



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

EVALUERING AV SLUKKESYSTEMER FOR MELLOMSTORE MASKINROM PÅ SKIP



M/T Hilda Knutsen

Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. for ingeniørfag

Studieretning : Brannsikkerhet

Av : Elin Eriksen

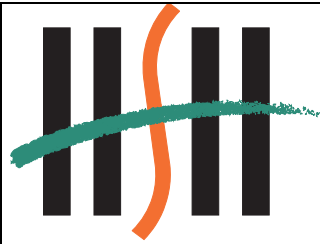
Kandidatnummer 28

Silje Haktorson

Kandidatnummer 27

Haugesund

2002



Høgskolen Stord/Haugesund
Avdeling for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Evaluering av slokkesystemer for mellomstore maskinrom på skip		
Utført av Elin Eriksen og Silje Haktorson		
Linje Sikkerhet		Studieretning Brannsikkerhet
Gradering Åpen	Innlevert Dato 03. Mai 2002	Veileder ved HSH Bjarne Christian Hagen
Oppdragsgiver Knutsen OAS Shipping AS		Kontaktperson hos oppdragsgiver Harald M. Thuestad

Ekstrakt

Miljøverndepartementets forskrifter pålegger rederiene å bytte ut alle halonslukkeanlegg innen 1. januar 2004. I forbindelse med utfasing av halonanlegg fra meskinrom og pumperom på Knutsen OAS Shipping AS sine skip, skal det utarbeides et forslag til alternativt slukkemiddel. Slukkemiddelene som vurderes gjennom grovanalyse og kriterier basert på rederiets mål er inerte gasser, syntetiske gasser, skum og vanntåke.



Forord

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med hovedprosjekt ved ingeniørstudiet på Høgskolen Stord/Haugesund (HSH), linjen for sikkerhet og studieretningen for brann-sikkerhet. Hovedprosjektet utgjør fire vekttall, og arbeidsmengden skal være ca. 250 timer pr. student.

Målet med rapporten er å finne det best egnete slukkemidlet til bruk i mellomstore maskinrom på skip. Det er skrevet flere rapporter med lignende emner tidligere, blant annet av SINTEF. Rapporten henvender seg til rederier som skal bytte ut halonanlegget. Den tar kun for seg totalfyllingsmetoden, da det ikke er krav om punktslokking i skip bygd før 1. juli 2002 [1].

I august mottok vi en e-post fra Harald M. Thuestad, superintendent ved Knutsen OAS Shipping AS, med et forslag til hovedprosjekt. Oppgaven gikk ut på å finne et egnet slukkemiddel til bruk på deres skip i forbindelse med utfasing av halon. Da vi startet på oppgaven i januar samarbeidet vi med Eirik Kittelsen og Arnt Olav de Jaager, som studerer på nautikkstudiet ved HSH. Vi innhentet informasjon sammen, men i februar delte vi oss i to grupper og fokusere på henholdsvis store og mellomstore maskinrom. Vi har holdt god kontakt og takker for fin dialog gjennom hele arbeidsperioden.

Vi benytter anledningen til å takke vår internveileder Bjarne Chr. Hagen for oppmuntrende samtaler og god veiledning og vår eksternveileder Harald M. Thuestad for et fint samarbeid. Vi vil også gi en takk til brannsjef Helge Eidsnes og underbrannmester Kenneth Baustad fra Bergen Brannvesen, som gav oss en lærerik dag om bord i en utbrent bulk båt. Til slutt vil vi takke Kåre Haavik fra HSH, Stefan Anderson fra HSH, Stig Opaker i Unitor, Heine Birkeland i Tordenskjold Marine, Ole Eckholdt fra If sikkerhetssenter, Bjørn Vik Mjeltebakk i Sjøfartsdirektoratet og Haugaland brannsikring for å være behjelpelig med informasjon underveis.

Elin Eriksen

Silje Haktorson

Haugesund 03. mai. 2002



Sammendrag

I henhold til forskrifter fra miljøverndepartementet skal alle Halon installasjoner være byttet ut innen 01. januar 2004. I den forbindelse må Knutsen OAS Shipping AS installere nye slukkesystemer på flere av sine kjemikalietankere. Denne rapporten som beskriver alternative slukkemidler, fordeler og ulemper, kan danne et grunnlag når rederiet skal ta en avgjørelse om hvilket alternativt slukkesystem som egner seg best til bruk i mellomstore maskinrom.

Rapporten starter med en grovanalyse for å gi en oversikt over hvor i maskinrommet en brann kan starte og hva årsaken til denne uønskede hendelsen er. Videre er slukkemidlene rederiet ønsket å se nærmere på beskrevet. De ble diskutert opp imot kriterier, basert på rederiets mål for slukkesystem til bruk i maskinrom. Disse kriteriene er lover, personsikkerhet, slukkeegenskaper, miljø, plassbehov, tilgjengelighet, skader og rengjøring, samt kostnader.

Enkelte av slukkesystemene tilfredsstilte ikke kravene, og ble dermed utelukket. Slukkesystemene som sto igjen for videre analyse ble da den inerte gassen Inergen og skumsystemet HotFoam. Begge slukkesystemene er velegnet til bruk i mellomstore maskinrom, og for å avgjøre hvilket alternativ som er best, ble det drøftet fordeler og ulemper. Det ble konkludert med at HotFoam var det best egnede slukkemidlet til bruk i mellomstore maskinrom på skip, da det er personsikkert, har kjøleende effekt og kan løses ut flere ganger.



Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	4
Innholdsfortegnelse	5
Tabelloversikt	6
Figuroversikt	6
Bildeoversikt	6
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Formål	7
1.3 Problemstilling	7
1.4 Avgrensing	7
1.5 Begreper	8
2 Grovanalyse	11
2.1 Definisjon av problem	11
2.2 Beskrivelse av system	12
2.3 Beskrivelse av aktivitet	13
2.4 Identifikasjon av uønskede hendelser	13
2.5 Resultat av grovanalysen	16
2.6 Feilkilder	16
3 Slukkemidler	17
3.1 Klassifisering og godkjenning av slukkeanlegg	17
3.2 Slukketeori	17
3.3 Inerte gasser	18
3.3.1 Karbondioksid	19
3.3.2 Argotec og Argonite	19
3.3.3 Inergen	20
3.4 Syntetiske gasser	21
3.4.1 Halotron IIB	21
3.4.2 FM-200	22
3.5 Skum	22
3.5.1 HotFoam	23
3.5.2 Lettskum	24
3.5.3 AFFF	24
3.6 Vanntåke	25
3.6.1 Vann som slukkemiddel	25
3.6.2 Vanntåke som slukkemiddel	26
4 Diskusjon av alternative slukkemidler	27



4.1	Lover	28
4.2	Personsikkerhet	28
4.3	Slukkeegenskaper	29
4.4	Miljø	30
4.5	Plassbehov	30
4.6	Tilgjengelighet	31
4.7	Skader og rengjøring	31
4.8	Kostnader	31
4.9	Resultat	31
5	Konklusjon	34
6	Videre arbeid	35
	Referanseliste	36
	Vedlegg 1	38

Tabelloversikt

Tabell 2.1	Analyse av brann i maskinrom	15
Tabell 2.2	Risiko oversikt	16
Tabell 3.1	Skumtall [20]	23
Tabell 4.1	Klasseindeling av maskinrom [25]	28
Tabell 4.2	Fordeler og ulemper ved Inergen	32
Tabell 4.3	Fordeler og ulemper ved HotFoam	32

Figuroversikt

Figur 2.1	Skjematisk tegning av diselolje og tungolje kretsen i en skipsmotor [8]	13
Figur 2.2	Beskriver prosentvis frekvens branner på forskjellige typer skip pr. år	14
Figur 3.1	Brannfirkanten	17

Bildeoversikt

Bilde 2.1	Utbrent hjelpemotor	11
Bilde 2.2	Hovedmotor	12
Bilde 3.1	Gassflasker med Inergen	20
Bilde 3.2	HotFoam-generator	24
Bilde 4.1	Maskinrommet i M/T Hilda Knutsen	27

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Halon, med den kjemiske betegnelsen bromtrifluormetan [2] er en slukkegass til bruk i lukkede rom der det finnes elektriske komponenter, brennbare gasser, væsker og faste materialer. På grunn av dette ble Halon populært til bruk i maskinrom offshore.

I 1974 ble det oppdaget at grunnstoffene klor og brom virker som katalysatorer på nedbryting av ozon i atmosfæren [2]. Ozonlaget absorberer ultrafiolett stråling fra solen slik at strålingen ikke kommer ned til jordoverflaten. Kun små mengder av slik høyintensiv stråling kan skade mennesker og dyr [2]. Denne oppdagelsen førte til en økende bekymring over den stadig økende bruken av KFK-gasser (Klorfluorkarbon) og halon. FN arrangerte en konferanse i Montreal 16. september 1987, med senere oppfølginger, der det ble bestemt at produksjon og handel med haloner og andre ozonnedbrytende stoffer skulle reguleres [2] [3].

Halon er regulert i Miljøverndepartementets "Forskrift om tilvirkning, innførsel, utførsel og bruk av klorfluorkarboner og haloner". Denne forskrift er under revisjon grunnet innføring av nye EU-regler. Dagens forskrift har fastsatt 01.01.2004 som endelig dato for fjerning av halon på skip. Sjøfartsdirektoratet har foreløpig ingen forskrift på området, men bruker Miljøverndepartementets forskrift som igjen baserer seg på rapporter fra Statens Forurensingstilsyn (SFT) og EU-regulativene [4].

1.2 Formål

Formålet med oppgaven er å finne et alternativt slukkemiddel til halon for bruk i mellomstore skipsmaskinrom. Maskinrom med størrelser fra 3.000 til 8.000 m³ defineres i denne rapporten som mellomstore. Det skal utarbeides et forslag til slukkemiddel, som skal være fremtidsrettet i henhold til gjeldende regelverk og som sikrer liv og miljø, uten fare for nye krav om utfasing og restriksjoner. Der det er behov for spesifikke opplysninger, har en tatt utgangspunkt i kjemikalietankeren M/T Hilda Knutsen. Hun har et maskinrom på 3500m³ og et pumperom på 1000m³.

1.3 Problemstilling

I henhold til Miljøverndepartementets "Forskrift om tilvirkning, innførsel, utførsel og bruk av klorfluorkarboner og haloner" av 21. januar 1991 [5], må haloninstallasjoner på alle skip og flyttbare innretninger være erstattet innen 01. januar 2004. Det skal avgjøres hvilket alternativt slukkemiddel som egner seg best for skip med mellomstore maskinrom.

1.4 Avgrensning

Rapporten tar kun for seg slukkesystemer som gir total romfylling, da det ikke er påbudt å installere punktslokking ved utfasing av halonanlegg [1].



1.5 Begreper

Begrep	[Symbol]	Definisjon
Absorpsjon		Den elektromagnetiske strålingen som blir tatt opp av et legeme og blir til varme. Differansen mellom det som stråler inn på et legeme og det som reflekteres tilbake.
Antennelses temperatur	[°C]	Den laveste temperaturen som et materiale kan antennes ved, og oppnå vedvarende forbrenning under gitte prøvebetingelser.
Atmosfærisk trykk	[Atm.]	Det trykk som atmosfæren skaper ved havoverflaten.
Brann		Ukontrollert forbrenningsprosess som kjennetegnes av varmeavgivelse, ledsaget av røyk, flamme eller gløding.
Branncelle		Avgrenset del av bygning der en brann fritt kan utvikle seg uten å spre seg til andre deler av bygningen i løpet av en fastsatt tid.
Brannventilasjon		Ventilasjon til utlufting av røyk, varme gasser og annet under brann.
Damp		Gassfasen til et stoff, som ved normalt trykk og temperatur er væske.
Dekomponeringsprodukter		De gasser som dannes ved forbrenning.
Egenvekt	[kg/m ³]	Materialets masse i forhold til volumet.
Eksoterm prosess		Reaksjon som utvikler energi.
Flaggnasjoner		Alle nasjoner som har skip registrert under sitt flagg.
Flamme		Forbrenningszone som oppstår ved reaksjon mellom gasser.
Flåte		En enhet sine samlede skip.



Fordampningsvarme	[KJ/kg]	Den varmemengden som er nødvendig, for at stoffet skal gå fra flytende fase til gassfase
Gasskyeksplosjon		Meget hurtig forbrenning av branngasser og luft, som medfører volum- og trykk-økninger i størrelsesorden deflagrasjon.
Inert gass		Ubrennbar gass som brukes som slukke-middel, ved fortrenging av luft/oksygen.
Katalysator		Stoff som fremskynder en prosess, uten selv å delta
Kondensere		Overføre en gass til væske.
Korrosjon		Metallenes oksidasjon tilbake til sin ”naturlige” tilstand, f.eks. jern til rust.
Oksygenindeks	[%]	Den minste oksygenkonsentrasjonen i en blanding av oksygen og nitrogen som underholder flammende forbrenning av et materiale under gitte prøvebetingelser.
Punktslokking		Slukkedyser rettet mot spesielt kritiske punkter.
Pyrolyse		Irreversibel kjemisk spalting av et materiale under påvirkning av varme.
Pølbrann		Overflatebrann i brennbar væske.
Risiko		Sannsynlighet * konsekvens
Rømningstid		Tiden fra en brann starter til alle utsatte parter har nådd frem til det sikre stedet.
Sot		Finfordelte partikler, hovedsakelig kull, produsert eller avgitt under fullstendig forbrenning av organisk materiale.
Spraybrann		Brennbar gass eller væske under trykk blir antent.
Spesifikk varmeverdi	[MJ/m ²]	Den varmemengden som frigjøres ved fullstendig forbrenning av 1kg masse av stoffet.



Tilbakebrenningshastighet		Skummets evne til å motstå flammen.
Total romfylling		Hele rommet fylles med et slukkemiddel.
Tredimensjonal slukkeeffekt		Slukkemiddelet skal virke i alle retninger.
Varmekapasitet	[J/kg°C]	Materialets evne til å holde på varmen.
Viskositet		Den grad av seighet en væske flyter med.
[6] [7]		

2 Grovanalyse

Ved å gjennomføre en grovanalyse ønsker en å danne seg et bilde av brannscenarioer som kan utspille seg i et maskinrom. En skal finne ut hva, hvor og hvilke konsekvenser en brann kan medføre. Dette skal brukes til å vurdere hvilket slukkemiddel som er best egnet.

Grovanalyse er en forenklet metode for gjennomføring av en risikoanalyse. Analysen gir en oversikt over farlige forhold knyttet til en aktivitet. Målet er å avdekke potensielle farer, slik de kan elimineres, minimaliseres eller kontrolleres [10].

2.1 Definisjon av problem

Grovanalysen skal brukes som grunnlag for valg av slukkemiddel til bruk i mellomstore maskinrom og pumperom med samlet volum på 3.000 til 8.000 m³. Brann i et maskinrom kan ha store konsekvenser for både mennesker og materiell. Å velge riktig slukkemiddel i forhold til aktuelle brannforløp og konsekvenser, er meget viktig for at arbeidsplassen skal bli så trygg som mulig.

Bilde 2.1 Utbrent hjelpemotor

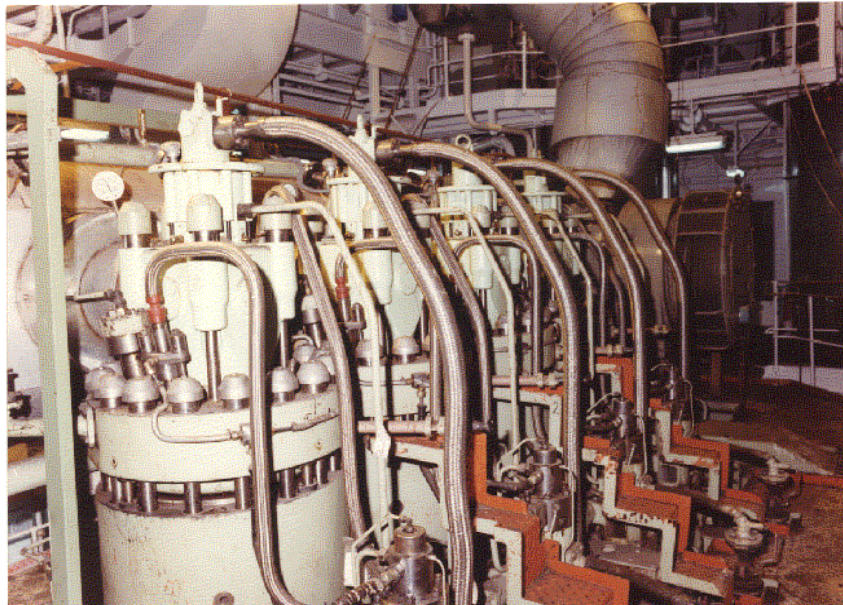


Brannen startet her, spredde seg og totalskadet store deler av skipet.

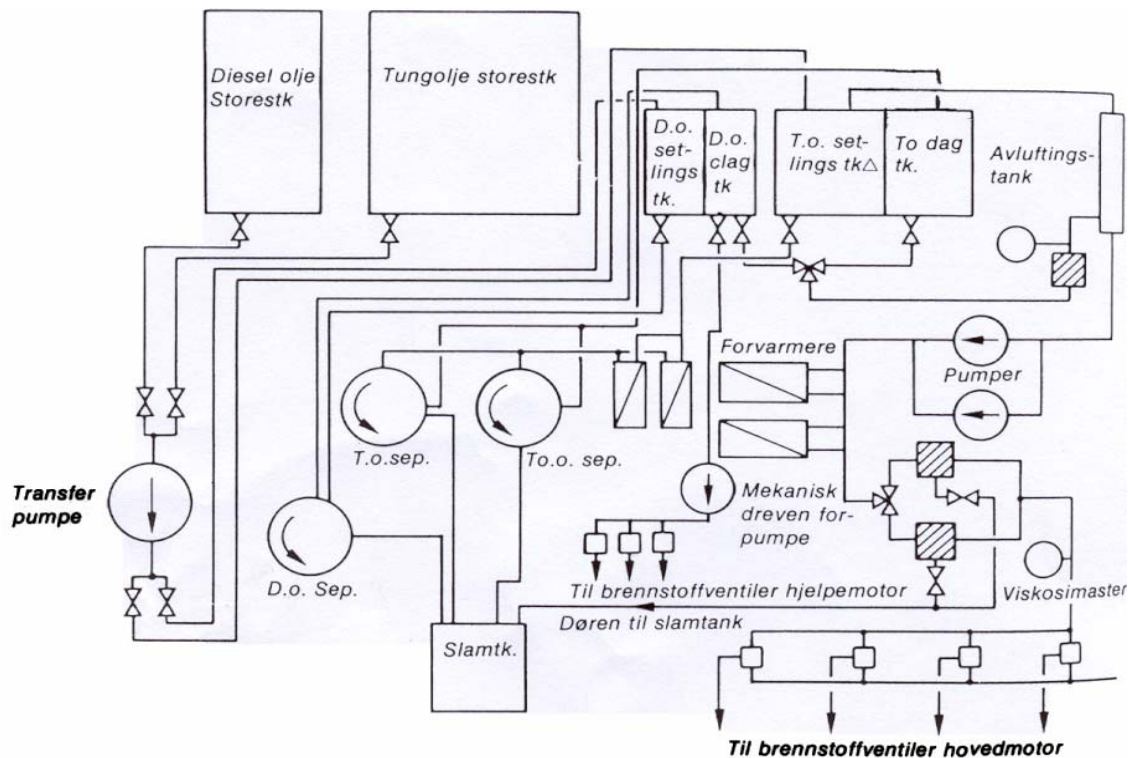
2.2 Beskrivelse av system

Maskinrommet er åpent gjennom flere dekk og inneholder en hovedmotor som står på tanktoppen/double bottom (vedlegg 1), samt hjelpemotorer som er plassert på "lower platform" (vedlegg 1). Pumper, rørsystem og diverse ventiler fra motorer og kjeler fordeler seg over alle dekkene. Et motorsystem har tre kretser der det beveger seg trykksatt olje med høy temperatur. Dette er smøroljekretsen, tungoljekretsen og dieseloljekretsen. Tungolje- og dieseloljekretsen står under høyt trykk. Det lagres mer tungolje enn dieselolje. smøroljekretsen er trykksatt, men under vesentlig lavere trykk. Det er også mye mindre smørolje enn andre oljer, da smøroljen blir resirkulert. Det finnes også mange varme overflater som steamledninger, eksosledninger, eksosmanifolere, kjelefronter og lagere som kan gå varme. Separatorrommet ligger i maskinrommet på "lower platform", her er det meget varmt og det finnes alltid mye oljesøl. Pumperommet er atskilt fra maskinrommet, og regulerer blant annet temperatur i kjemikalietanker og kjeler (Se vedlegg 1). Dører mellom alle rom skal til enhver tid være lukket [8].

Bilde 2.2 Hovedmotor



Hovedmotoren til MT Hilda Knutsen



Figur 2.1 Skjematisk tegning av dieselolje og tungolje kretsen i en skipsmotor [8].

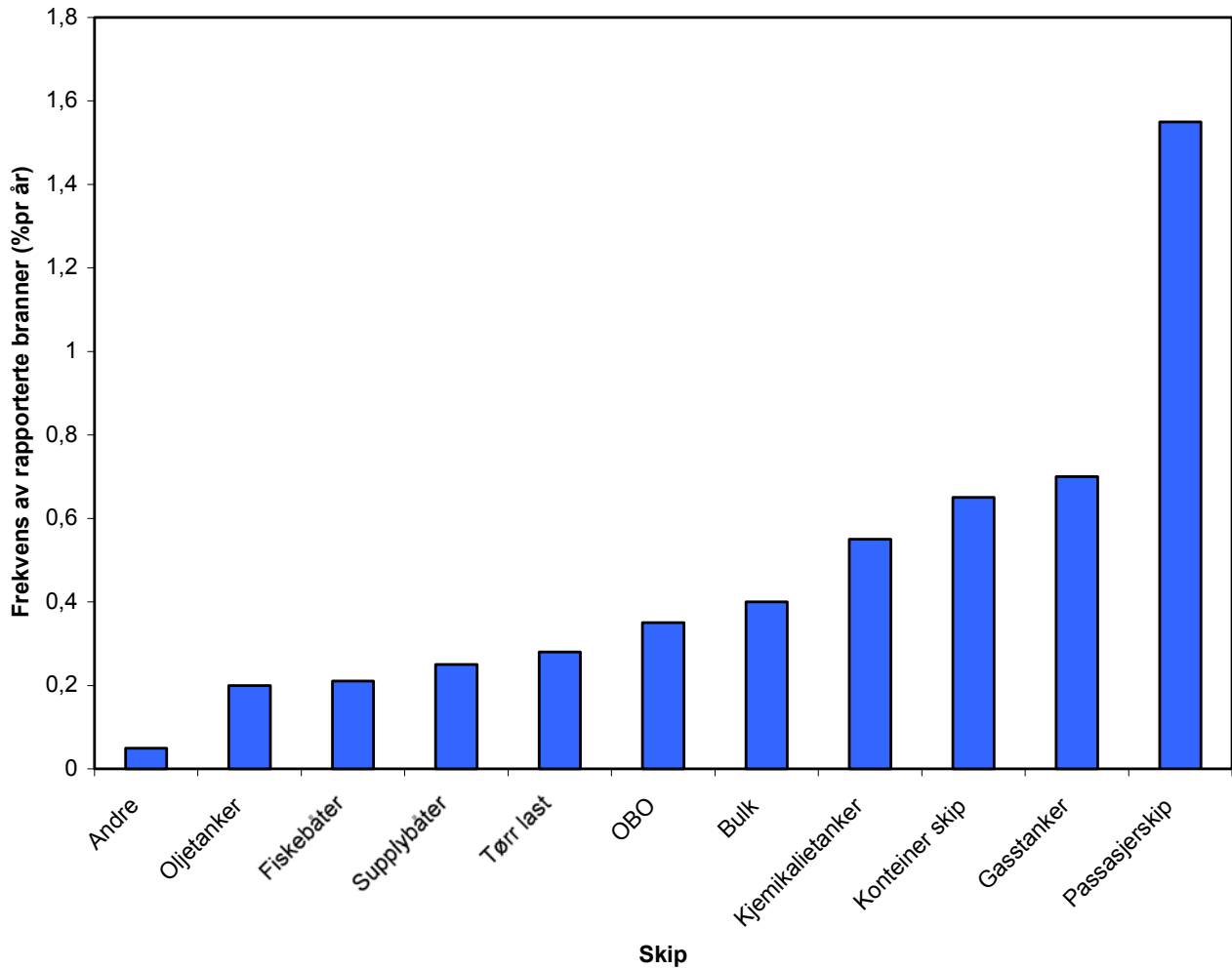
2.3 Beskrivelse av aktivitet

Det vil regelmessig oppholde seg mannskap i maskinrommet. De har i oppgave å vedlikeholde, rydde og overvåke maskinene. Motoren styres fra broa, og ved normal driftstilstand er det derfor ikke behov for mannskap i maskinrommet.

2.4 Identifikasjon av uønskede hendelser

Statistikk viser at branner i maskinrom ofte starter ved at olje treffer varme overflater med temperaturer over 290°C [9]. Svikt i rør med påfølgende lekkasje kan komme av trykkoppbygging, produksjonsfeil, montering eller dårlig vedlikehold og rengjøring.

I NIS (Norsk Internasjonal Skipsregister) og NOR (Norsk Ordinært Skipsregister) er det til sammen registrert 105 kjemikalietankere. For kjemikalietankere viser statistikk at 0,55% (se figur. 2.2) av skipene vil brenne og at 63% av disse brannene vil starte i maskinrommet. I gjennomsnitt vil én av de 105 kjemikalietankerne oppleve brann i maskinrommet hvert tredje år [1].



Figur 2.2 Beskriver prosentvis frekvens branner på forskjellige typer skip pr. år

Tabell 2.1 Analyse av brann i maskinrom

Arnested	Hendelse	Årsak	Konsekvens	P	K
1. Dieselolje, tungolje krets	Lekkasje fra tank, ventil, rør, pumpe, separator, forvarmer, hjelpemotor og hovedmotor, treffer varme overflater som steamledninger, eksosrør og kjelefront.	Trykkoppbygging, installasjons- og produksjonsfeil, eller dårlig vedlikehold	Spray brann og/eller pølbrann	1 oljebrann per 6. år.	Katastrofal
2. Smøreolje krets	Lekkasje fra tank, ventil, rør, pumpe og filter, treffer varme overflater som steamledninger, eksosrør og kjelefront.	Trykkoppbygging, menneskelig svikt, ”tette filter som fører til trykk økning”, eller dårlig vedlikehold	Spray brann og/eller pølbrann		Alvorlig
3. Sot	Sot inne i oljebrenner blir varmet opp.	Dårlig rengjøring og vedlikehold.	Sot tar fyr og/eller eksploderer	1 sotbrann per 30. år.	Katastrofal
4. Turbolader	Varm metallpartikkel/lader med turtall over 40.000 omdreininger/minutt Løsner [12]	Glødende metall biter, høy harstighet, i komprimert luft	Eksplisjon	1 brann i turbolader per 30. år.	Katastrofal
5. Andre årsaker	Blant annet materiell, maling, gassflasker tar fyr eller blir oppvarmet.	Diverse	Brann/eksplisjon	1 brann grunnet andre årsaker per 10. år.	Liten til Katastrofal

P = Sannsynlighet, oppgis i én brann i norsk kjemikalietanker per antall år.

K = Konsekvens, er regnet ved ”verste tilfelle”

En regner med at 5 til 15% av alle småbranner ikke blir rapportert inn hvert år [1]

Tabell 2.1 beskriver brannforløp, samt årsak og konsekvens til hver hendelse. Årsak og konsekvens parametrene settes inn i tabell 2.2 som beskriver risikoen knyttet til de forskjellige ulykkene. Mørk farge indikerer høy risiko.

Tabell 2.2 Risiko oversikt

Konsekvens- klasser	Frekvens / sannsynlighet				
	Svært sjelden	Sjelden	Iblant	Ofte	Svært ofte
Katastrofalt		3 og 4	1 og 5		
Svært alvorlig			5		
Alvorlig			2 og 5		
Begrenset			5		
Liten			5		

Parametrene[10]:

X = Tid mellom branntilløp

Svært sjelden: $X \geq 70$ år
Sjelden: $25 \text{ år} < X < 70 \text{ år}$.
Iblant: $5 \text{ år} < X < 25 \text{ år}$.
Ofte: $1 \text{ år} < X < 5 \text{ år}$
Svært ofte: $0 \text{ år} < X < 1 \text{ år}$

Katastrofalt: Medfører død eller total uførhet av flere personer
Svært alvorlig: Medfører død eller total uførhet
Alvorlig: Større personskader
Begrenset: Små personskader
Liten: Resulterer ikke i personskader

2.5 Resultat av grovanalysen

Grovanalysen viser at de fleste branner som oppstår i maskinrom starter i hovedmotor eller hjelpemotor. Disse er plassert i nedre del av maskinrommet. Branner som oppstår i motorer er oljebranner i form av spraybranner og/eller pølbranner. Slike branner forekommer iblant men konsekvensen kan være katastrofal. Statistikken oppgir ikke antall branner i pumperommet.

2.6 Feilkilder

Antall fartøy i verdensflåten er ca 85.000, men i eksisterende databaser finner en bare datagrunnlag for 10.000 skip. For at tallmaterialet skal gi et tilstrekkelig statistisk grunnlag bør det være med nærmere 35.000 skip. Dette betyr at små økninger i tallmaterialet kan gi merkbare forandringer [11]. Denne feilkilden kan ha innvirkning på grovanalysen.

3 Slukkemidler

Dette kapitlet inneholder blant annet en kort oversikt over godkjenningsorganer, slukketeori, samt en presentasjon av ulike slukkemidler som er designet til bruk i maskinrom og deres egenskaper. Slukkemidler som skal vurderes er gass, skum og vanntåke.

3.1 Klassifisering og godkjenning av slukkeanlegg

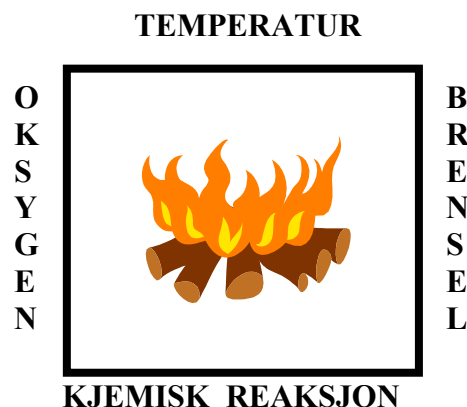
Øverste organ for lover og standarder i internasjonalt farvann er FN. Under FN ligger IMO (International Maritime Organization) med sin underorganisasjon MSC (Maritime Safety Committee) som har ansvaret for å utforme standarder. IMO regulerer forurensning og sikkerhet til sjøs gjennom regelverkene SOLAS (Safety Of Life At Sea) og MARPOL (Maritime Pollution). For å håndheve IMO og MSC standarder, finnes det 10 classeselskaper underlagt IACS (International Assosiation of Classification Societies). 90% av verdens tonnasje er registrert hos de 10 classeselskapene og alle slukkesystemene må godkjennes av disse. Alle flaggnasjoner har egne regler for klasseinndeling av skip. Skip inndeles i klasser etter hvilken last de fører, hvilke farvann de trafikkerer, alder på skipet og risikoklassen det tilhører [11].

3.2 Slukketeori

Det er viktig å vite hvordan en brann fungerer, samt hva som motvirker et brann forløp for å kunne avgjøre hvilke slukkemiddel som er best egnet. Denne delen gir en kort innføring i slukketeori. Den tar blant annet for seg brann firkanten, forbrenning og slukkeforhold i maskinrom.

En brann kan slukkes etter følgende prinsipper:

- Fysisk skille det brennbare materialet fra flammen.
- Fjerne eller redusere oksygentilførselen.
- Redusere temperaturen til det brennbare materialet.
- Introdusere kjemikalier som modifierer forbrenningskjemien.



Figur 3.1 Brannfirkanten

Brannfirkanten inneholder de fire faktorene som er nødvendig for å underholde en brann. Alle slukkemidler må minst bryte eller redusere en av disse. De fleste slukkemidlene hindrer flere av faktorene samtidig.

En forbrenning er en eksoterm reaksjon mellom brennbart stoff og en oksidant, vanligvis ledsaget av flammer, gløding eller røykdannelse [6]. Varmestråling fra flammen får nytt brensel til å omforme seg til brennbar gass. Denne prosessen skjer ved pyrolyse eller fordamping og krever mye energi. En forbrenningsprosess er svært sensitiv til temperaturforandringer. En liten reduksjon i temperatur gir vesentlig tilbakegang i forbrenningen [12]. En annen viktig faktor for å opprettholde en brann er oksygenindeksen. For at et brennbart stoff skal kunne brenne må konsentrasjonen av oksygen, i atmosfæren, være over en nedre grense.

I maskinrom vil det i de fleste tilfeller være olje, eller trykksatt olje som brenner. Det er viktig at slukkemidlet som blir tatt i bruk, egner seg til å slukke den type brann en står ovenfor. Dersom vann i dråpeform treffer direkte på oljeoverflaten vil det kunne oppstå dampekspansjon som river med seg olje opp i kontakt med oksygen i luften, og brannen kan da flamme kraftig opp. For å være sikker på å velge det rette slukkemidlet til den brannen en skal bekjempe, må en vite hvordan slukkemidlet fungerer i forhold til brenselet [6].

3.3 Inerte gasser

Det skal vurderes fire inerte slukkegasser :

- Karbondioksid
- Argotec
- Argonite
- Inergen

De inerte gassene slukker ved oksygenfortrengning. Gassene introduseres raskt i brannrommet [13] og fordeler seg hurtig og trenger inn under eventuelle deksler på motorer og elektriske komponenter. Volumet av gassen som blir introdusert fortrenger luften som allerede er til stede. Dette fører til at oksygenivået blir lavere enn 10-12%, som er under brennbarhetsgrensen, og dermed kveles brannen [14]. Alle de inerte gassene har svært lave frysepunkter [3] og vil være like effektive selv ved ekstrem kulde.

Inerte slukkemidler er sammensatt av gasser som opptrer naturlig i atmosfæren. Gassene reagerer ikke med andre materialer eller stoffer og tar ikke del i forbrenningsprosessen. Dette er årsaken til at inerte gasser ikke produserer miljøskadelige og giftige dekomponeringsprodukter. Gassene er ikke elektrisk ledende, og gir ingen korrosjonsskader på utstyr [14].

Det er et krav at alle skip skal innarbeide faste rutiner som skal brukes ved utløsning av gasslukkeanleggene. Når brannen oppdages blir det slått alarm, mannskapet må sjekke at maskinrommet er evakuert før de kan utløse systemet manuelt [1]. Ingen av de inerte gassene har negativ virkning på ozonlaget eller den globale oppvarmingen, ODP = 0 (Ozone Depletion Potential) for alle gassene [3].

3.3.1 Karbondioksid

Karbondioksid (CO_2) er en av de mest brukte gassene i automatiske slukkeanlegg. CO_2 blir oppbevart på flasker under høyt trykk, og blir lagret i væskefase. Gassen har svært lavt kokepunkt -78°C ved atmosfærisk trykk [3], og når gassen kommer ut i rommet fordampes den. Denne prosessen krever mye energi fra brannrommet og når den kondenserte gassen fordampes kan det dannes små iskrystaller. CO_2 har derfor en viss kjølede effekt i tillegg til å fortrenge oksygen. Gassen har en egenvekt ved romtemperatur som tilsvarer 1,5 ganger luftens egenvekt, og en stund etter utløsning vil gassen synke i rommet [14].

Pølbranner krever minst 28% romfylling for å oppnå slukkeeffekt, dette fører til at O_2 konsentrasjonen (oksygen) i rommet synker til 15%. For branner i elektriske anlegg kreves det romfylling på 50% for å oppnå slokking, noe som medfører at O_2 konsentrasjonen vil synke til 10,5% [2].

CO_2 er uten farge og lukt, noe som gjør den svært vanskelig å oppdage. Ved økende CO_2 konsentrasjon (2-4%) [2] får personer en raskere pustefrekvens, og når konsentrasjonen overstiger 6-7% blir hjernen feilinformert og pustefrekvensen reduseres. En konsentrasjon på 9 vol % [15] eller høyere i luften vil kvele mennesker, og overstiger konsentrasjonen 15% vil det føre til akutt lammelse av ånderett. Slukkekonsentrasjoner i området 30-50% er derfor akutt dødelig [14]. Grunnet den store personfaren gassen medfører, er det et krav at CO_2 beholdere skal oppbevares i et eget rom på dekk [1].

Karbondioksid er en drivhusgass, GWP = 1 (Global Warming Potential), som oppholder seg i atmosfæren i ca fem år [3]. Gassen hentes fra annen industri [14].

3.3.2 Argotec og Argonite

Argotec og Argonite blir presentert samlet da de har svært like slukketekniske egenskaper.

Slukkemidlet Argotec består av gassen Argon. Argonite inneholder 50% Argon og 50% Nitrogen [16]. Begge gassene opptrer naturlig i atmosfæren. Atmosfæren inneholder 78,10 % Nitrogen og 0,93 % Argon.

Begge gassene krever en fyllingsgrad på rundt 50 % for å oppnå tilstrekkelig slukkeeffekt. Oksygenkonsentrasjonen i rommet vil da synke til under 10-12% [14]. Det skal være mulig for mennesker å oppholde seg i denne atmosfæren i kortere perioder uten fare for kveling, så lenge atmosfæren ikke overstiger den kritiske CO_2 grensen på 6-7%. Evakuering bør likevel alltid foretas med en gang gassen utløses [14].

Argotec er tyngre enn luft og vil synke i rommet etter en stund. Argonite har tredimensjonal slukkeeffekt og vil holde seg jevnt fordelt i rommet, da egenvekten til gassen er nær egenvekten til luft [16].

Slukkegassene leveres på trykkflasker og nødvendig mengde slukkegass, må lagres på gassflasker. Da gassen lagres i gassfase har den ingen kjølede effekt på omgivelsene [14].

3.3.3 Inergen

Inergen er sammensatt av 52% Nitrogen, 40% Argon og 8% Karbondioksid [16]. Navnet har gassen fått av de to ordene inertgass og nitrogen. Utviklingen av Inergen startet på slutten av 80-tallet og målet var å finne en erstatning til halon.

Inergen har en tredimensjonal slukkeeffekt, da gassen har omtrent samme egenvekt som luft. Dette øker blandeeffektiviteten og dermed holdes konsentrasjonen ved like [16]. For å få en tilfredsstillende slukkeeffekt kreves det en fyllingsgrad i rommet på 50 % [14]. Etter utløsning av et inergenanlegg inneholder luften en puster inn mellom 3,5 - 4% CO₂ og 10 % oksygen [16]. Ved en CO₂-konsentrasjon i området 2-4% skjer det en stimulering av pustefrekvensen. Kroppen blir stimulert til å puste fortere og dypere slik at opptaket av oksygen øker. Dette kompenserer noe for det lavere oksygeninnholdet i atmosfæren og gjør at en person fortsatt kan oppholde seg i rommet etter at anlegget er løst ut [2].

Inergen oppbevares på trykkflasker i gassform og har derfor ingen kjølede effekt på omgivelsene [14]. Trykkflaskene kan plasseres i brannrommet [16].

Bilde 3.1 Gassflasker med Inergen



Trykkflasker som inneholder Inergen

3.4 Syntetiske gasser

Det skal vurderes to syntetiske gasser:

- Halotron IIB
- FM 200

De syntetiske HFK-gassene (Hydrofluorkarbon) ble utviklet for å erstatte halon 1301 og 1211, da disse ble forbudt. Målet var å finne en gass som hadde like slukketekniske egenskaper som halon, men som var miljømessig akseptable. Det skulle være mulig å bruke de samme distribusjonsrørene som for halonanlegget, slik at installasjonskostnadene ble så lave som mulig. Gassene oppbevares på gassflasker under trykk [3].

De syntetiske gassene virker ved en kombinasjon av en fysisk mekanisme som absorberer varme, med en liten reduksjon av oksygentilførsel og en kjemisk hemmende effekt. Gassene skal være introdusert i rommet innen maksimalt 10 sekunder etter utløsning [16].

De syntetiske gassene korroderer ikke, er farge- og luktløse, rene og leder ikke strøm. Gassene kan oppbevares mellom -40 til $+60^{\circ}\text{C}$ og de tar 1,5 til 2 ganger mer plass enn halon 1301. HFK-gassene har meget lave frysepunkter [3].

Ingen av gassene har bruksrestriksjoner på nåværende tidspunkt, men det forventes restriksjoner eller forbud i fremtiden. Grunnen til dette er at de syntetiske gassene er drivhusgasser. Gassene er avgiftsbelagte, men de er ikke på vei ut i følge Montreal protokollen [3].

De syntetiske gassene er ikke giftige i seg selv, men de kan ha meget giftige dekomponeringsprodukter. Det finnes lite dokumentasjon om gassenes virkning på mennesker [1].

3.4.1 Halotron IIB

Det finnes to ulike halotronprodukter på markedet, Halotron I og Halotron IIB. Halotron I blir også kalt HCFC Blend B og Halotron IIB blir kalt HFC Blend A og FS 49 C2. Kjemisk består Halotron IIB av 80% CF_3CHF_2 og til sammen 20% av $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$ og CO_2 . Gassen HFC Blend A markedsføres i USA som Halotron II med svovelheksafluorid (SF_6), men i EU blir SF_6 tatt bort pga miljø hensyn og gassen heter der Halotron IIB [3].

Halotron IIB har en atmosfærisk levetid på over 40 år og $\text{GWP} = 1388$ [3]. Gassen belastes med en miljøavgift på NOK 337,15 pr. kg [16].



3.4.2 FM-200

Det kjemiske navnet til FM 200 er heptafluorpropan $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$ og gassens produktnavn er HFK 227ea. Ved lagring av denne gassen må en bruke de samme sikkerhetsrutinene som ved bruk av et CO_2 anlegg. Det anbefales å tilsette gassen lukt slik at det er lett å oppdage om det fortsatt er gass i rommet etter utlufting. Det blir ikke kuldeskader på utstyr ved utløsning av anlegget [3].

FM-200 har en levetid i atmosfæren fra 31 til 42 år og $\text{GWP} = 3300$ [3]. Gassen belastes med en miljøavgift på NOK 725 pr. kg [16].

3.5 Skum

Det skal vurderes tre skumslukkemidler:

- Hotfoam
- Lettskum
- AFFF

Andre skumslukkemidler på markedet er ikke aktuelle med tanke på totalfylling av mellomstore maskinrom.

Skum er et slukkemiddel som inneholder vann, gass og skumvæske. Det slukker ved å kjøle ned rommet og skille luft fra brensel. Skum er gassbobler, omhyllt med en film av skumvæske, og den mest brukte gassen er luft. Skummet blir dannet ved å blande vann og skumvæske, og deretter sprøyte inn luft i blandingen med mekaniske hjelpemidler. Det mest stabile skummet har jevnstore små bobler [17].

Det finnes to hovedtyper skumvæsker, syntetisk skum og proteinskum. Syntetisk skum fremstilles av hydrokarboner med stabiliserende stoffer, mens proteinskum fremstilles av animalske eller vegetabiliske proteiner som dyreblood og soyabønner [18].

Skum er lettere enn hydrokarbonvæsker og legger seg oppå slike branner. Det dannes et sjikt mellom brenselet og oksygentilførselen som bidrar til å kvele brannen. Sjiktet kan variere fra et par millimeter til flere meter. Skummet vil også ha en fuktende og kjølede effekt grunnet den store andelen vann. Alle skumtypene nevnt nedenfor lagres konsentrert og kan blandes med både fersk- og saltvann [18].

Skum brytes ned av flammer, mekanisk bevegelse, varme og noen stoffer som for eksempel alkoholer [18]. Det er derfor viktig at det påføres nok skum, med kontinuerlig tilførsel. For at rommet skal fylles raskt nok opp, må en tilføre skum med en stigningshastighet på minimum 2 meter pr. minutt [19].

Skum er miljøvennlig og toksikologisk ufarlig for mennesker. Frysepunktet varierer for de ulike skumtypene, men grunnet den store andelen vann ligger det stort sett rundt 0°C . En kan



tilsette skummet frostvæske for å senke frysepunktet. Dette medfører imidlertid at skummet blir mindre miljøvennlig. Skum leder strøm dårlig [20].

Skumtall er et mål for hvor mye ferdigprodusert skum som kommer ut av anvendt mengde vann og skumvæske.

Skumtallet regnes som følger [18]:

$$St = \frac{V_t}{V_v + V_s}$$

Hvor:

$St =$ Skumtall

$V_t =$ Volum, ferdig skum.

$V_v =$ Volum, vann.

$V_s =$ Volum skumkonsentrat

Tabell 3.1 Skumtall [20].

Skumtype	Skumtall
Tungtskum	2 - 20
Mellomskum	20 - 200
Lettskum	200 - 2000

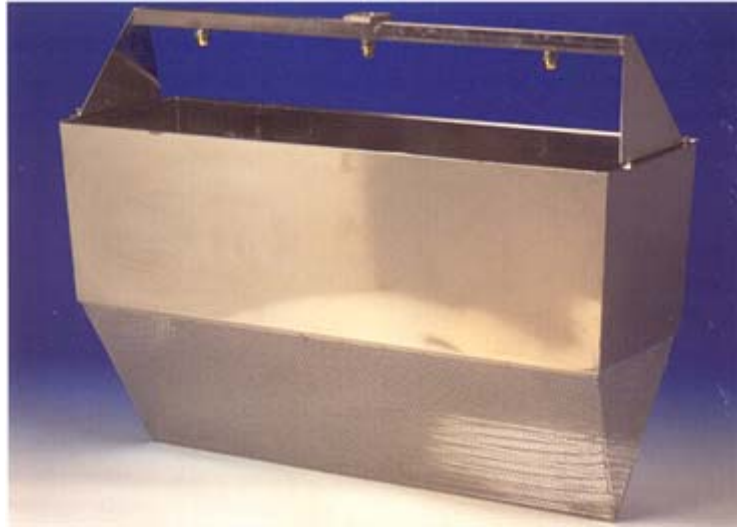
3.5.1 HotFoam

HotFoam er utviklet spesielt til bruk i maskinrom og pumperom offshore. Det er et tre-dimensjonalt flertrinnsystem som bruker vanntåke til å kjøle ned atmosfæren i rommet og skum til å totalfylle rommet slik at brannen kveles. Slukkesystemet virker inert, samtidig som skummet danner en film over brannstedet [19].

Systemet bruker intern luft for å generere skum og det er derfor ikke nødvendig med trykk-avlastning. Det finnes skumgeneratorer i to størrelser som plasseres i taket i de aktuelle rommene (se bilde 3.2). Etter utløsning vil skummet stige i rommet med en fart på 2 meter pr. minutt. Det er viktig at anlegget løses ut direkte etter deteksjon av brann. Ved utløsning vil vanntåken først bli aktivert i 2 minutter. En kan da evakuere og avgjøre om det er nødvendig å totalfylle med skum, eller om det er tilstrekkelig med vanntåke og eventuelle håndslukkere [19]. I etterkant kan skumgeneratorene spyle ut vann for å senke skumnivået [21]. Slukkesystemet kan styres manuelt, blant annet er det mulig å stenge påførselen av skum dersom brannen starter på et lavt nivå og slukkes før rommet er totalfylt [19].

HotFoam-anlegget trenger lite vedlikehold, men anlegget må testes en gang i året. Anlegget tar liten plass og er lett å installere. Skumtallet til HotFoam er 700 og skummet består av 2% konsentrert skum og 98% vann [19].

Bilde 3.2 HotFoam-generator



3.5.2 Lettskum

Lettskum er et lett og flyktig skum, som brukes til å totalfylle rom slik at luften blir fortrent. Skummet blir påført av store skumaggregater, som bruker ekstern luft. Det er nødvendig med ventilering, slik at en unngår trykkoppbygging i rommet. Det mest vanlige skumtallet til bruk ved totalfylling av store arealer er 1.000, og skummet påføres med en stigningshastighet på 1 meter pr. minutt [20].

3.5.3 AFFF

AFFF (Aqueous Film Forming Foam) er et syntetisk skumslukkemiddel, tilsatt overflateaktive fluorkarboner [18]. Skummet er kjemisk komplisert og designet som tungt eller mellomskum. Dette gjør det vanskelig å lage skummet så lett at det kan fylle et helt rom [20].

AFFF, har stor viskositet og sprer seg derfor raskt i rommet. Skummet har dårlig tilbakebrenningshastighet som medfører at det er lite motstandsdyktig mot flammer [18]. Skummet er effektivt mot spraybranner, og det sprøytes inn i rommet gjennom sprinklersystem. Systemet bruker ekstern luft og det er derfor nødvendig drive aktiv trykkavlastning [20].

Normal brukstemperatur for AFFF er 1.7°C - 49 °C. Skummet kan ikke tilsettes stoffer for å senke frysepunktet, da dette bryter ned den kjemiske sammensetningen [18].

3.6 Vanntåke

3.6.1 Vann som slukkemiddel

Vann er det mest brukte slukkemiddelet. Årsaken til dette er at vann er rimelig, finnes i store mengder, er miljøvennlig og har gode slukketekniske egenskaper. Vann slukker ved kjøling av flammesonen og det brennbare materialets overflate, samt at det begrenser tilgangen til oksygen [22].

Vann har god kjølede effekt, dette på grunn av den høye fordampningsvarmen på 2253 kJ/kg, vannets varmekapasitet på 4,18 kJ/kg°C og dampens varmekapasitet på 2,06 kJ/kg°C [6]. Når en tilfører 1kg vann (10°C) til en forbrenningszone, vil først vannet bli varmet opp til det når kokepunktet (100°C). Videre vil det fordampe, og vanddampens temperatur vil stige inntil den når samme temperatur som resten av luft-/røykblandingen i forbrenningssonen. Har røykblandingen en temperatur på ca 300°C, vil denne prosessen kreve ca 3000 kJ fra forbrenningssonen. Skjer dette i løpet av et sekund vil det få en effekt på 3000kW. For å få en god utnyttelse av den kjølede effekten er det viktig at mest mulig av vannet fordamper. Det er derfor mest effektivt å tilføre vannet direkte i flammer og branngasser fordi her fordamper vannet atskillig raskere enn fra overflater [22].

Vann hindrer og spredning, samt begrenser tilgang på brennbart materiale. Når vann påføres overflater eller sprøytes i røykgass vil det ha en fuktende og kjølede effekt. Dette bidrar til å redusere spredning fordi fuktet materiale og nedkjølt røykgass vil kreve mer varme for å kunne antenne [22].

Vann bidrar til å begrense oksygentilførselen. Når vann fordamper øker det sitt volum 1700 ganger [6]. En liter vann vil altså kunne fordampe og oppta et volum på 1,7m³. Vanddampen vil virke inert og fortrenge luften som allerede er i rommet, oksygenivået vil synke og vannet vil ha en kvelende effekt på brannen. For å utnytte vanddampens inertiserings-effekt maksimalt er det viktig at tilførsel av luft til brannrommet stoppes [22].

Vann kan i noen tilfeller slukke væskebranner dersom væsketemperaturen senkes til under flammepunktet for væsken. En stor testserie utført i Finland viste at væsker med flammepunkt under 60°C lot seg slukke med vannspray. Væsker med kokepunkt over 100°C, som er varmet opp til selvantennelsestemperatur, er derimot svært vanskelig å slukke med vann [6].

3.6.2 Vanntåke som slukkemiddel

Vanntåke er definert som vanndråper fordelt i luft, hvor volumetrisk 90% middeldråpediameter er mindre enn 1mm (1000 μm). Volumetrisk 90% middeldråpediameter vil si en diameter som deler vanninnholdet i en tåke slik at 10% er større og 90% er mindre enn denne diameteren [23].

En kan dele vanntåke inn i tre klasser etter dråpestørrelser [23]:

$D_{v,0,9}$ = Volumetrisk 90% middeldråpediameter

Klasse 1: Svært fine vanntåkedråper $D_{v,0,9} < 200\mu\text{m}$

Klasse 2: Middels fine vanntåkedråper $D_{v,0,9} < 400\mu\text{m}$

Klasse 3: De groveste vanntåkedråpene $D_{v,0,9} > 400\mu\text{m}$, men som alltid er mindre enn 1000 μm

Vanntåke kan dannes på flere måter. Blant annet ved at vann under normalt eller høyt trykk blir presset gjennom en liten dyseåpning, vann under normalt trykk blir tilført trykkluft eller nitrogen, vann introduseres gjennom dyse med en roterende del, to rette vannstråler knuser hverandre i brannen, eller det kan monteres en knusekrans med stor dyseåpning ved normalt trykk [22] [24].

Ved utløsning av et vanntåkeanlegg vil de små vanntåkedråpene danne en sky, og spre seg i luften som en gass. Vanndråpenes utgangshastighet og sirkulasjon skapt av brannen, vil føre vanntåken inn i forbrenningssonen. De små dråpene gjør at den totale vannflaten som eksponeres mot brann blir svært stor. Dette fører til at vannet vil komme lettere i kontakt med flammer, varme gasser og overflater. Den store kontaktflaten medfører at vanndråpene oppvarmes og fordampes lettere. Dette vil øke den kjølede effekten ved at en større del av vannet fordampes, og dermed tar mer energi fra brannen. Bedre fordampning av vannet gir mer vanndamp som igjen fører til en inert atmosfære som stopper forbrenningen. Som slukkemiddel vil vanntåke ha størst effekt i lukkede rom. Der kan tilgang på nytt oksygen hindres og vanntåke kan virke som en erstatning for inertgassanlegg. Vanntåke vil også fukte og dermed isolere nærliggende materialer. Materialene hindres i å antenne ved at vanndråper stadig må fordampes, og dermed ta varmeenergi fra brannen, slik at den ikke får utvikle seg videre [22].

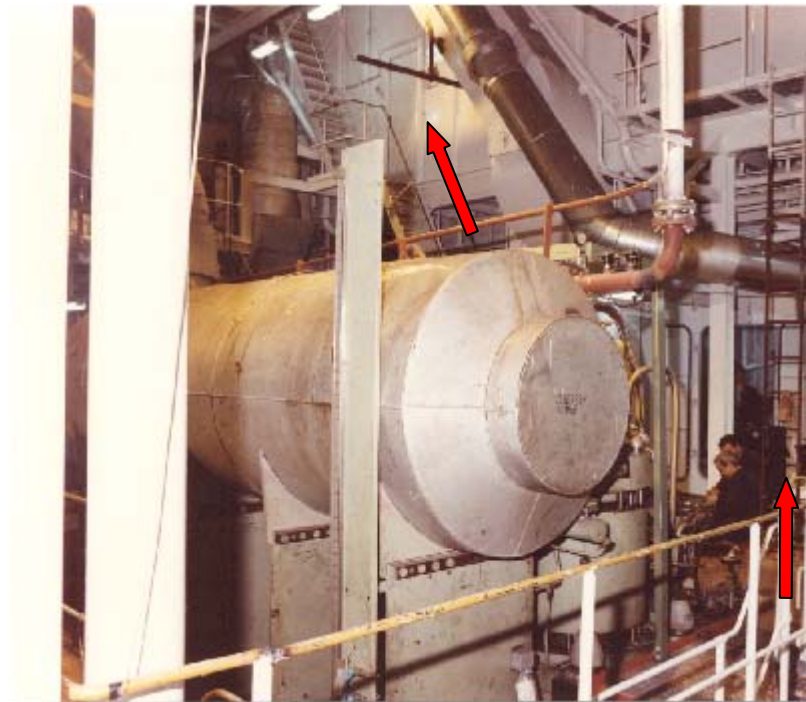
Forholdene som er nevnt ovenfor medfører at vanntåke kan slukke en brann med langt mindre vannforbruk enn for eksempel sprinkler [24]. Slukkeeffekten vil imidlertid være avhengig av om vanndråpene når inn i forbrenningssonen slik at en oppnår den ønskede fordampningen og dermed også den kjølede og inertiserende effekten [22]

4 Diskusjon av alternative slukkemidler

Det skal vurderes hvilket slukkealternativ som er det best egnede slukkemidlet til bruk i mellomstore maskinrom. Evalueringen er basert på rederiets krav om å få et fremtidsrettet slukkesystem som sikrer liv og miljø i henhold til gjeldene regelverk og uten fare for krav om fremtidige utfasinger eller restriksjoner. Kriterier som benyttes i diskusjonen er lover, person-sikkerhet, slukkeegenskaper, miljø, plassbehov, tilgjengelighet, skader og rengjøring, samt kostnader.

Da det har vært vanskelig å finne konkrete opplysninger om branner i pumperom, velger en å ta utgangspunkt i branner i maskinrom for valg av slukkesystem til begge rommene. Mellomstore maskinrom har forhold som medfører strenge krav til slukkeanlegget. Maskinrommet som blir betraktet i denne rapporten består av flere dekk (se bilde 4.1). En brann kan starte på flere nivåer og det er derfor helt nødvendig at slukkemidlet har tredimensjonal slukkeeffekt, samt at slukkemidlet fyller rommet raskt. Slukkemidlet må være effektivt mot både pøl-branner og sprøytebranner.

Bilde 4.1 Maskinrommet i M/T Hilda Knutsen



Bildet viser dimensjonene av maskinrommet i MT Hilda Knutsen. Pilene viser rømningsveiene, en kan se at de er bratte og lange.

4.1 Lover

Lover er utarbeidet for at det skal være sikkert å arbeide i et maskinrom, og det er av den grunn meget viktig at disse blir overholdt. Slukkesystemet må tilfredsstillende kravene som er satt av IMO og Miljøverndepartementet. I fremtiden kan det komme nye lover og det er derfor viktig å finne et fremtidsrettet slukkemiddel som også vil innfri disse.

Syntetiske gasser har høye GWP verdier og miljøavgifter. Det er sannsynlig at disse gassene vil bli forbudte i fremtiden og en kan da risikere å måtte bytte ut anlegget etter kun få år. Dette fører til at Halotron IIB og FM-200 ikke vil bli diskutert videre.

I 1994 vedtok IMO retningslinjer for testing og bruk av vanntåke som erstatning for halonanlegg. Det ble bestemt at ingen kunne installere et vanntåkeanlegg i større maskinrom enn det har blitt utført tester og gitt godkjenning for [25]. Hittil har ingen vanntåkeanlegg til bruk i maskinrom klasse 3 (se tabell 2.3) passert disse testene [25]. Med bakgrunn i at vanntåke ikke oppfyller kravene i IMO's retningslinjer, vil ikke systemet bli vurdert videre i rapporten.

Tabell 4.1 Klasseindeling av maskinrom [25]

Klasse	Volum, m ³
1	Opp til 500
2	Opp til 3000
3	Over 3000

De resterende slukkemidlene, som tidligere er beskrevet i denne rapporten, er godkjent av et klaseselskap til bruk i maskinrom. Det er opp til hvert enkelt rederi å utarbeide sikkerhetsprosedyrer i forbindelse med utløsning av de ulike anleggene [1].

4.2 Personsikkerhet

Ved utløsning av et slukkesystem bør personer som oppholder seg i rommet kunne evakueres raskt uten fare for liv og helse. Det kan ta mye ekstra tid dersom skadede personer skal fraktes ut, og et slukkesystem til bruk i maskinrom bør derfor kunne utløses samtidig som det er mannskap tilstede. Mannskap vil i de fleste tilfeller prøve å slukke brannen med håndslukkeapparater før de avgjør om det er nødvendig å løse ut slukkeanlegget. Personsikkerhet går ikke bare på om slukkemidlet er toksikologisk sikkert for mennesker. Det er viktig å se på skipet som en enhet og at det må være trygt å oppholde seg på hele skipet. Derfor må en se på faren for spredning til andre deler av båten som en viktig del av personsikkerheten.

CO₂ er akutt dødelig ved de aktuelle slukkekonsentrasjonene for mellomstore maskinrom, og personer kan derfor ikke oppholde seg i et rom hvor et CO₂ anlegget er utløst. Om det ikke har forekommet tilstrekkelig utlufting, kan det utgjøre en stor risiko for rednings- og



rengjøringspersonell. CO₂ tilfredsstiller ikke overnevnte kriterier til personsikkerhet og blir av den grunn ikke diskutert videre i rapporten.

Argotec og Argonite er to svært like slukkemidler. De er ikke akutt giftige, men NFPA (National Fire Protection Association) anbefaler en maksimal eksponeringstid på 30 sekunder [26]. Dette kan være problematisk, da rømningsveiene i maskinrom ofte er bratte og lange, spesielt ved evakuering av skadet personell (Se bilde 7). NFPA sine standarder er ikke gjeldende i Norge, men en har valgt å bruke dem som en veiledning, da det mangler alternative retningslinjer for bruk av de to slukkegassene her [1]. Med tanke på rømnings-tiden tilfredsstiller ikke Argotec og Argonite overnevnte kriterier til personsikkerhet, og vil ikke vurderes videre i rapporten.

Inergen inneholder små mengder CO₂ som stimulerer pustefrekvensen, slik at personer kan oppholde seg i rom med lite oksygen. Inergen vil derfor ikke være skadelig for mannskapet og kan utløses i bemannede områder.

Ingen av skumslukkessystemene utgjør noen toksikologisk fare for mennesker. HotFoam og lettskum inneholder store mengder luft, som gjør det mulig å puste selv ved total romfylling. Å evakuere et rom som er totalfylt med skum, kan skape problemer grunnet kraftig redusert sikt. Ved bruk av HotFoamanlegg dannes det også store mengder damp fra vanntåken, denne vil redusere sikten vesentlig, samt gjøre det tungt og ubehagelig å puste. AFFF er et tungskum og vil legge seg langs gulvet, skummet vil ikke skape problemer ved evakuering.

Under ideelle forhold er Inergen det mest personsikre alternativet, men dersom en ser på faren for spredning og reantennelse vil HotFoam være et bedre valg. Erfaring viser at slukkesystemene ikke løses ut dersom mannskap oppholder seg i maskinrommet selv om dette er mulig [1]. Mannskapet kan ofte ha for liten kjennskap til slukkesystemet, og vil ikke utsette sine kollegaer for eventuelle farer. Dette kan føre til at det tar lang tid før slukkeanlegget løses ut og brannen kan spre seg til andre deler av skipet, og situasjonen for mannskapet forverres. En viktig faktor vil derfor være at mannskapet får grundig opplæring og lærer seg gode sikkerhetsrutiner.

4.3 Slukkeegenskaper

Ved branntilløp skal slukkesystemet utløses raskt for å hindre spredning og slukke brannen effektivt. Det er viktig at slukkesystemet kjøler ned brannrommet, da spredning til andre deler av skipet må unngås. Rederiet krever at slukkesystemet skal ha en tredimensjonal slukkeeffekt.

Inergen har tredimensjonal slukkeeffekt. Det er effektivt til slokking av oljebranner, både sprøyte- og pølbranner, men gassen er avhengig av tette rom for å fungere. Det er viktig at dører lukkes og ventilasjon stenges ved et eventuelt branntilløp. Slukkegassen har ingen kjølede effekt og faren for reantennelse er stor om konsentrasjonen av slukkegass skulle avta. Et Inergenlegg kan kun utløses en gang. Det er derfor svært viktig at brannrommet ikke åpnes, før temperaturen har sunket til det ikke er fare for selvantennelse av olje og andre brennbare materialer. Når Inergenlegget utløses vil det skapes trykkoppbygging i rommet.

Dersom rommet ikke er tett vil luft og røykgasser bli presset ut av rommet, overtrykket vil føre til at ny luft ikke entrer rommet og, gassnivået vil opprettholdes for en kort periode [13]. Rett etter utløsingen er det derfor mulig å evakuere mannskap.

HotFoam-anlegget introduserer først vanntåke til brannrommet, dette vil ha en kjølede effekt, men i de fleste tilfeller vil ikke dette slukke en spraybrann. Er det ikke tilstrekkelig å påføre vanntåke, samt å hjelpe til med håndslukkere, må en utløse skumanlegget. Brannen slukker når overflaten på skummet når arnestedets høyde. Ligger arnestedet høyt i rommet, kan det ta tid før slokking inntreffer. I grovanalysen kom en fram til at brannen i de fleste tilfeller vil starte i nedre del av maskinrommet, men skulle motsatt være tilfelle kan det medføre store skader før slokking. HotFoam-anlegg kan løses ut flere ganger. HotFoam vil ikke trenge inn under deksler og inn i motorer, men brannen vil likevel slukke da skummet skiller luft fra brensel, og oksygenindeksen blir for lav.

Lettskum er lite egnet til slokking av sprøytebranner, da avbrenningen av skummet i mange tilfeller går raskere enn oppfyllingen av rommet grunnet varmestråling [27]. AFFF er et tungtskum, og kan ikke brukes ved totalfylling av et maskinrom. Lettskum og AFFF har ikke tilfredsstillende slukkeeffekt ved brann i maskinrom, og blir ikke vurdert videre i rapporten.

HotFoam har de beste slukketekniske egenskapene, da det kjøler, har tredimensjonal slukkeeffekt og kan utløses flere ganger i tilfelle reantennelse.

4.4 Miljø

Slukkesystemet skal innfri miljømessige krav, særlig med tanke på forurensing av atmosfæren og ødeleggelse av ozonlaget. Inergen er en miljøvennlig gass, som finnes naturlig i atmosfæren og avgir derfor ingen dekomponeringsprodukter i kontakt med flammer. HotFoam er i utgangspunktet miljøvennlig, men eventuelle frostvæsker som tilsettes kan være miljøskadelige. I dette tilfelle er det ikke nødvendig med frostvæske, da skummet ikke vil bli utsatt for ekstreme temperaturer. Begge slukkemidlene innfrir miljøkravene.

4.5 Plassbehov

I områder hvor en har begrenset areal, kan et slukkesystem med stort plassbehov skape problemer. Inergen trenger stor lagringsplass, da gassen lagres i gassform. Det er mulig å oppbevare gassflaskene i brannrommet, eller de kan plasseres langt fra brannrommet i en egen slukkebank. Ved bruk av et Inergenanlegg må det monteres dyser i maskinrommet, disse er små og krever liten plass. HotFoamanlegg tar liten lagringsplass, dette fordi skummet lagres konsentrert og vannet som brukes kommer fra skipets vannreserver. Skumgeneratorene som monteres i taket i maskinrommet krever endel plass. I forhold til plassbesparelse er det beste alternativet HotFoam.

4.6 Tilgjengelighet

Slukkesystemets tilgjengelighet avhenger av antall produsenter og distributører. Inergenanlegg kan refylles i store deler av verden [28]. Refylling av HotFoamanlegg kan gjøres i 74 land og 180 servicestasjoner over hele verden. HotFoam kan anvende både sjøvann og ferskvann, men grunnet skadevikninger på motorer og instrumenter anbefales det å benytte ferskvann. På havet er det begrenset tilgang på ferskvann, men en kjemikalietanker frakter vanligvis med seg tilstrekkelige mengder ferskvann. Dersom dette ikke er tilstrekkelig er det nødvendig med saltvann gjennom brannpumpe som reserveløsning [19].

4.7 Skader og rengjøring

Etter en brann vil en alltid ha behov for rengjøring. Sot, eventuelle rester fra håndslukkere og oljesøl må fjernes. Inergen er en ren gass og vil ikke føre til skader eller ekstra rengjøring utover skader fra selve brannen. Fordi Inergen ikke kjøler vil skadene fra varmestråling bli større enn ved bruk av HotFoam. Derimot vil HotFoam etterlate seg store mengder skumrester, og det blir nødvendig å rengjøre hele rommet grundig i ettertid. HotFoamgeneratorene kan spyle ut vann etter utløsning, slik at skumnivået senkes. Skummet leder strøm og inneholder stoffer som kan korrodere strømførende elementer [19]. Dersom det blir nødvendig å ta i bruk saltvann, kan dette skade maskiner og instrumenter. Ut i fra dette kommer en fram til at Inergen byr på mindre rengjøring i ettertid. Når det gjelder skadene på maskinrommet, vil de bli svært ulike med Inergen og HotFoam og det er ikke mulig å forutse hvilket som gir størst skade.

4.8 Kostnader

De totale kostnadene ved et slukkesystem bør ikke overskride det som er akseptabelt for rederiet. Inergen er en kostbar gass, og om det skulle være mangel på lagringsplass, kan eventuell ombygging av skipet også medføre ekstra kostnader. HotFoam er et rimelig slukkemiddel, men etter utløsning av systemet vil det oppstå en del kostnader i forbindelse med rengjøring av maskinrommet. Passer ikke brannpumpen til saltvannsreservene kan det by på ekstra utgifter å montere ny. Kostnadmessig er HotFoam det rimeligste alternativet.

4.9 Resultat

Når det oppstår en brann i maskinrommet, kan dette føre til stress blant mannskapet. Under slike omstendigheter øker faren for menneskelig svikt og uriktige avgjørelser. Maskinrommet må derfor ha et slukkesystem som er enkelt og trygt å bruke. Dette er fordi en oppholder seg på et begrenset areal, samt at en må regne med å være langt fra land og andre skip. Skipet kan ha brennbar og eksplosiv last, for eksempel kjemikalier og gass, som ikke kan utsettes for varmeeksponering. Dersom mennesker er skadet i maskinrommet må det være mulig å evakuer etter at slukkeanlegget er løst ut, slik at slukkearbeidet kan starte så raskt som mulig.

Etter nærmere vurdering av rederiets kriterier står en igjen med to aktuelle slukkemidler. Dette er Inergen og HotFoam og de vil bli vurdert videre ved en drøfting av fordeler og ulemper.

Tabell 4.2 Fordeler og ulemper ved Inergen

Inergen	Fordeler	Ulemper
	Personersikkert	Er dyrt
	Tredimensjonal slukkeeffekt	Tar stor plass
	Ingen skader på miljø	Kjøler ikke
	Tilgjengelig	Krever lufttette rom
	Rask fylling	Kan kun løses ut én gang
	Ingen skader	
	Ingen rengjøring	
	Kan oppbevares i brannrommet	

Tabell 4.3 Fordeler og ulemper ved HotFoam

HotFoam	Fordeler	Ulemper
	Personersikkert	Fyller ikke rommet raskt
	Tredimensjonal slukkeeffekt	Reduserer sikten drastisk
	Ingen skader på miljø	Rengjøring
	Tilgjengelig	Korroderer elektrisk utstyr ved langtids eksponering
	Rimelig	
	Tar liten plass	
	Kjølende effekt	
	Krever ikke lufttette rom	
	Kan løses ut flere ganger	

Ut fra tabellene over kan en se at både Inergen og HotFoam er personsikre, har tredimensjonal slukkeeffekt, er miljøvennlige og tilgjengelige.

Inergenanlegg har mange fordeler. Systemet fyller maskinrommet raskt og vil kvele brannen etter svært kort tid. Utløsing av et slikt anlegg vil ikke medføre skader på maskiner eller instrumenter, og det vil heller ikke føre til ekstra rengjøring etter slukking. Er det plass i maskinrommet, kan trykk-gassflaskene oppbevares her og det blir da ikke behov for en egen slukkebank. Slukkesystemet har også mange ulemper. Inergen er en kostbart gass og krever stor plass om ikke det er mulighet for å fordele gassflaskene i rundt maskinrommet. Slukkegassen mangler kjølende effekt, og etter utløsning vil maskiner og instrumenter blir utsatt for sterk varme over lengre tid, dette kan skade rommet. Slukkesystemet krever også helt tette rom, da rommet ikke kjøles ned vil en liten reduksjon i gasskonsentrasjonen kunne føre til reantennelse. En åpen dør eller luke kan ødelegge slukkeeffekten. Skulle dette skje vil det være svært kritisk da slukkesystemet kun kan ut løses en gang.



HotFoam-anlegget har også mange fordeler. Hotfoam er et rimeligere alternativ enn Inergen, det krever også mindre plass, da en kun trenger lagringsplass for skumkonsentrat. I motsetning til Inergen har også HotFoam god kjølede effekt. Vanntåken vil fukte alle overflatene i rommet, noe som vil motvirke spredning og skader på utstyr grunnet varme-stråling. Den kjølede effekten vil også minimalisere sjansen for reantennelse. Slukke-systemet krever heller ikke tette rom, og mannskapet kan evakueres etter utløsning. En annen positiv egenskap er at anlegget kan løses ut flere ganger, om brannen skulle reantenne. HotFoam-anlegget har også en del ulemper. Starter brannen høyt i maskinrommet kan det ta litt tid før brannen slukkes. Skal mannskap evakueres fra et totalfylt rom, vil dette være svært vanskelig, da sikten blir sterkt redusert. En annen ulempe er at etter slukking vil det være skumrester i hele maskinrommet, dette krever ekstra rengjøring og blir ikke dette gjort med en gang kan det føre til korrosjonsskader på utstyr. Skum kan lede elektrisitet, men i svært dårlig så det vil ikke by på problemer for elektrisk utstyr og komponenter. Ut fra grovanalysen kan en se at i de fleste tilfeller vil brannen starte i nedre del av maskinrommet, noe som medfører at en ikke trenger å fylle hele rommet med skum. Det er viktig at en starter rengjøringen av rommet så fort som mulig for å unngå skader på utstyr.

Gjennom nærmere diskusjon av fordeler og ulemper for de to slukkemidlene, kom en fram til at HotFoam har tre viktige egenskaper som mangler hos Inergen. Det første er at slukke-systemet har god kjølede effekt, noe som er svært viktig, da dette kan hindre spredning til andre deler av skipet. Dersom lasten er brennbar eller eksplosiv kan mangel på kjøling sette mannskapet i fare. En legger også vekt på at systemet virker med åpne dører. Dette gjør det mulig å evakuere mannskapet selv etter at slukkesystemet er utløst. Til slutt har en lagt vekt på at systemet kan utløse flere ganger, slik at en har flere muligheter for slukking ved en eventuell reantennelse. På bakgrunn av disse egenskapene anbefales HotFoam som slukke-middel til bruk i mellomstore maskinrom på skip.



5 Konklusjon

Ved valg av slukkemiddel til bruk i mellomstore maskinrom og pumperom er det mange faktorer en må ta stilling til. Et skip befinner seg ofte langt fra både land og andre skip, og ved brann må mannskapet håndtere situasjonen på egenhånd. Det er derfor viktig å se på hvilke konsekvenser en brann kan ha på hele skipet, og på mannskapet om bord. Slukkesystemet må være enkelt å bruke, og mannskapet må kunne stole på at fungerer i en kritisk situasjon. Det må virke effektivt, ikke utgjøre noen risiko for mannskapet og det må hindre spredning til andre deler av skipet.

Slukkemidlet som anbefales til bruk i mellomstore maskinrom på skip er derfor HotFoam. Slukkeanlegget er personsikkert, har kjølede effekt, kan løses ut flere ganger og har god slukkeeffekt selv om mannskapet evakueres etter utløsning. Skummet medfører ekstra rengjøring, men fordelene ved slukkesystemet veier opp for dette.

6 Videre arbeid

Statistikk viser at branner som starter i maskinrom, i løpet av de ti siste årene er blitt halvert. Dette fordi at slukkesystemer til bruk i maskinrom har blitt satt på dagsorden [11]. Det skjer en stadig utvikling innen slukketeknologi og i fremtiden kan det bli helt andre produkter som er ledende på markedet. Noen slukkesystemer, som er under sterk utvikling, og som kan være interessant for rederier å se nærmere på, er vanntåke, punktslukking og passive tiltak som seksjonering.

Vanntåke er et billig, miljøvennlig og tilgjengelig slukkemiddel som stadig er under utvikling. Etter hvert som slukkesystemet blir testet for rom i ulike størrelser, er det sannsynlig at vanntåkesystemet vil bli godkjent for større maskinrom enn det er i dag. Vanntåke blir mindre effektivt dersom det er langt fra dysen til brannen, fordi de små vannpartiklene vil sveve og ikke nå ned til flammesonen. Det utarbeides systemer der dyser blir plassert på flere nivåer slik at IMO's krav om totalfylling oppfylles [29].

I Miljøverndepartementets forskrift av 28. mars 2000, nr. 305, tekniske og utstyrsmessige krav § 8A, er regler for bruk av punktslukking beskrevet [4]. Fra og med 1. juli 2002 er det påbudt å installere punktslukking, i tillegg til totalfylling, på skip som er under bygging [4]. Selv om punktslukking i utgangspunktet er en dyrere løsning enn kun totalfylling, kan en tjene på det dersom en slipper å løse ut totalfyllingssystemet ved et brann tillop. Et punktslukkesystem virker ved at dyser med for eksempel tungtskum eller vanntåke, plasseres like over kritiske komponenter som hovedmotor og hjelpemotor. Dersom det brenner i en av disse komponentene vil kun dysen(e) over arnestedet løses ut og brannen kan slukkes lokalt. Dette vil redusere bruken av slukkemiddel, skaden på maskiner og instrumenter i rommet, samt

opprydding i ettertid. Dersom punktslukking ikke er nok, kan en løse ut totalfyllingssystemet.

Seksjonering av maskinrom kan også være et spennende alternativ. Ved oppdeling av store maskinrom til flere mindre brannceller, kan en hindre eller forsinke brannspredningen. Mindre brannceller vil også åpne muligheten for bruk av vanntåke som slukkesystem, samt at slukkesystemer med gass vil virke mer effektivt i små rom. Det blir ikke nødvendig å bruke like mye slukkemiddel, fordi en i første omgang bare trenger å fylle opp seksjonen. Rent praktisk kan det være et problem å dele opp et maskinrom i mindre brannceller, fordi blant annet maskiner, kjeler og steamledninger strekker seg over flere etasjer.

Referanseliste


- [1] Tosseviken, Anders *DNV Seminar – Fire Safety, With focus on machinery and new SOLAS requirements*, Det Norske Veritas, Hamburg, 2002.
- [2] Stensaas, Jan P., *Alternativer til brannsløkkingsanlegg med Halon, en veiledning*, SINTEF- rapport STF25 A93049, Norges branntekniske laboratorium, Trondheim, 1993.
- [3] Isaksson, Søren m.fl. *Gasformiga alternativ till halon som släckmedel*, Brandforsk prosjekt 629-961, SP,1997.
- [4] Mjeltebakk, Bjørn Vik, Sjøfartsdirektoratet.
- [5] www.miljostatus.no
- [6] Liebe, Guttorm, *Brannfysikk – fra teori til praksis*, Norges Brannskole, Oslo, 1995.
- [7] Hoelsbrekken, Sigurd, *Brannsikkerhet, Prosjektering og dokumentasjon*, Universitetsforlaget, Oslo, 1998.
- [8] Imsland, Jacob m.fl. *Skipsmaskinlære*, NKS – Forlag, 5 opplag, 1993.
- [9] Echoldt, Ole. *Brannforløp og praktiske erfaringer med ulike metoder for brannbekjempelse om bord på skip*, Hobøl, 2001.
- [10] Aven, Terje, *Pålitelighets- og risikoanalyse*, Universitetsforlaget, 1997.
- [11] Global skipsetterforskning, Fått av Stefan Anderson.
- [12] Friedmann, R. ”NFPA Fire Protection Handbook” årstall??
- [13] Technor, Bøe Eriksen.
- [14] Verlo, Torbjørn, *Alternativer til Halon som slukkegass eforsyning*, SINTEF- rapport EFI TR A4125SINTEF Energiforsikring, Trondheim,1994.
- [15] Svein Baade m.fl., *Alternativer til halonlukkeanlegg offshore, Delrapport 1*, SINTEF- rapport STF25 A92024, Trondheim, 1989.
- [16] Haugaland Brannsikring AS, *Aktiv brannbeskyttelse, informasjon om gasser til brannsløkking*, Haugesund, 2001.
- [17] Lars Eriksson, *Skum*, SBF brandförsvärsföreningen, 1989.
- [18] Friedmann R, *NFPA Fire Protection Handbook*, USA

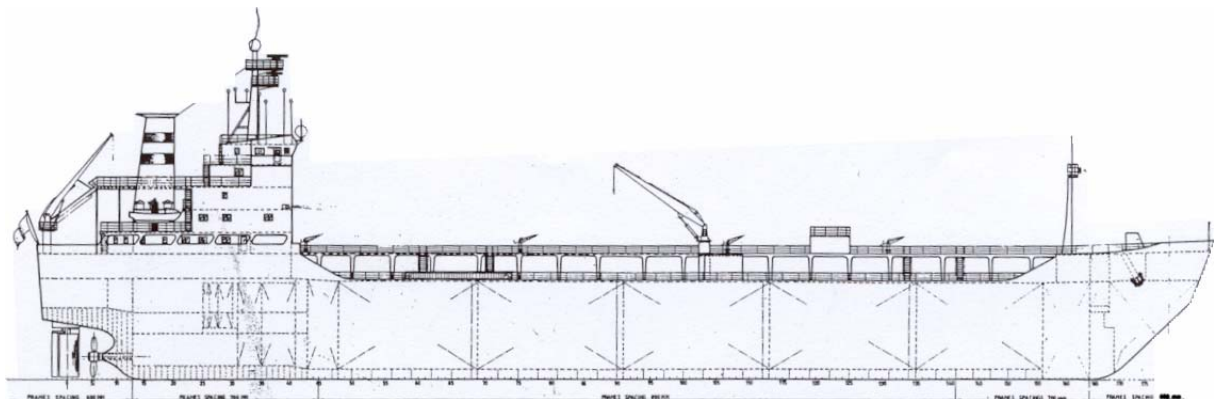


-
- [19] www.unitor.com
- [20] www.sintef.no
- [21] Unitor, HotFoam movie.
- [22] Wighus, Ragnar, *Videreutviklet slukketeknologi*, SINTEF-rapport STF25 A93023 Norges branntekniske laboratorium, 1993.
- [23] Wighus, Ragnar, *Anvendelse av vanntåke til brannbekjempelse*, SINTEF-rapport STF84 A97630, Norges branntekniske laboratorium, Trondheim, 1997.
- [24] Wighus, Ragnar, *Utvikling innen slukketeknikk. Vanntåke til Brannslukking*, SINTEF-rapport STF25 A93028, Norges brannteknisk laboratorium, 1993.
- [25] Ragnar Wighus, *Vanntåke slukketeknologi – status 2000*, SINTEF-rapport SFT22 A00852, Norges branntekniske laboratorium, Trondheim, 2000.
- [26] NFPA, *LP- Gas Code Handbook*, USA, 2001.
- [27] FRM-video, *Fire fighting foam in engine room*, Forsvarets rekrutt og mediesenter, 1992.
- [28] www.fire-eater.dk
- [29] www.heien-larssen.com

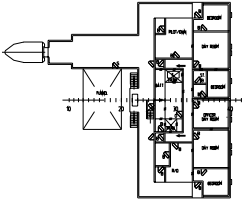
Vedlegg 1

Tegninger av M/T Hilda Knutsen

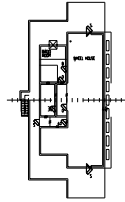
Ref:		KNUTSEN	M/T HILDA KNUTSEN		Date.
		O.A.S	14.910 D.W.T OIL PRODUCTS/CHEMICAL		23.11.99
File:	SHIPPING		(IMO III) TANKER		
	Scale	Drawn	Checked	Drawing No.	
	1:200	RR Approved	File	31-24-320-02	



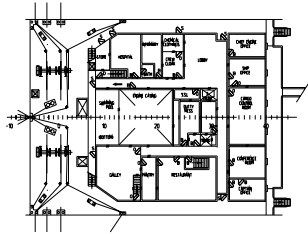
"C" DECK



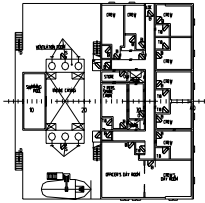
BRIDGE DECK



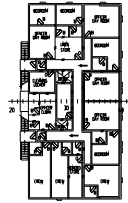
POOP DECK



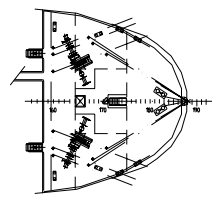
"A" DECK



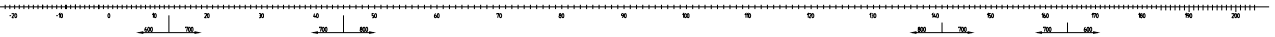
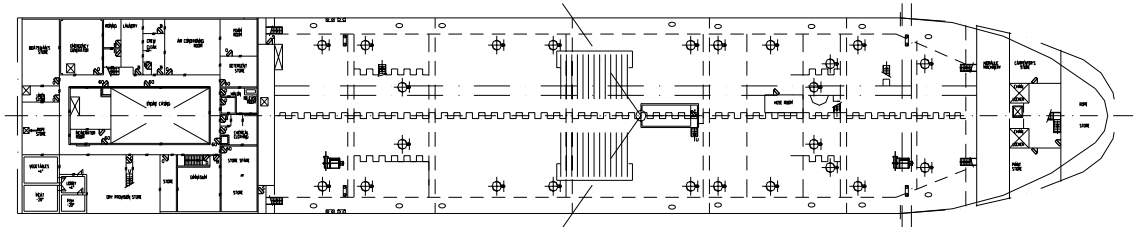
"B" DECK



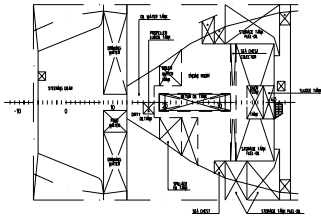
FORECASTLE DECK



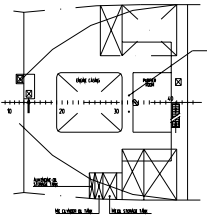
UPPER DECK



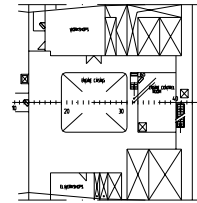
DOUBLE BOTTOM



LOWER PLATFORM



UPPER PLATFORM



DOUBLE BOTTOM

