tanken slik at tanken alltid skal være toppet opp, og ved undersøkelsene etter brannen ble det funnet at tanken var nesten

full og nivået noe under den øverste sensoren. Den tredje alarmen, som gikk 11 sekunder senere, var alarmen for ladning til startbatteriene til nødgeneratoren. Denne alarmen går dersom startbatteriene mister strømmen fra hovedstrømsystemet og er derfor en typisk indikasjon på en blackoutsituasjon og bekrefter at nødgeneratoren får beskjed om å starte. Den fjerde alarmen, som kom ytterligere 4 sekunder senere, var en fellesalarm fra det lokale kontrollsystemet for nødgeneratoren.

Logisk sett burde alarmen som indikerte blackoutsituasjon og bekreftet at nødgeneratoren fikk beskjed om å starte, ha vært den første alarmen som gikk. Det gikk imidlertid ca. 120 alarmer i løpet av ett minutt, og høy belastning på kontrollsystemet kan ha medført at noen alarmer ble forsinket. Havarikommisjonen mener de overnevnte alarmene tilsammen indikerer at nødgeneratoren startet opp i løpet av det første minuttet etter den første alarmen. Dette er forenelig med vitneobservasjoner.

SHT kan ikke slå fast nøyaktig når nødgeneratoren stoppet. Mannskapet på Emmy Dyvi registrerte imidlertid at lyset om bord i Nordlys slukket rett etter at de hadde fått gjort fast slepetrossa. Emmy Dyvi hadde trossa om bord kl. 0931.

Da motoren ble undersøkt etter ulykken bar den preg av varmgang. Spjeldene som skal sikre at motoren har tilgang til frisk luft til kjøling og forbrenning ble funnet i lukket posisjon, og det ble avdekket brudd i en kjølevannsslange. Slangen bar preg av aldring, med sprekkdannelser både innvendig og utvendig.

Som beskrevet tidligere hadde Nordlys' søsterskip Richard With hatt problemer med utilsiktet lukking av luftspjeldene til nødgeneratorrommet ved en hendelse i 2009. Det ble foretatt visse modifikasjoner, men besetningen om bord på Nordlys hadde likevel opplevd utilsiktet stenging av spjeldene ved testing av disse etter overnevnte utbedringer.

Havarikommisjonen anser det derfor som sannsynlig at spjeldene i forbindelse med brannen enten åpnet seg og raskt lukket seg eller at de ikke åpnet seg, og at temperaturen i nødgeneratorrommet da steg som følge av manglende luftkjøling. Dette førte videre til at kjølevannstemperaturen økte hurtig, slik at kjølevannsslangen ble utsatt for høy temperatur og trolig en betydelig trykkøkning ved at kjølevannet nådde kokepunktet. Slangen sprakk trolig under påkjenningen og kuttet siste rest av kjøleeffekt til motoren som da skar seg.

### 2.2.7 Røykspredningen

Kartlegging som ble gjennomført etter ulykken avdekket moderat til kraftig røyktetthet i hoved- og hjelpemaskinrommet, i korridoren forut for maskinrommet, i trappesjakten midtskips og i fellesområdet midtskips på dekk nr. 4. I tillegg ble det registrert noe røykspredning blant annet i de akterste mannskapslugarene på babord side på dekk nr.1, samt i det åpne barområdet på dekk nr. 7. Utover dette har det vært lite eller ingen spredning av røyk om bord.

På dekk nr. 4 finner man skipets bespisingsteder, bysse og vrimeområde. Dette er et stort, åpent område som er delt inn i 3 seksjoner (soner). Sone nr. 2, den midterste seksjonen, bar generelt preg av at det hadde vært mye røyk der, mens de to andre sonene har vært frie for røyk. Dette tyder på at branndørene har vært lukket under brannen, og at de har holdt sone nr. 1 og 3 fri for røyk.

Sotavsetningene tyder på at mesteparten av røyken har steget opp gjennom trappesjakten og ut gjennom to dører, til henholdsvis byssen og vrimeområdet. Havarikommisjonen ser dette i sammenheng med fluktruten til førstemaskinisten, reparatøren og maskinlærlingen. Førstemaskinisten og reparatøren evakuerte maskinrommet gjennom den vanntette døra i forre maskinromsskott, og tok seg gjennom korridoren og videre opp gjennom trappesjakten til resepsjonsområdet på dekk nr. 3. Maskinlærlingen fulgte sannsynligvis den samme fluktruten, men i stedet for å stoppe på dekk nr. 3 fortsatte han til dekk nr. 4 hvor han ble funnet omkommet innenfor døren til trappesjakten.

Røykتهteten i maskinrommet bidro til at to besetningsmedlemmer omkom og to ble alvorlig skadet. Slik SHT vurderer det var røyken i korridoren forenfor, i trappesjakten midtskips og i fellesområdet midtskips på dekk nr. 4, også et sikkerhetsmessig problem. I tillegg har besetningen beskrevet røykتهteten i mannskapslugarene på dekk nr.1, som problematisk. SHT vurderer det slik at den interne røykspredningen først og fremst skyldtes at den vanntette døren i forkant av maskinrommet ble åpnet, og ikke lukket igjen, under evakueringen av maskinrommet. Dersom de vanntette dørene hadde blitt stengt fra broen ville døren gått automatisk tilbake til stengt posisjon etter at maskinbesetningen passerte.

I tillegg til den interne røykspredningen representerte den svarte tunge røyken som vellet ut gjennom skorsteinen og casingen og slo ned på styrbord båtdekk, et sikkerhetsproblem. Røyken forhindret blant annet bruk av livbåtene på styrbord side. Nordlys hadde på denne turen ikke flere passasjerer enn at det var mulig å evakuere alle ved hjelp av livbåtene på babord side, men med fullt passasjerbelegg kunne dette ha gitt store sikkerhetsmessige utfordringer. Røyken medførte også at nødgeneratorrommet var utilgjengelig.

Forbrenningen av olje og andre materialer utviklet store mengder grå røyk som steg opp gjennom casingen og kom ut gjennom ventilasjonsåpningene i akterkant av skorsteinen. I tillegg førte brannen til redusert oksygeninnhold i maskinrommet, noe som igjen førte til at motorene ikke fikk nok oksygen til å underholde god forbrenning. Normalt holdes det et lite overtrykk i maskinrommet for å sikre nok oksygen til motorene. Den ufullstendige forbrenningen som oppstod i motorene ga en tung, svart røyk som steg opp gjennom eksoskanalene og kom ut av skorsteinen så lenge motorene gikk.

#### 2.2.8 Operasjonen av stabilisatorfynnene

Nordlys hadde stabilisatorfynnene ute da brannen oppsto og disse var fortsatt ute da Nordlys ble buksert til kai. I sammenstøtet med kaien ble styrbord finne trykket gjennom huden slik at det oppsto vanninntrenging.

Som det fremgår av kap. 1.18.9 var det etablert flere barrierer for å sikre at finnene ble tatt inn, og finnene kunne også opereres under nødssituasjoner. Når stabilisatorfynnene likevel ikke ble tatt inn i forbindelse med denne ulykken skyldes det sannsynligvis de spesielle forholdene forut for og under kaianløpet. Situasjonen på broen hadde vært hektisk og stressende helt fra det tidspunktet brannalarmen gikk. Manglende fokus på viktige operasjoner kan også ses i sammenheng med bortfall av nøkkelpersonell og at beslutningen rundt en eventuell utløsning av CO<sub>2</sub> krevde for stor oppmerksomhet fra kapteinen.

### 2.2.9 Vanninntrengingen

Etter ulykken ble det foretatt en vurdering av hvilke områder/rom som hadde vært vannfylt. Dette gjaldt lasterom nr. 1, lasterom nr. 2, heissjakter babord side og rom for stabilisatorfinne babord side, innredning over lasterom nr. 1, storesrom over lasterom nr. 2, bildekk og storesrom aktenfor bildekk (helt akter på dekk nr. 2).

Skaden og vanninntrengingen var i utgangspunktet innenfor avdelingen ved lasterom 2, og det er sannsynlig at avdelingen forenfor ble fylt gjennom den vanntette døren i skottet på spant 86, mellom lasterom nr. 2 og lasterom nr. 1. Havarikommisjonen kan ikke si med sikkerhet om denne døren var lukket, eller sto åpen da brannen oppsto. Imidlertid viste undersøkelsen som ble foretatt etter brannen at pakningen på undersiden av døren ikke var tett. En spalteåpning på 8 – 10 mm under døren i hele dens bredde, vil gi en åpning på ca. 200 cm<sup>2</sup>. Med lukket dør er det derfor sannsynlig at det ville oppstå lekkasje som følge av det statiske trykket fra vannet i lasterom nr. 2. For å illustrere potensiell vanngjennomstrømming gjennom en slik åpning benyttes Bernoulli's ligning, som forutsetter friksjonsfri gjennomstrømming:

$$Q = A * V,$$

hvor Q = vanngjennomstrømming, A = areal av åpning og V = vannets hastighet.

Vannhastigheten fremkommer av formelen  $V = \sqrt{2 * g * h}$ ,

hvor g = 9,81 m/s<sup>2</sup> og h = vannstanden på den ene siden av åpningen.

Dersom vannstanden i lasterom nr. 2 settes til 0,1 m, blir vanninnstrømningshastigheten:

$$Q = 0,01 * 2,2 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,1} \text{ m}^3/\text{s} = 0,0308 \text{ m}^3/\text{s} = 110,9 \text{ m}^3/\text{time}.$$

Dersom vannstanden i lasterom nr. 2 settes til 1 m, blir vanninnstrømningshastigheten:

$$Q = 0,01 * 2,2 * \sqrt{2 * 9,81 * 1} \text{ m}^3/\text{s} = 0,0974 \text{ m}^3/\text{s} = 350,6 \text{ m}^3/\text{time}.$$

I forhold til det faktiske hendelsesforløpet er ovennevnte overslagsberegninger basert på flere forenklinger. For det første var vanngjennomstrømmingen gjennom spalten under døren ikke friksjonsfri. Videre ble trykkforskjellen i de to rommene utlignet etter hvert som lasterom nr. 2 ble fylt. Bildet blir mer sammensatt ved at den aktuelle døren var plassert mot senter (fra senter og ut mot babord side) og at Nordlys fikk slagside (mot babord), samt akterlig trim. Uten å ha utredet korreksjonene som følge av dette er havarikommisjonen av den oppfatning at vannet som fylte lasterom nr. 1 kan ha kommet fra lasterom nr. 2 gjennom den vanntette døren selv om døren var lukket.

Nordlys hadde dermed en to – avdelings skade når skipet lå til kai etter brannen i Ålesund, og skaden medførte en større slagside enn de 7° skipet maksimalt forutsettes å få ved en en – avdelings skade. På det meste var slagsiden oppe i nærmere 22°.

Beregningene som DNV har foretatt etter ulykken viser at Nordlys hadde svært begrenset overlevelsessevne med den aktuelle vannfyllingen. Dersom det ikke hadde blitt iverksatt lensing på det tidspunkt det ble gjort, og lekkasjen ikke hadde blitt tettet, hadde Nordlys sannsynligvis kantret ved kai i Ålesund natten etter ulykken.

### 2.2.10 Skadepotensialet

Ulykken skjedde under innseilingen til Ålesund, i smult farvann og godt vær. Trafikken i området medførte at mange fartøy ankom havaristen og var klare til å assistere i løpet av kort tid. Redningseskøyta Emmy Dyvi ankom havaristen bare 14 minutter etter at alarmen hadde gått om bord i Nordlys. Emmy Dyvi var på vei til øvelse, og lå derfor tilfeldigvis i havnebassenget. Nærheten til Ålesund havn innebar også at politi, brannvesen, helsepersonell og andre redningsmannskaper kunne mobiliseres i løpet av kort tid.

Videre skjedde ulykken på et tidspunkt da mange av passasjerene var samlet ved fellesområdene på dekk nr. 4 og dekk nr. 7. I tillegg hadde Nordlys et passasjerbelegg på 33 % i forhold til tillatt passasjerantall.

Havarikommisjonene er av den oppfatning at ulykken under andre omstendigheter kunne ha fått vesentlig større konsekvenser. Hvis Nordlys hadde hatt fullt passasjerbelegg hadde evakueringen sannsynligvis vært mer utfordrende fordi livbåtene på styrbord side var utilgjengelig på grunn av røyk. Dersom brannen i tillegg hadde oppstått tidligere, for eksempel mens passasjerene sov, hadde evakueringen etter all sannsynlighet vært mer problematisk. Dersom brannen hadde oppstått i en posisjon med større avstand til etablert og god infrastruktur, og under ekstreme værforhold, hadde det også tatt lengre tid å komme frem med ekstern bistand.

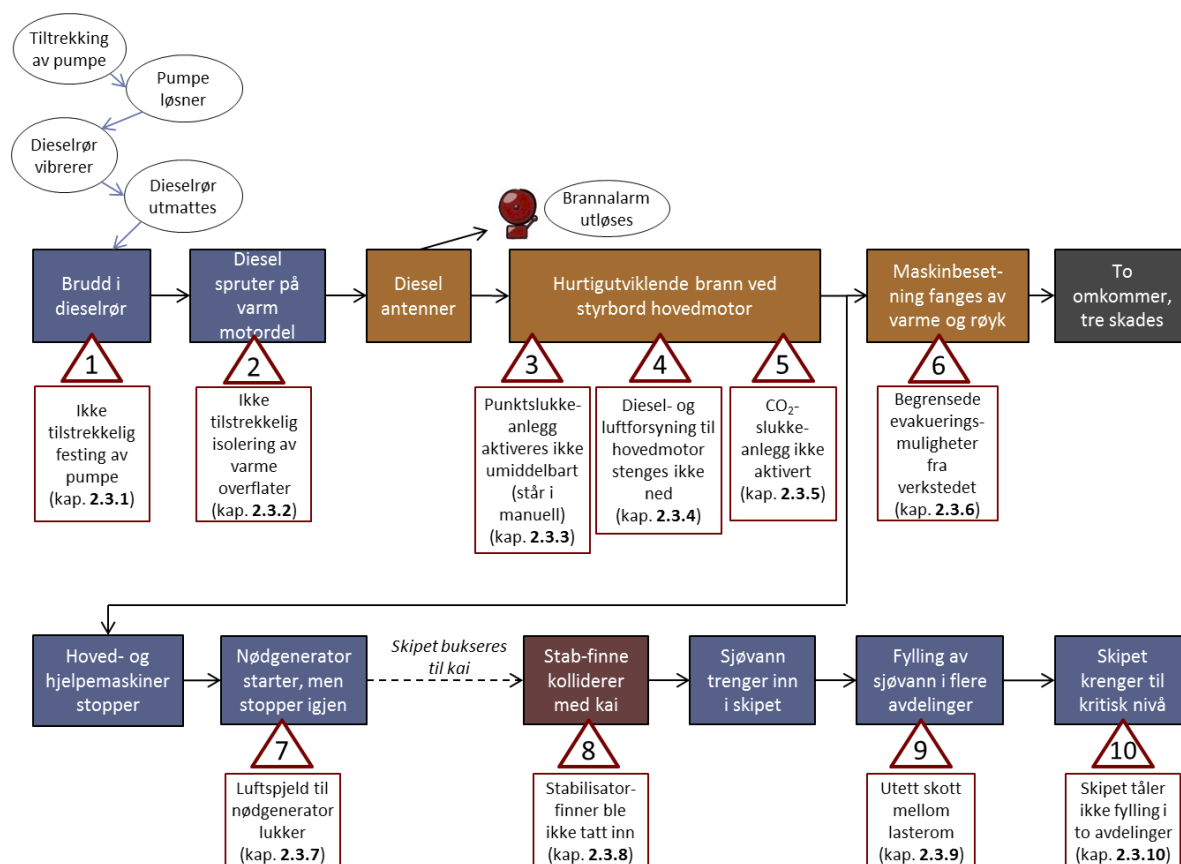
På den andre siden hadde den alvorlige situasjonen som oppstod da stabilisatorfinnen penetrerte skroget og førte til vanninntrenging i lasterommene sannsynligvis ikke oppstått dersom brannen hadde oppstått mens Nordlys var lenger fra havn.

Slik konsekvensen av denne vannfyllingen faktisk utviklet seg ble situasjonen svært kritisk, og Nordlys ville sannsynligvis ha kantret ved kai dersom det ikke hadde blitt iverksatt tiltak i form av lensing og midlertidig tetting av hullet i skroget. SHT mener ikke nødvendigvis at menneskeliv hadde vært i fare, men hendelsen hadde potensiale til å påføre miljøet betydelige skader.

### 2.3 **Vurdering av sikkerhetsproblemer og bakenforliggende forhold**

Hendelsesforløpet slik det er beskrevet i punkt 1.2 består av en rekke uønskede hendelser. Disse er sammenfattet i Figur 49:





Figur 49: Grovmasket hendelsesforløp med beskrivelse av sikkerhetsproblemer.

### 2.3.1 Tiltrekking av bolter ved skifte av drivstoffpumpe

Som det fremgår under vurderingen av hendelsesforløpet, kap. 2.2.1.4, legger SHT til grunn at den primære drivstofflekkasjen sannsynligvis var knyttet til rørbruddene ved drivstoffpumpe nr. 5 og at rørbruddene trolig skyldtes utmatting som følge av at pumpens festebolter allerede var løse før brannen.

#### 2.3.1.1 Hvorfor var boltene løse?

Det kan i utgangspunktet være to årsaker til at festeboltene var løse. Enten var boltene korrekt tilsatt ved siste pumpekift, men deretter løsnet under drift, eller så ble de ikke korrekt tilsatt ved siste pumpekift.

Den aktuelle pumpen ble altså skiftet av mannskapet i Bergen 12 dager før brannen, og alle de fire festeboltene for den aktuelle pumpen ble funnet løse etter brannen. Ingen av festeboltene ble funnet løse på de andre drivstoffpumpene.

Arbeidsbeskrivelsen i det aktuelle jobbkortet ga ingen veiledning om hvordan jobben skulle utføres. Den ga heller ikke noen referanser til fabrikantens vedlikeholdsmanual eller annen relevant dokumentasjon. Den innrapporterte historikken etter pumpekiftet gir ingen detaljer om hvordan arbeidet var utført, kun at pumpen var utskiftet med en nyoverhalt.

Havarikommisjonens samtaler med maskinbesetningen har avdekket at skifte av drivstoffpumpe ble sett på som en enkel jobb. Det er sprikende forklaringer om hvorvidt

fabrikantens vedlikeholdsmanual vanligvis ble benyttet og om hvorvidt det var krav til et gitt tiltrekkingsmoment for pumpens festbolter. Samtalene ga ikke et klart svar på hvorvidt vedlikeholdsmanualen ble konsultert ved den aktuelle jobben, hvorvidt det ble benyttet momentnøkkel eller et gitt tiltrekkingsmoment eller hvem som foresto tiltrekkingen.

Pakningene mellom henholdsvis drivstoffrørene og motoren og drivstoffrørene og drivstoffpumpen ble for den aktuelle pumpen funnet forbyttet da den ble demontert etter brannen. Etter skiftet av den aktuelle pumpen 12 dager før ulykken, ble det observert lekkasje ved flensene på lavtrykksrørene på denne pumpa. Maskinistene antok at pakningene var montert feil og byttet derfor om pakningene og festet rørene på nytt. Da lekkasjen ble borte slo de seg til ro med dette. Pakningene hadde altså blitt montert korrekt først, men byttet om slik at de ikke var montert i henhold til spesifikasjonene fra motorfabrikanten. Havarikommisjonen kan ikke se at dette kan ha bidratt vesentlig til at boltene løsnet eller til utmatting i rørene, men det viser at jobben i sin helhet ikke ble korrekt utført. Det er også en indikator i retning av at vedlikeholdsmanualen trolig ikke har vært konsultert ved denne jobben.

Havarikommisjonen har etter ulykken undersøkt festboltene og foringene, og resultatene har blitt sammenlignet med undersøkelser av identiske bolter og foringer som har vært tilsatt til det foreskrevne momentet. Disse undersøkelsene har ikke kunnet bekrefte eller avkrefte om festboltene ble korrekt tiltrukket ved pumpeskiftet 3. september 2011.

De overnevnte elementer peker etter havarikommisjonens syn i retning av at skiftet av den aktuelle drivstoffpumpen trolig ikke ble korrekt utført og følgelig at boltene etter alt å dømme var løse fordi de ikke ble korrekt tiltrukket. Det er ingen holdepunkter for at boltene var korrekt tiltrukket og siden har løsnet under drift.

#### 2.3.1.2 *Hvorfor ble ikke boltene korrekt tiltrukket?*

Som påpekt ovenfor manglet arbeidsbeskrivelsen i jobbkortet detaljer omkring jobben og hadde ingen henvisning til vedlikeholdsmanualen. Vedlikeholdssystemet fremhevet heller ikke jobben som spesielt kritisk. Maskinbesetningen var kjent med at manualen inneholdt detaljerte instruksjoner, men den aktuelle jobben var ansett som lite komplisert.

Etter havarikommisjonens syn har ikke rederiet lyktes i å gi besetningen rimelig veiledning omkring jobben eller dens kritikalitet gjennom fartøyets vedlikeholdssystem. Det at jobben fremstår som lite komplisert kan videre ha bidratt til at besetningen ikke har funnet det nødvendig å hente frem rett instruks fra vedlikeholdsmanualen.

Den innrapporterte historikken etter pumpeskiftet gir som nevnt ingen detaljer omkring arbeidet som var utført. Havarikommisjonen mener at bedre rutiner for innrapportering av historikk kunne ha ført til at maskinbesetningen sjekket med vedlikeholdsmanualen for å kunne rapportere tilbake korrekt utført jobb.

Havarikommisjonen er av den oppfatning at vedlikeholdssystemet hadde potensiale til langt på vei å sikre en korrekt utført jobb. Dette hadde imidlertid fordret en mer detaljert arbeidsbeskrivelse og mer detaljert innrapportert historikk. En kritikalitetsvurdering av systemer, komponenter og jobber slik ISM-forskriften krever, kunne også bidratt positivt. Alle disse elementene er beskrevet i rederiets sikkerhetsstyringssystem, men altså ikke implementert om bord. Manglende etterlevelse av rederiets sikkerhetsstyringssystem er derfor etter SHTs syn den viktigste organisatoriske faktoren som medvirket til at

festeboltene til drivstoffpumpe nr. 5 ikke ble korrekt tilsatt. Innholdet i vedlikeholdssystemet og etterlevelse av prosedyrene i sikkerhetsstyringssystemet blir nærmere diskutert i henholdsvis kap. 2.4 og kap. 2.5.

### 2.3.2 Isolering av varme overflater

Havarikommisjonen anser det som sannsynlig at diesel fra lekkasjen i rørene tilknyttet drivstoffpumpe nr. 5 ble antent i kontakten med den nærmeste indikatorkranen, som ikke var tilstrekkelig isolert.

#### 2.3.2.1 *Hvorfor var motorens varme flater utilstrekkelig isolerte?*

Isolasjon må regelmessig fjernes og tilbakemonteres for eksempel for å utføre kontroller eller vedlikeholdsarbeid. Ved slike demontering og remontering følger det naturlig en grad av slitasje. Maskineriets bevegelser, høye temperaturer, lekkasjer av forskjellige typer, samt rengjøring, bidrar også til slitasje på isolasjonen. Dette medfører et behov for regelmessig vedlikehold av isolasjonen for å holde den i tilfredsstillende stand.

Undersøkelsen har vist at isolasjonen ikke var i tilfredsstillende stand på Nordlys etter brannen. Det er også påvist at isolasjonen om bord søsterskipene Richard With og Kong Harald var i en tilsvarende dårlig forfatning.

Samtaler med relevant mannskap og ansatte i rederiets landorganisasjon har avdekket til dels mangelfull kunnskap omkring varme overflater i maskinrommet og isolasjon av slike. Fartøyets vedlikeholdssystem krevde at isolasjon av eksosmanifold og rør skulle kontrolleres årlig. Arbeidsbeskrivelsen inneholdt imidlertid ingen detaljer om hvor det skulle isoleres eller hvordan eventuelle utbedringer skulle foretas. Vedlikeholdssystemet fremhevet heller ikke jobben som spesielt kritisk. Motorprodusenten har ikke utarbeidet noen dokumentasjon over hvilke flater som blir varme og rederiet har heller ikke sørget for å skaffe seg noen slik oversikt på annet vis. Jobben ble i vedlikeholdssystemet sist rapportert utført før ulykken den 14. april 2011, med kommentaren "kontrollert ilag med Veritas/Sjøfart Bergen 26.03 – 02.04, ok."

Havarikommisjonen er av den oppfatning at vedlikeholdssystemet hadde potensiale til å veilede besetningen i langt større grad enn det som var tilfellet. Dette hadde imidlertid fordret en langt bedre arbeidsbeskrivelse og krav til en mer detaljert innrapportert historikk. En kritikalitetsvurdering av systemer, komponenter og jobber kunne også bidratt positivt. Alle disse elementene er beskrevet i rederiets sikkerhetsstyringssystem, men ikke implementert om bord.

Manglende oversikt over hvilke varme flater som skal isoleres er etter SHTs syn en viktig organisatorisk faktor som medvirket til at motorens varme flater var utilstrekkelig isolerte. Innholdet i vedlikeholdssystemet og etterlevelse av prosedyrene i sikkerhetsstyringssystemet blir nærmere diskutert i henholdsvis kap 2.4 og kap. 2.5.

#### 2.3.2.2 *Hvorfor ble ikke den utilstrekkelige isolasjonen avdekket av tilsynet?*

Både Sjøfartsdirektoratet og Det Norske Veritas har som oppgave å føre tilsyn med fartøyenes etterlevelse av kravet til isolasjon av varme flater. Begge kontrollerer vanligvis dette mens skipene ligger i ro og maskineriet er kaldt. Dette stiller store krav til inspektørenes kompetanse og erfaring, all den tid det ikke foreligger noen dokumentert oversikt over hvilke flater som må isoleres.

Kontroll av varme overflater inngår i DNV's sjekklister både for fornyelse av sertifikat og for årlig inspeksjon. DNV har også en intern instruks til sine inspektører med veiledning om gjennomføring av inspeksjon av varme overflater. Utfordringen med at slike kontroller for det aller meste foretas med kaldt maskineri adresseres i noen grad ved at typiske problemområder og visuelle indikatorer på høy temperatur beskrives. Det gis også råd omkring vurderinger og håndtering av avvik. Sjøfartsdirektoratet benytter også sjekklister, men det er ikke utarbeidet detaljerte instruksjoner om hvordan kontrollen av varme overflater skal gjennomføres. I utgangspunktet er kontroll av varme overflater overlatt til rederiet som egenkontroll.

I forbindelse med den siste årlige besiktelsen av Nordlys før brannen ble det ikke gitt pålegg om isolasjon av varme overflater fra verken Sjøfartsdirektoratet eller DNV. Det ble heller ikke kommentert på tilstanden på isolasjon av varme flater på søsterskipene ved siste årlige kontroll før brannen. Til tross for dette viser havarikommisjonens undersøkelse at tilstanden om bord på alle de tre skipene var utilfredsstillende høsten 2011. SHT finner det lite trolig at tilstanden om bord på disse tre skipene var tilfredsstillende ved nevnte tilsyn og deretter har degradert så likt og så mye i løpet av under ett år. Etter havarikommisjonens syn tyder dette på at tilsynenes kontrollordning ikke har vært god nok på dette punktet. Dette skyldes tre forhold. I lys av at inspeksjonene normalt utføres med kaldt maskineri mener havarikommisjonen at manglende oversikt over hvilke flater som skal isoleres trolig er en av faktorene som bidro til at tilsynet ikke avdekket forholdet når isolasjon av varme overflater fysisk ble kontrollert om bord. SHT retter i den forbindelse en tilråding til Sjøfartsdirektoratet.

De andre to forholdene relaterer seg til Sjøfartsdirektoratets kontrollregime, som behandles under punkt 2.6 om myndighetenes tilsyn.

### 2.3.3 Utløsning av punktslukkeanlegget

Rekken av uønskede hendelser kunne ha vært brutt kort tid etter at brannen oppsto dersom slukking hadde blitt iverksatt umiddelbart.

Punktslukkeanlegget sto imidlertid i manuell mode, og i forhold til konsekvensene av brannen var dette etter havarikommisjonens syn et stort sikkerhetsmessig problem. Selv om SHT ikke kan si om brannen hadde blitt slukket umiddelbart, anser SHT det som sannsynlig at overlevelsesaspektet, samt skadene som ble påført de overlevende, ville ha vært et helt annet dersom slukkeanlegget hadde blitt utløst umiddelbart. Dette ville igjen kunne ha hatt stor betydning for den videre håndtering av brannen og følgeskadene den førte med seg. Vannet fra slukkeanlegget ville trolig bidratt til å begrense brannen til området mellom tanktoppen og toppristen og det ville bidratt til kjøling av området. Avgasser og partikler ville bundet seg til vannet. De som oppholdt seg i maskinrommet ville trolig ikke i like stor grad blitt påvirket av røyk og varme, og det ville vært lettere å orientere seg slik at man kunne evakuere raskere.

Havarikommisjonen oppfatter det slik at intensjonen bak kravet om et lokaltvirkende punktslukkeanlegg i maskinrommet er at slukkeanlegget skal kunne løse ut umiddelbart uten at man skal behøve å ta hensyn til om det fremdeles befinner seg mennesker i området, at det skal dekke de mest brannfarlige områdene, og at det skal ha tilstrekkelig kapasitet til å slukke, eventuelt slå tilbake en brann. Anlegget skal gi tilstrekkelig tid til å iverksette andre tiltak for å slukke brannen dersom den ikke blir slukket i første omgang.

Det er noe uklart når hovedtavla falt ut, når nødgeneratoren startet og hvor lenge den gikk, og om utstyr som får strømtilførselen via nødtavla hadde konstant strømtilførsel helt til nødgeneratoren stoppet. Hvorvidt punktslukkeanlegget har virket som forutsatt fra det ble slått på og til nødgeneratoren stoppet har ikke vært mulig å bringe på det rene, men tanken tilknyttet anlegget var tom etter brannen, og det indikerer at slukkingen har pågått over noe tid. Det var imidlertid ikke åpnet til hovedbrannlina for å sikre fortsatt vanntilførsel, slik at fortsatt slukking ikke ville vært mulig før man åpnet denne selv om man hadde hatt strøm til å drive brannpumpene. SHT kan ikke si om noen ville ha åpnet ventilen senere dersom nødgeneratoren hadde fortsatt å gå, eller om manglende åpning hadde noen sammenheng med bortfall av personell eller andre forhold.

I henhold til 305-forskriften er det kun krav til manuell operasjon av slukkeanlegget for skip med bemannet maskinrom som på Nordlys. Slukkeanlegget som var installert var imidlertid utstyrt både for manuell og automatisk utløsning, men rederiets prosedyrer fastslo at anlegget skulle stå i auto og at det ville løse ut hvis røykvarsler og flammedetektor ble aktivert. Mannskapet hadde ikke kommunisert til rederiet at de hadde valgt å gå med anlegget i manuell mode på permanent basis, verken gjennom avviksrapporing eller på annen måte. Det var ikke etablert effektive kompensierende tiltak for å redusere risikoen dette medførte, og det var ikke foretatt risikovurderinger knyttet til dette. Problemstillingen knyttet til mangelfull risikovurdering og manglende avviksrapporing diskuteres videre i kapittel 2.5 om sikkerhetsstyringssystemet.

De to som omkom døde som følge av røykskader, og de to som ble hardt skadd ble i tillegg til brannskader også utsatt for store mengder røyk. Disse befant seg i umiddelbar nærhet til området hvor brannen oppsto, og kom seg ut av maskinrommet i løpet av relativt kort tid. Punktslukkeanlegget var ikke aktivert på det tidspunktet de evakuerte maskinrommet. Tidsrommet fra brannen oppsto til de hadde pådratt seg skader som følge av varme og røyk var kort. Til tross for at slukkeanlegget ble utløst anslagsvis to – tre minutter etter at brannen ble oppdaget var ikke dette tidsnok til å begrense omfanget av skader på personell. De som oppholdt seg inne i verkstedet var heller ikke i stand til å nå en manuell utløser på grunn av røyk og varme. Dette viser etter SHTs mening at det ikke er hensiktsmessig å tillate en manuell utløsning av punktslukkeanlegget med mindre man har et annet automatisk slukkeanlegg som løser ut uten å sette menneskeliv i fare. Dersom anlegget hadde løst ut automatisk ville man hatt betydelig større sjanser for å få slukket brannen tidlig. I tillegg til at vannet ville ha bidratt til å kjøle, ville det også ha bundet til seg røykpartikler slik at evakueringen kunne ha foregått på en tryggere måte.

Det var ikke etablert prosedyrer for å iverksette manuell utløsning. Havarikommisjonen mener imidlertid at dette ikke i tilstrekkelig grad ville bidratt til å løse utfordringene knyttet til manuell utløsning på en tilfredsstillende måte. Den tiden det i beste fall ville ta før noen rakk fram for å løse ut anlegget ville med stor sannsynlighet være betydelig lenger enn om anlegget hadde løst ut automatisk. Denne ulykken har tydeliggjort utfordringer knyttet til utføring av manuelle handlinger og ivaretagelse av prosedyrer i en nødssituasjon, spesielt ved bortfall av personell i komplekse, uoversiktlige situasjoner. Det bør derfor i så stor grad som mulig legges til rette for automatiske operasjoner i regelverket der dette kan gjøres uten å tilføre andre og større faremomenter. SHT retter en tilrådning til Sjøfartsdirektoratet i forbindelse med dette.

#### 2.3.4 Stenging av drivstoff- og lufttilførsel

Dersom drivstoff- og lufttilførselen hadde blitt stengt av ville brannen trolig gradvis ha slukket av seg selv. Beslutningsstøttesystemet på bro inkluderte en sjekkliste ved brann som blant annet innbefattet avstengning av drivstoff- og lufttilførselen. Maskinsjefen skulle møte på broen i nødssituasjoner, og det var normalt han som skulle følge opp denne sjekklisten. Maskinsjefen ble imidlertid satt ut av spill i forbindelse med brannen, og stenging av drivstoff- og lufttilførselen ble ikke foretatt. Brannen ble dermed opprettholdt ved at det ble tilført ny næring.

Problemstillingen knyttet til gjennomføring av sikkerhetskritiske arbeidsoppgaver ved bortfall av personell, samt trening og øvelser i den forbindelse, diskuteres videre i kap. 2.5 om rederiets sikkerhetsstyringssystem.

#### 2.3.5 Bruk av CO<sub>2</sub> som slukkemiddel

Heller ikke hovedslukkeanlegget fungerte som barriere i forhold til å forhindre ulykken i å utvikle seg videre. Det var kapteinen som hadde beslutningsansvar i forhold til å utløse anlegget. Situasjonen på broen var hektisk og utfordrende i minuttene etter at alarmen gikk. Brannen førte til blackout og bortfallet av maskinkraft ble vurdert som kritisk fordi Nordlys på dette tidspunkt var nær Steinvåggrunnene. SHT mener at avklaring av denne situasjonen kan ha ført til at vurderingen av om CO<sub>2</sub>-anlegget i maskinrommet skulle utløses ble utsatt i tid. Da situasjonen var avklart og utløsning av CO<sub>2</sub>-anlegget kunne vurderes, manglet imidlertid kapteinen oversikt over hvem som befant seg i maskinrommet. Han valgte derfor å ikke utløse anlegget. Etter havarikommisjonens syn et vanskelig, men sikkerhetskritisk dilemma som ofte vil være tilstede i slike situasjoner.

Vurdert i ettertid kan man ikke konkludere med at utløsning av anlegget ville ha endret omfanget i forhold til tap av menneskeliv. Maskinsjefen og maskinlæreren, som begge omkom, ble påført brann og røykskader mens de oppholdt seg i maskinrommet. Konsekvensene hadde vært de samme dersom CO<sub>2</sub>-anlegget hadde blitt utløst, selv om det da er usikkert om de ville ha omkommet av røykskader de fikk i en tidlig fase av brannen eller av CO<sub>2</sub>. Førstemaskinisten og reparatøren, som begge ble alvorlig skadet, ble også påført brann og røykskader mens de oppholdt seg i maskinrommet. Avhengig av tidspunktet for en eventuell utløsning av CO<sub>2</sub>-anlegget kunne begge ha omkommet dersom anlegget hadde blitt utløst umiddelbart. De andre av mannskapet som ble lettere skadet pådro seg røykskader mens de oppholdt seg i de andre områdene på skipet med mye røyk. CO<sub>2</sub>-anlegget måtte ha vært utløst og stoppet brann- og røykutviklingen veldig tidlig for at disse skadene skulle ha vært unngått, og det ville ha vært en forutsetning at rutiner i forbindelse med utløsning av CO<sub>2</sub> ble fulgt ved at man bl.a. stanset all ventilasjon og stengte alle åpninger til maskinrommet.

Hurtigruten ASA har særskilte opplæringskrav for mannskap som skal kunne foreta en utløsning av CO<sub>2</sub>. For utløsning i maskinrommet gjelder dette hele maskinbesetningen, dekksoffiserene og brannlagene. Til tross for at store deler av maskinbesetningen var satt ut av spill, var det fremdeles tilgjengelig mannskap som skulle ha tilstrekkelig kunnskap til å forberede og utføre en utløsning av anlegget. På det tidspunktet besetningen var klare til å løse ut CO<sub>2</sub>-anlegget var det imidlertid ikke foretatt stenging av alle åpninger til maskinrommet da det fremdeles var åpne spjeld og åpne dører. En forutsetning for å oppnå effekt av CO<sub>2</sub>-anlegget er at gassen får virke i et lukket område, at det ikke blir tilført ny luft og at CO<sub>2</sub> ikke kan slippe ut gjennom åpninger til andre deler av skipet eller

til atmosfæren. Havarikommisjonen har ikke kunnet bringe på det rene om det var planlagt å stenge åpninger, og at de ikke rakk det, eller om de forsøkte å stenge åpninger, og at dette ikke var mulig, eller om åpningene ikke ble stengt ved en forglemmelse. Konsekvensene av å løse ut anlegget uten å stenge åpningene ville ha vært redusert mulighet til å slukke brannen, samtidig som det kunne ha medført en risiko for mennesker som eventuelt oppholdt seg uten pusteutstyr i områder hvor CO<sub>2</sub> hadde unnslett.

Avgjørelsen om å utløse CO<sub>2</sub>-anlegget for å begrense skadeomfanget ved en brann, eventuelt ikke å løse ut med fare for å sette liv i fare dersom de fremdeles kan befinne seg mennesker i området, er en beslutning som ligger hos kapteinen. I tillegg til den psykiske belastningen dette medfører for kapteinen, vil også dette være et dilemma som kan føre til at fokuset på å gjøre andre beslutninger og påkrevde handlinger reduseres eller forsvinner helt. Det var flere handlinger som burde vært utført fra broen som ikke ble iverksatt under brannen, bl.a. stenging av branndører og vanntette dører.

Etter havarikommisjons syn viser denne ulykken at CO<sub>2</sub> ikke er spesielt godt egnet i slukkeanlegg om bord i skip. Denne type branner vil sannsynligvis ofte utvikle seg raskt, og det vil kunne være vanskelig til enhver tid å ha full oversikt over omfanget av brannen og hvor mannskap befinner seg i forhold til branntonen. Hva som står åpent av dører, ventilasjonskanaler og branntønder skal på enkelte skipstyper fremkomme av respektive indikasjonspanel på broen, men krever god kunnskap om skipets detaljer og regelmessig trening på forskjellige branntoner. Generelt sett vil utfordringen i forhold til å utløse CO<sub>2</sub>-anlegg tilstrekkelig raskt øke med skipets størrelse og antall personer tilknyttet maskinrommet.

Petroleumstilsynet tillater i praksis ikke lenger CO<sub>2</sub> som slukkemiddel om bord på installasjoner på norsk sokkel. I sin veiledning til innretningsforskriftens<sup>41</sup> § 37 om fastmonterte anlegg for brannbekjempelse slår Petroleumstilsynet fast at CO<sub>2</sub> som slukkemiddel i rom hvor det kan oppholde seg personell ikke er forenelig med kravet om hurtig og effektiv brannbekjempelse.

Det finnes i dag alternative slukkesystemer som ikke utgjør umiddelbar helsefare, og disse kan derfor aktiveres uavhengig av om det oppholder seg personer i rommet eller ikke. Mange velger å installere vanntåkeanlegg eller såkalte inertgassanlegg i stedet for CO<sub>2</sub>.

Det vil ikke kreve større ombygninger eller tilpasninger å gå over fra et CO<sub>2</sub>-basert anlegg til et anlegg som benytter seg av en annen inertiseringsgass som f.eks. argonite eller inergen. Slike gasser kan i henhold til SINTEF NBL benyttes i eksisterende anlegg med bare små modifikasjoner, slik som skifting av dyser og montering av reduksjonsventiler. Slike gassblandinger har omtrent den samme tetthet som luft, dermed øker blande effektiviteten og konsentrasjonen holdes vedlike over et lengre tidsrom sammenlignet med CO<sub>2</sub>. Disse gassblandingene lagres under trykk på samme måte som CO<sub>2</sub>, og vil også kunne løses ut ved dødt skip på lik linje med CO<sub>2</sub>.

Med de alternativene til CO<sub>2</sub> som hovedslukkeanlegg som finnes i dag synes det som om det viktigste argumentet for fortsatt å tillate CO<sub>2</sub> som slukkemiddel i fastmonterte anlegg i rom hvor det kan oppholde seg personell, i hovedsak er av økonomisk karakter.

---

<sup>41</sup> Forskrift 29. april 2010 nr. 634 om utforming og utrustning av innretninger m.m. i petroleumsvirksomheten

Havarikommisjonen tilrår derfor at CO<sub>2</sub> fases ut som slukkemiddel på skip, og retter i den forbindelse en tilrådning til Sjøfartsdirektoratet.

### 2.3.6 Evakueringsmulighetene fra verkstedet

Havarikommisjonen mener at de begrensede mulighetene for evakuering fra maskinrommet, og da spesielt verkstedet, bidro til at ulykken fikk det utfallet den gjorde. For det første måtte førstemaskinisten, reparatøren og maskinlærningen bevege seg gjennom den intense varmen og røyken for å komme ut, med den konsekvens at maskinlærningen omkom, og førstemaskinisten og reparatøren ble alvorlig skadet. Videre ble den vanntette døren de evakuerte gjennom stående åpen etter at de passerte, noe som førte til at røyk fikk spre seg til deler av innredningen.

Etter ulykken har Nordlys blitt ombygget ved at det er arrangert nye nødutganger direkte opp til bildekk fra både verkstedet og incineratorrommet. I tillegg er den vanntette skyvedøren som førstemaskinisten, reparatøren og sannsynligvis maskinlærningen evakuerte gjennom, erstattet med en boltet luke. Tilsvarende ombygging blir gjennomført på de øvrige skipene med samme løsning som Nordlys.

### 2.3.7 Luftspjeldene i nødgeneratorrommet

Som det fremgår av kap. 2.2.6 gikk nødgeneratoren sannsynligvis varm og skar seg som følge av at den ikke fikk luft til kjøling da luftspjeldene i nødgeneratorrommet lukket utilsiktet etter kort tid, eventuelt at spjeldene ikke åpnet seg slik de skulle da nødgeneratoren startet.

Havarikommisjonen mener at den bakenforliggende problemstillingen relatert til spjeldene om bord i både Nordlys og Richard With var knyttet til at spjeldene sto i lukket posisjon, dvs. i en uønsket posisjon i forhold til sikker drift av nødgeneratoren, når de ikke var påvirket av kraft/energi. Dersom kraften/energien som skulle åpne og holde spjeldene åpne sviktet, falt spjeldene tilbake til lukket posisjon. I tillegg ble det etter havarikommisjonens mening benyttet en ustabil kraftkilde. Et eventuelt trykkfall i trykkluftsystemet forårsaket av f. eks. lekkasje, ville ikke bli kompensert for dersom hovedtavlen falt ut og kompressoren mistet strømtilførselen. Havarikommisjonen mener derfor at arrangementet om bord på Nordlys slik det var på ulykkestidspunktet, ikke tilfredsstilte kravet om at nødstrømsystemet skal være en selvstendig nødkraftkilde som skal kunne forsyne nødtavlen med strøm slik at sikkerhetskritiske funksjoner ivaretas i en nødsituasjon.

Etter grunnstøtingen med søsterskipet Richard With i januar 2009 ble spjeldene i nødgeneratorrommet på Nordlys og de andre søsterskipene modifisert ved at det ble montert en tilbakeslagsventil for å hindre trykkfall dersom kompressoren skulle stoppe. Imidlertid hadde mannskapet om bord på Nordlys under testing opplevd lekkasjer og at systemet fremdeles ikke fungerte tilfredsstillende i forhold til utilsiktet lukking av spjeldene. Problemene Nordlys erfarte til tross for modifiseringen, ble verken videreformidlet til de andre skipene med tilsvarende arrangement eller til rederiet, og det ble ikke iverksatt tilstrekkelige kompenserende tiltak for å sikre lufttilførselen.

Etter havarikommisjonens syn fulgte ikke tilsynet opp problemstillingene som ble løftet fram i forbindelse med ulykken med Richard With på en tilfredsstillende måte. Modifikasjonen som ble gjennomført på Nordlys og søsterskipene ble godkjent av både Sjøfartsdirektoratet og DNV. I tillegg bekreftet Sjøfartsdirektoratet i en



sikkerhetsmelding etter brannen om bord i Nordlys at det modifiserte arrangementet med en ekstra tilbakeslagsventil var i henhold til både myndighetenes og klaseselskapets krav.

Etter brannen om bord i Nordlys har rederiet bygget om trykkluftarrangementet for åpning/lukking av spjeld i nødgeneratorrom til elektrisk åpning/lukking ved hjelp av en elektromotor med tilførsel fra nett mellom nødgeneratoren og nødtavlen. I tillegg er det innført nye rutiner for testkjøring og vedlikehold av olje- og vannslanger på nødgeneratoren. Havarikommisjonen vurderer det slik at det nye åpne-/lukkearrangementet, basert på strøm fra nett mellom nødgeneratoren og nødtavlen, er mer stabilt enn det tidligere arrangementet basert på trykkluft produsert av en kompressor tilknyttet hovedtavlen. Spjeldene er styrt av "run" signalet til motoren. Når motoren stopper stenges spjeldet. Spjeldarrangementet er arrangert med en splint som kan tas ut manuelt, og spjeldet vil da gå i åpen posisjon.

Havarikommisjonen legger til grunn at det er tilsynets ansvar å ta stilling til om det nye arrangementet er tilfredsstillende. Utfyllende kommentarer om tilsynet rolle fremkommer i kap. 2.6.2.

### 2.3.8 Operasjon av stabilisatorfinnene

Til tross for at det var etablert flere tekniske og operasjonelle barrierer som skulle sikre at stabilisatorfinnene ble tatt inn, var finnene fortsatt ute da Nordlys ble buksert til kai. I sammenstøtet med kaien ble styrbord finne trykket gjennom huden slik at det oppsto vanninntrenging.

Etter ulykken har rederiet bygget inn tørrtanker rundt stabilisatorfinnene både på Nordlys og søsterskipene som har samme løsning som Nordlys med hensyn til konsekvens som følge av hull i skuteside forårsaket av stabilisatorer. En eventuell tilsvarende fremtidig hendelse vil dermed ikke få andre konsekvenser enn at stabilisatorfinnen blir skadet.

Havarikommisjonen vurderer det slik at det ligger større sikkerhetsmessig gevinst i å fokusere på å redusere konsekvensene dersom stabilisatorfinnene trykkes inn, enn å fokusere på å introdusere ytterligere operasjonelle barrierer for å sikre at de blir tatt inn ved anløp kai. Bakgrunnen for det er at tiltak som reduserer konsekvensene også vil gi en forbedret sikkerhet i andre situasjoner enn ankomst havn, f. eks. ved navigasjon i trange og grunne farvann.

### 2.3.9 Åpninger i skott mellom lasterom

Som det fremgår av vurderingen av hendelsesforløpet, kap. 2.2.9, kan lasterom nr. 1 ha blitt fylt som følge av at døren mellom lasterom nr. 2 og lasterom nr. 1 ikke var tett. Bakgrunnen for at døren ikke var tett var slitasje på pakning på undersiden av døren. Problemstillingen knyttet til kontroll og utskifting av pakninger på vanntette dører omtales nærmere i kap. 2.4 og 2.6.

I henhold til 305-forskriften er det ikke tillatt å ha dører mellom lasterom, og i forhold til Nordlys trådte dette forbudet i kraft 1. juli 2010. Dersom den vanntette døren hadde blitt fjernet før ulykken 15. september 2011 hadde konsekvensen av vannfyllingen, som var forårsaket av at styrbord stabilisatorfinne penetrerte skroget, trolig vært udramatisk. Etter havarikommisjonens syn er derfor rederiets mangel på etterlevelse av dette forbudet alvorlig.

I følge Sjøfartsdirektoratet ble rederiet gjort kjent med forbudet gjennom et rundskriv til næringen som informerte om ikrafttredelsen av denne forskriften. Sjøfartsdirektoratet gjorde deretter rederiet spesifikt oppmerksom på denne problemstillingen i brev datert 23. juni 2009. Siden den tid har det vært en løpende prosess for å finne en løsning, men etter havarikommisjonens syn har også Sjøfartsdirektoratet vært for ettergivende i forhold til å følge opp et så sikkerhetsmessig viktig forbud.

Rederiet har nå i samråd med Sjøfartsdirektoratet funnet en løsning som innebærer at Nordlys ombygges slik at det forreste lasterommet flyttes opp til dekk nr. 1 og at det opprinnelige lasterom nr. 1 benyttes som proviantlager. Det vanntette skottet på spant 86 kommer da mellom et lasterom og et proviantlager, og forbudet mot åpning i dette skottet vil ikke lenger være gjeldende. Rederiet har dermed fått Sjøfartsdirektoratets aksept i forhold til å beholde den aktuelle døren.

Havarikommisjonen kan vanskelig se at den planlagte ombyggingen løser det grunnleggende sikkerhetsproblemet knyttet til mulig vanninntrenging fra lasterom nr. 2 til det tilstøtende rommet foran. SHT retter derfor en sikkerhetstilråding til rederiet om å sikre vanntett integritet i skottet mellom de to avdelingene.

#### 2.3.10 Skadestabilitetsstandard

Beregningene som DNV foretok etter ulykken viser at Nordlys var nær ved å kante ved kai i Ålesund natten etter ulykken. Bakgrunnen for det var at Nordlys hadde blitt utsatt for vanninntrenging i to avdelinger, mens skipet i utgangspunktet bare er konstruert for å tåle en-avdelings skader, dvs. skader mellom de vanntette tverrskipsskottene. Denne skadestabilitetsstandard var i overensstemmelse med myndighetenes minimumskrav i 1994, da Nordlys ble bygget.

Som følge av blant annet ulykkene med Herald of Free Enterprise i 1987 og Estonia i 1994 har imidlertid myndighetene innskjerpet kravene til eksisterende passasjerskips overlevelsessevne etter skade med vanninntrenging. I den forbindelse er det også innført krav til overlevelsessevne etter skade på de vanntette tverrskipsskottene, dvs. såkalte to-avdelings skader, som for Nordlys vil komme til anvendelse i 2014.

På bakgrunn av at problemstillingen knyttet til skadestabilitetsstandard er ivaretatt gjennom regelverksendringer både i forhold til nye og eksisterende ro-ro passasjerskip, og at rederiet er i dialog med Sjøfartsdirektoratet i forhold til å oppfylle disse kravene, ser havarikommisjonen ikke behovet for å gi ytterligere tilrådinger i forhold til skadestabilitetsstandard.

## 2.4 Rederiets vedlikeholdssystem

Vedlikeholdssystemet, som beskriver rutinene for vedlikehold av skip og utstyr, er omfattende. Havarikommisjonen har avgrenset sin vurdering av systemet til de områdene som er direkte eller indirekte relatert til ulykken.

Som det fremgår av kap. 2.3 har undersøkelsen avdekket svakheter i barrierene knyttet til festing av drivstoffpumper, isolasjon av varme overflater, kontroll og utskifting av kjølevannsslanger til nødgeneratoren, samt kontroll og utskifting av pakninger på vanntette dører.

Jobbeskrivelsene i vedlikeholdssystemet knyttet til festing av drivstoffpumper og isolasjon av varme overflater var etter SHTs syn upresise og uten referanser til relevante manualer. I arbeidsbeskrivelsen for bytte av drivstoffpumper fremgikk det eksempelvis ikke om det ble stilt krav til smøremidler eller tiltrekkingsmoment. Manglende jobbeskrivelser ble avdekket av Sjøfartsdirektoratet allerede i 2009, hvilket resulterte i en "ERFA-melding" internt i rederiet for å utbedre forholdet. SHT kan ikke se at rederiet i denne forbindelse har lyktes i sin oppfølging.

Når det gjelder isolasjon av varme overflater skulle isolasjon av eksosmanifold og -rør kontrolleres årlig. Jobben hadde beskrivelsen "kontroller isolasjon og eksosrør". Systemet inneholdt ingen informasjon om hvilke flater dette gjaldt eller fremgangsmåte for å finne disse varme overflatene. Det fremgikk heller ikke hvordan varme flater skulle isoleres.

Vedlikeholdssystemet inneholdt heller ingen informasjon om når kjølevannslangene på nødgeneratoren skulle skiftes eller når pakningene på vanntette dører skulle skiftes.

Manglene i vedlikeholdssystemet har etter havarikommisjonens mening bidratt til at drivstoffpumpen var løs, at flere indikatorraner manglet isolasjon, at slangen i kjølesystemet på nødgeneratoren ikke var skiftet og at pakningene på den vanntette døren ikke var skiftet. Manglene har dermed bidratt til at ulykken fikk utvikle seg slik den gjorde.

Etter ulykken har rederiet innført nye rutiner for kontroll og ettertrekking av rørforbindelser på drivstoffsystemet, foretatt isolering og skjerming av varme flater på hoved- og hjelpemotorene, samt revidert rutine for testkjøring av olje- og vannslanger på nødgeneratoren. I følge rederiet er i tillegg arbeidsordrene forbedret i forhold til kontroll av pakninger på vanntette dører.

## 2.5 Rederiets sikkerhetsstyringssystem

Rederiet er sertifisert i henhold til ISM-koden, og hadde på ulykkestidspunktet gyldig godkjenningssertifikat utstedt av Sjøfartsdirektoratet. Nordlys hadde også gyldig sikkerhetsstyringssertifikat. Sikkerhetsstyringssystemet har som formål å ivareta sikkerhet til sjøs, hindre personskader eller tap av liv, unngå skade på miljø og på eiendom.

På generell basis kan styringssystemet oppfattes som i overkant omfattende og detaljert. Det kan også synes som om samme forhold omtales i ulike prosedyrer uten at dette er harmonisert.

Etter ulykken har rederiet etablert et prosjekt for å gjennomgå styringssystemet, både den tekniske plattformen, oppbyggingen og innholdet. I dette prosjektet deltar også representanter fra skipenes mannskap. Det er også foretatt en gjennomgang av innholdet i øvelser og trening om bord.

### 2.5.1 Mangelfullt innhold i prosedyrene

Havarikommisjonen har avgrenset sin gjennomgang av innholdet i prosedyrene til de områdene som er direkte og indirekte relatert til ulykken.

### 2.5.1.1 *Manglende øvelser med bortfall av nøkkelpersonell*

Under brannen ble både maskinsjefen og førstemaskinisten satt ut av spill. Mønstringsrullen til Nordlys forutsetter da at overstyrmannen overtar for maskinsjefen, og at andremaskinisten overtar for førstemaskinisten. Undersøkelsen viser at flere av de sentrale oppgavene som i utgangspunktet var tillagt maskinsjefen og førstemaskinisten ikke ble utført i forbindelse med ulykken.

Maskinsjefen skulle møte på broen i nødssituasjoner, og skulle være ansvarlig for å lede og koordinere brann- og skadebekjempelseslagene. Maskinsjefen var også ansvarlig for punktslukkeanlegget og CO<sub>2</sub>-anlegget, selv om CO<sub>2</sub>-anlegget ikke skulle løses ut før etter ordre fra kapteinen. Beslutningsstøttesystemet på bro inkluderte en sjekklister ved brann. Sjekklisten inneholdt bl.a. sjekkpunkter som CO<sub>2</sub>, punktslukking, ventilasjon, lensing, brannpumper og betjening av nødstopper i safetyrom og casing. Nødstopppinnretninger i safetyrom og casing innbefatter bl.a. stopper av drivstofftilførsel, ventilasjon og operasjon av vanntette dører.

Førstemaskinisten skulle møte i kontrollrommet og skulle være ansvarlig for bl.a. at vanntette dører ikke var blokkerte, brann- og lensepumper, stenging av brannspjeld og ventilasjon dersom nødvendig, samt sikring av at brann- og skadebekjempelsessystemer fungerte.

I tillegg til at de konkrete sikkerhetskritiske oppgavene ikke ble gjennomført, ble også kommunikasjonen mellom bro og kontrollrom redusert som en direkte følge av bortfallet av nøkkelpersonell.

Havarikommisjonen mener brannen om bord i Nordlys viser noen av de utfordringene mannskap står overfor i en stresset situasjon. For å ha mulighet til å håndtere en slik situasjon på en best mulig måte er det etter havarikommisjonens mening helt avgjørende at mannskapet, og da spesielt de besetningsmedlemmene som er tildelt nøkkelroller, reagerer raskt. I så måte er målrettet trening et av de viktigste verktøyene. Brannen om bord i Nordlys viser imidlertid også betydningen av å øve på situasjoner hvor nøkkelpersoner er satt ut av spill. Mangelfull trening og bevissthet rundt stedfortrederansvar, var et av forholdene som førte til at den videre håndteringen av situasjonen ikke ble tilstrekkelig godt ivarettatt. I den forbindelse ville gode prosedyrer for øvelser kunnet ha bidratt til å tilrettelegge treningen slik at den inneholder de forholdene som er viktige å ivareta i en nødssituasjon. Rederiets styringssystem inneholdt program for øvelser, uten at det var lagt opp til særskilte øvelser for å trene på gjennomføring av sikkerhetskritiske arbeidsoppgaver ved bortfall av personell.

Dette er forhold som også kan være relevant for de andre skipene i flåten, og havarikommisjonen forutsetter at rederiet ivaretar denne problemstillingen i forbindelse med gjennomgangen av prosedyrene for øvelser og trening om bord.

I tillegg til trening kan sjekklister være med på å sikre at man ikke utelater viktige handlinger. Beslutningsstøttesystemet på bro inkluderte en sjekklister ved brann, men denne ble ikke benyttet under brannen da det normalt var maskinsjefen som skulle ivareta dette. Dersom øvelser med trening på bortfall av nøkkelpersonell hadde vært gjennomført, ville det også ha vært større sannsynlighet for at denne sjekklisten hadde blitt tatt i bruk, og man kunne på et mye tidligere tidspunkt ha avdekket at flere sikkerhetskritiske oppgaver ikke var ivarettatt.

## 2.5.2 Mangelfull etterlevelse av prosedyrene

Mangelfull etterlevelse av etablerte prosedyrer har sannsynligvis vært en av de viktigste organisatoriske faktorene til at brannen oppsto gjennom at vedlikeholdssystemet ikke inneholdt beskrivelser av hvordan jobben med å skifte brennstoffpumpene skulle utføres, slik det var forutsatt i prosedyre for utarbeidelse av jobbeskrivelser. På samme måte var mangelfull etterlevelse av prosedyrene i styringssystemet sannsynligvis medvirkende organisatorisk faktor til at flere varme overflater i maskinrommet ikke var tilstrekkelig isolert, og at punktslukkeanlegget sto i manuell mode.

I tillegg har prosedyrer i forbindelse med behandling av avvik ikke blitt fulgt.

### 2.5.2.1 *Utarbeidelse av jobbeskrivelser*

I ERFA-meldingen som rederiet utga etter at Sjøfartsdirektoratet i 2009 hadde avdekket mangler ved vedlikeholdssystemet, ble det beskrevet ulike tiltak skipene skulle gjennomføre. Blant annet skulle alle arbeidsordrer inneholde en entydig jobbinstruksjon i henhold til leverandørens beskrivelse, og henvisning til leverandørens instruksjonsmanual der dette var hensiktsmessig. Det ble også presisert at det skulle foretas risikovurderinger av arbeidet som skulle utføres og at disse skulle knyttes til jobben. Etter utført jobb skulle det gis en utfyllende rapport om gjennomføringen av arbeidet.

Etter havarikommisjonens syn har dette ikke blitt tilstrekkelig ivaretatt og fulgt opp verken om bord eller i landorganisasjonen. Undersøkelsen avdekket betydelige mangler på arbeidsordrene knyttet både til utskiftning av brennstoffpumpe, kontroll og isolasjon av varme flater og nødgeneratoren, og beskrivelsene for utført jobb var mangelfulle og til dels helt fraværende. Havarikommisjonen mener at det kan ha vært uhensiktsmessig å pålegge de enkelte skipene å utføre disse arbeidsoppgavene alene, og at man hadde vært bedre tjent med å legge til rette for en gjennomgang hvor man kunne sikre at skip med like systemer og likt utstyr kunne utarbeide like rutiner for gjennomføring av arbeidsoppgaver hvor både egne erfaringer og fabrikantens anvisninger ble ivaretatt. Det ville også bli enklere for rederiet å kontrollere at dette ble ivaretatt i henhold til intensjonen. SHT retter en tilrådning til rederiet i forbindelse med dette.

### 2.5.2.2 *Avviksbehandling*

I henhold til styringssystemet skulle punktslukkeanlegget ha stått i automatisk mode. På grunn av at anlegget ved flere anledninger hadde blitt utløst uten at det var brann hadde imidlertid anlegget blitt slått over i manuell mode. Det ble i den forbindelse ikke meldt inn avvik, det ble ikke foretatt risikovurderinger og det var ikke innført kompenserende tiltak.

Dekslene på hovedmotorene ble også fjernet uten at det ble meldt inn som avvik. Dette ble heller ikke risikovurdert og det ble ikke innført kompenserende tiltak.

I henhold til vedlikeholdssystemet ble spjeldene i nødgeneratorrommet testet 2. juli 2011 med kommentaren "*testet og tilbakeslags ventil virker ikke som tenkt, spjeld går i stengt etter en stund. Arbeides med å få tak i nye luft cyl med motsatt virkning. Til da blokkerer vi spjeld åpne ved black out*". Så vidt SHT har kunnet bringe på det rene ble ikke dette avviksbehandlet eller på annen måte videreformidlet til rederiets landorganisasjon eller til

søsterskipene. Det ble heller ikke innført tilstrekkelige tiltak for å sikre lufttilførselen inntil modifikasjonen var gjennomført.

Flere jobbeskrivelser i vedlikeholdssystemet var ikke i henhold til rederiets prosedyrer uten at dette har blitt fanget opp og avviksrapportert verken av mannskapet eller landorganisasjonen.

Havarikommisjonen har gjennomgått deler av avviksbehandlingssystemet og vurdert avviksrapporter utstedt fra Nordlys, samt søsterskip for å ha et sammenligningsgrunnlag. I tillegg har SHT sett på gjennomføringen av risikovurderinger for samme gruppe skip. Gjennomgangen viser at avviksrapporteringssystemet blir benyttet men at det er forbedringspotensialer både når det gjelder tidsbruk for behandling, kvalitet på gjennomføring, og arbeidsverktøy som blir benyttet i avviksbehandlingen. Dette er imidlertid også påpekt av skipene og rederiet, og et større arbeid er i gang for å imøtekomme disse utfordringene. Undersøkelsen har imidlertid ikke klart å gi svar på hvorfor alvorlige avvik om bord på Nordlys ikke har blitt rapportert. Det kan synes som om det har vært noe lavere antall avvik utstedt fra Nordlys, i tillegg til at det har vært foretatt færre risikovurderinger, uten at havarikommisjonen kan si noe om bakgrunnen for det.

Det kan synes som at standard risikovurderinger er godt på plass, men at det er et forbedringspotensial knyttet til gjennomføring av risikovurderinger for andre enkeltstående forhold som oppstår i driftsfasen. Det er i tillegg mangler i forhold til risikovurderinger av vedlikeholdsjobber som forutsatt i rederiets egne prosedyrer.

Rederiet har overfor havarikommisjonen uttrykt at de til tider oppfatter at mannskapet er svært operativt fokusert og ønsker å løse problemene sine der og da, og at de i mindre grad reflekterer over om deres problemer/løsninger også kan angå de andre skipene. Dette er imidlertid ikke knyttet til Nordlys spesielt, men mer en generell observasjon. Som et ledd i å sikre at alle skip kan lære av hverandres avvik ble rapporteringssystemet sommeren 2012 gjort mer transparent ved at alle skip har tilgang til å se revisjonsrapporter fra øvrige skip og se alle innrapporterte avvik. Rederiet har også gjennom lederutviklingsprogrammer og offiserskonferanser hatt fokus på holdninger og utfordringer knyttet til besetningens etterlevelse av rutiner.

Hurtigruten har i etterkant av ulykken iverksatt et samarbeid med Universitetet i Bergen for å kartlegge sikkerhetskulturen om bord på sine skip. Havarikommisjonen presiserer her betydningen av å se på ulikhetene mellom skipene, og også hvilken rolle rederiet har i forhold til å påvirke sikkerhetskulturen om bord.

## **2.6 Myndighetenes og classeselskapets tilsyn**

I henhold til Skipssikkerhetsloven er det rederiets ansvar å påse at skip bygges, utrustes og opereres i samsvar med relevante lover og forskrifter. Havarikommisjonens undersøkelse har avdekket flere områder hvor rederiet ikke hadde ivaretatt dette ansvaret på en betryggende måte. Tilsynet, som i henhold til Skipssikkerhetsloven har som formål å bringe på det rene om relevante lover og forskrifter følges, avdekket ikke dette. De områdene hvor rederiet ikke ivaretok sitt ansvar og hvor tilsynet kunne ha fungert som ekstra barriere for å sikre at regelverket etterleveres, er etter havarikommisjonens mening knyttet til isolasjon av varme overflater, arrangementet for operasjon av luftspjeldene til nødgeneratorrommet, samt skipets vanntette integritet. Videre kunne tilsynet gjennom

ISM-revisjoner ha fungert som en ekstra barriere i forhold til å avdekke mangler ved innhold og etterlevelse av vedlikeholds- og sikkerhetsstyringssystemet.

### 2.6.1 Kontroll av varme overflater

SHTs undersøkelser om bord i Nordlys etter brannen avdekket at både indikatorkraner og andre overflater var utilstrekkelig isolert. Tilsvarende observasjoner ble gjort ved besøk om bord i søsterskipene Kong Harald og Richard With. Det faktum at alle de tre skipene som ble undersøkt i forbindelse med denne ulykken hadde alvorlige mangler på dette området, kan etter havarikommisjonens syn på tyde på at tilsynet ikke fungerer som effektiv barriere i forhold til å avdekke avvik fra kravene om isolering av varme overflater.

Som det fremgår av kap. 2.3.2.3 mener havarikommisjonen at mangelfull kjennskap til hvilke overflater som oppnår temperaturer over 220°C, og som derfor skal isoleres, kan ha medvirket til at den mangelfulle etterlevelsen av dette kravet ikke har blitt avdekket. Havarikommisjonen ser imidlertid at mangelfull oppdatering av Sjøfartsdirektoratets sjekklister også kan ha bidratt, både når det gjelder kontroll av varme overflater og eventuelle andre krav i 305-forskriften. I forhold til varme overflater er konsekvensen av den mangelfulle oppdateringen av sjekklistene, at dette er et kontrollpunkt hvert 5. år i stedet for årlig.

Kravet om at overflater som overstiger 220 °C skal være isolert kom til anvendelse for Nordlys 1. juli 2003. I henhold til Sjøfartsdirektoratets sjekklister var det ikke fokus på isolasjon av varme overflater i forbindelse med tilsynets besiktelser av Nordlys verken i 2003, 2005, 2006, 2008 eller 2010. Ved besiktelsen i 2011, den siste besiktelsen før brannen, var isolasjon av varme overflater tema, men kontrollen ble overlatt til rederiet som egenkontroll. Havarikommisjon retter en sikkerhetstilråding til Sjøfartsdirektoratet om å øke fokuset på isolasjon av varme overflater ved fremtidige tilsyn av passasjerskip.

### 2.6.2 Kontroll av luftspjeldarrangementet i nødgeneratorrommet

I forbindelse med havarikommisjonens undersøkelse etter grunnstøtingen med Richard With ble det avdekket problemstillinger knyttet til nødstrømssystemet, og det ble rettet til sikkerhetstilrådingen til Sjøfartsdirektoratet som følge av dette. Om lag 18 måneder etter at tilrådingene ble gitt, og over en måned etter brannen om bord på Nordlys, utstedte Sjøfartsdirektoratet en sikkerhetsmelding vedrørende nødstrømssystemet på Richard With. I meldingen ble det slått fast at luftspjeldarrangementet om bord på Richard With er tillatt etter norske forskrifter og DNV's regelverk, forutsatt at det er installert tilbakeslagsventil mellom trykkluftakkumulator i nødgeneratorrommet og det ordinære trykkluftsystemet. Tilsvarende modifisering var allerede utført og godkjent av DNV.

Havarikommisjonens vurdering er at Sjøfartsdirektoratet utstedte sikkerhetsmeldingen på bakgrunn av at modifiseringene allerede var gjennomført og godkjent av DNV, uten å ta inn over seg at denne modifiseringen ikke var tilstrekkelig til å forhindre at spjeldene stengte under brannen om bord på Nordlys.

Havarikommisjonen er kjent med at Sjøfartsdirektoratet i samarbeid med DNV nå har vurdert designprinsippene og kravene for ventilasjonsspjeld i nødgeneratorrom på nytt. I den forbindelse har de kommet til at det nye arrangementet for åpning/lukking av spjeldene om bord i Nordlys og søsterskipene, som er basert på elektrisk åpning/lukking ved hjelp av en elektromotor med tilførsel fra nødtavlen, ikke er tilstrekkelig robust.

Bakgrunnen for det er at en enkel feil i strømforsyningen til spjeldmotoren, f. eks. løs terminal eller kabelbrudd, vil føre til at spjeldene lukker seg. Slike spjeld bør normalt være åpne, og eventuell feil ved strømtilførselen til spjeldmotoren skal føre til at åpne spjeld forblir åpne, og spjeld som eventuelt er lukket når feil oppstår skal åpnes automatisk. I følge Sjøfartsdirektoratet er dette en tolkning som ligger innenfor dagens forskriftskrav.

Havarikommisjonen vil på denne bakgrunn ikke gi nye sikkerhetstilrådinger relatert til luftspjeldarrangementene for nødgeneratorrom, men henviser til sikkerhetstilrådingene som ble fremmet i forbindelse med grunnstøtingen med Richard With i 2009.

### 2.6.3 Kontroll av vanntett integritet

Som det fremgår av kap. 2.3.9 er havarikommisjonen av den oppfatning at Sjøfartsdirektoratet i forbindelse med sertifiseringen av Nordlys har vært for ettergivende i forhold til å gi rederiet utsettelse med å etterkomme forbudet mot å ha dør i skott mellom lasterom. I forhold til Nordlys trådte dette kravet i kraft 1. juli 2010, men døren var likevel ikke fjernet på ulykkestidspunktet.

Tettheten på vanntette dører er etter havarikommisjonens syn av stor sikkerhetsmessig betydning generelt, og tilsynet burde hatt spesielt fokus på den aktuelle døren, ettersom denne i utgangspunktet skulle ha vært fjernet. I forbindelse med den siste besiktelsen (29. mars – 1. april 2011) før brannen ble kontrollen med tettheten på den aktuelle døren overlatt til rederiet som egenkontroll. I forbindelse med tilsynet 10. mars – 11. mars 2010 ble imidlertid kontrollen gjennomført av Sjøfartsdirektoratets inspektører. Ingen av kontrollene avdekket slitasje på pakningen under døren.

Sjøfartsdirektoratets har etter ulykken gitt aksept til å beholde den aktuelle døren mot at det forreste lasterommet flyttes opp til dekk nr. 1 og at det opprinnelige lasterommet benyttes som proviantlager. SHT kan vanskelig se at den planlagte ombyggingen løser det grunnleggende sikkerhetsproblemet knyttet til mulig vanninntrenging fra lasterom nr. 2 til det tilstøtende rommet foran. SHT retter derfor en sikkerhetstilråding til rederiet om, i samråd med Sjøfartsdirektoratet, å sikre den vanntette integriteten i skottet mellom de to avdelingene.

### 2.6.4 Kontroll av innhold og etterlevelse av vedlikeholds- og sikkerhetsstyringssystem

Positive tilbakemeldinger fra myndighetene etter gjennomførte revisjoner kan i enkelte tilfeller oppfattes av rederier som en bekreftelse på at sikkerhetsstyringssystemet fungerer godt om bord og i rederiorganisasjonen. SHT mener at dette kan føre til redusert bevissthet hos rederi og mannskap i forhold til deres selvstendige ansvar for at systemet faktisk etterlevs. Fokuset på kontinuerlig forbedring av systemet og ivaretagelse av sikkerheten om bord kan til en viss grad bli erstattet av et fokus på å komme seg igjennom ISM-revisjonen og få utstedt nødvendige godkjenningsbevis og sertifikater.

Sjøfartsdirektoratet har gjennomført ISM-revisjoner av skip og landorganisasjon uten å avdekke mangler ved etterlevelsen av sikkerhetsstyringssystemet. Sjøfartsdirektoratet tar utgangspunkt i IMO's retningslinjer som beskrevet i Res.A.1022(26), i tillegg til egne prosedyrer, ved planlegging og gjennomføring av ISM-revisjoner. Tilsynets revisjoner gjennomføres ved dokumentgjennomgang, i tillegg til stikkprøvekontroller og fokusområder basert på tidligere revisjoner og tilsyn, og tidsrammen og omfanget er begrenset. SHT mener at slike revisjoner ikke alltid er godt egnet til å fange opp om

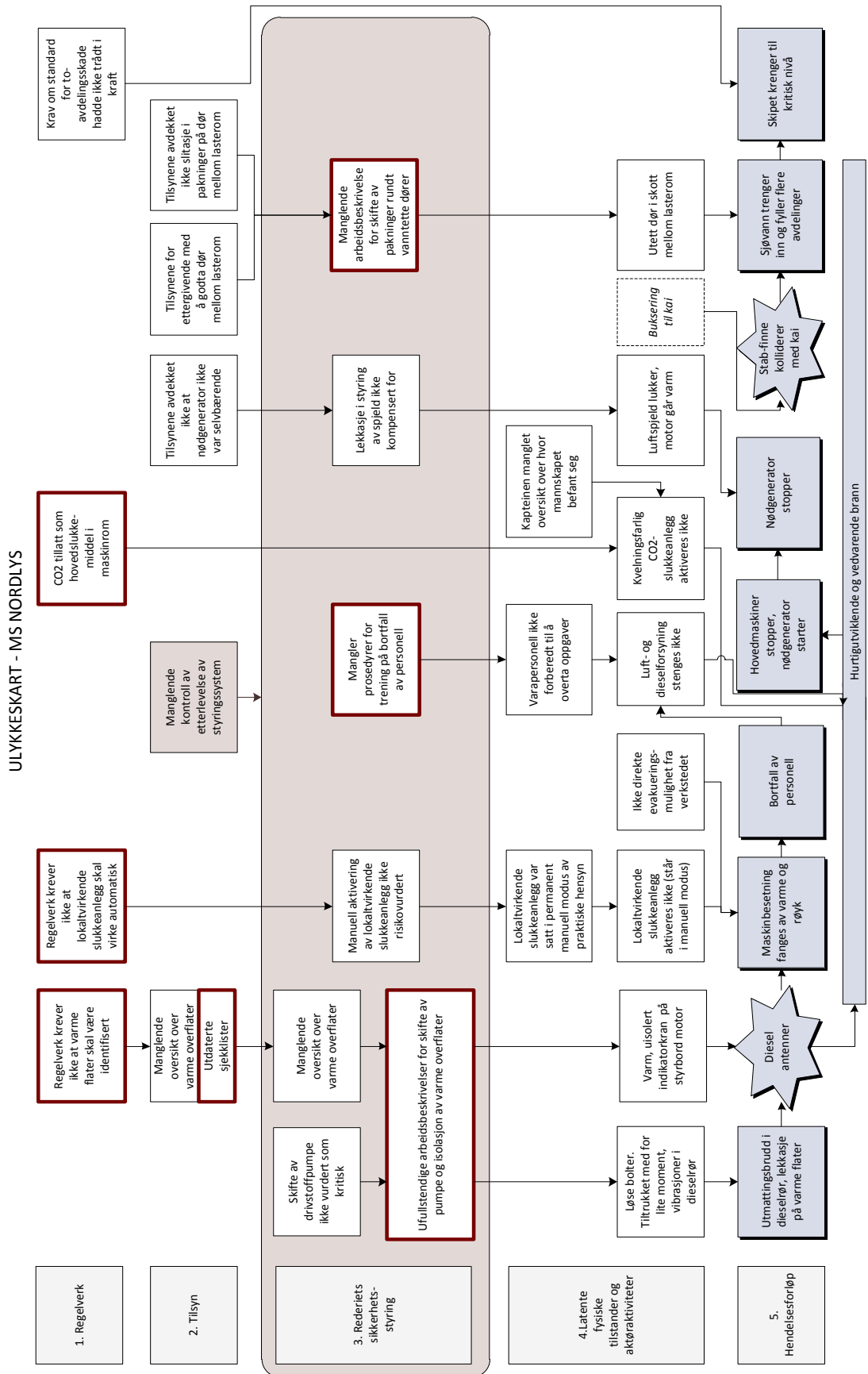


sikkerhetsstyringssystemet etterleves i den daglige driften av skipet, samt om systemet fungerer hensiktsmessig i forhold til å bidra til økt sikkerhet om bord. Det er rederiets ansvar å sørge for sikker praksis ved drift av skip, og havarikommisjonen mener at det i praksis er vanskelig for andre enn rederiet og ledelsen om bord å fullt ut vurdere etterlevelsen av sikkerhetsstyringssystemet.

Problemstillingene havarikommisjonen her har identifisert i forhold til kontroll og etterlevelse av sikkerhetsstyringssystemer krever en mer omfattende undersøkelse og dokumentasjon av hvordan myndigheter, classeselskap og ulike rederier forholder seg til dette. På bakgrunn av undersøkelsens begrensede omfang på dette området forfølger ikke SHT denne problemstillingen videre i forbindelse med denne ulykken.

## **2.7 Ulykkeskart**

Havarikommisjonen har sammenstilt de viktigste elementene og påvirkende faktorer i tilknytning til ulykken i et ulykkeskart, jf. figur 50. De områdene hvor havarikommisjonen velger å gi tilrådinger er markert med rød innramming.



Figur 50: Ulykkeskart hvor de viktigste elementene i ulykken er sammenstilt. De områdene hvor havarikommisjonen velger å gi tilrådinger er markert med rød ramme.

### 3. KONKLUSJON

Havarikommisjonen oppsummerer undersøkelsen av ulykken med brann om bord i Nordlys 15. september 2011 med følgende konklusjoner:

#### 3.1 Branntilløpet

- Havarikommisjonens undersøkelse har avdekket drivstofflekkasjer ved styrbord hovedmotor, samt flere uisolerte varme flater på samme motor. Brannen oppsto sannsynligvis ved at diesel fra en lekkasje ved drivstoffpumpe nr. 5 på styrbord hovedmotor ble antent ved kontakt med en uisolert indikatorcran påmontert motoren mindre en 30 cm fra lekkasjepunktet.

#### 3.2 Drivstofflekkasjene

- Undersøkelsene i maskinrommet etter brannen avdekket brudd i både tilførsels- og returrøret for drivstoffpumpe nr. 5 på styrbord hovedmotor. Videre ble alle fire festeboltene for drivstoffpumpen funnet løse. Tekniske undersøkelser har vist at rørbruddene etter alt å dømme skyldtes utmatting som følge av sykliske spenninger.
- Den aktuelle pumpen ble skiftet av maskinbesetningen 12 dager før ulykken. I følge motorleverandørens vedlikeholdsmanual skal festeboltene tiltrekkes med momentnøkkel til 190 Nm. Arbeidsbeskrivelsen i rederiets vedlikeholdssystem ga ingen veiledning om hvordan skiftet av drivstoffpumpen skulle utføres, og viste heller ikke til leverandørens vedlikeholdsmanual eller annen dokumentasjon. Havarikommisjonen mener det er sannsynlig at boltene ikke har vært tiltrukket i henhold til spesifikasjonene i motorleverandørens vedlikeholdsmanual da det ikke er funnet andre plausible forklaringer til at alle boltene på denne ene pumpen var løse.
- Etter ulykken har rederiet innført nye rutiner for kontroll og ettertrekking av rørforbindelser på drivstoffsystemet.

#### 3.3 Uisolerte varme overflater

- Undersøkelsene etter brannen om bord i Nordlys avdekket at en rekke indikatorcraner manglet isolasjon eller var utilstrekkelig isolert. Slike indikatorcraner kan oppnå temperaturer på over 300°C. Målinger om bord i søsterskip har også avdekket en rekke uisolerte varme flater, deriblant indikatorcraner og områder av eksosmanifoldene. I henhold til både myndighetskrav og klassekrav skal flater i maskinrommet som vil kunne oppnå en temperatur over 220 °C og som vil kunne nås av brennbare væsker i tilfelle lekkasje, være isolert.
- Nordlys og søsterskipene som har blitt kontrollert manglet dokumentert oversikt over hvilke flater som kreves isolert. Arbeidsbeskrivelsen i rederiets vedlikeholdssystem ga ingen veiledning til besetningen som skulle kontrollere og vedlikeholde isolasjonen, og motorprodusenten hadde heller ikke utarbeidet slik dokumentasjon.

- Både Sjøfartsdirektoratet og Det Norske Veritas har som oppgave å føre tilsyn med skipenes etterlevelse av kravet til isolasjon av varme flater. De hadde valgt noe ulike metoder for oppfølging, men hadde til felles at de normalt kontrollerte dette mens skipet lå i ro og maskineriet var kaldt. Uten en dokumentert oversikt over hvilke flater som kreves isolert stiller dette store krav til inspektørens kompetanse og erfaring.
- Havarikommisjonen er av den oppfatning at verken mannskap, rederi eller tilsyn har klart å bidra til at denne viktige barrieren mot maskinromsbrann fungerte. For at alle parter skal kunne følge opp kravet om isolering av varme overflater, mener havarikommisjonen at det bør innføres krav om at alle skip skal ha utarbeidet en oversikt over hvilke flater som skal være isolert, og til enhver tid ha slik dokumentasjon om bord.
- Kravet om at overflater som overstiger 220 °C skal være isolert kom til anvendelse for Nordlys 1. juli 2003. I henhold til Sjøfartsdirektoratets sjekkklister var det ikke fokus på isolasjon av varme overflater i forbindelse med tilsynets besiktelser av Nordlys verken i 2003, 2005, 2006, 2008 eller 2010. Ved besiktelsen i 2011, den siste besiktelsen før brannen, var isolasjon av varme overflater tema, men kontrollen ble overlatt til rederiet som egenkontroll. Havarikommisjon retter en tilråding til Sjøfartsdirektoratet om å øke fokuset på isolasjon av varme overflater ved fremtidige tilsyn av passasjerskip.
- Etter ulykken har rederiet, i samarbeid med klasseselskapet, iverksatt tiltak for å isolere og skjerme varme overflater på hoved- og hjelpemotorene på alle rederiets skip.

### 3.4 Brannslukkingen

- Nordlys var utstyrt med et CO<sub>2</sub>-basert hovedslukkeanlegg og et vannbasert punktslukkeanlegg i maskinrommet. Punktslukkeanlegget sto i manuell mode da brannen oppsto, og anlegget ble aktivert først en tid ut i brannforløpet. Ettersom det lenge var usikkerhet om hvorvidt det oppholdt seg personer i maskinrommet ble CO<sub>2</sub>-anlegget ikke utløst.
- Rederiets prosedyrer krevde at punktslukkeanlegget alltid skulle stå i automatisk mode, men om bord i Nordlys var anlegget satt permanent over i manuell mode uten at dette var rapportert til rederiet og uten at det var utført noen vurderinger av hvilke konsekvenser dette kunne gi. Det var heller ikke iverksatt tilstrekkelige kompensierende tiltak.
- Havarikommisjonen mener at utfallet av brannen trolig ville vært langt mindre dramatisk dersom det vannbaserte punktslukkeanlegget hadde blitt utløst automatisk umiddelbart etter at brannen oppsto. Vannet ville etter alt å dømme ha gitt maskinistene som evakuerte gjennom maskinrommet en beskyttelse mot flammene og varmen. Samtidig ville det til en viss grad bundet opp røykpartikler, hvilket ville bedret sikten og redusert faren for røykskader. Maskinistene som evakuerte ville sannsynligvis sluppet fra det med livet i behold og med mindre skader.

- Dagens regelverk stiller krav til lokaltvirkende slukkeanlegg som kan utløses umiddelbart uten behov for evakuering eller avstenging av rommet, men det kreves ikke at disse står i automatisk mode. SHT mener at denne ulykken illustrerer behovet for et automatisk aktivert slukkeanlegg i maskinrommet selv når dette er bemannet, og retter i den forbindelse en sikkerhetstilråding til Sjøfartsdirektoratet.
- CO<sub>2</sub> kan ta menneskeliv, og det stilles krav til forberedelser før det kan utløses. Alt mannskap må være gjort rede for eller man må være villig til å risikere noens liv for muligens å spare andres. Avgjørelsen om å utløse CO<sub>2</sub>-anlegget eller ikke er en alvorlig beslutning som ligger hos kapteinen. Havarikommisjonen mener dette legger et utilbørlig press på kapteinen, noe som også kan føre til at fokuset på andre viktige oppgaver reduseres. Det finnes i dag andre egnede slukkemidler som ikke skaper slike dilemma. Havarikommisjonen tilrår derfor at CO<sub>2</sub> fases ut som slukkemiddel på skip, og retter i den forbindelse en sikkerhetstilråding til Sjøfartsdirektoratet.
- Rederiet har etter ulykken besluttet å installere nytt vanntåkeanlegg som hovedslukkeanlegg. Det eksisterende CO<sub>2</sub>-anlegget beholdes som back-up system.

### 3.5 Evakueringsmulighetene fra maskinrommet

- Av de fem besetningsmedlemmene som oppholdt seg i maskinrommet da brannen startet, omkom to, mens to ble hardt skadet. SHT mener det er en sammenheng mellom konsekvensene av brannen og evakueringsmulighetene fra verkstedet. De tre besetningsmedlemmene som oppholdt seg i verkstedet ville sannsynligvis ha sluppet fra det med livet i behold og med mindre skader dersom det hadde vært nødutgang fra verkstedet.
- Etter ulykken har rederiet etablert nye rømningsveier fra henholdsvis verkstedet og incineratorrommet på Nordlys og Kong Harald. Richard With ombygges tilsvarende høsten 2013.

### 3.6 Bortfall av nødgeneratoren

- Nødgeneratoren om bord i Nordlys stoppet etter kort tid og på et kritisk tidspunkt da den var ment å ivareta skipets nødfunksjoner. Nødgeneratoren gikk varm som følge av utilsiktet lukking av luftspjeldene som skal sikre nødgeneratorrommet tilgang til luft til kjøling og forbrenning. Lukkemekanismen for spjeldene var konstruert slik at de var avhengig av trykkluft for å åpne/holde seg åpne. Trykkluften ble produsert av en trykkluftkompressor som igjen var avhengig av strøm fra hovedtavlen.
- Mannskapet på Nordlys hadde forut for brannen funnet at luftspjeldene var sårbare i forhold til utilsiktet lukking. Mannskapet hadde derfor bestilt deler for å modifisere arrangementet. Det ble ikke iverksatt effektive midlertidige tiltak for å sikre lufttilførsel i tilfelle en nødsituasjon skulle oppstå. Rederiets landorganisasjon eller søsterskipene som hadde samme design, ble heller ikke orientert om dette avviket.

- Havarikommisjonen mener at den bakenforliggende problemstillingen i forhold til utilsiktet lukking av spjeldene under brannen om bord i Nordlys, var knyttet til at spjeldene sto i lukket posisjon når de ikke var påvirket av kraft/energi. Da kraften/energien som skulle åpne og holde spjeldene åpne sviktet, falt spjeldene tilbake til lukket posisjon. I tillegg ble det etter havarikommisjonens mening benyttet en ustabil kraftkilde. Et eventuelt trykkfall i systemet forårsaket av f. eks. lekkasje, ville ikke bli kompensert for når hovedtavlen falt ut og kompressoren mistet strømtilførselen. Havarikommisjonen mener at arrangementet ikke var i samsvar med regelverket.
- Etter at det hadde oppstått tilsvarende problemer med utilsiktet lukking av luftspjeldene under en grunnstøting med søsterskipet Richard With i 2009, rettet havarikommisjonen to sikkerhetstilrådninger til Sjøfartsdirektoratet relatert til luftspjeldarrangement i nødgeneratorrom. Etter hendelsene med både Nordlys og Richard With, utstedte Sjøfartsdirektoratet en sikkerhetsmelding vedrørende nødstrømsystemet på Richard With. I meldingen ble det slått fast at luftspjeldarrangementet om bord var tillatt etter norske forskrifter og DNV's regelverk, forutsatt at det var installert tilbakeslagsventil mellom trykkluftakkumulatoren og det ordinære trykkluftsystemet. Tilsvarende modifisering var allerede utført og godkjent av DNV. Havarikommisjonen mener at tilsynet ikke avdekket at nødstrømsforsyningen om bord i de aktuelle skipene fremdeles ikke tilfredsstilte kravet om at nødkraftkilden skal være selvstendig.
- Etter brannen om bord i Nordlys har rederiet erstattet den trykkluftbaserte lukkemekanismen med en elektromotor med tilførsel fra nødtavlen på alle skip med tilsvarende arrangement som Nordlys.
- Sjøfartsdirektoratet har nå i samarbeid med DNV vurdert designprinsippene og kravene for ventilasjonsspjeld i nødgeneratorrom på nytt. I den forbindelse har det kommet til at det nye elektriske arrangementet for åpning/lukking av spjeldene om bord i Nordlys og søsterskipene ikke er tilstrekkelig robust. Bakgrunnen for det er at en enkel feil i strømforsyningen til spjeldmotoren, f. eks. løs terminal eller kabelbrudd, vil føre til at spjeldene lukker seg. Slike spjeld må være åpne for at nødgeneratoren skal fungere, og eventuell feil ved spjeldmotoren skal føre til at åpne spjeld forblir åpne, og spjeld som eventuelt er lukket når feil oppstår skal åpnes automatisk. I følge Sjøfartsdirektoratet er dette en tolkning som ligger innenfor dagens forskriftskrav.
- På bakgrunn av at tilsynet har tatt tak i problemstillingen på nytt gir ikke SHT nye sikkerhetstilrådninger relatert til luftspjeldarrangement for nødgeneratorrom, men henviser til sikkerhetstilrådingene som ble fremmet i forbindelse med grunnstøtingen med Richard With i 2009.

### 3.7 Stabilitet og vanntett integritet

- Da Nordlys ble buksert til kai under brannen var stabilisatorfinnene fortsatt ute. I sammenstøtet med kaien ble skutesiden penetrert av styrbord finne, og skrogskaden som oppsto førte til vanninntrenging i lasterom nr. 2. Ettersom Nordlys var konstruert for å tåle en slik skade var dette i utgangspunktet ikke dramatisk. Vann trengte imidlertid også inn i lasterom nr. 1, sannsynligvis gjennom en åpning arrangert med vanntett dør mellom lasterommene. Som følge

av slitasje på pakningen på undersiden av døren, var døren ikke tett. Nordlys var ikke konstruert for å tåle en slik to – avdelings skade. Det tok lang tid å lokalisere og midlertidig utbedre skrogskadene, samt å etablere tilstrekkelig lensing. Situasjonen utviklet seg til å bli kritisk og Nordlys var nær ved å kantre ved kai.

- Som følge av endringer i EU-direktiv 98/18 ble det i mars 2000 innført forbud mot å ha åpninger med dører i vannrette skott mellom lasterom. For Nordlys trådte forbudet i kraft 1. juli 2010. Som følge av endringene i EU-direktivet ble det også innført krav om at eksisterende roro passasjerskip skal tilfredsstillende kriterier til stabilitet med vann på bildekk, samt ved to – avdelings skader. For Nordlys kom kravet til stabilitet med vann på bildekk til anvendelse 1. oktober 2010. Kravet til stabilitet ved to-avdelings skader kommer til anvendelse i 2014.
- I tillegg til at næringen ble gjort kjent med de nye kravene gjennom rundskriv, informerte Sjøfartsdirektoratet Hurtigruten ASA eksplisitt i et brev datert 23. juni 2009. Til tross for dette var døren i skottet mellom lasterommene på Nordlys ikke fjernet på ulykkestidspunktet. Sjøfartsdirektoratet har vært involvert i rederiets prosess for å finne helhetlige løsninger tilpasset de nye kravene, og etter havarikommisjonens syn har Sjøfartsdirektoratet vært for ettergivende i forhold til å følge opp det sikkerhetsmessig viktige forbudet mot å ha dør mellom lasterommene.
- Rederiet har etter ulykken besluttet at det skal bygges en tørrtank i området rundt stabilisatorfinnene på skip med samme arrangement som Nordlys. Dette er utført på Nordlys og Richard With. De andre skipene skal ombygges i forbindelse med neste verkstedopphold. Det etableres derved en ekstra sikkerhet mot at tilsvarende skal kunne skje igjen med rederiets skip.
- Rederiet har etter ulykken funnet en løsning som innebærer at Nordlys ombygges slik at det forreste lasterommet flyttes opp til dekk nr. 1 og at det opprinnelige lasterom nr. 1 benyttes som proviantlager. Forbudet mot åpning i dette skottet vil dermed ikke lenger være gjeldende, og rederiet har dermed fått Sjøfartsdirektoratets aksept til å beholde den aktuelle døren. SHT kan vanskelig se at den planlagte ombyggingen løser det grunnleggende sikkerhetsproblemet knyttet til mulig vanninntrenging fra lasterom nr. 2 til det tilstøtende rommet foran. SHT retter derfor en sikkerhetstilråding til rederiet om å sikre vannrett integritet i skottet mellom de to avdelingene.

### 3.8 Innhold og etterlevelse av sikkerhetsstyringssystemet

- Da brannen brøt ut var det en rekke tiltak som ikke ble iverksatt, herunder avstenging av luft- og drivstofftilførselen. SHTs undersøkelse har vist at flere av disse tiltakene normalt sett var oppgaver tillagt personer som ble satt ut av spill av brannen. Rederiet hadde definert hvem som i slike tilfeller skulle overta deres roller og oppgaver, men dette var ikke trent særskilt på og det ble heller ikke fulgt opp ved denne ulykken. Dette er forhold som også kan være relevant for de andre skipene i flåten, og havarikommisjonen tilrår at rederiet innarbeider og ivaretar problemstillingen knyttet til trening på utførelse av sikkerhetskritiske arbeidsoppgaver ved bortfall av nøkkelpersonell ved gjennomgang av prosedyrene for øvelser og trening om bord.

- Sikkerhetsstyringssystemet stiller tydelige krav til at vedlikeholdssystemet skal inneholde gode arbeidsbeskrivelser som gir mannskapet tilstrekkelig veiledning, samt at den tilbakemeldte arbeidshistorikken skal være meningsfull og beskrive jobben som er gjort i tilstrekkelig grad. Arbeidsbeskrivelsene i vedlikeholdssystemet har vist seg å holde en langt lavere standard enn den sikkerhetsstyringssystemet forventer. Eksempler på dette, med relevans for ulykken, er arbeidsbeskrivelsene for skifte av drivstoffpumpene og sjekk av isolasjon av varme flater, samt arbeidsbeskrivelsen for vedlikehold av vanntette dører. Arbeidshistorikken som legges inn er heller ikke av den standard som kreves i henhold til sikkerhetsstyringssystemet, uten at dette har vært påpekt av skipsledelsen eller landorganisasjonen.
- Undersøkelsen har vist at Nordlys opererte med punktslukkeanlegget permanent i manuell mode til tross for at sikkerhetsstyringssystemet eksplisitt krevde at dette skulle stå i automatisk mode. Dette var ett av flere avvik som ikke ble rapportert til rederiet. Fjerning av dekslene foran drivstoffpumpene på hovedmotorene er et annet avvik som trolig har innvirket ved denne hendelsen, i tillegg til utilsiktet stenging av luftspjeldene til nødgeneratoren.
- Det er rederiets ansvar å sørge for sikker praksis ved drift av skip, og SHT mener det er vanskelig for andre enn rederiet selv og ledelsen om bord, å fullt ut vurdere etterlevelsen av sikkerhetsstyringssystemet.
- Som et ledd i å sikre at rederiets skip kan lære av hverandres revisjoner/avvik ble rapporteringssystemet sommeren 2012 gjort mer transparent ved at alle skip ble gitt tilgang til å se revisjonsrapporter fra de øvrige skipene og dermed få innsyn i alle innrapporterte avvik. Rederiet har også gjennom lederutviklingsprogrammer og offiserkonferanser hatt fokus på holdninger og utfordringer knyttet til besetningens etterlevelse av rutiner. Hurtigruten ASA har i etterkant av ulykken også iverksatt et samarbeid med Universitetet i Bergen for å kartlegge sikkerhetskulturen om bord på sine skip.

### 3.9 Sjøfartsdirektoratets tilsynsregime

- Sjøfartsdirektoratets sjekklister for fornyelse (PSF) og årlig besiktigelse (PSÅ) av passasjerskip var ikke oppdatert i henhold til gjeldende forskrifter. Dette kan ha bidratt til at etterlevelsen av viktige sikkerhetskrav ikke har blitt tilfredsstillende kontrollert.
- Sjøfartsdirektoratet forholder seg til IMO's retningslinjer som beskrevet i Res.A.1022(26) ved planlegging og gjennomføring av ISM-revisjoner. Tilsynets revisjoner gjennomføres ved dokumentgjennomgang, i tillegg til stikkprøvekontroller og fokusområder basert på tidligere revisjoner og tilsyn. SHT mener at slike revisjoner kan være godt egnet til å verifisere om sikkerhetsstyringssystemet er i overensstemmelse med regelverket.

Ved utførelse av revisjoner enten fra flaggstat eller klasseselskaper, er tidsrammen og omfanget begrenset. SHT mener at dette ved enkelte tilfeller kan redusere muligheten til å avsløre hvorvidt sikkerhetsstyringssystemet etterleveres i den daglige driften av skipet eller ikke, samt om systemet fungerer hensiktsmessig i forhold til å bidra til økt sikkerhet.



## 4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Undersøkelsen av denne sjøulykken har avdekket følgende områder hvor havarikommisjonen anser det som nødvendig å fremme sikkerhetstilrådinger som har til formål å forbedre sjøsikkerheten.<sup>42</sup>

### **Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2013/03T**

SHTs undersøkelse av brannen om bord i Nordlys viser at uisolerte varme overflater var en medvirkende faktor til at brannen oppsto. Eksplisitte krav om at overflater som overstiger 220 °C skal være isolert kom til anvendelse for Nordlys og søsterskipene 1. juli 2003, men mangelfull oversikt over hvilke overflater som kunne overstige 220 °C bidro til at både Nordlys og to av søsterskipene opererte med flere uisolerte overflater i maskinrommet.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Sjøfartsdirektoratet å fremme forslag til krav om at alle skip skal ha utarbeidet en oversikt over hvilke flater som skal være isolert, og å ha slik dokumentasjon om bord til enhver tid.

### **Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2013/04T**

SHTs undersøkelse av brannen om bord i Nordlys viser at uisolerte varme overflater var en medvirkende faktor til at brannen oppsto. Eksplisitte krav om at overflater som overstiger 220 °C skal være isolert kom til anvendelse for Nordlys 1. juli 2003. I henhold til Sjøfartsdirektoratets sjekklister var det ikke fokus på isolasjon av varme overflater i forbindelse med tilsynets besiktelser av Nordlys verken i 2003, 2005, 2006, 2008 eller 2010. Ved besiktelsen i 2011, den siste besiktelsen før brannen, var isolasjon av varme overflater tema, men kontrollen ble gjennomført av rederiet som egenkontroll.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Sjøfartsdirektoratet å øke fokuset på isolasjon av varme overflater ved tilsyn av passasjerskip.

### **Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2013/05T**

Manuell utløsning av lokaltvirkende slukkeanlegg i maskinrom er i henhold til nasjonale og internasjonale bestemmelser tillatt for bemannet maskinrom, til tross for at tiden det tar til utløsning kan være avgjørende for utfallet av en brann. Brannen om bord på Nordlys illustrerer tydelig at selv om maskinrommet er bemannet, kan det være av stor betydning at et slukkeanlegg løser ut automatisk, ikke minst for å beskytte besetningen som eventuelt befinner seg der.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Sjøfartsdirektoratet å fremme forslag til krav om at lokaltvirkende slukkeanlegg i maskinrom skal utløses automatisk, uavhengig av om maskinrommet er bemannet eller ikke.

### **Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2013/06T**

CO<sub>2</sub> er i henhold til nasjonale og internasjonale bestemmelser tillatt benyttet som slukkemiddel om bord på skip, til tross for at utløsning av CO<sub>2</sub> slukkeanlegg vil kunne skape en atmosfære som er livstruende for personer som eventuelt oppholder seg i rommet hvor det utløses. Konsekvensen av dette kan være at slukkeanlegget ikke utløses eller utløses for sent fordi situasjonen er uoversiktlig, eventuelt at det løses ut og setter menneskeliv i fare.

---

<sup>42</sup> Undersøkelserapport oversendes Nærings- og handelsdepartementet som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Sjøfartsdirektoratet å fremme forslag om forbud mot å benytte slukkemiddel som kan sette menneskeliv i fare om bord i skip.

#### **Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2013/07T**

Havarikommisjonens undersøkelse av brannen om bord i Nordlys har avdekket mangelfulle arbeidsbeskrivelser i Hurtigrutens vedlikeholdssystem. Mangelfulle arbeidsbeskrivelser knyttet til utskiftning av drivstoffpumper og isolering av varme flater, samt vedlikehold av vanntette dører, var en viktig organisatorisk faktor som medvirket til at brannen oppsto og fikk de konsekvensene den gjorde.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Hurtigruten ASA å revidere vedlikeholdssystemet slik at arbeidsbeskrivelsene gir besetningen tilstrekkelig støtte til å utføre arbeidet korrekt.

#### **Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2013/08T**

Da brannen om bord i Nordlys oppsto ble mannskap med nøkkelfunksjoner satt ut av spill. Stedfortredere var utnevnt, men det var ikke gjennomført øvelser som simulerte bortfall av personell og overtagelse av roller. Dette førte til at flere sikkerhetskritiske arbeidsoppgaver ikke ble ivaretatt i forbindelse med brannen.

Statens havarikommisjon for transport tilrår Hurtigruten ASA å utarbeide prosedyrer for trening på bortfall av nøkkelpersonell og implementere trening på dette om bord i skipene.

#### **Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2013/09T**

I forbindelse med at Nordlys ble buksert til kai under brannen oppsto en skrogskade som førte til vanninntrenging i lasterom nr. 2. Vann trengte imidlertid også inn i lasterom nr. 1, sannsynligvis gjennom en åpning arrangert med vanntett dør mellom lasterommene. Nordlys var ikke konstruert for å tåle en slik to – avdelings skade, og var nær ved å kantre som følge av vannfyllingen.

Statens havarikommisjon for transport tilrår rederiet, i samråd med Sjøfartsdirektoratet, å iverksette tiltak som sikrer den vanntette integriteten av det aktuelle skottet.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 13. mai 2013

## **VEDLEGG**

Vedlegg A: Aktuelle forkortelser

Vedlegg B: Alarmloggen

Vedlegg C: Liste over utstyr som forsynes med strøm fra nødtavlen

Vedlegg D: Rapport om undersøkelse av drivstoffrør, smøroljerør, dreneringsventil og bolter

Vedlegg E: Rapport om undersøkelse av drivstoffpumpe nr. 5

Vedlegg F: Rapport om undersøkelse av styrbord motorblokk

Vedlegg G: Rapport om temperaturmålinger om bord i Richard With

Vedlegg H: Rapport om overhaling av nødgenerator

Vedlegg I: Rapport om stabilitet etter skade

## VEDLEGG A: AKTUELLE FORKORTELSER

ASH	:	Arbeidsmiljø, sikkerhet og helse
BHK	:	Bremsehesterkrefter
CMC	:	Certification of Machinery Component
DNV	:	Det Norske Veritas
DG	:	Hjelpemotor
DOC	:	Document of Compliance
ERFA	:	Erfaring
G	:	Akselgenerator
HMS	:	Helse-, miljø og sikkerhet
IMO	:	International Maritime Organisation
ISM	:	International Safety Management
KW	:	Kilowatt
ME	:	Hovedmotor
NB	:	New Building
NHD	:	Nærings- og handelsdepartementet
NIS	:	Norsk Internasjonalt Skipsregister
MSC	:	Maritime Safety Committee
PA	:	Public address
SHT	:	Statens havarikommisjon for transport
SiO	:	Ships in Operation
SMC	:	Safety Management Certificate
SMS	:	Safety Management System
SSQM-System	:	Safety, Security and Quality Management System
TH	:	Thruster
TMO	:	Technical Maritime Operation

## VEDLEGG B: LISTE OVER MASKINROMSALARMER

## Merknader:

- Listen viser alarmene som gikk de første ca. 9 minutter etter brannutbruddet
- Tidspunktene for alarmene er korrigert for forsinkelsene som lå inne i systemet ved siste backup, det vil si 5. september 2011

Dato	Justert tid	Alarm id	Alarm tekst	Funksjon	Alarm	Status
15.09.2011	09:12:35	PP065	GROUND FAILURE BUS BARS	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:12:39	FO011	ME2 FO INLET ENGINE	TK	IFL	ALARM
15.09.2011	09:12:47	FO001	ME1 FO INLET ENGINE	PAL	LOW	ALARM
15.09.2011	09:12:50	BP012	ME2 EXH GAS BOILER FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:24	HFO PRE 1	HFO PRE BOOSTER PUMP1 FOR ENGINE	PCU1/19	STBY START	ALARM
15.09.2011	09:13:27	SL080	CPP2 GRAVITY TK	LAL	LOW	ALARM
15.09.2011	09:13:32	CA018	EMCY GEN STARTING AIR INLET	PAL	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:32	FO054	EMCY GEN DAILY SERVICE TK	LAL	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:34	EG033	ME2 CHARGING AIR ENGINE INLET	PI	IFH	ALARM
15.09.2011	09:13:39	FO001	ME1 FO INLET ENGINE	PAL	LOW	RETURN
15.09.2011	09:13:41	BP012	ME2 EXH GAS BOILER FAILURE	XA	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:13:43	PP031	EMCY GEN BATTERY CHARGER H/L		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:46	COMERR 27	SAU 8 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:47	PP030	EMCY GEN FALSE START	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:48	MI048	MAN IN REFRIGER. STORE (R.0403)	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:48	MI051	SUBSTATION PIPE ESCORT HEAT.FAIL	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:49	SL080	CPP2 GRAVITY TK	LAL	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:13:51	COMERR 8	SAU 8 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:52	CW016	ME2 FW LT CIRCUIT INLET COOLER	PAL	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:52	CW017	ME2 FW HT CIRCUIT INLET ENGINE	TIAL	IFH	ALARM
15.09.2011	09:13:52	CW018	ME2 FW HT CIRCUIT OUTLET ENGINE	TIRAH	IFL	ALARM
15.09.2011	09:13:52	ME024	ME2 SPEED	SI	IFL	ALARM
15.09.2011	09:13:52	ME025	ME2 TC SPEED x10	SI	IFL	ALARM
15.09.2011	09:13:53	ME028	ME2 SAFETY CIRCUIT VOLTAGE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:54	HT-FWCP1 2	HT-FRESH WATER COOLING PUMP1 ME2	PCU1/21	NO-STB	ALARM
15.09.2011	09:13:54	SY100	IO/FUSE FAIL PCU NO 1	PCU1/126	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:54	SY200	IO/FUSE FAIL PCU NO 2	PCU2/126	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:55	ME024	ME2 SPEED	SI	IFH	ALARM
15.09.2011	09:13:57	ME035	ME2 RPM SWITCH FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:57	GCU 229	AE2 LINE FREQUENCY	XI	LOW	ALARM
15.09.2011	09:13:58	AC-2-2-1F	FROST ALARM	PCU6/38	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:13:58	ME202	ME2 LO PRESS LOW - SHD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:13:58	ME206	ME2 FW PRESS LOW - SLD	XA	IFL	ALARM
15.09.2011	09:13:58	PMU 201	SG2 SHUT DOWN	XA	CLOSED	ALARM

15.09.2011	09:13:59	CW012	ME2 FW HT CIRCUIT INLET ENGINE	PIRAL	LOW	ALARM
15.09.2011	09:14:00	AC-2-3-5F	FROST ALARM	PCU6/40	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	AC-3-7-1F	FROST ALARM	PCU7/38	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	AP-2-3-9F	FROST ALARM	PCU6/42	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	AP-3-5-4F	FROST ALARM	PCU7/37	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	AT-2-3-11F	FROST ALARM	PCU6/47	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	AT-3-6-10F	FROST ALARM	PCU7/41	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	AT-3-6-10S	WARM F.W.CIRC.PUMP FOR AC PUMP 2	PCU7/48	NO-STB	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GR-II-2-1S	SMOKE ALARM	PCU6/39	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GR-II-3-1S	SMOKE ALARM	PCU6/41	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GR-II-3-2S	SMOKE ALARM	PCU6/43	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GR-II-3-3S	SMOKE ALARM	PCU6/44	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GR-III5-1S	SMOKE ALARM	PCU7/54	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GR-III6-2S	SMOKE ALARM	PCU7/50	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GR-III7-1S	SMOKE ALARM	PCU7/51	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	LO026	ME2 LO LAST BEARING	PIRAL	IFH	ALARM
15.09.2011	09:14:00	ME041	ME2 SLOW DOWN	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	ME040	ME2 SHUT DOWN	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	MI046	MAN IN REFRIGER. STORE (R.0401)	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:00	PMU 202	SG2 SLOW DOWN	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:14:00	GCU 232	AE2 LINE VOLTAGE	XI	LOW	ALARM
15.09.2011	09:14:01	EG016	ME1 TEMP CONTROLLER CA FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:01	EG036	ME2 TEMP CONTROLLER CA FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:01	PP060	VOLT FAIL MSB 660 V	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	ME HFOBO 1	HFO BOOSTER PUMP 1 FOR ME	PCU1/23	STBY START	ALARM
15.09.2011	09:14:02	ME NOZOIL1	NOZZLE OIL PUMP1 FOR ME 1 AND 2	PCU1/24	STBY START	ALARM
15.09.2011	09:14:02	ME024	ME2 SPEED	SI	IFH	RETURN
15.09.2011	09:14:02	ME025	ME2 TC SPEED x10	SI	IFL	RETURN
15.09.2011	09:14:02	CW006	ME1 FW LT CIRCUIT INLET COOLER	PAL	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	CW010	ME1 HT CIRCUIT CONTROLLER FAIL	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	LO021	ME1 PUMP CONTROL CYL.LO FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	LO022	ME1 LO TEMP CONTROLLER FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	MI012	FIN STABILIZER, SWITCH-OFF SB	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	MI013	FIN STABILIZ.,FINS NOT RETRACTED	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	PP062	VOLT FAIL MSB 380 V BUS BAR 2.2	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:02	PP064	VOLT FAIL MSB 220 V BUS BAR 3.2	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:03	ME024	ME2 SPEED	SI	IFH	ALARM
15.09.2011	09:14:03	ME037	ME2 EL. SPEED CONTROLLER FAIL	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:05	FO028	ME FO AUTO FILTER	PDAH	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:05	MI036	STEERING GEARS FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:05	FO088	HFO SEPARATOR 2 FAILURE	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:07	COMERR 31	SAU 12 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:08	MI026	24 V POWER SUPPLY 1 (90 A) FAIL	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:08	MI027	24 V POWER SUPPLY 2 (60 A) FAIL	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:08	SL101	CPP1, TRANSMITTER FAIL ALARM	XA	OPEN	ALARM

15.09.2011	09:14:08	SL107	CPP2, TRANSMITTER FAIL ALARM	XA	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:13	COMERR 20	SAU 1 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:14	ME205	ME2 OIL MIST CONCENT HIGH - SLD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:14:14	COMERR 21	SAU 2 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:14	COMERR 22	SAU 3 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:14	COMERR 23	SAU 4 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:14	COMERR 24	SAU 5 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:14	COMERR 26	SAU 7 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:14	COMERR 28	SAU 9 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	GCU 229	AE2 LINE FREQUENCY	XI	LOW	RETURN
15.09.2011	09:14:15	COMERR 7	SAU 7 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 9	SAU 9 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 10	SAU 10 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 11	SAU 11 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 12	SAU 12 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 14	LGU 1 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 15	LGU 2 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 16	PCU 1 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 17	PCU 2 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 18	PCU 3 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 25	SAU 6 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:15	COMERR 13	SAU 13 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	AC-2-2-1F	FROST ALARM	PCU 6/38	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:14:17	AC-2-3-5F	FROST ALARM	PCU 6/40	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:14:17	AP-2-3-9F	FROST ALARM	PCU 6/42	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:14:17	AT-2-3-11F	FROST ALARM	PCU 6/47	OPEN	OPEN
15.09.2011	09:14:17	AT-3-6-10S	WARM F.W.CIRC.PUMP FOR AC PUMP 2	PCU 7/48	NO-STB	OPEN
15.09.2011	09:14:17	GR-II-2-1S	SMOKE ALARM	PCU 6/39	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:14:17	GR-II-3-1S	SMOKE ALARM	PCU 6/41	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:14:17	GR-II-3-3S	SMOKE ALARM	PCU 6/44	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:14:17	COMERR 1	SAU 1 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	COMERR 29	SAU 10 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	COMERR 3	SAU 3 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	COMERR 30	SAU 11 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	COMERR 32	SAU 13 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	COMERR 4	SAU 4 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	COMERR 5	SAU 5 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:17	COMERR 6	SAU 6 MCU 1		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:18	GCU 232	AE2 LINE VOLTAGE	XI	LOW	RETURN
15.09.2011	09:14:18	COMERR 33	LGU 1 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:18	COMERR 34	LGU 2 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:18	COMERR 35	PCU 1 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:18	COMERR 36	PCU 2 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:19	COMERR 37	PCU 3 MCU 2		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:25	ME206	ME2 FW PRESS LOW - SLD	XA	IFL	RETURN

15.09.2011	09:14:25	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	BROKEN	ALARM
15.09.2011	09:14:25	ME206	ME2 FW PRESS LOW - SLD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:14:33	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	BROKEN	RETURN
15.09.2011	09:14:34	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:14:34	ME208	ME2 LO PRESS LOW - SLD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:14:37	RF015	CARGO HOLDS.COMP.PROV.PL.AL.	D0659	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:14:37	RF029	A/C PLANT COMP.2 ALARM	D0758	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:14:40	AP-3-6-6F	FROST ALARM	PCU 7/39	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:40	GR-III5-2S	SMOKE ALARM	PCU 7/53	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:40	GR-III6-1S	SMOKE ALARM	PCU 7/49	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:40	SH-3-5-8F	FROST ALARM	PCU 7/43	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:14:40	ME202	ME2 LO PRESS LOW - SHD	XA	IFL	ALARM
15.09.2011	09:14:40	ME206	ME2 FW PRESS LOW - SLD	XA	IFL	ALARM
15.09.2011	09:14:51	GR-II-3-2S	SMOKE ALARM	PCU 6/43	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:14:54	PMU 212	SG2 OPERATION INTERLOCKED	XI	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:15:08	ME202	ME2 LO PRESS LOW - SHD	XA	SHORT	ALARM
15.09.2011	09:15:08	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	BROKEN	ALARM
15.09.2011	09:15:11	ME202	ME2 LO PRESS LOW - SHD	XA	IFL	ALARM
15.09.2011	09:15:33	ME202	ME2 LO PRESS LOW - SHD	XA	SHORT	ALARM
15.09.2011	09:15:38	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	BROKEN	RETURN
15.09.2011	09:15:42	RF015	CARGO HOLDS.COMP.PROV.PL.AL.	D0659	CLOSED	RETURN
15.09.2011	09:15:42	ME202	ME2 LO PRESS LOW - SHD	XA	IFL	ALARM
15.09.2011	09:15:48	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:16:34	GCU 228	AE2 FREQUENCY	XI	LOW	ALARM
15.09.2011	09:16:34	GCU 229	AE2 LINE FREQUENCY	XI	LOW	ALARM
15.09.2011	09:16:37	GCU 231	AE2 VOLTAGE	XI	LOW	ALARM
15.09.2011	09:16:37	GCU 232	AE2 LINE VOLTAGE	XI	LOW	ALARM
15.09.2011	09:16:39	GR-II-3-2S	SMOKE ALARM	PCU6/43	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:16:48	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	BROKEN	ALARM
15.09.2011	09:16:54	ME204	GEAR LO PRESS LOW - SHD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:17:01	ME208	ME2 LO PRESS LOW - SLD	XA	SHORT	ALARM
15.09.2011	09:17:08	COMERR 19	EXT 1 MCU 1 KVAERNER FRIGO		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:12	GCU 209	AE2 ERROR MESSAGE	XI	HIGH	ALARM
15.09.2011	09:17:13	AC-2-2-1F	FROST ALARM	PCU6/38	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:13	AC-2-3-5F	FROST ALARM	PCU6/40	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:13	AP-2-3-9F	FROST ALARM	PCU6/42	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:13	AT-2-3-11F	FROST ALARM	PCU6/47	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:13	GR-II-2-1S	SMOKE ALARM	PCU6/39	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:13	GR-II-3-1S	SMOKE ALARM	PCU6/41	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:13	GR-II-3-3S	SMOKE ALARM	PCU6/44	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:13	AT-3-6-10S	WARM F.W.CIRC.PUMP FOR AC PUMP 2	PCU7/48	NO-STB	ALARM
15.09.2011	09:17:45	COMERR 46	PCU 6 MCU 4		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:17:55	ME208	ME2 LO PRESS LOW - SLD	XA	IFL	ALARM
15.09.2011	09:18:09	AC-3-7-1F	FROST ALARM	PCU7/38	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:18:09	AP-3-5-4F	FROST ALARM	PCU7/37	OPEN	RETURN



15.09.2011	09:18:09	AP-3-6-6F	FROST ALARM	PCU7/39	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:18:09	AT-3-6-10F	FROST ALARM	PCU7/41	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:18:09	SH-3-5-8F	FROST ALARM	PCU7/43	OPEN	RETURN
15.09.2011	09:18:09	SY700	IO/FUSE FAIL PCU NO 7	PCU7/126	OPEN	ALARM
15.09.2011	09:19:08	ME207	ME2 LO TEMP HIGH -SLD	XA	SHORT	ALARM
15.09.2011	09:19:17	ME105	ME1 FW TEMP HIGH -SLD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:19:19	PMU 102	SG1 SLOW DOWN	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:19:33	ME207	ME2 LO TEMP HIGH -SLD	XA	SHORT	RETURN
15.09.2011	09:19:38	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	BROKEN	RETURN
15.09.2011	09:19:39	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	CLOSED	ALARM
15.09.2011	09:19:49	ME207	ME2 LO TEMP HIGH -SLD	XA	SHORT	ALARM
15.09.2011	09:20:10	ME207	ME2 LO TEMP HIGH -SLD	XA	SHORT	RETURN
15.09.2011	09:20:14	ME207	ME2 LO TEMP HIGH -SLD	XA	SHORT	ALARM
15.09.2011	09:20:32	ME205	ME2 FW TEMP HIGH - SLD	XA	CLOSED	RETURN
15.09.2011	09:20:42	COMERR 53	CAB20 MESS ROOM		OPEN	ALARM
15.09.2011	09:20:44	PMU 201	SG2 SHUT DOWN	XA	CLOSED	RETURN
15.09.2011	09:20:44	PMU 202	SG2 SLOW DOWN	XA	CLOSED	RETURN
15.09.2011	09:21:12	GR-1-3-2S	SMOKE ALARM	PCU4/55	OPEN	ALARM

## VEDLEGG C: LISTE OVER UTSTYR SOM FORSYNES MED STRØM FRA NØDTAVLEN

380V Emergency swichboard  
Load transferred to 380v MSWBD

<b>Consumer</b>
Q201-CHARGER FOR EMERGENCY DIESEL GEN.
Q202-Hydraulic power pack 1 for remote valves
Q203-Hydraulic power pack 2 for remote valves
Q204-FIN STABILIZER 1
Q205-FIN STABILIZER 2
Q206-CONT.CONSOLE FOR FIN STABILIZERS
Q207-AIR COND.DISTR.BOARD 2,FANS FOR STAIRWAY
Q208-AIR COND.DISTR.BOARD 3,FANS FOR STAIRWAY
Q209-PWS,NAUTIC CONS,AND AUTOMATION SYSTEM
Q210-POWER SUPPLY UNIT GENERAL 24V
Q211-Steering gear No.1
Q212-Steering gear No.2
Q213-SPARE
Q214-SPARE
Q215-TYFONS
Q216-TRANSFORMER 380/220V OPERATING ROOM
Q217-FAN DISTR.BOARD 1,1 FAN S53.1 ENG ROOM
Q218-Spare
Q219-Spare
Q220-Spare
Q221-PASSENGER LIFT AFT
Q222-PASSENGER LIFT AHEAD
Q223-SERVICE LIFT
Q224-HYDR.UNIT PASSENGER DOORS/GANGWAY
Q225-AIR COND DISTR.BOARD 1,FANS FOR STAIRWAY
Q226-FAN DISTR.BOARD 1,FAN 255.1 ENGINEROOM
Q227-Fire Water pump,supply 2 / Punktslokking
Q228-Spraying pump for car deck,supply 2
Q229-TO EMERGENCY TRANSFORMER 380/220V
Q001-FROM EMERGENCY GENERATOR
K010-FROM MAIN SW.BOARD 380V,BUSBAR 2.1
Q301-BILGE PUMP
Q302-STARTING AIR COMPRESSOR 2
Q303-BILGE PUMP PISTON TYPE
Q304-EMERGENCY FIRE FIGTHING PUMP
Q305-FILLING PUMP FOR EMERG.DIESEL AND LIFE


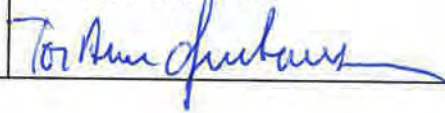
BOATS
Q306-PRELUBRIC. OIL PUMP FOR AUX ENGINE 1
Q307-PRELUBRIC. OIL PUMP FOR AUX ENGINE 2
Q401-MOTOR FOR HYDR. BULKHEAD DOOR1 RIB 18
Q402-MOTOR FOR HYDR. BULKHEAD DOOR1 RIB 62
Q403-MOTOR FOR HYDR. BULKHEAD DOOR1 RIB 86
Q404-MOTOR FOR HYDR. BULKHEAD DOOR1 RIB 110
Q405-MOTOR FOR HYDR. BULKHEAD DOOR1 RIB 134
Q406-MOTOR FOR HYDR. BULKHEAD DOOR1 RIB 38
Q407-MOTOR FOR HYDR. BULKHEAD DOOR1 RIB 86
Q408-SPARE
Q409-SPARE
TRANSFORMERLoad from UPS 230V ESB



# FLO/VEDL/FOLAT

## Forsvarets laboratorietjeneste

### Kjemi - Material

Oppdragsgiver <b>SHT v/ K.H. Brenna</b> <b>Postboks 213</b> <b>2001 Lillestrøm</b>		<b>Teknisk Rapport</b>	
Gjenpart		Oppdragsgivers referanse MS Nordlys Foreløpig rapport: 111012.06	
Tittel <b>Undersøkelse av komponenter etter motorbrann MS Nordlys</b>			
Rapportnr 120113.03	Dato for mottak av oppdrag 2011-09-26	Dato for utgivelse 2012-01-25	
Jobbnr / Prøvenr M-11-255	Antall sider 14	Antall vedlegg -	
Utarbeidet av Øyvind Frigaard 		Sjef Analytisk laboratorium Tor Arne Gustavsen 	
<b>Sammendrag</b> Forsvarets laboratorietjeneste, kjemi og material, ble forespurt om å bistå i undersøkelsen av komponenter i forbindelse med motorbrann på MS Nordlys.			
<b>Konklusjoner</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>De utførte undersøkelsene har vist at tilførselsrørene til drivstoffpumpe til sylinder 5 med stor sannsynlighet har vært utsatt for utmatting og at det har vært initiert gjennomgående utmattingssprekker i rørene med lekkasje som sannsynlig resultat. Utmattingsskadene virker å være initiert fra undersiden av rørene ved innfeste mot drivstoffpumpe, hvilket tyder på at rørene har vært utsatt for en syklisk oppadrettet kraft.</li> <li>Undersøkelsen av bolter og foringer til drivstoffpumpen kan ikke bekrefte at disse har vært skrudd til med foreskrevet moment, da foringene som er betydelig mykere sammenlignet med boltene ikke har synlige merker etter bolthodet. Maskineringsporene er ikke klint/deformert og fremstår som intakte på samtlige foringer.</li> <li>Rør for smøreolje til drivstoffpumpen til sylinder 5 hadde røket som følge av overbelastning.</li> <li>Dreneringsventilen hadde meget lite inngrep, og ventilhuset var ovalt med slitte gjenger. Det kunne observeres lokalt korrosjonsangrep i ventilen som tilsynelatende er gjennomgående. Dette kan ha medført en liten lekkasje, noe som misfarging på utsiden av ventilhuset kan indikere. Funksjonaliteten til ventilen kan ikke fastslås da ventilkule og stengekran manglet. Det kunne også observeres skader på pakningen til referanseventilens endeplugg hvilket tyder på at denne dras til med for stort moment.</li> </ul>			

Utdrag av rapporten må ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra Analytisk laboratorium.

**Postadresse :**

FLO/VEDL/FOLAT Kjemi og Material  
Postboks 10  
N-2027 KJELLER

**Vareadresse**

FLO/VEDL/FOLAT Kjemi og Material  
Fetveien 80-84  
N-2027 KJELLER

**Telefon :**

+47 63 80 87 41  
Mil: 505 8741

**Telefax :**

+ 47 63 80 87 58  
Mil: 505 8758

## 1 Innledning

Forsvarets laboratorietjeneste, kjemi og material, ble forespurt om å bistå i undersøkelsen av komponenter i forbindelse med motorbrann på MS Nordlys. Oppdragsgiver har ikke forespurt om, og det er derfor ikke utført undersøkelser med tanke på å avdekke materialtype og mekaniske egenskaper til komponenter og sammenføyninger. Før slikt arbeid eventuelt iverksettes må materialstandarder og eventuelle krav til sammenføyninger fremskaffes.

De mottatte komponentene er vist i Figur 1 og omfatter:

C12: Flens til drivstoffrør (retur) drivstoffpumpe til sylinder 5 med brudd.

C15: Flens til drivstoffrør (tur) drivstoffpumpe til sylinder 5 med brudd.

C12 Returrør og C15 Turrør: Drivstoffrør med flens til drivstoffpumpe til sylinder 5 med brudd.

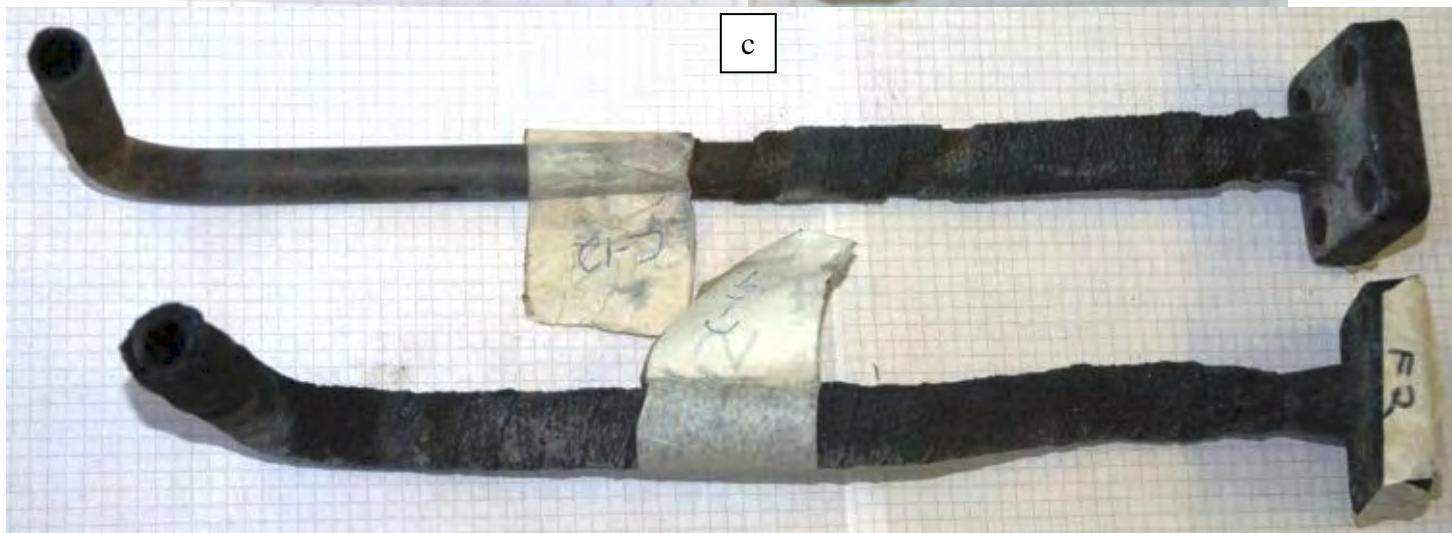
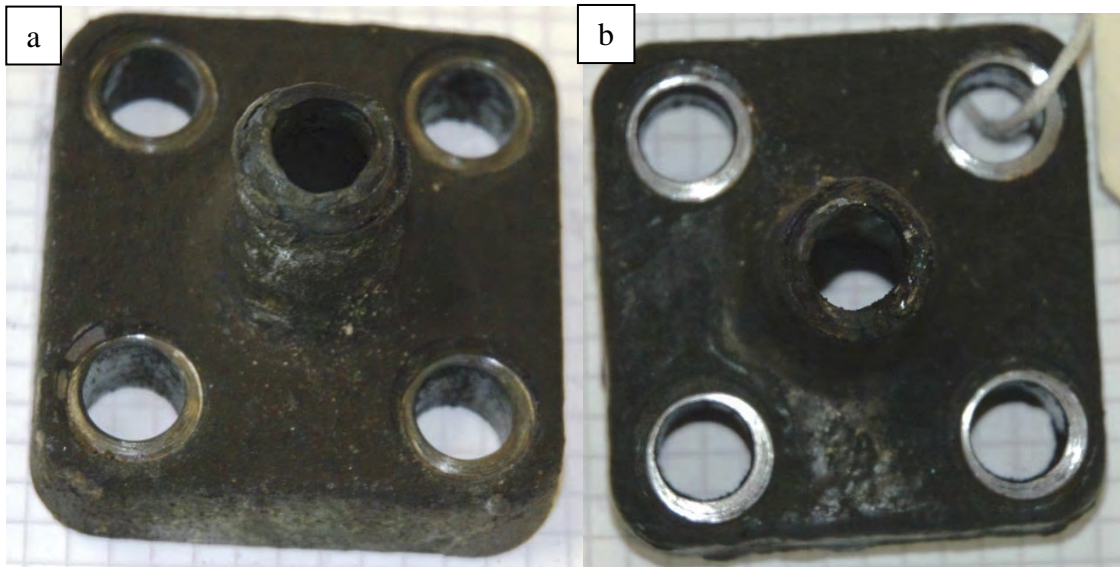
C35 og C38: Drivstoffrør med flenser til drivstoffpumpe til sylinder 1.

C54: Rør for smøring av til drivstoffpumpe sylinder 5 med brudd.

C57, C58, C59 og C60: Bolter med foringer for feste av drivstoffpumpe til sylinder 5.

C39 og C1: Separert dreneringsventil.

C40: Referanse dreneringsventil.



Forts. s.4.



Figur 1 Bilder av deler mottatt for undersøkelse. a: Flens til drivstoffrør (retur) sylinder 5 med brudd merket C12. b: Flens til drivstoffrør (tur) sylinder 5 med brudd merket C15. c: Drivstoffrør med flens til drivstoffpumpe til sylinder 5, C12-returrør og C15-turrør. d: Drivstoffrør med flens til drivstoffpumpe til sylinder 1 mottatt som referanse, C35 og C38. e: Rør for smøring til drivstoffpumpe til sylinder 5 med brudd merket C54. f-i: Bolter med foring for feste av drivstoffpumpe til sylinder 5 merket hhv. C57, C58, C59 og C60. j: Oversiktsbilde av separert dreneringsventil merket (C39 og C1). k: Referanseventil merket C40.

## 2 Skadeundersøkelse av drivstoffrør til drivstoffpumpe til sylinder 5

Tilførselsrørene til drivstoffpumpe til sylinder 5 hadde brudd slik det fremgår av Figur 1a,b og c. Bruddene hadde oppstått i varmepåvirket sone tett ved sveiseforbindelsen. Røntgen undersøkelser utført ved Luftforsvarets Hovedverksted Kjeller (nå AIM Norway) av sveiseforbindelser på tur og retur rør tilknyttet drivstoffpumpene til sylinder 5 og sylinder 1 viste ikke tegn på sveisefeil.

Oversiktsbilder av de undersøkte bruddflatene er vist i Figur 2 og Figur 3, med posisjon til fraktografibilder i SEM angitt i oversiktsbildet. Videre er en oppsummering av observasjonene angitt med piler.

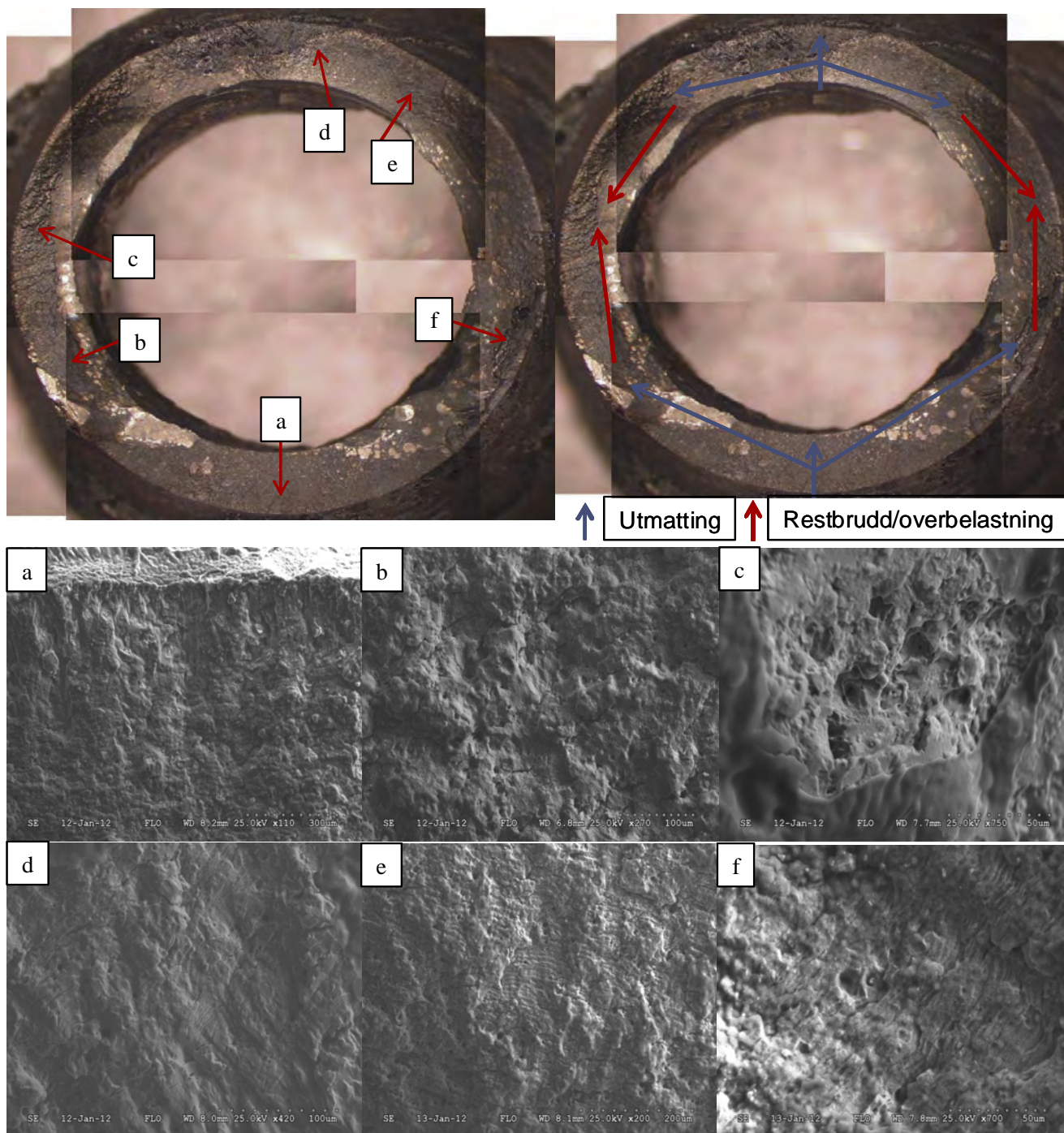
Bruddflaten på innfeste til Returrøret (C12) var oksidert og deler av den opprinnelige bruddflaten var deformert. Bruddflaten ble rensert i n-heptan og teknisk sprit, og avsetninger ble forsøkt fjernet med pinsett. SEM undersøkelsen avdekket enkelte områder med tegn på utmatting som vist i Figur 2a,b,d,e og f. Et området med antydning til dimpler er vist i Figur 2c, det kunne i dette området også observeres en ca. 45° skjærleppe forenlig med overbelastning. En tilsvarende skjærleppe kunne observeres på motstående side, og det virker rimelig å anta at dette området også har vært utsatt for overbelastning. Den opprinnelige bruddflaten kunne ikke observeres som følge av klining/deformasjon av bruddflaten.

Det kunne gjennomgående observeres antydning til dimpler i områdene med sannsynlig utmatting, hvilket kan tyde på relativt store tøyninger. De eksakte avgrensningene til de ulike bruddforplantningsmekanismene er ikke mulig å bestemme på grunn av deformert og kontaminert bruddflate, men en antydning er gitt med piler i Figur 2, der blå piler representerer utmatting og røde duktil overbelastning.

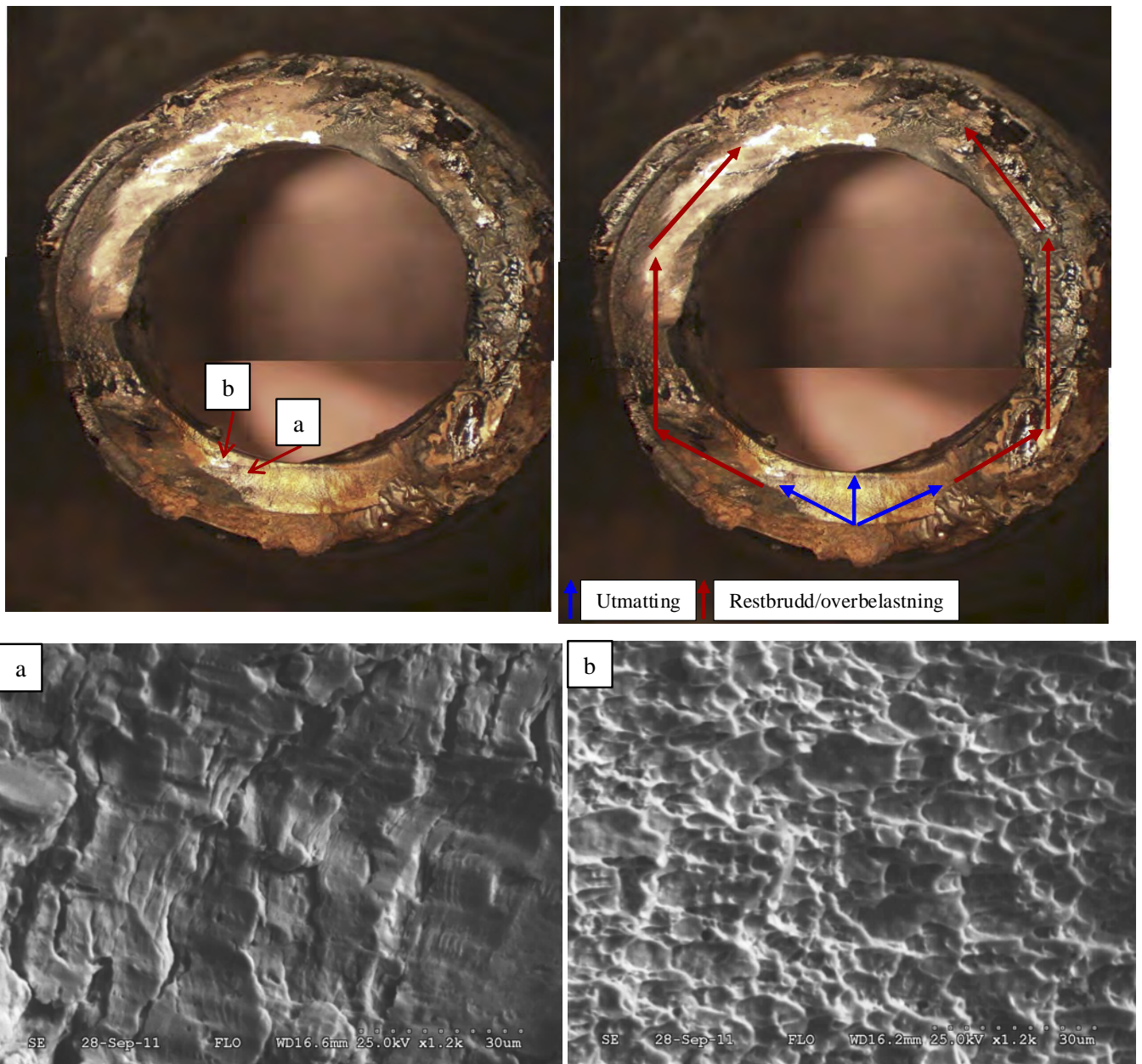
Bruddflaten på innfeste til Turrøret (C15) viste et område med tydelig utmatting med overgang til overbelastning/restbrudd som vist i Figur 3ab. Den øvrige bruddflaten var svært kontaminert og deformert, slik at observasjoner av den opprinnelige bruddflaten ikke var mulig. Basert på utstrekningen til den observerte utmattingssprekken virker det sannsynlig at bruddet har hatt en betydelig overbelastningsandel, som illustrert med piler i Figur 3, der blå piler representerer utmatting og røde duktil overbelastning. Med bakgrunn i den betydelige kontamineringen av bruddflaten stilles det spørsmål ved om denne kan ha blitt dratt av i forbindelse med demontering etter brannen som tidligere antydte.

Basert på fraktografiundersøkelsene er sannsynlige sprekkinitieringspunkter angitt i Figur 4.

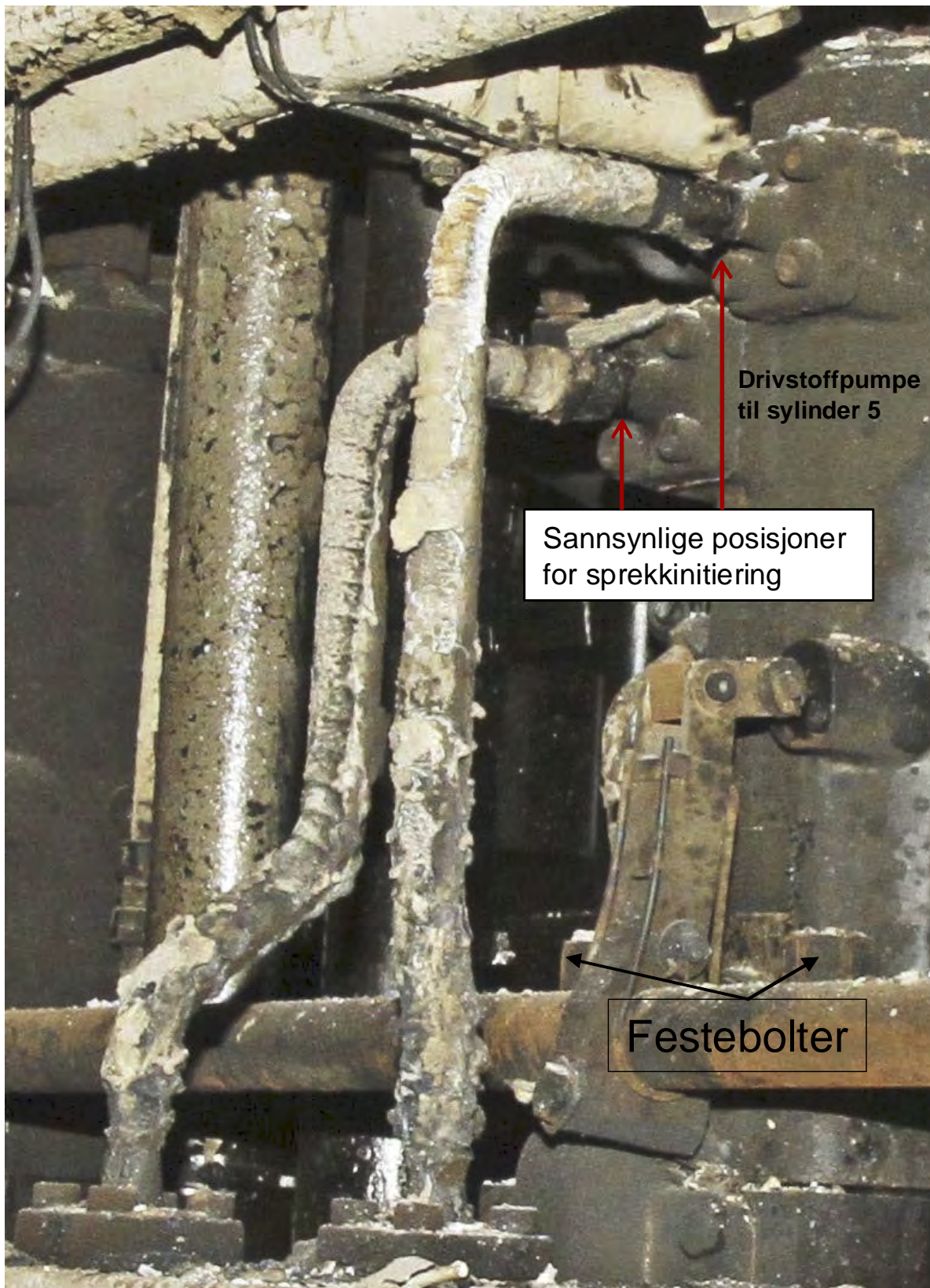




Figur 2 Oversiktsbilde av bruddflate til drivstoffrør C12 (se Figur 1a). Fraktografibilder: a: Mulig initieringsområde med plan bruddflate og lite topografi, antydning til sprekkstopplinj, sannsynlig utmatting. b: Mikrosprekker i overflaten med antydning til sprekkstopplinj, innslag av dimpler tyder på utmatting med relativt store tøyninger. c: I et område med fjernet kontaminering kan det observeres dimpler forenlig med duktil overbelastning. d: Bruddflaten er plan med antydning til sprekkstopplinj forenlig med utmatting. e: Bruddflaten har mikrosprekker med antydning til striert overflate forenlig med utmatting, innslag av dimpler tyder på relativt store tøyninger. f: Bruddflaten har mikrosprekker med tydelig striert overflate forenlig med utmatting, innslag av dimpler tyder på relativt store tøyninger.



Figur 3 Oversiktsbilde av bruddflate til drivstoffrør C15 (se Figur 1b). Fraktografibilder: a: Mikrosprekker i overflaten med antydning til sprekkestopppliner forenlig med utmatting. c: Tydelig overgang i bruddflaten til dimpler forenlig med duktil overbelastning.

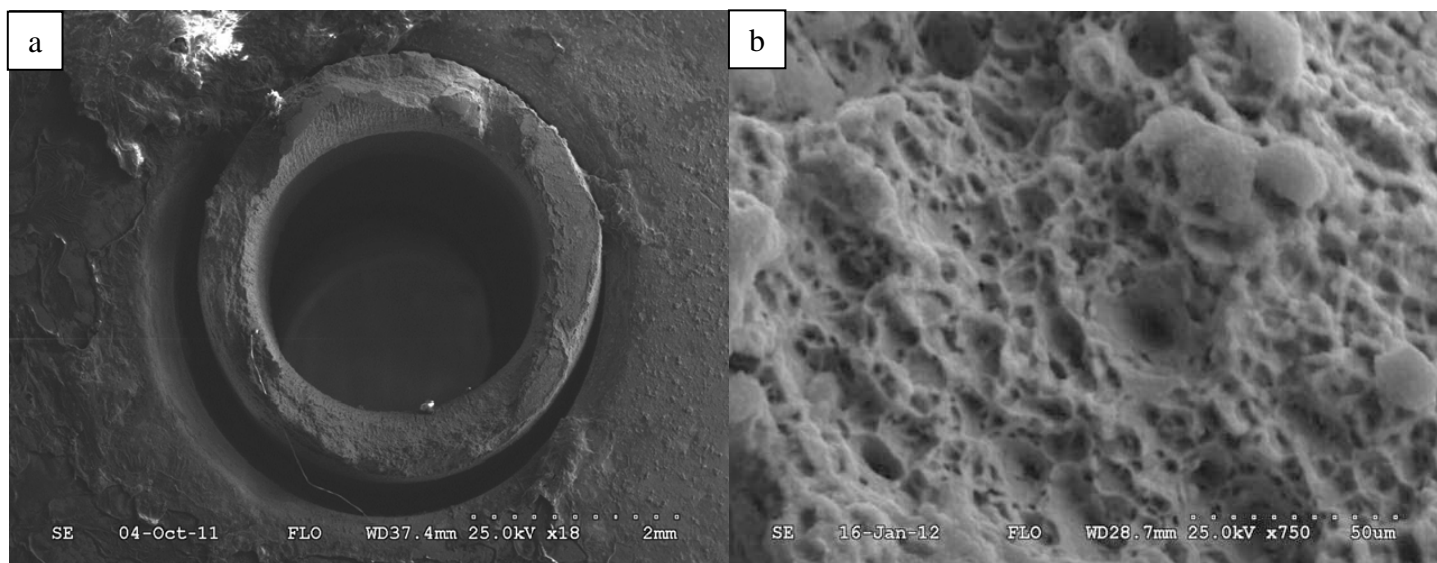


Figur 4 Bilde av drivstoffrør fotografert i motorrom etter brann. Bildet er mottatt fra Politiet via SHT. Bildet angir sannsynlige sprekkinitieringspunkt basert på fraktografiundersøkelsene.

### 3 Undersøkelse av brudd i rør for smøring til drivstoffpumpe sylinder 5

Oversiktsbilde av rørdelen med brudd merket C54 er vist i Figur 1e. Bruddflaten ble rensset i n-heptan og teknisk sprit før fraktografiundersøkelse i SEM.

Et oversiktsbilde av bruddflaten er vist i Figur 5a. Som det fremgår av fraktografibildet vist i Figur 5b bestod bruddflaten av dimpler hvilket viser at røret for smøring av drivstoffpumpe 5 har røket som følge av duktil overbelastning.



Figur 5a: Oversiktsbilde i SEM av bruddflaten til rør ved innfeste. b: Representativt fraktografibilde i SEM av bruddflaten viser dimpler forenlig med duktil overbelastning.

#### 4 Undersøkelse av bolter med foringer for feste av drivstoffpumpe til sylinder 5

Oversiktsbilde av bolter med tilhørende foringer er vist i Figur 1f-i. Undersøkelse av boltene i stereo lysmikroskop avdekket ingen uregelmessigheter i gjengeparti, stamme eller bolthode. Foringene hadde en plan overflate uten deformasjoner/klining av materialet og overflatene var til dels sotet, slik det fremgår av bildene i Figur 6a-d. Maskineringsspor var synlig på overflatene i stereo lysmikroskop, se Figur 7. Det ble tatt hardhetsmålinger på boltstammene og på overflaten til foringene, resultatene er oppsummert i Tabell 1, og viser at foringene har en betydelig lavere hardhet sammenlignet med boltene.

Tabell 1 Verdier for hardhet til bolter og foringer til drivstoffpumpe, verdier i HRC.

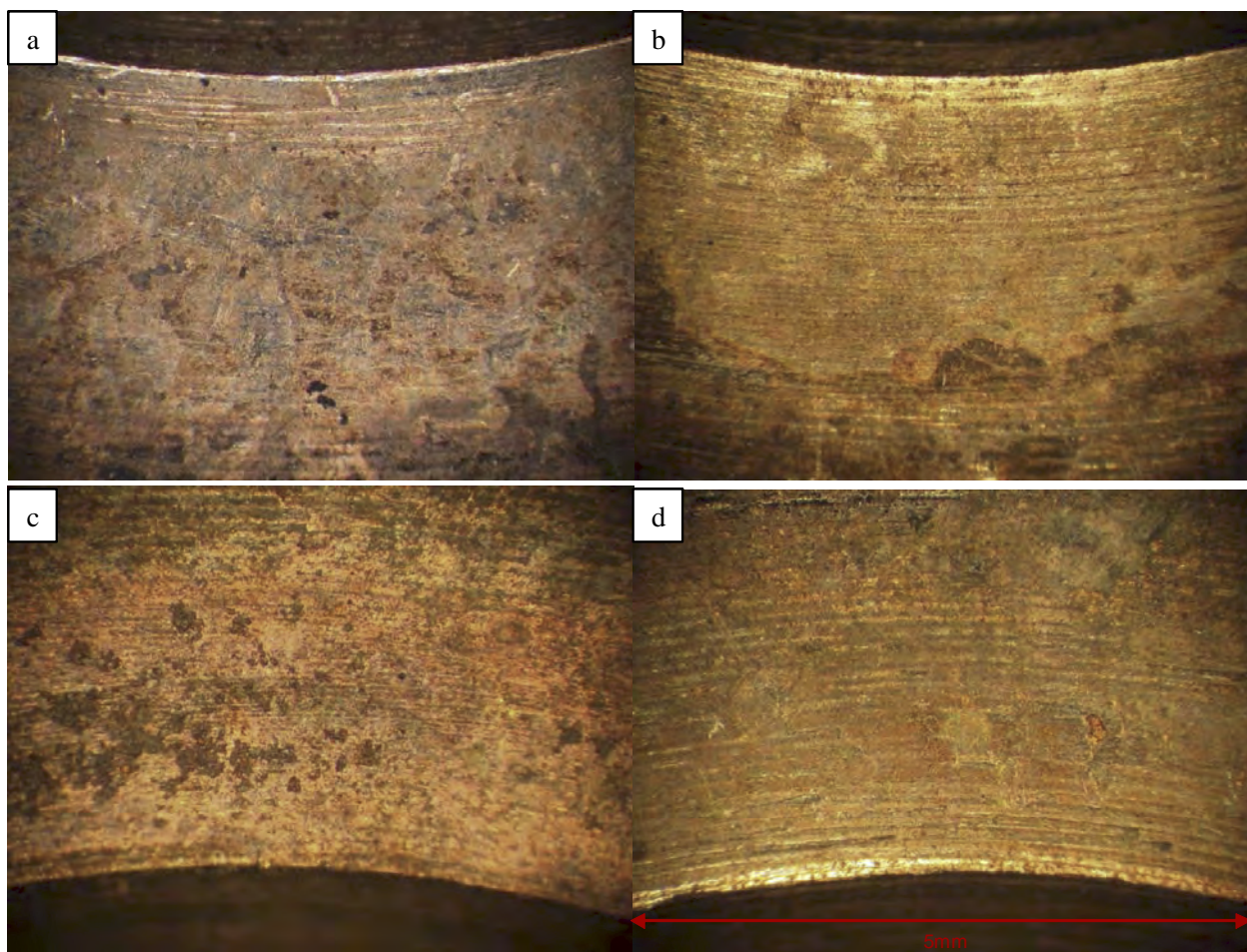
	Bolt	Foring
C57	28	15
C58	29	17
C59	32	15
C60	29	17

Det har vært et sentralt spørsmål å avklare hvorvidt drivstoffpumpen var festet tilstrekkelig eller ikke, basert på observasjonene ovenfor virker det sannsynlig at boltene ikke har vært tilskrudd med moment av betydning. Deformasjon/klining av foringsoverflatene kan ikke observeres hvilket skulle forventes når boltene skrues inn mot den mykere foringen med moment. Dette støttes videre av at sot er avsatt på overflatene hvilket tyder på avstand mellom bolt og foring.

Det ville vært avklarende å montere en bolt med riktig moment mot en tilsvarende foring, for deretter å se på inntrykksgraden for sammenligning med de undersøkte foringene.



Figur 6 Oversiktsbilder av foringer til bolter til drivstoffpumpe til sylinder 5, a: C57, b: C58, c: C59 og d: C60. Bildene viser den siden som møter bolthodet.



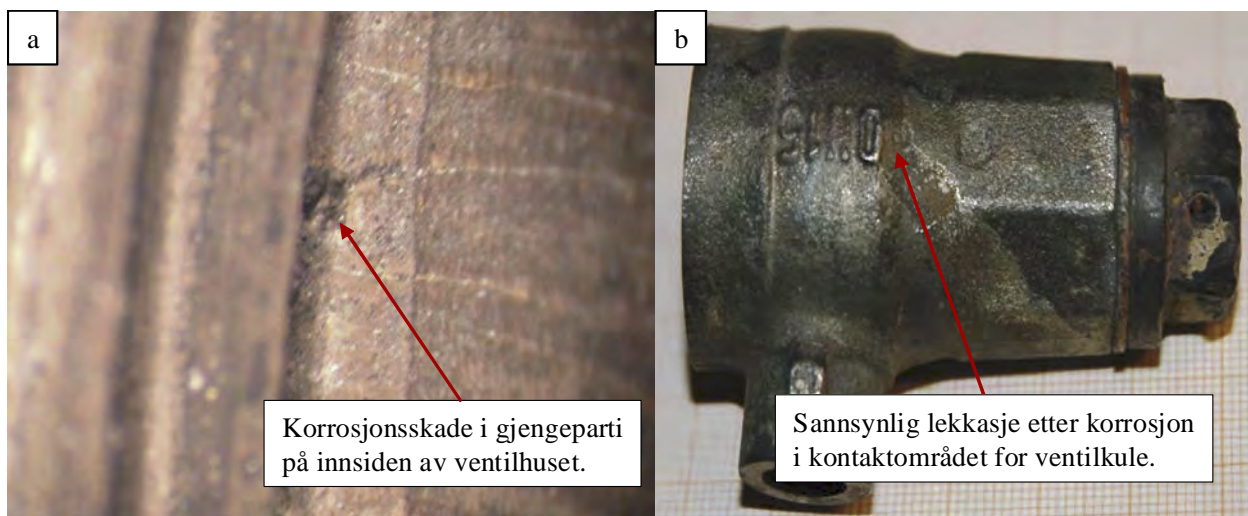
Figur 7 Bilder i stereolysmikroskop av maskineringspor i overflaten til foringer til bolter til drivstoffpumpe til sylinder 5 som vist i Figur 6a-d, (a: C57, b: C58, c: C59 og d: C60). Bildebredden utgjør ca. 5mm.

## 5 Dreneringsventil

Det ble mottatt en separat dreneringsventil merket C1 og C39 sammen med en referanseventil C40, se Figur 1 hhv. j og k. Den separerte dreneringsventilen ble mottatt uten stengekran og ventilkule. Ventilhuset hadde et meget deformert/slitt gjengeparti og hadde en tilsynelatende gjennomgående korrosjonsskade fra baksiden av gjengepartiet. Tilsvarende korrosjonsskade ble også observert i området hvor ventilkulen skulle ha hatt kontakt med ventilhuset, se Figur 8a og b.

Ved sammenstilling av komponentene C1 og C39 fremkom det en meget liten klaring før inngrep kunne oppnås, dette er illustrert i Figur 9 der ventilen er sammenlignet med referanseventil merket C40. Nøyaktig oppmåling av ventilen var ikke hensiktsmessig på grunn av ovalitet og grov overfalte.

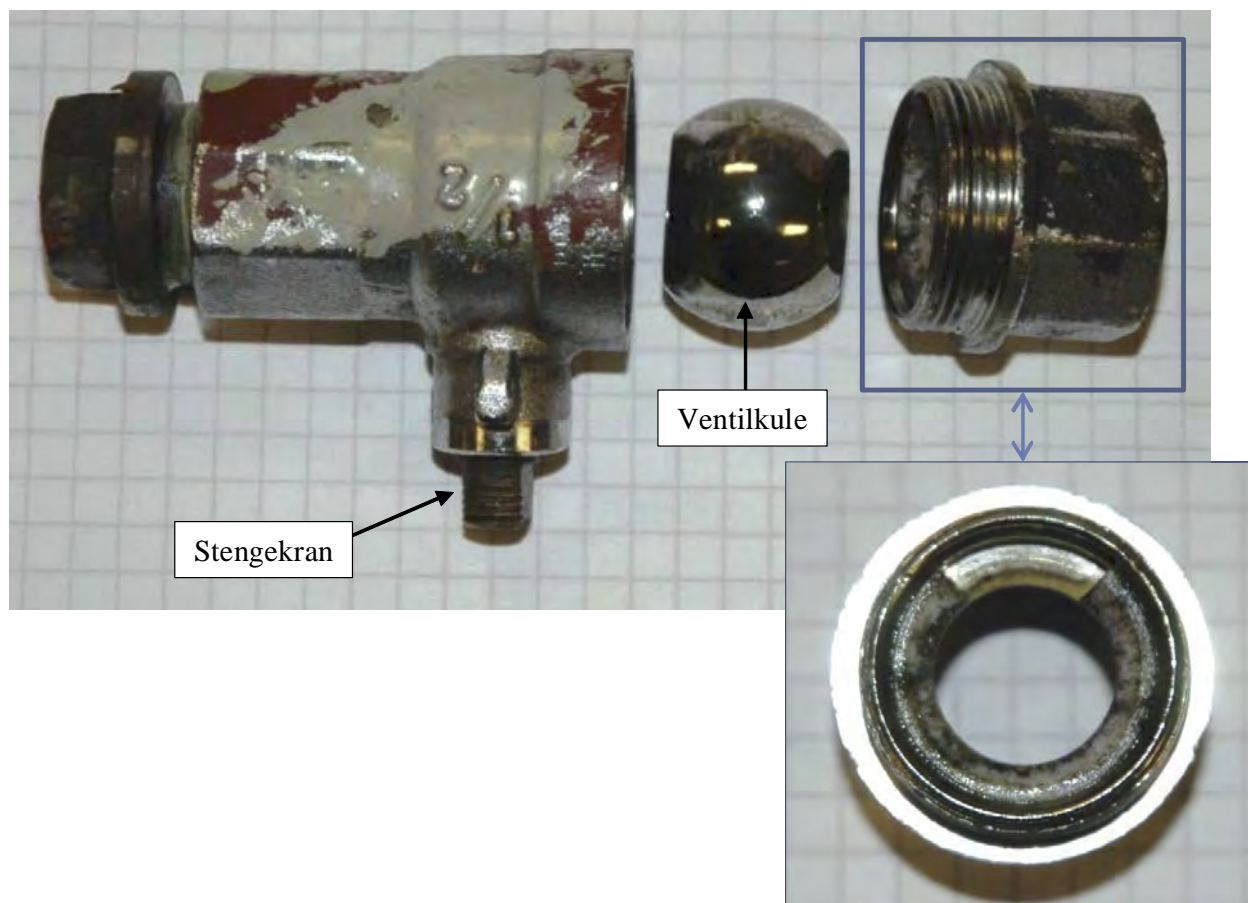
Ved demontering av referanseventilen viste det seg at innvendig pakning var skadet og at deler av denne manglet, Figur 10.



Figur 8ab: Bilder av korrosjonsangrep på ventilhus.



Figur 9 Sammenstilling for å illustrere forskjell i inngrepspunkt mellom referanseventil (C40) t.v. og separat ventil (C1 og C39) t.h.



Figur 10 Bilde av demontert referanseventil med bilde av skadet pakning i endeplugg.



## 6 Konklusjoner

- De utførte undersøkelsene har vist at tilførselsrørene til drivstoffpumpe til sylinder 5 med stor sannsynlighet har vært utsatt for utmatting og at det har vært initiert gjennomgående utmattingssprekker i rørene med lekkasje som sannsynlig resultat. Utmattingskadene virker å være initiert fra undersiden av rørene ved innfeste mot drivstoffpumpe, hvilket tyder på at rørene har vært utsatt for en syklisk oppadrettet kraft.
- Undersøkelsen av bolter og foringer til drivstoffpumpen kan ikke bekrefte at disse har vært skrudd til med foreskrevet moment, da foringene som er betydelig mykere sammenlignet med boltene ikke har synlige merker etter bolthodet. Maskineringsporene er ikke klint/deformert og fremstår som intakte på samtlige foringer.
- Rør for smøreolje til drivstoffpumpen til sylinder 5 hadde røket som følge av overbelastning.
- Dreneringsventilen hadde meget lite inngrep, og ventilhuset var ovalt med slitte gjenger. Det kunne observeres lokalt korrosjonsangrep i ventilen som tilsynelatende er gjennomgående. Dette kan ha medført en liten lekkasje, noe som misfarging på utsiden av ventilhuset kan indikere. Funksjonaliteten til ventilen kan ikke fastslås da ventilkule og stengekran manglet. Det kunne også observeres skader på pakningen til referanseventilens endeplugg hvilket tyder på at denne dras til med for stort moment.



## SERVICE REPORT

<b>Vessel :</b>	"Nordlys"	<b>Owner :</b>	Hurtigruten
<b>Engine type :</b>	6M552C	<b>Total no. of pages :</b>	1
<b>Engine number :</b>	57113	<b>Output :</b>	
<b>Running hours:</b>	Approx 118.000	<b>Lub.oil type:</b>	MSD
<b>Service order :</b>	5201425	<b>Fuel:</b>	
<b>Place :</b>	Oslo	<b>Service period :</b>	
<b>Reason for visit : :</b>	<b>Inspection fuel pump no 5 after fire</b>		
		<b>Spoken with :</b>	
		<b>Service eng :</b>	Karsten Karlsen

Inspection of fuel pump no 5, starboard engine "Nordlys" after fire. Attending the inspection:

Norwegian Police, Kripes: Sølvi Harjo and Håvard Arntsen  
 Hurtigruten: Chief engineer Erling Leiren  
 Accident Investigation Board Norway: Håvard Bentsen  
 Pon Power AS: Øystein Skår and Karsten Karlsen

4.11.2011

- Started with visual inspection of pump. There is soot on the pump, but paint seems to be intact.
- Opened up pump, pulled out plunger. Pump plunger is ok
- Inspected pump barrel, this is ok
- O-rings ok

Inspection did not reveal any damage to internal parts in the pump from the fire on board. See picture report for details

Kind regards

Øystein Skår  
 Service Manager MaK Norway  
 Pon Power AS



---

DET NORSKE VERITAS<sup>TM</sup>

---

REPORT

EXAMINATION OF ENGINE  
BLOCK MATERIAL, M/S NORDLYS

PON POWER AS

REPORT No./DNV REG No.: 2012-3021 / 1-3ZQFB0

REV 00, 2012-01-12



## MANAGING RISK

Examination of engine block material, M/S NORDLYS		Det Norske Veritas AS Veritasveien 1 1363 Høvik, Norway Tel: +47 67 57 99 00 Fax: +47 67 57 99 11 http://www.dnv.com			
For: Pon Power AS Postboks 133, Vollebekk 0520 Oslo Norway					
Account Ref.: Øystein Skår					
Date of Current Issue:	2012-01-12	Project No.:	PP030906		
Revision No.:	00	Organisation Unit:	BDL Materials Services		
DNV Reg. No.:	1-3ZQFB0	Report No.:	2012-3021		
<p>Summary:</p> <p>On request of Pon Power AS, Det Norske Veritas (DNV), section for Material Technology has carried out an examination of the engine block material, stb. main engine, on board M/S NORDLYS. An "explosive" fire in the engine room has affected i.a. a section of the engine block made of nodular cast iron (GGG50). The areas in question were subjected to metallographic examination and hardness measurements including photo documentation.</p> <p>The main objective of the investigation was to elucidate if the original microstructure (material properties) have been modified as a consequence of the heat affection.</p> <p>Results:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A regular microstructure characteristic for nodular cast iron was observed in all examined areas. The microstructure has not been modified as a consequence of the heat affection.</li> <li>• The hardness measurements were found to meet the received requirements.</li> </ul>					
Prepared by:	Name and Position Arild Oscar Tjernæs Principal Engineer	Signature	<i>Arild O. Tjernæs</i>		
Verified by:	Name and Position Mario Søfferud Engineer	Signature	<i>Mario Søfferud</i>		
Approved by:	Name and Position Astrid Holmsen Kjesbu Head of Section	Signature	<i>Astrid H. Kjesbu</i>		
<input type="checkbox"/> Unrestricted distribution (internal and external) <input type="checkbox"/> Unrestricted distribution within DNV <input checked="" type="checkbox"/> Limited distribution within DNV after 3 years <input type="checkbox"/> No distribution (confidential) <input type="checkbox"/> Secret		Keywords			
Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0		First issue signed and verified			

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.



## ***Table of Contents***

***Page***

1	INTRODUCTION.....	1
1.1	Information received from the client.....	1
1.2	Objectives.....	1
1.3	Scope of work.....	1
2	EXPERIMENTAL WORK AND RESULTS OBTAINED.....	2
2.1	Visual examination.....	2
2.2	Metallographic examination.....	2
2.3	Hardness measurements.....	2
3	DISCUSSION.....	3
4	CONCLUSIONS.....	3
5	FIGURES.....	4
	Engine cross-section	



## 1 INTRODUCTION

On request of Pon Power AS, Det Norske Veritas (DNV), section for Material Technology has carried out an examination of the engine block material, stb. main engine, on board the vessel M/S NORDLYS. According to received information from the client an “explosive” fire in the engine room has affected i.a. a section of the engine block made of nodular cast iron (GGG50). The areas in question were subjected to metallographic examination and hardness measurements including photo documentation.

### 1.1 Information received from the client

According to information received from the client the material in the engine block is reported to be of type GGG 50, nodular cast iron.

The hardness shall be in the range of 170 HB – 230 HB.

A drawing (cross section) of the engine was received, see appendix.

### 1.2 Objectives

The main objective of the investigation was to elucidate if the original microstructure (material properties) have been modified as a consequence of the heat affection.

### 1.3 Scope of work

- Visual examination
- Photo documentation
- Selection of areas (reference area and heat affected areas)
- Metallographic examination
- Hardness measurements
- Evaluation of results
- Preparation of a technical report including photo documentation

## 2 EXPERIMENTAL WORK AND RESULTS OBTAINED

### 2.1 Visual examination

Overview of heat affected areas on the stb. main engine as observed by arrival on the ship/ engine room is shown in Fig. 1. The green framed area on the photo illustrates the hatch covers for the cam shaft consisting of steel plates and hatch ways of aluminum alloy. It was observed that a local area of the one hatch way has melted indicating that the temperature in this area may have been approximately 500 °C to 550 °C. The green framed area was not subjected to further examination.

The red framed area on the photo indicates the section of the engine block which has suffered heat affection during the fire, see close-up in Fig. 2. The area shows that smooth grinding has been carried out at the machined surface. According to information received from the client this is in relation to previously hardness measurements carried out by the manufacturer of the engine. The digit indicates the recorded hardness values. The surface shows that the paint has been removed. It is likely to believe that some of the paint has been burnt off; however, the surface indicates that some paint has been removed by the grinding. The wall thickness was estimated to be 25 mm to 30 mm.

### 2.2 Metallographic examination

In order to examine the microstructure four different areas labelled by DNV as A, B, C and D were selected within the heat affected area, see Fig. 3. In addition, a reference area for comparison the microstructure and hardness was chosen at the same level as the heat affected area, ref. Fig. 1. Sample A and D including the reference area were selected within an original machined surface carried out by the manufacturing of the engine. The samples B and C were selected in areas where the original casting surface was visible. These two areas were initially rough grinded by use of an angle grinder to approximately 2 mm below surface. All areas were metallographically prepared and finally the microstructure examined in a portable light microscope at magnification 100 X to 400 X. A regular microstructure characteristic for nodular cast iron was observed in all areas, Fig.7 – Fig. 10. However, the areas B and C contain somewhat more ferrite most likely due to shallow grinding into the material.

### 2.3 Hardness measurements

Hardness measurements were carried out within the metallographically prepared areas by means of a portable Equotip hardness tester and impact device D. The results are given in Table 1 below.

**Table 1: Hardness measurements carried out on the surface of the engine block material.**

Sample area	Material thickness (approx.) mm	Single values [HB]	Average values [HB]
Reference	30 mm	208 – 198 – 204 – 204 – 199 – 208 – 200 – 202	203
Area A	30 mm	202 – 201 – 197 – 195 – 197 – 202 – 197 – 202	199
Area B	25 mm	176 – 176 – 174 – 177 – 180 – 178 – 180 – 180	178
Area C	25 mm	177 – 177 – 178 – 177 – 180 – 178 – 178 – 179	178
Area D	30 mm	203 – 197 – 187 – 202 – 204 – 205 – 201 – 206	201



The hardness values in area A and D are of the same level as for the reference area. Areas B and C shows a lower hardness, most likely due to a higher content of ferrite. All hardness values meet the specified requirement, (170 HB – 230 HB, ref. appendix).

### 3 DISCUSSION

Prior to the examination on board the engine room including the heat affected area on the engine block had been cleaned by high-pressure cleaner using water. In addition, some grinding has been carried out at the surface of the heat affected area on the engine. Consequently DNV are not familiar with the original surface condition (appearance) caused by the fire. However, visually the engine surface indicates to have suffered limited heat affection. This is based on observed reminiscences of approximately intact paint and primer adjacent to the affected area.

A regular microstructure characteristic for nodular cast iron was observed in all areas, as expected. It was, however, observed some deviation in the ferrite content compared with the reference area. It is likely to believe that this is not due to annealing caused by the fire, but too shallow grinding. The microstructure and the hardness in area D very close to area B was found similar to the reference area.

### 4 CONCLUSIONS

Based on the examination carried out the following conclusions have been drawn:

- A regular microstructure characteristic for nodular cast iron was observed in all examined areas. The microstructure has not been modified as a consequence of the heat affection.
- The hardness measurements were found to meet the received requirements.



## 5 FIGURES



Fig. 1 Overview photo shows the heat affected areas (framed) on the stb. main engine on board the vessel M/S NORDLYS as observed by arrival. The green framed area is the hatch covers for the cam shaft consist of steel plates and hatch ways of aluminum alloy. The red frame indicates the part of the engine block which has suffered heat affection, see Fig. 2.

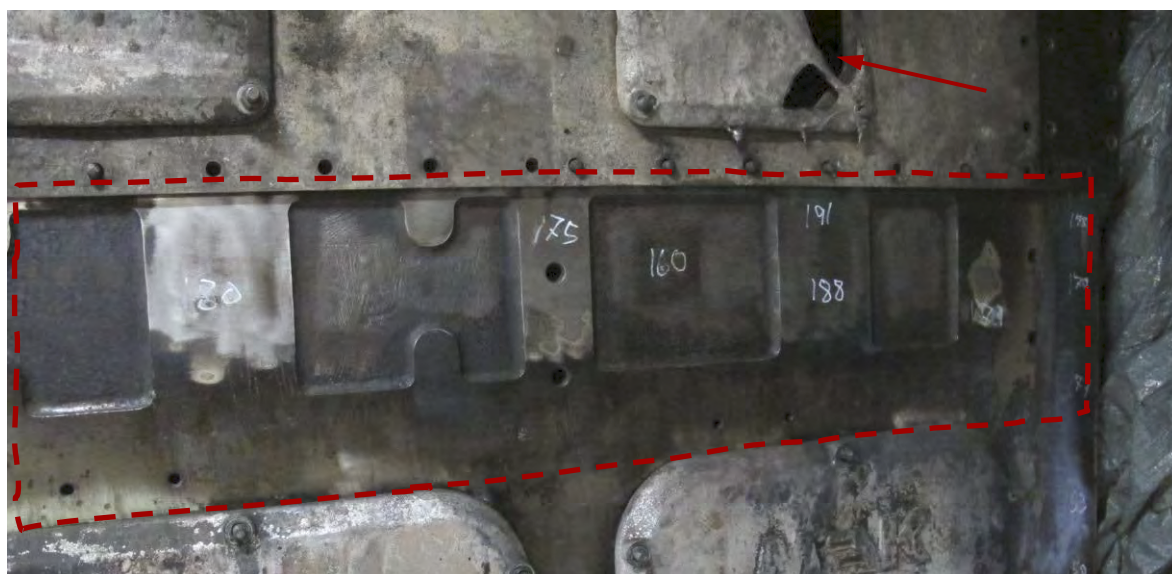


Fig. 2 Close-up of Fig. 1 shows the heat affected area on the engine block. A part of the hatch cover for the cam shaft is visible including the hatch ways of aluminum. A melted area of the hatch way was observed, see arrow. Prior hardness measurements values are indicated by digit.

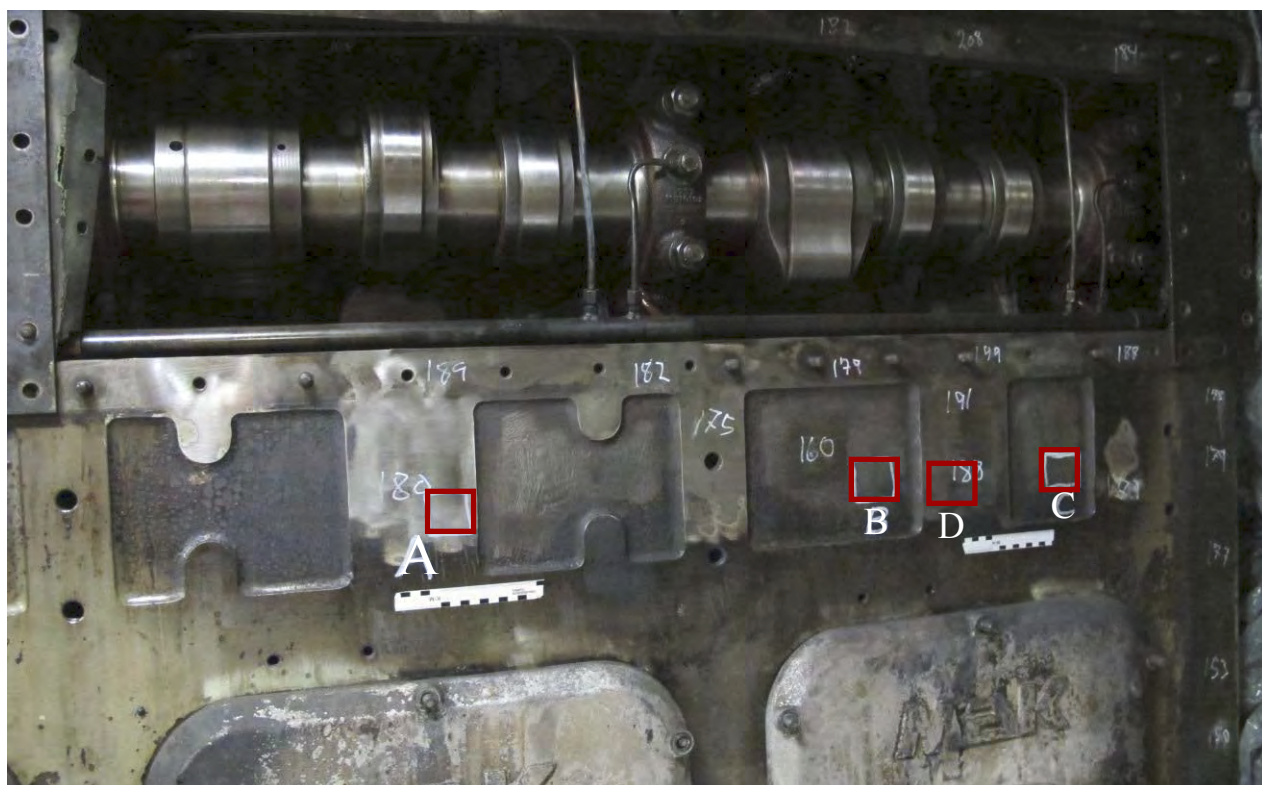


Fig. 3 The same area as shown in Fig. 2, however, the hatch cover is removed. No discoloring was observed at the surface of the cam shaft. The areas labelled A, B, C and D selected for metallographic examination and hardness measurements are indicated by red frames.



Fig. 4 Overview of the prepared areas for examination the microstructure and hardness measurements.



Fig. 5 Close-up of area A prepared and etched for examination in the portable microscope and finally hardness measurements. The area is representative for the areas Ref., B, C and D.



Fig. 6 Close-up of the reference area (ref. to Fig. 1) used for comparison of the microstructure and hardness values.

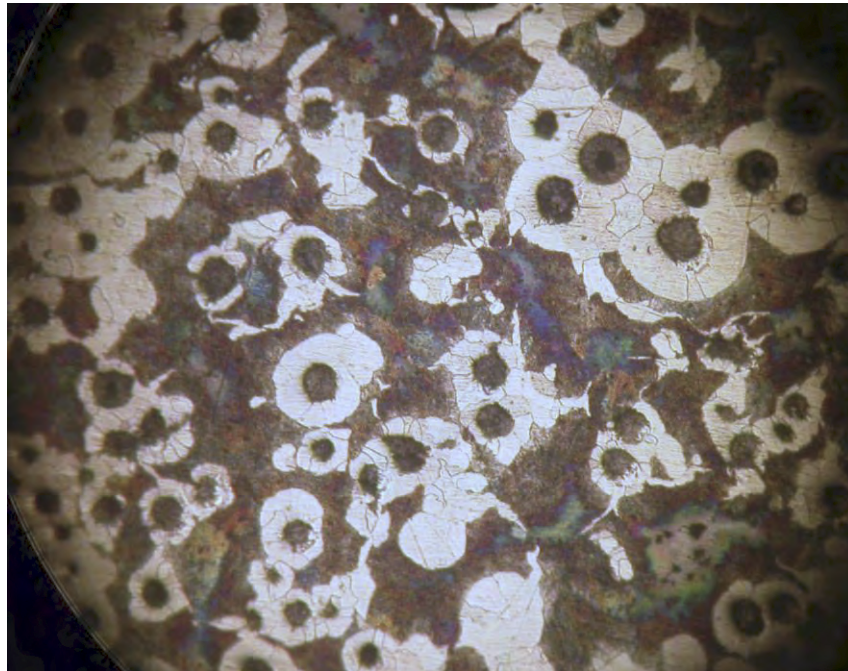


Fig. 7 Reference area. Metallographically prepared area shows a microstructure characteristic for nodular cast iron as expected. The microstructure consists of ferrite and pearlite with spheroidal graphite. Magnification 100 X.

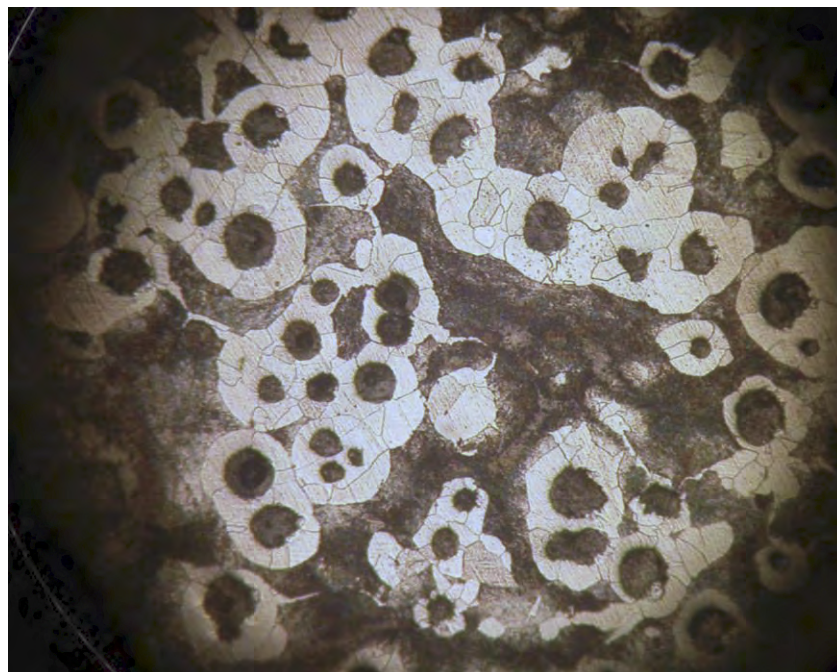


Fig. 8 Area A. The prepared area shows a microstructure characteristic for nodular cast iron as expected. The microstructure consists of ferrite and pearlite with spheroidal graphite. Modification of the microstructure due to heat affection was not observed. Magnification 100 X.



Fig. 9 Area B, representative also for area C. The prepared area shows a microstructure characteristic for nodular cast iron as expected. The microstructure consists of ferrite and pearlite with spheroidal graphite. Compare to the reference area it is observed somewhat more ferrite. Modification of the microstructure due to heat affection was not observed. Magnification 100 X.

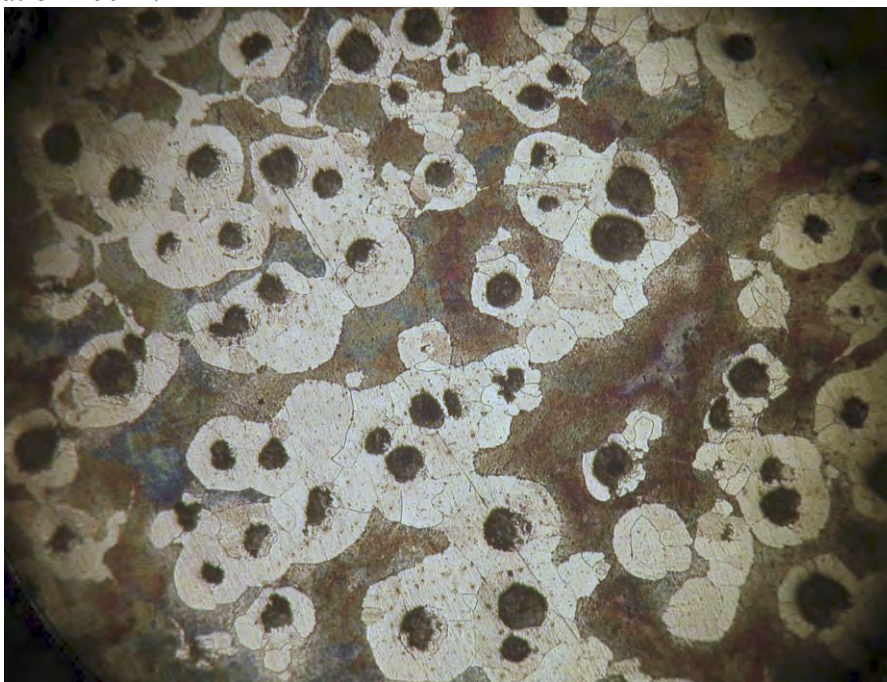


Fig. 10 Area D. The prepared area shows a microstructure characteristic for nodular cast iron as expected. The microstructure consists of ferrite and pearlite with spheroidal graphite. Modification of the microstructure due to heat affection was not observed. Magnification 100 X.



**MANAGING RISK**


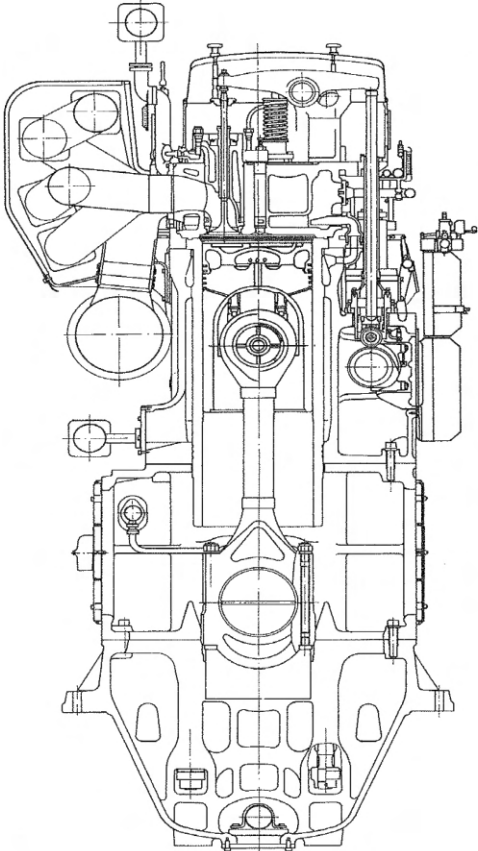
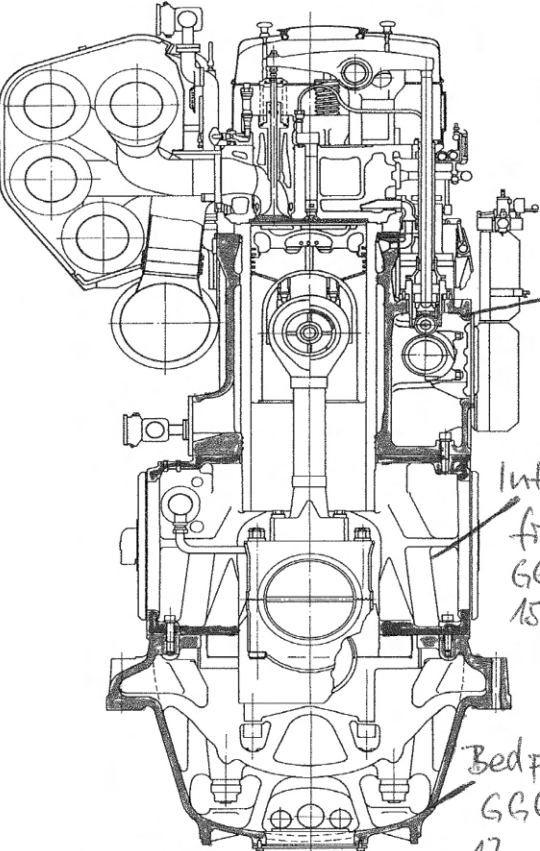
---

# **APPENDIX**

---

## **1**

### **ENGINE CROSS-SECTION**

	Dieselmotor Diesel engine	1.1.1																																				
 <p data-bbox="263 1395 683 1424">Reihenmotor/In-line engine M 551</p> <p data-bbox="263 1512 742 1635"><b>M 551/M 552 Viertakt-Schwerölmotor</b>                      Grundplattenkonstruktion mit zweiteiligem Motor-                      aufbau                      Abgasturboaufladung mit Ladeluftkühlung                      Umsteuerbar und nichtumsteuerbar lieferbar</p> <table border="0" data-bbox="263 1646 766 1803"> <tr> <td>Typ</td> <td>Type</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bohrung</td> <td>Bore</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Hub</td> <td>Stroke</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Hubvolumen/Zyl.</td> <td>Swept volume/cyl.</td> <td>dm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Drehzahlbereich</td> <td>Speed range</td> <td>min<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td>Zylinderzahl</td> <td>Number of cyl.</td> <td></td> </tr> </table>	Typ	Type		Bohrung	Bore	mm	Hub	Stroke	mm	Hubvolumen/Zyl.	Swept volume/cyl.	dm <sup>3</sup>	Drehzahlbereich	Speed range	min <sup>-1</sup>	Zylinderzahl	Number of cyl.		 <p data-bbox="1316 750 1508 884">Cyl-block GGG50 170-230+  Intermediate frame GG25 150-215+HB  Bedplate GGG50 170-230+HB</p> <p data-bbox="805 1395 1228 1424">Reihenmotor/In-line engine M 552</p> <p data-bbox="805 1512 1276 1635"><b>M 551/M 552 Four Stroke Heavy Fuel Engine</b>                      Bedplate design with 2-piece engine structure                      Exhaust gas turbocharging with charge air cooling                      Direct reversible or non-reversible available</p> <table border="0" data-bbox="805 1646 1117 1803"> <tr> <td></td> <td>M 551</td> <td>M 552</td> </tr> <tr> <td></td> <td>450</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td></td> <td>550</td> <td>520</td> </tr> <tr> <td></td> <td>87,5</td> <td>82,7</td> </tr> <tr> <td></td> <td>375-450</td> <td>425-514</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6, 8</td> <td>6, 8, 9</td> </tr> </table>		M 551	M 552		450	450		550	520		87,5	82,7		375-450	425-514		6, 8	6, 8, 9	<p data-bbox="263 1908 422 1937">Querschnitt</p> <p data-bbox="805 1908 997 1937">Cross section</p>
Typ	Type																																					
Bohrung	Bore	mm																																				
Hub	Stroke	mm																																				
Hubvolumen/Zyl.	Swept volume/cyl.	dm <sup>3</sup>																																				
Drehzahlbereich	Speed range	min <sup>-1</sup>																																				
Zylinderzahl	Number of cyl.																																					
	M 551	M 552																																				
	450	450																																				
	550	520																																				
	87,5	82,7																																				
	375-450	425-514																																				
	6, 8	6, 8, 9																																				

## Det Norske Veritas:

DNV is a global provider of knowledge for managing risk. Today, safe and responsible business conduct is both a license to operate and a competitive advantage. Our core competence is to identify, assess, and advise on risk management, and so turn risks into rewards for our customers. From our leading position in certification, classification, verification, and training, we develop and apply standards and best practices. This helps our customers to safely and responsibly improve their business performance.

Our technology expertise, industry knowledge, and risk management approach, has been used to successfully manage numerous high-profile projects around the world.

DNV is an independent organisation with dedicated risk professionals in more than 100 countries. Our purpose is to safeguard life, property and the environment. DNV serves a range of industries, with a special focus on the maritime and energy sectors. Since 1864, DNV has balanced the needs of business and society based on our independence and integrity. Today, we have a global presence with a network of 300 offices in 100 countries, with headquarters in Oslo, Norway.

Global impact for a safe and sustainable future:

Learn more on [www.dnv.com](http://www.dnv.com)





SINTEF NBL as  
 Postadresse:  
 Postboks 4767 Sluppen  
 7465 Trondheim  
 Sentralbord: 73591078  
 Telefaks: 73591044  
 nbl@nbl.sintef.no  
 www.nbl.sintef.no  
 Foretaksregister:  
 NO 982 930 057 MVA

## Notat

# Temperaturmålinger i maskinrom ombord MS Richard With

SAKSBEHANDLER / FORFATTER  
 Christian Sesseng

BEHANDLING  
 UTTALELSE  
 ORIENTERING  
 ETTER AVTALE

### GÅR TIL

Håvard Bentsen

X

PROSJEKTNR / SAK NR  
 10754704

DATO  
 2011-10-25

GRADERING  
 Fortrolig

Temperaturmålinger ombord Richard With, 2011-10-17.

Først ble motoren undersøkt med IR-kamera, for å lokalisere varme områder. Deretter ble temperaturen målt med IR-termometer. Enkelte temperaturer ble kontrollmålt med IMO-termopar. Sistnevnte målemetode bruker en del tid på å svinge seg inn til rett temperatur, og det er litt vanskelig å komme til på enkelte steder.

IR-kameraet var stilt inn med en emissivitet på 0,90, og IR-termometeret med en emissivitet på 0,95.

Dekselet på styrbord side av styrbord hovedmotor var avmontert. Når det gjelder isolasjon rundt indikator Kranene, kunne en av mannskapet fortelle at de ikke hadde isolasjon på disse.



## 1 Målinger

Temperaturer ble målt på indikatorkranene, toppen av dekselet som omkapsler eksosmanifolden (Foto 3), flens på eksosrør mellom sylinder 3 og 4 og sylinder 4 og 5 (Foto 7 og Foto 8), på dekselet i overgangen mellom eksosmanifolden og turboladeren (Foto 6), på eksosrør ut fra turboladeren og på hver sylinder (Foto 10).

### 1.1 Første måling

Første måling ble gjennomført klokken 10:40. Motorene gikk på 100 % pådrag, fordi man skulle sjekke trykket på sylindene.

#### Målinger:

	IR-termometer [°C]	Termopar [°C]
Indikator Kran 1	208	
Indikator Kran 2	201	
Indikator Kran 3	231	
Indikator Kran 4	243	
Indikator Kran 5	253	239
Indikator Kran 6	236	224
Eksosmanifold topp	205	189
Eksosmanifold flens 3-4	267	
Eksosmanifold flens 4-5	299	
Overgang mot turbolader	231	164 (målt annet sted enn med IR-termometer)
Eksos ut fra turbolader	153	

Forøvrig ingen høye temperaturer på topptanknivå, bortsett fra indikatorkranene.



## 1.2 Andre måling

Andre måling ble gjennomført 13:20.

Motorene gikk på ca. 82 % pådrag.

	IR-termometer [°C]
Indikatorcran 1	218
Indikatorcran 2	215
Indikatorcran 3	243
Indikatorcran 4	240
Indikatorcran 5	269
Indikatorcran 6	256
Eksosmanifold topp	195
Eksosmanifold flens 3-4	255
Eksosmanifold flens 4-5	221
Overgang mot turbolader	190
Eksos ut fra turbolader	170
Babord side av sylinder 1	-
Babord side av sylinder 2	265
Babord side av sylinder 3	269
Babord side av sylinder 4	282
Babord side av sylinder 5	260
Babord side av sylinder 6	251

Varmeste overflate på kjølekompressor er ca. 70 grader.



### 1.3 Tredje måling

Tredje måling ble gjennomført ca. 14:20.

Motorene gikk på ca. 82 % pådrag.

	IR-termometer [°C]
Indikator Kran 1	230
Indikator Kran 2	218
Indikator Kran 3	244
Indikator Kran 4	267
Indikator Kran 5	274
Indikator Kran 6	268
Eksosmanifold topp	206
Eksosmanifold flens 3-4	272
Eksosmanifold flens 4-5	249
Overgang mot turbolader	208
Eksos ut fra turbolader	192
Babord side av sylinder 1	-
Babord side av sylinder 2	291
Babord side av sylinder 3	308
Babord side av sylinder 4	361
Babord side av sylinder 5	316
Babord side av sylinder 6	306

Sylindertemperaturene ble målt ved å holde IR-måleren nærmere enn forrige måling. Får da mer konsentrert målepunkt.



#### 1.4 Fjerde måling

Fjerde måling ble gjennomført ca. 15:20.

Motorene gikk på ca. 82 % pådrag.

	IR-termometer [°C]
Indikator Kran 1	224
Indikator Kran 2	212
Indikator Kran 3	242
Indikator Kran 4	264
Indikator Kran 5	265
Indikator Kran 6	259
Eksosmanifoldtopp	203
Eksosmanifold flens 3-4	265
Eksosmanifold flens 4-5	243
Overgang mot turbolader	189
Eksos ut fra turbolader	196
Babord side av sylinder 1	-
Babord side av sylinder 2	344
Babord side av sylinder 3	347
Babord side av sylinder 4	360
Babord side av sylinder 5	303
Babord side av sylinder 6	332

Sylindertemperaturene ble målt ved å holde IR-måleren nærmere enn første gang måling. Man får da et mindre og mer nøyaktig målepunkt.



## 2 Avstandsmålinger

Det ble foretatt avstandsmålinger fra fuelpumpen til forskjellige varme punkt:

- Fuelpumpe 5 – eksosmanifold flens: Ca. 110 cm horisontalt<sup>1</sup>.
- Fuelpumpe 5 – overgang mellom eksosmanifold og turbolader: Ca. 280 cm horisontalt<sup>1</sup>.
- Fuelpumpe 5 – indikatorventil 4: Ca. 24 cm horisontalt.
- Fuelpumpe 5 – indikatorventil 5: Ca. 42 cm horisontalt.
- Fuelpumpe 5 – kjøleaggregat: Ca. 300 cm horisontalt, 150 cm vertikalt.

---

<sup>1</sup> Det er ingen fri sikt mellom disse punktene.

### 3 IR-bilder

Her følger IR-bilder tatt av enkelte deler av styrbord hovedmotor. Temperaturen vist øverst i midten på bildene, er høyeste temperatur i (krysset på) bildet. Der denne temperaturen viser "++" betyr det at temperaturen har vært høyere enn 250 °C.



Figur 1 IR-bilde av indikatorkran 1



Figur 2 IR-bilde av indikatorkran 1



Figur 3 IR-bilde av indikatorkran 2

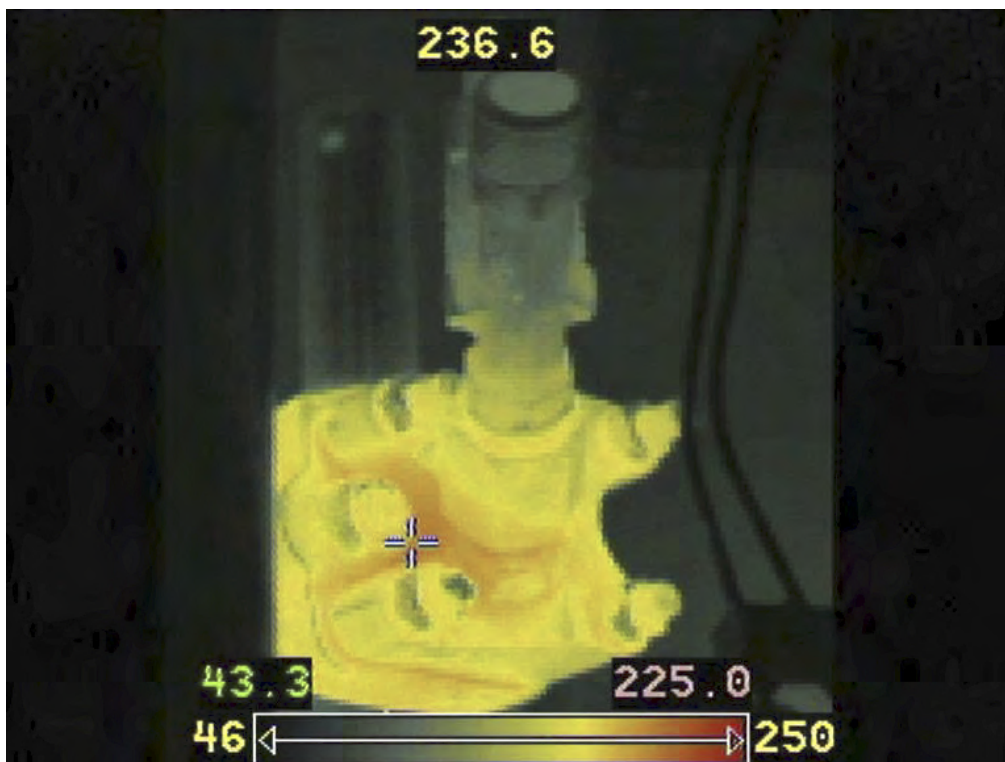


Figur 4 IR-bilde av indikatorkran 2

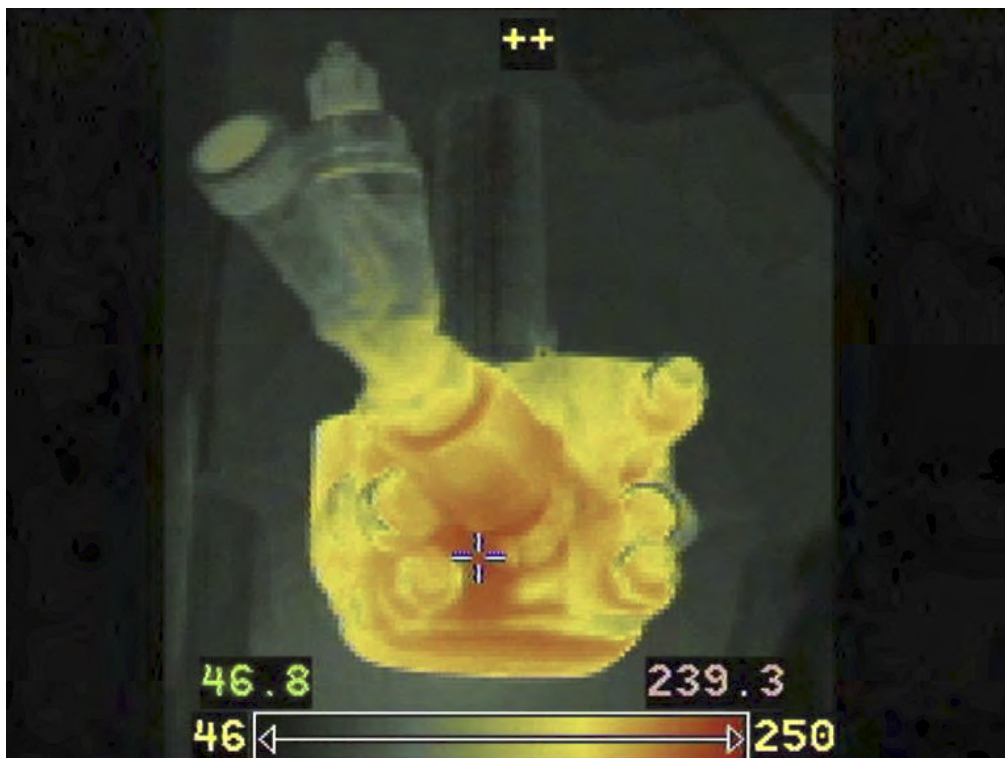




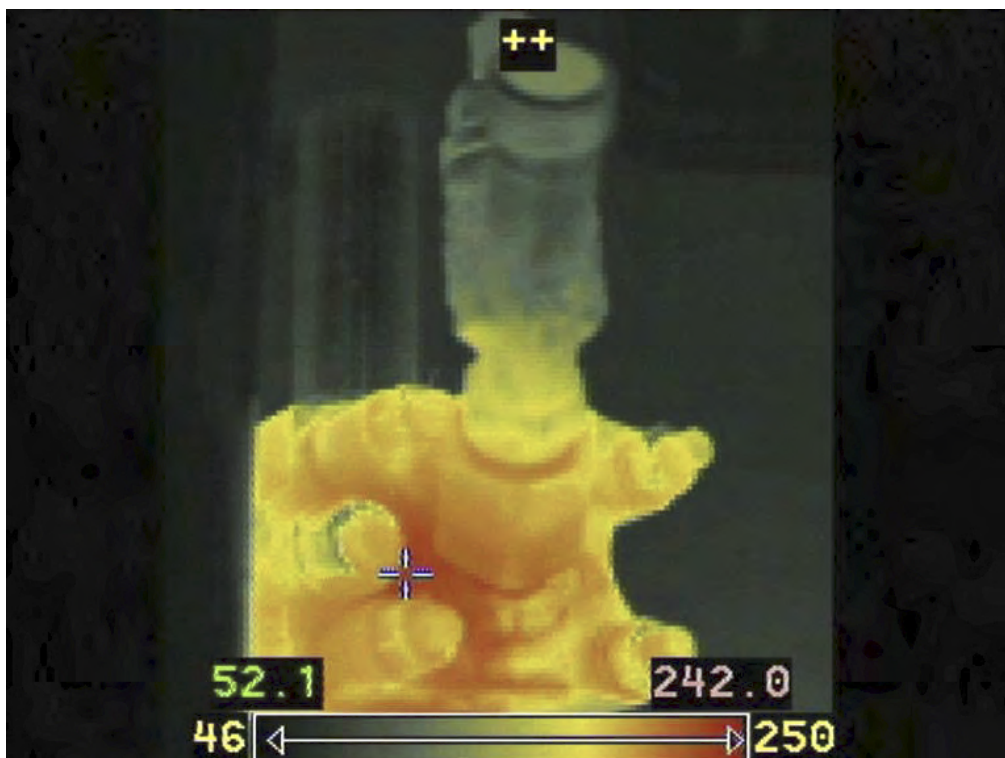
Figur 5 IR-bilde av indikatorkran 3



Figur 6 IR-bilde av indikatorkran 3



Figur 7 IR-bilde av indikatorkran 4



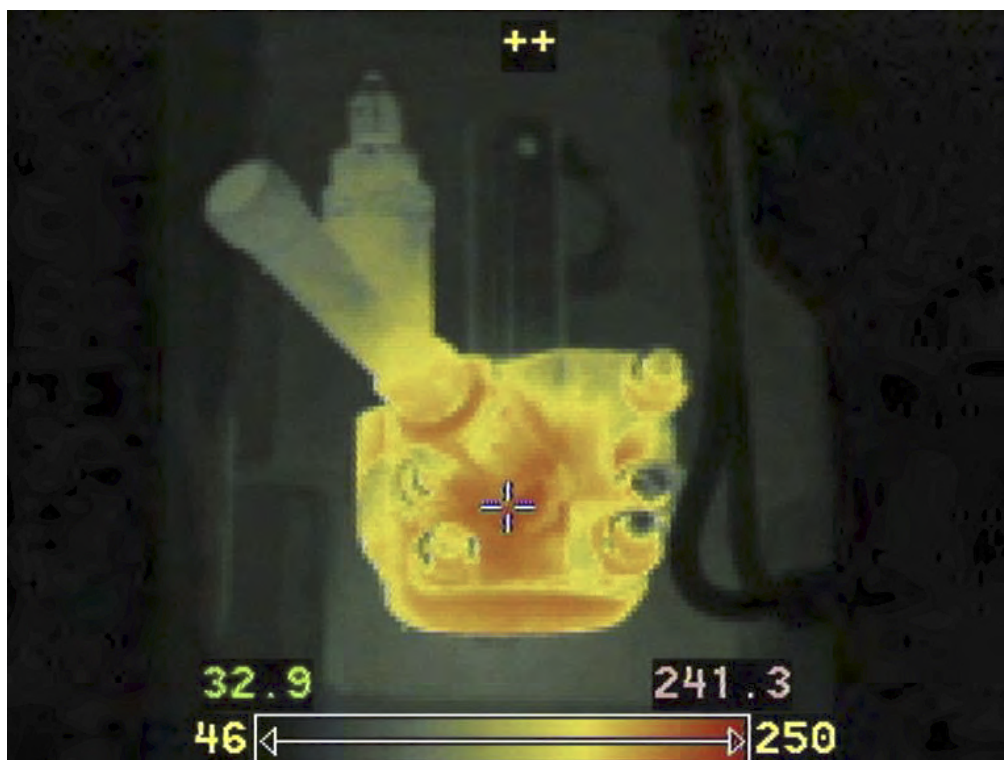
Figur 8 IR-bilde av indikatorkran 4



Figur 9 IR-bilde av indikatorkran 5



Figur 10 IR-bilde av indikatorkran 5



Figur 11 IR-bilde av indikatorkran 6



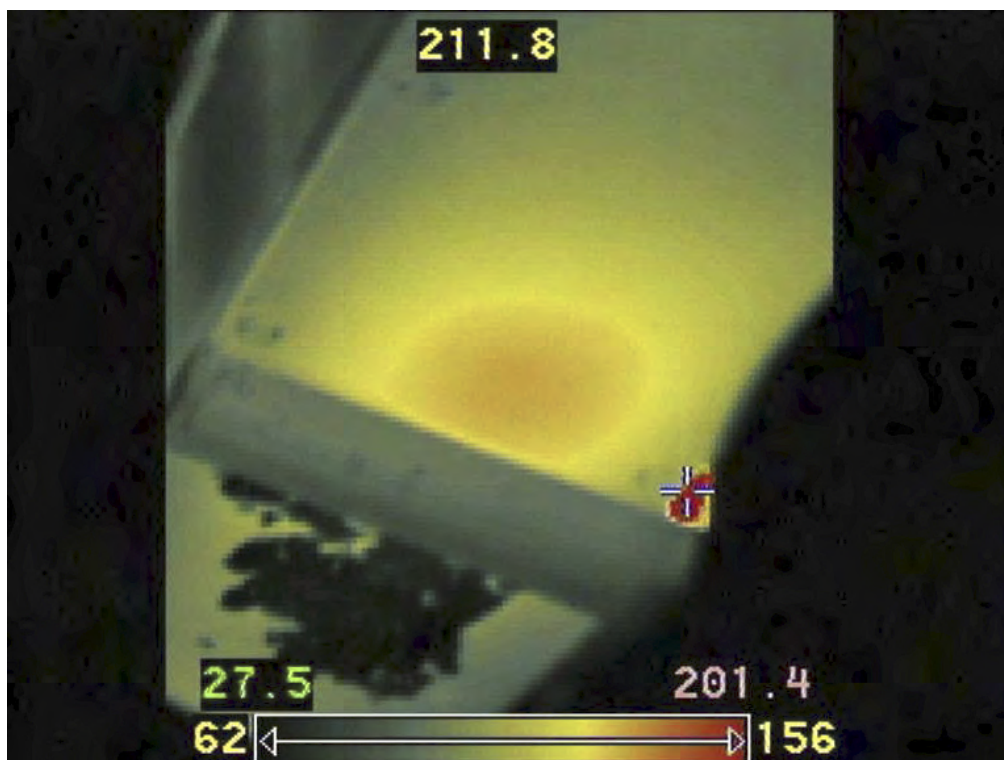
Figur 12 IR-bilde av indikatorkran 6



Figur 13 IR-bilde av indikatorkran 6 sett ovenfra



Figur 14 IR-bilde av babord side av styrbord hovedmotor



Figur 15 IR-bilde av babord side av styrbord hovedmotor

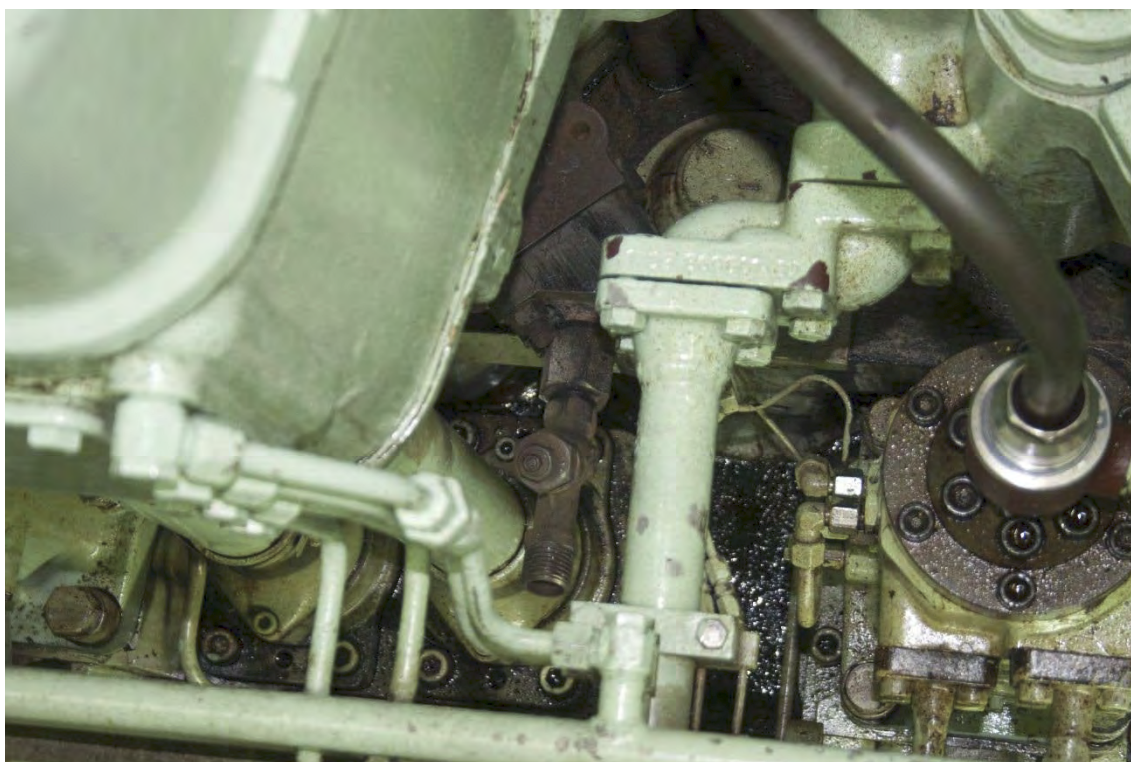


Figur 16 IR-bilde av kjølekompressor

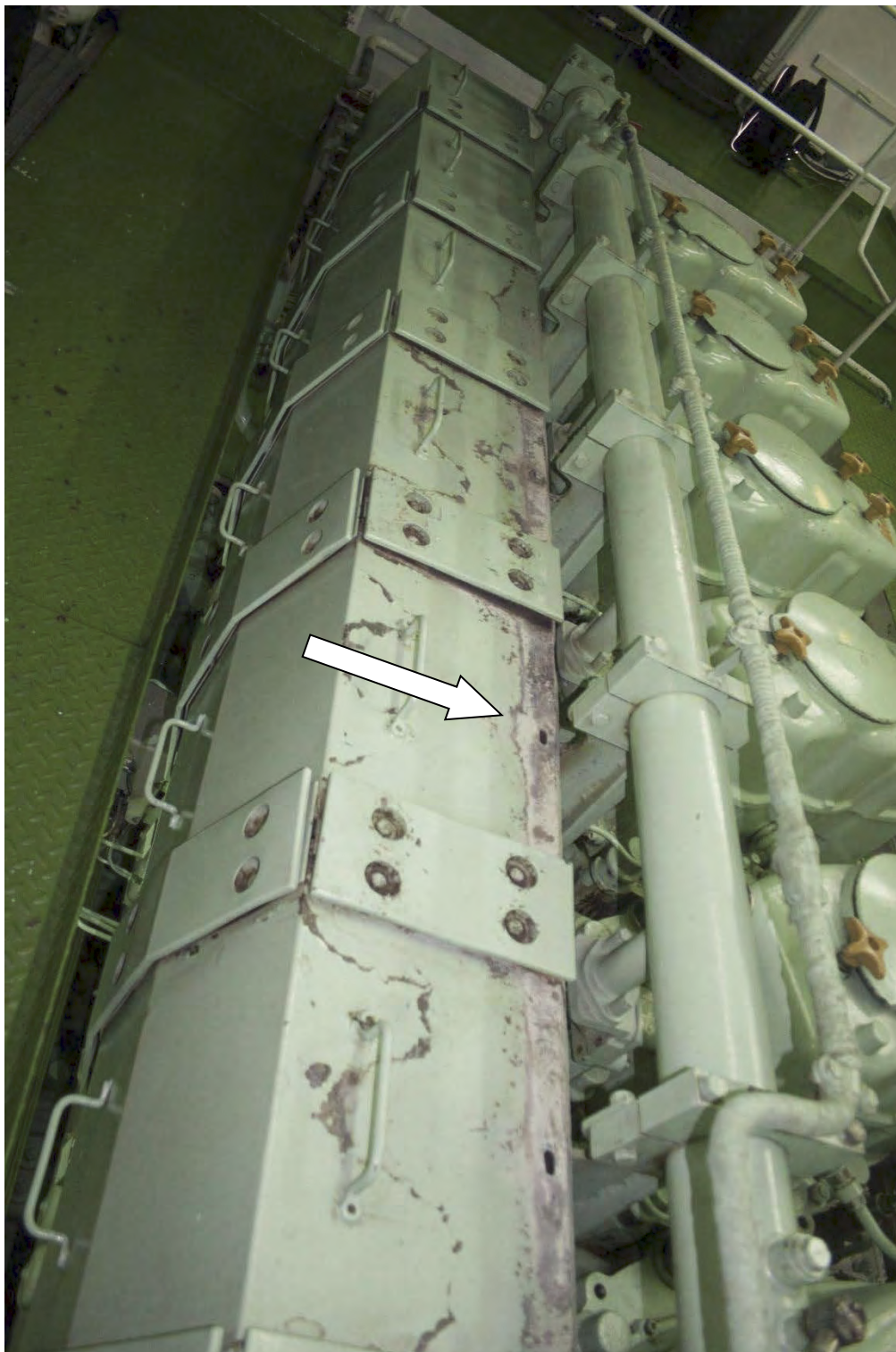
#### 4 Fotografier



**Foto 1** Indikatorkran 6 sett ovenfra.



**Foto 2** Indikatorkran 5 sett ovenfra.

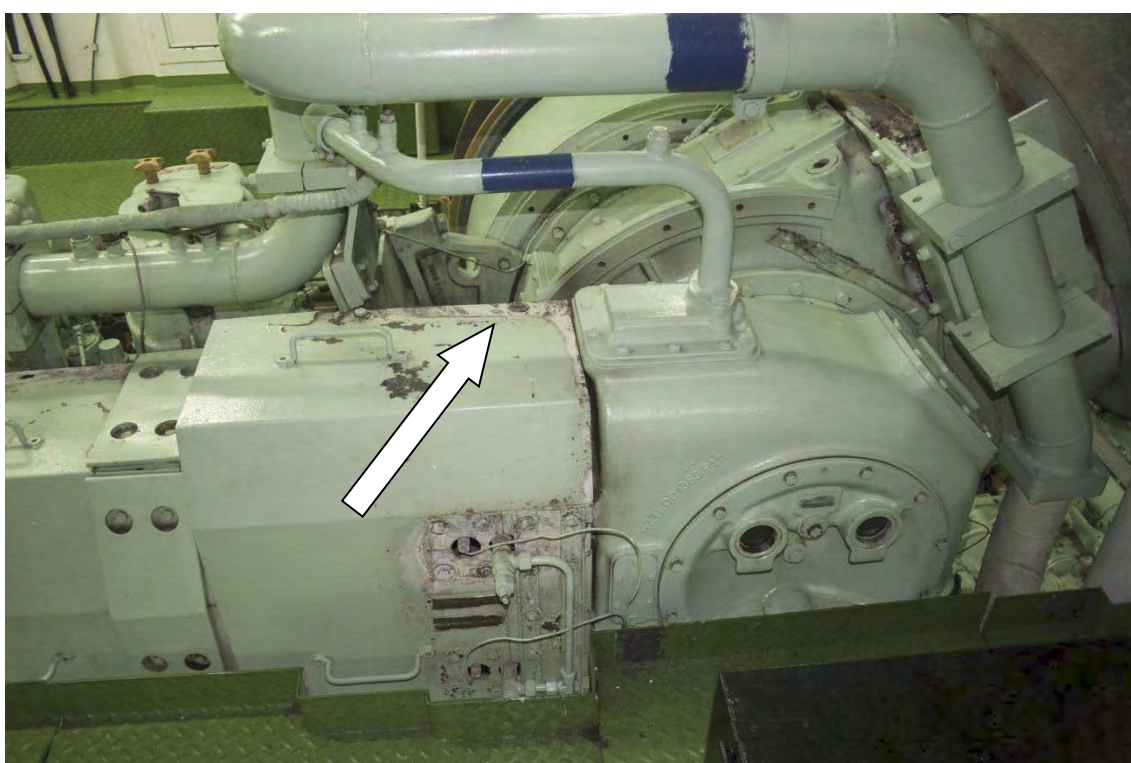
**Foto 3**

**Deksel rundt eksosmanifold. Lakken ser ut til å være varmepåvirket på aktre halvdel av dekselet, nærmest motorens senterlinje. Pilen peker på punktet som er referert til som "eksosmanifold topp" i temperaturtabellene.**

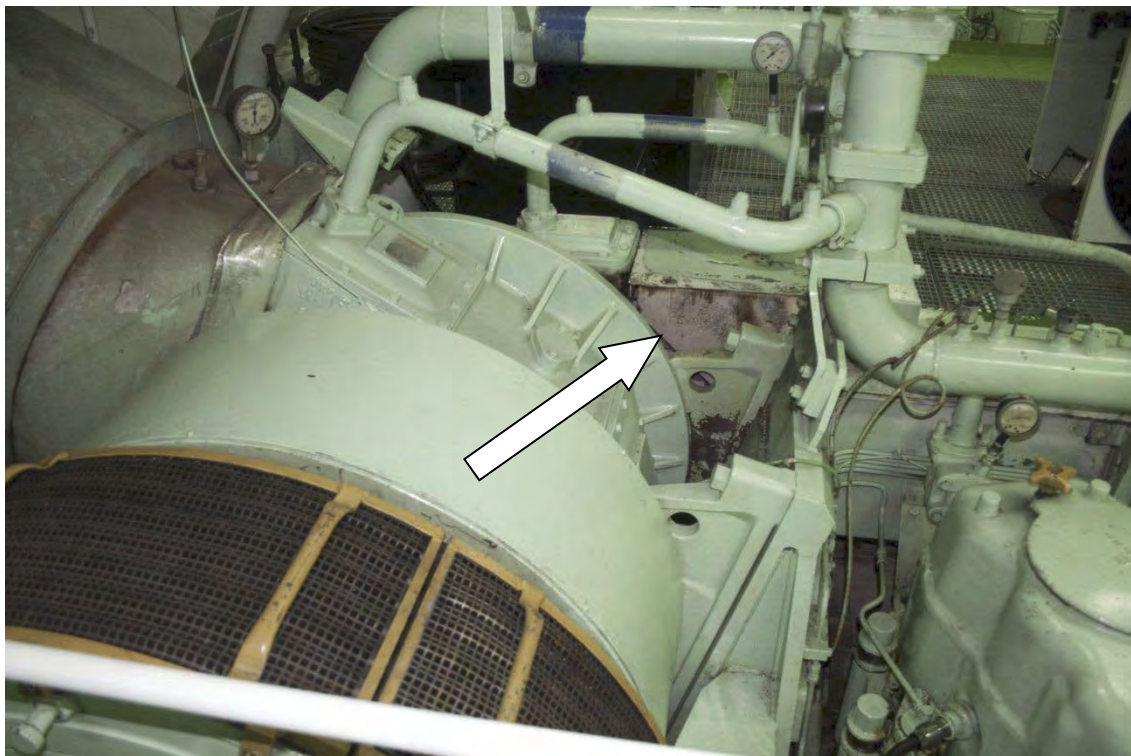




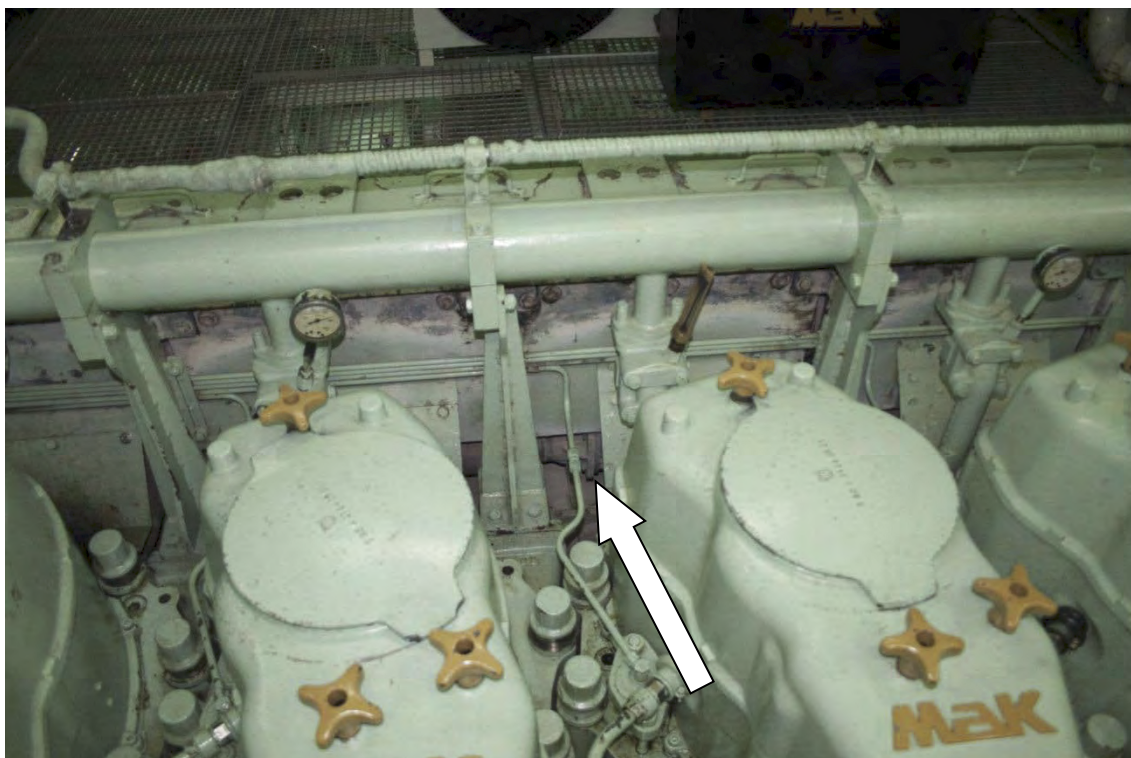
**Foto 4** Deksel rundt eksosmanifold. Lakken ser ut til å være varmepåvirket.



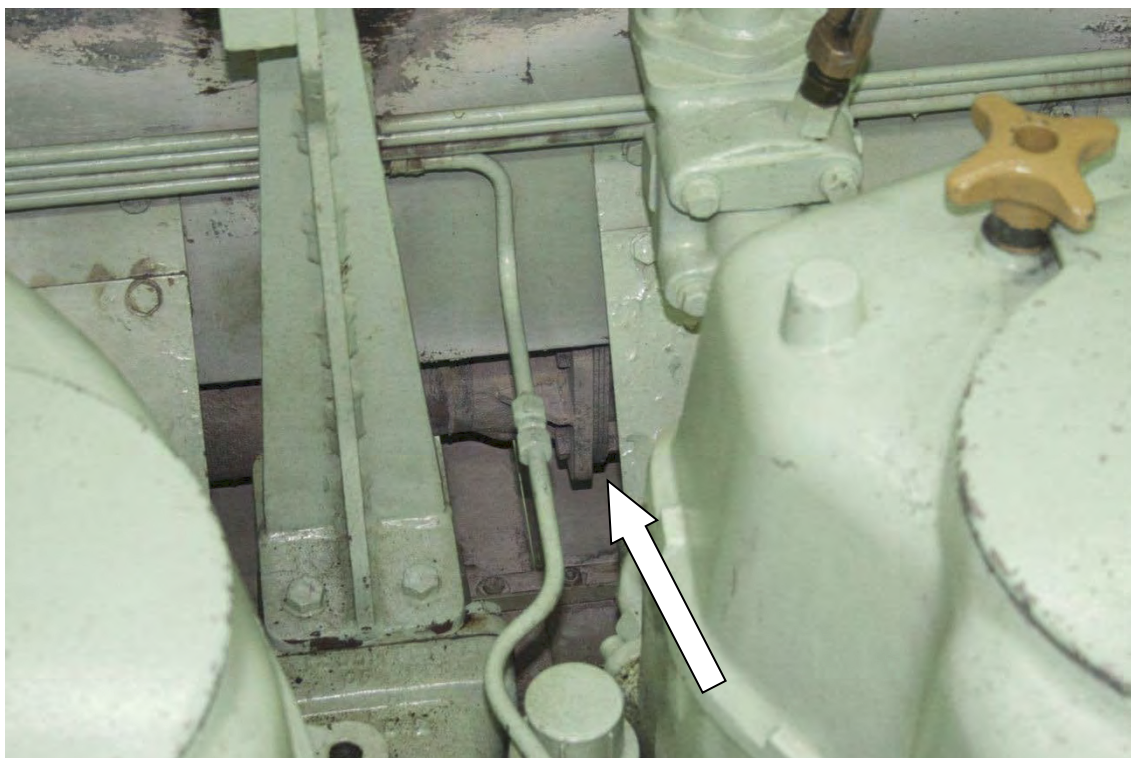
**Foto 5** Overgangen fra eksosmanifolden til turboladeren. Ser tendenser til varmepåvirket lakk.



**Foto 6** Overgang fra eksosmanifold til turbolader sett fra motsatt side (fra styrbord) i forhold til Foto 5. Pilen peker på punktet som er referert til "overgang mot turbolader" i temperaturtabellene.



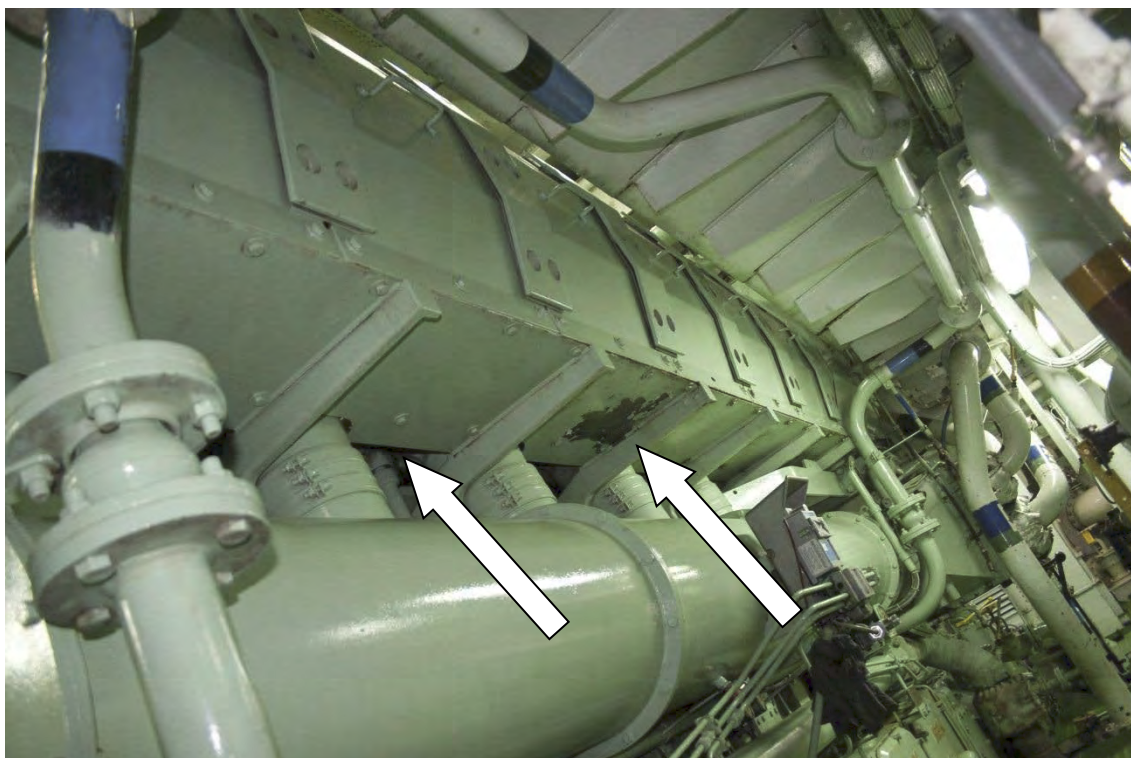
**Foto 7** Eksosmanifold sett fra styrbord side. Pilen peker på punktet som er referert til "eksosmanifold flens" i temperaturtabellene.



**Foto 8** Pilen peker på punktet som er referert til "eksosmanifold flens" i temperaturtabellene.



**Foto 9** Sylider, fuelpumpe og indikatorkranter sett ovenfra. Linjestykke *a* angir avstanden mellom fuelpumpe og indikatorkran til venstre ( $a = 24$  cm) og linjestykke *b* angir avstanden mellom fuelpumpe og indikatorkran til høyre ( $b = 42$  cm).



**Foto 10** Bildet viser avskalling av lakk oppunder babord side av styrbord hovedmotor (høyre pil). Venstre pil peker på punktet hvor sylindertemperaturen for hver sylinder ble målt.



**Foto 11** Detalj av avskalling av lakk oppunder babord side av styrbord hovedmotor.

## SERVICE RAPPORT VF-4639

Fartøy / Objekt	Nordlys
Kunde	Maritim Motor AS
Kontaktperson / Tlf.nr.	Andre Langstein Mob 91644900
Type	6V92TA
Drift	Nød generator
Modell	8063-7405
Serienr.	06VF202175
Gangtid	111,1 timer
Anlegg	Nød generator

Oppdrag (merk av):	Kort beskrivelse: Overhaling av motor etter varmkjøring.
Oppstått problem	
Reklamasjon	
<input checked="" type="checkbox"/> Planlagt/avtalt service	

Dato	Beskrivelse	Mek	Ord.	50%	100%	12 t	>12t	Diett
27/9	Reist til Ålesund og Fiskerstrand verft. Demontert stempler, foringer, blåser og ladeluft kjøler. Tatt med deler og reist til Maritim Motor sitt verksted. 4 av stempelstakene var defekt, bestilt nye.	TH	7,5	4,5	1			1
28/9	Satt sammen stempler og foringer, plugget topper og flyttet over endelokk på bytteblåser. Hentet deler på Vigra flyplass og reist til Fiskarstrand verft og fått om bord deler. Demontert vannpumpe.	TH	7,5	4,5				1
29/9	Montert vannpumpe, skiftet rammelager, montert stempler og foringer, montert bunnpanne. Montert topper og blåser+ div. vann og dieselslanger.	TH	7,5	4,5				1
30/9	Montert injektorer med nye rør og justert motor, montert ny turbo og manifoiler, skiftet alle vannslanger og fylt opp motor med vann. Fikk ikke startet motor da vi manglet motorolje. Pakket sammen verktøy og reist tilbake til Bergen.	TH	7,5	4,5	1			1

Besøksadresse:  
Damsgårdsveien 131  
5162 Laksevåg

Postadresse:  
Postboks 36 Laksevåg  
5847 Bergen

Internett:  
[www.bergendieselcontact.no](http://www.bergendieselcontact.no)  
E-post:

Telefon:  
+47 55 94 78 60  
Telefaks:



# MARITIM MOTOR A/S

## Visitreport

Customer	:	Nordlys
Date report	:	03-10-2011
Location	:	Tomrefjord
Report made by	:	Marius Lyngvær
Copy to	:	Ronny Vik Ove Paulsen (Takstmann) Jimmy Johansen (Chief)
Starting date of inspection	:	26-09-2011
Place of inspection	:	Fiskerstrand Verft
Reason	:	Havari
Present	:	Marius Lyngvær Thor Hermansen Ove Paulsen Jimmy Johansen
Engine type	:	Detroit 6V-92
Application	:	Gen set
Engine number	:	203173
Engine RPM	:	1800
Engine power output	:	355hp
Running hour	:	111



**Nordlys**

Telefon (47) 71 18 22 70 Info@maritim- motor.no	Telefaks (47) 71 18 20 14	Adresse Trohaugen N-6393 Tomrefjord Norway	Bankgiro 4060.27.03446	Foretaksnummer NO 997 114 949 MVA
--	------------------------------	---	---------------------------	--------------------------------------



# MARITIM MOTOR A/S

## SERVICE DETROIT 6V-92 NØDAGGREGAT MS NORDLYS

### Oppdrag

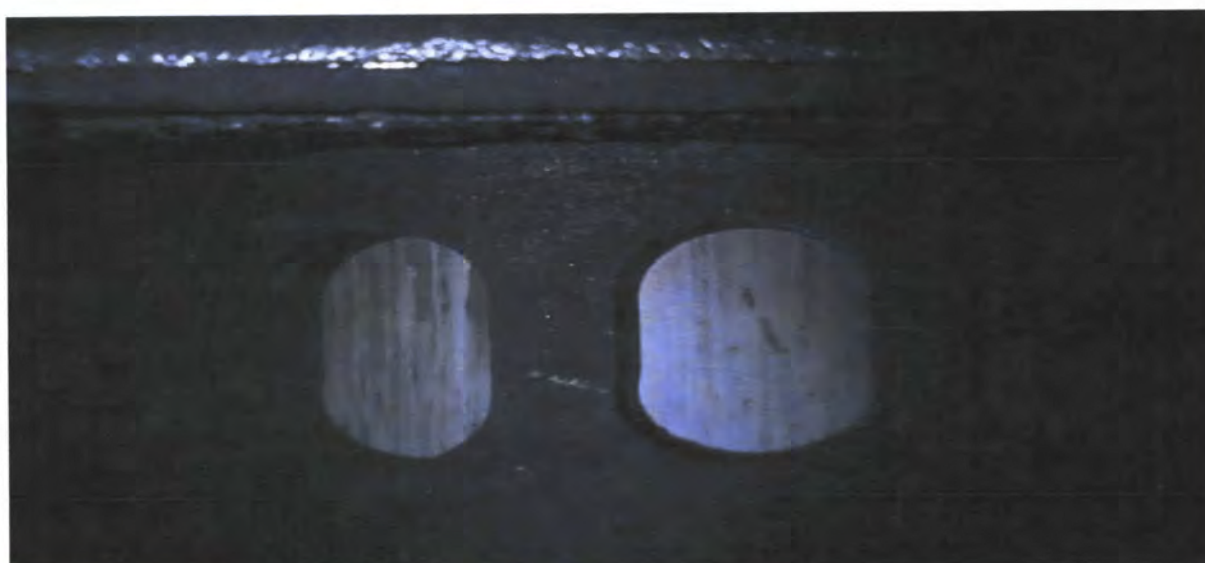
Vegard Eid representant fra Fiskerstrand Verft AS ringte til oss, og ville ha folk til å se på nød aggregatet på Nordlys.  
Motoren hadde stoppet, og den var trolig havareert.

26-09-2011

Startet dagen på verkstedet 07.00, reiste deretter ut til fiskerstrand verft. Begynte jobben med og turne motoren, men uten hell. Tok ut injektorene, fortsatt fast. Pratet da med Ove Paulsen, vi ble enige om at bunnpannen måtte ned og topper av.



Ser godt at det har hvert veldig varmt.



Ser rivninger på stempel.

Telefon (47) 71 18 22 70 Info@maritim- motor.no	Telefaks (47) 71 18 20 14	Adresse Trohaugen N-6393 Tomrefjord Norway	Bankgiro 4060.27.03446	Foretaksnummer NO 997 114 949 MVA
--	------------------------------	---	---------------------------	--------------------------------------



Når jeg fikk av toppene var det klart at det hadde revet seg på flere sylindere. Slutt 20.30

27-09-2011

Startet dagen på verkstedet til Maritim Motor AS 07.00, reiste til Vigra for å hente Thor Hermansen fra Bergen Diesel Contact. Ankom verftet og gikk i gang med å dra stempler, så da at alle måtte byttes. Da vi dro foringene så vi at blokken hadde fått blåfarge pga varmen.



Telefon (47) 71 18 22 70 Info@maritim- motor.no	Telefaks (47) 71 18 20 14	Adresse Trohaugen N-6393 Tomrefjord Norway	Bankgiro 4060.27.03446	Foretaksnummer NO 997 114 949 MVA
--	------------------------------	---	---------------------------	--------------------------------------





# MARITIM MOTOR AS

Da var neste steg å sjekke ramme lagrene, men det var i orden. Etter en telefon til Ove Paulsen ble vi enige om at alle lagrene skulle byttes uansett.



Alt av deler ble pakket i bilen og fraktet til Maritim Motor AS sitt verksted for overhaling  
Slutt 20.00

28-09-2011

07.00 overhaling og montering av deler skjedde på verkstedet. Deretter ble delene fraktet til Fiskersrand Verft og tatt ombord. Slutt 20.00

29-09-2011

Startet 07.00

Tok bytting av ramme lager, endeseiling ble på 0,12 mm. Så ble vannpumpen montert pluss rengjøring av motor blokka

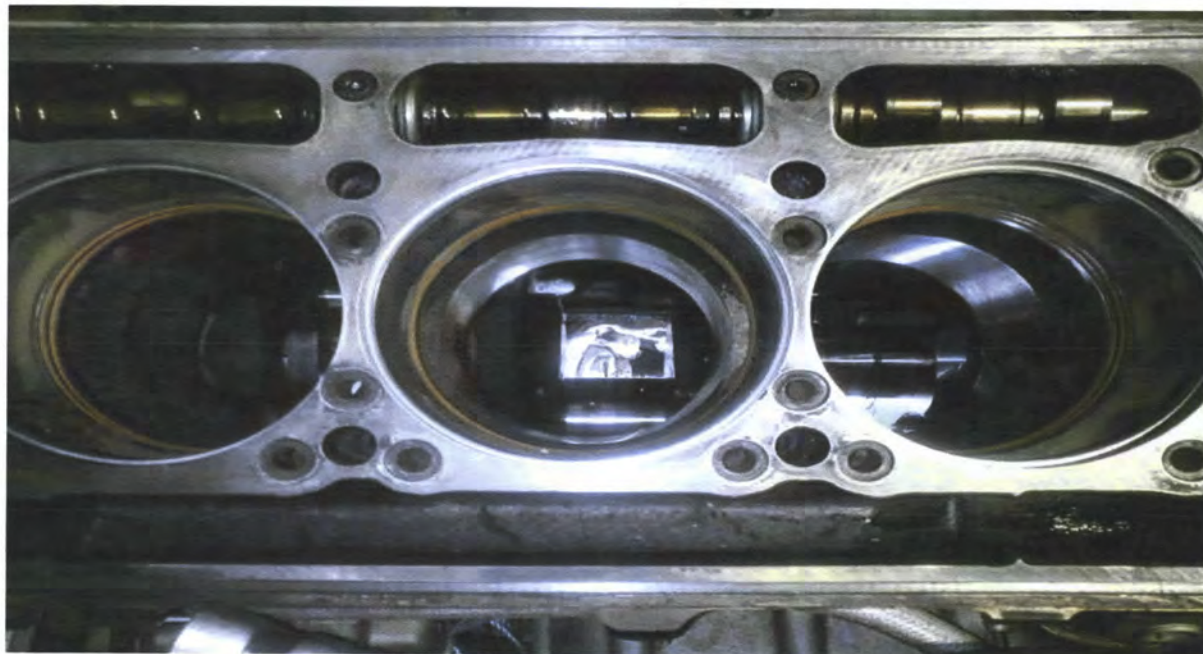
Slutt 19.30

Telefon (47) 71 18 22 70 Info@maritim- motor.no	Telefaks (47) 71 18 20 14	Adresse Trohaugen N-6393 Tomrefjord Norway	Bankgiro 4060.27.03446	Foretaksnummer NO 997 114 949 MVA
--	------------------------------	---	---------------------------	--------------------------------------



30-09-2011

Startet 07.00



Fortsatte rengjøringen av motor blokken og o-ringer montert, klar for foring og stempler.



Alle stempler mont.

Telefon (47) 71 18 22 70 Info@maritim- motor.no	Telefaks (47) 71 18 20 14	Adresse Trohaugen N-6393 Tomrefjord Norway	Bankgiro 4060.27.03446	Foretaksnummer NO 997 114 949 MVA
--	------------------------------	---	---------------------------	--------------------------------------



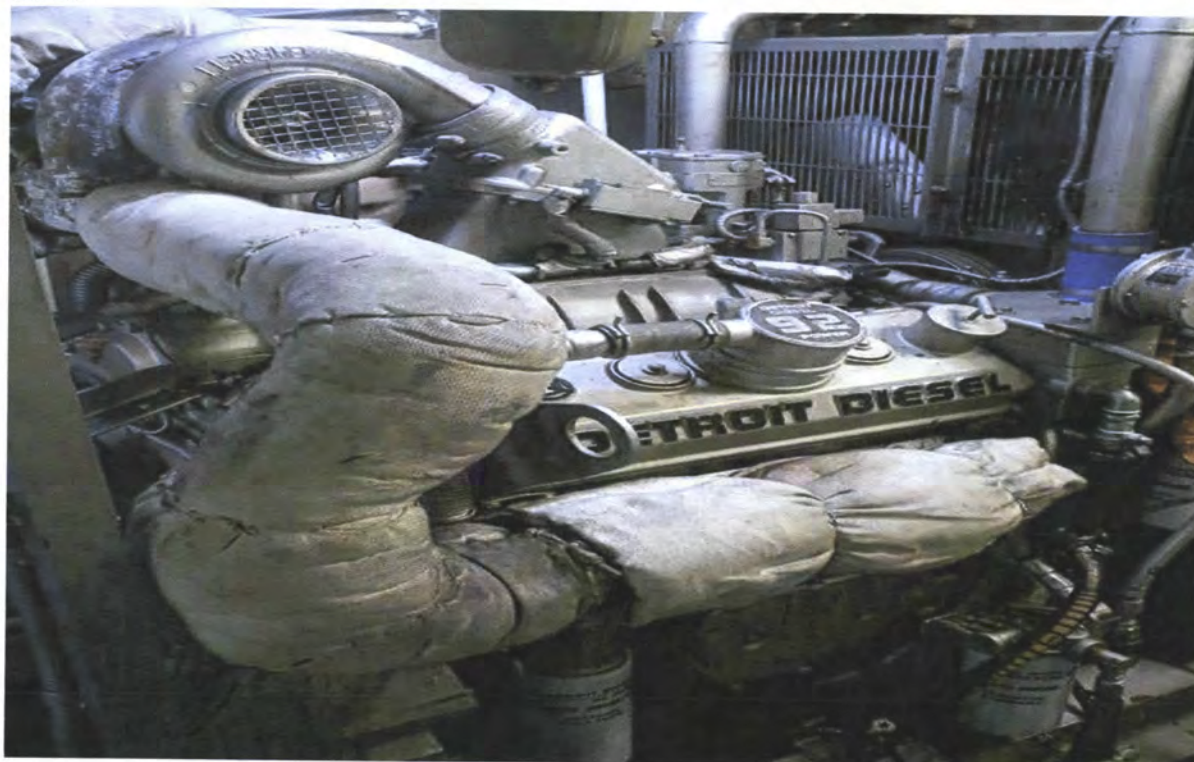
# MARITIM MOTOR A/S



Motoren nesten ferdig montert, slutt 20.00

30-09-2011

Startet 07.00 og motoren var ferdig montert ca 15.30, men pga mangel på olje ble oppstart utsatt.



Telefon (47) 71 18 22 70 Info@maritim- motor.no	Telefaks (47) 71 18 20 14	Adresse Trohaugen N-6393 Tomrefjord Norway	Bankgiro 4060.27.03446	Foretaksnummer NO 997 114 949 MVA
--	------------------------------	---	---------------------------	--------------------------------------



---

# TECHNICAL REPORT

---

## HURTIGRUTEN ASA

NORDLYS  
DNV ID 17826  
IMO No 9048914

STABILITY CALCULATIONS AFTER DAMAGE

REPORT No. 2011-1387

REVISION No. 0

DET NORSKE VERITAS

DET NORSKE VERITAS



## TECHNICAL REPORT

Date of first issue: 2011-11-09	Project No.: PP024830
Approved by: Anne Marie Kristensen Head of Group <i>Anne Marie Kristensen</i>	Organisational unit: Ship Hydrodynamics and Stability
Client: Hurtigruten ASA	Client ref.: Kurt Grunstad

DET NORSKE VERITAS AS  
Maritime Technology and  
Production Centre  
*Maritime Technical Consultancy*  
Veritasveien 1  
1322 Høvik  
Norway  
Tel: +47 67 57 99 00  
Fax: +47 67 57 99 11  
<http://www.dnv.com>  
Org. No: NO 945 748 931 MVA

### Summary:

This report contains damage stability analysis of the vessel based on the damage situation by quay in Ålesund.

It is hard to establish the exact rate of leakage into cargo hold 1 and the accommodation above. A number of intermediate conditions are therefore examined.

The vessel will not reach a stable condition with full flooding of the compartments where sea water entered during the accident. The vessel will be unstable during most of the intermediate flooding stages as well.

The damage, in way of the stabilizer fin, is submerged in all conditions. Any condition with sufficient heel to lift the damage out of the water will not improve the situation since other openings on the port side will be submerged and water will enter the same compartments.

Report No.: 2011-1387	Subject Group:
Report title: NORDLYS – Stability calculations after damage	
Work carried out by: Ingar Sarnes <i>Ingar Sarnes</i>	
Work verified by: Anne Marie Kristensen <i>Anne Marie Kristensen</i>	
Date of this revision: 2011-11-09	Rev. No.: 0
Number of pages: 18+appendix	

### Indexing terms

Key words CAR FERRY STABILITY DAMAGE	Service Area
	Market Sector

- No distribution without permission from the client or responsible organisational unit (however, free distribution for internal use within DNV after 3 years)
- No distribution without permission from the client or responsible organisational unit.
- Strictly confidential
- Unrestricted distribution

© 2002 Det Norske Veritas AS

All rights reserved. This publication or parts thereof may not be reproduced or transmitted in any form or by any means, including photocopying or recording, without the prior written consent of Det Norske Veritas AS.

---

**TECHNICAL REPORT**

---

<b><i>Table of Content</i></b>		<b><i>Page</i></b>
1	INTRODUCTION .....	1
2	PARTICULARS .....	1
3	CONCLUSIONS.....	2
4	INSPECTION .....	3
5	THE DAMAGE .....	4
6	FLOODING .....	6
6.1	Overview of flooded compartments	7
6.2	Flooded compartments	8
6.3	Sketch of flooding	12
7	DAMAGE CALCULATIONS .....	15
8	REFERENCES.....	16

---

**TECHNICAL REPORT**

---

## 1 INTRODUCTION

DNV's section Ship Hydrodynamics and Stability was contacted to examine the vessel in damage condition whether the damage would come out of water if the vessel would be further flooded.

During an engine room fire the vessel was put along a quay in Ålesund, Norway, to extinguish the fire with aid from shore. During the docking the starboard stabilizer fin were bent and made a hole in the side shell leading water into cargo hold 2. Progressive flooding occurred and lead to a angle of heel of about 20 degrees which was increasing.

This report examines whether the damage would come out of the water at increased flooding and heel, and whether the vessel would have reached a equilibrium stage in case pumping was not possible.

Any close examination of leakages are not carried out. Some possible means of leakage for the compartments are indicated.

## 2 PARTICULARS

- |                                 |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| ▪ IMO number                    | 9048914                               |
| ▪ DNV id number                 | 17826                                 |
| ▪ DNV class                     | ROPAX (+1A1 Car Ferry A)              |
| ▪ LOA=                          | 121.8m / LBP=103.8m / B=19.2m         |
| ▪ Max draught =                 | 4.70 m                                |
| ▪ Maximum number of passengers: | 690                                   |
| ▪ Numbers of cars:              | 45                                    |
| ▪ Keel laid:                    | 1992 / Delivered: 1994                |
| ▪ Yard:                         | Volkswerft – Stralsund, Germany       |
| ▪ Flag:                         | Norway (NOR)                          |
|                                 | Stability approval carried out by NMD |
|                                 | Not enrolled in DNV ERS               |
| ▪ Damage stability level        | One compartment damage                |

## TECHNICAL REPORT

### 3 CONCLUSIONS

The rate of leakage can not be established with sufficient accuracy. A number of intermediate conditions are therefore examined.

The vessel would not survive full flooding of the compartments who contained sea water during the accident. Nor would the vessel withstand most of the intermediate flooding stages.

The damage is submerged in all conditions. Any condition with sufficient heel to lift the damaged area out of the water will not make any change since other openings on the port side are submerged and let water into the same compartments.

The vessel is designed to withstand damage to one section of the vessel like cargo hold 2 and the compartments above. In this case water had entered 2 sections (cargo hold 2 and upwards, and cargo hold 1 and upwards), and in addition there was water on the car deck. Several levels of free surface occurred due to delay of the leakage into the forward compartments.

Damages examined (compartments open to sea, same level as sea level):

Comp	D201	D202	D203	D204	D204B	D205	D206	D207	D208	D209	D211
R31										X	X
R32									X		X
R41	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
R42		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
R53				X	X		X	X	X	X	X
R64						X	X	X	X	X	X
STABP					X			X	X	X	X
SURVIVE	OK	OK	OK	???	???	OK	NO	NO	NO	???	NO

- R31            Cargo hold 1
- R32            Accommodation on deck 1
- R41            Cargo hold 2
- R42            Storage room on deck 1
- R53            Car deck
- R64            Nato storage
- Stabp         Stabilizer room on port side
- ???            Close to capsized; the uncertainties in the calculations or moderate forces applied like wind or waves will cause the vessel to capsize.



## TECHNICAL REPORT

## 4 INSPECTION

An onboard inspection was carried out 2011-09-28 at Fiskerstrand Verft AS. The purpose of the inspection was to find the floating position and the loading of the vessel at max heel, as exact as possible.

An overview was needed of what compartments were flooded and how much water there was in each compartment. In most compartments this was quite easy to read by the marks left on the bulkheads like in the photo below.



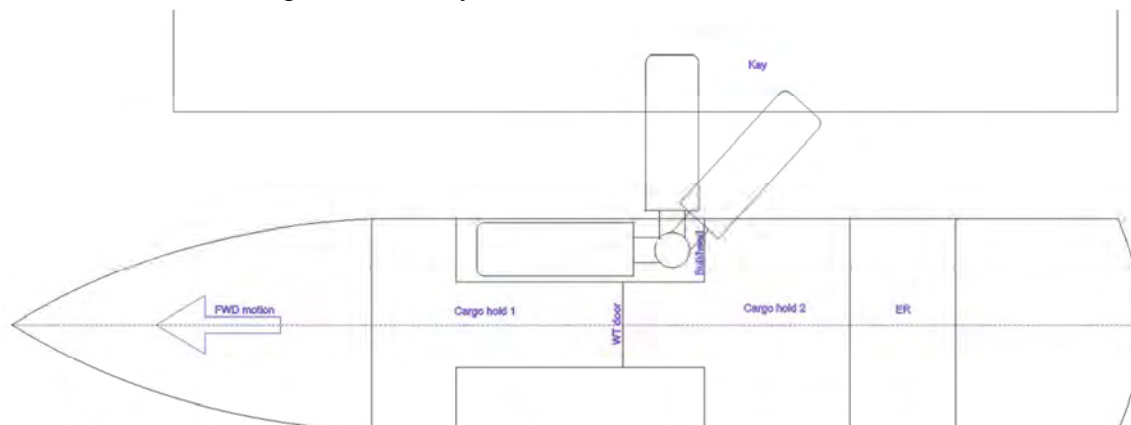
**Figure 4-1**

Picture of lashing room on car deck (#55 to #62) port side, aft of cargo lifts.

An overview of the tank contents was received from Fiskerstrand Verft AS. The estimated amount of cargo onboard is based on the information given DNV ERS (Emergency Response Service) and by the crew onboard the vessel during the inspection.

## 5 THE DAMAGE

The damage caused by the stabilizer fin was located at #76 on starboard side in Cargo Hold 2. The vertical centre was approximately 15-20 cm above the tank top. The opening was through the side shell into Cargo Hold 2 only.



**Figure 5-1**

Above is a sketch of how the damage occurred. The stabilizer fin was bent backwards causing the trailing edge (Figure 5-2) to cut open the side shell of cargo hold 2.

The size of the hole was reported to be about 30 cm long and 8 to 10 cm high.



**Figure 5-2**

Trailing edge of stabilizer fin.

## TECHNICAL REPORT

**Figure 5-3**

A repair had been carried out before the inspection, replacing the damaged area with new plating. The exact position of the damage was therefore not attainable. The bottom plating seen on the picture is the tank top.

**Figure 5-4**

The damage was behind a thick layer of insulation. The water flooded through the damage on the starboard side over to the port side since the vessel had a slight list to port side before the damage.

---

**TECHNICAL REPORT**

---

**6 FLOODING**

The only source leading sea water into the ship seems to be the damage from the stabilizer fin on starboard side in cargo hold 2. In addition there was some fresh water from fire extinguishing in the engine room.

By increased flooding, the draft increases and the vessel will achieve a greater angle of heel due to increased free surface effect. Non water tight openings on port side, like the loading ramp, will then be submerged.

In addition the scuppers (the drain pipes on the car deck) became submerged and water entered possibly the car deck.

The estimated amount of water in the compartments are based on tracks found on the bulkheads, deck and ceiling. These measurements are indicated on the enclosed drawings. The compartments were applied aft trim of 0,4 meter and the heel as indicated by the drawings.

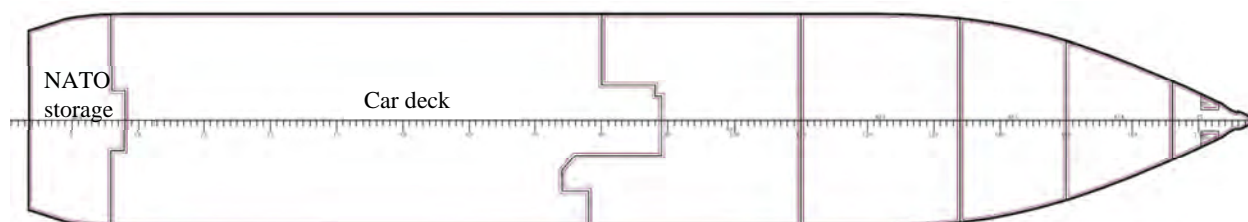
The measurements were used in NAPA where the model of the compartments were trimmed and inclined to find the volume of water needed to set the corresponding traces.

How water entered each compartment has not been closely examined and only possible accesses is listed in this report.

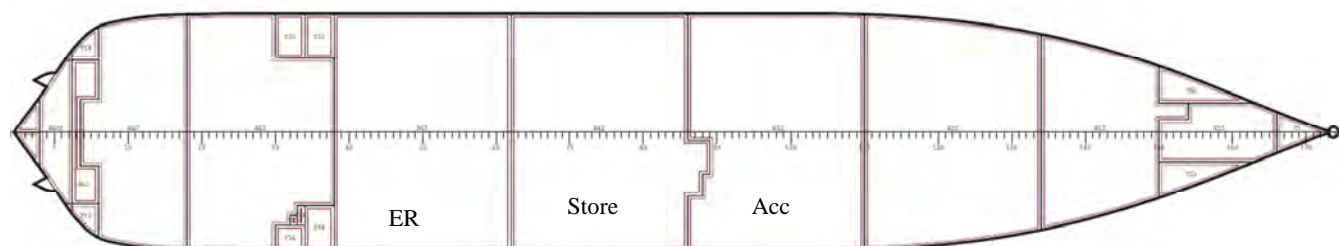
## TECHNICAL REPORT

## 6.1 Overview of flooded compartments

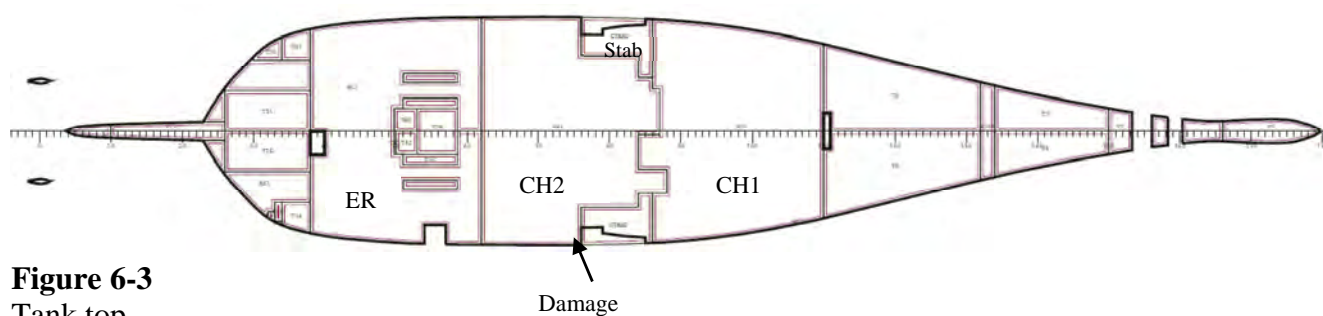
The marked compartments contained water. The engine room contained 50 m<sup>3</sup> of water from fire extinguishing and had no ingress of seawater. The other rooms were partially or fully flooded by seawater.



**Figure 6-1**  
Deck 2



**Figure 6-2**  
Deck 1



**Figure 6-3**  
Tank top

## 6.2 Flooded compartments

The following compartments were confirmed to have contained water:

- Refrigerated cargo hold 1 (R31):
  - Sea water
  - Water ingress possible through water tight door at #89,
  - and possible through drop down hatch in accommodation on deck 1 at #88 and #108. These hatches were closed at the inspection and had some water on top. It is therefore not likely they had a significant leak.
  - Estimated volume of water: 151,5 m<sup>3</sup>. The angle of heel based on the marks on the bulkhead is approximate 7 degrees. It is presumed that these marks have been set at another stage than the maximum heel. The estimated water level in the compartment is therefore based on the port most mark and an angle of heel of 21 degrees.
  - The hold was close to empty. The permeability is therefore set to 0,9.



**Figure 6-4**

The arrow shows the level of water. The insulation was dry above the arrow and wet below.

- Refrigerated cargo hold 2 (R41):
  - Sea water. Measured density 1,022 t/m<sup>3</sup>.
  - Water ingress from damage in side shell and forward bulkhead at #76.
  - Estimated volume of water: 436 m<sup>3</sup> (including cargo hold 3).

## TECHNICAL REPORT

- Partially filled by cargo. The permeability for both cargo hold 2 and cargo hold 3 is set to 0,62.



**Figure 6-5**

Trace of water is clearly seen on the bulkhead on starboard side of cargo hold 2.

- Refrigerated cargo hold 3 (part of R41):
  - Sea water
  - Not water tight separated from cargo hold 2 therefore treated as part of cargo hold 2 in the calculations.
  - Same water level as in cargo hold 2.
  - Close to full of cargo. See permeability of cargo hold 2.
- Engine room (R51):
  - Fresh water from fire fighting.
  - It was not possible to see marks from the water level.
  - 50 m<sup>3</sup> reported to have been pumped out.
- Lift shaft port side:
  - Sea water
  - Ingress of water possible from Cargo Hold 2, possible through flaps on loading ramp or through drain pipes on Car deck.
  - Estimated amount of water is included in Cargo hold 2 (R41), Stores (R42) and on car deck (R53).

## TECHNICAL REPORT

**Figure 6-6**

Aft part of lift shaft seen from deck 2.

- Accommodation on deck 1 (R32):
  - Sea water
  - Water reached starboard side of the port hallway.
  - The aft and forward cabins has drop down hatches to send water down to Cargo Hold 1. These hatches were closed with water on top at inspection. Unlikely to have had any significant leak.
  - Possible ingress of water through drop down hatches (unlikely) or possible through the water tight door at #86.
  - Estimated volume of water: 88,3 m<sup>3</sup>.
- Storage room on deck 1 (R42):
  - Sea water
  - Water ingress possible through the elevator shaft on port side or through the stairway from Cargo Hold 2 on starboard side.
  - It was not possible to find any traces of the maximum water level due to large amounts of soot from the fire in the engine room.
  - Estimated volume of water: 271,6 m<sup>3</sup>.
- Stabilizer room on port side (Stabp):
  - Sea water
  - Water ingress possible through the access trunk from Storage room on deck 1 (R42).
  - Estimated volume of water: 12,8 m<sup>3</sup>.



---

**TECHNICAL REPORT**

---

- Car deck (R53):
  - Sea water
  - Water has presumably entered from the elevator shaft and the drain pipes.
  - Estimated volume of water: 113 m<sup>3</sup>.

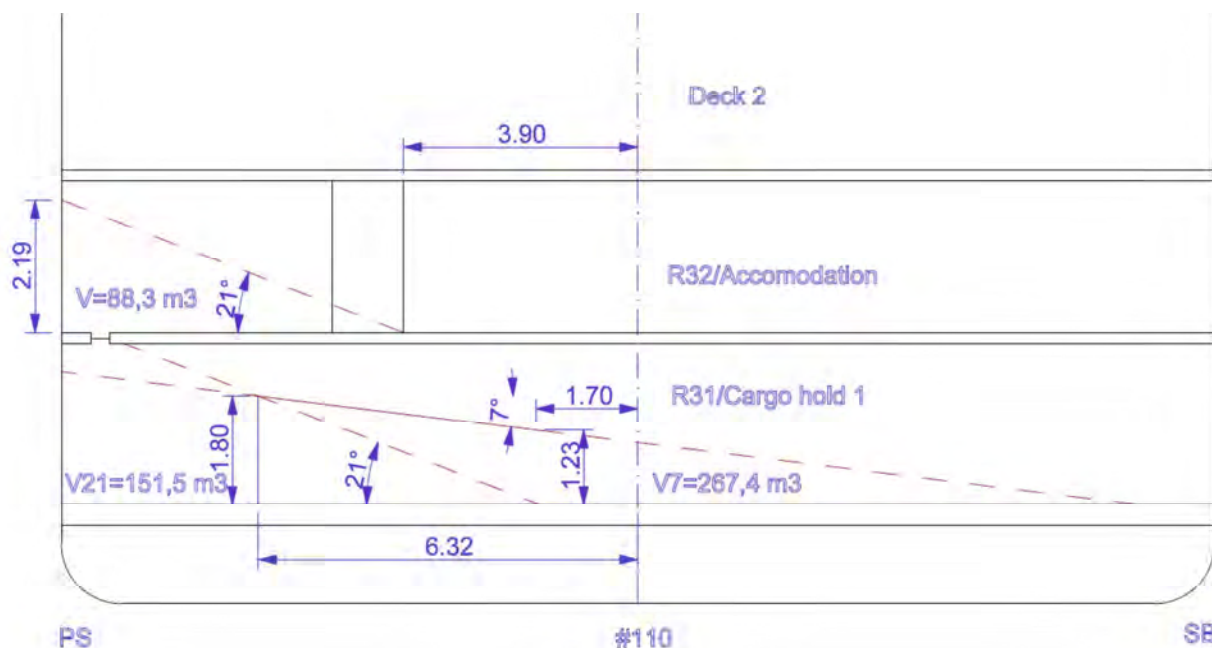
**Figure 6-7**

Car deck looking forward.

- NATO storage (R64):
  - Sea water
  - Estimated volume of water: 14 m<sup>3</sup>.

### 6.3 Sketch of flooding

Continuous red lines indicate clear traces of water. Dashed lines indicate presumed level.



**Figure 6-8**

In cargo hold 1 were two marks of water detected. As seen on the sketch above, the angle of heel made by the two positions gave a heel of 7 degrees. The port position was an insulated pipe where the insulation was dry above a certain level (see Figure 6-4). It is therefore presumed that this give the highest possible water level at maximum heel.

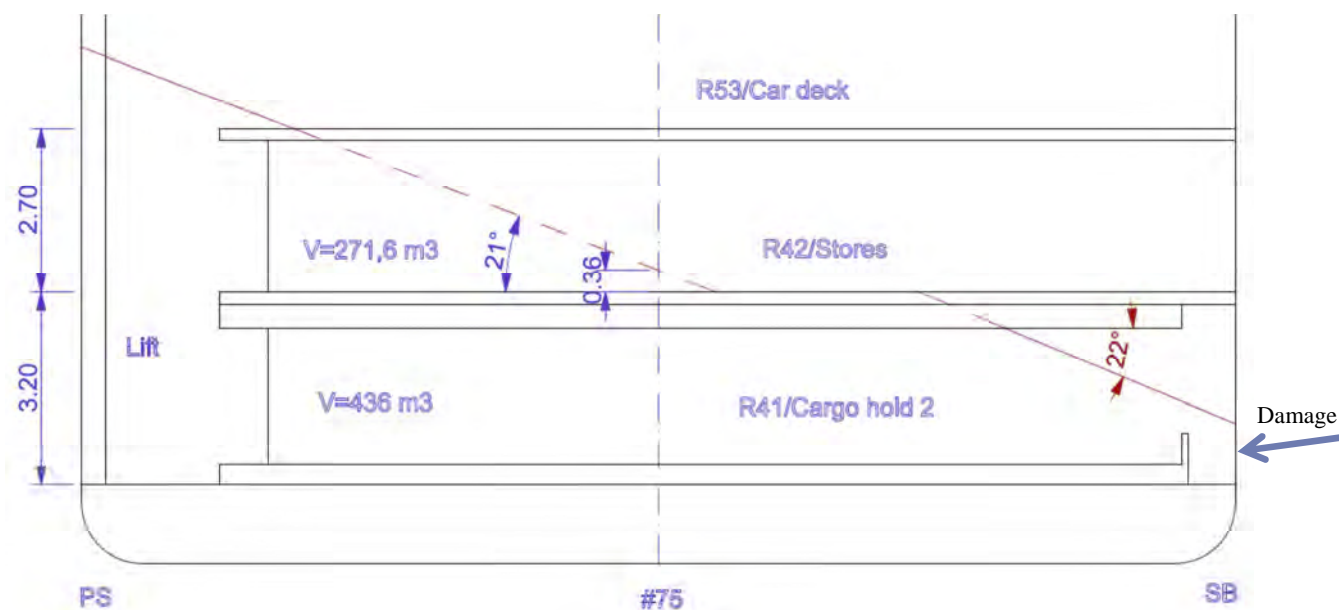
On deck 1 was water detected on the starboard side of the port corridor in the accommodation. The angle is presumed to be 21 degrees.

TECHNICAL REPORT



**Figure 6-9**

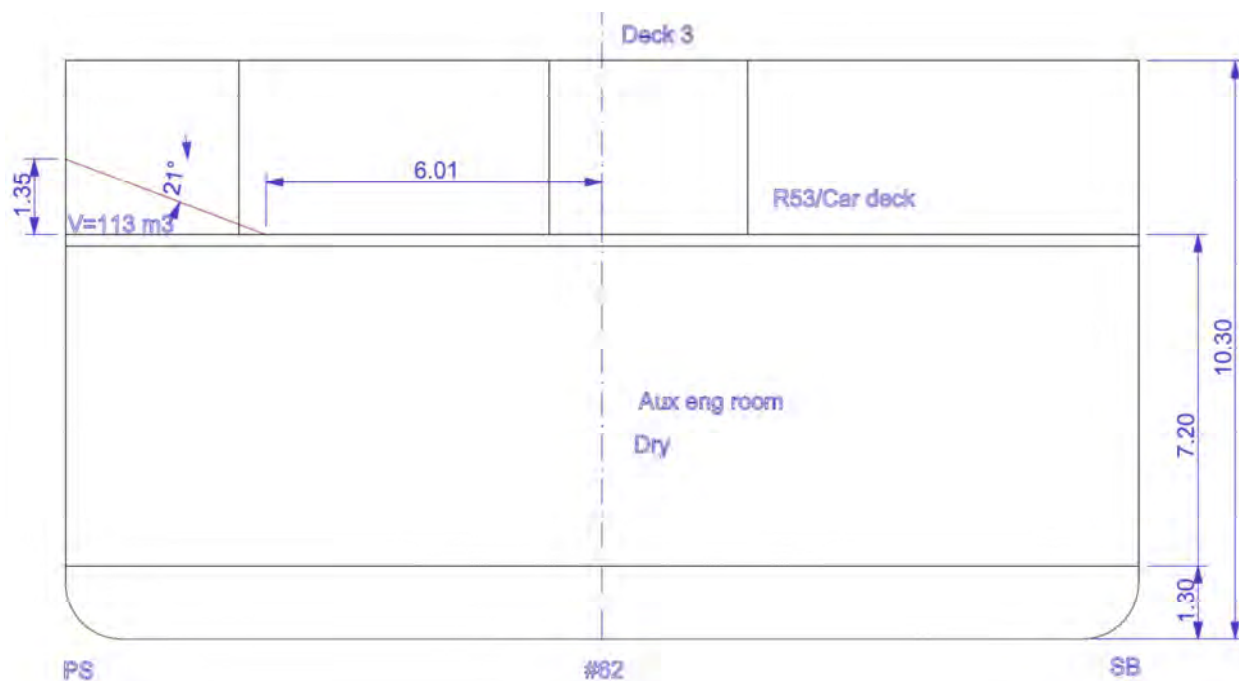
Marks on the side shell gave the maximum water level. The angle is presumed to be 21 degrees.



**Figure 6-10**

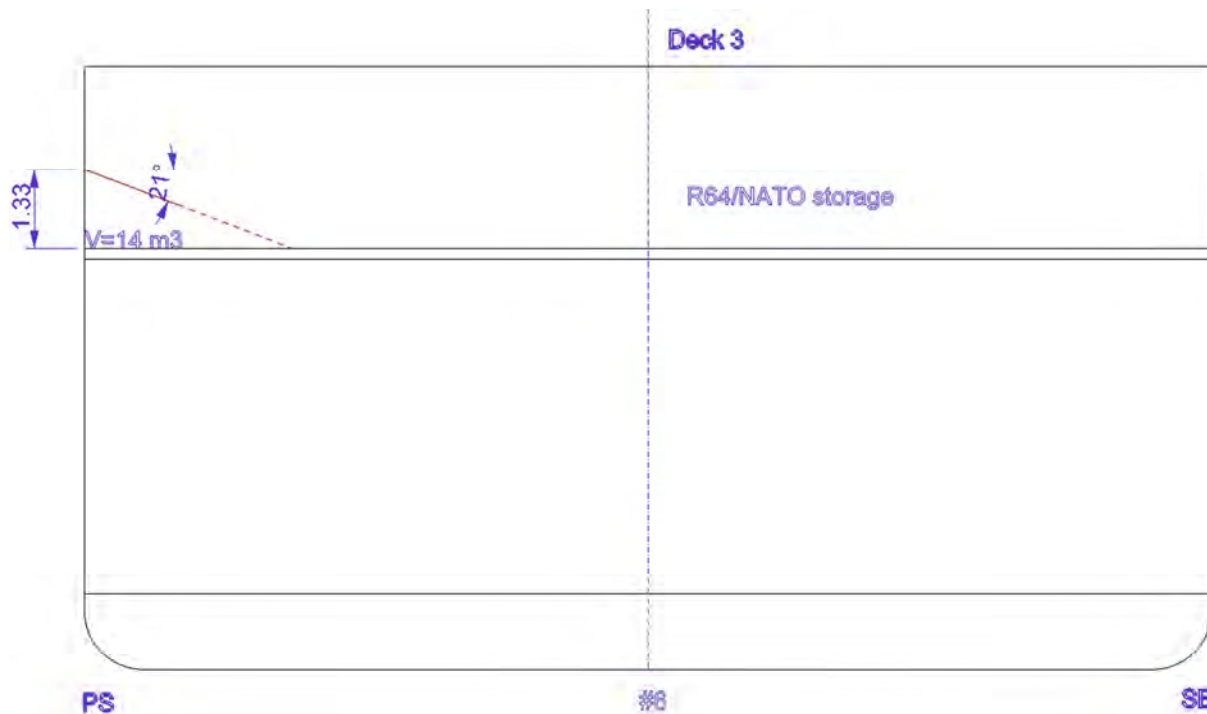
Clear traces of water were found on the longitudinal bulkhead in cargo hold 2 (see Figure 6-5). Traces were also found in the ceiling. There was not possible to find any traces in the store room on deck 1 due to a lot of soot. The level is therefore estimated based on the water level above on the car deck.

TECHNICAL REPORT



**Figure 6-11**

Several marks was made by the water on the car deck (see Figure 4-1, 6-6 and 6-7).



**Figure 6-12**

Some water was found in the NATO storage aft of the car deck.

## TECHNICAL REPORT

**7 DAMAGE CALCULATIONS**

Damages examined:

Comp	D201	D202	D203	D204	D204B	D205	D206	D207	D208	D209	D211
R31										X	X
R32									X		X
R41	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
R42		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
R53				X	X		X	X	X	X	X
R64						X	X	X	X	X	X
STABP					X			X	X	X	X
SURVIVE	OK	OK	OK	???	???	OK	NO	NO	NO	???	NO

- R31 Cargo hold 1
- R32 Accommodation on deck 1
- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck
- R64 Nato storage
- Stabp Stabilizer room on port side
- ??? Close to capsizing; the uncertainties in the calculations or moderate forces applied like wind or waves will cause it to capsize.

Water leaked into cargo hold 1 and the accommodation. The leak delayed the filling of these compartments. The other compartments were either close to or fully flooded. It is therefore presumed that the other compartments would be fully flooded first and then the forward compartments would follow.

## 8 REFERENCES

- /1/ NAPA model of sister vessel Richard With, modified based on measurements onboard Nordlys.
- /2/ Damage Control Plan, dwg no. 917.102-11.13.02:3.0.01
- /3/ Mounting of fin units, dwg no. SSK:624-0106-500
- /4/ Midship section, dwg no. 917.102-10.06:3.0.01
- /5/ Tank plan with contents measure by Fiskerstrand Verft AS

- o0o -

## TABLE OF CONTENTS

1	AMOUNT OF WATER DETECTED IN THE COMPARTMENTS . . . . .	.1
2	INITIAL CONDITION LD200 . . . . .	.3
2.1	Loads initial condition . . . . .	.4
2.2	Openings . . . . .	.9
2.3	Floating and flooding situation . . . . .	.9
3	DAMAGE STABILITY ANALYSIS . . . . .	.10
3.1	D201 Intermediate stage . . . . .	.11
3.1.1	Floating position . . . . .	.11
3.1.2	Water in damaged compartments . . . . .	.11
3.1.3	Floating and flooding situation . . . . .	.11
3.1.4	GZ-curve . . . . .	.12
3.1.5	Critical openings . . . . .	.14
3.2	D202 Intermediate stage . . . . .	.15
3.2.1	Floating position . . . . .	.15
3.2.2	Water in damaged compartments . . . . .	.15
3.2.3	Floating and flooding situation . . . . .	.15
3.2.4	GZ-curve . . . . .	.16
3.2.5	Critical openings . . . . .	.18
3.3	D203 Intermediate stage . . . . .	.19
3.3.1	Floating position . . . . .	.19
3.3.2	Water in damaged compartments . . . . .	.19
3.3.3	Floating and flooding situation . . . . .	.19
3.3.4	GZ-curve . . . . .	.20
3.3.5	Critical openings . . . . .	.22
3.4	D204 Intermediate stage . . . . .	.23
3.4.1	Floating position . . . . .	.23
3.4.2	Water in damaged compartments . . . . .	.23
3.4.3	Floating and flooding situation . . . . .	.23
3.4.4	GZ-curve . . . . .	.24
3.4.5	Critical openings . . . . .	.26
3.5	D204B Intermediate stage . . . . .	.27
3.5.1	Floating position . . . . .	.27
3.5.2	Water in damaged compartments . . . . .	.27
3.5.3	Floating and flooding situation . . . . .	.27
3.5.4	GZ-curve . . . . .	.28
3.5.5	Critical openings . . . . .	.30
3.6	D205 Intermediate stage . . . . .	.31
3.6.1	Floating position . . . . .	.31
3.6.2	Water in damaged compartments . . . . .	.31
3.6.3	Floating and flooding situation . . . . .	.31
3.6.4	GZ-curve . . . . .	.32
3.6.5	Critical openings . . . . .	.34
3.7	D206 Intermediate stage . . . . .	.35
3.7.1	Floating position . . . . .	.35
3.7.2	Water in damaged compartments . . . . .	.35
3.7.3	Floating and flooding situation . . . . .	.35
3.7.4	GZ-curve . . . . .	.36
3.7.5	Critical openings . . . . .	.38
3.8	D207 Intermediate stage . . . . .	.39
3.8.1	Floating position . . . . .	.39
3.8.2	Water in damaged compartments . . . . .	.39
3.8.3	Floating and flooding situation . . . . .	.39
3.8.4	GZ-curve . . . . .	.40

	3.8.5	Critical openings . . . . .	.42
3.9	D208	Intermediate stage . . . . .	.43
	3.9.1	Floating position . . . . .	.43
	3.9.2	Water in damaged compartments . . . . .	.43
	3.9.3	Floating and flooding situation . . . . .	.43
	3.9.4	GZ-curve . . . . .	.45
	3.9.5	Critical openings . . . . .	.47
3.10	D209	Intermediate stage . . . . .	.48
	3.10.1	Floating position . . . . .	.48
	3.10.2	Water in damaged compartments . . . . .	.48
	3.10.3	Floating and flooding situation . . . . .	.48
	3.10.4	GZ-curve . . . . .	.49
	3.10.5	Critical openings . . . . .	.51
3.11	D211	Equilibrium in all flooded compartments . . . . .	.52
	3.11.1	Floating position . . . . .	.52
	3.11.2	Water in damaged compartments . . . . .	.52
	3.11.3	Floating and flooding situation . . . . .	.52
	3.11.4	GZ-curve . . . . .	.53
	3.11.5	Critical openings . . . . .	.55



## 1 AMOUNT OF WATER DETECTED IN THE COMPARTMENTS

Trim is set to 0.4 m aft.

Heel is set to 21 degrees to port side.

These values were reported to DNV ERS (Emergency Response Service) during the accident. The deviations to the values above is commented and based on measurements made onboard.

## CARGO HOLD 1 (R31)

At 7 degrees of heel (see sketch in the report).

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
180	1.03	267.4	58.59	-3.35	2.03	255.0	58.72	-0.95

At 21 degrees of heel (see sketch in the report).

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
180	-0.72	151.5	58.45	-6.81	2.32	118.2	58.82	-6.35

## ACCOMODATION (R32)

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
219	-1.69	88.3	58.73	-7.71	5.22	87.2	58.77	-8.32

## CARGO HOLD 2 (R41)

At 22 degrees of heel (see sketch in the report).

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
102	4.41	436.0	46.56	-0.46	2.82	34.6	45.93	4.32

## STORAGE ROOM (R42)

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
36	0.01	274.6	44.49	-5.76	5.62	111.3	44.93	-4.40

## STABILIZER ROOM PORT SIDE (STABP)

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
150	-2.11	12.8	48.85	-8.13	1.88	20.8	48.79	-8.20

## CAR DECK (R53)

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
135	-2.71	113.0	24.83	-8.38	7.67	173.1	25.31	-10.09

## NATO STORAGE (R64)

GAUGE	H	VNET	CGX	CGY	CGZ	AWP	CGXA	CGYA
cm	m	m3	m	m	m	m2	m	m
133	-2.86	14.0	0.35	-8.21	7.62	25.8	0.05	-9.99

MS NORDLYS

Hurtigruta

Page 3

Damage Stability  
after incidentID17826  
D

## 2 INITIAL CONDITION LD200

This condition is based on tank content from the ship yard, loads given by the crew and water level in the compartments from inspection onboard.

The permeability for cargo hold 1 (R31) is set to 0.9. The cargo hold was close to empty containing 1 pallet truck, some ropes and a few collapsible containers.

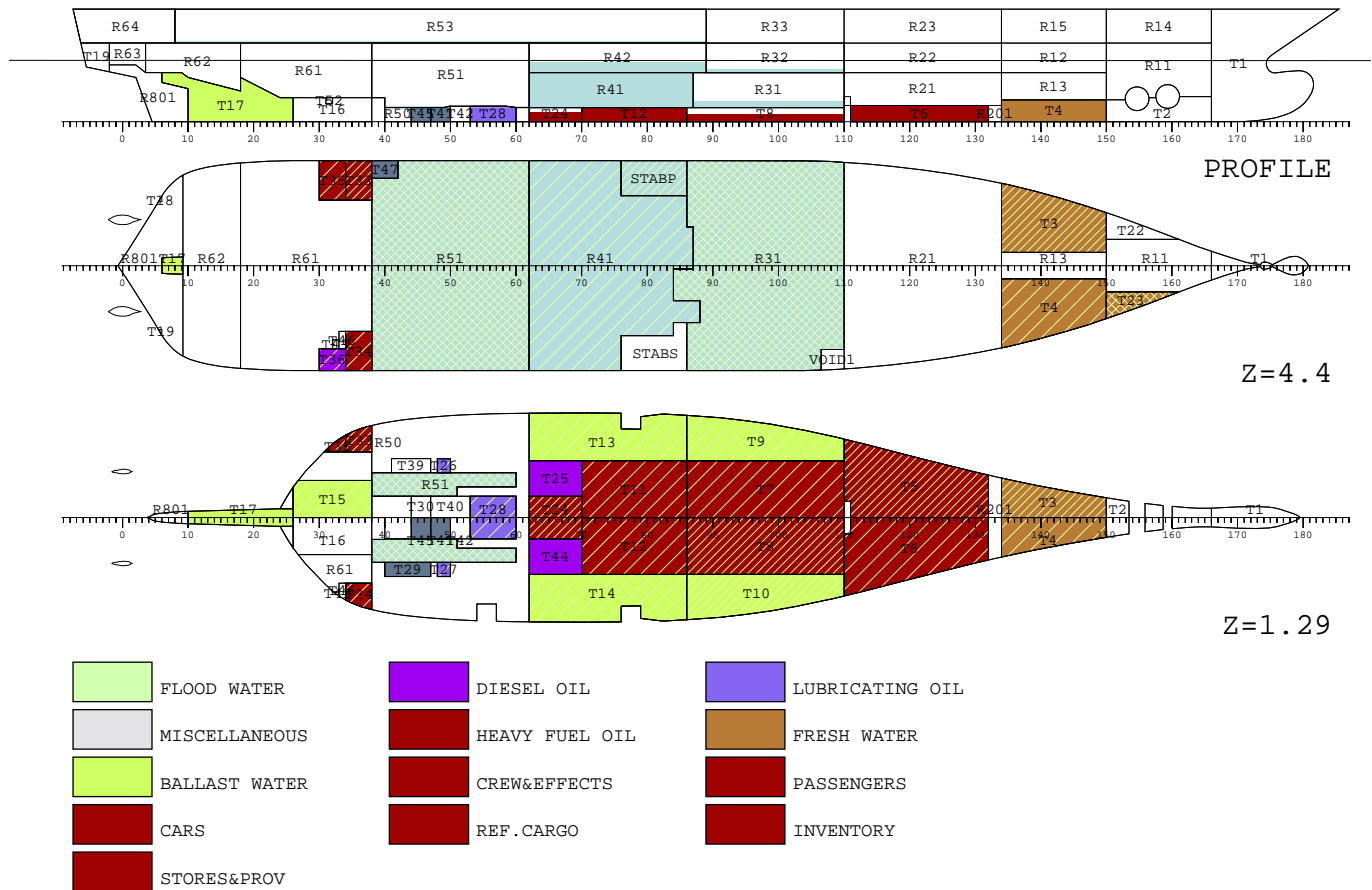
Cargo hold 2 (R41) is set to 0.62. Cargo hold 3, which in these calculations are treated as a part of cargo hold 2 since there is no water tight separation, was close to full leaving a space above the cargo of approximate 1 meter, while cargo hold 2 were approximately 1/3 full.

The permeability of the storage room (R42) is set to 0.8 based on information about the amount and type of cargo in the compartment.

The car deck (R53) was not full and based on the type of cars and the amount of water and type of cargo in the flooded area, the permeability is set to 0.9.

2.1 Loads initial condition

LOADING CONDITION LD210: Initial damage condition



LOADS

Item	Weight (t)	L.C.G. (m)	T.C.G. (m)	V.C.G. (m)	Frs.mom. (tm)
FLOOD WATER	1167.5	45.41	-0.10	3.73	65371.9
DIESEL OIL	50.4	32.81	2.84	1.79	24.5
LUBRICATING OIL	37.5	32.85	0.00	0.55	27.5
MISCELLANEOUS	22.1	26.50	-0.06	1.37	0.0
HEAVY FUEL OIL	433.3	49.37	-0.34	1.20	875.0
FRESH WATER	185.5	84.83	0.46	2.19	149.0
BALLAST WATER	259.4	36.65	-1.07	0.96	279.0
CREW&EFFECTS	1.0	63.00	0.00	10.00	0.0
CARS	19.0	28.58	0.00	6.56	0.0
REF. CARGO	40.0	50.20	0.00	2.90	0.0
INVENTORY	30.0	45.00	0.00	10.00	0.0
STORES&PROV	60.0	25.00	0.00	6.00	0.0
Deadweight	2305.7	47.09	-0.13	2.85	66726.9
Lightweight	5555.9	47.42	-0.04	9.59	
Displacement (1.025 t/m3)	7861.6	47.32	-0.07	7.61	66726.9

MS NORDLYS

Hurtigruta

Page 5

Damage Stability

ID17826

after incident

D

## FLOATING POSITION

Mean draught (moulded)	5.17 m	KM about the moulded base	9.60 m
Draught at AP (moulded)	5.15 m	KG above the moulded base	7.61 m
Draught at FP (moulded)	5.19 m	GM0 (solid)	1.99 m
Trim (by stern)	-0.04 m	Free surface correction	-8.49 m
Heeling to port side	-19 deg	GM (fluid)	-6.50 m

Draught	Trim	Minimum GM from damage
5.170	-0.044	9999.900

## Calculation arguments:

Speed: 18 knots

Moment by Pass. Crowding: 477.8 m

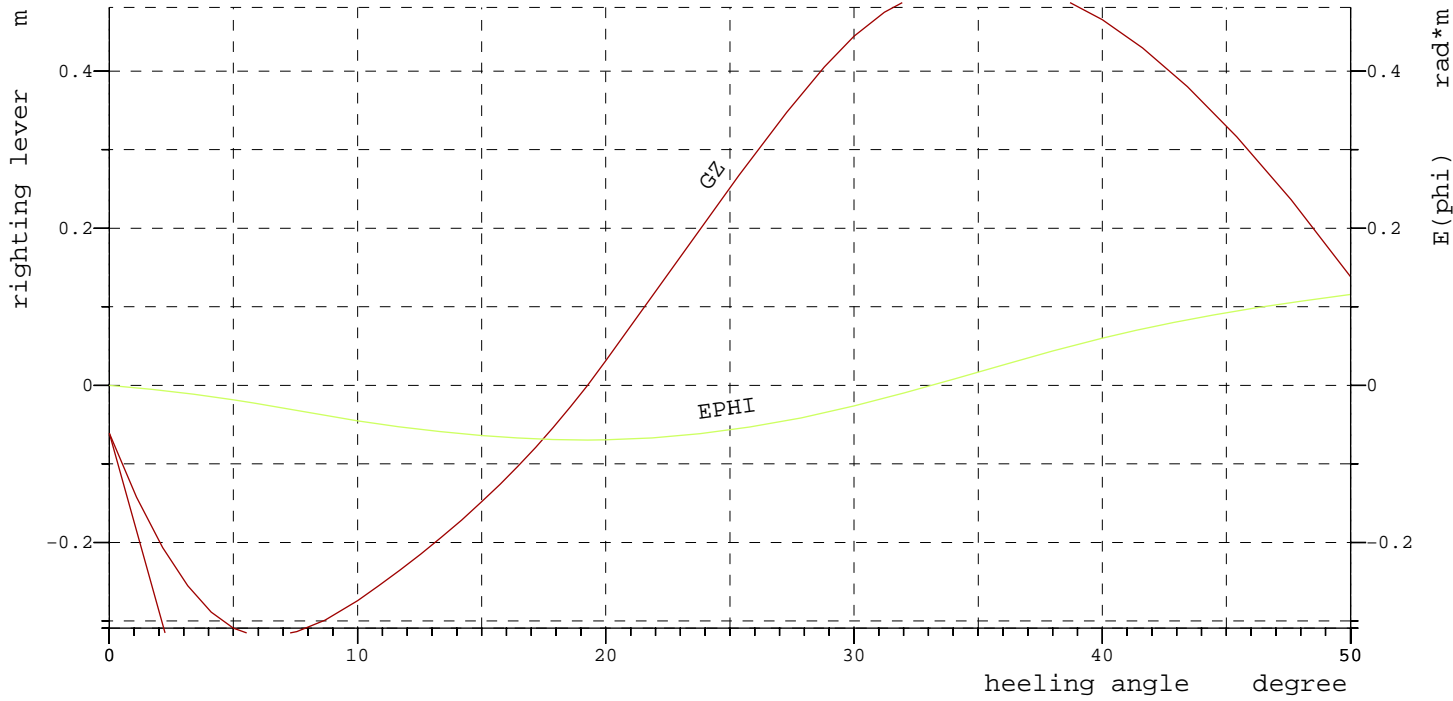
## STABILITY CURVE

_Heel (deg)	5.0	10.0	15.0	19.3	20.0	30.0	40.0	50.0	—
KN (m)	0.78	1.61	2.45	3.16	3.29	4.91	5.98	6.53	
KGsin(phi) (m)	0.66	1.32	1.97	2.51	2.60	3.81	4.89	5.83	
dGZ (m)	0.42	0.57	0.63	0.65	0.65	0.66	0.62	0.56	
GZ (m)	-0.31	-0.27	-0.15	0.00	0.03	0.44	0.47	0.14	
e(phi) (mrad)	-0.018	-0.045	-0.064	-0.070	-0.069	-0.026	0.060	0.116	

## CRITICAL OPENINGS

NAME	TEXT	X m	FR #	Y m	Z m	FLOODING degree
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT.	37.20	62.00	-6.60	7.77	-19.2
D62S	FLAPS TO PALLET LIFT.	37.20	62.00	6.60	7.77	-
D74P	OPEN TO CARLIFT CASI.	44.40	74.00	-2.40	7.20	-44.6
D74S	OPEN TO CARLIFT CASI.	44.40	74.00	2.40	7.20	-
D80P	OPEN TO CARLIFT CASI.	48.00	80.00	-2.40	7.20	-44.4
D80S	OPEN TO CARLIFT CASI.	48.00	80.00	2.40	7.20	-
F134P	PARTIAL BULKH FR134P	80.40	134.00	-3.05	7.20	-33.4
F134S	PARTIAL BULKH FR134S	80.40	134.00	3.05	7.20	-
F150P	PARTIAL BULKH FR150P	90.00	150.00	-1.20	7.20	-
F150S	PARTIAL BULKH FR150S	90.00	150.00	1.20	7.20	-
F80P	DOOR TO CARDECK P	48.00	80.00	-1.25	7.20	-
F80S	DOOR TO CARDECK P	48.00	80.00	1.25	7.20	-
F86P	PARTIAL BULKH FR86P	51.60	86.00	-4.50	7.20	-21.4
F86S	PARTIAL BULKH FR86S	51.60	86.00	4.50	7.20	-
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	8.00	-2.20	7.20	-
F8S	OPEN STAIRCASE FR8S	4.80	8.00	2.20	7.20	-
P108P	STAIRCASE FR108P	64.80	108.00	-0.80	7.20	-
P108S	STAIRCASE FR108S	64.80	108.00	0.80	7.20	-
P118P	STAIRCASE FR118P	70.80	118.00	-2.80	7.20	-37.0
P118S	STAIRCASE FR118S	70.80	118.00	2.80	7.20	-
P154P	OPEN TO STAIRCASE FR.	92.40	154.00	-2.20	7.20	-46.3
P154S	OPEN TO STAIRCASE FR.	92.40	154.00	0.00	7.20	-
P42P	STAIRCASE FR42P	25.20	42.00	-0.90	7.20	-
P42S	STAIRCASE FR42S	25.20	42.00	0.90	7.20	-

NAME	TEXT	X m	FR #	Y m	Z m	FLOODING degree
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	84.00	-2.10	7.20	-
P84S	STAIRCASE FR84S	50.40	84.00	2.10	7.20	-
DAMAGE	DAMAGE AT CH2	60.80	101.33	8.50	1.50	-



MS NORDLYS  
Damage Stability  
after incident

Hurtigruta  
ID17826  
D

Page 7

testing testing

LOADING CONDITION LD210: Initial damage condition

ID	DES	MASS t	FILL %	LCG m	TCG m	VCG m	FRSM tm
-----							
CONTENTS : BW=BALLAST WATER (RHO=1.025)							
T9	BW DB 5 P	38.8	92.1	57.18	-6.60	0.74	49.8
T10	BW DB 5 S	10.8	25.5	56.01	6.32	0.32	24.0
T13	BW DB 6 P	63.2	87.1	44.29	-7.13	0.60	91.2
T14	BW DB 6 S	59.6	82.0	44.28	7.12	0.57	91.2
T17	BW DB 9 skeg	47.5	100.0	10.00	0.00	1.94	0.0
T15	BW DB 8 P	39.5	97.2	19.48	-1.55	1.30	22.8
-----							
SUBTOTAL		259.4		36.65	-1.07	0.96	279.0
CONTENTS : MASS=CARS (RHO=1)							
CARS		15.0	0.0	25.00	0.00	7.70	0.0
TRUCKS		4.0	0.0	42.00	0.00	2.30	0.0
-----							
SUBTOTAL		19.0		28.58	0.00	6.56	0.0
CONTENTS : MASS=CREW&EFFECTS (RHO=1)							
CREW&EF.		1.0	0.0	63.00	0.00	10.00	0.0
CONTENTS : DO=DIESEL OIL (RHO=0.86)							
T25	DO DB 6 P	16.8	98.3	39.60	-3.57	0.64	11.6
T36	DO DB 8 S	16.8	97.4	19.22	8.53	4.10	1.3
T44	DO DB 6 S	16.8	98.3	39.60	3.57	0.64	11.6
-----							
SUBTOTAL		50.4		32.81	2.84	1.79	24.5
CONTENTS : ACC=FLOOD WATER (RHO=1.025)							
R32	Cabin fr.86-110	90.5	12.4	59.09	-0.06	4.67	8623.8
R31	Ref.cargo hold FWD	155.3	18.0	58.55	-0.01	1.60	7057.1
R51	Main eng. rm	50.0	3.1	29.58	-0.08	1.29	7539.9
R41	Ref.cargo hold AFT	446.9	94.4	46.47	-0.03	2.79	3127.2
R53	Car dk.fr6-80	115.8	4.2	26.59	-0.09	7.27	26408.1
R64	Workshop CO2 room	14.3	3.0	0.20	0.00	7.25	3827.1
STABP		13.1	22.6	49.24	-7.32	1.73	28.7
R42		281.5	35.4	44.76	0.06	4.98	8759.9
-----							
SUBTOTAL		1167.5		45.41	-0.10	3.73	65371.9
CONTENTS : FW=FRESH WATER (RHO=1)							
T3	FW DB 3 P	80.0	60.1	84.63	-2.14	1.97	62.1
T4	FW DB 3 S	100.0	75.1	84.64	2.40	2.28	85.1
T23	FW TK 2 S	5.5	10.0	91.24	3.09	3.67	1.8
-----							
SUBTOTAL		185.5		84.83	0.46	2.19	149.0

MS NORDLYS  
Damage Stability  
after incident

Hurtigruta  
ID17826  
D

Page 8

ID	DES	MASS t	FILL %	LCG m	TCG m	VCG m	FRSM tm
-----							
CONTENTS : HFO=HEAVY FUEL OIL (RHO=0.96)							
T5	HFO DB 4 P	18.4	24.3	71.57	-1.63	0.32	77.2
T6	HFO DB 4 S	68.4	90.2	71.81	2.32	0.82	220.0
T7	HFO DB 5 P	81.1	89.6	58.73	-2.57	0.59	158.7
T8	HFO DB 5 S	44.6	49.3	58.67	2.55	0.33	158.7
T11	HFO DB 6 P	55.7	91.2	46.80	-2.60	0.59	105.8
T12	HFO DB 6 S	55.7	91.2	46.80	2.60	0.59	105.8
T24	HFO Overflow DB 6	16.0	70.0	39.60	0.00	0.45	22.3
T33	HFO SETTLE TK 8 P	24.0	59.8	21.62	-7.63	2.81	8.8
T34	HFO SETTLE TK 8 S	34.8	86.8	21.62	7.68	3.49	8.8
T35	HFO Day TK 8 P	34.6	92.5	19.22	-7.68	3.81	8.8
-----							
SUBTOTAL		433.3		49.37	-0.34	1.20	875.0
CONTENTS : MASS=INVENTORY (RHO=1)							
INVENTO.		30.0	0.0	45.00	0.00	10.00	0.0
CONTENTS : LO=LUBRICATING OIL (RHO=0.9)							
T26	LO ME Circ DB 7 P	9.3	93.0	31.78	-3.52	0.45	4.7
T27	LO ME Circ DB 7 S	9.3	93.0	31.78	3.52	0.45	4.7
T28	LO DB 7	18.9	93.6	33.90	0.00	0.65	18.0
-----							
SUBTOTAL		37.5		32.85	0.00	0.55	27.5
CONTENTS : MIS=MISCELLANEOUS (RHO=1)							
T29	FEEDW DB 7 S	8.2	100.0	26.17	4.19	0.67	0.0
T41	Gear oil DB 7	4.5	99.2	29.11	0.97	0.66	0.0
T45	GAS OIL DB 7	4.4	100.0	27.30	0.97	0.66	0.0
T47	Oper.water tk 7 P	5.0	100.0	24.00	-8.90	3.80	0.0
-----							
SUBTOTAL		22.1		26.50	-0.06	1.37	0.0
CONTENTS : MASS=REF.CARGO (RHO=1)							
REF.CAR.		40.0	0.0	50.20	0.00	2.90	0.0
CONTENTS : MASS=STORES&PROV (RHO=1)							
STORES&.		60.0	0.0	25.00	0.00	6.00	0.0
-----							
TOTAL		2305.7		47.09	-0.13	2.85	66726.9

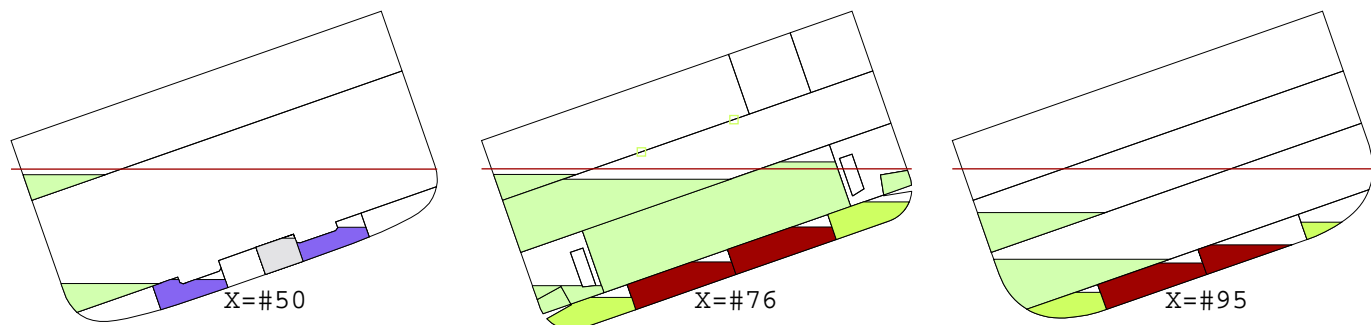


2.2 Openings

CRITICAL OPENINGS

NAME	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	37.20	-6.60	7.77	-19.2	-0.006
D62S	37.20	6.60	7.77	-	4.349
D74P	44.40	-2.40	7.20	-44.5	0.838
D74S	44.40	2.40	7.20	-	2.422
D80P	48.00	-2.40	7.20	-44.4	0.837
D80S	48.00	2.40	7.20	-	2.420
F134P	80.40	-3.05	7.20	-33.3	0.609
F134S	80.40	3.05	7.20	-	2.621
F150P	90.00	-1.20	7.20	-	1.215
F150S	90.00	1.20	7.20	-	2.007
F80P	48.00	-1.25	7.20	-	1.216
F80S	48.00	1.25	7.20	-	2.041
F86P	51.60	-4.50	7.20	-21.4	0.142
F86S	51.60	4.50	7.20	-	3.112
F8P	4.80	-2.20	7.20	-	0.921
F8S	4.80	2.20	7.20	-	2.373
P108P	64.80	-0.80	7.20	-	1.357
P108S	64.80	0.80	7.20	-	1.885
P118P	70.80	-2.80	7.20	-36.9	0.695
P118S	70.80	2.80	7.20	-	2.543
P154P	92.40	-2.20	7.20	-46.2	0.884
P154S	92.40	0.00	7.20	-	1.610
P42P	25.20	-0.90	7.20	-	1.341
P42S	25.20	0.90	7.20	-	1.935
P84P	50.40	-2.10	7.20	-	0.935
P84S	50.40	2.10	7.20	-	2.320
DAMAGE	60.80	8.50	1.50	0.0	-0.954

2.3 Floating and flooding situation



### 3 DAMAGE STABILITY ANALYSIS

In the following damage cases have the listed compartments open to sea. This means they have the same water level as the outside sea level.

The remaining compartments are partially filled as in the initial condition.

These sequences are made to illustrate various ways of progressive flooding and to give the corresponding stability properties.

Please note that due to heel to port side, which is negative in the coordinate system, the sign of the GZ-values are opposite. Positive GZ is listed as negative and negative GZ is listed as positive. The plotted GZ-curves show the actual stability with the right sign.

3.1 D201 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R41 Cargo hold 2

Water level in R31, R32, R42, R53, R64 and Stabp is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.1.1 Floating position

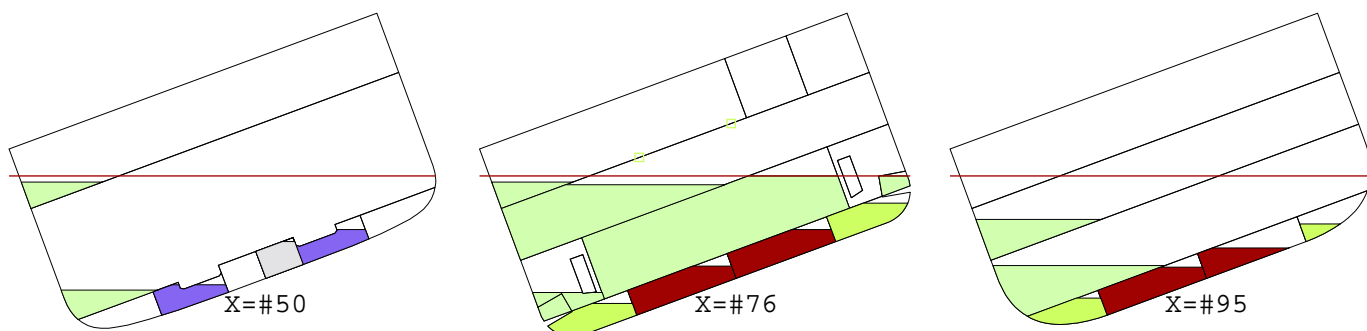
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D201	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D201	1	EQ	PS	5.021	-0.040	-20.3	-0.015	D62P	-1.674

3.1.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D201	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D201	1	EQ	R41	0.62	254.0	46.58	-0.84	2.77

3.1.3 Floating and flooding situation



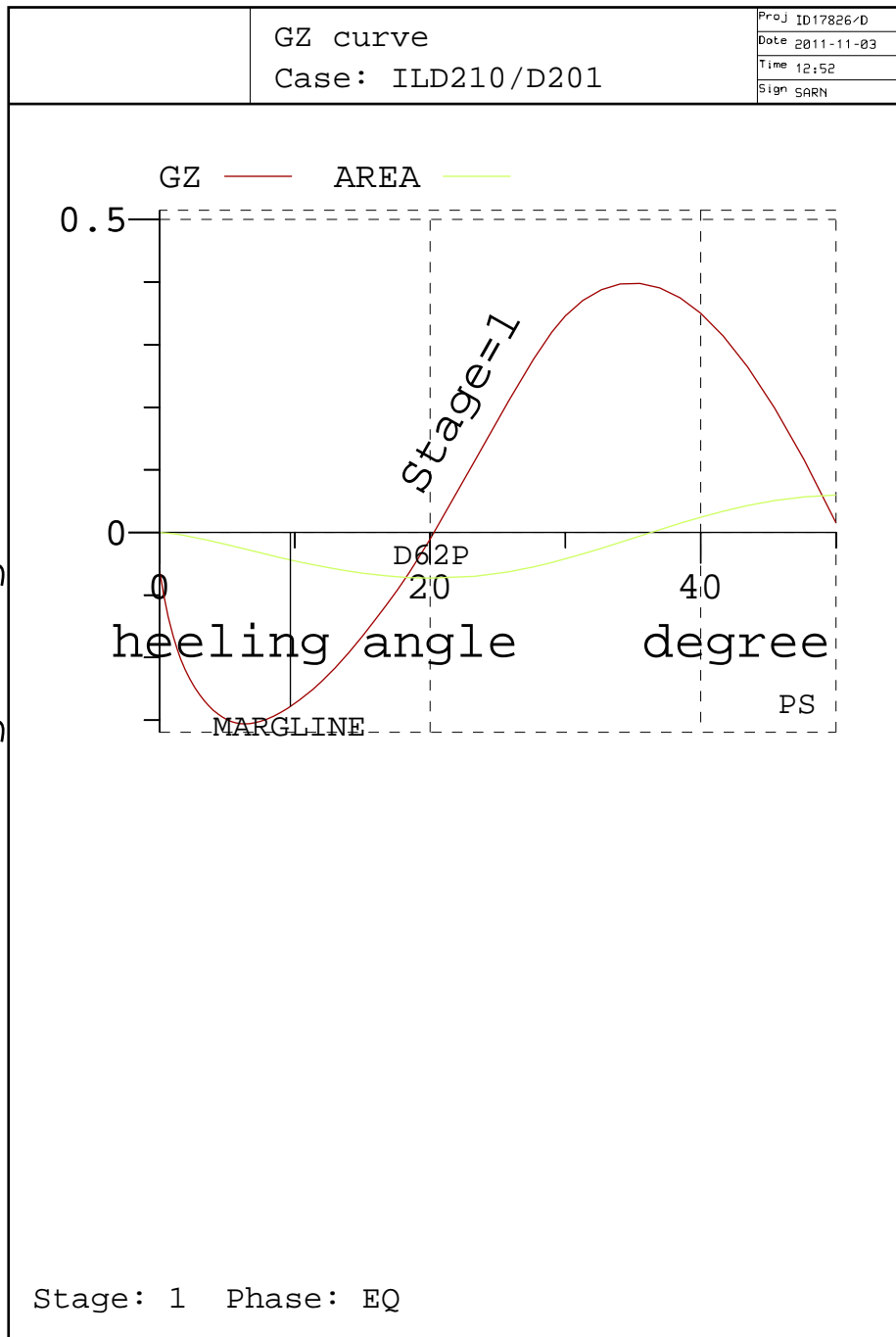
MS NORDLYS  
 Damage Stability  
 after incident

Hurtigruta  
 ID17826  
 D

## 3.1.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D201  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.061	0.000	5.517	0.030	F8P	1.67	1.59
-1.0	0.165	-0.002	5.516	0.027	F8P	1.63	1.43
-3.0	0.260	-0.010	5.507	0.027	D74P	1.56	1.09
-5.0	0.299	-0.020	5.488	0.024	D74P	1.47	0.76
-7.0	0.304	-0.030	5.460	0.017	D74P	1.39	0.43
-10.0	0.273	-0.045	5.399	0.005	D62P	1.11	-0.05
-12.0	0.238	-0.054	5.346	-0.004	D62P	0.88	-0.37
-15.0	0.166	-0.065	5.249	-0.016	D62P	0.55	-0.86
-20.0	0.011	-0.073	5.036	-0.039	D62P	0.01	-1.63
-30.0	-0.346	-0.042	4.407	-0.118	D62P	-0.96	-3.06
-40.0	-0.350	0.024	3.645	-0.205	D62P	-1.91	-4.40
-50.0	-0.015	0.060	2.799	-0.284	D62P	-2.82	-5.63



MS NORDLYS

Hurtigruta

Page 14

Damage Stability  
after incidentID17826  
D

## 3.1.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	20.1	-0.014
D62S	FLAPS TO PALLET LIFT S	37.20	6.60	7.77	-	4.561
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	-	0.904
D74S	OPEN TO CARLIFT CASING S	44.40	2.40	7.20	-	2.568
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	-	0.903

### 3.2 D202 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R42 Storage room on deck 1

Water level in R31, R32, R41, R53, R64 and Stabp is presumed unchanged compared to the initial condition.

#### 3.2.1 Floating position

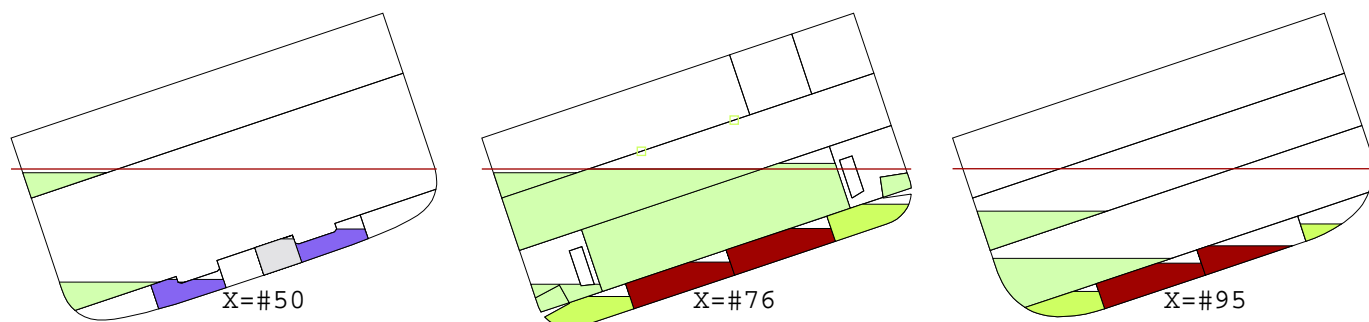
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D202	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D202	1	EQ	PS	5.199	-0.035	-18.5	-1.076	DAMAGE	-1.505

#### 3.2.2 Water in damaged compartments

##### DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D202	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D202	1	EQ	R42	0.80	268.1	44.63	-4.95	5.62

#### 3.2.3 Floating and flooding situation

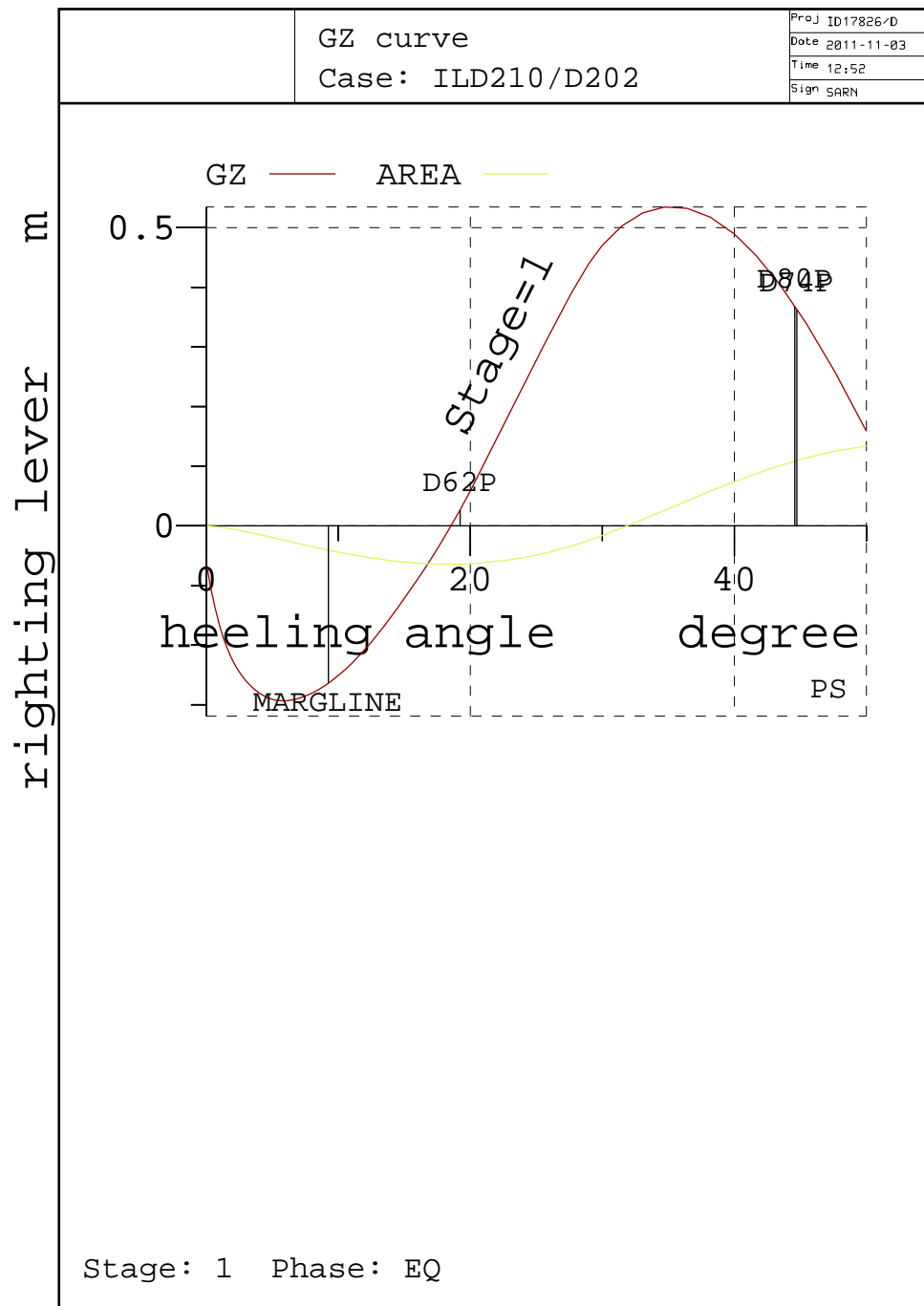


## 3.2.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D202  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.061	0.000	5.588	0.013	DAMAGE	-4.09	1.53
-1.0	0.167	-0.002	5.587	0.011	DAMAGE	-3.94	1.36
-3.0	0.260	-0.010	5.577	0.012	DAMAGE	-3.63	1.03
-5.0	0.291	-0.020	5.557	0.008	DAMAGE	-3.32	0.70
-7.0	0.289	-0.030	5.527	0.002	DAMAGE	-3.00	0.37
-10.0	0.251	-0.044	5.473	-0.008	DAMAGE	-2.52	-0.13
-12.0	0.208	-0.052	5.426	-0.015	DAMAGE	-2.19	-0.46
-15.0	0.122	-0.061	5.335	-0.024	DAMAGE	-1.69	-0.94
-20.0	-0.059	-0.064	5.132	-0.041	DAMAGE	-0.82	-1.73
-30.0	-0.471	-0.016	4.528	-0.105	D62P	-1.08	-3.18
-40.0	-0.489	0.074	3.810	-0.153	D62P	-2.08	-4.55
-50.0	-0.158	0.134	3.003	-0.189	D62P	-3.04	-5.82





MS NORDLYS

Hurtigruta

Page 18

Damage Stability  
after incidentID17826  
D

## 3.2.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
DAMAGE	DAMAGE AT CH2	60.80	8.50	1.50	-	-1.076
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	19.2	0.074
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	44.6	0.865
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	44.7	0.867
D62S	FLAPS TO PALLET LIFT S	37.20	6.60	7.77	-	4.272

MS NORDLYS  
 Damage Stability  
 after incident

Hurtigruta  
 ID17826  
 D

3.3 D203 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1

Water level in R31, R32, R53, R64 and Stabp is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.3.1 Floating position

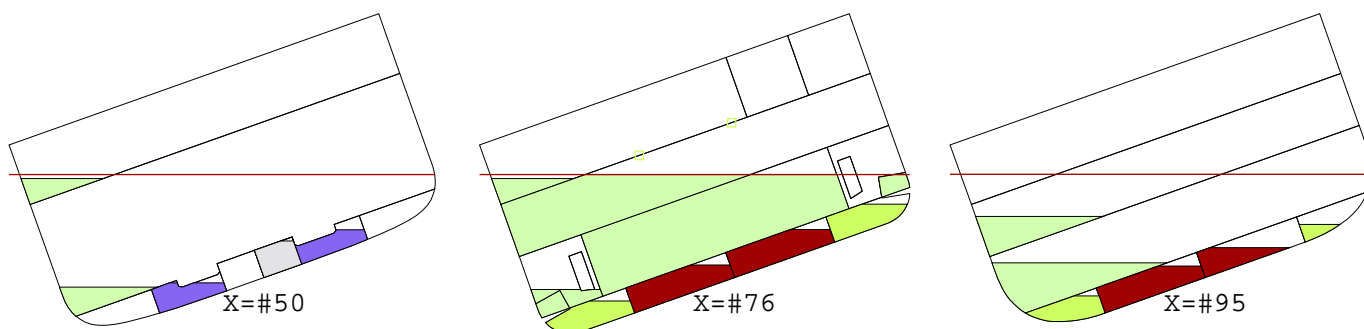
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D203	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D203	1	EQ	PS	5.050	-0.040	-19.5	0.072	D62P	-1.553

3.3.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D203	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D203	1	EQ	R41	0.62	256.6	46.57	-0.77	2.78
ILD210/D203	1	EQ	R42	0.80	258.2	44.61	-5.13	5.63

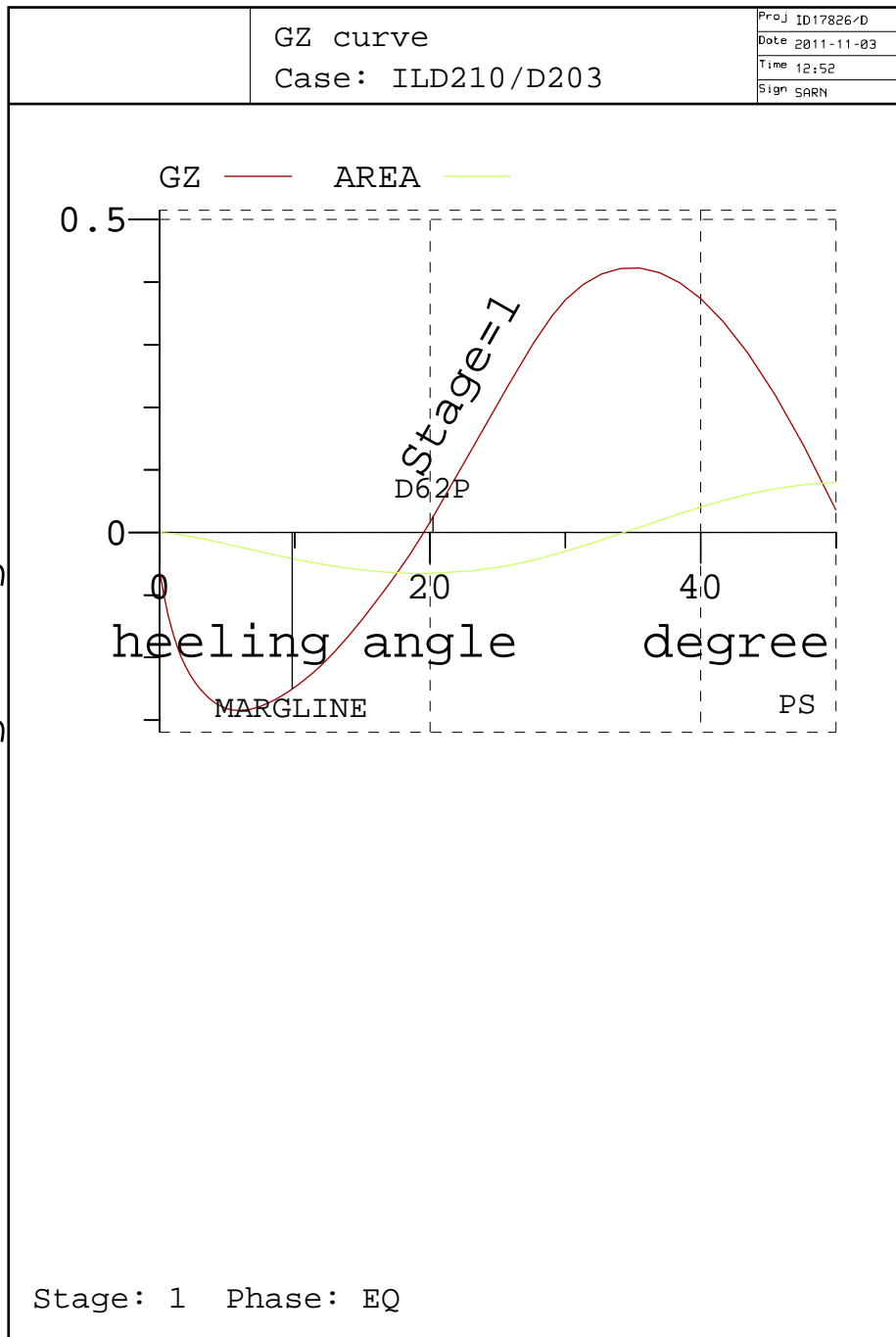
3.3.3 Floating and flooding situation



## 3.3.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D203  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.061	0.000	5.491	0.027	F8P	1.70	1.62
-1.0	0.162	-0.002	5.490	0.024	F8P	1.66	1.45
-3.0	0.250	-0.009	5.480	0.024	D74P	1.58	1.12
-5.0	0.282	-0.019	5.460	0.020	D74P	1.50	0.79
-7.0	0.281	-0.029	5.432	0.013	D74P	1.42	0.46
-10.0	0.247	-0.043	5.378	0.001	D62P	1.13	-0.03
-12.0	0.211	-0.051	5.330	-0.007	D62P	0.90	-0.36
-15.0	0.138	-0.060	5.237	-0.019	D62P	0.56	-0.84
-20.0	-0.017	-0.066	5.027	-0.043	D62P	0.02	-1.62
-30.0	-0.371	-0.030	4.398	-0.124	D62P	-0.95	-3.05
-40.0	-0.374	0.041	3.633	-0.215	D62P	-1.89	-4.39
-50.0	-0.036	0.080	2.787	-0.298	D62P	-2.81	-5.62



MS NORDLYS

Hurtigruta

Page 22

Damage Stability  
after incidentID17826  
D

## 3.3.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	20.2	0.072
D62S	FLAPS TO PALLET LIFT S	37.20	6.60	7.77	-	4.485
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	-	0.937
D74S	OPEN TO CARLIFT CASING S	44.40	2.40	7.20	-	2.541
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	-	0.935

MS NORDLYS  
 Damage Stability  
 after incident

Hurtigruta  
 ID17826  
 D

3.4 D204 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck

Water level in R31, R32, R64 and Stabp is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.4.1 Floating position

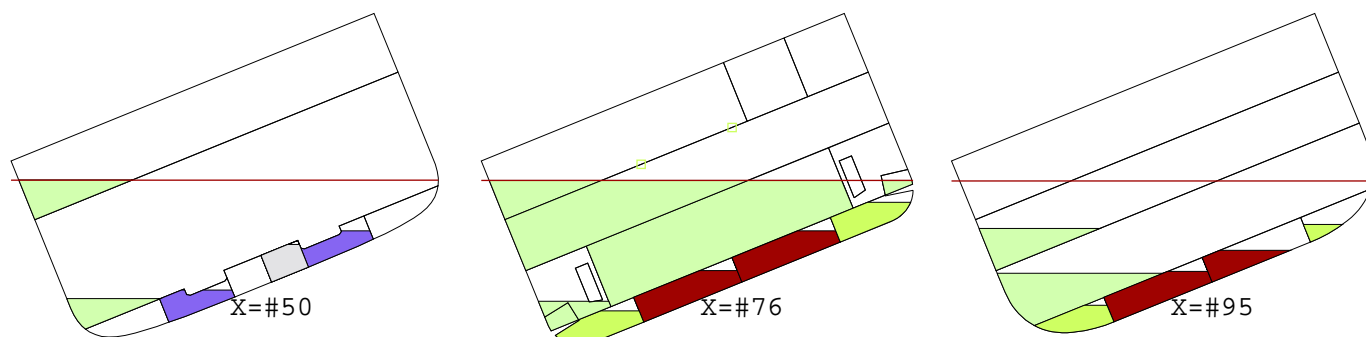
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D204	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D204	1	EQ	PS	4.964	0.135	-22.1	-0.267	D62P	-2.036

3.4.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D204	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D204	1	EQ	R41	0.62	247.8	46.59	-1.02	2.77
ILD210/D204	1	EQ	R42	0.80	264.3	44.60	-5.11	5.66
ILD210/D204	1	EQ	R53	0.90	215.3	25.58	-7.88	7.90

3.4.3 Floating and flooding situation

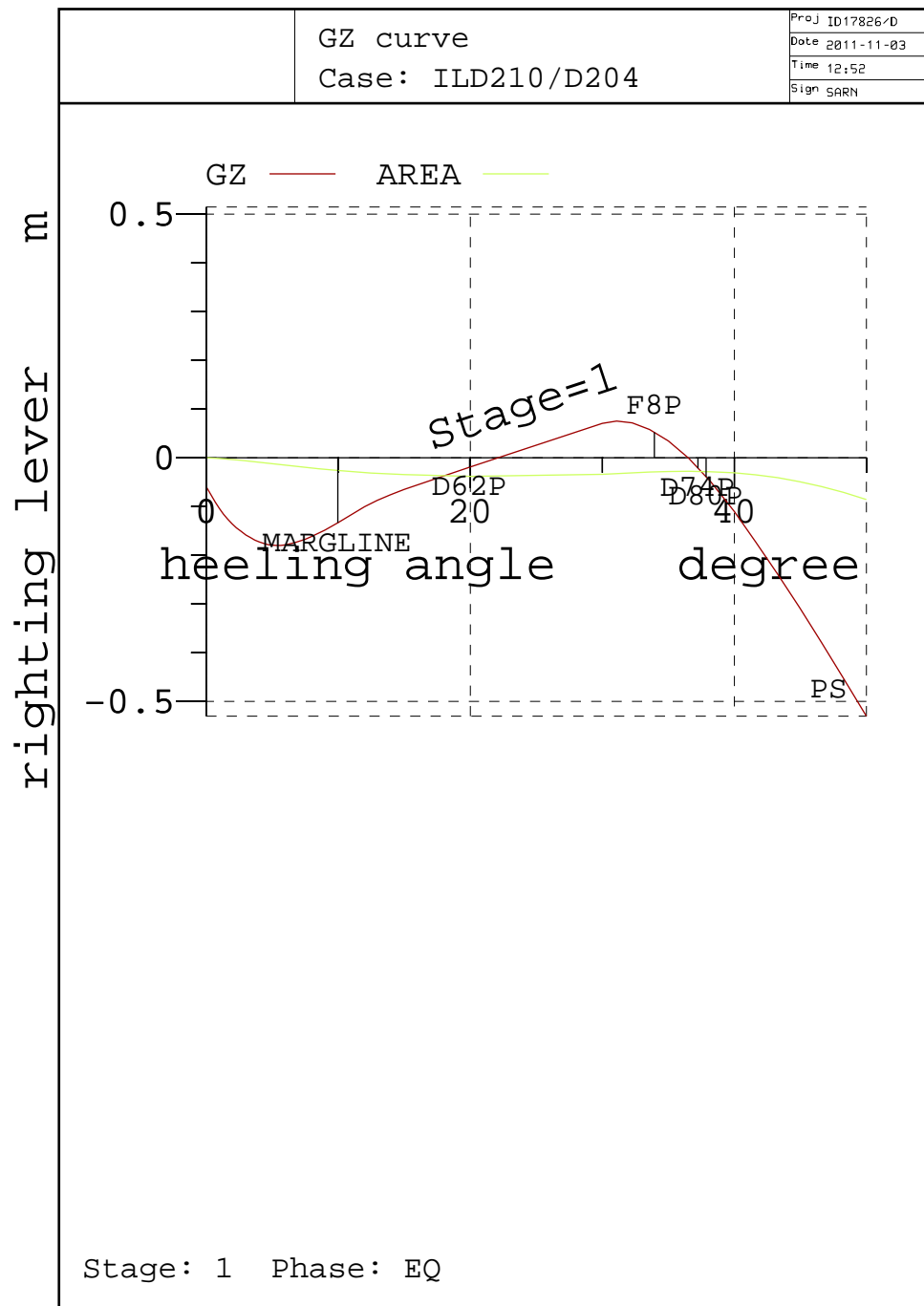


## 3.4.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D204  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.060	0.000	5.429	-0.151	P108P	1.75	1.63
-1.0	0.105	-0.001	5.428	-0.151	D80P	1.73	1.49
-3.0	0.158	-0.006	5.418	-0.155	D80P	1.65	1.16
-5.0	0.180	-0.012	5.398	-0.161	D80P	1.57	0.83
-7.0	0.172	-0.018	5.370	-0.168	D80P	1.49	0.50
-10.0	0.133	-0.026	5.317	-0.181	D62P	1.21	-0.01
-12.0	0.100	-0.031	5.272	-0.186	D62P	0.98	-0.34
-15.0	0.065	-0.035	5.198	-0.144	D62P	0.62	-0.83
-20.0	0.019	-0.038	5.048	0.026	D62P	-0.01	-1.65
-30.0	-0.071	-0.034	4.594	0.544	D62P	-1.24	-3.47
-40.0	0.111	-0.031	4.049	1.165	D62P	-2.50	-5.29
-50.0	0.530	-0.086	3.421	1.720	D62P	-3.73	-6.98





## 3.4.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	19.9	-0.255
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	33.9	0.830
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	37.3	0.806
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	37.9	0.811
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	-2.10	7.20	41.9	0.927

MS NORDLYS  
 Damage Stability  
 after incident

Hurtigruta  
 ID17826  
 D

3.5 D204B Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck
- Stabp Stabilizer room on port side

Water level in R31, R32 and R64 is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.5.1 Floating position

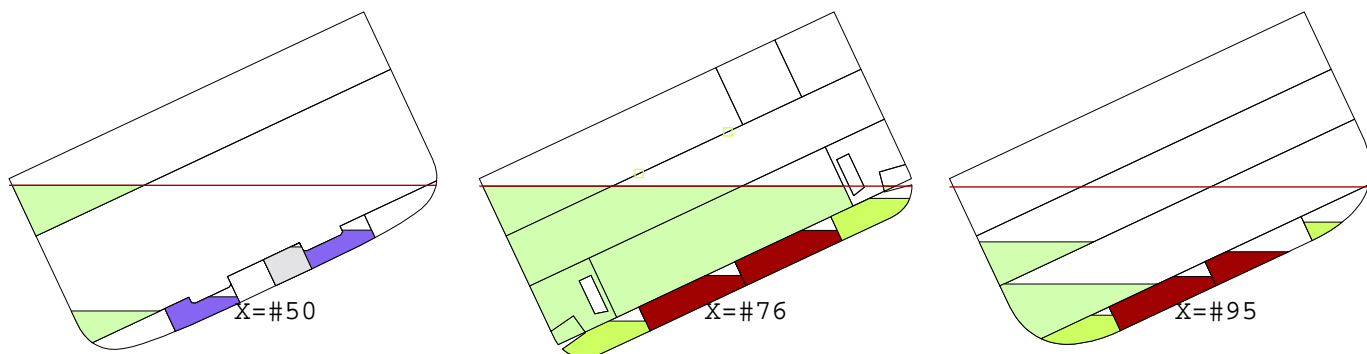
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D204BINTACT	EQ	PS		5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D204B1		EQ	PS	4.854	0.300	-25.2	-0.672	D62P	-2.626

3.5.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D204BINTACT	EQ				0.0			
ILD210/D204B1		EQ	R41	0.62	236.6	46.60	-1.36	2.77
ILD210/D204B1		EQ	R42	0.80	270.5	44.59	-5.08	5.69
ILD210/D204B1		EQ	R53	0.90	323.8	25.42	-7.64	8.12
ILD210/D204B1		EQ	STABP	0.85	48.0	48.83	-7.86	2.97

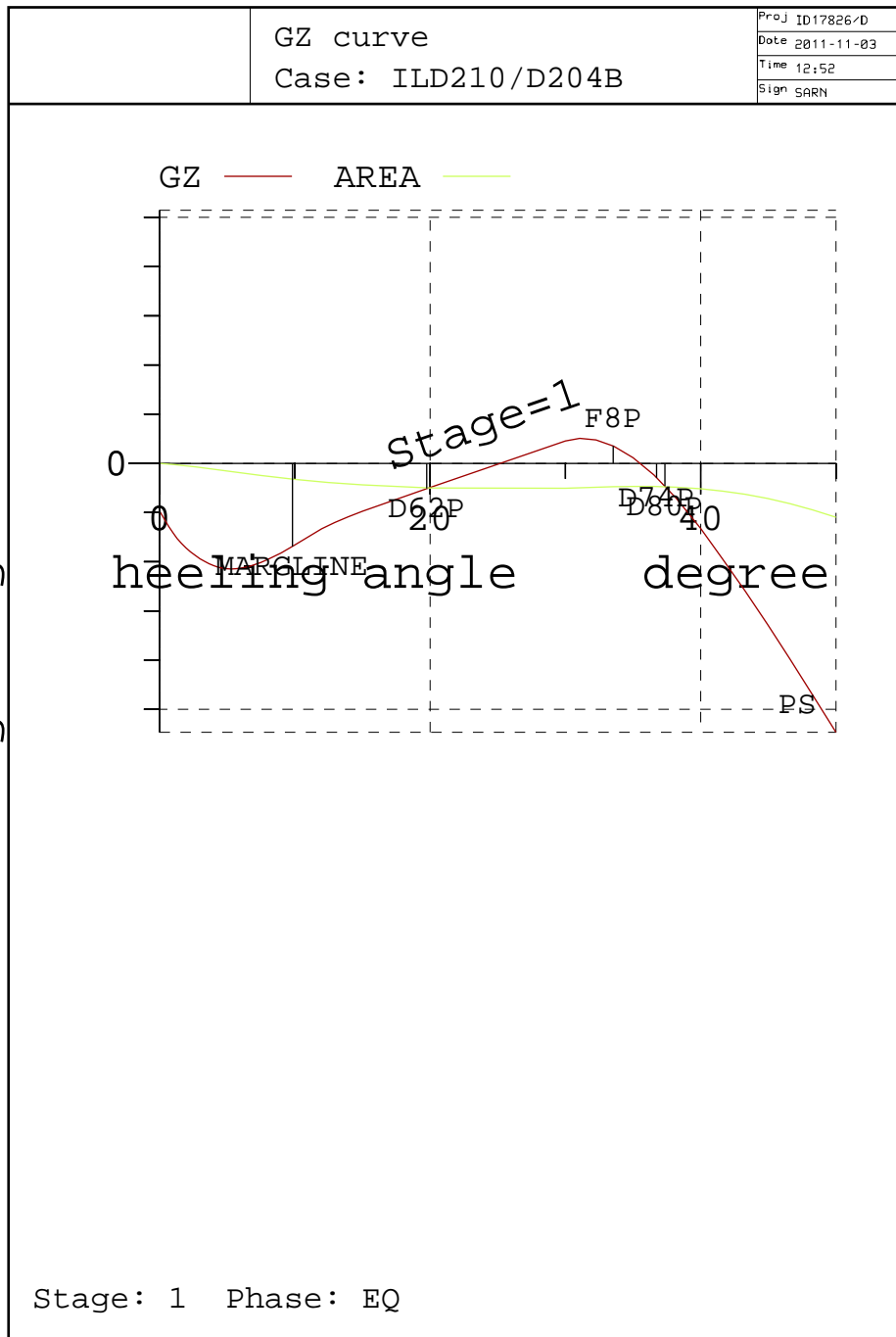
3.5.3 Floating and flooding situation



## 3.5.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D204B  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.097	0.000	5.453	-0.159	P108P	1.73	1.60
-1.0	0.141	-0.002	5.451	-0.160	D80P	1.71	1.47
-3.0	0.194	-0.008	5.441	-0.163	D80P	1.63	1.14
-5.0	0.214	-0.015	5.421	-0.169	D80P	1.55	0.80
-7.0	0.206	-0.023	5.393	-0.177	D80P	1.47	0.47
-10.0	0.166	-0.033	5.340	-0.189	D62P	1.19	-0.03
-12.0	0.133	-0.038	5.295	-0.192	D62P	0.96	-0.36
-15.0	0.097	-0.044	5.221	-0.147	D62P	0.60	-0.85
-20.0	0.049	-0.050	5.071	0.028	D62P	-0.03	-1.67
-30.0	-0.045	-0.050	4.619	0.553	D62P	-1.27	-3.50
-40.0	0.132	-0.052	4.079	1.183	D62P	-2.54	-5.33
-50.0	0.546	-0.110	3.456	1.744	D62P	-3.76	-7.02



MS NORDLYS  
 Damage Stability  
 after incident

Hurtigruta  
 ID17826  
 D

## 3.5.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	19.8	-0.655
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	33.5	0.607
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	36.8	0.636
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	37.4	0.647
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	-2.10	7.20	41.3	0.781

3.6 D205 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R64 Nato storage

Water level in R31, R32, R53 and Stabp is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.6.1 Floating position

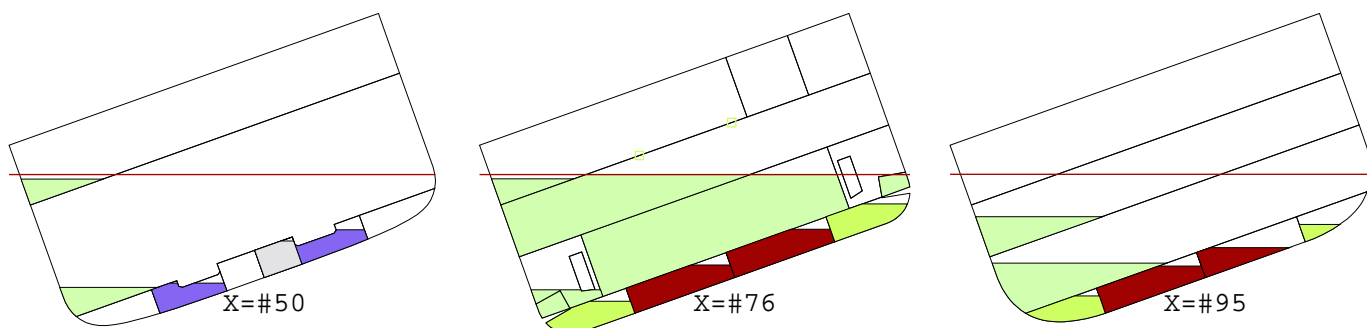
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D205	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D205	1	EQ	PS	5.047	-0.024	-19.6	0.058	D62P	-1.567

3.6.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D205	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D205	1	EQ	R41	0.62	256.4	46.57	-0.78	2.78
ILD210/D205	1	EQ	R42	0.80	258.5	44.61	-5.13	5.63
ILD210/D205	1	EQ	R64	0.85	18.3	0.25	-7.91	7.70

3.6.3 Floating and flooding situation

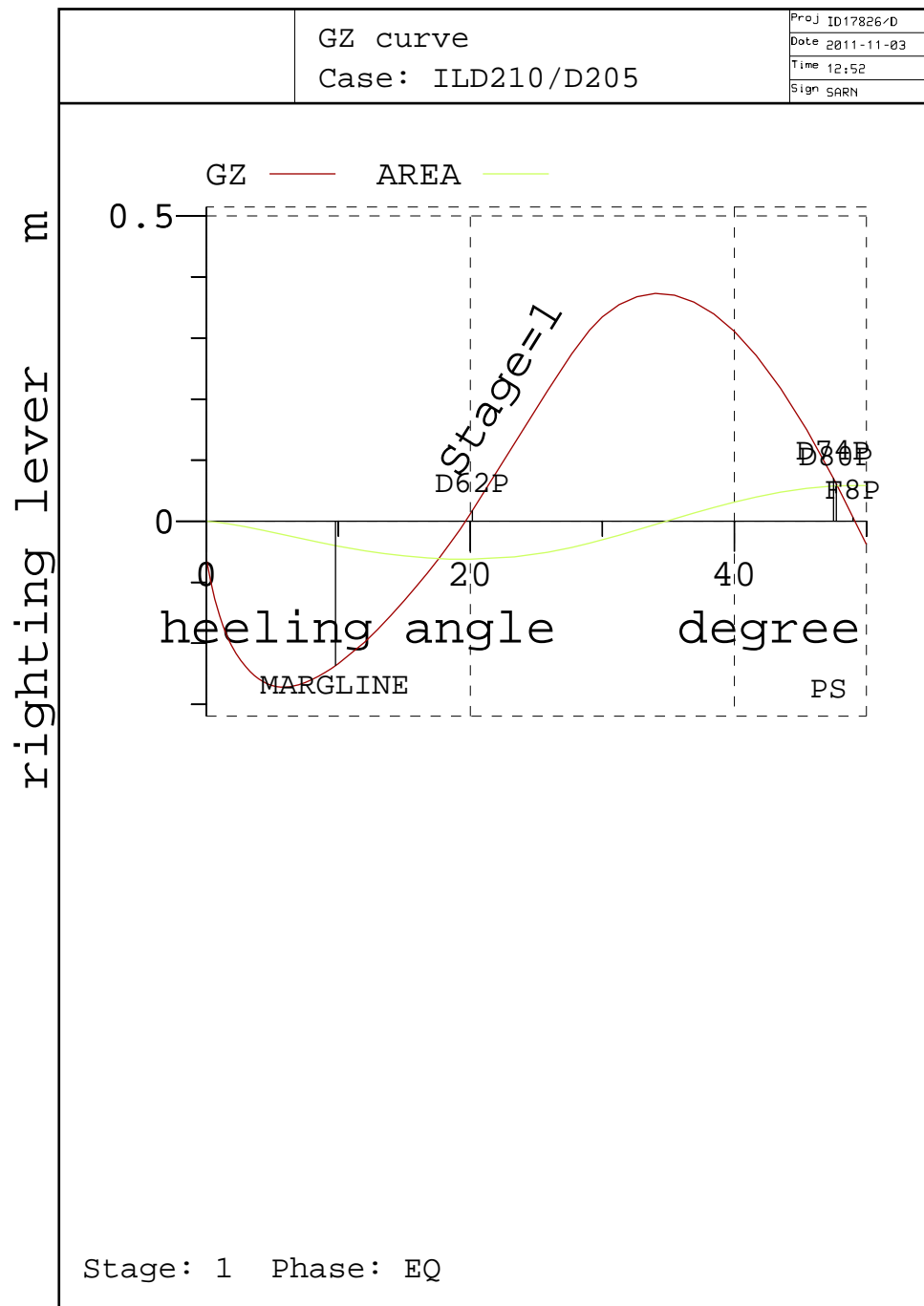


## 3.6.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D205  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.061	0.000	5.486	-0.031	P108P	1.71	1.62
-1.0	0.154	-0.002	5.485	-0.033	D80P	1.67	1.46
-3.0	0.238	-0.009	5.474	-0.030	D80P	1.59	1.13
-5.0	0.269	-0.018	5.454	-0.033	D80P	1.51	0.80
-7.0	0.268	-0.027	5.426	-0.040	D80P	1.43	0.47
-10.0	0.233	-0.041	5.372	-0.051	D62P	1.14	-0.03
-12.0	0.198	-0.048	5.324	-0.058	D62P	0.91	-0.36
-15.0	0.130	-0.057	5.233	-0.054	D62P	0.57	-0.85
-20.0	-0.012	-0.062	5.029	-0.022	D62P	0.02	-1.62
-30.0	-0.334	-0.031	4.418	0.059	D62P	-1.00	-3.08
-40.0	-0.311	0.031	3.683	0.166	D62P	-2.00	-4.47
-50.0	0.038	0.059	2.868	0.253	D62P	-2.97	-5.76





MS NORDLYS  
 Damage Stability  
 after incident

Hurtigruta  
 ID17826  
 D

## 3.6.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	20.2	0.058
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	47.5	0.930
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	47.7	0.930
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	49.0	1.007
D62S	FLAPS TO PALLET LIFT S	37.20	6.60	7.77	-	4.492

3.7 D206 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck
- R64 Nato storage

Water level in R31, R32 and Stabp is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.7.1 Floating position

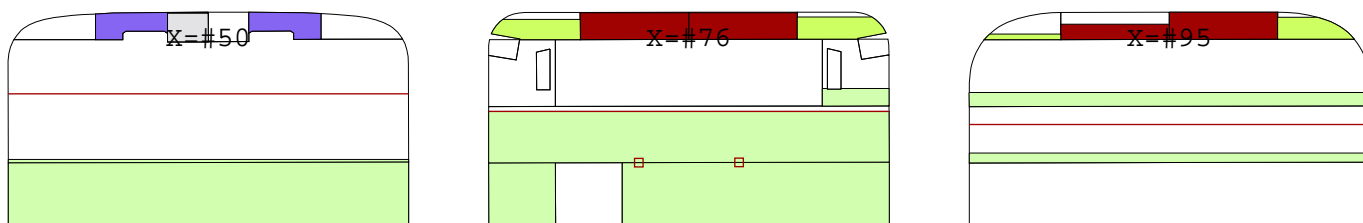
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D206	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D206	1	EQ	-	-	-	-	-	-	-

3.7.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D206	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D206	1	EQ	R41	0.62	-	-	-	-
ILD210/D206	1	EQ	R42	0.80	-	-	-	-
ILD210/D206	1	EQ	R53	0.90	-	-	-	-
ILD210/D206	1	EQ	R64	0.85	-	-	-	-

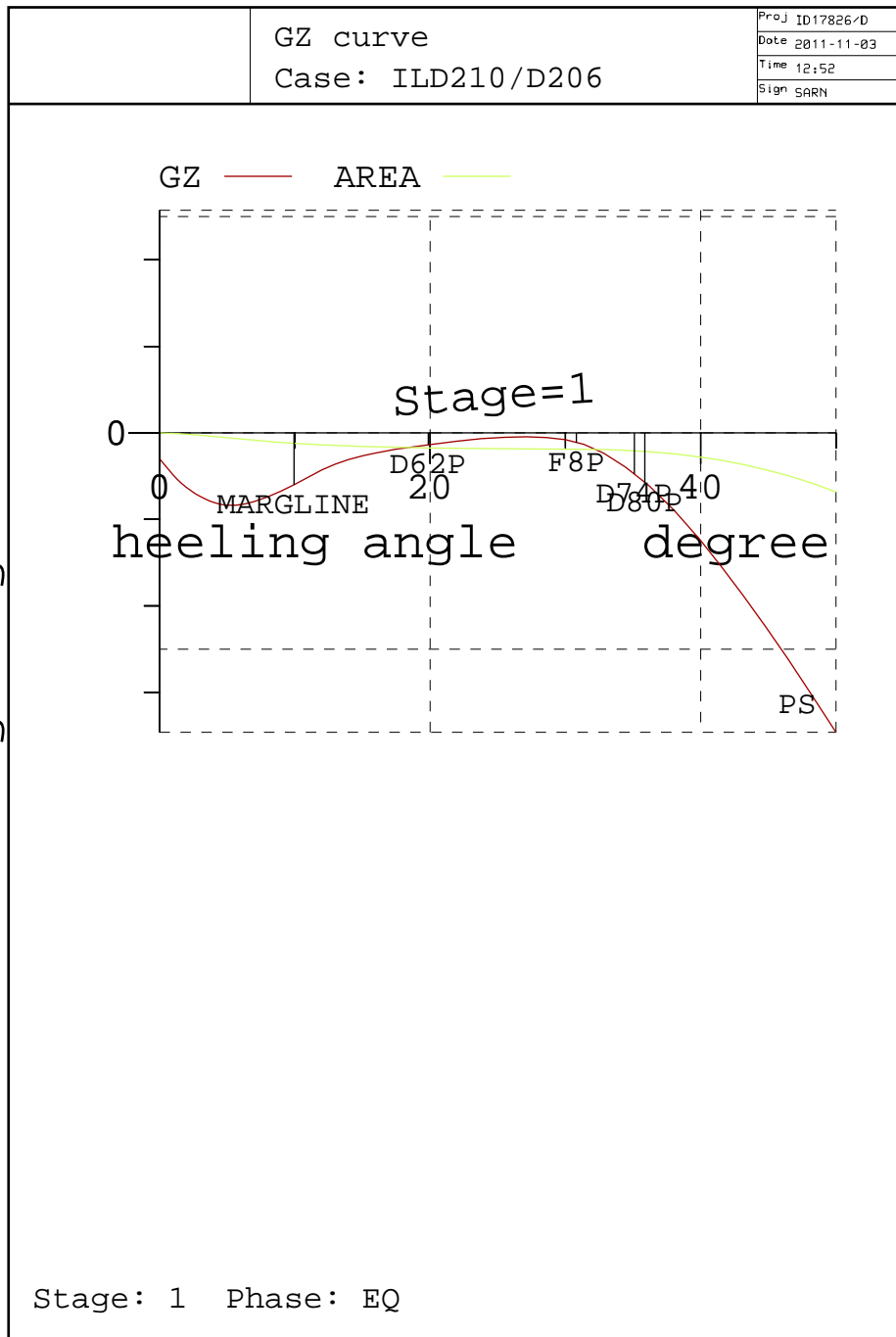
3.7.3 Floating and flooding situation



## 3.7.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D206  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.060	0.000	5.423	-0.203	P108P	1.75	1.61
-1.0	0.097	-0.001	5.422	-0.204	P108P	1.74	1.49
-3.0	0.147	-0.006	5.412	-0.207	D80P	1.66	1.16
-5.0	0.167	-0.011	5.392	-0.213	D80P	1.58	0.82
-7.0	0.159	-0.017	5.364	-0.220	D80P	1.50	0.49
-10.0	0.119	-0.024	5.311	-0.233	D62P	1.23	-0.01
-12.0	0.086	-0.028	5.266	-0.239	D62P	1.00	-0.34
-15.0	0.053	-0.032	5.193	-0.187	D62P	0.63	-0.83
-20.0	0.027	-0.035	5.052	0.059	D62P	-0.02	-1.67
-30.0	0.016	-0.038	4.645	0.904	D62P	-1.34	-3.69
-40.0	0.249	-0.056	4.166	1.893	D62P	-2.72	-5.74
-50.0	0.692	-0.136	3.612	2.757	D62P	-4.06	-7.65



## 3.7.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	19.9	-
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	30.8	-
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	35.1	-
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	35.9	-
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	-2.10	7.20	39.5	-

3.8 D207 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck
- R64 Nato storage
- Stabp Stabilizer room on port side

Water level in R31 and R32 is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.8.1 Floating position

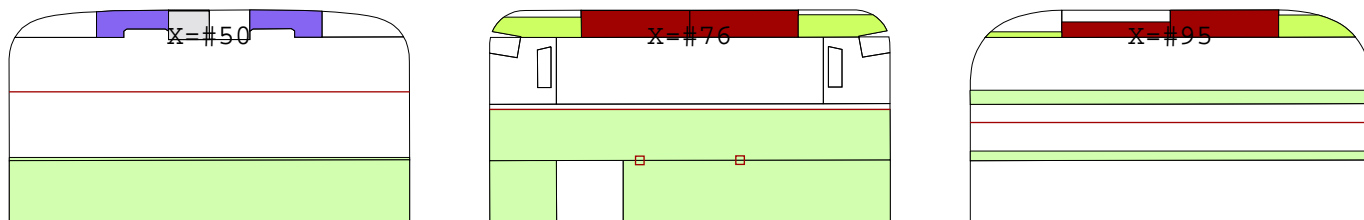
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D207	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D207	1	EQ	-	-	-	-	-	-	-

3.8.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D207	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D207	1	EQ	R41	0.62	-	-	-	-
ILD210/D207	1	EQ	R42	0.80	-	-	-	-
ILD210/D207	1	EQ	R53	0.90	-	-	-	-
ILD210/D207	1	EQ	R64	0.85	-	-	-	-
ILD210/D207	1	EQ	STABP	0.85	-	-	-	-

3.8.3 Floating and flooding situation

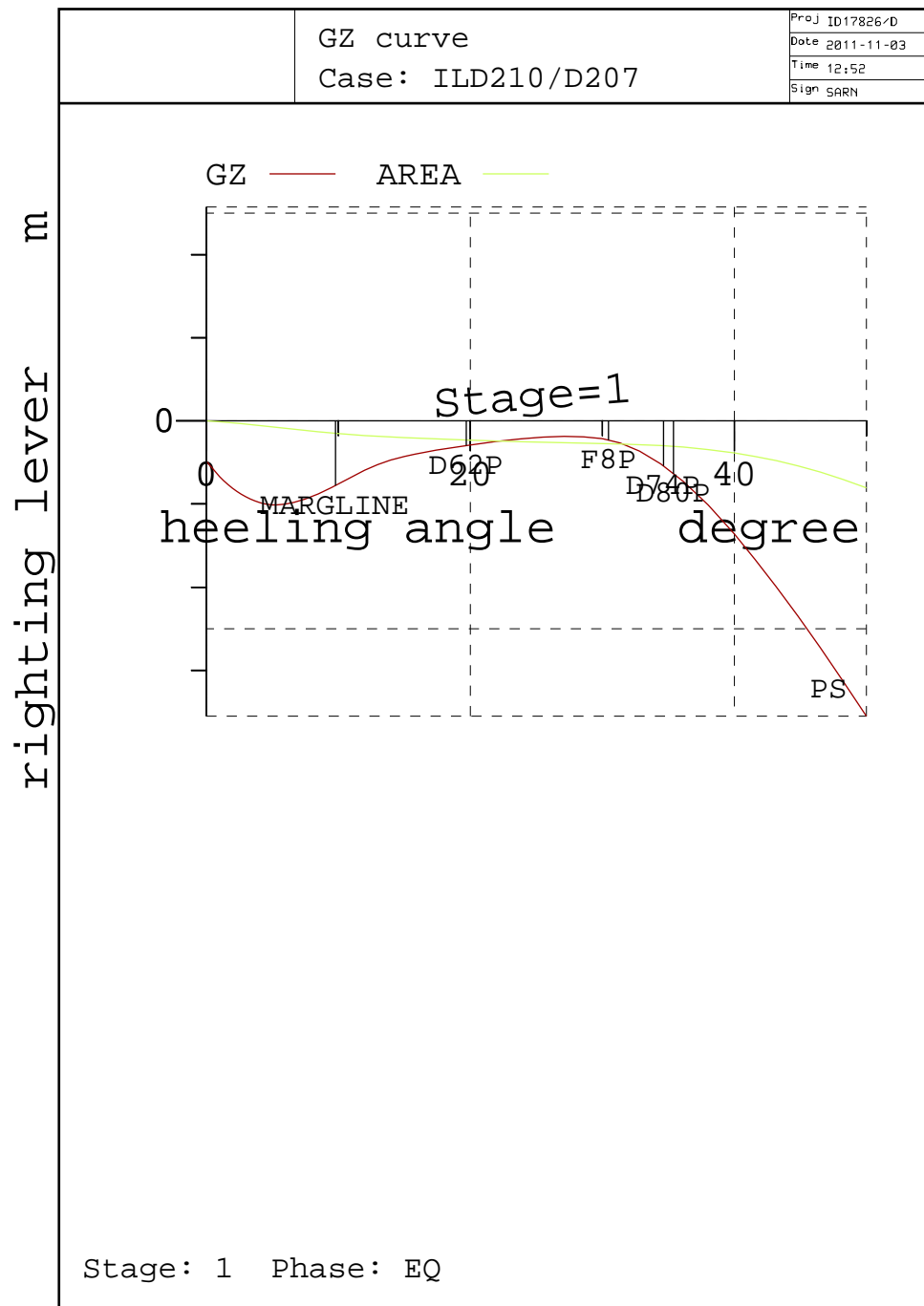


## 3.8.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D207  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.097	0.000	5.447	-0.211	P108P	1.73	1.58
-1.0	0.134	-0.002	5.445	-0.212	P108P	1.71	1.46
-3.0	0.183	-0.008	5.435	-0.215	D80P	1.64	1.13
-5.0	0.202	-0.014	5.415	-0.221	D80P	1.56	0.80
-7.0	0.193	-0.021	5.387	-0.228	D80P	1.48	0.47
-10.0	0.152	-0.031	5.334	-0.241	D62P	1.21	-0.03
-12.0	0.119	-0.035	5.288	-0.245	D62P	0.97	-0.37
-15.0	0.086	-0.041	5.216	-0.189	D62P	0.61	-0.86
-20.0	0.058	-0.047	5.076	0.064	D62P	-0.04	-1.69
-30.0	0.043	-0.054	4.672	0.920	D62P	-1.37	-3.72
-40.0	0.272	-0.077	4.198	1.918	D62P	-2.76	-5.79
-50.0	0.710	-0.161	3.648	2.793	D62P	-4.10	-7.70





## 3.8.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	19.7	-
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	30.5	-
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	34.6	-
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	35.4	-
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	-2.10	7.20	39.0	-

MS NORDLYS

Hurtigruta

Damage Stability

ID17826

after incident

D

### 3.9 D208 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R32 Accommodation on deck 1
- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck
- R64 Nato storage
- Stabp Stabilizer room on port side

Water level in R31 is presumed unchanged compared to the initial condition.

At high angles of heel can shifting of the cargo occur. Shifting can happen in both cargo holds and on the car deck. The cars were not lashed.

A shifting of cargo will cause the vessel to heel even more and reducing the margin for progressive flooding.

#### 3.9.1 Floating position

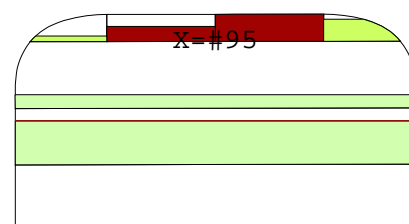
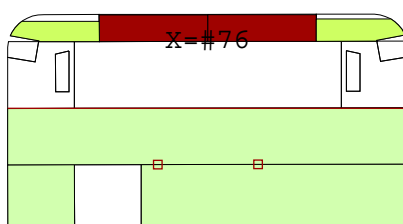
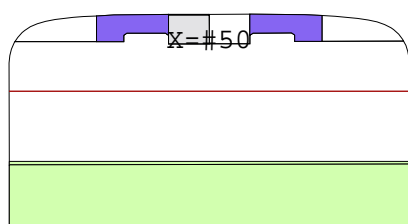
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D208	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D208	1	EQ	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.9.2 Water in damaged compartments

##### DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D208	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D208	1	EQ	R32	0.95	-	-	-	-
ILD210/D208	1	EQ	R41	0.62	-	-	-	-
ILD210/D208	1	EQ	R42	0.80	-	-	-	-
ILD210/D208	1	EQ	R53	0.90	-	-	-	-
ILD210/D208	1	EQ	R64	0.85	-	-	-	-
ILD210/D208	1	EQ	STABP	0.85	-	-	-	-

#### 3.9.3 Floating and flooding situation

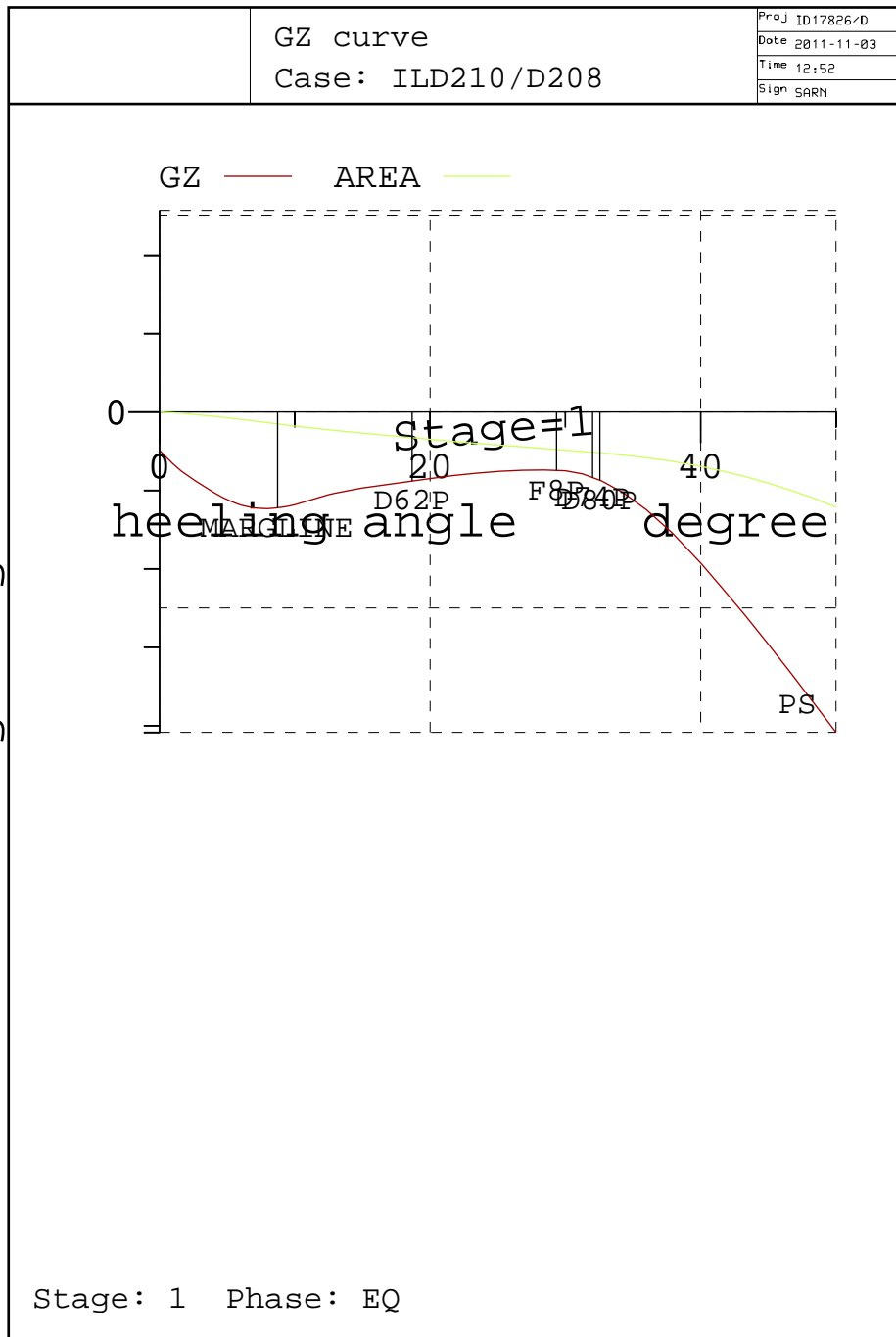




## 3.9.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D208  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.098	0.000	5.580	-0.413	P108P	1.57	1.35
-1.0	0.133	-0.002	5.579	-0.413	P108P	1.55	1.27
-3.0	0.183	-0.008	5.569	-0.416	D80P	1.51	0.95
-5.0	0.224	-0.015	5.548	-0.420	D80P	1.43	0.62
-7.0	0.244	-0.023	5.518	-0.425	D80P	1.35	0.30
-10.0	0.236	-0.036	5.471	-0.448	D62P	1.10	-0.21
-12.0	0.216	-0.044	5.433	-0.455	D62P	0.86	-0.55
-15.0	0.194	-0.054	5.368	-0.390	D62P	0.48	-1.05
-20.0	0.170	-0.070	5.236	-0.118	D62P	-0.18	-1.85
-30.0	0.150	-0.097	4.846	0.779	D62P	-1.53	-3.83
-40.0	0.385	-0.139	4.410	1.799	D62P	-2.95	-5.94
-50.0	0.817	-0.243	3.896	2.723	D62P	-4.34	-7.92



## 3.9.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	18.7	-
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	29.3	-
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	32.0	-
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	32.5	-
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	-2.10	7.20	35.7	-

3.10 D209 Intermediate stage

The following compartments are open to sea:

- R31 Cargo hold 1
- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck
- R64 Nato storage
- Stabp Stabilizer room on port side

Water level in R32 is presumed unchanged compared to the initial condition.

3.10.1 Floating position

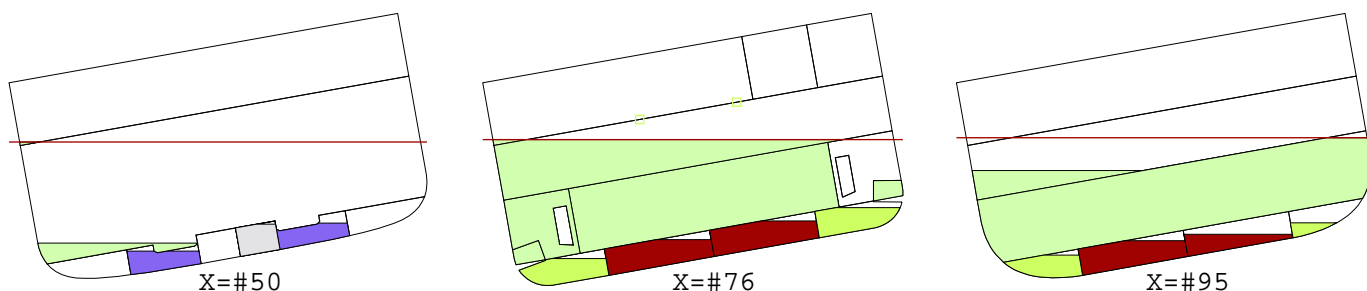
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D209	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D209	1	EQ	PS	5.739	-0.815	-10.1	0.866	D62P	-0.586

3.10.2 Water in damaged compartments

DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D209	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D209	1	EQ	R31	0.90	755.5	58.65	-0.12	2.92
ILD210/D209	1	EQ	R41	0.62	285.1	46.48	-0.06	2.87
ILD210/D209	1	EQ	R42	0.80	293.0	44.81	-3.83	5.46
ILD210/D209	1	EQ	R53	0.90	3.2	38.20	-9.16	7.28
ILD210/D209	1	EQ	R64	0.85	0.0	-	-	-
ILD210/D209	1	EQ	STABP	0.85	48.0	48.83	-7.86	2.97

3.10.3 Floating and flooding situation

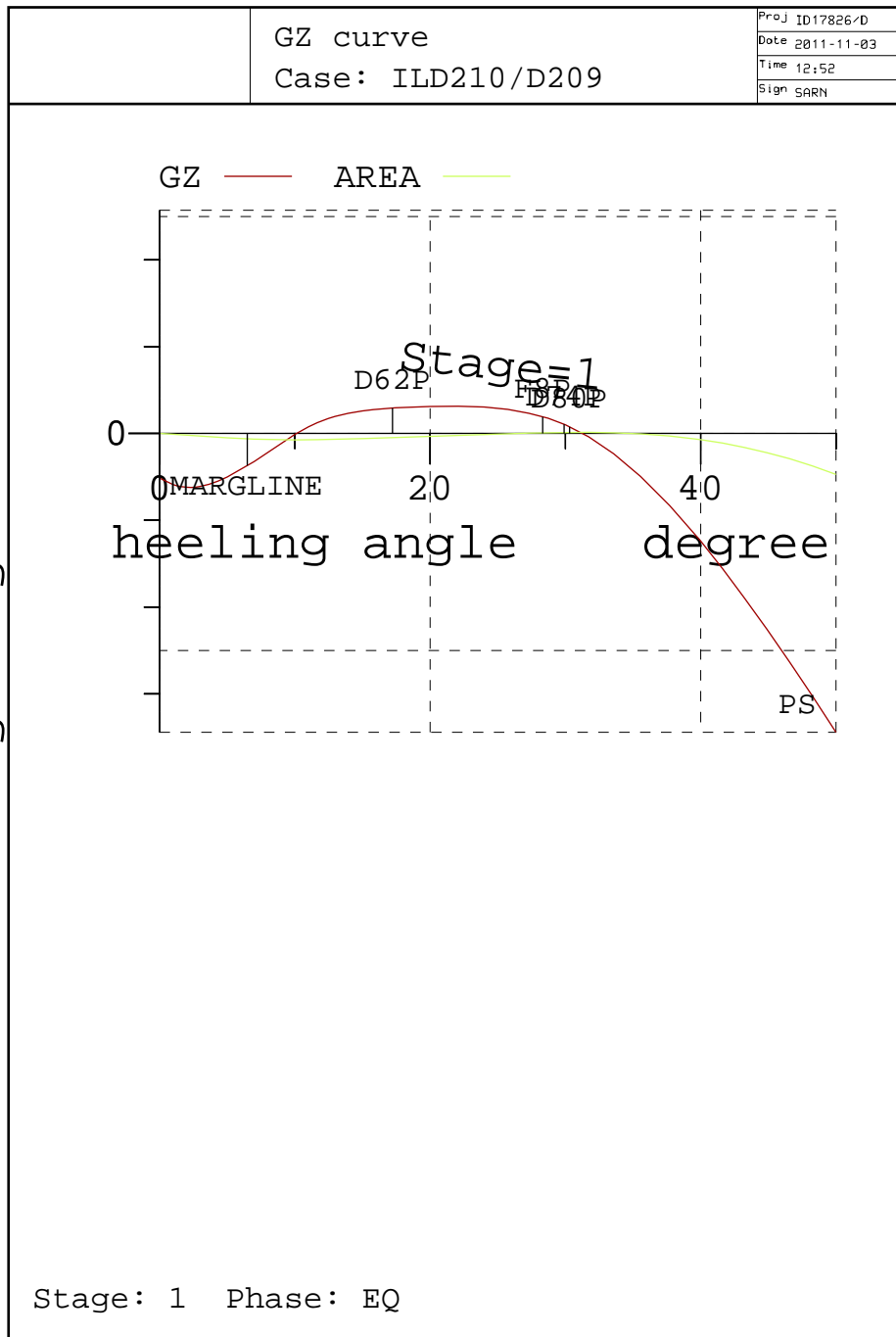




## 3.10.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D209  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.103	0.000	5.868	-0.808	P108P	1.23	0.89
-1.0	0.118	-0.002	5.866	-0.808	P108P	1.22	0.83
-3.0	0.122	-0.006	5.856	-0.809	P108P	1.19	0.56
-5.0	0.100	-0.010	5.835	-0.812	D80P	1.16	0.24
-7.0	0.065	-0.013	5.805	-0.815	D80P	1.08	-0.08
-10.0	0.002	-0.015	5.741	-0.817	D62P	0.88	-0.57
-12.0	-0.029	-0.014	5.691	-0.788	D62P	0.65	-0.88
-15.0	-0.052	-0.012	5.609	-0.670	D62P	0.28	-1.35
-20.0	-0.062	-0.007	5.444	-0.324	D62P	-0.35	-2.10
-30.0	-0.020	0.002	4.992	0.674	D62P	-1.66	-3.93
-40.0	0.248	-0.014	4.523	1.747	D62P	-3.06	-6.03
-50.0	0.689	-0.095	3.982	2.710	D62P	-4.43	-8.00



## 3.10.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	17.2	0.866
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	28.3	1.333
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	29.9	0.986
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	30.3	0.958
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	-2.10	7.20	33.5	0.992

MS NORDLYS

Hurtigruta

Damage Stability  
after incident

ID17826  
D

### 3.11 D211 Equilibrium in all flooded compartments

The following compartments are open to sea:

- R31 Cargo hold 1
- R32 Accommodation on deck 1
- R41 Cargo hold 2
- R42 Storage room on deck 1
- R53 Car deck
- R64 Nato storage
- Stabp Stabilizer room on port side

These are all the compartmentst where sea water was detected during the inspection after the accident.

#### 3.11.1 Floating position

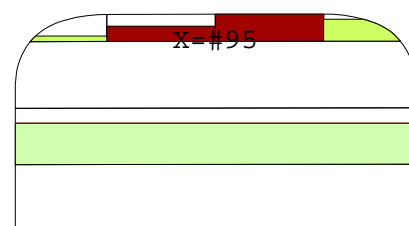
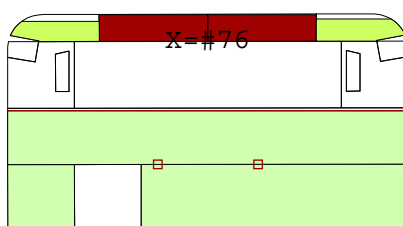
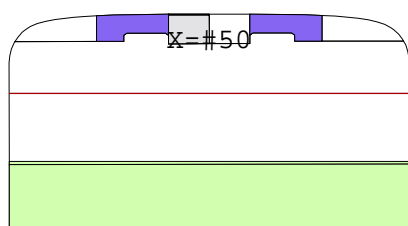
CASE	STAGE	PHASE	SI	T m	TR m	HEEL degree	RESFLD m	OPEN	RESMRG m
ILD210/D211	INTACT	EQ	PS	5.170	-0.044	-19.3	-0.954	DAMAGE	-1.621
ILD210/D211	1	EQ	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.11.2 Water in damaged compartments

##### DAMAGED COMPARTMENTS

CASE	STAGE	PHASE	NAME	PERM	VOL	XCG	YCG	ZCG
ILD210/D211	INTACT	EQ			0.0			
ILD210/D211	1	EQ	R31	0.90	-	-	-	-
ILD210/D211	1	EQ	R32	0.95	-	-	-	-
ILD210/D211	1	EQ	R41	0.62	-	-	-	-
ILD210/D211	1	EQ	R42	0.80	-	-	-	-
ILD210/D211	1	EQ	R53	0.90	-	-	-	-
ILD210/D211	1	EQ	R64	0.85	-	-	-	-
ILD210/D211	1	EQ	STABP	0.85	-	-	-	-

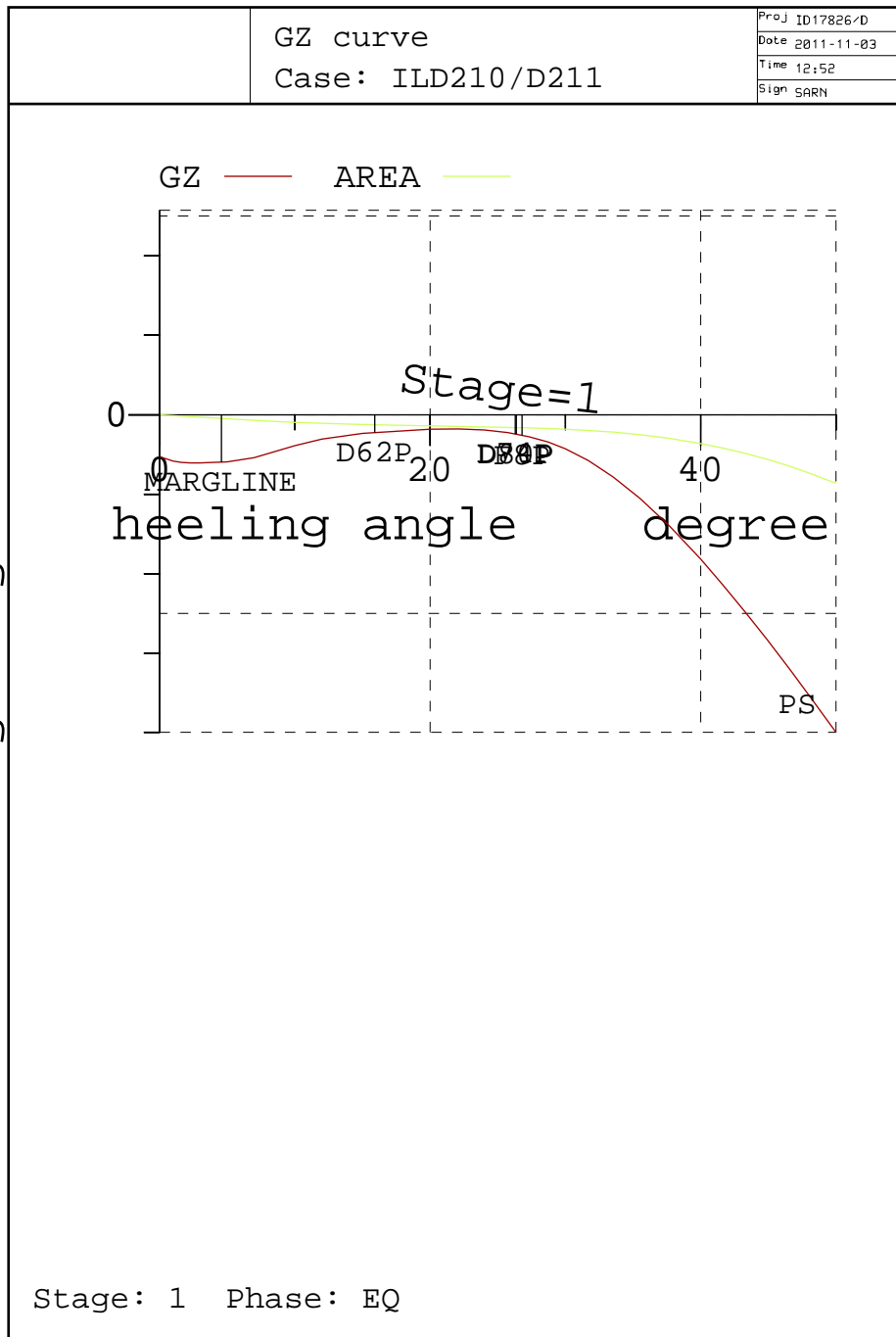
#### 3.11.3 Floating and flooding situation



## 3.11.4 GZ-curve

Initial condition : ILD210  
 Damage case : D211  
 Stage of damage : 1  
 Phase of stage : EQ  
 Azimuth : 0 deg

HEEL degree	GZ m	EPHI rad*m	T m	TR m	OPNAME	IMRES m	RESMRG m
0.0	0.105	0.000	6.091	-1.118	P108P	0.97	0.52
-1.0	0.117	-0.002	6.089	-1.118	P108P	0.96	0.46
-3.0	0.121	-0.006	6.079	-1.119	P108P	0.93	0.24
-5.0	0.119	-0.010	6.057	-1.120	P108P	0.91	-0.07
-7.0	0.108	-0.014	6.024	-1.119	D80P	0.87	-0.38
-10.0	0.078	-0.019	5.947	-1.096	D62P	0.71	-0.84
-12.0	0.061	-0.022	5.893	-1.045	D62P	0.48	-1.14
-15.0	0.047	-0.024	5.807	-0.898	D62P	0.12	-1.60
-20.0	0.036	-0.028	5.640	-0.516	D62P	-0.52	-2.33
-30.0	0.085	-0.036	5.202	0.516	D62P	-1.85	-4.07
-40.0	0.363	-0.072	4.769	1.610	D62P	-3.29	-6.21
-50.0	0.799	-0.172	4.266	2.616	D62P	-4.70	-8.24



## 3.11.5 Critical openings

## RELEVANT OPENINGS

NAME	TEXT	X m	Y m	Z m	IMMA degree	IMMR m
D62P	FLAPS TO PALLET LIFT P	37.20	-6.60	7.77	15.9	-
D74P	OPEN TO CARLIFT CASING P	44.40	-2.40	7.20	26.3	-
D80P	OPEN TO CARLIFT CASING P	48.00	-2.40	7.20	26.4	-
F8P	OPEN STAIRCASE FR8P	4.80	-2.20	7.20	26.8	-
P84P	STAIRCASE FR84P	50.40	-2.10	7.20	29.5	-