



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Nitrogenbasert slokkesystem for brann i maskinrom



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

Studieretning: Brannsikkerhet

Av: Henrik Brurås Jensen
Cato Eigeland

Kandidatnr. 10
Kandidatnr. 5



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

HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Oppgavens tittel Nitrogenbasert slokkesystem for brann i maskinrom		Rapportnummer
Utført av Henrik Brurås Jensen og Cato Eigeland		
Linje Ingeniørfag		Studieretning Brannsikkerhet
Gradering Åpen	Innlevert Dato 05.05.06	Veileder ved HSH Torlev Ese
Oppdragsgiver Vassnes Elektro AS		Kontaktperson hos oppdragsgiver Anders Lunde

Ekstrakt

Brann i maskinrom kan få store konsekvenser for liv og materiell. Ved CO₂-slokkeanlegg er faren for reantennelse etter utløst anlegg stor. Ved å bruke N₂ eller CO₂ og vanntåke som punktplassert slokkesystem vil faren for reantennelse og oppblussing reduseres. I forsøkene blir CO₂ med vanntåke og N₂ med vanntåke sammenlignet for å se eventuell forskjell i slokke- og kjøleeffekt.



FORORD

Dette er en avslutningsoppgave for våre studier som branningeniører ved Høgskolen Stord/Haugesund. Skolen har et maritimt preg, og brannsikkerhet på båt er derfor et nærliggende tema.

Selv om vår kunnskap om båter er relativ liten, er de branntekniske reaksjoner og forutsetninger lik som på land. Vassnes Elektro og Westcon har vært behjelpelige der våre båtkunnskaper ikke har strukket til.

Under selve forsøket og forberedelsene var det mange aktører på banen, som vi var avhengig av. Totalt sju firma var involvert slik at forsøket ble gjennomført etter planen. Forsøket har gitt oss grundig innsikt i vanntåkens egenskaper i kombinasjon med inerte gasser.

Vi vil takke våre veiledere Anders Lunde (Vassnes Elektro AS) og Torleiv Ese (HSH) for god oppfølging gjennom hele prosessen. En stor takk også til Leiv Anfin Drange (Westcon) som bidro økonomisk og faglig, Alfred Reistad som konstruerte alle nødvendige rør som ble brukt under forsøket, Alf Lea & CO. Brannvern og CM Mathiesen for vanntåkedyser, Trengereid Teknisk Kjemiske og Transport for deres behjelpelighet med koplinger og gassleveranser.

Med hilsen

Cato Eigeland

Henrik Brurås Jensen

Haugesund 4. mai 2006



SAMMENDRAG

Etter at halon ble forbudt som slokkemiddel, er det CO₂- anlegg som står for majoriteten av slokkesystemene for maskinrom. I samarbeid med Vassnes Elektro og Westcon ønsker vi å se nærmere på punktslokking med N₂ kombinert med vanntåke som en erstatning for CO₂ anlegg. I denne rapporten beskrives forsøk vi har gjennomført for å sammenligne branntekniske egenskaper hos de to gassene, begge i kombinasjon med vanntåke.

Vi skiller ikke mellom størrelser på maskinrommene, da vi forutsetter at krav til romfylling er tilfredstilt. Erfaring viser at de fleste branner er pøl og/eller sprutbranner som starter nederst i maskinrommet, altså i hoved- eller hjelpemotor.

Rommet som ble brukt var standard ISO- rom, som har et volum på ca 21m³. Tennkilden var dieselsprut på et varmt element som holdt i underkant av 500 °C. Forsøkene ble utført med to vanntåkedyser med forskjellig dråpestørrelse. Vanntåkedyse 1 var en "upright" dyse som kun krevde vanntrykk. Den andre dysen, vanntåkedyse 2, krevde både vann og lufttrykk. Dette for å knuse dråpene mest mulig, og gav en vesentlig finere tåke enn vanntåkedyse 1. Disse ble kombinert med henholdsvis N₂ og CO₂, hver for seg. Både gassen og vanntåke var strategisk plassert over varmeelementet, ca 1,8 meter over det kritiske punktet. Fire termoelement var plassert i rommet. Ett av dem var montert direkte på varmeelementet, de tre resterende i forskjellige høyder i rommet.

Dieselen ble sprutet ut ved varmeelementet i en tåkeliknende spray.

Under forsøkene så vi at det var ingen vesentlig forskjell mellom N₂ og CO₂ når vi brukte vanntåkedyse 1, som gav forholdsvis store dråper i vanntåken. Ved CO₂ var temperaturmålingene nærmest varmeelementet det høyeste i hele rommet, men med N₂ var temperaturen i taket den høyeste, og temperaturen faller noe fortere.

Da vi benyttet vanntåkedyse 2 i forsøk 3 og 4, var det større forskjeller mellom N₂ og CO₂. Ved CO₂ fikk vi en høyere temperatur i rommet ved alle målepunkter, høyest målte er nærmest taket, 700 °C. Termoelement 3, som henger nærmest sylindere utenom det som er påmontert, hadde temperaturer som oversteg 400 °C. Ved bruk av N₂ holdt alle temperaturene seg stabilt lavt, utenom målpunktet nærmest taket som var i under 600 °C.

Under forsøkene sank temperaturen likt for begge gassene.

Det økonomiske aspektet ved å bruke N₂ i stedet for CO₂ er vanskelig å ta stilling til. Hvert enkelt anlegg må dimensjoneres for sitt bruk, men at N₂ har en høyere pris per kilo og man er avhengig av mer N₂ enn CO₂ gir en ikke ubetydelig kostnadsøkning.

Vi håper at resultatene fra våre forsøk vil hjelpe med å ta en beslutning på hvilken gass som fungerer best fra et brannteknisk ståsted.



INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG.....	II
INNHALDSFORTEGNELSE	1
FIGURLISTE.....	3
1 INNLEDNING	4
1.1 BAKGRUNN.....	4
1.2 FORMÅL.....	4
1.3 PROBLEMSTILLING.....	4
1.4 AVGRENSING	4
1.5 GENERELT OM VIRKSOMHETEN.....	5
1.5.1 Vassnes Elektro AS.....	5
1.5.2 West Contractors AS (Westcon).....	5
2 TEORI [1]	6
2.1 GRUNNLEGGENDE BRANNTEORI	6
2.1.2 FORBRENNING [3].....	7
2.1.2.1 Fullstendig forbrenning.....	7
2.1.2.2 Ufullstendig forbrenning	7
2.1.3 BRANNSPREDNING [3]	8
2.1.3.1 Brannspredning ved strømningsvarme.....	8
2.1.3.2 Brannspredning ved stråling	9
2.1.4 OVERTENNING [3].....	9
2.1.5 VANNETS EGENSKAPER [2]	9
2.1.5.1 Begrense oksygenkonsentrasjon.....	9
2.1.5.2 Begrense/hindre opptak av varmestråling.....	10
2.1.5.3 Begrense tilgangen på brensel til brannsonen	10
2.1.5.4 Fjerne varme og kjøle.....	10
2.2 VANLIGE BRANNÅRSAKER I MASKINROM [4]	10
2.3 SLOKKEMETODER [8][9].....	12
2.3.1 Inertiseringsgasser.....	12
2.3.2 CO2 [10].....	13
2.3.3 Nitrogen	14
2.3.4 Argonite.....	15
2.3.5 Inergen	15
2.3.6 FS 49 C2 (Halotron IIB)	15
2.3.7 FM- 200.....	16
2.3.8 Skum.....	16
2.3.9 Aerosoler.....	16
2.4 SPRINKLERANLEGG [7]	17
2.4.1 Omfang av sprinkleranlegg:.....	17
2.4.2 Enkeltutløsningssystemer:	17
2.4.3 Gruppeutløsningssystem.....	17
2.4.4 Sprinklersentral.....	18
2.4.5 Rørledninger [6]	18



3	METODE	19
3.1	OPPBYGNING	20
3.2	TESTOPPSETT	24
3.2.1	Gass:	24
3.2.2	Trykkluft:	24
3.2.3	Varmesylinder.....	25
3.2.4	Vanntåkedyser.....	25
3.2.4.1	Vanntåkedyse 1 – Alf Lea [Vedlegg 8.4]	25
3.2.4.2	Vanntåkedyse 2 – Cm Mathiesen [Vedlegg 8.5].....	25
3.2.5	Vanntilførsel [5]	26
3.2.6	Dråpestørrelser	26
3.3	FORSØKENE	27
4	RESULTATER	28
4.1	FORSØKSRESULTATER	28
4.1.1	Forsøk 1	28
4.1.2	Forsøk 2	28
4.1.3	Forsøk 3	29
4.1.4	Forsøk 4	29
5	DISKUSJON	30
5.1	KVALITETEN PÅ BEREGNINGENE.....	30
5.1.1	Vanntåkedyse 1.....	30
5.1.2	Vanntåkedyse 2.....	31
5.1.3	Gass.....	31
5.2	TESTOPPSETTET	32
5.3	TESTRESULTATENE.....	33
5.3.1	Vanntåkedyse 1 og CO2/ N2	33
5.3.2	Vanntåkedyse 2 og CO2/ N2	33
5.3.3	Feilkilder i resultatene	34
5.4	FORUTSETNINGER FOR BRUK I DAG.....	35
5.4.1	Økonomiske aspekter.....	35
5.4.1.1	CO2	35
5.4.1.2	N2.....	35
5.4.2	FRAMTIDIGE UTSIKTER	36
6	KONKLUSJON	37
7	LITTERATURLISTE.....	38
8	VEDLEGG	39
8.1	UTSTYR	39
8.3	DIMENSJONER OG MÅL	40
8.3.1	Slanger	40
8.3.2	Rør.....	40
8.3.3	Annet.....	41
8.4	VANNTÅKEDYSE 1	41
8.5	VANNTÅKEDYSE 2	42
8.6	GASSBEREGNINGER	43
8.7	DIESEL DATABLAD [11]	44
8.8	GASSBEREGNINGSGRAF	44



Figurliste

Figur 1 Branntrekant	6
Figur 2 Brannfirkant.....	6
Figur 3 Brannskadet maskinrom	11
Figur 4 Vanntåkedyse 1.....	19
Figur 5 Vanntåkedyse 2.....	19
Figur 6 Oversikt over rørsystem ISO- rom	20
Figur 7 Varmeelement og lekkasjesimulering	21
Figur 8 Strømforsyning og dieselpumpe.....	21
Figur 9 Oversikt over termoelement i ISO- rom.....	22
Figur 10 ISO- rom sett utenfra	23
Figur 11 Vanntåkedyse 1 aktivert	27
Figur 12 Graf forsøk 1.....	28
Figur 13 Graf forsøk 2.....	28
Figur 14 Graf forsøk 3.....	29
Figur 15 Graf forsøk 4.....	29
Figur 16 Diverse utstyr.....	39
Figur 17 Datablad vanntåkedyse 2	42
Figur 18 Gassberegningsgraf	44



1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Halon var et populært sløkkemiddel for bruk i maskinrom om bord på skip, men allerede i 1974 påviste man at grunnstoffene klor og brom har en negativ effekt på ozonlaget. Etter en FN-konferanse i Montreal, Canada i 1987, ble det bestemt at handel med haloner og andre ozonnedbrytende gasser (f. eks KFK- gasser) skulle reguleres. I Norge sa Miljøverndepartementet at halon skal være utfaset fra 1.1.2004. Etter dette ble man nødt til å se på andre alternativer for sløkking av brann i maskinrom. CO₂ ble den naturlige etterfølgeren.

1.2 Formål

Formålet med oppgaven er å finne ut hvordan nitrogen fungerer sammen med vanntåke i et punktslokkesystem i forhold til karbondioksid med vanntåke som sløkkemiddel for brann i maskinrom. Ved å plassere både gass- og vanntåkedyse direkte over kritiske punkter hvor sannsynligheten for brann er størst, vil vi eliminere faren for spredning og reantennelse. Vi ønsker et alternativ som ikke står i fare for fremtidige utfasinger og restriksjoner, men som sikrer liv og miljø på en tilfredsstillende måte.

1.3 Problemstilling

Problemet man står ovenfor i dag viser at faren for reantennelse er stor når man benytter CO₂, da gassen ikke har noen kjølede effekt. Dieselmotorer i drift suger også inn sløkkegassen, og erstatter denne med luft, slik at faren for reantennelse og oppblussing er tilstede.

1.4 Avgrensing

I rapporten tar vi for oss punktslokking med nitrogen og vanntåke, kontra karbondioksid og vanntåke med forskjellig dråpestørrelse. Vi forutsetter at krav til romfylling er tilfredsstillt. Vi har ikke tatt hensyn til økonomiske aspekter i selve forsøket.

1.5 Generelt om virksomheten

1.5.1 Vassnes Elektro AS

Vassnes Elektro AS ble etablert i Ølensvåg den 1. oktober 2003. Bedriften er en videreføring av tidligere ABB Marine sin virksomhet i Ølen, som har vært etablert ved West Contractors siden 1988.

Gjennom et nært samarbeid med West Contractors og andre selskap i samme bransje har de opparbeidet seg en bred erfaring innenfor oppgradering av offshore rigg, offshore installasjon, skipsbygging, skipsreparasjon, automasjon samt forskjellige landbaserte aktiviteter.

Vassnes Elektro AS kan tilby totalløsninger i samarbeid med West Contractors. Et verft med tradisjoner innen skipsbygging, helt tilbake til midten av 70-årene.

1.5.2 West Contractors AS (Westcon)

Westcon gruppen består av West Contractors AS og Westcon Løfteteknikk AS. West Contractors AS (heretter kalt Westcon) holder til i Ølensvåg, Rogaland. Westcon er en sammenslåing av små og mellomstore bedrifter i Nord- Rogaland og Sunnhordland. I 1989 tok familien Matre over bedriften, og Westcon tok i 1990 over det tradisjonsrike Ølen Skipsindustri med over 40 års erfaring med skipsbygging. Westcon er et moderne skipsverft med unik beliggenhet med dypvannskai og skjermet for nordsjøens værharde forhold. Verftet har en innendørs fabrikkhall på 4500m² og utendørs lagringskapasitet på 40000 m². Selskapet leverer tjenester til den maritime sektor inkludert offshore markedet og har skipsbygging, skips- og riggreparasjoner som spesialområder. Forventet omsetning i 2006 er om lag 8-900 mill. kr. Bedriften har 200 faste ansatte, men sysselsetter normalt 3-500 mann.

2 TEORI [1]

2.1 Grunnleggende brannteori

Før vi går nærmere inn på forsøkene og resultatene, skal vi se litt nærmere på begrepet slokkevirkning. Vi skal starte med å se nærmere på den velkjente branntrekanten. Der heter det at for en brann skal starte, må tre betingelser være til stede: brennbart materiale, temperatur og oksygen. Fjernes en av disse, slukker brannen.



Figur 1 Branntrekant

Fullt så enkelt er det imidlertid ikke. I dag er det mer fokus på brannfirkanten, som strengt tatt er mer riktig. I firkanten har man følgende betingelser som må være oppfylt; brennbart materiale, temperatur, oksygen og katalysator/ kjemiske reaksjon. Det nye er katalysatoren som finnes i det brennbare materiale. Det den gjør er å sørge for at oksygenmolekylet (O_2) lettere splittes opp i oksygenatomer som da ikke lenger er fast bundet i oksygenmolekylet og følgelig lettere inngår i kjemisk forbindelse med for eksempel hydrogen (H_2) til vann (H_2O) og karbon (C) til karbonmonoksid (CO) eller karbondioksid (CO_2).



Figur 2 Brannfirkant

Som i branntrekanten må man altså fjerne et eller flere elementer for å kunne slukke en brann. Det er da flere metoder for å slukke en brann. Vi kaller dem slokkevirkning.

Slokkevirkning:

- *Fjerne brennbart material:*

Fjerne det brennbare materialet. Fjerner man næringen til en brann, vil den dø ut.

- *Kjølede*

Temperaturen senkes slik at f. eks trevirket ikke kan gå over i gassform, som er nødvendig for at den kjemiske reaksjonen skal finne sted.

- *Kvelende*

Man kan også kvele brannen, ved å stenge oksygentilførselen. Brannen slukker fordi det ikke lenger er tilstrekkelig oksygen til forbrenningsprosessen.

- *Nøytralisering av katalysatoren*

Tilfører man brannen en inhibitor (antikatalysator) vil oksygenmolekylene ikke lenger splittes opp enkelt. Man får da ikke "overskudd" av oksygenatomer og brannen vil slukke. Man kan altså slukke en brann selv om betingelsene for brann den gamle branntrekanten er oppfylt.

2.1.2 Forbrenning [3]

2.1.2.1 Fullstendig forbrenning

En brann er en kjemisk reaksjon mellom et brensel og oksygen, dersom det er tilstrekkelig med oksygen i tillegg en høy forbrenningstemperatur vil det være en fullstendig forbrenning. Brannen kjennetegnes ved at det ikke skapes røyk og det utvikles vann og energi, for eksempel hydrogengass, H₂-gass.

2.1.2.2 Ufullstendig forbrenning

Dersom det ikke er tilstrekkelig oksygen til at alle bindinger kan brytes, får man en ufullstendig forbrenning. Ved en slik brann er situasjonen mye mer uoversiktlig enn ved en fullstendig forbrenning. Dette kan gjøre at lange karbonkjeder kan rives løs som partikler, og det vil da bli dannet svart røyk som et resultat av den ufullstendige forbrenningen. Det som er det farlige ved en slik forbrenning er at det blir dannet giftige gasser i forbrenningsproduktene. Det skal ikke store konsentrasjonen til av disse gassene før det får katastrofale konsekvenser for et menneske. De vanligste gassene som blir dannet er:

- Karbonmonoksid [CO]
- Ammoniakk [NH₃]
- Hydrogencyanid/Blåsyre [HCN]
- Hydrogensulfid [H₂S]



2.1.3 Brannspredning [3]

Brannspredning kan forekomme på 4 forskjellige måter:

1. Varmetransport ved strømning
2. Varmetransport ved stråling
3. Varmetransport ved ledning
4. Flygebrann, ved at det skjer ny antenning (er ingen varmetransport i fysisk forstand)

I en brann vil det foregå en kontinuerlig varmetransport på de tre førstnevnte måtene. En eller flere av disse vil derimot være dominerende på enkelte stadier eller på bestemte steder. I et maskinrom er stråling og strømning de dominerende varmetransportene.

2.1.3.1 Brannspredning ved strømningsvarme

Når flammer eller varm røyk beveger seg, skjer det en varmetransport ved strømning. Røyken har en temperatur på 500- 600 °C akkurat der den "forlater" flammen.

Røykens temperatur reduseres ganske raskt som følge av:

- Varme blir overført til den kalde luften som blander seg med røyken.
- Varme overføres direkte til kalde flater.
- Varme overføres til andre flater ved stråling

Varmetapet til røyken er generelt større når den stiger oppover enn når den beveger seg horisontalt, for eksempel langs en gang. På grunn av dette er det varmeoverføring ved strømning som løser ut varmedetektorer og sprinklerhoder. Varm røyk bidrar vesentlig til oppvarming av overflater, og øker av den grunn deres antenning. Dette medfører uttørking av overflatene og økning av temperaturen. Varmetransport ved strømning gir det største bidraget til varmespredning i en branns startfase. Noe som gjelder frem til strålevarmen blir dominerende. Varm røyk vil i de fleste tilfeller kunne samle seg opp, noe som fører til en oppsamling av energi. I de tilfeller ved en oppsamling av røyk vil faren for overtenning øke. Røyken vil kunne antennes, enten fra rommet der brannen startet eller fra en annen kilde.



2.1.3.2 Brannspredning ved stråling

Brannutvikling er sterkt påvirket av strålevarmen fra både røyken og flammene. Strålevarmen bidrar til å tørrdestilere brennbart materiale fra overflatene, slik at branngassblandingen blir mer energirik. Strålevarmen bidrar også til å tørke ut og dermed redusere fuktinnholdet i materialet, slik at antennelsen går raskere.

Strålevarmen fra flammene er større enn fra røyk, fordi temperaturen er høyere i flammene enn i røyken. I flammer er temperaturen såpass høy at de faste partiklene gløder, dette gjør at flammene lyser. Røyk har så lav temperatur at dette ikke skjer, røyken er derfor mørk. Likevel kan temperaturen være betydelig, opp mot 600 °C. Strålingsenergien som avgis i form av varmestråling er sterkt avhengig av temperaturen.

2.1.4 Overtenning [3]

Kriterier for overtenning:

- Røykens temperatur må være minimum 500 °C
- Det kreves en varmeproduksjon på minimum 20 kW/m²

Branngassene vil antenne ved at de når sin antennelsestemperatur og er innenfor sitt eksplosjonsområde, og overflatene vil antenne på grunn av at de når sin antennelsestemperatur. Disse vil bli varmet opp ved stråling fra brannen og røyken, samt strømningsvarme fra røyken. Eksplosjonsområdet til branngasser vil variere sterkt, med hensyn på hva som brenner, temperatur og gass/oksygen forhold.

2.1.5 Vannets egenskaper [2]

Gass er bra å bruke når man skal slokke en brann, men verken nitrogen eller karbondioksid har noen kjølede effekt. Derfor benyttes vann (i vårt tilfelle vanntåke) for å oppnå en kjølede effekt slik at man minimerer risikoen for reantennelse. Derfor kan det være greit å gi en kort innføring i vannets egenskaper.

2.1.5.1 Begrense oksygenkonsentrasjon

Når vann går fra væskeform til gassform vil dets volum øke 1700 ganger, det vil si at 1 liter vann vil oppta et volum på 1,7 m³. Ved fordampning av vann i forbrenningssonen vil dampen fortrenge og fortynde oksygenet, og vil i et delvis lukket rom oppta en stor del av romvolumet. Dette vil gjøre at oksygentilførsel blir forhindret, og at brannen slokkes grunnet oksygenmangel. Denne effekten kalles inertisering.



2.1.5.2 Begrense/hindre opptak av varmestråling

Ved et stort stråletap fra en brann vil de omkringliggende flater absorbere mye av denne. Dette er naturligvis en uønsket situasjon, og vanntåken kan her være en sterkt reduserende faktor.

2.1.5.3 Begrense tilgangen på brensel til brannsonen

Ved fukting av omliggende overflater øker motstanden mot antennelse, og brannen blir da hindret i å spre seg i materialet. Dette er spesielt viktig i porøse materialer hvor vannet kan trenge inn, for eksempel papirmasse og trematerialer.

2.1.5.4 Fjerne varme og kjøle

Vann har en meget høy fordampningsvarme og spesifikk varmekapasitet, noe som gjør det til et meget anvendelig sløkkemiddel. Men vann fungerer også som en kjølede faktor der vann alene ikke er ideelt som sløkkemiddel, som f. eks dieselbrann.

Fordampningsvarmen til vann er 2257 kJ/kg, og en spesifikk varmekapasitet på 4,2 kJ/kg°C. 1 kg vann som varmes opp fra 10 °C til kokepunktet 100 °C, fordamper og overhetes til ca. 300 °C og opptar ca. 3000 kJ. Dersom dette skjer i løpet av 1 sekund tas det opp en effekt på 3000 kW.

2.2 Vanlige brannårsaker i maskinrom [4]

Brann om bord i skip starter ofte i maskinrommet. Maskinrommet inneholder som regel flere dieselmotorer, pumper, elektromotorer og mange kabler. Her er diesel- og oljerør som står under både høyt og lavt trykk. Det er mange forskjellige komponenter der noen har høye overflatetemperaturer. Erfaring viser at når det først brenner i et maskinrom er brannen vanskelig å slukke. Med høye temperaturer og brennbart materiale i nærheten er faren for reantennelse stor. Konsekvensene med en brann i et maskinrom kan være katastrofale dersom en ikke raskt får kontroll over brannen.

Typiske brannårsaker kan være:

En lekkasje fra et brenselførende rør kan føre til ansamlinger på nærliggende flater. Dersom brenselet oppvarmes lokalt slik at det begynner å avgi brennbare gasser, og en tennkilde er til stede, kan en såkalt flatebrann oppstå. Dersom oljeflatten er av betydelig størrelse kan slike branner utvikle seg til katastrofebranner på kort tid.

Det kan og oppstå brudd på brenseltrykksrør eller mellomtrykksrør fra booster pumpe på forbrenningsmotor, slik at brensel spruter ut over maskinrommet. Dersom en slik tennkilde eksisterer kan et slikt scenario føre til en spraybrann (jetbrann) samt at flere flatebranner kan antennes grunnet brenselspruten. Også slike branner kan utvikle seg til katastrofebranner på kort tid.

Objekter som kan føre til lignende brannscenarier er:

- Oljepumper
- Hydraulisk olje og smørelje
- Oljeseparatorer
- Dagtanker
- Smøreljetanker
- Oljefyrte kjeler

Ved et brannscenario kan man få følgende situasjoner:

- Spraybrann
- Flatebrann på grunn av oljelekkasje
- Sprekk i rør
- Brann i hydraulisk aggregat



Figur 3 Brannskadet maskinrom



2.3 Slokkemetoder [8][9]

Det finnes i dag mange forskjellige slokkemetoder, men her er det et stort potensial for forbedring. Man det er vanskelig å finne et slokkemiddel som har de samme gode egenskapene som Halon faktisk hadde. Det er to nye faktorer som nå vektlegges når valg av slokkemetoder skal gjøres, nemlig hvordan de oppfyller kravene til ODP (ozonødeleggende egenskaper) og GWP (globalt oppvarmingspotensial). Man baserer seg i vesentlig mindre grad på ren inhibitorisk (antikatalytisk) slokkevirkning som halon var basert på. De mest utbredte i dag baserer seg på en blanding av oksygenfortrengning (kveling) og inhibitorisk slokkevirkning, ofte i kombinasjon med en kjølende effekt, som vanntåke (som også har en oksygenfortrengende effekt).

Oksygenfortrengning kan igjen deles i tre kategorier:

- Effekt av oksygenfortrengning (f. eks nitrogen)
- Effekt av oksygenfortrengning og en sterk fysiologisk effekt (f. eks karbondioksid)
- Effekt av oksygenfortrengning og en balansert fysiologisk effekt (f. eks nitrogen)

Vi ser her nærmere på hvilke løsninger som blir benyttet som slokkemekanismer i maskinrom, motorrom og liknende i dag. Alle er ikke like relevante for vår problemstilling, men er med på å gi et innblikk i hvilke slokkemetoder som eksisterer i dag.

2.3.1 Inertiseringsgasser

Inertiseringsgasser har slokkevirkning som er basert på fortrenning av oksygen, slik at man får en inaktiv brannatmosfære. De mest aktuelle gassene som finnes på markedet er følgende:

- Karbondioksid (CO₂)
- Nitrogen (N₂)
- Blandinger av CO₂, Argon (Ar) og N₂.

Disse gassene slokker ved å senke oksygenkonsentrasjonen til under 10- 12 %. Ved dette oksygennivået vil de fleste branner dø ut, men vil også utgjøre stor fare for mennesker som oppholder seg i brannrommet. Amerikanske OSHA (U.S. Occupational Safety and Health Administration) anbefaler at ingen mennesker oppholder seg på steder med oksygenkonsentrasjon under 19,5 vol % uten beskyttelsesutstyr.



2.3.2 CO₂ [10]

Det mest utbredte slokkesystem for maskinrom i dag er CO₂- anlegg og dette benyttes av ca 80-90 % av verdensflåten. CO₂ fungerer som en tredimensjonal slokkegass som senker oksygenivået slik at brannen opphører. Forutsetningen for at slokkesystemet fungerer som det skal, er at rommet som det blir utløst i, er tett. All ventilasjon må stanses slik at ikke frisk oksygen tilsettes og forringer slokkeprosessen. CO₂- slokkeanlegg utløses manuelt fra broen eller annet sikkert sted. Karbondioksid er ikke giftig, men ved en slik konsentrasjon som trengs til slokking vil den forårsake kvelning fordi den senker oksygenivået i lufta raskt. Man er derfor avhengig av en utløser på utsiden av maskinrommet, hvor det også vil være mulig å påse at alt personell er evakuert.

CO₂ blir lagret i flytende form, noe som er plassbesparende. Flaskene er rimelig i innkjøp sammenlignet med gasser som er pålagt miljøavgift og er tilgjengelige stort sett over hele verden. Ved vanlig romtemperatur står anlegget under lavt trykk (ca. 50 bar), noe som reduserer faren for lekkasjer i ventiler.

Det finnes også ulemper ved CO₂- anlegg som ikke er ubetydelige. Har man mulighet til det, bør disse stoppes før man utløser slokkeanlegget. Men i noen tilfeller har man ikke mulighet til å stoppe alle motorer. I en supply- båt er det ønskelig å la motorene gå hvis man ligger like ved føttene til en plattform og en brann i maskinrommet bryter ut. Å drive inn i plattformen kan få katastrofale følger og er noe man vil unngå for enhver pris. Problemet med å la motorene gå er at frisk luft tilsettes slik at vi får en reantennelse/ oppblussing av brannen.

Ved utløsning av CO₂- anlegg vil også klorider danne irr på elektriske komponenter, som igjen kan føre til at disse svikter og må skiftes ut, med de ekstra kostnader dette fører med seg.

Høye konsentrasjoner kan forårsake kvelning, symptomene kan omfatte lammelse/bevisstløshet. Kvelning kan oppstå uten forvarsel. En lav konsentrasjon (3-5 %) forårsaker økt pustefrekvens og hodepine. Det må ikke tillates tilbakeslag inn i beholderen og bare benyttet spesifisert utstyr som passer for dette stoffet, trykket og temperaturen. Høye konsentrasjoner kan forårsake hurtig sirkulasjonssvikt, symptomene er hodepine, kvalme og oppkast som igjen kan føre til bevisstløshet. Utslipp av store mengder kan bidra til drivhuseffekten. CO₂ kan også bidra til frostskafer på omgivelser.



2.3.3 Nitrogen

Blir benyttet som inertiseringsgass i blant annet drivstofftanker, prosessanlegg og i liknende lukkede rom for unngå eksplosjon. Blir også benyttet i fly for beskyttelse av blant annet lasterom. Det er en fargeløs gass og har heller ingen lukt- varslingssegenskaper. Smeltepunktet er på $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$, kokepunktet er på $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ og kritisk temperatur er $-147\text{ }^{\circ}\text{C}$.

N_2 har mye av de samme egenskapene som CO_2 , og er best egnet i brannens tidlige fase. Men i motsetning til CO_2 er det ingen følgeskader forårsaket ved bruk av N_2 , hvor du med CO_2 - anlegg har en viss fare for korrosjon. Nitrogen finnes i stor andel naturlig i luften vi puster, og er derfor ikke like skadelig for mennesker som det CO_2 er. Men som ved CO_2 må man senke oksygennivået til ca 10-11 % for å slukke en brann, og da er N_2 like skadelig som CO_2 . De positive sidene med N_2 som slokkesmetode kommer fram i forsøk 2 og forsøk 4 i denne rapporten, da N_2 i kombinasjon med en fin vanntåke (vanntåkedyse 2) holder temperaturen nede bedre enn CO_2 med tilsvarende vanntåke.

En stor fordel med N_2 er at det er kompatibelt med eksisterende inergen- anlegg.

Ulempen ved N_2 er at det kreves større mengde gass for å oppnå lik slokkeeffekt som CO_2 . Ved N_2 trenger man ca 50 % romfylling for å oppnå en oksygenkonsentrasjon på 10-11 %, mens ved CO_2 trenger man ca 35 % romfylling. Dette betyr at lagringsplassen av N_2 flasker blir noe større enn ved lagring av CO_2 flasker. N_2 flasker blir lagret ved høyere trykk enn CO_2 , nemlig 200 bar, og dette kan igjen føre til at vibrasjoner fra omgivelsene fører til lekkasjer i pakninger og koplinger.

Ved høye konsentrasjoner kan N_2 forårsake kvelning. Symptomene kan omfatte lammelse/ bevisstløshet. Kvelning kan oppstå uten forvarsel. N_2 inneholder ingen komponenter som påvirker klassifiseringen av produktet og det forårsaker ingen miljøskader. Når det gjelder håndtering og lagring av N_2 må det ikke tillates tilbakeslag i beholderen og det må bare benyttes skikkelig spesifisert utstyr som passer for dette stoffet, det trykk og temperatur.

2.3.4 Argonite

Argonite er et slökkemiddel i gassform med kvelende slökkevirkning. Består av 50 % nitrogen og 50 % argon. Gassen er beregnet til slukking av brann i lukket rom. Ved utløsning skal det berørte rommet ha en romfylling på 80 % og oksygenivået er da senket til ca 12,5 %. Det er derfor essensielt å evakuere personell uten ånderettsbeskyttelsesutstyr før utløsning. Det er verdt å merke seg at gjenger og utstyr forøvrig er det samme som benyttes til N₂.

2.3.5 Inergen

Navnet stammer fra ordene INERt gass og nitroGEN, og inneholder nitrogen (52 %), argon (40 %) og karbondioksid (8 %). Rommet som beskyttes vil ved utløsning få en inergenkonsentrasjon på 47- 51 %. Oksygenivået vil da ligge på ca 12,5 %, men på grunn av gassens tilsetningsstoffer kan man fortsatt puste i rommet i kortere perioder. I likhet med halon er inergen beregnet på slukking av gass- og væskebranner i lukkede rom.

2.3.6 FS 49 C2 (Halotron IIB)

Erstatningsgass for Halon 1301 som ble forbudt 1. januar 2000. Denne gassen består hovedsakelig av gass som benyttes i kjøleanlegg og slukker på samme måte som Halon 1301, men det kreves større mengder Halotron. Flaskene kan lagres i det beskyttede rommet. Er kompatibel med de fleste Halon 1301- anlegg.

Ulempen med Halotron er at det er dyrt grunnet miljøavgift (bidrar til økt drivhuseffekt) og kan være vanskelig å refylle utenfor Skandinavia. Det finnes per dags dato kun en produsent av gassen, Bejaro i Sverige.

2.3.7 FM- 200

Også en erstatningsgass for Halon 1301 som blir produsert av Great Lakers Chemical i USA. FM- 200 slokker brann ved å absorbere varme fra overflaten til det brennbare materialet og senke temperaturen ned til under antennelsestemperaturen. FM- 200 er underlagt miljøavgift pga en økning av drivhuseffekter, og blir derfor kostbar. FM- 200 er kompatibelt med Halon 1301 anlegg.

2.3.8 Skum

Man deler skum inn i tre hovedtyper; lavekspansjonsskum (tungtskum, ekspansjonstall 2-20), mediumekspansjonsskum (ekspansjonstall 20- 200) og høyekspansjonsskum (lettskum, ekspansjonstall 200-2000).

Lavekspansjonsskum benyttes ofte manuelt for å slokke branner som skyldes lekkasje av brennbar væske. Slokkemekanismen er hovedsakelig kvelning eller inertisering. En type tungtskum er AFFF (Aqueous Film Forming Foam). Her har man forbedret skummets spredningevne ved å tilsette overflateaktive fluorkarborer. Dette fungerer veldig bra til å slokke væskebranner på grunn av sin lave viskositet. Også mot ”spray- branner”, hvor den brennbare væsken brenner i det den spruter ut fra et rør eller beholder under høyt trykk.

Høyekspansjonsskum blir benyttet i lukkede rom med vanskelig tilgang og der det er behov for å fylle hele rommet med skum. Blir anbefalt i høye rom der det er fare for at brannen skal spre seg i høyden.

2.3.9 Aerosoler

Aerosoler er en klasse brannsløkkingsmidler som er under utvikling flere steder. Har sin opprinnelse fra den gamle sovjetiske hæren. Også i Israel er aerosoler vært i bruk en stund. Aerosoler kan ses på som et slokkemiddel mellom ytterpunktene inertgass og pulver. Aerosolslokkesystemer har meget lave installasjons- og vedlikeholdskostnader. Aerosoler er også lite giftig og lite skadelig på miljøet. Aerosoler slukker i hovedsak på tre måter;

- Kjemisk hindring av reaksjonskjeder via katalytisk kombinasjon av aktive stoffer.
- Varmeopptak og kjøling ved dekomponering og fordamping av faste partikler.
- Inertisering ved at aktive stoffer produserer inerte gasser, slik som karbondioksid.

Aerosoler har begrenset dekningsområde og fungerer best i mindre rom, som små lagerrom, kabelgater og kabinetter.

Når det gjelder angrepspunkt, er man avhengig av å nærme seg selve brannrommet og kaste inn kapselen enten gjennom dør eller vindu.

2.4 Sprinkleranlegg [7]

2.4.1 Omfang av sprinkleranlegg:

- Fullstendig sprinkling (fullsprinkling), det vil si at hele skipet/båten som ønskes sprinklet skal sprinkles i sin helhet. Eventuell felles vegg med usprinklet bygning må da være brannvegg (branncellebegrensende konstruksjon).
- Delvis sprinkling, der hvor sprinkling er sløyfet i enkelte rom i bygningen, regnes bygningen som delvis sprinklet.
- Objektbeskyttelse, det vil si at en spesiell prosess, for eksempel maskin, transportinnretning er sprinklerbeskyttet uten hensyn til fare for brannsmitte fra tilstøtende, usprinklede områder.

Sprinkling kan ikke brukes i svært høye rom.

2.4.2 Enkeltutløsningssystemer:

- Våtrørsystem er den vanligste typen. Systemet er permanent fylt med vann under trykk både oppstrøms og nedstrøms alarmventil. Våtrørsystemer installeres i lokaler der det ikke er frostfare.
- Tørrørsystem er et sprinklersystem hvor rørnett er fylt med luft under trykk nedstrøms alarmventil, og med vann oppstrøms alarmventil. Rørnett skal være installert med nødvendig fall for drenering.
- Tørrørforlengelse av et våtrørsystem kan benyttes i et omfang av inntil 25% av våtrørsystemet. Slike systemer brukes ofte i begrensede arealer med frostfare i en for øvrig oppvarmet bygning.
- Forutløsningssystem (pre- action system) er en kombinasjon av et tørrørsystem og et deteksjonssystem installert innenfor det samme arealet.

2.4.3 Gruppeutløsningssystem

Gruppeutløsningssystem er et system med åpne sprinklerhoder eller dyser, styrt av en gruppeutløsningsventil. I sin tur kontrolleres ventilen av et brannalarmsystem med detektorer innenfor det samme arealet. Gruppeutløsningssystem er i første rekke beregnet for bruk i lokaler der man kan forvente intensive branner med rask spredningshastighet og der det er ønskelig å få vann over hele området hvor en brann kan starte.



2.4.4 Sprinklersentral

Sprinklersentral er et eget rom ved inntaket for vanntilførselen hvor anleggets kontrollventilsett er montert. Rommet bør være lett tilgjengelig selv i en brannsituasjon, fortrinnsvis med direkte atkomst fra det fri. Sprinklersentralen omfatter blant annet stengeventilen og alarmventilen i anlegget. Dersom det er flere installasjoner, fins en stengeventil og en alarmventil for hver av sprinklerseksjonene.

Stengeventil – for sprinkleranlegget er en del av kontrollventilsettet. Den monteres normalt umiddelbart foran alarmventilen, og skal sikres i åpen stilling med rem og lås, det vil si en lærrem som settes rundt rattet på ventilen og låses for å markere at den er sikret i stillingen. Remmen skal kunne kuttes i nødstilfeller.

Alarmventil – kan betraktes som ”hjertet” i et sprinkleranlegg. Den er konstruert slik at en vannstrøm gjennom ventilen frigjør for vannstrøm til en alarmutgang. Alarmventilen skal aktivere en utvendig, vannturbindrevet alarmklokke. Bygningens brannalarmsystem kan i tillegg også aktiveres når sprinkleranlegget utløses.

Det lages forskjellige typer alarmventiler tilpasset de forskjellige sprinklersystemene.

Alarmventiler leveres for både horisontal og vertikal montering, og grovt regnet i størrelser fra 50 mm til 200 mm. Mest benyttet er størrelsene mellom 65 mm til 100 mm og 150 mm.

2.4.5 Rørledninger [6]

Over grunnen skal rør i sprinkleranlegg være stålrør. Dimensjonene på rørene bestemmes ved hydrauliske beregninger eller ved tabeller i FG's regelverk. Regelverket har også bestemmelser om hvordan rør/rørlegging ikke må utføres, at vanntilførsel ikke bør gå gjennom usprinklede lokaler, og angir løsninger hvis dette ikke er til å unngå. I tillegg er det bestemmelser om at rørene skal beskyttes mot mekanisk påvirkning. Ugalvaniserte rør skal beskyttes mot korrosjon (males) der de passerer eller installeres i lokaler med korrosjonsfare. Ingen konstruksjoner eller gjenstander tillates hengt opp i rørene.

3 METODE

Forsøket blir gjennomført i standard ISO- rom med tett åpning. En dieselpumpe vil pumpe olje på en forhåndsvarmet sylinder som vil antenne oljen, et typisk brannscenario for brann i maskinrom. Vanntåke i kombinasjon med CO₂ bli utløst manuelt ved å åpne trykkregulatoren for gass og åpne vanntilførselen. Deretter gjøres det samme med N₂.

Forsøk 1: CO₂ og vanntåkedyse nr 1

Forsøk 2: N₂ og vanntåkedyse nr 1

Forsøk 3: CO₂ og vanntåkedyse nr 2

Forsøk4: N₂ og vanntåkedyse nr 2

Ved hjelp av en vannstrømsmåler måler vi både vannstrøm og trykk.



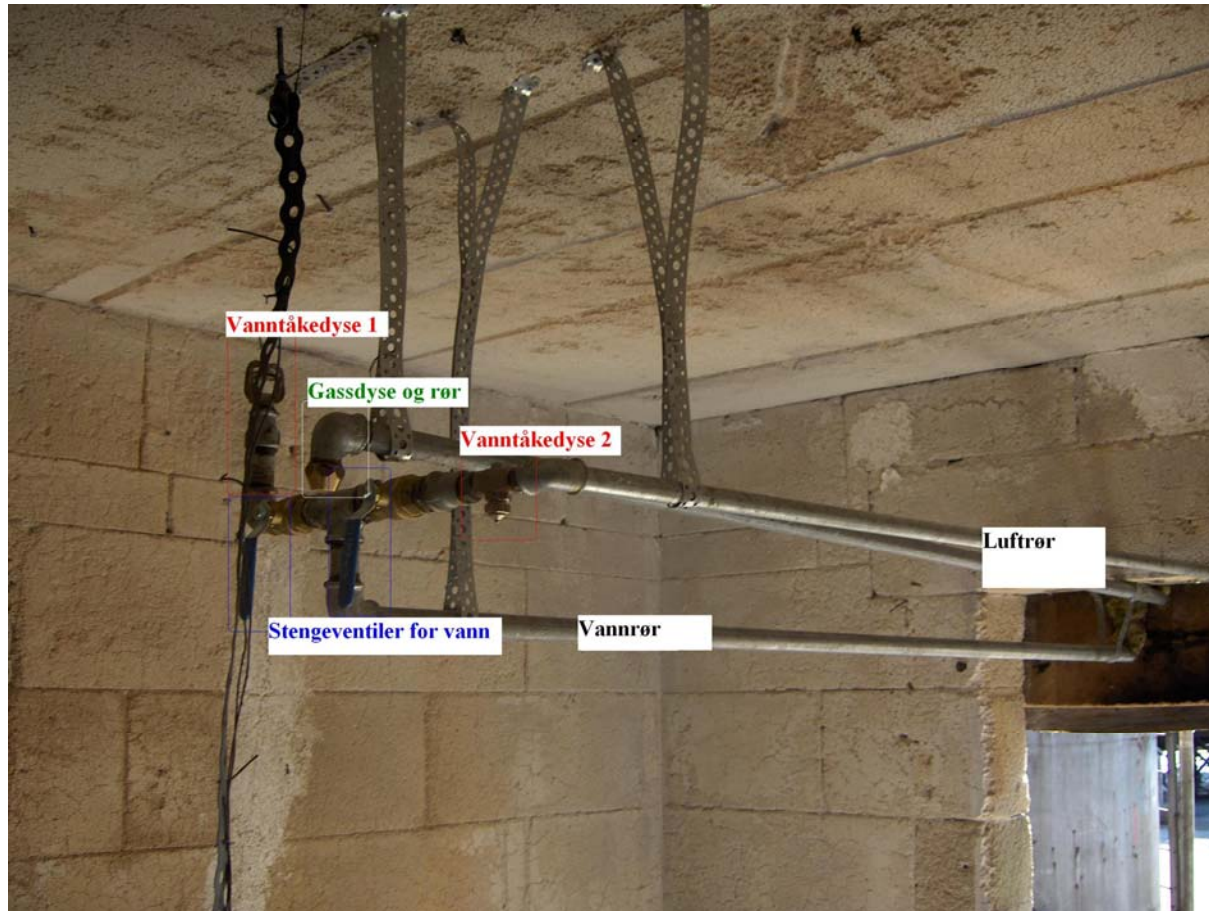
Figur 4 Vanntåkedyse 1



Figur 5 Vanntåkedyse 2

3.1 Oppbygning

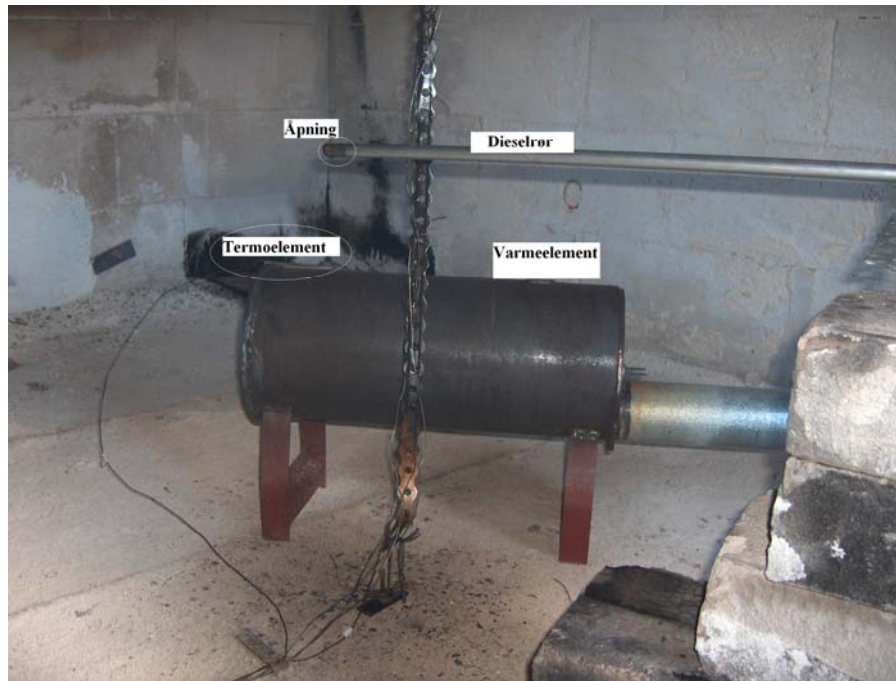
Selve forsøket ble gjennomført i ISO- rom hos ResQ på Bleivik, Haugesund. Rørsystemet ble konstruert på Westcon etter våre spesifikasjoner. Den ene rørdelen bestod av en sammensluttet konstruksjon med to vanntåkedyser, hvorav den ene var koplet til både trykkluft og vann. Det ble satt inn ventiler for å strupe den dysen som ikke var i bruk.



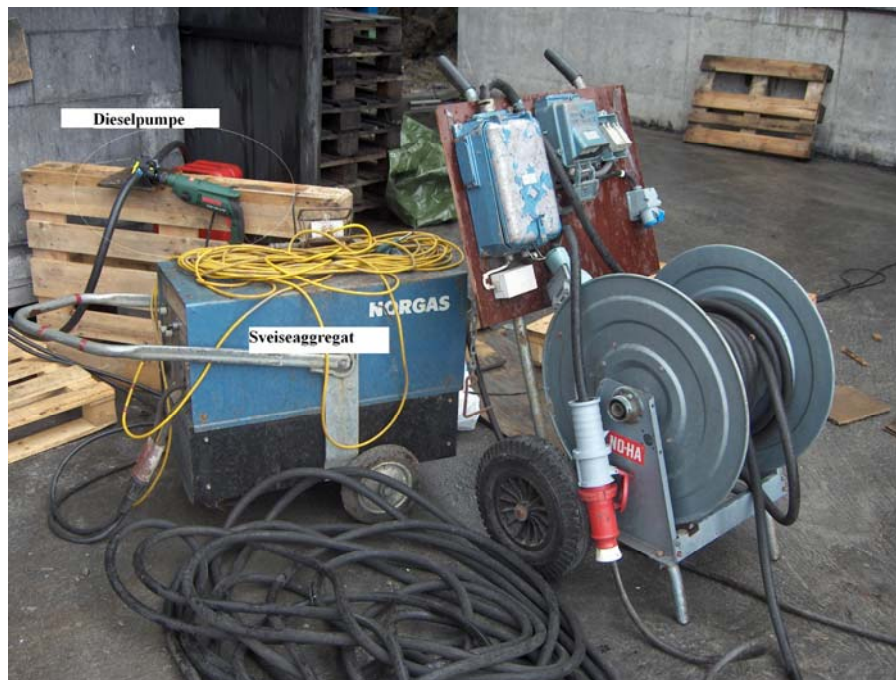
Figur 6 Oversikt over rørsystem ISO- rom

Det andre røret var kun forbeholdt gass, henholdsvis N_2 og CO_2 . Luftrør og gassrør hang 40 cm under taket, mens vannrøret hang ca 10 cm lavere. Vanntåkedyse 1 krever 10 cm i rett rørstrekk før tilkopling, og ble derfor den høyest plasserte dysen.

Alle dyser ble punktplassert over et varmeelement som simulerte en varm overflate i et maskinrom. Dette elementet ble varmet opp til $500\text{ }^\circ\text{C}$ ved hjelp av et sveiseaggregat som var plassert like utenfor ISO- rommet. Et diesel- rør med en åpning på 1 mm, som simulerte en diesellekkasje, påførte varmeelementet diesel, som igjen førte til antennelse av dieselen.

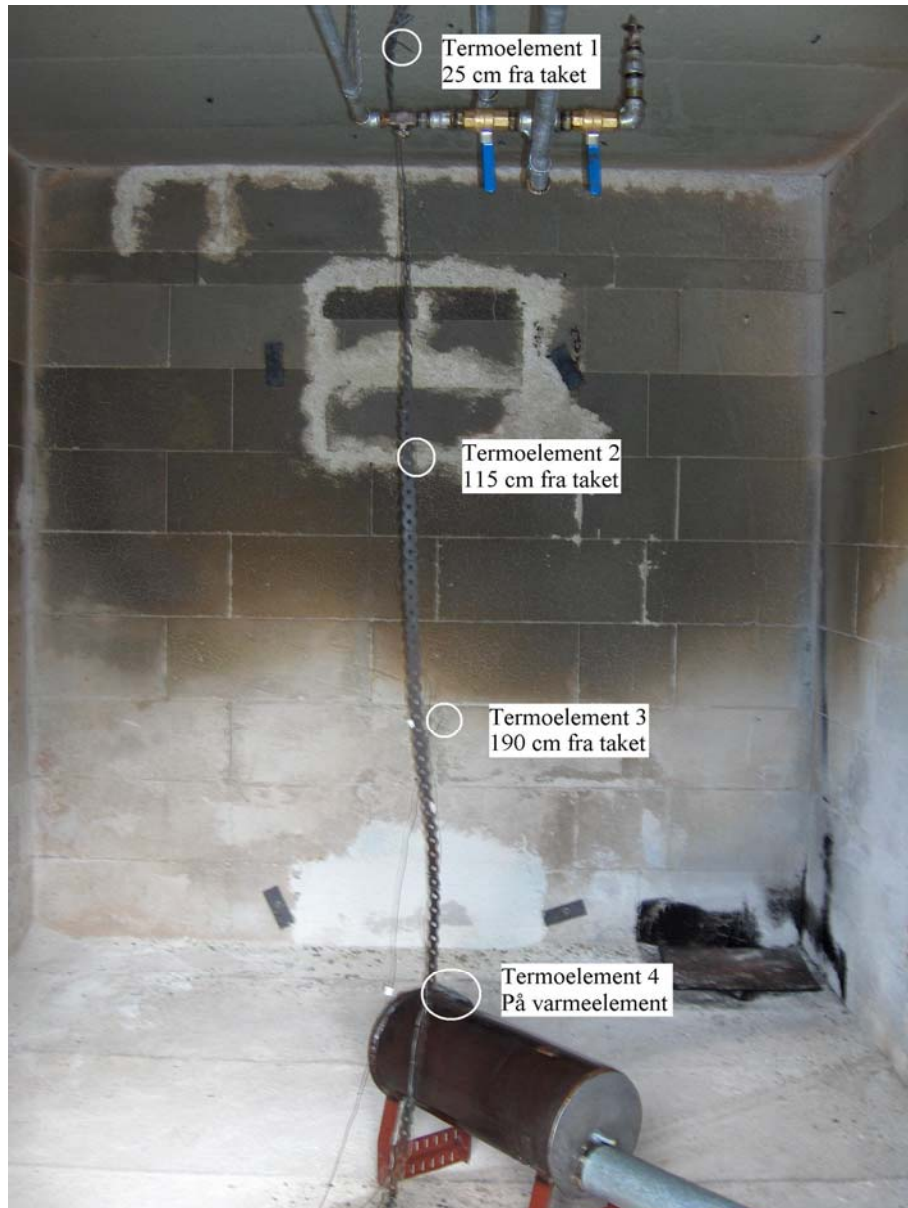


Figur 7 Varmeelement og lekkasjesimulering

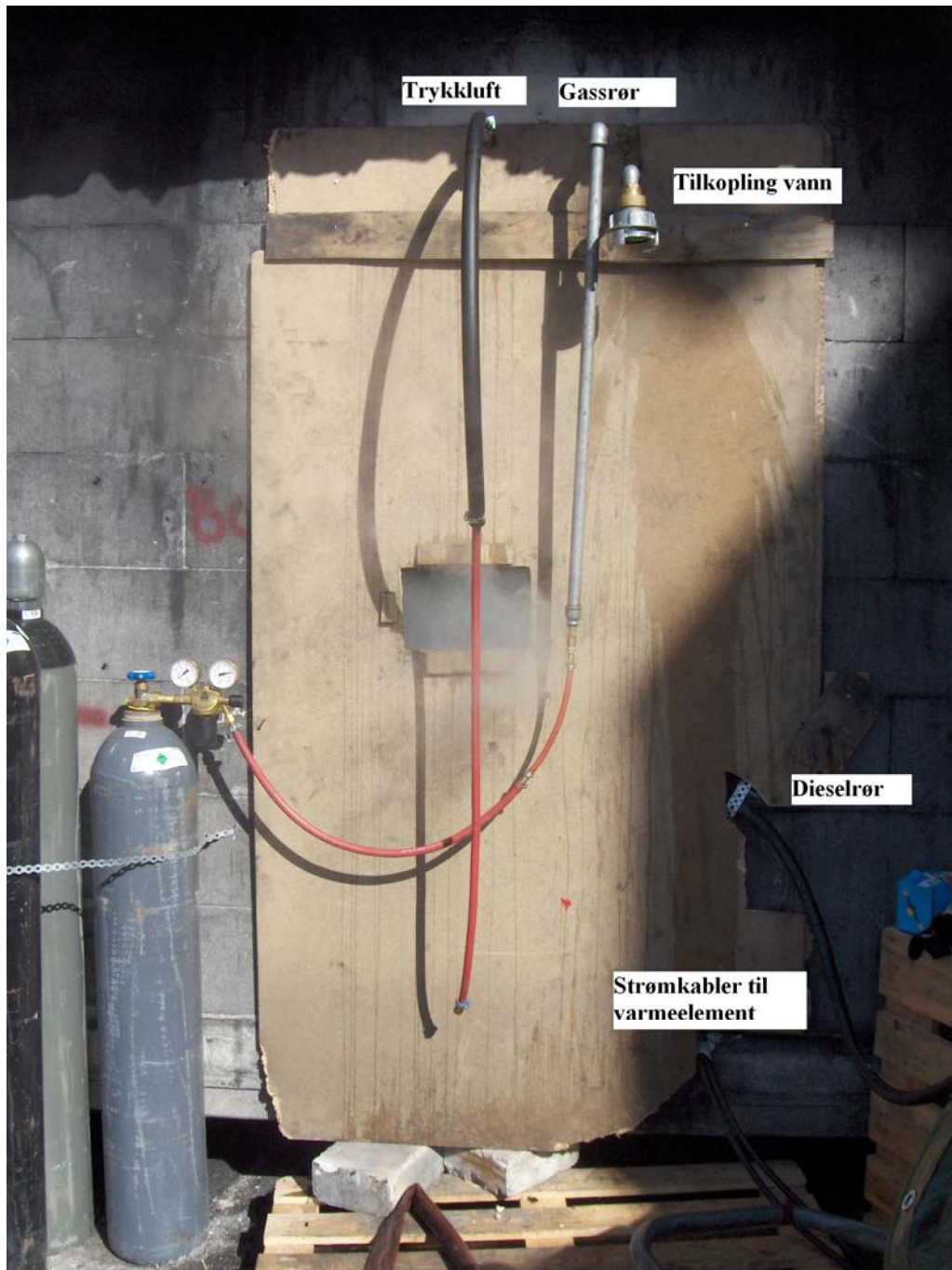


Figur 8 Strømforsyning og dieselpumpe

Det ble montert fire termoelement strategisk plassert i rommet. Ett termoelement hang over de forskjellige dysene, 25 cm fra taket, mens to hang i rommet, henholdsvis 115 cm og 190 cm fra taket. Termoelement nr. 4 lå i et rør som ble sveiset på selve varmeelementet slik at vi under hele forsøket visste temperaturen til varmeelementet. Alle termoelementene var koplet via en logger til en PC utenfor rommet, som registrerte temperaturen annet hvert sekund, slik at vi under hele forsøket fikk registrert alle temperaturendringene.



Figur 9 Oversikt over termoelement i ISO- rom



Figur 10 ISO- rom sett utenfra

3.2 Testoppsett

Alle forsøkene ble gjort etter samme framgangsmåte for å sikre at alle forutsetninger og betingelser ble så like som mulig.

1. Temperaturmålinger startes
2. Dør lukkes
3. Dieselpumpe startes
4. Brann startet
5. Gass og vanntåke utløses

Etter brann startet: Diesel ble pumpet kontinuerlig. Gass ble stengt etter 30 sek. Vanntåke stenges når temperaturene har sunket til et tilstrekkelig lavt nivå.

3.2.1 Gass:

Trykket på N₂-flasken er 200 bar. Med en trykkregulator kunne vi sette trykket til 8 bar, dette for å ikke belaste rørene for mye, og uansett ble rommet fylt opp med gass tilfredsstillende fort. Slangesystemet som vi brukte, ble benyttet både ved utslipp av CO₂ og N₂. Dette var en gummislange som var godkjent opp til 20 bar og var 10 mm indre diameter. Slangene var viderekoplet til stålrør som var 22 mm indre diameter.

Trykket på CO₂-flasken var 50 bar. Her brukte vi også en trykkregulator og satte antall bar til 8. Det var 50 kg CO₂ på flasken og den er flytende. På grunn av stigerør kommer den ut i gassform.

3.2.2 Trykkluft:

Trykkluft var nødvendig ved bruk av vanntåkedyse 2 da den var avhengig av både luft og gass. For å finne ut hvor mange bar trykkluft som måtte være tilført dysen, brukte vi tabellen som fulgte med dysen. Vi satte 2 bar på trykkregulatoren og inkludert et lite trykktap opp til dysen tok vi utgangspunkt i 1,8 bar fra tabell. Fra trykkregulatoren ble det koplet en slange fra regulator og opp til stålrøret. Denne slangen var 10 mm indre diameter og tålte 20 bar.

Trykket på flasken var 200 bar.

Trykk på flasker etter forsøk:

N₂: Ved start var flasken på 200 bar. Etter første forsøk med N₂ (forsøk 2) var det 150 bar igjen. Etter andre forsøk med N₂ (forsøk 4) var det 100 bar igjen.

CO₂: Ved start på flasken var det 50 bar. Etter første forsøk med CO₂ (forsøk 1) var det 40 bar igjen. Etter andre forsøk med CO₂ (forsøk 3) var det 30 bar igjen.



3.2.3 Varmesylinger

For å oppnå tilstrekkelig temperatur for å antenne dieselen som ble tilført, måtte vi opp i en temperatur på minst 290 °C. Ved denne temperaturen vil diesel selvantenne. Det var viktig under forsøket å få en tåkelignende spray på dieselen. Ved å vende lekkasjestrålen fikk vi bare en enorm røykproduksjon. Dette kan være at diesel hadde en kjøleende effekt på selve varmeelementet.

Selve varmeelementet var av stål og plassert på to støttebein for å sikre at det stod stabilt gjennom alle forsøkene. Den var fylt med varmematter, som brukes til å varme opp aluminium før sveising, slik at vi kunne oppnå en tilstrekkelig høy temperatur. Strømforsyningen til disse mattene var et sveiseaggregat som var på 230V og innstilt på 450 Ampere. Under hvert forsøk var sylinderene oppe i en temperatur på ca. 480 °C.

Sylindere hadde en lengde på 52 cm og en diameter på 23 cm. Noe som gir en overflate på 0,635 m².

3.2.4 Vanntåkedyser

3.2.4.1 Vanntåkedyse 1 – Alf Lea [Vedlegg 8.4]

Vanntåkedyse 1 ble benyttet med 1,5 bar trykk. Dette gir 5,5 l/ min. Denne dysen var en såkalt ”upright” dyse, det vil si at den stod vendt oppover. Denne vanntåkedysen gav mye vann (i forhold til vanntåkedyse 2) som førte til at noe vann ikke ble utnyttet helt.

3.2.4.2 Vanntåkedyse 2 – Cm Mathiesen [Vedlegg 8.5]

Vanntåkedyse 2 ble satt til 2 bar vann og 2 bar med trykkluft gjennom separate rør. I følge tabellen gav dette oss 0,11 liter vann/ min, og 21 liter luft/ min. Dette var en veldig fin vanntåkedyse som gav veldig lite overskuddsvann.

3.2.5 Vanntilførsel [5]

Vanntåke krever såpass lite vann i forhold til konvensjonell sprinkling at det kan velges autonome systemer der dette er ønskelige. Det vil si at det kan være uavhengig av lokal vanntilførsel, men det normale er at systemet er koplet til nettet med trykkforsterkede pumper imellom.

Bakgrunnen for bruk av vanntåke kan også sees i sammenheng med at det i industri og andre virksomheter finnes ømfintlig utstyr som ikke tåler store mengder vann. Her har vanntåketeknologien blitt lansert som en god løsning.

3.2.6 Dråpestørrelser

Vanntåke vil være effektivt mot branner i faste stoffer og væsker. Videre viser forskning at dråpestørrelser mindre enn 400 μm må benyttes for å kunne slokke en væskebrann, mens større dråper må benyttes ved branner i faste stoffer.

Da vanntåke klassifiseres over et spekter opp til 1000 μm vil dråpene være av en grovere og finere type, dette gjør at vanntåke deles inn i tre klasser.

Klasse 1 vanntåke: de fineste vanndråpene, ligger mellom $D_{v\ 0,1} = 100\ \mu\text{m}$
og $D_{v\ 0,9} = 200\ \mu\text{m}$

Klasse 2 vanntåke: vanndråper som ligger mellom $D_{v\ 0,1} = 200\ \mu\text{m}$
og $D_{v\ 0,9} = 400\ \mu\text{m}$

Klasse 3 vanntåke: vanndråper som ligger mellom $D_{v\ 0,1} = 400\ \mu\text{m}$
og $D_{v\ 0,9} = 1000\ \mu\text{m}$

3.3 Forsøkene

I forsøkene ble vanntåke og gass brukt i kombinasjon for å se hvor mye temperaturen på sylinder og temperatur i rommet sank. Og selvfølgelig hvor raskt brannen ble slukket.

Forsøk 1:

Vanntåkedyse 1 og CO₂.

Tid før tåke/gass aktivering etter antennelse: 5 sek.

Forsøk 2:

Vanntåkedyse 1 og N₂

Tid før tåke/gass aktivering etter antennelse: 5 sek.

Forsøk 3:

Vanntåkedyse 2 og CO₂

Tid før tåke/gass aktivering etter antennelse: 5 sek.

Forsøk 4:

Vanntåkedyse 2 og N₂

Tid før tåke/gass aktivering etter antennelse: 5 sek.

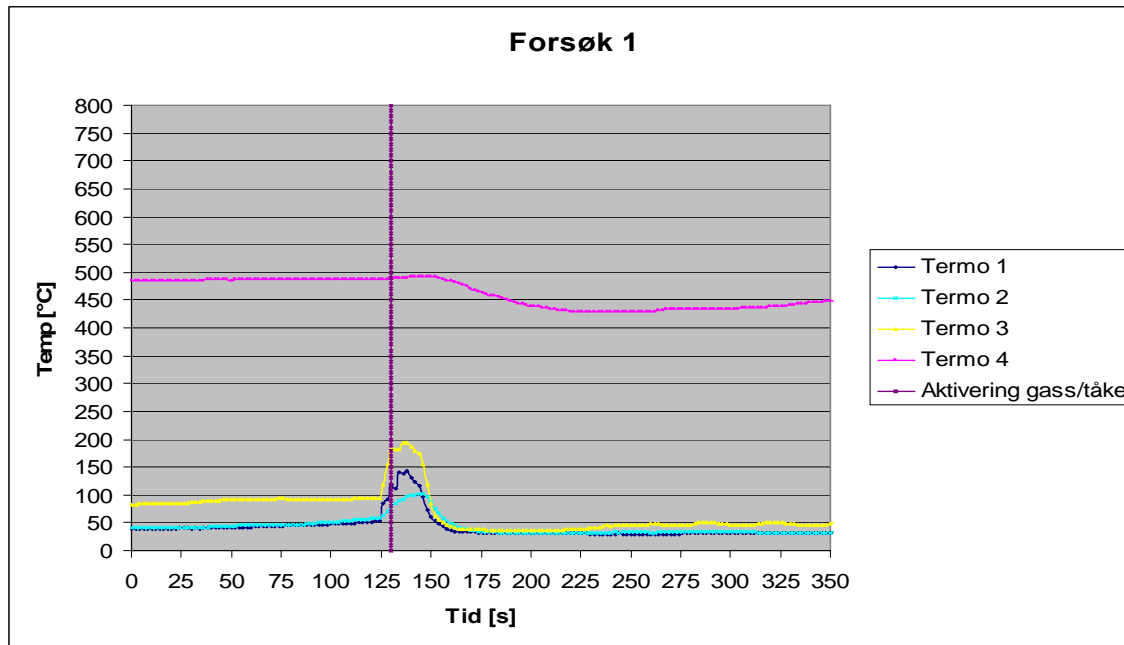


Figur 11 Vanntåkedyse 1 aktivert

4 RESULTATER

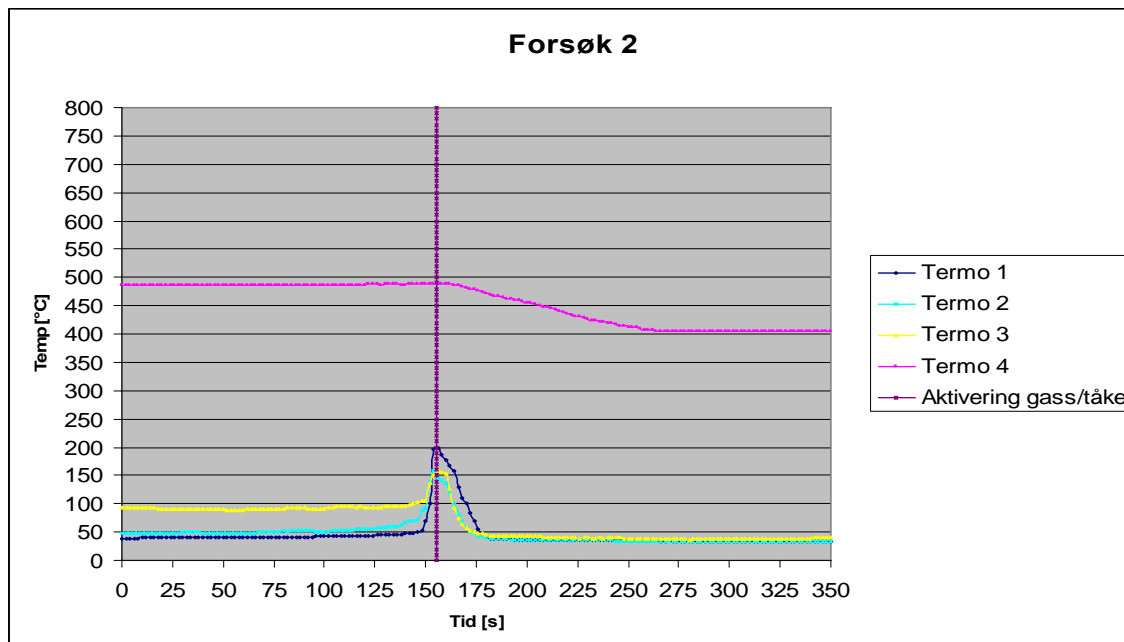
4.1 Forsøksresultater

4.1.1 Forsøk 1



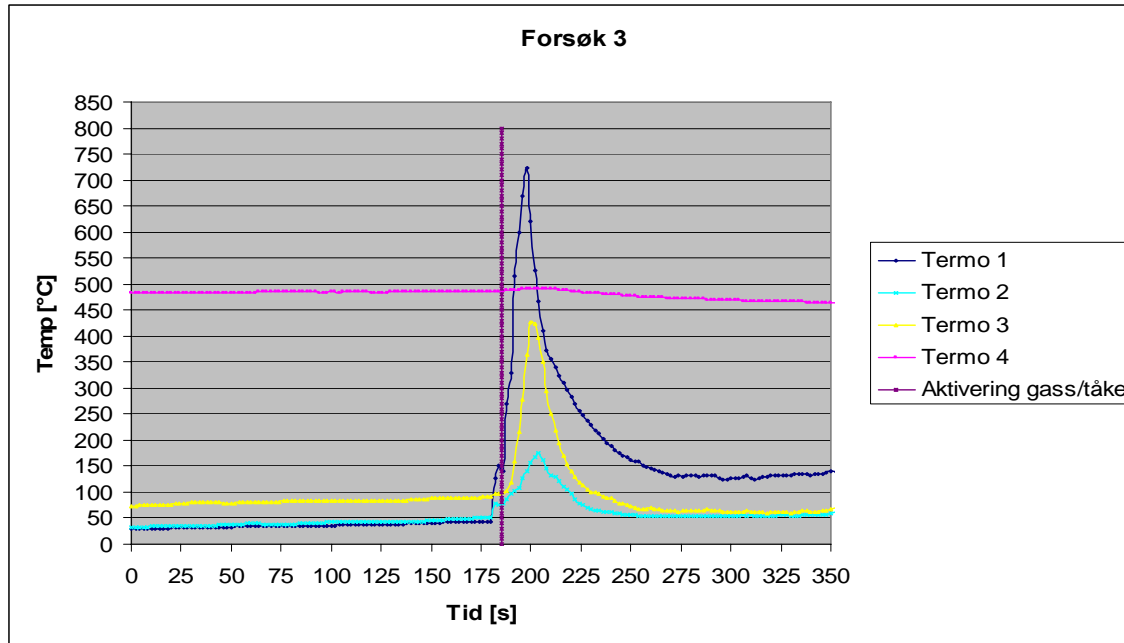
Figur 12 Graf forsøk 1

4.1.2 Forsøk 2



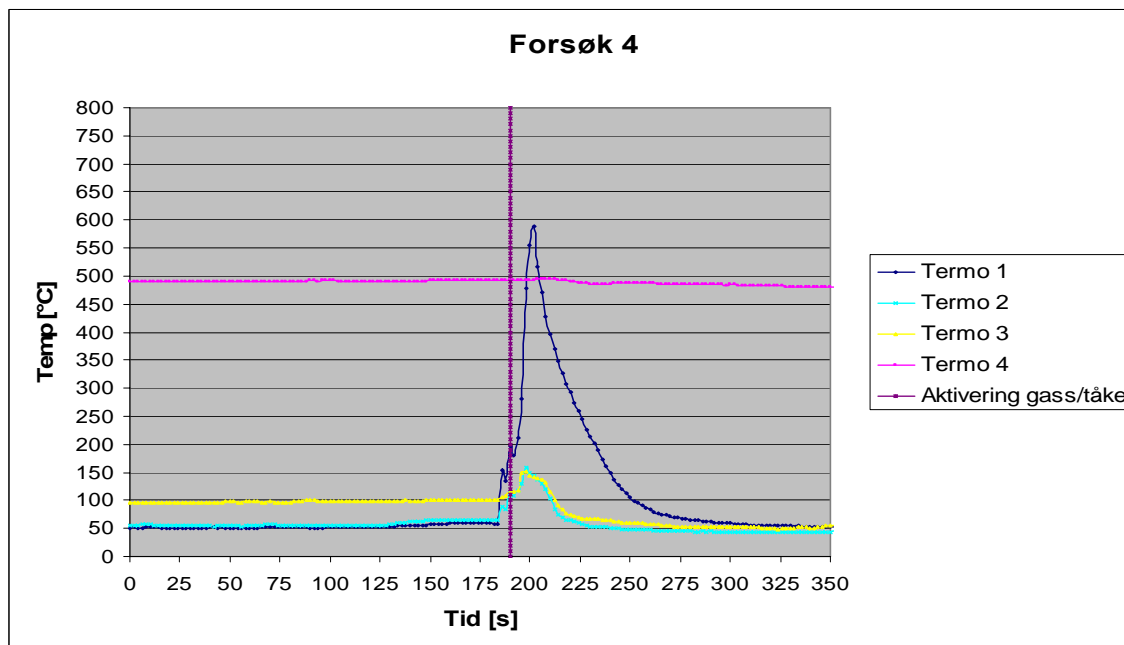
Figur 13 Graf forsøk 2

4.1.3 Forsøk 3



Figur 14 Graf forsøk 3

4.1.4 Forsøk 4



Figur 15 Graf forsøk 4



5 DISKUSJON

5.1 Kvaliteten på beregningene

5.1.1 Vanntåkedyse 1

Dette er en vanntåkedyse som kun krever et vannrør, den gir ut lite vann med veldig fine dråper. Grunnen til dette er den lave K-faktoren (4,7). Fordeler med denne dysen er at den kjøler og samtidig kveler brannen. Med kvelning menes det at den hindrer brannen oksygentilførsel. For å finne ut hvor mye vann vi ville ha ut av dysen forhørte vi oss med forskjellige leverandører og etter mange samtaler bestemte vi oss for at vannmengden skulle ligge mellom 5 og 10 liter vann per minutt. Det endte med 5,5 liter/min (0,63 l/m²/min). En annen grunn som gjorde at vi endte med denne vannmengden var at tilnærmet alt vannet som kom ut skulle fordampe og ikke ende med større vannmengder på gulv og omgivelser.

For at dette skulle tilfredsstilles gjorde vi noen beregninger ved hjelp av "Hazen- Williams" formelen, der vi må oppgi ruheten på metallet som har blitt brukt, indre diameter på vannrøret, lengden på røret og ønsket vannmengde (liter/min). Da fikk vi vite hvor stort trykktapet vannet ville ha gjennom røret. Det ble på 0,001 bar, noe som er neglisjerbart. Dette ble såpass lavt på grunn av liten vannmengde i forhold til størrelsen på røret. Etter dette måtte vi finne ut trykktap i høyden, da vi hadde brannslanger som hang 2,3 meter fra bakken og opp til røret. Det endte med et trykktap på 0,225 bar. Noe som er av betydning når det er snakk om små vannmengder og et lavt utgangstrykk fra vannkilden.

En siste beregning som ble gjort var å finne ut hvor mye trykk som måtte komme ut av dysen for at den skulle gi 5,5 liter/min. For å regne dette ut trengte vi ønsket vannmengde og K-faktoren til dysen. Dette gav oss et trykk på 1,369 bar.

En trykkmåler/-regulator [Figur 16] ble plassert mellom to brannslanger slik at vi selv kunne bestemme trykket. Den ble satt til 1,6 bar, og trekker en da fra trykktap ville vi få et utgangstrykk på ca. 1,35 bar på vannet ut dysen, dette vil gi ifølge beregningene våre en vannmengde på 5,5 liter/min. Høyden på dysen vår var mellom 1- 3,5 m over kritisk objekt, som gir et optimalt dekningsareal på 4*4 meter. Dette er større enn ISO- rom, slik at vi fikk mye vann på veggene. Men i et stort maskinrom, vil dette være tilstrekkelig til å dekke kritiske enkeltkomponenter.



5.1.2 Vanntåkedyse 2

Dette er en to-veis vanntåkedyse som gir ut veldig lite vann og fine dråper. Med to-veis dyse betyr det at den fra ene siden skal ha vann og trykkluft fra den andre siden.

Her måtte det ikke gjøres noen beregninger, alt ble lest ut fra databladet som fulgte med dysen.

Vi brukte trykkluft med en trykkregulator og satte trykket til 2 bar. Vanntrykket ble gjort på samme måte som med dyse nr.1, men her ble det stilt til 2 bar (i samsvar med tabell på datablad).

Her blir det også det samme trykktapet på grunn av høyden brannslangen har opp til vannrøret.

Ifølge tabellen fikk vi en vannmengde på 0,11 liter vann per minutt og 21 liter luft per minutt.

Noe som er en ekstrem liten vannmengde ut fra en vanntåkedyse. På grunn av dette vil den ha en liten kjølede effekt, men fremdeles en kvelende effekt.

5.1.3 Gass

Det ble brukt samme type dyse og rør både på CO₂- og N₂-gassen, dette på grunn av at trykket på begge trykkregulatorene ble stilt til 8 bar. Diameteren på dysen hvor gassen slippes ut er 5 mm, noe som er nok i forhold til trykket på gassen. Det ble brukt en slange fra trykkregulatoren og bort til røret. Slangen tåler maks 20 bar, så det var en god sikkerhetsmargin. For å kople slange til røret brukte vi en hurtigkopling.

Det ble gjort en beregning for å finne ut hvor fort rommet skulle fylles opp. Måten det ble gjort på var å feste en ballong på enden av dysen for så å sette på trykket. Da hadde vi en stoppeklokke som ble startet. Vi lot ballongen fylles i 5 sekunder og stanset da trykket. Vi behandlet ballongen som et kule, målte omkretsen og reknert oss fram til volumet av ballongen. Dette ble gjort med begge gassene og vi fikk akkurat det samme resultatet. Deretter lagde vi et Excel ark med volum som funksjon av tid. Da vi hadde beregnet hvor stor fyllprosent med gass som var nødvendig for å senke oksygenet i rommet til ønsket nivå, var det veldig lett å se hvor fort rommet ville bli fylt opp [Vedlegg 8.8]. Viktig å presisere at vi ville at gassen skulle treffe direkte på brannen, og ikke å fylle rommet fortest mulig.



5.2 Testoppsettet

Forsøket ble gjennomført i et ISO- rom, altså en småskala forsøk i forhold til de reelle målene man finner i mellomstore eller store maskinrom. Takhøyden er en begrensende faktor siden branner i maskinrom starter nederst, og sprer seg oppover. Ved å installere et termoelement like under taket gir dette et innblikk i hvordan brannen vil kunne spre seg oppover.

Vanntåkedysene og gassdysen ble plassert over det kritiske punktet i rommet, nemlig varmeelementet. På samme måte mener vi det er hensiktsmessig å punktplassere dyser over kritiske punkt i maskinrom. På denne måten mener vi at brannen kan kontrolleres og slokkes med mindre mengder gass og vann, samt redusere faren for reantennelse.

Gassene i vårt forsøk ble gitt like betingelser med tanke på trykket den blir utløst, diameter på rør og type rør, samt dyseåpning. I vårt forsøk hadde vi ikke mulighet å slippe gassen på 50 bar (CO₂) og 200 bar (N₂), da rør og slanger ikke var dimensjonert for dette. Uansett var forutsetningene like for begge gassene. Ved det andre forsøket med de to gassflaskene, var utgangstrykket naturlig nok redusert, men fordi vi brukte trykkregulator kan vi neglisjere denne forskjellen.



5.3 Testresultatene

5.3.1 Vanntåkedyse 1 og CO₂/ N₂

Det viste liten forskjell på slukkevirkingen til de to gassene da vanntåkedyse 1 ble benyttet. Årsaken til dette kan være at vanntåken fungerte mer som slokkemiddel fordi brannen ikke ble stor nok. Dette kan skyldes igjen at varmelementet ikke ble tilført nok diesel til å opprettholde en brann som var stor nok til å "motstå" vanntåken. Det er viktig å presisere at dette gjelder for vårt småskalaforsøk, hvor det ikke ble inkludert annet brennbart materiale som ville hatt eskalert brannstørrelsen. I et fullskalaforsøk med en større brann, ville man nok kunne sett forskjeller på de to gassene, slik som i forsøk 3 og 4.

5.3.2 Vanntåkedyse 2 og CO₂/ N₂

Under dette forsøket kom forskjellen mellom de to gassene frem. Vanntåkedyse 2 hadde en finere vanntåke enn den første dysen, og de knuste vanndråpene fungerte mer som vi ønsket i dette forsøket, altså som en kjølede faktor. Denne tåken gav ikke vann nok til å slukke brannen alene. Ut fra grafene kan vi se en markant temperaturforskjell når vi benytter de forskjellige gassene. Ved bruk av N₂ ser vi at høyeste målte temperatur aldri overstiger 600 °C, i motsetning til da det ble brukt CO₂ der temperaturen var rundt 725 °C på det høyeste. Ved alle målepunkter er temperaturen vesentlig lavere ved bruk av N₂ som slokkemiddel i forhold til CO₂. Man kan da bruke vanntåke med forholdsvis lav k- faktor og lavt vannforbruk når man benytter N₂ som slukkegass.



5.3.3 Feilkilder i resultatene

Små mengder røyk kom ut på siden av døren og rundt vinduet, rommet er ikke 100 % tett, men det vil heller ikke et maskinrom være.

Fuktighetsnivået i ISO-rom kan ha vært noe forskjellig da alle forsøkene ble gjort på samme dag, men vi tørket og luftet godt mellom forsøkene, så det skal være tilnærmet like forhold.

Noe av vannet som kom ut fra vanntåtedyse 1, en såkalt *upright* dyse, traff rørene som var montert rett ved den. Dette førte til at noe vann samlet seg opp på rørene som tilslutt begynte å dryppe ned på gulvet. Sylindere var plassert rett under det ene røret noe som førte til en drypping direkte på den. Dette kan igjen ha ført til at sylindere har blitt raskere nedkjølt.

Diesel pumpen som ble brukt var en drillpumpe, denne er det vanskelig å få et konstant trykk med. Drillen var låst på omdreininger som pumpen skulle tåle, men fordi lekkasjehullet var såpass lite, fikk vi av og til trykkforskjeller i røret, og strålen endret seg i korte øyeblikk.

Både koplere og slanger som ble brukt tillatte ikke oss å overstige 20 bar. Dette hadde vært en nødvendighet dersom vi skulle ha fylt opp rommet med gass innen noen sekunder. Derfor tok vi en beregning over hvor fort rommet ville fylles opp, og fant ut at dette var akseptabelt. Mye av grunnen til det var at gass- dysen lå rett over brannkilden.

Dekningsområdet til vanntåtedyse 1 var større enn ISO- rommet, derfor ble mye av vanntåken sprutet på veggen, og ikke brukt til direkte kjøling av varmeelementet.

Vanntåtedyse 2 ble plassert 20 cm for høyt i forhold til optimal høyde. Dette kan ha redusert kjøleeffekten.



5.4 Forutsetninger for bruk i dag

5.4.1 Økonomiske aspekter

5.4.1.1 CO₂

30 kg CO₂ kan fylle et volum på 16,8 m³. Men det er vanlig å fylle rommet opp til rundt 35 %, da dette vil halvere O₂ nivået og dermed kvele de fleste branner. Noe som betyr at 30 kg CO₂ vil fylle et volum effektivt på 48 m³. En trykkflaske på 30 kg CO₂ koster 627 kr, og da er det uten stigerør. Fordelen med lagring av CO₂ er at når det er lagret på flasker vil væsken være flytende (uten stigerør), men når den slippes ut vil CO₂ gå over til gassform. Trippelpunktet for CO₂ er på 5,1 bar og -56,7 °C. Ved nedkjøling av CO₂-gass til under denne temperaturen (og trykk) vil CO₂ gå over i væskeform og kan fraktes volumeffektivt. Noe som gjør at den ikke krever store lagringsplasser i forhold til rommet den skal fylle opp. Egenvekten til CO₂ er 1,52 i forhold til luft noe som gjør at den ikke vil blande seg med luften, men legge seg langs med bakken og bygge seg oppover etter hvert som det kommer til mer CO₂ gass.

CO₂ anlegg er det flere firma som dimensjonerer og monterer. Det er et effektivt slökkemiddel, men har ingen kjølede virkning på brannen. Det er også en gass som ved utslipp i for eksempel et maskinrom gjør det farlig for mennesker å oppholde seg der. Det er viktig å lagre beholderne på et godt ventilert sted dersom lekkasjer skulle oppstå.

5.4.1.2 N₂

En trykkeflaske med 50 liter N₂ koster 350 kr. Dersom en bare skal bruke N₂ gass til romfylling må anlegget dimensjoneres slik at ved utløsning gir ca. 50 % konsentrasjon av N₂. Da vil oksygen nivået i rommet synke til mellom 11-12 %. En slik N₂ flaske vil være lagret på 200 bar noe som gjør at den må beskyttes godt mot påvirkninger utenfra grunnet det høye trykket. Det blir også vanskelig å slippe 200 bar rett ut i et rørsystem da disse kan revne. For å unngå ising ved trykksenkning av N₂ bør flaskene seriekoples og tilsluttes et distribusjonsrør som har en innebygget metallplate med hull. Denne senker trykket, og da vil man unngå ising som kan oppstå hvis man bruker en ordinær trykkregulator. Jo mindre hull, dess mindre trykk går i rørsystemet.

Et N₂ anlegg krever noe mer plass en et CO₂ anlegg. N₂ er et godt slökkemiddel, men det har heller ingen kjølede virkning. Det er også her viktig å oppholde beholderne på et godt ventilert sted, i tilfelle lekkasjer. Det finnes få firmaer som har spesialisert seg på dimensjonering og montering av N₂ anlegg i skip, men firma som dimensjonerer og monterer inergen- anlegg vil også kunne levere N₂- anlegg.



5.4.2 Framtidige utsikter

Det kan være vanskelig å innføre en ny slökkemetode som ikke innebærer radikalt store forbedringer. Selv om våre forsøk viser at N₂ har en vesentlig bedre slökkeeffekt ved vanntåke med fine dråper, kan kostnadene ved konvertering bli for store for rederiene til at de mener dette er forsvarlig. Man nesten si man prioriterer slökkesystem etter virkning på miljøet, virkning på den menneskelige organismen, pris og så evnen til å slukke brann. Det burde vært omvendt. Inergen- anlegg er derimot kompatibelt med N₂ anlegg, derfor vil kostnadene ved konvertering til N₂ punktslökkesystem bli lave for skip som allerede har inergen.



6 KONKLUSJON

Forsøkene viser at man kan gå ned på dråpestørrelse, altså en finere vanntåke, som fører til at man trenger mindre mengder vann, ved å benytte N₂- anlegg fremfor CO₂- anlegg, ved punktslokking med både gass og vanntåke. Man vil da få mindre ”ubenyttet” vann og mindre forbruk fra ferskvannstanken om bord.

Med tanke på personsikkerhet må det bestrebes å evakuere personell på samme måte som ved CO₂- anlegg. Et maskinrom inneholder mange komponenter som vil avgi giftige gasser og røyk ved høye temperaturer, samtidig er røykproduksjonen ved diesellekkasje på objekter med høy overflatetemperatur er meget stor, slik at opphold i maskinrom uten åndedrettsvern bør unngås uansett. Med tanke på den økonomiske biten ser vi at det kan være vanskelig å overbevise redereier om å skifte ut det eksisterende slokkeanlegget med N₂- anlegg.



7 LITTERATURLISTE

- [1] Drysdale, D. An introduction to fire dynamics, 2nd ed. ISBN 0-471-97290-8
- [2] Sintef rapport, ”Slokking av brann med vanntåke som erstatning for halon”
- [3] Liebe G. Brannfysikk – fra teori til praksis, Norges brannvern forening og Norges brannskole 1995. ISBN 82-7485-024-6
- [4] Bjarne Hauge, seminar: Brannsløkking i maskinrom. 8.april -99
- [5] Sintef rapport, ”utvikling innen slokketeknikk- vanntåke til brannsløkking
- [6] FG – Forsikringssselskapenes Godkjennelsesnevnd, februar -02, ISBN 82-7485-112-9
- [7] Byggforsk, byggetaljblad 550.361 ”Sprinkleranlegg”. 1994
- [8] Nbl.sintef.no/handbook/kap5.htm
- [9] Jan Erik Andersen, u.å.
www.brannmannen.no/sider/trinn_for_trinn/trinn_slokkemidler.htm
- [10] Byggforsk, byggetaljblad 550.363 ”Brannsløkkeanlegg: Alternativ og supplement til sprinkleranlegg”. 1996
- [11] HMS-datablad for Hydro Texaco AS. Utarbeidet av Hydro Produksjonspartner, Kari-Anne Barstad, Internt nummer: 10012. Utgitt 4.8.2006.

8 VEDLEGG

8.1 Utstyr

Her er en liste over hvilke komponenter som ble benyttet under forsøkene, og hvor de ble skaffet til veie:

- Gassrør (Westcon)
- Vann- og trykkluftsør (Westcon)
- Vanntåkydye 1 (Alf Lea & Co. Brannvern)
- Vanntåkydye 2 (CM Mathiesen & Co. AS)
- Gassdyse (Alf Lea & Co. Brannvern)
- Slanger og koplinger fra flasker til rørsystem (Tregereid Teknisk Kjemiske og Transport)
- Varmeelement (Vassnes Elektro AS)
- Sveiseaggregat (Vassnes Elektro AS)
- ISO- rom (ResQ)
- Patentbånd og slangeklemmer (Biltema)
- Dieselpumpe (Chlas Olsson)
- Dieselslanger (Tools maskinforr. Thv. Christensen)
- Dieselsør (Westcon)
- Trykkluft, CO₂ og N₂- flasker (Tregereid Teknisk Kjemiske og Transport)
- Termoelement (Høgskolen Stord/Haugesund)
- PC- logger (Høgskolen Stord/Haugesund)



Figur 16 Diverse utstyr

Vann- og trykkmåler, PC- logger, dieselpumpe og strømforsyning.



8.3 Dimensjoner og mål

8.3.1 Slanger

Dieselpumpeslange (fra jerrykanne, via pumpe, til dieslrør):

Maks tillatt trykk: 16 bar

Indre diameter: 20 mm

Ytre diameter: 27 mm

Lengde: 1100 mm

Gasslange:

Maks tillatt trykk: 20 bar

Indre diameter: 10 mm

Ytre diameter: 18 mm

Lengde: 1100 mm

Trykkluftslanger:

Maks tillatt trykk: 20 bar

Indre diameter: 10 mm

Ytre diameter: 18 mm

Lengde: 2100 mm

8.3.2 Rør

Dieslrør:

Lengde: 1500 mm

Diameter: 15 mm

Avstand fra bakken: 750 mm

Avstand fra varmesylinder: 300 mm

Lekkasjehull for diesel: 1 mm

Indre diameter: 12mm

Ytre diameter: 14 mm.

Luftrør:

Indre diameter: 16 mm

Ytre diameter: 22 mm

Lengde: 2000 mm

Vannrør:

Indre diameter 22 mm

Ytre diameter 27 mm

Lengde: 2000 mm

Gassrør: Ekvivalent lengde: 3040 mm

Ytre diameter 27 mm. Indre diameter 22 mm



8.3.3 Annet

Størrelse ISO- rom: 2,4 x 3,6 x 2,4 m (b x l x h)

Volum ISO- rom: 20,7 m³

Dør på ISO- rom: 2,0 x 0,8 m (h x b)

Vindu på dør: 0,18 x 0,28 m (h x b)

8.4 Vanntåkydye 1

Hazen-Willams:	
C:	120
d:	22,0 mm
L:	2,00 m
Q:	5,50 l/min
p:	0,001 bar
check:	1 mbar/m

ΔP_s	
h:	2,30
p:	0,225

Q-P-requirements:					
K:	4,7	K:	4,7	Q:	5,50
Q:	5,50	P:	1,369	P:	1,369
P:	1,369	Q:	5,50	K:	4,7

Gulvarealet i rommet er 8,64 m². Noe som gir oss en vannmengde på 0,63 l/m²/min.

8.5 Vanntåkedyse 2



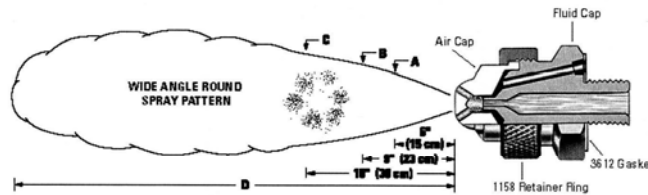
Air Atomizing Nozzles • 1/8J and 1/4J Pressure Spray Set-ups Internal Mix

AIR ATOMIZING NOZZLES

AIR CAPS



Wide Angle Round Spray and 360° Circular Spray Air Caps
Air Caps used in these spray set-ups produce a hollow cone type, wide angle round spray and 360° circular spray patterns.



Note: The No. 1158 Retainer Ring and No. 3612 Gasket must be ordered separately from the spray set-up, but are included in the standard nozzle assembly. Please contact your sales engineer.

DESIGN FEATURES

For the wide angle round spray, dimensions "A", "B", and "C" are the pattern widths at distances from the nozzle as shown. The total distance of spray projection from the nozzle to the maximum dispersal point is represented by "D".

When using a Pressure-Fed Liquid System, the liquid is supplied to the nozzle under pressure. The liquid and compressed air or gas are mixed internally to produce a completely atomized spray.

PERFORMANCE DATA

WIDE ANGLE ROUND SPRAY

Spray Set-up No.	Spray Set-up Consists of Fluid and Air Cap Combination	Liquid Capacity (liters per hour) and Air Capacity (liters per minute)												Spray Dimensions									
		Liquid Pressure																					
		0.7 bar		1.5 bar		2 bar		3 bar		4 bar		Air	Air	Air	Air	Air	Air	Air	Air	Air	Air		
Press. bar	l/h	l/min	Press. bar	l/h	l/min	Press. bar	l/h	l/min	Press. bar	l/h	l/min	Press. bar	l/h	l/min	Press. bar	l/h	l/min	psi	psi	(cm)	(cm)	(cm)	(m)
SU16	Fluid Cap 2050 + Air Cap 67-6-20-70°	.60	5.3	10.2	1.1	8.1	13.3	1.5	8.1	16.4	2.4	8.9	22	3.1	10.5	24	.70	.70	14	18	23	1.5	
		.70	4.3	12.2	1.3	7.0	15.0	1.8	6.6	21	2.7	8.1	26	3.4	9.7	28	1.4	1.5	15	19	24	1.8	
		.95	3.0	14.2	1.4	6.4	17.0	2.1	4.9	25	3.0	6.4	30	3.9	7.8	36	1.8	2.0	16	20	25	2.1	
		1.0	1.7	17.0	1.5	5.5	19.0	2.4	3.2	29	3.2	4.9	34	4.2	6.1	42	3.0	3.0	16	20	26	2.7	
		—	—	—	1.7	4.5	22	—	—	—	—	3.4	4.2	37	4.6	4.4	47	3.9	4.0	19	23	30	4.0
		—	—	—	1.8	3.5	24	—	—	—	—	3.5	3.4	40	4.9	2.8	54						



Spraying Systems Co.®

Phone 1-800-95-SPRAY, Fax 1-888-95-SPRAY
Outside the U.S., Phone 1(630) 665-5000, Fax 1(630) 260-0842
Visit our Web Site: www.spray.com, email: info@spray.com

Figur 17 Datablad vanntåkedyse 2

8.6 Gassberegninger

N₂ – beregninger

Dersom den tilførte N₂ ikke siver ut mens vi fyller rommet, er det bare for oss å beregne hvor mye N₂ vi trenger for å senke O₂ andelen tilstrekkelig.

Frengangsmåten blir da å ta rommets volum og dele det på 2, da finner vi ut hvor mye N₂-gass vi trenger for å halvere O₂-nivået.

$$\text{Formel: } \frac{\text{Rommets volum}}{2} = \text{Nødvendig mengde N}_2\text{-gass}[\text{m}^3]$$

Volum ISO- rom: 2,4m x 3,6m x 2,4m [B x L x H] = 20,736 m³

Ønsket mengde O₂: 10-11% (ca. halvparten av opprinnelig mengde)

Nødvendig mengde N₂- gass: 10,5 m³ N₂

Vi går ut ifra at vi ikke har en fullstendig omrøring i rommet ved fylling, da rommet vårt vil være tilnærmet tett.

CO₂ – beregninger

$$\text{Formel : } \frac{\text{Volum rom} \times \text{ønsket CO}_2\%}{0,56} = \text{CO}_2[\text{kg}]$$

Volum ISO- rom: 2,4m x 3,6m x 2,4m [B x L x H] = 20,736 m³

Ønsket CO₂ % i rommet: 35 % - da vil oksygenivået bli senket til mellom 10-11 %

Nødvendig antall kilo CO₂: 12,96 kg CO₂

Vi går ut ifra at vi ikke har en fullstendig omrøring i rommet ved fylling, da rommet vårt vil være tilnærmet tett.

8.7 Diesel datablad [11]

Det finnes flere typer diesel, det vi har tatt for oss er det som blir brukt som motordrivstoff.

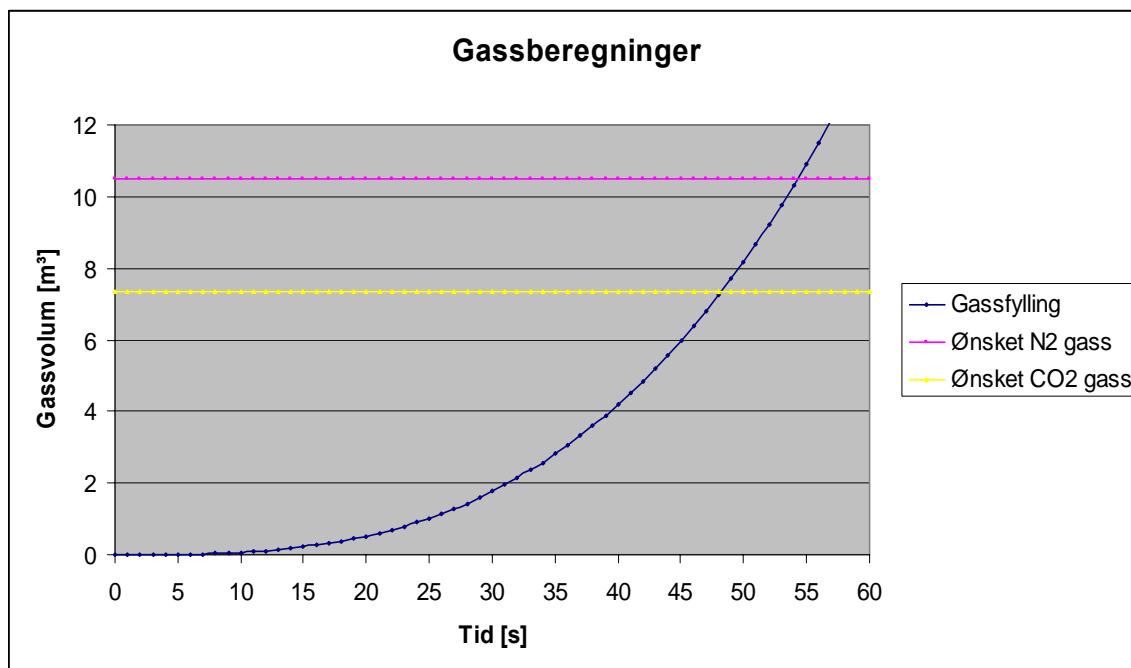
- Tilstandsform: Væske
- Farge: Brun/rød
- Lukt: Hydrokarboner
- Løselighet: Løselig i organiske løsemidler og mineralolje
- Tetthet: 840 kg/m³ (0,84 kg/liter)
- Flammepunkt: Større enn 60 °C

Det er et helsefarlig produkt hvor det er mulig fare for kreft og som kan forårsake lungeskade ved svelging. Produktet er ikke klassifisert som miljøskadelig, men det kan ha uheldige virkninger på natur og levende organismer.

Det er et brennbart produkt som ikke er klassifisert som brann- eller eksplosjonsfarlig. Ved oppvarming vil avdampningen øke slik at en eksplosiv blanding med luft kan oppstå. Dampene som diesel avgir er tyngre enn luft og kan spre seg langs bakken eller via avløp til eventuelle tennkilder. Kan også akkumulere statisk elektrisitet, og antennes ved utladning.

Ved forbrenning vil det utvikle gassene CO₂ og CO, dette er giftige stoffer så ved en eventuell brannslukking bør ånderettsvern (trykkluftmaske) benyttes for å unngå innånding av både gass og røyk.

8.8 Gassberegningsgraf



Figur 18 Gassberegningsgraf